Экология человека (fb2)

Елена Петровна Гора Экология человека

Введение

Экология человека – это междисциплинарная наука о взаимодействии человека со средой обитания, зародившаяся в 70-е годы XX века. Ее предмет состоит в изучении приспособительных изменений, происходящих в человеческом организме в зависимости от природных и социальных условий жизни.

Иными словами, экология человека рассматривает адаптацию человека к изменениям окружающей среды через призму социальных условий. В этот сравнительно новый раздел знаний входит широкий круг теоретических и практических вопросов, затрагивающих различные сферы человеческого существования.

Во-первых, сюда входит изучение характера взаимодействия организма человека со средой обитания. Рассматриваются общетеоретические аспекты адаптации. Исследуются закономерности и механизмы адаптации человека к измененным условиям среды, различные уровни адаптации, предел адаптивных возможностей организма и цена адаптации, приспособительные формы поведения. Особое внимание уделяется методам увеличения эффективности адаптации и ее оценке, экологическим аспектам заболеваний.

Во-вторых, исследуется адаптация человека к различным природным факторам (световое излучение, магнитные поля, воздушная среда, изменения температуры, барометрического давления и метеопогодных условий) и климатогеографическим условиям – в зонах Арктики и Антарктики, высокогорья, аридной (пустыни), юмидной (тропики), морского климата и т. п. Уделяется внимание экологическим аспектам хронобиологии – перестройке биоритмов под влиянием климата и сезонных колебаний, при пересечении часовых поясов, сдвинутых режимах труда и отдыха.

В-третьих, рассматривается адаптация человека к экстремальным условиям, в частности физиологические эффекты измененной гравитации, вибраций, длительных и интенсивных звуковых нагрузок, гипоксии и гипероксии, высоких и низких температур, электромагнитных полей и ионизирующего излучения, катастроф. Изучается деятельность людей в условиях авиационных и космических полетов, подводных погружений.

В-четвертых, анализируются аспекты социальной адаптации – к городским и сельским условиям, к различным видам трудовой и профессиональной деятельности, исследуются демографические процессы. Рассматривается реакция организма на стресс. В последнее время особую остроту приобрели вопросы адаптации к антропогенным факторам, включая загрязнение окружающей среды. С практической точки зрения представляет интерес разработка методов повышения умственной и физической работоспособности, профессионального отбора, рациональная организация учебного и трудового процесса.

Особого внимания заслуживают возрастные аспекты адаптации к различным природным, климатогеографическим и социальным условиям. Большое значение имеет информация о влиянии антропогенных (шум, электромагнитные излучения, радиация, химическое загрязнение) факторов на организм ребенка. Среди социальных факторов, негативно влияющих на детей, следует отметить урбанизацию, стрессирующие

психоэмоциональные нагрузки, курение, потребление алкоголя, наркоманию и токсикоманию, длительное воздействие компьютера, телевизора и т. п. Рассматриваются вопросы адаптации детей к умственным, физическим нагрузкам и к школе в целом, а также рациональная организация учебного процесса, профессиональная ориентация.

Таким образом, задачи экологии человека в теоретическом плане заключаются в познании механизмов адаптации организма человека к новой для него среде, а в прикладном плане направлены на разработку мероприятий, облегчающих его приспособление к окружающим условиям.

Итак, основной проблемой экологии человека является проблема адаптации.

«Словарь физиологических терминов» дает следующее определение: Адаптация – процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды, международный термин, означающий приспособление организма к общеприродным, производственным и социальным условиям. Адаптацией называют все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности организмов с процессами на клеточном, органном, системном и организменном уровнях… Адаптация поддерживает постоянство гомеостаза… Важным компонентом адаптивной реакции организма является стресс-синдром – сумма неспецифических реакций, обеспечивающих активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, увеличение поступления в кровь и ткани адаптивных гормонов – кортикостероидов и катехоламинов, стимулирующих деятельность гомеостатических систем. Адаптивная роль неспецифических реакций состоит в их способности повышать резистентность организма к другим факторам среды».

Акклиматизацию «Словарь…» определяет как частный случай адаптации: «Акклиматизация – приспособление… к новым, непривычным климатогеографическим условиям среды. Акклиматизация человека – сложный социально-биологический процесс, в котором… кроме развития в организме различных физиологических приспособлений, большую роль играет активный процесс создания социально организованной обстановки труда и быта, приспособленной к климатическим условиям…»

В середине XIX века французский ученый *Клод Бернар* сформулировал представление о «внутренней среде» организма и утвердил принцип сохранения ее постоянства (гомеостаз). Он писал: «Постоянство внутренней среды есть условие свободного существования».

Согласно современным представлениям, гомеостаз – эволюционно выработавшееся наследственно закрепленное свойство организма адаптироваться к условиям окружающей среды.

Почти одновременно с трудами Клода Бернара появились фундаментальные исследования *И. М. Сеченова, И. П. Павлова, Н. Е. Введенского,* которые вскрыли основные механизмы саморегуляции, координации и интеграции функций и определили общие закономерности приспособления человека к условиям существования. В своей работе «Избранные философские и психологические произведения» И. М. Сеченов пишет, что единство организма и среды привело в процессе эволюции к развитию и закреплению огромного количества приспособительных реакций и механизмов, которые не только характеризовались определенными функциональными свойствами, но и находили себе то или иное морфологическое выражение. При этом, чем выше организация животных, чем они чувствительнее, тем шире и разнообразнее сфера или среда, действующая на

организм, и тем, следовательно, разнообразнее становятся способы возможных приспособлений организма к этой среде.

Большой вклад в изучение проблемы адаптации, а также механизмов, обеспечивающих уравновешиваемость организма и постоянство внутренней среды, внесли классические работы *Л. А. Орбели* (1935) об адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы. Им было показано, что эта часть нервной системы играет важную роль в изменении функциональных свойств различных органов и систем, в том числе и центральной нервной системы, в соответствии с потребностью организма в приспособлении к тем или иным воздействиям.

Предпосылкой для современного развития экологии человека как самостоятельной науки явилось интенсивное собирание материала о влиянии отдельных факторов внешней среды на состояние человека. Это привело к тому, что в 30-е годы прошлого столетия были феноменологически описаны некоторые реакции организма на гипоксию, мышечную деятельность, изменения температуры среды, лучистую энергию. Значительную роль сыграли исследования отечественных ученых *Н. Н. Сиротинина* (1933), *И. П. Разенкова* (1945), *З. И. Барбашовой* (I960) по высокогорной гипоксии, *Г. П. Конради* (1935) по мышечной деятельности, *М. Е. Маршака* (1930), *П. Н. Веселкина* (1946, 1963), *А. Д. Слонима* (1962) по терморегуляции.

Большое значение имеют исследования, проведенные в лаборатории *Д. А. Бирюкова* (1960), где основное внимание уделялось действию экологических факторов на нервную систему организма. Существенным вкладом в развитие экологии человека явилось учение о кортикальной регуляции функций, разработанное *К. М. Быковым* и его сотрудниками (1954, 1960). Оно открыло большие возможности для анализа взимоотношений сложного поведения и регуляции функций человека.

Одним из этапных зарубежных трудов по экологии человека был обзор *Е. Фолька* (1969), обобщивший основные положения об адаптации организма к природным факторам в отдельных физико-географических регионах. К настоящему времени в зарубежной литературе накоплен материал по адаптации как отдельных систем, так и организма в целом.

Существенный вклад в развитие и становление экологии человека внесла разработка медико-биологических основ жизнедеятельности человека в условиях Крайнего Севера, жаркого климата и пустынь, малых, средних высот и высокогорья, в условиях муссонов Дальнего Востока и т. п. И здесь несомненный приоритет принадлежит отечественным ученым *А. П. Авцыну, Н. А. Агаджаняну, Г. И. Данишевскому, Н. Р. Деряпе, В. П. Казначееву, А. Л. Матусову, С. И. Сороко* и др.

Решение задач сохранения здоровья и высокой работоспособности летчиков, космонавтов и водолазов при выполнении ими профессиональной деятельности также вносит свою лепту в развитие экологии человека. В этой области исследований, которая разрабатывалась под руководством *В. В. Парина* и *О. Г. Газенко,* достигнуты существенные успехи.

В последние годы усилия ученых направлены на раскрытие биологических основ взаимодействия человека и окружающей среды на основе комплексного эколого-физиологического подхода, включающего анализ экологической значимости природных, социальных и технических факторов для организма, степени их изолированного и

сочетанного воздействия, структуры антропоэкологических связей, особенностей индивидуальных реакций.

Разработаны оригинальные методики оценки пластичности и устойчивости нейродинамических процессов, выделены основные типы центральных механизмов регуляции, установлена их связь с адаптационными возможностями человека и индивидуальной стратегией адаптации. Большое значение имеют результаты работ по изучению медико-географических и социальных аспектов экологии человека.

Проблемы экологии человека неоднократно обсуждались на отечественных и зарубежных симпозиумах и конференциях.

Большое значение для развития экологии человека во всем мире имела **Международная биологическая программа** (1964–1974). В рамках деятельности этой интернациональной научной организации в 1965 году в Японии (г. Киото) прошел международный симпозиум. На нем обсуждались вопросы комплексного подхода к изучению здоровья и деятельности человека в различных природно-климатических районах земного шара. В результате программа стала предусматривать проведение исследований по единой методике, с тем чтобы результаты, полученные в разных странах, могли быть сопоставимы. Внедрение современных стандартных методов в экологию человека способствовало решению некоторых нормативных вопросов, которые касались способов регистрации двигательного поведения, способов разложения суточной деятельности человека на отдельные элементы, определения энергетических затрат, температуры разных областей тела, определения потоотделения, водного баланса и т. п. Многолетние исследования по изучению адаптации человека к экстремальным условиям в рамках Международной биологической программы 1964–1974 годов значительно продвинули человечество на его пути самопознания.

Экология человека наитеснейшим образом связана с проблемами собственно экологии, которую можно определить как комплексное междисциплинарное научное направление, занятое изучением, прогнозированием и управлением факторами внешней среды в процессе их взаимодействия с живыми организмами на всех уровнях организации.

Особенно тесны связи экологии человека с экологической физиологией. Для экологической физиологии особое значение имеют сведения о влиянии факторов среды на видовые особенности физиологических функций и поведения.

Развитию экологии человека способствуют исследования по медицинской географии и географической патологии. Медицинская география изучает географическую среду в тесной связи со здоровьем населения конкретных территорий.

Разработками проблем экологии человека в разной степени занимаются специалисты различных областей знания. В этой работе участвуют физиологи, врачи, психологи, генетики, социологи, педагоги, гигиенисты, инженеры-проектировщики, инженеры-эргономисты, специалисты по вопросам охраны и научной организации труда, физкультуры и спорта и т. п. Она имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Экологию человека можно рассматривать как своеобразную методологическую основу, которая объединяет различных специалистов, изучающих взаимодействие внешней среды и населения.

Часть I. ОБЩИЙ КУРС ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

…организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен.

И. М. Сеченов

Глава 1. Взаимодействие организма со средой обитания

Ничто в природе не вечно; все беспрестанно разрушается и восстанавливается, перестраивается, изменяется. Силы природы медленно, но беспрерывно работают в двух направлениях: прежнее изменяют или разрушают, новое созидают… Стоит только присмотреться к многочисленным явлениям нашей планеты, чтобы уразуметь величие совершающихся изменений и бесчисленные взаимодействия… Если теперь мы обратимся к живой, организованной природе, то найдем… наглядное доказательство беспрерывно совершающихся всевозможных изменений…

А. Э. Брем

1.1. Общие закономерности адаптации

1.1.1. Факторы воздействия окружающей среды

Человек постоянно испытывает на себе влияние факторов окружающей среды. Их многообразие условно можно подразделить на две большие группы: природные и социальные.

Природные факторы. Сюда относятся факторы живой и неживой природы. В соответствии с этим различают биотические и абиотические факторы. К **абиотическим факторам** среды относят воздушную среду, атмосферное давление, световое излучение, магнитные поля, температуру окружающей среды, метеопогодные факторы и т. п. Человек адаптировался к различным климатогеографическим условиям. Он приспособился к циклическим изменениям в природе: к смене дня и ночи, времен года. К **биотическим факторам** относят все многообразие животного и растительного мира, включая возбудителей болезней. Как правило, на человека действует комплекс природных факторов. Так, сезонные факторы включают в себя изменения освещенности, температуры, влажности и т. п.

Социальные факторы. Социальные факторы в жизни современного человека весьма разнообразны. В последнее время большое значение приобрели антропогенные факторы, особенно загрязнение почвы, воздушной и водной среды. Традиционно социальными факторами считаются различные виды трудовой деятельности, условия жизни в городе и селе. Технический прогресс характерен тем, что изменяется соотношение физического и умственного труда, а значит, и комплекс сопровождающих их факторов. Освоение труднодоступных районов, богатых полезными ископаемыми, глубоководные погружения, полеты в космос – все перечисленное сопряжено с экстремальными воздействиями на организм. Это может быть влияние высоких и низких температур, шумов, вибраций, изменение газовой среды и барометрического давления, действие измененной гравитации – перегрузок или невесомости. Вместе с тем и обычная

трудовая деятельность в нормальных условиях, включая учебный процесс, также требует адаптации к ней организма.

1.1.2. Физиологическая адаптация

Адаптация есть, несомненно, одно из фундаментальных качеств живой материи. Оно присуще всем известным формам жизни и настолько всеобъемлюще, что нередко отождествляется с самим понятием жизни.

Существует множество определений адаптации. Это связано с тем, что данный феномен является предметом исследования многочисленных научных направлений. В соответствии с этим имеются и разнообразные классификации адаптаций, в зависимости от того, какие критерии положены в их основу. Различные авторы выделяют такие типы адаптаций, как биологическая, физиологическая, биохимическая, психологическая, социальная и т. п.

Для экологической физиологии наибольший интерес представляет

физиологическая адаптация, под которой понимают устойчивый уровень активности физиологических систем, органов и тканей, а также механизмов управления, которые обеспечивают возможность длительной активной жизнедеятельности организма человека и животного в измененных условиях существования (общеприродных и социальных), а также способность к воспроизведению потомства.

Однако следует учитывать, что физиологическая адаптация – это широкое понятие. Оно включает ряд индивидуальных адаптаций: видовых, наследственно закрепленных и популяционных. Вместе с тем исследование механизмов адаптационных процессов указывает на то, что невозможно судить об адаптации человека, не учитывая психологических, биохимических и других аспектов.

В связи с этим в экологии человека, как правило, принято ограничиваться изучением адаптации, приобретаемой в ходе индивидуальной жизни организма, – онтогенеза. Этот вид адаптации наиболее изучен. В отношении других видов физиологической адаптации информации гораздо меньше. Однако следует упомянуть об очень ценных данных относительно отдельных популяций людей, жизнь которых исторически складывалась в сложных, порой экстремальных климатогеографических условиях. Это медико-биологические исследования жителей высокогорья, различных изолятов индейцев Северной и Южной Америки, малых народностей Крайнего Севера, Европы и Азии, аборигенов Австралии, некоторых островов и т. д. Итоги таких исследований можно найти в материалах, подготовленных на основе Международной медико-биологической программы (1964–1974).

Новые перспективы в изучении адаптивных процессов в популяциях человека были открыты **Международной биологической программой «Человек и биосфера»,** принятой в 1971 году на сессии ЮНЕСКО. Результаты отечественных исследований, выполненных в рамках этой программы, приведены в сборниках, посвященных антропометрическим, физиологическим и медико-генетическим характеристикам коренного населения различных географических зон нашей страны.

1.1.3. Генотипическая и фенотипическая адаптация. Пределы адаптивных возможностей (норма реакции)

В основе индивидуальной адаптации лежит

генотип – комплекс видовых признаков, закрепленных генетически и передающихся по наследству.

В результате генотипической адаптации на основе наследственной изменчивости, мутаций и естественного отбора сформировались современные виды животных.

Однако генетическая программа организма предусматривает не заранее сформировавшуюся адаптацию, а возможность ее реализации под влиянием среды. Это согласуется с суждением *И. И. Шмальгаузена* (1968):

наследственным является не внешнее проявление какого-либо признака, а способность реагировать определенным образом на определенные изменения во внешней среде, т. е. **норма реакции** на условия внешней среды.

Наличие такой пластичности позволяет сохранить относительное постоянство видоспецифических характеристик, т. е. поддерживать гомеостаз, несмотря на неизбежные различия, в которых протекает развитие отдельных особей. По *А. С. Северцову,*

«**нормой реакции** называют пределы, в которых может изменяться фенотип без изменения генотипа».

Такая норма реакции вырабатывается в онтогенезе (индивидуальном развитии) по отношению к любым колеблющимся факторам среды: атмосферному давлению, климатическим и метеорологическим условиям и т. п. Широкой нормой реакции обладают почти все онтогенетические реакции, обычно именуемые модификациями, а также физиологические реакции и большинство поведенческих реакций.

В настоящее время под **нормой адаптивной реакции** понимают пределы изменения системы под влиянием действующих на нее факторов среды, при которых не нарушаются ее структурно-функциональные связи.

Если воздействие факторов среды на организм превышает норму адаптивной реакции, он теряет способность к адаптации.

Адаптация, приобретаемая в ходе индивидуальной жизни организма при его взаимодействии с окружающей средой, называется фенотипической. При этом изменения, которые накапливаются в организме, не передаются по наследству, а как бы накладываются на наследственные признаки. Это позволяет следующим поколениям приспособиться к новым условиям, используя не специализированные реакции предков, а потенциальную возможность адаптации.

1.1.4. Адаптивные формы поведения

При воздействии нового фактора первой включается в реакцию психофизиологическая сфера. Речь идет об адаптивных формах поведения, которые выработались в ходе эволюции и направлены на экономизацию затрат организма.

Существует несколько классификаций адаптивных форм поведения. В одной из них различают **три типа приспособительного поведения:** бегство от неблагоприятного

раздражителя; пассивное подчинение ему; активное противодействие (специфические адаптивные реакции).

Примером первого типа у человека может быть ношение одежды, обитание в помещениях, преобразование среды с помощью технических средств, миграции в наиболее благоприятные районы существования и др. Второй тип состоит в формировании устойчивости функций при изменении силы воздействия экологического фактора по принципу толерантности. Третий тип – активная адаптация по принципу резистентности (специфические адаптивные механизмы поддержания гомеостаза) – включается, когда организм не имеет возможности использовать первые два типа адаптивного поведения.

В адаптивном поведении человека существует компромисс между биологическими и социальными аспектами. В связи с этим предложена более сложная классификация адаптивных форм поведения (рис. 1.1).

I. ПРЕВЕНТИВНАЯ ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ

А. Глобальное изменение активности

1) уменьшение

2) отказ

3) усиление

Б. Реакция избегания

1) сужение ареала

2) локальное избегание

В. Реакция активного поиска преферендума

1) поиск естественного преферендума

• общий

• регуляционный, заместительный, разгружающий

2) создание преферендума

3) создание сенсорного преферендума

• коррективный

• формирующий

II. СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ

А. Сохранность общей структуры поведения

1) темповые изменения

2) ритмические изменения

3) внутриструктурные изменения

• обособленных форм поведения

• циркадные режимные

• трудовые режимные

• сна

Б. Изменение структуры поведения

1) введение коррегирующих реакций

• включающих внутренние механизмы регулирования

• использующих внешние возможности:

– природного характера

– средств деятельности

– объекта деятельности

2) оптимизация двигательного акта

• на базе выработанного навыка:

– оптимизация силовых характеристик

– оптимизация скоростных характеристик

– оптимизация точностных характеристик

• на базе преобразованного навыка:

– глобальное преобразование

– частное преобразование алгоритма

3) реорганизация поведения преобразование структуры деятельности:

– операциональное

– временное

• временной сдвиг деятельности

III. СОЦИАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ФОРМЫ ПОВЕДЕНИЯ

А. Формирование навыка

Б. Создание индивидуальной среды

В. Создание коллективной среды

Г. Преобразование воздействующего фактора

IV. ПСИХОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ФОРМЫ ПОВЕДЕНИЯ

А. Индивидуальные

перестройка мотивов поведения

• формирование установки

• формирование бдительности

• изменение эмоциональных характеристик

• изменение концептуальных моделей

Б. Групповые

• формирование синтальности

• переориентировка на лидера

• групповые и индивидуальные изменения ролевых ожиданий

Рис. 1.1. Виды поведенческой адаптации человека *(по: В. И. Медведев, 1982)*

Вместе с тем автор указывает на индивидуальные особенности выраженности психофизиологических и физиологических реакций в ответ на действие неблагоприятного фактора. Так, есть группа людей, у которых роль поведения невелика и доминируют физиологические («вегетативные») изменения. В другой группе поведенческие реакции позволяют несколько ослабить проявление «вегетативной адаптации». Такое разделение связывают с конституционными и типологическими характеристиками индивидуумов.

Итак, если адаптивные формы поведения не позволяют избежать неблагоприятного фактора, включаются физиологические механизмы адаптации. Такой тип адаптации является активным. Он связан с развитием неспецифических и специфических реакций и направлен на поддержание гомеостаза в изменяющихся условиях среды.

1.1.5. Неспецифические и специфические компоненты адаптации. Перекрестная адаптация

По мере развития адаптации наблюдается определенная последовательность изменений в организме: сначала возникают неспецифические адаптационные изменения, затем – специфические. Между тем среди ученых долгое время шла дискуссия относительно роли неспецифических и специфических компонентов в адаптационном процессе. По мнению одних исследователей, ответные реакции организма независимо от особенностей раздражителя содержат много общего. По мнению других, адаптационные изменения, возникающие при действии того или иного фактора, носят сугубо специфический характер.

Неспецифические компоненты адаптации. Их изучение принято связывать с именем канадского ученого *Ганса Селье,* хотя отдельные аспекты данной проблемы разрабатывались *Н. Е. Введенским, У. Кэнноном, Д. Н. Насоновым* и *В. Я. Александровым, Л. А. Орбели* и др.

Еще в 1901 году *Н. Е. Введенский* впервые указал на однообразие реакций живого организма на действие различных агентов. *У. Кэннон* (1929) полагал, что разнообразные воздействия на организм могут формировать однотипную картину симпатоадреналового синдрома. В соответствии с учением *Л. А. Орбели* (1949) неоднородные факторы среды вызывают со стороны симпатической нервной системы адаптационную реакцию, которая выражается в изменении ее трофической регуляции. *Д. Н. Насонов* и *В. Я. Александров* (1940) создали теорию, согласно которой раздражители любой природы вызывают денатурацию клеточных белков. В результате обратимой альтерации в клетках возникает комплекс однотипных изменений, названных авторами **паранекрозом.**

Однако наиболее подробно неспецифические компоненты адаптации были исследованы *Г. Селье* (1936). Он показал, что в ответ на действие раздражителей самой различной природы (механических, физических, химических, биологических и психических) в организме возникают стереотипные изменения. Комплекс этих сдвигов получил название **общий адаптационный синдром.** Такое приспособление выработалось в ходе эволюции как способ адаптации организма с минимизацией затрат морфофизиологических структур.

Состояние организма, вызываемое неблагоприятными воздействиями, *Г. Селье* (1960) назвал реакцией напряжения или стресс-реакцией. Независимо от качества **стрессора,** т. е. фактора, вызывавшего стресс, реакция напряжения сопровождается совокупностью постоянных симптомов. Важнейшими из них являются:

• увеличение коркового слоя надпочечников с уменьшением в них липоидов и холестерина;

• инволюция тимико-лимфатического аппарата;

• эозинопения;

• возникновение язв желудочно-кишечного тракта.

Механизм развития общего адаптационного синдрома по *Г. Селье* представлен на рисунке 1.2.

Рис. 1.2. Схема общего адаптационного синдрома *(по: Г. Селье, 1960)*

Классический общий адаптационный синдром описан в 1936 году *Г. Селье* как процесс, состоящий из трех последовательных стадий.

1. Стадия тревоги (аларм-реакция), по мысли автора, в свою очередь, характеризуется двумя фазами: *фазой шока* и *фазой противотока.* При значительной силе стрессора стадия тревоги может закончиться гибелью организма.

2. Если организм переживает эту по сути защитную стадию синдрома, наступает **стадия резистентности.**

3. При продолжительном действии стрессора она переходит в **стадию истощения.**

Современная модель общего адаптационного синдрома. Исследования последних лет несколько дополнили классическую модель *Г. Селье.* Современная модель общего адаптационного синдрома выглядит следующим образом:

1. Стадия тревоги, или **стадия напряжения:**

– усиленный выброс адреналина в кровь, обеспечивающего мобилизацию углеводных и жировых ресурсов для энергетических целей и активирующего деятельность в-клеток инсулярного аппарата с последующим повышением содержания инсулина в крови;

– повышенное выделение в кровь секреторных продуктов кортикальными клетками, приводящее к истощению в них запасов аскорбиновой кислоты, жиров и холестерина;

– понижение деятельности щитовидной и половых желез;

– увеличение количества лейкоцитов, эозинофилия, лимфопения;

– усиление каталитических процессов в тканях, приводящее к снижению веса тела;

– уменьшение тимико-лимфатического аппарата;

– подавление анаболических процессов, главным образом снижение образования РНК и белковых веществ.

2. Стадия резистентности:

– накопление в корковом слое надпочечников предшественников стероидных гормонов (липоидов, холестерина, аскорбиновой кислоты) и усиленное секретирование гормональных продуктов в кровяное русло;

– активизация синтетических процессов в тканях с последующим восстановлением нормального веса тела и отдельных его органов;

– дальнейшее уменьшение тимико-лимфатического аппарата;

– снижение инсулина в крови, обеспечивающее усиление метаболических эффектов кортикостероидов.

3. Стадия истощения – в этой стадии преобладают главным образом явления повреждения, явления распада.

Во время стадии тревоги неспецифическая сопротивляемость организма повышается, при этом он делается более устойчивым к различным воздействиям. С переходом в стадию резистентности неспецифическая сопротивляемость уменьшается, но возрастает устойчивость организма к тому фактору, которым был вызван стресс.

Учение Г. Селье о стрессе получило широкое распространение. В разных странах было издано около 40 трудов ученого, посвященных общему адаптационному синдрому. Г. Селье и его сотрудники опубликовали свыше 2000 работ по этой проблеме. К 1979 году, по данным Международного института стресса, в мире вышло в свет более 150 000 публикаций, посвященных стрессу.

Специфическая адаптация. Специфический характер адаптации, по мнению других ученых, основан на избирательном действии качественно различных физических и химических факторов на физиологические системы организма и клеточный метаболизм. Полагают, что при повторном действии раздражителя включается определенная функциональная система. Причем ее защитный эффект проявляется только во время действия этого раздражителя. Отмеченная закономерность подчеркивает, таким образом, принцип специфичности в развитии повышенной устойчивости организма. Примером специфических адаптационных изменений является адаптация к гипоксии, физическим нагрузкам, высоким температурам и т. д. Специфичность адаптационных изменений может быть весьма высокой.

По данным *И. А. Шилова* (1985), существует как бы **два уровня специфической адаптации.** Первый уровень относится к обычным условиям существования организма, второй – к чрезвычайным (экстремальным, изменяющимся, лабильным).

Для нормального функционирования организма необходим определенный диапазон колебаний факторов окружающей среды (газового состава атмосферного воздуха, его влажности, температуры и т. п.). Избыток или недостаток этих факторов неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности.

Уровень колебания («доза») факторов, соответствующий потребностям организма и обеспечивающий благоприятные условия для его жизни, считают оптимальным (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Принципиальная схема влияния количественного выражения фактора среды на жизнедеятельность организма *(по: И. А. Шилов, 1985)*

Отклонения от зоны оптимума в сторону недостаточной или избыточной дозировки факторов без нарушения жизнедеятельности организма называют зонами нормы. Такие

отклонения человек способен переносить благодаря наличию специфических адаптивных механизмов, требующих затрат энергии. При этом их диапазон индивидуально обусловлен и зависит от пола, возраста, конституции и т. п. 1менно эти физиологические механизмы обеспечивают адаптивный характер общего уровня стабилизации отдельных функциональных систем и организма в целом по отношению к наиболее генерализованным и устойчивым параметрам окружающей среды – **I группа адаптивных механизмов.**

При дальнейшем сдвиге факторов за пределы нормы в сторону избытка или недостатка наступают зоны пессимума. Они соответствуют нарушению гомеостаза и проявлению патологических изменений, но жизнедеятельность организма еще сохраняется. Вне зон пессимума адаптивные реакции, несмотря на полное напряжение всех механизмов, становятся малоэффективными, и наступает гибель.

В зонах пессимума добавляются лабильные реакции, обеспечивающие гомеостаз благодаря включению дополнительных функциональных адаптивных реакций – **II группа адаптивных механизмов.**

Взаимодействие двух рассмотренных уровней специфической адаптации обеспечивает соответствие функций организма конкретным факторам и его устойчивое существование в сложных и динамичных условиях окружающей среды.

В качестве примера можно привести людей, недавно попавших в горы (лабильные реакции), и горцев (стабильная адаптация). Для стабильной адаптации жителей гор характерны стойкая перестройка уровня эритропоэза, сдвиги сродства гемоглобина к кислороду, изменение тканевого дыхания, направленное на поддержание эффективного газообмена в условиях гипоксемии. У равнинных жителей при подъеме в горы наблюдается учащение дыхания, тахикардия, позже – выброс в кровь депонированных эритроцитов и ускорение эритропоэза.

• О наличии в адаптационном процессе как неспецифических, так и специфических компонентов свидетельствуют явления, получившие названия **перекрестная адаптация, покрывающая адаптация, перенос адаптации** и т. п. Речь идет о том, что организм, адаптированный к действию какого-либо одного фактора, становится в результате этого более устойчивым к действию другого или других факторов. Так было показано, что у человека, адаптированного к гипоксии, повышается устойчивость к статической и динамической мышечной работе. В свою очередь, мышечная работа ускоряет и усиливает адаптацию к гипоксии, к холоду. Гипоксия увеличивает устойчивость к теплу. Адаптация к теплу способствует адаптации к гипоксии. По данным *В. И. Медведева* (1982), гипоксические явления и развитие антигипоксических реакций у человека в той или иной степени наблюдаются при действии холода, тепла, сдвигах барометрического давления, изменении влажности, газовой среды (кислород, углекислый газ), светового режима, гравитации, при влиянии сильных эмоциогенных раздражителей, уменьшении или увеличении информационного потока, необходимого для формирования различных видов деятельности при физической и умственной работе. Он полагает, что изменение энергетики является составной (неспецифической) частью всех адаптационных процессов, а антигипоксические реакции формируют аппарат защиты энергетического обмена.

• Однако *Г. Селье* (1960) и другие исследователи отмечают, что не всегда повышенная резистентность к одному фактору обеспечивает устойчивость организма к действию раздражителей другой природы. Наоборот, эта так называемая перекрестная резистентность в ряде случаев отсутствует, и проявляется **перекрестная сенсибилизация.**

При этом резистентность к определенному агенту сопровождается повышением чувствительности к другому агенту. Это явление дало основание Г. Селье высказать мысль о существовании **адаптационной энергии**, мера которой для каждого организма ограничена и обусловлена генетическими факторами.

• По мнению *В. И. Медведева* (1982), неспецифический компонент адаптации может перекрываться специфическим. Несмотря на наличие общего неспецифического компонента, специфические механизмы антагонистичны и могут снимать явления перекрестной адаптации.

1.2. Механизмы адаптации

1.2.1. Фазовый характер адаптации. Нервные и гуморальные механизмы. Цена адаптации

Процесс адаптации носит фазовый характер.

Первая фаза – начальная, характеризуется тем, что при первичном воздействии внешнего, необычного по силе или длительности фактора возникают генерализованные физиологические реакции, в несколько раз превышающие потребности организма. Эти реакции протекают некоординированно, с большим напряжением органов и систем. Поэтому их функциональный резерв скоро истощается, а приспособительный эффект низкий, что свидетельствует о «несовершенстве» данной формы адаптации. Полагают, что адаптационные реакции на начальном этапе протекают на основе готовых физиологических механизмов. При этом программы поддержания гомеостаза могут быть врожденными или приобретенными (в процессе предшествующего индивидуального опыта) и могут существовать на уровне клеток, тканей, фиксированных связей в подкорковых образованиях и, наконец, в коре больших полушарий благодаря ее способности образовывать временные связи.

Примером проявления первой фазы адаптации может служить рост легочной вентиляции и минутного объема крови при гипоксическом воздействии и т. п.

Интенсификация деятельности висцеральных систем в этот период происходит под влиянием нейрогенных и гуморальных факторов. Любой агент вызывает активизацию в нервной системе гипоталамических центров. В гипоталамусе информация переключается на эфферентные пути, стимулирующие симпатоадреналовую и гипофизарно-надпочечниковую системы. В результате происходит усиленное выделение гормонов: адреналина, норадреналина и глюкокортикоидов.

Вместе с тем возникающие на начальном этапе адаптации нарушения в дифференцировке процессов возбуждения и торможения в гипоталамусе приводят к дезинтеграции регуляторных механизмов. Это сопровождается сбоями в функционировании дыхательной, сердечно-сосудистой и других вегетативных систем.

На клеточном уровне в первой фазе адаптации происходит усиление процессов катаболизма. Благодаря этому поток энергетических субстратов, кислорода и строительного материала поступает в рабочие органы.

Вторая фаза – переходная к устойчивой адаптации. Она проявляется в условиях сильного или длительного влияния возмущающего фактора, либо комплексного воздействия. При этом возникает ситуация, когда имеющиеся физиологические

механизмы не могут обеспечить должного приспособления к среде. Необходимо создание новой системы, создающей на основе элементов старых программ новые связи.

Многими исследователями применялся кибернетический подход к рассмотрению данного вопроса. В свете теории *П. К. Анохина* (1975) оптимальный адаптивный эффект достигается в результате создания определенной функциональной системы. Под функциональной системой *П. К. Анохин* понимал такое сочетание процессов и механизмов, которое, формируясь в зависимости от данной ситуации, непременно приводит к конечному приспособительному эффекту как раз именно в данной ситуации.

Так, при действии недостатка кислорода создается функциональная система на основе кислородтранспортных систем (рис. 1.4).

Рис. 1.4. Принципиальная схема типичной функциональной системы на примере дыхательной функции *(по: П. К. Анохин, 1962)*

В. И. Медведев (1982) полагает, что основным местом образования новых адаптационных программ у человека является кора больших полушарий при участии таламических и гипоталамических структур. Таламус предоставляет при этом базовую информацию. Кора больших полушарий благодаря способности к интеграции информации, образованию временных связей в форме условных рефлексов и наличию сложного социально обусловленного поведенческого компонента формирует эту программу. Гипоталамус отвечает за реализацию вегетативного компонента программы, заданной корой. Он осуществляет ее запуск и коррекцию. Следует отметить, что вновь образованная функциональная система непрочна. Она может быть «стерта» торможением, вызванным образованием других доминант, либо угашена при неподкреплении.

Адаптивные изменения во второй фазе затрагивают все уровни организма.

• На клеточно-молекулярном уровне в основном происходят ферментативные сдвиги, которые обеспечивают возможность функционирования клетки при более широком диапазоне колебаний биологических констант.

• Динамика биохимических реакций может служить причиной изменения морфологических структур клетки, определяющих характер ее работы, например клеточных мембран.

• На уровне ткани проявляются дополнительные структурно-морфологические и физиологические механизмы. Структурно-морфологические изменения обеспечивают протекание необходимых физиологических реакций. Так, в условиях высокогорья в эритроцитах человека отмечено увеличение содержания фетального гемоглобина.

• На уровне органа или физиологической системы новые механизмы могут действовать по принципу замещения. Если какая-либо функция не обеспечивает поддержание гомеостаза, она замещается более адекватной. Так, увеличение легочной вентиляции при нагрузках может происходить как за счет частоты, так и за счет глубины

дыхания. Второй вариант при адаптации является для организма более выгодным. Среди физиологических механизмов можно привести изменение показателей активности центральной нервной системы.

• На организменном уровне либо действует принцип замещения, либо осуществляется подключение дополнительных функций, что расширяет функциональные возможности организма. Последнее происходит благодаря нейрогуморальным влияниям на трофику органов и тканей.

В целом во второй фазе адаптации идет поиск организмом более выгодных механизмов функционирования при снижении широты и интенсивности сдвигов.

Третья фаза – фаза устойчивой или долговременной адаптации. Основным условием наступления этого этапа адаптации является многократное либо длительное действие на организм факторов, мобилизующих вновь созданную функциональную систему. Иными словами, организму нужна тренировка, во время которой происходит фиксация сложившихся адаптационных систем и увеличение их мощности до уровня, диктуемого средой. Организм переходит на новый уровень функционирования. Он начинает работать в более экономном режиме за счет уменьшения затрат энергии на неадекватные реакции. На данном этапе преобладают биохимические процессы на тканевом уровне. Накапливающиеся в клетках под влиянием новых факторов среды продукты распада становятся стимуляторами реакций анаболизма. В результате перестройки клеточного обмена процессы анаболизма начинают преобладать над катаболическими. Происходит активный синтез АТФ из продуктов ее распада. Метаболиты ускоряют процесс транскрипции РНК на структурных генах ДНК. Увеличение количества информационной РНК вызывает активацию трансляции, приводящую к интенсификации синтеза белковых молекул.

Таким образом, усиленное функционирование органов и систем оказывает влияние на генетический аппарат ядер клетки. Это приводит к формированию структурных изменений, которые увеличивают мощность систем, ответственных за адаптацию. Именно этот «структурный след» является основой долговременной адаптации.

Признаки достижения адаптации.

По своей физиологической и биохимической сути **адаптация** – это качественно новое состояние, характеризующееся повышенной устойчивостью организма к экстремальным воздействиям. Главная черта адаптированной системы – экономичность функционирования, т. е. рациональное использование энергии.

Состояние адаптации характеризуется физиологическими, биохимическими и морфологическими сдвигами, возникающими на разных уровнях организации от организменного до молекулярного.

На уровне целостного организма проявлением адаптационной перестройки является совершенствование функционирования нервных и гуморальных регуляторных механизмов. В нервной системе повышается сила и лабильность процессов возбуждения и торможения, улучшается координация нервных процессов, совершенствуются межорганные взаимодействия. Устанавливается более четкая взаимосвязь в деятельности

эндокринных желез. Усиленно действуют «гормоны адаптации» – глюкокортикоиды и катехоламины.

На клеточно-молекулярном уровне за счет изменений в энзимных системах происходит мобилизация энергетических ресурсов и пластического материала. Морфологические изменения затрагивают структуру клеточных мембран, благодаря чему улучшается регуляция окислительных процессов, синтеза макроэргов и различных структурных и ферментативных белков. Благодаря интенсивным процессам синтеза увеличивается масса клеточных структур.

Важным показателем адаптационной перестройки организма является повышение его защитных свойств и способность осуществлять быструю и эффективную мобилизацию иммунных систем.

Следует отметить, что при одних и тех же адаптационных факторах и одних и тех же результатах адаптации организм использует индивидуальные стратегии адаптации. При этом, по мнению *В. И. Медведева* (1982), в адаптационном процессе могут быть преимущественно задействованы различные механизмы: поведенческие, физиологические, биохимические.

Переход организма на новый уровень функционирования требует определенного напряжения управляющих систем.

Дополнительные затраты организма, необходимые для осуществления адаптационных реакций, называют **ценой адаптации.**

В процессе адаптации любая активность требует гораздо больше затрат энергии, чем в обычных условиях. Например, это имеет место при выполнении физических упражнений на высоте, что используется в спортивной практике.

1.3. Эффективность адаптации. Кратковременная и долговременная адаптация

1.3.1. Экологические аспекты заболеваний

Здоровье – естественное состояние организма, характеризующееся его уравновешенностью с окружающей средой и отсутствием каких-либо болезненных изменений.

По мнению *И. Р. Петрова, А. Д. Адо, Л. Л. Рапопорта, С. М. Павленко, А. Н. Гордиенко* и др., болезнь определяется как снижение приспособляемости организма к внешней среде при одновременной мобилизации его защитных сил. В наиболее общем смысле болезни людей – следствие нарушения исторически выработанных форм связи организма с окружающей средой.

Эти определения характеризуют особенности гомеостатического регулирования в нормальных условиях. Однако и в процессе адаптации при очень сильном или длительном воздействии неблагоприятных факторов среды либо при слабости адаптационных механизмов в организме возникает **дезадаптация** (нарушение или срыв адаптации) и развиваются патологические состояния – **болезни адаптации.** Например, горная болезнь, проявляющаяся в условиях высокогорья. Иногда болезни адаптации бывают вызваны не

слабостью адаптационных механизмов, а их большой инертностью. Поэтому в данном случае следует принимать во внимание индивидуальные особенности людей.

Болезни адаптации могут развиваться на разных этапах адаптационного процесса. Так, *Г. Селье* приписывает важное патогенетическое значение общему адаптационному синдрому, выраженному в начальный период адаптации при сильном внешнем воздействии. Когда эта реакция превышает свою биологически полезную меру или, наоборот, развивается в недостаточной степени, она приводит к патологическим сдвигам в организме. Если эта неоптимальность особенно выражена и довлеет над явлениями, вызванными специфическими особенностями раздражителя, тогда налицо различные формы болезни адаптации. Следовательно, по своим проявлениям болезнь адаптации носит полиморфный характер, охватывая различные системы организма. По мнению ученого, важное значение как в самой возможности возникновения болезни адаптации, так и в определении ее полиморфности имеют так называемые обусловливающие факторы (conditioning factors). Речь идет о том, что те или иные обстоятельства или факторы, которые не являются интегральной частью общего адаптационного синдрома, в условиях стресса могут изменить нормальный ход развития адаптационной реакции и привести к крайне нежелательным патологическим сдвигам в организме. Обусловливающие, или кондициональные, факторы имеют различную природу и могут быть как внешними (например, диета, температура, холод), так и внутренними (например, наследственность, конституция, предшествовавшее действие патогенных факторов).

Однако наиболее распространены болезни адаптации при длительном пребывании людей в неблагоприятных условиях. Вследствие продолжительного напряжения механизмов регуляции, а также клеточных механизмов, связанных с повышенными энергетическими затратами, происходит истощение и потеря наиболее важных резервов организма. Часть структур или функций выключается. Приспособление продолжается через болезнь. Решающая роль при этом принадлежит ЦНС. Сохранение жизни обеспечивается за счет дорогой вынужденной «платы». В дальнейшем может наступить гибель организма.

Дезадаптация и развитие патологических состояний происходит поэтапно (рис. 1.5).

Рис. 1.5. Классификация состояний при развитии болезней адаптации *(по: Р. М. Баевский, 1980)*

Переход от здоровья к болезни. Этот процесс с позиций биокибернетики представляет собой поэтапную смену способов управления. Каждому состоянию соответствует свой характер структурно-функциональной организации биосистемы.

• Начальный этап пограничной зоны между здоровьем и патологией – **это состояние функционального напряжения механизмов адаптации.** Наиболее характерным его признаком является высокий уровень функционирования, который обеспечивается за счет интенсивного или длительного напряжения регуляторных систем. Из-за этого существует постоянная опасность развития явлений недостаточности.

• Более поздний этап пограничной зоны – **состояние неудовлетворительной адаптации.** Для него характерно уменьшение уровня функционирования биосистемы, рассогласование отдельных ее элементов, развитие утомления и переутомления. Состояние неудовлетворительной адаптации является активным приспособительным процессом. Организм пытается приспособиться к чрезмерным для него условиям существования путем изменения функциональной активности отдельных систем и соответствующим напряжением регуля-торных механизмов (увеличение «платы» за адаптацию). Однако вследствие развития недостаточности нарушения распространяются на энергетические и метаболические процессы, и оптимальный режим функционирования не может быть обеспечен.

• **Состояние срыва адаптации** (полома адаптационных механизмов) может проявляться в двух формах: предболезни и болезни.

• **Предболезнь** характеризуется проявлением начальных признаков заболеваний. Это состояние содержит информацию о локализации вероятных патологических изменений. Данная стадия обратима, поскольку наблюдаемые отклонения носят функциональный характер и не сопровождаются существенной анатомо-морфологической перестройкой.

• Ведущим признаком **болезни** является ограничение приспособительных возможностей организма. Недостаточность общих адаптационных механизмов при болезни дополняется развитием патологических синдромов. Последние связаны с анатомо-морфологическими изменениями, что свидетельствует о возникновении очагов локального изнашивания структур. Несмотря на конкретную анатомо-мор-фологическую локализацию, болезнь остается реакцией целостного организма. Она сопровождается включением компенсаторных реакций, представляющих физиологическую меру защиты организма против болезни.

1.3.2. Оценка эффективности адаптационных процессов

С целью определения эффективности адаптационных процессов биокибернетиками были разработаны определенные критерии и методы диагностики функциональных состояний организма.

Р.М. Баевским (1981) предложено учитывать пять основных критериев:

1. Уровень функционирования физиологических систем.

2. Степень напряжения регуляторных механизмов.

3. Функциональный резерв.

4. Степень компенсации.

5. Уравновешенность элементов функциональной системы.

Методы диагностики функциональных состояний направлены на оценку каждого из перечисленных критериев.

1. Уровень функционирования отдельных физиологических систем определяется традиционными физиологическими методами.

2. Степень напряжения регуляторных механизмов исследуется: косвенно методами математического анализа ритма сердца, путем изучения минерало-секреторной функции слюнных желез и суточной периодики физиологических функций.

3. Для оценки функционального резерва наряду с известными функционально-нагрузочными пробами изучают «цену адаптации», которая тем ниже, чем выше функциональный резерв.

4. Степень компенсации можно определить по соотношению специфических и неспецифических компонентов стрессорной реакции.

5. Для оценки уравновешенности элементов функциональной системы важное значение имеют такие математические методы, как корреляционный и регрессионный анализ, моделирование методами пространства состояний, системный подход.

В настоящее время разрабатываются измерительно-вычислительные комплексы, позволяющие осуществлять динамический контроль за функциональным состоянием организма и прогнозирование его адаптационных возможностей.

1.3.3. Методы увеличения эффективности адаптации

Они могут быть неспецифическими и специфическими.

Неспецифические методы увеличения эффективности адаптации: активный отдых, закаливание, оптимальные (средние) физические нагрузки, адаптогены и терапевтические дозировки разнообразных курортных факторов, которые способны повысить неспецифическую резистентность, нормализовать деятельность основных систем организма и тем самым увеличить продолжительность жизни.

Рассмотрим механизм действия неспецифических методов на примере адаптогенов.

Адаптогены – это средства, осуществляющие фармакологическую регуляцию адаптивных процессов организма, в результате чего активизируются функции органов и систем, стимулируются защитные силы организма, повышается сопротивляемость к неблагоприятным внешним факторам.

Увеличение эффективности адаптации может достигаться различными путями: с помощью стимуляторов-допингов либо тонизирующих средств.

• **Стимуляторы,** возбуждающе влияя на определенные структуры центральной нервной системы, активизируют метаболические процессы в органах и тканях. При этом усиливаются процессы катаболизма. Действие данных веществ проявляется быстро, но оно непродолжительно, поскольку сопровождается истощением.

• Применение **тонизирующих средств** приводит к преобладанию анаболических процессов, сущность которых заключается в синтезе структурных веществ и богатых энергией соединений. Эти вещества предупреждают нарушения энергетических и пластических процессов в тканях, в результате происходит мобилизация защитных сил организма и повышается его резистентность к экстремальным факторам.

Механизм действия адаптогенов, приводящий к адаптационной перестройке функций органов, систем и организма в целом, предложенный *Е. Я. Капланом* и др. (1990),

представлен на рисунке 1.6. На приведенной схеме показаны некоторые направления влияния адаптогенов на клеточный метаболизм. Они, во-первых, могут действовать на внеклеточные регуляторные системы – ЦНС (путь 1) и эндокринную систему (путь 2), а также непосредственно взаимодействовать с клеточными рецепторами разного типа, модулировать их чувствительность к действию нейромедиаторов и гормонов (путь 3). Наряду с этим адаптогены способны непосредственно воздействовать на биомембраны (путь 4) влияя на их структуру, взаимодействие основных мембранных компонентов – белков и липидов, повышая стабильность мембран, изменяя их избирательную проницаемость и активность связанных с ними ферментов. Адаптогены могут, проникая в клетку (пути 5 и 6), непосредственно активизировать различные внутриклеточные системы.

Таким образом, вследствие адаптационных превращений, происходящих на разных уровнях биологической организации, в организме формируется состояние неспецифически повышенной сопротивляемости к различным неблагоприятным воздействиям.

Рис. 1.6. Предполагаемый механизм адаптационной перестройки организма под влиянием адаптогенов *(по: Е. Я. Каплан и др., 1990)*

По своему происхождению адаптогены могут быть разделены на две группы: природные и синтетические. Источниками **природных адаптогенов** являются наземные и водные растения, животные и микроорганизмы. К наиболее важным адаптогенам растительного происхождения относятся *женьшень, элеутерококк, лимонник китайский, аралия маньчжурская, заманиха* и др. Большой интерес представляют различные виды *шиповника.* Помимо обильного содержания витамина С, в нем находятся каротин, Р-активные продукты, фолиевая кислота и другие биологически активные вещества. По рецептам тибетской медицины приготавливают растительные сборы. Особой разновидностью адаптогенов являются биостимуляторы. Это экстракт из листьев *алоэ,* сок из стеблей *каланхоэ, пелоидин, отгоны лиманной и иловой лечебных грязей, торфот* (отгон торфа), *гумизоль* (раствор фракций гуминовых кислот) и т. п. Из зарубежных препаратов, обладающих адаптогенным действием, можно назвать *«Цернильтон»* и *«Полиитабс Спорт»* (Швеция). Основу этих препаратов составляют водо– и жирорастворимые экстракты пыльцы растений. К препаратам животного происхождения относятся: *пантокрин,* получаемый из пантов марала; *рантарин*– из пантов северного оленя, *апилак* – из пчелиного маточного молочка.

Широкое применение получили вещества, выделенные из различных микроорганизмов и дрожжей, – *продигиозан, зимозан* и др.

Многие эффективные синтетические адаптогены получены из природных продуктов (нефти, угля и т. п.). Высокой адаптогенной активностью обладают *витамины.*

Специфические методы увеличения эффективности адаптации. Эти методы основаны на повышении резистентности организма к какому-либо определенному фактору среды: холоду, высокой температуре, гипоксии и т. п.

Рассмотрим некоторые специфические методы на примере адаптации к гипоксии. Интенсивные поиски путей повышения устойчивости к высотной гипоксии на протяжении последних десятилетий проводились *Н. Н. Сиротининым, В. Б. Малкиным* и его сотрудниками, *М. М. Миррахимовым* и др. Были разработаны различные режимы гипоксической тренировки (высокогорной и барокамерной), показана эффективность противогипоксических фармакологических средств. Представлены материалы о защитном эффекте сочетанного воздействия на организм гипоксической тренировки и приема фармпрепаратов.

• В течение почти 50 лет делались попытки использовать адаптацию в условиях высокогорья для повышения адаптационных резервов организма. Было отмечено, что пребывание в горах увеличивает «высотный потолок», т. е. устойчивость (резистентность) к острой гипоксии. К настоящему времени накоплен большой опыт проведения *высокогорных тренировок* альпинистов. Был выдвинут принцип активной ступенчатой адаптации, который лег в основу построения рациональной тактики высотных восхождений, обеспечившей покорение высочайших горных вершин. При этом *В. Б. Малкиным* и др. (1989) впервые было установлено значение индивидуальной фоновой высотной резистентности. По сути дела, были отмечены различные типы индивидуальной адаптации к гипоксии, в том числе и диаметрально противоположные, направленные в конечном счете как на экономизацию, так и на гиперфункцию сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

• Применение различных режимов *барокамерной гипоксической тренировки* имеет ряд преимуществ по сравнению с высокогорной тренировкой, поскольку является одним из наиболее доступных методов повышения высотной устойчивости. При этом доказано, что адаптационные эффекты после тренировки в горах и в барокамере при одинаковой величине гипоксического стимула и равной экспозиции весьма близки.

В настоящее время используются так называемые стационарные и дробные режимы барокамерной адаптации к гипоксии. К стационарным относят режимы тренировки, при которых человек находится постоянно на одной и той же высоте, причем, как правило, пребывание на высоте достаточно длительное. Дробные режимы тренировки включают ступенчатые барокамерные подъемы на различные высоты (*Н. Н. Сиротинин,* 1958). И в том и в другом случае такие режимы тренировки, как и многочисленные их модификации, требуют сравнительно больших затрат времени – от 2 до 5–6 недель.

В. Б. Малкиным и др. (1977, 1979, 1981, 1983) предложен метод ускоренной адаптации к гипоксии, позволяющий за минимальный срок повысить высотную резистентность. Этот метод получил название *экспресс-тренировки.* Он включает многократные ступенчатые барокамерные подъемы с «площадками» на различных высотах и спуск до «земли». Такие циклы повторяют несколько раз.

Установлено, что при моделировании острой формы горной болезни в барокамере на «высоте» 4200 м в течение суток у обследуемых, подвергавшихся экспресс-тренировке к острой гипоксии, ее симптомы были выражены значительно слабее или не развивались вовсе. Об этом свидетельствовали и субъективная оценка самочувствия, и результаты физиологических исследований. Экспресс-тренировка оказалась достаточно эффективным средством защиты от горной болезни.

• Принципиально новым режимом гипоксической тренировки, разработанным *В. Б. Малкиным* и др. (1980, 1989), следует признать *барокамерную адаптацию в условиях сна.* Факт формирования тренировочного эффекта во время сна имеет важное теоретическое

значение. Он заставляет по-новому взглянуть на проблему адаптации, механизмы формирования которой традиционно и не всегда правомерно связываются лишь с активным бодрствующим состоянием организма. Действительно, в исследованиях с людьми в третью ночь их пребывания в барокамере на «высоте» 4200 м была отмечена некоторая нормализация фазовой структуры сна, увеличение числа завершенных циклов, тенденция к восстановлению количества эпизодов быстрого сна по отношению к их числу в нормальных условиях. Заметно снизилось и число пробуждений. Примечательно, что после проведения барокамерной тренировки во время сна у всех обследуемых «высотный потолок» повысился в среднем на 1000 м.

• При выборе *фармакологических средств предупреждения горной болезни В. Б. Малкиным* и др. (1989) учитывалось, что в ее патогенезе ведущая роль принадлежит нарушениям кислотно-щелочного равновесия в крови и тканях и связанным с ними изменением мембранной проницаемости.

С другой стороны, один из самых серьезных симптомов острой горной болезни – расстройство сна – также обусловлен нарушением кислотно-основного баланса вследствие развития гипокапнии. Последняя приводит к изменению чувствительности дыхательного центра к углекислоте и появлению так называемого сгруппированного периодического дыхания. Нарушения ритма дыхания в ночное время, в свою очередь, снижают величину легочной вентиляции, что способствует еще большему усилению кислородного голодания. Таким образом, прием лекарственных препаратов, нормализующих кислотно-щелочное равновесие, должен устранять и расстройства сна в гипоксических условиях, тем самым способствуя формированию адаптационного эффекта. Таким препаратом является *диакарб* из класса ингибиторов карбоангидразы.

Как показали исследования, использование диакарба для профилактики острой горной болезни при ее моделировании в барокамере в течение суток на «высоте» 4200 м способствовало нормализации фазовой структуры сна. Что особенно важно – во время сна сохранялось ритмичное дыхание. Вегетативные реакции у людей, принимавших диакарб, были изменены в меньшей степени, чем у обследуемых контрольной группы. О лучшей переносимости хронической гипоксии свидетельствовала и субъективная оценка самочувствия и сна. Профилактический эффект препарата, как полагают, связан с его влиянием на регуляцию дыхания, особенно в ночное время. Исследования, проведенные в условиях высокогорья Памира, подтвердили выраженный защитный эффект диакарба в профилактике острой горной болезни. На это указывали данные энцефалографии и других методов, включавших регистрацию кардиореспираторных показателей, а также результаты анкетирования.

Принцип интервальной гипоксической тренировки при дыхании газовой смесью, содержащей от 10 до 15 % кислорода, в последнее время стал использоваться не только для увеличения адаптационного потенциала человека, но и для повышения физических возможностей, а также для лечения различных заболеваний, таких как лучевая болезнь, ишемическая болезнь сердца, стенокардия и т. д. По мнению *Е. А. Коваленко* (1993), такой метод повышает активность системы антиоксидантных ферментов. Каждый «импульс» в процессе подобной гипоксической тренировки усиливает включение механизмов борьбы с гипоксией, а при переходе к нормоксии увеличивается мощность антиоксидантной защиты от возникновения свободнорадикальной патологии.

В наших исследованиях было предложено использовать комплекс дыхательных функциональных проб и дыхательной тренировки для прогнозирования адаптационного эффекта и управления адаптационным процессом в условиях острой и хронической

гипоксии у людей с учетом их индивидуальных особенностей *(Е. П. Гора,* 1992). При этом различные режимы произвольного управления дыханием, применяемые на разных этапах адаптации к гипоксии, оказывали влияние на физиологические и биохимические процессы адаптации.

Разумеется, перечисленные методы повышения устойчивости к высотной гипоксии не исчерпывают всего многообразия подходов к решению этой проблемы. Однако уже сейчас ясно, что наиболее реальный путь повышения резистентности организма к недостатку кислорода – это использование рациональных режимов гипоксической тренировки в сочетании с комплексом фармакологических средств, регулирующих обменные процессы и направленных на предотвращение истощения нервных и гуморальных механизмов.

1.3.4. Зависимость адаптационных процессов от длительности проживания в измененных условиях среды

Большинство исследований, посвященных проблеме адаптации, касаются в основном механизмов приспособления людей, недавно попавших в измененные условия среды. Данных об особенностях адаптационных процессов у длительно проживающих в этих условиях гораздо меньше. В связи с этим трудно судить о динамике адаптационного процесса в онтогенезе. Немногие сведения, которые имеются по данной проблеме, свидетельствуют о том, что при переезде человека в неблагоприятные условия жизни на одно, два и более десятилетий, у него происходят длительные циклические изменения в организме (рис. 1.7).

Рис. 1.7. Временная организация жизнедеятельности организма в неадекватных условиях *(по: В. П. Казначеев, 1980)*

В длительном адаптационном процессе условно можно выделить четыре периода.

1. Первый продолжается до полугода и сопровождается выраженной **дестабилизацией** физиологических функций.

2. Второй занимает 2,5–3 года и характеризуется относительными **стабилизацией** и **синхронизацией** регуляторных и гомеостатических процессов. В это время в организме наряду с функциональной перестройкой происходят изменения на клеточно-молекулярном уровне.

3. Третий период – **стабилизации,** или **адаптированности,** – длится 12–15 лет. Это новый уровень функционирования организма. Его поддержание требует постоянного напряжения систем регуляции. В этот период отмечаются стойкие изменения в биохимических показателях крови, повышение устойчивости мембран эритроцитов. Изменяется проницаемость капилляров. Однако в этот период довольно часто развиваются патологические процессы, особенно в сердечно-сосудистой и легочной системах. Поэтому считают, что происходит ускорение старения организма.

4. Четвертый период сопровождается все большим **истощением резервных возможностей** организма, что приводит к появлению и обострению различных хронических заболеваний. Полагают, что в это время имеет место истощение и недостаточность глубинных клеточно-генетических резервов здоровья.

Следует отметить, что успешность адаптации как у людей, недавно попавших в измененные условия среды, так и у лиц, длительно проживающих в этих условиях, зависит от их индивидуальных особенностей. Так, было показано, что при переезде в неблагоприятные условия наиболее эффективно адаптировались люди с большими колебаниями фоновых показателей, чего нельзя сказать о лицах со стабильными фоновыми данными. К длительной адаптации более приспособленными оказались люди, у которых организм способен продолжительное время поддерживать в напряжении необходимые адаптивные механизмы. Лица, у которых адаптивные перестройки протекают недостаточно оптимально, подвержены заболеваниям и часто уезжают в более благоприятные районы в течение как первого, так и второго периодов.

Обращает на себя внимание тот факт, что люди, хорошо адаптирующиеся к значительным колебаниям условий среды, выраженным непродолжительное время, гораздо хуже переносят длительное, хотя и не столь сильное воздействие неблагоприятных факторов. И наоборот. Перечисленные особенности имеют существенное значение при прогнозировании способности к адаптации и адаптационного эффекта у различных людей.

1.3.5. Аборигены. Физиологические механизмы их приспособления к среде. Адаптивные типы и среда

Наиболее приспособленными к жизни в регионах с неблагоприятной окружающей средой являются коренные жители – аборигены. В результате длительной истории приспособления у них сформировался целый комплекс морфологических, физиологических, психологических и биохимических механизмов адаптации к тем или иным специфическим условиям жизни.

Адаптивные черты аборигенов необратимы. Установлена наследственная природа этого комплекса, который выработался путем приспособительной изменчивости в результате действия биологически обусловленного и социального естественного отбора.

Большую роль в выживании и сохранении здоровья аборигенов в суровых условиях играют демографические, этнографические и другие социально обусловленные факторы. Следует отметить, что такие народности завоевали эти механизмы слишком дорогой ценой. У них чрезвычайно высока детская смертность, распространены эндемические заболевания, существенно сокращена продолжительность жизни. Для малых популяций характерны генетические аномалии.

Так называемые морфофункциональные комплексы неодинаковы у коренного населения различных географических зон и поясов. Так, аборигены Севера и аборигены тропиков отличаются по внешнему виду, строению тела, характеристике внутренней среды организма, включая механизмы обмена веществ. В связи с этим *Т. И. Алексеевой* (1972) была предложена гипотеза адаптивных типов.

Адаптивный тип – это норма биологической реакции на комплекс условий окружающей среды, обеспечивающей состояние равновесия популяций с этой средой и находящей внешнее выражение в морфо-функциональных особенностях популяций.

Популяции могут относиться к единому адаптивному типу независимо от расовой и этнической принадлежности. Их объединяет именно адаптивный комплекс.

Т. И. Алексеева выделила четыре основных адаптивных типа: арктический, континентальный, экваториальный и предгорный.

• **Арктический** адаптивный тип характеризуется усилением газообмена, высоким содержанием холестерина и иммунных белков в сыворотке крови, усиленной минерализацией скелета. Он представлен данными по саамам, лесным ненцам, чукчам и эскимосам.

• **Предгорный** адаптивный тип, данные по которому получены на основе изучения предгорных таджиков, отличается понижением газообмена и обезжиренной массы тела, уменьшением содержания холестерина в сыворотке крови, высоким содержанием иммунных белков, сильно минерализованным скелетом. В первом случае адаптивный тип сформировался как реакция на влажный и холодный климат, во втором – на недостаток кислорода.

• **Континентальный** адаптивный тип охарактеризован на основе морфофизиологических особенностей бурят и отличается понижением удельного веса обезжиренной массы тела, значительным жироотложением, слабой минерализацией скелета, усилением белковых фракций сыворотки крови. Своеобразным признаком этого типа с морфологической точки зрения является относительная коротконогость. В целом весь комплекс представляет собой сумму адаптаций к континентальному климату.

• Аналогичную сумму адаптаций, но к тропическому климату представляет собой **экваториальный** адаптивный тип, выраженный у бушменов, банту и индийских народностей. Его характерные черты – относительное увеличение поверхности испарения наряду с высоким содержанием иммунных и строительных белков в сыворотке крови, т. е. определенная адаптация к влажной жаре.

• Наконец, в дополнение к уже перечисленным адаптивным типам, на наш взгляд, стоит выделить и адаптивный тип **умеренного пояса**, представленный центральноевропейскими и восточноевропейскими популяциями и характеризующийся средним развитием всех упоминавшихся выше свойств. Такой нейтральный комплекс соответствует относительно оптимальным условиям умеренного пояса.

Гипотеза адаптивных типов наметила перспективный путь классификации тех признаков, которые ответственны за адаптивный статус популяции. Это путь дальнейшего изучения конкретных адаптивных механизмов в различных популяциях и их сведения к сравнительно небольшому числу адаптивных видов.

Однако следует учитывать, что людские популяции неоднородны. Разнообразие конституций людей, входящих в ту или иную популяцию, обусловлено соответствующими климато-географическими и социальными условиями их жизни. В соответствии с этим *Н. А. Агаджаняном* (1981) было введено понятие «экологический портрет» человека [2]. Экопортрет человека необходимо учитывать при миграциях населения, так как это позволяет в той или иной мере прогнозировать адаптационный эффект.

Экопортрет человека – это совокупность генетически обусловленных свойств и структурно-функциональных особенностей индивидуума, характеризующих специфическую адаптацию к конкретному набору особых факторов среды обитания.

Глава 2. Адаптация к природным и климатогеографическим условиям

Но всего сильнее, всего сокрушительнее Белое Безмолвие в его бесстрастности.

Дж. Лондон

2.1. Природные факторы и их воздействие на организм

2.1.1. Природная радиация. Магнитные поля

Физические факторы внешней среды, послужившие основой возникновения жизни на Земле и оказывающие, как правило, комплексное воздействие на живые организмы, достаточно разнообразны. Комплекс этих факторов может иметь галактическое происхождение, определяться солнечной активностью либо процессами, происходящими на Земле и в околоземном пространстве, и в определенных пределах совершенно необходим для поддержания нормальной жизнедеятельности организма. Известно, что, если поместить животное или человека в экранированную камеру и ограничить таким образом доступ внешней энергии естественного происхождения, в организме возникнут серьезные нарушения на молекулярном, клеточном, тканевом, органном и системном уровнях. И наоборот, на увеличение длительности или интенсивности подобного воздействия организм реагирует декомпенсацией и развитием патологических состояний. «Органическая жизнь только там и возможна, где имеется свободный доступ космической радиации, ибо жить – это значит пропускать сквозь себя поток космической энергии в кинетической ее форме», – писал *А. Л. Чижевский.*

Каковы же характеристики различных видов внешней энергии, оказывающих влияние на все живое?

Галактические частицы, достигающие атмосферы Земли, обладают очень высокой энергией (порядка 10^{20} эВ). В основном они представлены ядрами химических элементов, среди которых преобладают ядра водорода, гелия и тяжелые ионы. Их интенсивность составляет 1600 частиц/м^2 в 1 с, средняя энергия – 7 ГэВ. Эти так называемые **первичные космические лучи**, взаимодействуя с атомами атмосферы, порождают **вторичные**, или **собственно космические, излучения** – нуклеоны, мезоны, электроны и фотоны. Некоторые из них преобразуются в слоях атмосферы, а часть достигает Земли. Уровень космического излучения на поверхности планеты зависит от высоты местности и геомагнитной широты.

Кроме космических лучей, существует **межпланетное магнитное поле** плотностью 1-30 нТ^2.

Атмосфера служит барьером для жесткого ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Однако она прозрачна в узком участке электромагнитного спектра. Эту область живые организмы воспринимают как свет.

Влияние космических лучей на организм изучено сравнительно мало. Это обусловлено главным образом тем, что они действуют в комплексе. Существует гипотеза о возможном появлении в них фактора, меняющего свойства биологических систем. Известно, что с космическими излучениями сопряжена чувствительность к свету.

Самым мощным источником различных форм энергии, оказывающих влияние на Землю, является Солнце. Внутри Солнца происходят термоядерные реакции, в результате которых возникают **солнечные электромагнитные излучения широкого диапазона.** Время от времени на поверхности появляются очаги повышенной солнечной активности в виде пятен и протуберанцев – результат мощных взрывов, которым сопутствует выброс элементарных частиц.

Непрерывное расширение верхней части солнечной атмосферы сопровождается корпускулярным излучением. Скорость этого расширения по мере удаления от Солнца увеличивается. На расстоянии нескольких десятков солнечных радиусов оно достигает 400 км/с. Это так называемый **спокойный солнечный ветер.** Он увлекает за собой магнитное поле Солнца, вытягивая его силовые линии. Солнечный ветер содержит небольшое количество энергии. Вместе с тем он играет значительную роль в передаче к Земле возмущений, обусловленных явлениями солнечной активности.

Земное магнитное поле – препятствие для солнечного ветра. Картина обтекания ветром этого препятствия напоминает картину, наблюдаемую при движении сверхзвукового самолета в атмосфере: перед препятствием возникает ударная волна. За фронтом ударной волны образуется полость – магнитосфера. Границу магнитосферы отделяет от фронта ударной волны переходный слой. Солнечный ветер непосредственно в магнитосферу не попадает.

Солнечные вспышки нередко образуют весьма сложные вспышечные потоки. Излучаемая солнечными вспышками энергия переносится через межпланетное пространство, попадает в область взаимодействия геомагнитного поля с межпланетной средой и в периоды возмущений проходит через заполненную частицами геомагнитосферу. Изменчивость солнечной активности вызывает геомагнитные возмущения, интенсивность которых нарастает в направлении от низких широт к высоким.

И. В. Ковальский предлагает следующую схему связей между Солнцем и Землей: высокоскоростной поток солнечного ветра – рекуррентное геомагнитное возмущение и солнечная вспышка – вспышечный поток солнечного ветра – геомагнитная суббуря.

Активность Солнца по отношению к Земле периодически изменяется. Различают следующие **циклы солнечной активности:** суточные, годовые, 5-6-летние, 11-летние, 80-90-летние и многовековые. Периоды максимальной активности приходятся на 7-17 лет, минимальной – на 9-14 лет.

Солнечная энергия достигает внешних слоев атмосферы Земли в виде прямых солнечных лучей. При этом часть ее поступает в виде рассеянной радиации. В северных широтах уровень радиации повышается в апреле – мае, в южных – в марте – апреле, что связано с высотой Солнца и прозрачностью атмосферы. В течение суток максимум радиации приходится на полдень.

Солнце. Спектр солнечного излучения представлен следующими видами излучений:

– инфракрасным (до 60 % общей энергии радиации);

– ультрафиолетовым (менее 0,5 %);

– ионизирующим и видимыми лучами (около 40 %).

• **Инфракрасные лучи** Солнца имеют длину волны от 760 до 3000 нм и легко проходят сквозь атмосферу Земли. Встречая на своем пути частицы различных веществ, эти электромагнитные волны усиливают их вращательные и колебательные движения, создавая тепловой эффект. Инфракрасное излучение легко проникает через одежду и поглощается кожей человека более чем на 50 %. Наибольшим биологическим эффектом обладают короткие лучи длиной 760-1000 нм. Они повышают биолюминесценцию в организме, ускоряют биохимические, ферментативные и иммунные реакции, ускоряют рост клеток и регенерацию тканей, усиливают ток крови, увеличивают температуру крови и лимфы. Оказывая влияние на теплообмен, инфракрасное излучение воздействует на метаболизм. Понижается тонус гладких мышц и скелетной мускулатуры. Ослабевает нервное напряжение.

• Уровень **ультрафиолетовой радиации** зависит от экранирующего действия атмосферы. Он повышается в горах с увеличением высоты. На уровне моря интенсивность радиации зависит от положения Солнца, географической широты, времени года и суток. Она практически отсутствует при низкой облачности, в тени и снижена при высокой влажности и загрязнении воздуха. Ультрафиолетовые лучи хорошо поглощаются оконными стеклами и одеждой. Энергетическая «стоимость» этого вида излучений мала. Биологический же эффект, связанный с квантовым выходом, достаточно велик.

Ультрафиолетовые лучи обладают широким бактерицидным действием. Микроорганизмы погибают под влиянием прямых солнечных лучей, особенно коротковолновой части спектра.

Попадая на кожу человека, ультрафиолетовое излучение оказывает фотоэлектрический и люминесцентный эффекты. При этом в основе происходящих процессов лежит способность ультрафиолетовых лучей к денатурации белка и его фотолизу, а также к повышению восстановительной активности сульфгидрильных веществ поверхностных слоев кожи.

Ультрафиолетовые лучи способствуют загару – образованию в результате ферментативных реакций пигмента меланина. Пигментация защищает кожу от излишней радиации. Однако при длительном воздействии ультрафиолетового излучения появляются эритема или ожоги – клетки эпидермиса повреждаются, что ведет к образованию гистамина и других продуктов клеточного распада, которые всасываются в кровь, отрицательно воздействуя на организм. Продолжительное ультрафиолетовое облучение может привести к возникновению опухолей кожи и внутренних органов.

Интересно отметить, что малые дозы радиации способствуют репарации клеток и регенерации поврежденных тканей у человека. Это обусловлено повышением ферментативной активности и интенсификацией обмена веществ.

Ультрафиолетовые лучи обладают способностью вырабатывать из эргостерола кожи витамин D, участвующий в обмене фосфора и кальция. Витамины группы D необходимы для придания плотности костям и для нормальной деятельности нервной и мышечной систем.

Умеренное ультрафиолетовое облучение повышает иммунные свойства кожи и крови, стимулирующе действует на ретикулоэндотелиальную систему и костный мозг. Оно активизирует функции вегетативной нервной системы и желез внутренней секреции. Малые дозы облучения оказывают возбуждающий, а большие – угнетающий эффект на процессы, происходящие в коре головного мозга.

Периодическое ультрафиолетовое облучение организма умеренными дозами приводит к оздоровлению организма. Увеличиваются его адаптивные возможности, повышается умственная и физическая работоспособность.

У жителей Севера при продолжительном отсутствии ультрафиолетовых лучей часто развивается солнечное «голодание», которое сопровождается определенным симптомокомплексом и снижает приспособляемость организма к окружающей среде.

• **Видимые лучи** Солнца имеют длину волны от 380 до 760 нм. Они создают наибольшую величину освещенности, несмотря на то что часть их рассеивается или отражается. Световой луч состоит из спектра цветов, каждый из которых имеет свою длину волны.

Биологическое значение световой радиации для человека прежде всего состоит в возможности зрительных восприятий, что связано с механизмами фоторецепции.

Световые лучи проникают в тело на глубину около 2,5 см. Они стимулируют биохимические процессы, увеличивают иммунную реактивность, способствуют образованию меланина. Повышается возбудимость коры головного мозга, деятельность желез внутренней секреции, обмен веществ. При этом разные цвета видимого спектра оказывают различное влияние на нервно-психические процессы.

Одним из важнейших следствий периодического изменения освещенности является создание циркадных ритмов. Они способствуют чередованию активной деятельности и восстановительных процессов.

• **Радиоволновое излучение** Солнца находится в диапазоне от миллиметровых до 15-метровых волн. Оно имеет сравнительно небольшую мощность, которая значительно возрастает в периоды «возмущенного» Солнца. Существует гипотеза, согласно которой коротковолновое радиоизлучение отражается на биотоках мозга. Изменение интенсивности радиоволнового излучения Солнца имеет для человека сигнальное значение.

В последнее время был высказан ряд предположений относительно **механизмов влияния солнечной радиации на живые организмы.** В основе этих механизмов лежат физико-химические изменения, происходящие на молекулярном уровне. Так, солнечная радиация приводит к сдвигам геометрических и энергетических параметров коллоидных частиц. Полагают, что гелиофизические факторы действуют на магнитоэлектрические свойства молекул воды и на динамику содержания свободных ионов кальция, которые участвуют в ультраструктурной организации клеточных мембран. Это, в свою очередь, влияет на проницаемость и поляризацию мембран. *В. В. Соколовский* уделяет особое внимание тиоловым соединениям, широко представленным в живых организмах, поскольку в них находятся высокореактивные сульфгидрильные группы (SH), обеспечивающие важные реакции, в частности реакцию обратимого окисления. Его точка зрения легла в основу создания *унитоловой пробы,* которая служит одним из количественных показателей биологических эффектов солнечной активности.

Луна. Эта планета также оказывает определенное влияние на процессы, происходящие на Земле. С нею, в частности, связаны силы притяжения, эффекты отраженного солнечного света, приливы и отливы в морях и океанах и другие периодические явления. Воздействие Луны на земные процессы может быть связано с ее прохождением в полнолуние через магнитосферный шлейф нашей планеты, что увеличивает амплитуду магнитных пульсаций и возмущенность магнитного поля.

Существует зависимость между лунными ритмами и женским половым циклом, который соответствует лунному месяцу. Полагают, что фазы луны сказываются на статистике деторождения. Кроме того, лунный свет действует на нервно-психическую сферу человека и может вызывать определенные отклонения, особенно в полнолуние.

Земля. Радиационный пояс Земли образуется в околоземном пространстве потоками заряженных частиц (протонов и электронов), захватываемых геомагнитным полем. Различают две области радиационного пояса Земли: внутреннюю и внешнюю. Внутренняя область простирается на расстояние от нескольких сотен до нескольких тысяч километров от поверхности. Ближе к Земле она представлена протонами, энергия которых составляет несколько сотен МэВ. На высоте около 3000 км преобладают электроны, мощность эквивалентной дозы излучения которых может достигать сотен тысяч бэр в сутки.

Внешняя область радиационного пояса Земли в основном образована электронами, максимум которых приходится на расстояние около 22 000 км от поверхности. Мощность эквивалентной дозы облучения здесь составляет порядка 10^4 бэр/сут.

Следует отметить, что радиационная опасность резко снижается при уменьшении высоты до 400–500 км. Однако излучения радиационного пояса Земли представляют риск для космонавтов, осваивающих околоземное пространство.

Движущиеся электрические заряды – одна из причин возникновения магнитного поля Земли. В свою очередь, изменяясь во времени, магнитное поле порождает вокруг себя электрическое (магнетизм).

• Земля имеет постоянное магнитное поле, на которое накладываются периодические и случайные изменения. Полагают, что они обусловлены электрическими явлениями в атмосфере. Горизонтальная составляющая постоянного магнитного поля Земли имеет максимум у магнитного поля экватора (0,3–0,4 Э), а вертикальная – у магнитных полюсов (0,6–0,7 Э). Электромагнитное поле Земли представляет собой спектр электромагнитных «шумов» в широком диапазоне частот от 10^{-3} до 10^9 Гц.

Периодические изменения магнитного поля Земли могут быть связаны с солнечной активностью и иметь вековую, годовую, сезонную и суточную цикличность. Полусуточные колебания обусловлены влиянием Луны. Существуют также короткопериодные микропульсации.

• **Переменные магнитные поля,** возникающие вокруг Земли, получили название *магнитным возмущений* и *магнитным: буры.* Переменная часть магнитного поля создается токами, локализованными преимущественно в ионосфере. Внутриземные токи, также вносящие заметный вклад в переменное магнитное поле, имеют вторичный характер и обусловлены эффектами индукции и особенностями внутреннего строения Земли. Магнитные бури усиливают токи Земли. Они возникают в результате проникновения в атмосферу летящих от Солнца со скоростью 1000–3000 км/с заряженных

частиц. В периоды возмущений происходит глобальное возбуждение микропульсаций. Они могут регистрироваться десятки часов подряд по всему земному шару.

• Кроме воздействий со стороны Солнца, магнитное поле Земли подвержено техногенным влияниям. **Искусственный магнитный фон** может во много раз превышать естественный. В связи с этим в настоящее время встает проблема дифференцировки геомагнитных эффектов и влияния искусственных электромагнитных полей.

Живые организмы обладают собственными **биомагнитными полями.** Они возникают благодаря электрической активности клеточных мембран нервной и мышечной ткани. Другим источником являются ферромагнитные микрочастицы, попавшие в организм. Полагают, что у человека скопления магнетита органического происхождения находятся в надпочечниках и в коре головного мозга. *Дж. Беккер,* изучая распределение поверхностных потенциалов у животных и человека, обнаружил отрицательные заряды на большей части тела и конечностях и положительные заряды в затылочной области головы и в начале позвоночного столба, т. е. в районе головного и спинного мозга. Вся система рассматривается автором как *медленная электромагнитная регуляция* организма. Биомагнитное поле человеческого организма измеряется в теслах и нанотеслах.

Механизмы воздействия геомагнитного поля. Исследования показали, что реакции живых организмов на внешние естественные электромагнитные поля зависят не от величины воздействующей электромагнитной энергии, а от модуляций временных параметров электромагнитных полей, а также от того, какие системы организма подверглись или оказались наиболее чувствительны к данному воздействию. Большинство авторов полагают, что влияние электромагнитного поля на живой организм носит информационный характер.

В последние годы проведено немало исследований по изучению механизмов воздействия колебаний геомагнитного поля. При этом было обнаружено изменение прежде всего биохимических реакций. Полагают, что при воздействии сил электромагнитной природы в водных растворах образуются свободные радикалы, способные инициировать окислительные реакции. Кроме того, под влиянием электромагнитных полей меняются свойства самой воды, изменяется показатель ее преломления. Геомагнитные поля сказываются на конфигурации цепей биополимеров, разрушая слабые связи вторичных, третичных и четверичных структур.

Было показано, что в механизм воздействия электромагнитных полей вовлекаются структуры на молекулярном, клеточном, тканевом и органном уровнях.

Электромагнитные поля малой напряженности влияют на функциональное состояние организма. На них реагируют основные системы регуляции гомеостаза: центральная нервная система, эндокринная система, кровообращение, система крови. Изменяется метаболизм.

• Результаты многочисленных исследований показали, что наиболее чувствительна к флюктуациям геомагнитного поля нервная система. Впервые на это обратил внимание *А. Л. Чижевский* (1937) [66]. Что касается механизмов подобных влияний, то электромагнитное поле изменяет проницаемость клеточных мембран. Оно воздействует на физические процессы межнейронального взаимодействия. Происходят сложные изменения корково-подкорковых взаимоотношений, сопровождающиеся активацией лимбических структур и подавлением восходящих активирующих влияний ретикулярной формации на кору головного мозга. Отмечено взаимодействие внешних

электромагнитных полей с эндогенными того же диапазона частот, в частности с биополями головного мозга. Геомагнитные возмущения влияют на биопотенциалы головного мозга спящего человека и уменьшают продолжительность сна. При длительном действии микроволновой радиации происходит дезинтеграция пространственно-дискретной структуры нейроритмов в системе регуляции функционального состояния мозга.

Во время геомагнитных бурь возрастает напряженность вегетативного регулирования. Электромагнитные поля различной интенсивности влияют на формирование условных рефлексов. Они вызывают нарушения адаптивного поведения. Страдают механизмы памяти, особенно кратковременной. Изменяется восприятие времени, объем и интенсивность внимания, увеличивается время простой двигательной реакции.

• Естественные магнитные поля оказывают влияние на системы свертывания крови. Изменение СОЭ у здоровых людей происходит синфазно с изменением магнитного поля Земли. Этот показатель достоверно увеличивается в дни с повышенной напряженностью геомагнитного поля. От состояния геомагнитного поля зависит цитохимический статус лейкоцитов периферической крови, осмотическая стойкость эритроцитов и уровень реакции перикисного окисления липидов эритроцитов. При геомагнитном возмущении отмечена разобщенность между окислительными и гидролитическими процессами в лимфоцитах, что создает предпосылки для развития заболеваний.

Обнаружено, что электромагнитные свойства крови имеют существенное значение для гемодинамики. Если бы кровь не обладала магнитными свойствами, нагрузка на сердце значительно возросла бы. С вариациями геомагнитного поля коррелируют частота сердечных сокращений, артериальное давление, периферическое сопротивление сосудов. При возмущениях геомагнитного поля происходят нарушения мозгового кровообращения, изменяются показатели дыхательной и мышечной систем. Отмечены сдвиги в терморегуляции.

Необходимо обратить внимание на то, что естественное магнитное поле Земли, благодаря своему сенсорному действию на организм, поддерживает процессы жизнедеятельности. Искусственное ослабление влияния электромагнитного поля угнетает жизненные функции, и наоборот. При длительном пребывании в электромагнитном поле малой напряженности изменения в организме не ограничиваются функциональными сдвигами и переходят в патологические процессы. Снижается функциональный резерв тканей, что может сопровождаться деструктивными процессами в головном мозге, сердце, легких, печени, поджелудочной железе. Падает устойчивость организма к внешним воздействиям. Особенно отчетливо такие изменения происходят под влиянием искусственных электромагнитных полей, которые накладываются на естественные. В результате в организме возникает комплекс патологических отклонений, известный под названием **«магнитная»** или **«радиоволновая болезнь».**

Бурное развитие науки и техники в XX веке привело к созданию генераторов электромагнитных полей, которые широко используются в практике промышленности, связи, военной сфере, радионавигации, здравоохранении, быту. Столь широкое их применение сопровождается прогрессирующим электромагнитным загрязнением окружающей среды, создающим угрозу здоровью населения. И действительно, всем известно о вреде многочасового просмотра телевизионных программ и беспрерывной работы за компьютером в течение рабочего дня.

В печати все чаще появляются статьи о нежелательных эффектах сотовых телефонов. Например, шведскими учеными были представлены данные о влиянии радиотелефона на мозг животных. В течение двух лет подопытные крысы «пользовались» стандартным аппаратом системы GSM. В результате у животных был обнаружен статистически достоверный рост количества опухолей мозга. При контакте с радиотелефоном всего в течение 40 дней у крыс возникали биохимические изменения в клетках головного мозга.

По поручению Управления радиационной и ядерной безопасности Финляндии группа ученых из Хельсинки проводила исследования по влиянию мобильных телефонов на гематоэнцефалический барьер у животных. Они подвергали эндотелиальные клетки, выстилающие капилляры головного мозга, излучению мощностью 2 Вт на 1 кг. Это – максимально допустимый уровень в соответствии с международными стандартами для сотовой связи. После часового воздействия выявлены изменения примерно в 400 белках внутри клеток, включая белок HSP27. Изменения в белке HSP27 вызывают уменьшение эндотелиальных клеток в размере, в результате чего гематоэнцефалический барьер становится более проницаемым (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Влияние мобильных телефонов на гематоэнцефалический барьер

В Японии получены данные о том, что мобильный телефон может служить фактором развития белокровия.

Что касается человека, то уже сейчас на основе экспериментов, проведенных в Великобритании, можно сделать вывод, что безопасность зависит от конкретных условий применения аппаратов сотовой связи. В последних отчетах (LN 106 и LN 108) Национального совета радиологической защиты Соединенного Королевства (NRPB) приводится ряд обобщенных данных по излучательным характеристикам базовых станций сотовой связи, ручных и автомобильных сотовых телефонов. Эксперты по защите от излучений выявили, что неправильное размещение базовых станций, антенн, особенно автомобильных, может приводить к значительному облучению. Так, установка антенны вблизи заднего стекла автомобиля для передатчика в 2,5 Вт может дать двух-трехкратное превышение предельно допустимых уровней радиации на заднем сиденье.

Использование ручных сотовых телефонов приводит к возникновению как физиологических, так и поведенческих реакций. В таблице 2.1 приведены данные, позволяющие сравнить пороги некоторых биологических эффектов со средними уровнями мощности сотовых телефонов.

Таблица 2.1

В 1996 году в Мюнхене состоялось заседание координационного совета Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по проблеме влияния электромагнитного излучения

на здоровье человека. Было отмечено, что по мере проведения исследований в рамках нескольких национальных программ выявляется все большее количество тревожных фактов, свидетельствующих о возможном вредном воздействии аппаратов сотовой связи на здоровье.

Следует отметить, что российские предельно допустимые значения излучения существенно жестче зарубежных. Например, в России предельно допустимый уровень излучения для населения составляет 0,01 МВт/см^2, а норматив Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений, применяющихся в США, Японии, Европейском союзе, – 1 МВт/см^2. В связи с этим мобильные телефоны, которые поставляются на наш рынок из-за рубежа, могут и не соответствовать отечественным стандартам.

Источниками волн радиочастотного диапазона являются прежде всего станции радио– и телевещания. Классификация радиочастот дана в таблице 2.2. Эффект радиоволн во многом зависит от особенностей их распространения. На него влияют характер рельефа и покрова поверхности Земли, крупные предметы и строения, расположенные на пути, и т. п. Лесные массивы и неровности рельефа поглощают и рассеивают радиоволны.

Таблица 2.2. Радиочастотный диапазон

Мощными источниками электромагнитных полей могут служить токи промышленной частоты (f = 50 Гц). Напряженность электромагнитных полей вдоль высоковольтных линий электропередачи достигает нескольких тысяч вольт на метр. Одно время территории под высоковольтными линиями электропередачи широко использовались под дачные застройки. Однако, как показали исследования, напряженность 300-4000 В/см небезопасна для здоровья.

Ультразвуковые электромагнитные волны наряду с широким применением в промышленности (механическая обработка материалов, дефектоскопия, ультразвуковая микроскопия) и в медицине (ультразвуковая терапия) также небесследны для живого организма.

Большим достижением квантовой электроники явилось создание в 1960 году оптического квантового генератора (лазера). Принцип его работы основан на согласованном по частоте и направлению излучении электромагнитной энергии колоссальной плотности. Такое вынужденное излучение возможно в диапазонах радиоволн, инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой частей спектра. Лазерные интерферометры (измерители расстояний), измерители загрязнения воздуха, установки по обработке материалов, оптические квантовые генераторы для лечебных целей, микрохирургические инструменты – далеко не полный перечень областей практического использования лазерного излучения. Лазеры применяют также в связи, локации и т. д. Следует иметь в виду, что, помимо опасности прямого излучения лазера, угрозу для здоровья могут представлять электрически заряженная аппаратура, чрезмерный шум самого лазера и т. п.

Патологические изменения, вызванные искусственными электромагнитными путями в живом организме. Тяжесть выявленных расстройств ставят в прямую

зависимость от напряженности электромагнитного поля, длительности его воздействия, сочетания определенных уровней облучения и времени облучения, физических особенностей различных диапазонов электромагнитного поля, условий внешней среды, функционального состояния организма.

Большинство исследователей, изучавших клиническую картину заболеваний, возникших под влиянием электромагнитных полей, сходятся на том, что раньше других на электромагнитные волны реагирует нервная система. Обследование большого числа пациентов позволило выявить симптомокомплекс, характерный для так называемой магнитной, или радиоволновой, болезни. При этом изменения, происходящие в организме, можно характеризовать как функциональное расстройство центральной нервной системы, протекающее преимущественно по типу вегетативной дисфункции с астеническими явлениями, реже по неврастеническому типу. Систематизация клинических проявлений заболевания позволила выделить три основные ее формы: астенический синдром, вегетативно-сосудистую (нейроциркуляторную) дистонию, диэнцефальный (микродиэнцефальный) синдром.

• При **астеническом синдроме** возможны различные нарушения вегетативных функций, лабильность пульса и артериального давления. Изменения, как правило, обратимы и поддаются лечению.

• В основе **вегетативно-сосудистой дистонии** лежит сосудистая лабильность: колебания показателей пульса и артериального давления, брадикардия, сменяющаяся тахикардией, артериальная гипотония, иногда гипертензия, изменения функции сердца и капилляров. Заболевание может носить затяжной характер.

• Для **диэнцефального синдрома** характерны комплексные висцеральные дисфункции, вегетативно-сосудистые кризы, протекающие на фоне астенического состояния. Наблюдаются гипокинезии, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая слабость, угнетение полового и пищевого рефлексов. Изменения не всегда обратимы, и такие больные нуждаются в специализированном стационарном лечении.

По тяжести течения заболевания различают следующие его степени: первую, или начальную (компенсированную), вторую (умеренно выраженную), третью (выраженную). В отдельных случаях болезнь переходит в хроническую форму.

Особенно страдают от радиоволновой болезни дети.

2.1.2. Метеорологические факторы и их влияние на организм

Человек, находясь в условиях естественной внешней среды, подвергается влиянию различных метеорологических факторов: температура, влажность и движение воздуха, атмосферное давление, осадки, солнечное и космическое излучения и т. д. Перечисленные метеорологические факторы в совокупности определяют погоду.

Погода – это физическое состояние атмосферы в данном месте в определенный период времени. Многолетний режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, характером местности (рельеф, почва, растительность и т. д.), и связанная с ним циркуляция атмосферы создают климат.

Существуют различные классификации погод в зависимости от того, какие факторы положены в основу. С гигиенической точки зрения различают три типа погоды: оптимальный, раздражающий и острый.

• **Оптимальный тип погоды** благоприятно действует на организм человека. Это умеренно влажные или сухие, тихие и преимущественно ясные, солнечные погоды.

• К **раздражающему типу** относят погоды с некоторым нарушением оптимального воздействия метеорологических факторов. Это солнечные и пасмурные, сухие и влажные, тихие и ветреные погоды.

• **Острые типы погод** характеризуются резкими изменениями метеорологических элементов. Это сырые, дождливые, пасмурные, очень ветреные погоды с резкими суточными колебаниями температуры воздуха и барометрического давления.

Хотя на человека влияет климат в целом, в определенных условиях ведущую роль могут играть отдельные метеорологические элементы. Следует отметить, что влияние климата на состояние организма определяется не столько абсолютными величинами метеорологических элементов, свойственных тому или другому типу погоды, сколько непериодичностью колебаний климатических воздействий, являющихся в связи с этим неожиданными для организма.

Метеорологические элементы, как правило, вызывают у человека нормальные физиологические реакции, приводя к адаптации организма. На этом основано использование различных климатических факторов для активного воздействия на организм с целью профилактики и лечения различных заболеваний. Однако под влиянием неблагоприятных климатических условий в организме человека могут происходить патологические сдвиги, приводящие к развитию болезней. Всеми этими проблемами занимается медицинская климатология.

Медицинская климатология – отрасль медицинской науки, которая изучает влияние климата, сезонов и погоды на здоровье человека, разрабатывает методику использования климатических факторов в лечебных и профилактических целях.

Температура воздуха. Этот фактор зависит от степени прогревания солнечным светом различных поясов земного шара. Перепады температур в природе достаточно велики и составляют более 100 °С.

Зона температурного комфорта для здорового человека в спокойном состоянии при умеренной влажности и неподвижности воздуха находится в пределах 17–27 °С. Следует заметить, что этот диапазон индивидуально обусловлен. В зависимости от климатических условий, местожительства, выносливости организма и состояния здоровья границы зоны термического комфорта для разных лиц могут перемещаться.

Независимо от окружающей среды температура у человека сохраняется постоянно на уровне около 36,6 °С и является одной из физиологических констант гомеостаза. Пределы температуры тела, при которых организм сохраняет жизнеспособность, сравнительно невелики. Смерть человека наступает при повышении до 43 °С и при падении ниже 27–25 °С.

Относительное термическое постоянство внутренней среды организма, поддерживаемое посредством физической и химической терморегуляции, позволяет

человеку существовать не только в комфортных, но и в субкомфортных и даже в экстремальных условиях. При этом адаптация осуществляется как за счет срочной физической и химической терморегуляции, так и за счет более стойких биохимических, морфологических и наследственных изменений.

Между организмом человека и окружающей его средой происходит непрерывный процесс теплового обмена, состоящий в передаче вырабатываемого организмом тепла в окружающую среду. При комфортных метеорологических условиях основная часть тепла, вырабатываемого организмом, переходит в окружающую среду путем излучения с его поверхности (около 56 %). Второе место в процессе теплопотери организма занимает отдача тепла путем испарения (примерно 29 %). Третье место занимает перенос тепла движущейся средой (конвекция) и составляет примерно 15 %.

Температура окружающей среды, влияя на организм через рецепторы поверхности тела, приводит в действие систему физиологических механизмов, которая в зависимости от характера температурного раздражителя (холод или жара) соответственно уменьшает или увеличивает процессы теплопродукции и теплоотдачи. Это, в свою очередь, обеспечивает сохранение температуры тела на нормальном физиологическом уровне.

При понижении температуры воздуха возбудимость нервной системы и выделение гормонов надпочечниками значительно повышаются. Основной обмен и выработка тепла организмом увеличиваются. Периферические сосуды сужаются, кровоснабжение кожи уменьшается, тогда как температура ядра тела сохраняется. Сужение сосудов кожи и подкожной клетчатки, а при более низких температурах и сокращение гладких мышц кожи (так называемая «гусиная кожа») способствуют ослаблению кровотока во внешних покровах тела. При этом кожа охлаждается, разница между ее температурой и температурой окружающей среды сокращается, а это уменьшает теплоотдачу. Указанные реакции способствуют сохранению нормальной температуры тела.

Местная и общая гипотермия способны вызвать ознобление кожи и слизистых оболочек, воспаление стенок сосудов и нервных стволов, а также отморожение тканей, а при значительном охлаждении крови – замерзание всего организма. Охлаждение при потении, резкие перепады температур, глубокое охлаждение внутренних органов нередко ведут к простудным заболеваниям.

При адаптации к холоду терморегуляция изменяется. В физической терморегуляции начинает преобладать расширение сосудов. Несколько снижается артериальное давление. Выравнивается частота дыхания и сердечных сокращений, а также скорость кровотока. В химической терморегуляции усиливается несократительное теплообразование без дрожи. Перестраиваются различные виды обмена веществ. Сохраняются гипертрофированными надпочечники. Уплотняется и утолщается поверхностный слой кожи открытых участков. Увеличивается жировая прослойка, а в наиболее охлаждаемых местах откладывается высококалорийный бурый жир.

В реакции приспособления к холодовому воздействию вовлекаются почти все физиологические системы организма. При этом используются как срочные меры защиты обычных реакций терморегуляции, так и способы повышения выносливости к продолжительному воздействию.

• При **срочной адаптации** происходят реакции термической изоляции (сужение сосудов), понижения теплоотдачи и усиления теплообразования.

• При **длительной адаптации** те же реакции приобретают новое качество. Реактивность понижается, но резистентность повышается. Организм начинает отвечать значительными изменениями терморегуляции на более низкие температуры внешней среды, поддерживая оптимальную температуру не только внутренних органов, но и поверхностных тканей.

Таким образом, в ходе адаптации к низким температурам в организме происходят стойкие приспособительные изменения от клеточно-молекулярного уровня до поведенческих психофизиологических реакций. В тканях идет физико-химическая перестройка, обеспечивающая усиленное теплообразование и способность переносить значительные охлаждения без повреждающего действия. Взаимодействие местных тканевых процессов с саморегулирующимися общеорганизменными происходит за счет нервной и гуморальной регуляции, сократительного и несократительного термогенеза мышц, усиливающего теплообразование в несколько раз. Повышается общий обмен веществ, усиливается функция щитовидной железы, увеличивается количество катехоламинов, усиливается кровообращение мозга, сердечной мышцы, печени. Повышение метаболических реакций в тканях создает дополнительный резерв возможности существования при низких температурах.

Умеренное закаливание значительно повышает устойчивость человека к повреждающему действию холода, к простудным и инфекционным заболеваниям, а также общую сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внешней и внутренней среды, повышает работоспособность.

При повышении температуры основной обмен, а соответственно и выработка тепла у человека снижаются. **Физическая терморегуляция** характеризуется рефлекторным расширением периферических сосудов, что увеличивает кровоснабжение кожи, при этом отдача тепла организмом увеличивается в результате усиления излучения. Одновременно увеличивается потоотделение – мощный фактор теплопотери при испарении пота с поверхности кожи.

Химическая терморегуляция направлена на понижение теплообразования путем снижения обмена веществ.

При адаптации организма к повышенной температуре вступают в действие механизмы регуляции, направленные на поддержание термического постоянства внутренней среды. Первыми реагируют дыхательная и сердечно-сосудистая системы, обеспечивающие усиленную радиационно-конвекционную теплоотдачу. Далее включается наиболее мощная потоиспарительная система охлаждения.

Значительное повышение температуры вызывает резкое расширение периферических кровеносных сосудов, учащение дыхания и пульса, увеличение минутного объема крови с некоторым снижением артериального давления. Кровоток во внутренних органах и в мышцах уменьшается. Возбудимость нервной системы падает.

Когда температура внешней среды достигает температуры крови (37–38 °С), возникают критические условия терморегуляции. При этом теплоотдача осуществляется главным образом за счет потения. Если потение затруднено, например при сильной влажности окружающей среды, происходит перегревание организма (гипертермия).

Гипертермия сопровождается повышением температуры тела, нарушением водно-солевого обмена и витаминного равновесия с образованием недоокисленных продуктов

обмена веществ. В случаях недостатка влаги начинается сгущение крови. При перегревании возможны нарушения кровообращения и дыхания, повышение, а затем падение артериального давления.

Длительное или систематически повторяющееся действие умеренно высоких температур приводит к повышению толерантности к тепловым факторам. Происходит закаливание организма. Человек сохраняет работоспособность при значительном повышении температуры внешней среды.

Таким образом, изменение температуры окружающей среды в ту или иную сторону от зоны температурного комфорта приводит в действие комплекс физиологических механизмов, способствующих сохранению температуры тела на нормальном уровне. В экстремальных температурных условиях при срыве адаптации возможны нарушения процессов саморегуляции и возникновение патологических реакций.

Влажность воздуха. Зависит от присутствия в воздухе водяных паров, которые появляются в результате конденсации при встрече теплого и холодного воздуха. Абсолютной влажностью называют плотность водяного пара или его массу в единице объема.

Переносимость человеком температуры окружающей среды зависит от относительной влажности.

Относительная влажность воздуха – это процентное отношение количества содержащихся в определенном объеме воздуха водяных паров к тому их количеству, которое полностью насыщает этот объем при данной температуре.

При падении температуры воздуха относительная влажность растет, а при повышении – падает. В сухой и жаркой местности днем относительная влажность составляет от 5 до 20 %, в сырой – от 80 до 90 %. Во время выпадения осадков она может достигать 100 %.

Относительную влажность воздуха 40–60 % при температуре 18–21 °С считают оптимальной для человека. Воздух, относительная влажность которого ниже 20 %, оценивается как сухой, от 71 до 85 % – как умеренно влажный, более 86 % – как сильно влажный.

Умеренная влажность воздуха обеспечивает нормальную жизнедеятельность организма. У человека она способствует увлажнению кожи и слизистых оболочек дыхательных путей. От влажности вдыхаемого воздуха в определенной мере зависит поддержание постоянства влажности внутренней среды организма. Сочетаясь с температурными факторами, влажность воздуха создает условия для термического комфорта или нарушает его, способствуя переохлаждению или перегреванию организма, а также гидратации или дегидратации тканей.

Одновременное повышение температуры и влажности воздуха резко ухудшает самочувствие человека и сокращает возможные сроки пребывания его в этих условиях. При этом происходит повышение температуры тела, учащение пульса, дыхания. Появляется головная боль, слабость, понижается двигательная активность. Плохая переносимость жары в сочетании с повышенной относительной влажностью обусловлена тем, что одновременно с усилением потоотделения при высокой влажности окружающей

среды пот плохо испаряется с поверхности кожи. Теплоотдача затруднена. Организм все больше перегревается, и может возникнуть тепловой удар.

Повышенная влажность является неблагоприятным фактором и при пониженной температуре воздуха. При этом происходит резкое увеличение теплоотдачи, что опасно для здоровья. Даже температура 0 °С может привести к отморожению лица и конечностей, особенно при наличии ветра.

Низкая влажность воздуха (менее 20 %) сопровождается значительными испарениями влаги со слизистых оболочек дыхательных путей. Это приводит к уменьшению их фильтрующей способности и к неприятным ощущениям в горле и сухости во рту.

Границами, в пределах которых тепловой баланс человека в покое поддерживается уже со значительным напряжением, считают температуру воздуха 40 °С и влажность 30 % или температуру воздуха 30 °С и влажность 85 %.

Движение воздуха. Неравномерное прогревание различных участков земной поверхности приводит к перемещению воздушных масс. Холодные и тяжелые массы воздуха непрерывно вытесняют более теплые и легкие, создавая ветер. Скорость или сила ветра измеряется узлами, баллами и метрами в секунду. В соответствии с этим была предложена следующая шкала ветров (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Сила ветра по Бофорту[1]

Ветер, являясь составной частью погоды, может оказывать значительное влияние на организм. Нормальными для человека считают условия, когда в области термического комфорта дует тихий и легкий ветер со скоростью 1–4 м/с.

Умеренный ветер оказывает тонизирующее действие на организм. Усиливая испарение с поверхности кожи и конвекционно снимая тепло, он способствует лучшей теплоотдаче и охлаждению тела. Это облегчает переносимость жары. Однако когда температура воздуха начинает превышать температуру кожи человека, то ветер уже не охлаждает, а конвекционно нагревает организм. Сухой и горячий ветер раздражает слизистые оболочки дыхательных путей, высушивает кожу.

Умеренный ветер при холодной погоде стимулирует увеличение теплообразования. Он бодрит здорового человека, способствует закаливанию организма.

Интенсивный ветер передвигает границы температурного комфорта, что стимулирует теплорегуляцию, усиливает деятельность нервной и эндокринной систем организма, вызывает изменение просвета кровеносных сосудов кожи. Сильный ветер также оказывает давление на механорецепторы кожи. Он затрудняет дыхание, угнетающе влияет на психическую сферу человека. В сочетании с высокой температурой сильный ветер способствует перегреванию организма, дегидратации кожи. В холодную погоду, особенно при больших морозах, он не только оказывает высушивающее действие, но и приводит к охлаждению, ознобению и отморожению.

Таким образом, различные скорости движения воздуха вызывают неоднозначные изменения жизненных функций организма.

Атмосферное давление. На уровне моря в среднем атмосферное давление составляет 101,3 кПа (760 мм рт. ст.). Общее барометрическое давление распределяется между составляющими воздух газами в соответствии с их процентным содержанием. Каждый газ имеет свое парциальное давление, т. е. суммарное давление всех молекул данного газа в объеме.

Давление играет важную роль в функционировании организма. Вследствие разности парциальных давлений в теле человека совершается газообмен. Вся система кровообращения работает по принципу разности гидростатических давлений, которые находятся в коррелятивных связях с внешним давлением. Меняющееся давление в придаточных полостях черепа способствует кровообращению в мозге. Изменения разности давлений между внешней средой и замкнутыми полостями тела сказываются на состоянии человека.

Перепады атмосферного давления вызывают ряд функциональных изменений в организме. Прежде всего они касаются сердечно-сосудистой системы. Так, в нормальных условиях при повышении барометрического давления снижается артериальное давление, возрастает частота сердечных сокращений. При понижении барометрического давления отмечаются противоположные сдвиги. Могут возникнуть признаки кислородного голодания.

Значительные перепады атмосферного давления, гипер– и гипобария приводят к разнообразным патологическим проявлениям.

2.1.3. Метеопатология

Большинство здоровых людей практически не чувствительны к изменениям погоды. Вместе с тем довольно часто встречаются люди, которые проявляют повышенную чувствительность к колебаниям метеопогодных условий. Таких людей называют метеолабильными. Как правило, они реагируют на резкие, контрастные смены погод или на возникновение метеоусловий, необычных для данного времени года. Известно, что метеопатические реакции обычно предшествуют резким колебаниям погоды. Как правило, метеолабильные люди чувствительны к комплексам погодных факторов. Однако существуют лица, плохо переносящие отдельные метеорологические факторы. Они могут страдать *анемопатией* (реакции на ветер), *аэрофобией* (состояние страха на резкие изменения в воздушной среде), *гелиопатией* (повышенная чувствительность к состоянию солнечной активности), *циклонопатией* (болезненное состояние на погодные изменения, вызванные циклоном) и т. п. Метеопатические реакции связаны с тем, что адаптивные механизмы у таких людей или недостаточно развиты, или ослаблены под влиянием патологических процессов.

Субъективными признаками метеолабильности являются ухудшение самочувствия, общее недомогание, беспокойство, слабость, головокружение, головная боль, сердцебиение, боли в области сердца и за грудиной, повышение раздражительности, снижение работоспособности и т. п.

Субъективные жалобы, как правило, сопровождаются объективными изменениями, происходящими в организме. Особенно чутко реагирует на перепады погоды вегетативная нервная система: парасимпатический, а затем и симпатический отдел. В результате

появляются функциональные сдвиги во внутренних органах и системах. Возникают сердечно-сосудистые расстройства, происходят нарушения мозгового и коронарного кровообращения, изменяется терморегуляция и т. п. Показателями подобных сдвигов являются изменения характера электрокардиограммы, векторкардиограммы, реоэнцефалограммы, параметров артериального давления. Увеличивается количество лейкоцитов, холестерина, повышается свертываемость крови.

Метеолабильность обычно наблюдается у людей, страдающих различными заболеваниями: вегетативными неврозами, гипертонической болезнью, недостаточностью коронарного и церебрального кровообращения, глаукомой, стенокардией, инфарктом миокарда, язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, желчно– и мочекаменной болезнью, аллергией, бронхиальной астмой. Часто метеолабильность появляется после перенесенных заболеваний: гриппа, ангины, воспаления легких, обострения ревматизма и т. п. На основании сопоставления синоптических ситуаций с реакциями организма **(биоклиматограмма)** стало известно, что наиболее чувствительны к метеофакторам больные с сердечно-сосудистой и легочной недостаточностью по причине возникновения у них спастических состояний.

Механизмы возникновения метеопатических реакций недостаточно ясны. Полагают, что они могут иметь разную природу: от биохимической до физиологической. При этом известно, что местами координации реакций организма на внешние физические факторы являются высшие вегетативные центры головного мозга.

С помощью лечебных и особенно профилактических мероприятий метеолабильным людям можно помочь справиться со своим состоянием.

2.2. Экологические аспекты хронобиологии

«Все жизненные отправления нашего организма – дыхание, кровообращение, деятельность нервных клеток – совершаются с определенной периодичностью и ритмичностью. Вся наша жизнь вообще представляет постоянную смену покоя и деятельности, усталости и отдыха. И в ней, подобно морским приливам и отливам, царит великий ритм, вытекающий из связи жизненных явлений с ритмом Вселенной» – так поэтично описал биоритмы *У. Эбекке*.

Жизнедеятельность любого организма возможна лишь при оптимальной его приспособленности к условиям окружающей среды. Воздействия этой среды на организм могут возникать либо непредсказуемо, либо закономерно, в соответствии с ритмичностью явлений природы.

Непредсказуемые воздействия. Для того чтобы нужным образом отреагировать на непредсказуемые воздействия, должна быть развита способность быстро найти среди имеющегося диапазона степеней выраженности функций те значения, которые наиболее адекватны данной ситуации. Но для этого должен существовать и сам диапазон, т. е. значения функций должны колебаться. Чем больше размах колебаний, тем более широким «выбором» обладает организм.

Закономерные воздействия. Чтобы оптимальным образом отреагировать на закономерно возникающие изменения внешней среды, также надо обладать широким «выбором» значений функций. Однако в данном случае необходимо включение механизмов регуляции, позволяющих достичь этих значений не в момент воздействия, а заранее, «упреждая» их. Таким образом формируется активность, направленная в будущее

время. Описанный принцип опережающего отражения действительности получил наиболее полное освещение в теории функциональных систем *П. К. Анохина.* По его мнению, приспособительная деятельность как бы включает в себя будущее время. Это свойство отличает биологические системы от неживой материи.

2.2.1. Биологические ритмы

Это свойство живых организмов обеспечивает их готовность встретить как предсказуемое, так и непредсказуемое воздействие. Биологические ритмы должны, с одной стороны, быть достаточно устойчивыми и по возможности независимыми от многочисленных случайных факторов, а с другой – все время подстраиваться к новой среде обитания, чтобы создать организму максимальные возможности для оптимальной адаптации. Подобные механизмы регулирования взаимоотношений со средой выработались в ходе эволюции как следствие закрепленных повторных временных внешних воздействий, в первую очередь воздействий геофизических факторов. Следует подчеркнуть, что наследуются только генетически обусловленные возможности. Для их реализации каждый организм должен строить свою личную систему временных отношений, формировать соответственные биоритмы, отличающиеся большей или меньшей амплитудой колебаний, так называемый **индивидуальный биоритмологический портрет.** Биоритмы в той или иной форме присущи всем живым организмам.

Существует несколько определений биологических ритмов. Согласно одному из них:

биоритмы – это регулярное, периодическое повторение во времени характера и интенсивности жизненных процессов, отдельных состояний или событий.

Для экологической физиологии человека подходит определение, в соответствии с которым

биологический ритм – это самоподдерживающийся автономный процесс периодического чередования интенсивности и частоты физиологических процессов и реакций.

2.2.2. Характеристики биоритмов

В основе всякой ритмики лежит периодический волновой процесс. Для характеристики биоритма важны следующие показатели: период, уровень (мезор), амплитуда, фаза, частота и др. (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Схематическое изображение биоритма и его основные показатели

1. Период ритма рассчитывают как длительность одного полного цикла ритмических колебаний в единицах времени.

2. Уровнем (мезором) принято считать среднюю величину функции, изучаемой в течение одного биологического цикла.

3. Амплитуда – это половина разности между наибольшим и наименьшим значениями кривой ритма в течение одного биологического цикла.

4. Фаза характеризует положение колеблющейся системы в каждый данный момент времени. При этом время наибольшего подъема функций определяется как *акрофаза,* а время наибольшего спада процесса – как *батифаза.*

5. Количество циклов, совершающихся в единицу времени, называют **частотой.**

6. Помимо этих показателей, каждый биологический ритм характеризуется **формой кривой**, которую анализируют при графическом изображении динамики ритмически меняющихся явлений (**хронограмма, фазовая карта** и др.). Простейшая кривая, описывающая биоритмы, – это синусоида. Однако, как показывают результаты математического анализа, структура биоритма бывает, как правило, более сложной.

Истинно периодическими колебания могут быть только в стационарном режиме. Колебания обычно не сразу достигают стационарного состояния, а начиная с момента возникновения приближаются к нему асимптотически. Это позволяет считать, что биоритм, у которого существует промежуточный режим – переходный период, – является процессом, способным к регуляции.

Биологические колебательные системы отличаются от механических богатым запасом свободной энергии. Циклические колебания физиологических процессов с точки зрения энергетики биологически наиболее целесообразны, выгодны и соответствуют принципу оптимальной организации. Колебательная биологическая система имеет преимущества перед «жесткой» системой по стабильности, скорости ответной реакции. Жестко детерминированная, устойчивая (статическая) система в организации природы была бы примитивной, хрупкой, следовательно, нежизнеспособной. Таким образом, биологические колебательные системы обладают такими свойствами, как постоянство во времени, способность к саморегуляции, устойчивость.

Для существующих ритмов свойствен широкий временной диапазон – от «быстрых» микроволн элементарных частиц до глобальных циклов биосферы. Ритмические явления протекают на различных уровнях организации живой материи: субклеточном, клеточном, тканевом, органном, системном и т. д. (табл. 2.4). В сложноорганизованных биологических системах, к которым относится организм человека, имеется целая иерархия циклических колебаний, и биологический ритм каждой функциональной системы обычно является результатом согласования и интеграции ряда более элементарных колебаний, т. е. результатом хроноструктурной упорядоченности и организованности.

Таблица 2.4. Классификация биологических ритмов в зависимости от того, какие процессы проявления жизнедеятельности и уровня организации этими ритмами отражены *(по: Н. И. Моисеева, В. М. Сысуев, 1981)*

Окончание табл. 2.4

2.2.3. Классификация биоритмов

В зависимости от критериев, положенных в их основу, существует несколько видов классификаций биоритмов.

1. В зависимости от источника происхождения биологические ритмы делят на экзогенные и эндогенные. **Экзогенные ритмы** – это колебания, вызванные периодическими воздействиями извне. Они являются пассивными реакциями на колебания факторов окружающей среды. **Эндогенные ритмы** – автономные (спонтанные, самоподдерживающиеся, самовозбуждающиеся) колебания, обусловленные активными процессами в самой системе. Эндогенные биоритмы поддерживаются механизмами обратной связи. В зависимости от того, на каком уровне биологической организации она замыкается, различают биоритмы в клетках (митотический цикл), органах (сокращения кишечника), организмах (овариальный цикл) и т. п.

2. По выполняемой функции биологические ритмы делят на физиологические и экологические. **Физиологические ритмы** – рабочие циклы отдельных систем (сердцебиение, дыхание и т. п.). **Экологические (адаптивные)** служат для приспособления организмов к периодичности окружающей среды. Период (частота) физиологического ритма может изменяться в широких пределах в зависимости от степени функциональной нагрузки. Период экологического ритма, напротив, сравнительно постоянен, закреплен генетически. Экологические ритмы в естественных условиях захвачены циклами окружающей среды, которые могут быть как природными, так и социальными. Они выполняют функцию биологических часов. С их помощью организмы ориентируются во времени.

По величине периода биологические ритмы выстраиваются в широкий спектр – от долей секунды до десятков лет. При этом их, как правило, подразделяют на следующие классы по ритмам:

высокой частоты;

средней частоты;

низкой частоты;

сверхмедленные.

Высокочастотные ритмы процессов жизнедеятельности – это большинство рабочих ритмов эндогенного происхождения, отражающих состояние соответствующих физиологических систем. В их основе лежат ритмические осцилляторы клеточных мембран возбудимых клеток. Нервные и мышечные клетки благодаря ионным процессам, происходящим на их мембранах, способны генерировать серии ритмично следующих импульсов. Это обеспечивает работу сердца, дыхательных мышц и других висцеральных органов.

Характеристика биологических ритмов различной частоты представлена в таблице 2.5. Для многих физиологических процессов отмечено одновременное наличие ряда ритмов с различной длиной периода. Так, ритмы дыхания и кровообращения обладают кроме своей собственной еще и суточной периодикой. Биоритмы с разными периодами у одного организма могут оказывать взаимное модулирующее влияние, но обычно сравнительно независимы. Биоритмы с одинаковым периодом, напротив, часто сопряжены иерархическим образом. Оптимальное осуществление физиологических функций организма возможно лишь при условии согласования, координации его биоритмов как между собой, так и с ритмами окружающей среды.

Таблица 2.5. Классификация ритмической активности организма и основные свойства ритмов (по: И. Е. Оранский, 1988)

Окончание табл. 2.5

2.2.4. Циркадианные ритмы

Ведущую роль во временной организации деятельности живого организма играют **суточные** и **сезонные биоритмы.** При этом главным ритмом, стержнем является околосуточный или **циркадианный ритм**, поскольку строгая повторяемость изменений внешней среды, сопровождающая суточное вращение планеты, – один из главных факторов, к которому в процессе эволюции необходимо было приспособиться живым организмам.

Экспериментально установлено, что из всего многообразия суточных факторов первостепенное значение для синхронизации биологических ритмов имеют фотопериодичность (цикл «свет – темнота»), колебания температуры среды, а для человека еще и периодически повторяющиеся социальные факторы (режимы труда, отдыха и питания). Таким образом, у человека выделяется две группы синхронизаторов – геофизические и социальные.

Исследование механизмов циркадианных биоритмов показало, что они имеют эндогенную природу, т. е. относительно независимы от внешних периодических факторов. Последние выполняют роль «подсказок» или временных ориентиров. Подтверждением этому служат результаты исследований, проведенных в условиях изоляции человека от внешних синхронизаторов. Так, в 1962 году спелеолог *М. Сиффр* провел 63 дня в ледяной пещере Скарассон на глубине 135 м. Аналогичные эксперименты, проведенные позднее другими исследователями, показали, что независимо от внешних факторов околосуточные биологические ритмы могут сохраняться неограниченно долго. При отсутствии задатчиков времени их период обычно несколько изменяется, т. е. они становятся свободнотекущими. Однако при этом они остаются в пределах 20–28 ч. Следует отметить, что период свободнотекущего ритма – весьма устойчивый признак. Отклонение периода свободнотекущих ритмов от 29 ч является закономерностью, которая легла в основу названия циркадианных – околосуточных ритмов.

Одна из функций циркадианной системы заключается в том, что организмы «используют» околосуточные ритмы для измерения времени. Эту функцию называют биологическими часами. Для объяснения эндогенных механизмов биологических часов предложено несколько гипотез.

Одна из них – «хронон-гипотеза» – была сформулирована *К. Д. Ере* и *Е. А. Тракко.* Согласно этой гипотезе, механизм околосуточных ритмов связан с наследственным аппаратом клетки, в частности с определенными участками носителя генетической информации дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Она дает представление о «хрононе», или участке ДНК, который может рассматриваться как морфологический субстрат, контролирующий биоритмы.

Другие исследователи связывают происхождение биологических часов с состоянием клеточных мембран **(мембранная теория).** Согласно данной теории, цикличность наблюдаемых процессов регулируется состоянием липидно-белковых мембран и их проницаемостью для ионов калия, которая периодически изменяется. Мембранные структуры клетки, обладая рецепторными свойствами, контролируют биоритмы, связанные с фотопериодизмом и действием температурных факторов.

Третья, самая многочисленная группа исследователей отдает предпочтение **мультиосцилляторной модели биоритмов.**

Рис. 2.3. Альтернативные модели (1–3) циркадианной организации у млекопитающих *(по: M. Moore-Ede, et at., 1976)*

• По одной версии в сложном многоклеточном организме может функционировать главный генератор ритма (пейсмекер), навязывающий свой ритм либо остальным системам, не способным генерировать собственный (рис. 2.3, 1), либо второстепенным осцилляторам, также обладающим пейсмекерными свойствами, но иерархически подчиненным ведущему (рис. 2.3, 2).

• Второй вариант мультиосцилляторной модели исключает существование главного пейсмекера. Согласно этому варианту, в организме могут функционировать разрозненные осцилляторы, которые образуют отдельные группы, работающие независимо друг от друга. Каждая группа имеет свой пейсмекер с собственным периодом колебательных процессов (рис. 2.3, 3). Предполагается существование нескольких входов для различных экзогенных факторов.

В настоящее время признано, что циркадианная система организма строится по мультиосцилляторному принципу, согласно которому автономные генераторы суточных ритмов объединяются в несколько групп сцепленных осцилляторов, относительно независимых друг от друга. Что касается механизма биологических часов, то уже не вызывает сомнения сам факт наличия клеточных пейсмекеров, способных генерировать автоколебания с околосуточным периодом.

По мнению некоторых исследователей, физиологическая система, обеспечивающая поддержание и согласование циркадианных ритмов организма, включает:

– осцилляторы (колебательные системы);

– проводящие пути и рецепторы.

Пример такого построения системы представлен на рисунке 2.4.

Рис. 2.4. Некоторые структуры и связи, ответственные за циркадианные ритмы у позвоночных *(по: Г. Шеперд, 1987)*

Фоторецепторы глаза выполняют двоякую роль. Они участвуют не только в зрительном восприятии, но и в регуляции циркадианных ритмов, реагируя на суточные изменения освещенности. Импульсы, в которых закодирована информация о степени освещенности, передаются по зрительным нервам (ретиногипоталамический тракт) из сетчатки в супрахиазматические ядра (СХЯ) гипоталамуса, которые играют роль центрального синхронизатора ритмов. Супрахиазматические ядра связаны с верхним шейным симпатическим ганглием и с эпифизом. Обладая пейсмекерными свойствами, СХЯ влияют на другие структуры мозга, также обладающие осцилляторными свойствами. Последние, получив информацию через гипоталаморетикулярную систему, посылают ее через симпатические нервы, берущие начало в верхнем шейном симпатическом ганглии, клеточным осцилляторам, локализованным в различных органах и тканях.

В механизм восприятия изменений освещенности вовлечен и эпифиз, который в темное время суток вырабатывает больше гормона мелатонина, а в светлое – серотонина. Мелатонин принимает участие в управлении уровнем половых гормонов, а также кортикостероидов, обладающих четко выраженной суточной периодикой, и, возможно, антагонистически взаимодействует с меланофорным гормоном гипофиза.

Ведущую роль во временной координации всего многообразия циклических процессов, протекающих в организме, играют суточные колебания функциональной активности нервной и эндокринной систем. Это касается деятельности высших отделов ЦНС, вегетативной нервной системы, гипоталамуса, гипофиза и других желез внутренней секреции.

Совпадение секреторной активности гипофиза с определенными стадиями сна свидетельствует о наличии центральных механизмов интеграции суточных колебаний нервной и эндокринной систем. Таким связующим звеном, очевидно, являются адренергические и серотонинергические системы мозга, которые участвуют, с одной стороны, в регуляции выработки и высвобождения гипоталамических релизинг-факторов, с другой – в формировании ритмов сна.

Суточные колебания тонуса вегетативной нервной системы у человека тесно связаны с циклом «сон – бодрствование». Во время сна повышается тонус парасимпатического отдела, а в период бодрствования и активности – тонус

симпатического отдела. Суточные биоритмы активности гипоталамо-гипофизарной системы проявляются в колебаниях секреции тропных гормонов, что сказывается на секреторной активности периферических желез внутренней секреции.

Центральные механизмы координации биоритмов нервной и эндокринной систем модулируют биологические ритмы других физиологических функций. Так, суточная периодичность характерна для метаболических процессов, энергообмена, температуры тела, функционирования систем крови, кровообращения, дыхания, пищеварения. В течение суток происходят колебания умственной и физической работоспособности.

К экологическим ритмам, помимо циркадианных, относятся приливные с периодом около 24,8 и 12,4 ч, лунные – около 29,5 сут. и годичные – около 12 мес. Основные свойства экологических ритмов сходны. Они эндогенны, поддерживаются на клеточном уровне, в ограниченном диапазоне периодов поддаются захватыванию внешними задатчиками времени, вне этого диапазона переходят к свободному бегу. Однако эффективные синхронизаторы для них различны. Циркадианные ритмы подчиняются суточным изменениям освещенности, приливные – признакам прилива (таким, как перепады гидростатического давления и т. п.), лунные – признакам полнолуния (освещение в ночное время), годичные – сезонным изменениям длины светового дня.

2.2.5. Сезонные (цирканальные) ритмы

Биологические ритмы с периодом, равным одному году (цирканальные), традиционно называют сезонными ритмами. Несмотря на прогресс в разработке средств защиты от резких перепадов параметров окружающей среды, у человека обнаруживаются годичные колебания биохимических, физиологических и психофизиологических процессов. Сезонные биоритмы, охватывая, по существу, все функции, отражаются на состоянии организма в целом, на здоровье и работоспособности человека.

Основы цирканальных ритмов. Комплекс внешних и внутренних причин, вызывающих цирканальные ритмы, можно разделить условно на три группы по механизму действия.

1. Адаптивные изменения функционального состояния организма, направленные на компенсацию годичных колебаний основных параметров окружающей среды и прежде всего температуры, а также качественного и количественного состава пищи.

2. Реакция на сигнальные факторы среды – продолжительность светового дня, напряженность геомагнитного поля, некоторые химические компоненты пищи. Факторы среды, играющие роль сезонных «датчиков времени», способны вызывать значительные морфофункциональные перестройки организма.

3. Эндогенные механизмы сезонных биоритмов. Действие этих механизмов носит адаптивный характер, обеспечивая полноценное приспособление организма к сезонным изменениям параметров окружающей среды.

Сопряженность сезонных изменений освещенности, температурных условий окружающей среды и состава пищи затрудняет разделение их роли в формировании цирканальных ритмов физиологических систем организма. Следует отметить существенное значение социальных факторов в формировании сезонных биоритмов у человека.

Сезонные колебания в характере поведенческих реакций человека.

• В процессе питания общая калорийность пищи возрастает в осенне-зимний период. Причем летом увеличивается потребление углеводов, а зимой – жиров. Последнее приводит к возрастанию в крови общих липидов, триглицеридов и свободных жиров. Существенное влияние на изменение функционального состояния организма в разные сезоны года оказывает витаминный состав пищи.

• Интенсивность энергетического обмена больше в зимне-весенний период по сравнению с летом, а теплоотдача с поверхности кожи имеет обратную направленность. В зависимости от сезона года отмечается значительная разница в терморегуляторной реакции организма на тепловую и холодовую нагрузку. Устойчивость по отношению к тепловым нагрузкам возрастает летом и снижается зимой. Четкая сезонная периодичность характерна для интенсивности процессов роста. Максимальный прирост массы тела у детей наблюдается в летние месяцы.

• Имеются многочисленные данные о сезонных колебаниях в нейроэндокринной системе. Так, активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы максимальна в весенние месяцы. В это же время возрастает концентрация в крови тропных гормонов гипофиза. Активность щитовидной железы увеличивается в зимние месяцы. Глюкокортикоидная функция надпочечников минимальна летом, а активность симпатоадреналовой системы имеет пик в зимние месяцы.

• Сезонную динамику репродуктивной функции связывают с фотопериодизмом (колебаниями продолжительности светлого и темного времени суток). С удлинением ночи происходит увеличение выработки мелатонина эпифизом, который, в свою очередь, приводит к угнетению гонадотропной функции гипоталамо-гипофизарной системы.

• Согласно многочисленным наблюдениям, функциональная активность сердечно-сосудистой системы выше в весенние месяцы. Это проявляется в более высоких показателях частоты сердечных сокращений, артериального давления, сократительной функции миокарда. Комплексные исследования кровообращения, дыхания и крови показывают, что сезонные колебания характерны для кислородтранспортной системы организма и определяются, по-видимому, колебаниями интенсивности энергетического обмена.

Сезонные колебания интенсивности энергетического обмена и активности нейроэндокринной системы вызывают закономерные колебания в деятельности различных физиологических систем организма. Наблюдения за состоянием и поведением человека обнаруживают сезонные изменения работоспособности. Так, уровень физической работоспособности минимален зимой и максимален в конце лета – начале осени.

2.2.6. Влияние гелиогеофизических факторов на биоритмы человека

Под термином «гелиогеофизические факторы» понимают комплекс физических факторов, влияющих на организм человека и связанных с солнечной активностью, вращением Земли, флуктуациями геомагнитных полей, особенностями строения и состояния атмосферы. Гелиогеофизические факторы определяют погодно-климатические условия. Их колебания, как по отдельности, так и в совокупности, могут оказывать неоднозначное влияние на биоритмы человека.

Факторы солнечной активности являются важным элементом при синхронизации ритмики биологических систем в диапазонах мезо– и макроритмов (табл. 2.6). Ультрадианные ритмы смены фаз сна модулируются солнечной активностью. Частоты некоторых короткопериодных биоритмов коррелируют с частотами регуляторных микропульсаций геомагнитного поля и акустическими колебаниями, возникающими во время магнитных бурь. Ведущей составляющей этих колебаний является частота около 8 Гц. Например, ритм тремора, ритм альфа-волн ЭЭГ, ритм ЭКГ коррелируют с частотами электромагнитных пульсаций. Ритм митохондрий, гликолиза и синтеза белков коррелирует с акустическими явлениями (инфразвуком). Есть данные о существовании биоритмов с диапазоном колебаний пульсаций Солнца (2 ч 40 мин). Более известны околонедельные или кратные изменения физиологических показателей человека. Оказалось, что эта ритмика связана с прохождением Земли около границ секторов межпланетного магнитного поля.

Изучалось влияние на биоритмы и погодных факторов, таких как температура воздуха, его влажность, атмосферное давление и т. п. Оказалось, что физиологические параметры связаны с погодными условиями чаще простыми линейными отношениями. Так, с усилением какого-либо фактора погоды (например, температуры воздуха) происходит увеличение значений физиологических показателей человека (например, артериального давления, частоты дыхания, мышечной силы рук) или их уменьшение.

В некоторых случаях (зависимости температуры тела от внешней температуры, зависимости температуры тела и частоты дыхания от атмосферного давления и т. д.) погодные факторы вызывают попеременную реакцию усиления и ослабления, т. е. поддерживают колебательное состояние функций.

Таблица 2.6. Периоды и циклы гелиофизических факторов *(по: Б. М. Владимирский, 1980)*

Результаты проведенных исследований позволили выделить два вида воздействий геомагнитных и погодных факторов на изменения физиологических параметров.

Влияние солнечной активности (хромосферных вспышек) и погодных факторов (которые сами зависят от солнечной активности) чаще всего проявляется в виде простых линейных отношений. Воздействия постоянного магнитного поля и случайных магнитных возмущений нелинейны и создают постоянный и «ритмический» фон, вызывая (в зависимости от собственных параметров и функционального состояния живой системы) реакцию то усиления, то ослабления функции.

Таким образом, магнитные поля Земли, по-видимому, поддерживают существование колебательных контуров, в то время как солнечная активность и погодные факторы модулируют биологические ритмы.

Для организма с уже сформированной биоритмической системой внешние воздействия играют роль «датчиков времени», поддерживая общий уровень колебаний (как это можно видеть при действии параметров магнитного поля и некоторых погодных

факторов), регулируя период (изменение ритмики в различные сезоны года в связи с изменением освещенности и других факторов) и амплитуду колебаний (влияние атмосферного давления, влажности, температуры, вспышек на Солнце).

2.2.7. Адаптационная перестройка биологических ритмов

При резком изменении ритмов внешней среды (геофизических или социальных) происходит рассогласование эндогенно обусловленных колебаний физиологических функций человека. Такое нарушение сопряженности периодических осцилляции функционально взаимосвязанных систем организма получило название **десинхроноза.**

Симптоматика десинхроноза сводится к расстройствам сна, снижению аппетита, настроения, умственной и физической работоспособности, различным невротическим расстройствам. В некоторых случаях отмечают органические заболевания (гастрит, язвенная болезнь и т. п.).

Состояние, когда система циркадианных ритмов организма не соответствует временным условиям окружающей среды, называется **внешним десинхронозом.** Под влиянием новых «датчиков времени» начинается перестройка сложившейся ранее системы циркадианных ритмов организма. При этом физиологические функции перестраиваются с различной скоростью, нарушается фазовая структура ритмов физиологических функций – развивается **внутренний десинхроноз.** Он сопровождает весь период приспособления организма к новым временным условиям и длится иногда на протяжении нескольких месяцев.

Среди факторов, приводящих к адаптивной перестройке биологических ритмов, выделяют:

– смену временных поясов (переезды на значительные расстояния в широтном направлении, трансмеридианные перелеты);

– устойчивое рассогласование по фазе с местными датчиками времени ритма «сон – бодрствование» (работа в вечернюю и ночную смену);

– частичное или полное исключение географических датчиков времени (условия Арктики, Антарктики и др.);

– воздействие различных стрессоров, среди которых могут быть патогенные микробы, болевые и физические раздражители, психическое или усиленное мышечное напряжение и т. п.

Все чаще появляются сведения о рассогласовании биологических ритмов человека с ритмами его социальной активности, составляющими уклад жизни, – режимом труда и отдыха и т. п.

Перестройка биоритмов происходит также и под влиянием неблагоприятных условий, первично не связанных с трансформацией ритмов и приводящих к развитию десинхроноза лишь вторично. Такой эффект оказывает, например, утомление. Поэтому в одних случаях возникает специфический синхроноз как последствие необычных или чрезмерных требований к циркадианной системе (например, временные сдвиги), в других – неспецифический десинхроноз как следствие воздействия на организм неблагоприятных социальных и биологических факторов.

Выделяют следующие виды десинхроноза: острый и хронический, явный и скрытый, частичный и тотальный, а также асинхроноз.

• **Острый десинхроноз** появляется эпизодически при экстренном рассогласовании датчиков времени и суточных ритмов организма (например, реакция на быстрое однократное перемещение в широтном направлении), хронический же – при повторных рассогласованиях датчиков времени и суточных ритмов организма (например, реакция на повторяющиеся перемещения в трансмеридиональном направлении или при адаптации к работе в ночную смену).

• **Явный десинхроноз** проявляется в субъективных реакциях на рассогласование датчиков времени с суточными циклами организма (жалобы на плохой сон, снижение аппетита, раздражительность, сонливость в дневное время и т. п.). Объективно отмечается снижение работоспособности, несогласование по фазе физиологических функций с датчиками времени. Явный десинхроноз с течением времени исчезает: самочувствие улучшается, работоспособность восстанавливается и частично происходит синхронизация по фазе ритмов отдельных функций и датчиков времени. Однако от частичной до полной перестройки циркадианной системы требуется значительно больший период времени (до нескольких месяцев), в течение которого определяются признаки так называемого скрытого десинхроноза.

• **Частичный, тотальный десинхроноз** и **асинхроноз** в основном отражают различную степень выраженности десинхронизации функций в организме, которая обусловлена степенью расхождения фаз их ритмов. При первом – рассогласование суточных ритмов функций – десинхронизация наблюдается лишь в некоторых звеньях, при втором – в большинстве звеньев циркадианной системы. При наиболее тяжелой степени – асинхронозе – отдельные звенья циркадианной системы оказываются полностью разобщенными, десинхронизированными, что фактически не совместимо с жизнью.

Большую нагрузку на хронофизиологическую систему организма создают перелеты со сменой часовых поясов. Продолжительность и характер перестройки физиологических функций при этом зависят от многих факторов, из которых ведущий – величина часового сдвига. Отчетливая перестройка циркадианных ритмов начинается после перелета через 4 и более часовых поясов. Следующим фактором является направление переезда. Обследования разных контингентов людей при трансмеридиональных перелетах как на запад, так и на восток показали, что перемещения в разных направлениях имеют свою специфику. Не меньшую роль при прочих равных условиях играет климатическая контрастность пунктов перелета.

Интересно отметить, что при трансмеридиональном перелете функциональные сдвиги в организме (субъективный дискомфорт, эмоциональные, гемодинамические реакции и т. п.) выражены резче, чем при медленном пересечении поясных зон (поездом, на судах), когда человек «вписывается» в смещенную пространственно-временную структуру окружающей среды постепенно. Тем не менее переезд поездом сопровождается своим, специфическим для разных направлений субъективным дискомфортом.

Скорость перестройки суточного ритма зависит также от возраста и пола человека, его индивидуальных особенностей и профессиональной принадлежности. Так, нормализация циркадианного ритма у женщин происходит быстрее, чем у мужчин. Анатомо-физиологическая незрелость детского организма и мобильность функциональных проявлений у подростков являются причиной легкого возникновения

десинхроноза. Вместе с тем высокая пластичность ЦНС у подростков обеспечивает более быстрое и менее трудное приспособление их к трансмеридиональному перемещению. Наименее выражены и быстрее перестраиваются все реакции организма у хорошо тренированных спортсменов.

Этапы процесса адаптации. Исследования показали, что процесс адаптации организма при смене часовых поясов происходит поэтапно. Выделяют стадию десинхронизации, стадию неустойчивой синхронизации и стадию устойчивой синхронизации, когда нормализуются как фазы самих суточных ритмов, так и соотношения между ними. Следует отметить, что процесс перестройки циркадианных ритмов различных физиологических систем протекает относительно независимо и с разной скоростью. Наиболее быстро перестраиваются режим сна и бодрствования, простые психомоторные реакции. Восстановление циркадианного ритма сложных психофизиологических функций происходит в течение 3–4 суток. Для перестройки ритмов сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, выделительной систем нужен более длительный период. Наиболее продолжительное время (12–14 суток) требуется для перестройки в соответствии с новым поясным временем циркадианного ритма терморегуляции, гормональной деятельности, основного обмена.

Существуют специальные рекомендации по профилактике десинхронозов и ускорению хронофизиологической адаптации.

Сильными синхронизаторами суточных ритмов биохимических и физиологических процессов являются двигательная активность, время сна и приема пищи. Режим сна и бодрствования играет основную роль в ускорении нормализации суточного ритма при многочасовых широтных перемещениях.

При составлении специальной диеты и режима питания учитывают следующее:

1) действие пищи как датчика времени;

2) хронобиологическое действие теофиллина в чае и кофеина в кофе;

3) свойство пищи, богатой белками, способствовать синтезу катехоламинов, а пищи, богатой углеводами, – синтезу серотонина.

Показано, что необходимо относительно высокое содержание в крови адреналина и норадреналина во время бодрствования, а серотонина – во время сна.

Некоторые исследователи предлагают за несколько дней до перелета установить режим жизнедеятельности, соответствующий новому поясному времени. Однако этот вопрос остается дискуссионным.

При кратковременных командировках рекомендуют не менять привычный распорядок дня и часы сна, а при необходимости принимать снотворное или тонизирующий препарат. Возможна и комбинация этих средств. Циркадианные ритмы после полета значительно быстрее восстанавливаются при специальных режимах чередования света и темноты.

2.3. Общие вопросы адаптации организма человека к различным климатогеографическим регионам

2.3.1. Адаптация человека к условиям Арктики и Антарктики

Факторы среды. В условиях Арктики и Антарктики на человека действует комплекс факторов, таких как низкая температура, колебания геомагнитного и электрического полей, атмосферного давления и т. п. Степень их воздействия может быть различной в зависимости от климатогеографических особенностей местности. Вместе с тем перечисленные факторы неравнозначны для человеческого организма. Исторически сложилось так, что первоначально основное внимание уделялось изучению влияния холода на организм человека. Лишь во второй половине прошлого столетия исследователи обратили внимание на эффекты, оказываемые другими факторами.

В настоящее время полагают, что особо важное воздействие на человека оказывают явления космической природы: космические лучи и изменения солнечной активности. Особенности строения геомагнитной сферы таковы, что в области «холодных» широт Земля наиболее слабо защищена от космической радиации. Радиационный режим, который является ведущим в комплексе климатических элементов, воздействующих на человека, подвержен значительным колебаниям.

Постоянная смена физических факторов среды, сопутствующих чередованию полярной ночи и полярного дня (в первую очередь характер светового режима), определяет ритмические особенности реакций организма. При этом в адаптивный процесс вовлечены все физиологические системы организма.

По мнению *В. П. Казначеева,* биофизические факторы характеризуются воздействием геомагнитных и космических возмущений на биохимические и биофизические процессы в организме с последующим изменением структуры клеточных мембран. Сдвиги, вызываемые ими на молекулярном уровне, стимулируют дальнейшие метаболические реакции на клеточном, тканевом и организменном уровнях.

Фазы адаптации человека к условиям Арктики и Антарктики.

Продолжительность каждой фазы обусловлена объективными и субъективными факторами, такими как климатогеографические и социальные условия, индивидуальные особенности организма и т. п.

• Начальный период адаптации длится до полугода. Он характеризуется дестабилизацией физиологических функций.

• Вторая фаза занимает 2–3 года. В это время происходит некоторая нормализация функций, что отмечается как в покое, так и при нагрузках.

• В третьей фазе, которая длится 10–15 лет, состояние организма стабилизируется. Однако для поддержания нового уровня жизнедеятельности необходимо постоянное напряжение регуляторных механизмов, что может привести к истощению резервных возможностей организма.

Формы реакций организма на комплекс факторов высоких широт.

Различают неспецифическую и специфическую реакции.

• В основе **неспецифических** приспособительных реакций лежат нервные и гуморальные механизмы. Наиболее общей неспецифической реакцией является

возбуждение центральной нервной системы, которое сопровождается усилением обмена веществ, деятельности эндокринных желез и функций органов и систем организма.

• В основе **специфических** реакций (например, синдром полярного и антарктического напряжения) лежит комплекс функциональных изменений в психосоматической и вегетативной сферах на системном и тканевом уровнях. Среди факторов, вызывающих это состояние организма, ведущими являются психологические, социальные и биофизические.

Многие авторы отмечают сезонный характер изменения реакций организма в условиях Арктики и Антарктики. Так, в период полярной ночи у приезжего населения преобладают тормозные процессы в ЦНС. Снижается пропускная способность анализаторных систем, уменьшается надежность выполнения интегративных функций мозга. Объективные изменения высшей нервной деятельности, как правило, сопровождаются жалобами на общую слабость, разбитость, сонливость, быструю утомляемость, головные боли, преходящие боли в области сердца. Нарастают различного рода неврастенические расстройства, психическая подавленность, неуравновешенность в поведении. Угнетение психической сферы сопровождается нарушением авторегуляционных функций головного мозга. Отмечено значительное торможение сосудистых и дыхательных рефлексов. Во время полярной ночи у мигрантов наиболее отчетливо проявляется полярная одышка, вплоть до нарушения нормального ритма дыхания. Снижается уровень основного обмена. Сезонная изменчивость присуща механизмам физической и химической терморегуляции.

Известно, что наибольшее количество заболеваний приходится на середину полярной ночи. Это обусловлено снижением иммунной реактивности организма. У полярников обнаружено уменьшение числа эритроцитов и гемоглобина, что объясняют длительным отсутствием солнечного света в зимний период.

Полярный день с его чрезмерным ультрафиолетовым радиационным фоном, в свою очередь, может оказывать субэкстремальные воздействия на организм. При этом происходит ломка стереотипных реакций, выработанных во время полярной ночи. Сначала полярный день производит возбуждающее действие, но затем развиваются явления перевозбуждения и переутомления. Этому способствует резкое увеличение интенсивности естественного освещения, что ведет к повышению тонуса зрительной коры и – через оптико-вегетативный тракт – нижележащих подкорковых центров. Возбуждение зрительной зоны коры иррадиирует на другие участки.

Для периода полярного дня характерно преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, повышение уровня адреналина и кортикостероидов в крови. В это время возрастает электропроводность и температура кожи, увеличивается частота сердечных сокращений, повышается артериальное давление, частота дыхания, коэффициент использования кислорода. Однако длительное и непрерывное световое раздражение ведет к переходу возбуждения в состояние охранительного торможения.

Информация о тенденции сдвигов, происходящих в физиологических системах организма в условиях Арктики и Антарктики, весьма разноречива. Причин этого множество. Сюда можно отнести различие природных и социальных условий тех мест, где проводились исследования (города и поселки, научные станции, морские суда), неоднородность состава обследуемых по возрасту, полу, профессиональной принадлежности, несовпадение методов и сроков обследований и т. п.

Степень вовлеченности отдельных систем организма в процесс адаптации к условиям Арктики и Антарктики определяется модальностью экстремальных факторов и индивидуальной реактивностью организма. Так, например, психоэмоциональные и социальные факторы преимущественно модулируют функциональное состояние мозга, геофизические факторы – тканевый метаболизм стромы и паренхимы; холодовые механизмы физической и химической терморегуляции.

Нервная система

Реакции организма, направленные на поддержание гомеостаза в экстремальных и субэкстремальных условиях существования в Арктике и Антарктике, регулируются прежде всего центральной нервной системой. Действие специфического комплекса раздражителей вызывает функциональную перестройку коры больших полушарий и подкорковых вегетативных центров. В реакции организма через подкорковые центры и гипоталамус вовлекаются гуморальные компоненты регуляции: гормоны, метаболиты, адренергические и холинергические медиаторы, витамины и т. д. Все это обусловливает перестройку деятельности структурных элементов организма на различных уровнях (организменном, системном, органном, тканевом, клеточном, молекулярном) и в определенной последовательности в зависимости от стадий адаптации.

У людей, впервые попадающих в условия Арктики и Антарктики, возникает совокупность симптомов, которая носит название синдрома психоэмоционального напряжения. Его появление свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов. Основным клиническим проявлением **синдрома психоэмоционального напряжения** является тревожность различной степени выраженности, от состояния психологического дискомфорта до невротического уровня тревоги. Тревога может сочетаться с некоторым улучшением настроения, эйфорией, повышением психомоторной активности. Двигательное беспокойство в структуре синдрома психоэмоционального напряжения носит характер целенаправленной деятельности. Она выражается в повышенном стремлении к работе, различных формах социальной активности. Это смягчает чувство психологического дискомфорта, на время успокаивает.

Процесс адаптации к условиям Арктики и Антарктики сопровождается изменением психофизиологических показателей, таких как сила и подвижность нервных процессов. Внимание, дифференцированное торможение, ассоциативные функции запоминания изменений не претерпевают. Синдром психоэмоционального напряжения характеризуется рядом физиологических отклонений. У лиц с выраженным эмоциональным напряжением прослеживается отчетливая тенденция к повышению артериального давления. Существенно изменяются условные и бузусловные сосудистые и дыхательные рефлексы.

У некоторых людей при расстройстве процессов адаптации к условиям Арктики и Антарктики нередко возникают патологические сдвиги в организме. Для обозначения подобной реакции используют термины **«дезадаптационный невроз»** или **«синдром дезадаптации».**

Эффективность психологической адаптации к условиям Арктики и Антарктики во многом определяется мотивацией. Она значительно облегчена у лиц с социальной настроенностью, заинтересованных в материальных и особенно моральных стимулах.

Эндокринная система

Холодный климат высоких широт является одним из наиболее неблагоприятных факторов, действующих на человека в этих районах. Стойкое повышение тонуса симпатоадреналовой системы, высокая активность щитовидной железы относятся к наиболее характерным сдвигам в эндокринной регуляции у людей, адаптирующихся к полярным условиям. Показана важная роль катехоламинов и тиреоидных гормонов в регуляции калорического баланса организма.

Процесс температурной адаптации разделяется на несколько фаз. Вначале повышение устойчивости к холоду, как и при любом стрессирующем воздействии, достигается неспецифической мобилизацией эндокринной системы. В дальнейшем возрастает роль специфических компонентов. Среди прочих механизмов специфической адаптации к холоду большое место занимает увеличение калоригенного эффекта норадреналина.

В условиях Заполярья для человека небезразличным условием является своеобразная светопериодика. Показана строгая взаимосвязь между трофическими нервными и гормональными механизмами в организме и характером фотопериодизма. Ритмические колебания секреции тропных гормонов гипофиза, происходящие под влиянием смены света и темноты, являются причиной периодики физиологических процессов. У человека светлому периоду соответствует преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и повышенный уровень адреналина и кортикостероидов, темному – преобладание парасимпатического тонуса и повышенный уровень меланотропного гормона.

Исследования, проведенные с использованием корреляционного анализа, показали, что из большого числа климатических и геофизических параметров, характеризующих условия Арктики и Антарктики (атмосферное давление, температура, скорость ветра, влажность и т. п.), особенно существенным для мобилизации эндокринных функций было изменение магнитного поля Земли. Высокая ионизация атмосферы Заполярья, близость магнитного полюса делают этот район наиболее неблагоприятным в отношении перемены интенсивности и частоты колебаний магнитного поля. Выявлена тесная связь действия этих факторов с уровнем экскреции нейтральных кетостероидов и адреналина.

Кроме природных факторов, на динамику эндокринных изменений немаловажное влияние оказывает психоэмоциональное состояние человека. Степень изменения эндокринного гомеостаза зависит от времени пребывания на Севере.

Система крови

Сведения о состоянии красной крови у приезжего населения Арктики и Антарктики чрезвычайно противоречивы. В Антарктиде в условиях высокогорья у полярников, как правило, наблюдается активация эритропоэза, вызванная повышением уровня эритропоэтинов в крови под влиянием высотной гипоксии. У вновь прибывших в Арктику под влиянием таких факторов, как холод, многомесячное отсутствие солнечного света, относительная гиподинамия, недостаток витаминов, происходит снижение количества эритроцитов и гемоглобина. Для них характерна значительная лейкопения, уменьшенное количество палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов. Увеличено содержание эозинофилов, иногда имеет место эозинопения.

Свертываемость крови зависит от сроков адаптации. Первоначально время свертывания и рекальцификация крови увеличивается, снижается толерантность плазмы к гепарину. Повышается количество тромбоцитов и их активность. В дальнейшем процесс

свертывания крови существенно укорачивается. При понижении толерантности плазмы к гепарину повышена ее фибринолитическая активность, ускорено время образования тромба. После нескольких лет пребывания на Севере эти показатели нормализуются.

В процессе адаптации к арктическим условиям у людей снижается общая иммунная реактивность, уменьшается фагоцитарная активность крови. Это обусловлено подавлением образования антител, сдвигами в лейкоцитарной формуле. В результате люди чаще заболевают.

Сердечно-сосудистая система

Адаптация сердечно-сосудистой системы людей к комплексу природных факторов, характерных для высоких широт, носит фазовый характер. Непродолжительное пребывание в условиях Заполярья (2–2,5 года) приводит к мобилизации приспособительных реакций системы кровообращения, что сопровождается учащением пульса, повышением артериального давления, периферического сосудистого сопротивления.

Дальнейшее пребывание на Севере (3–6 лет) характеризуется такими изменениями в сердечно-сосудистой системе, как постепенное урежение частоты сердечных сокращений, умеренное снижение систолического и минутного объемов крови.

При длительном проживании в Заполярье (10 лет и более) происходит дальнейшая перестройка функционирования системы кровообращения. Она характеризуется тенденцией к брадикардии, выраженным снижением систолического и минутного объемов крови, компенсаторным повышением артериального давления, периферического сосудистого сопротивления. Полагают, что это вызвано истощением регуляторных механизмов, усилением парасимпатического контроля с последующим развитием отрицательного хронотропного и инотропного эффектов, развитием явлений десинхроноза в периодике артериального давления. В это же время возрастает заболеваемость гипертонической болезнью, инфарктом миокарда.

Система дыхания

Наиболее частой реакцией дыхательной системы у новоселов Крайнего Севера является своеобразное затруднение дыхания, которое получило название «полярная одышка». Полагают, что основной причиной полярной одышки является механическое сопротивление дыханию, возникающее в результате рефлекторного сужения просвета бронхов под влиянием холодной струи воздуха.

В целом адаптация дыхательной функции к условиям высоких широт протекает поэтапно.

На первом этапе (3–6 месяцев) происходит перераспределение легочных объемов, при этом дыхательный объем увеличивается, резервный объем вдоха уменьшается, а часть резервного объема выдоха переходит в остаточный объем. Подобный эффект предохраняет легкие от переохлаждения. Легочная вентиляция имеет тенденцию к увеличению. В результате гипервентиляции легких развивается дыхательный алкалоз. Коэффициент использования кислорода при этом невысок, что связано с неустойчивостью вентиляционно-перфузионных отношений.

Несоответствие вентиляции и кровоснабжения легких приводит к снижению диффузионной способности последних. В результате подобных сдвигов резервы вентиляции сокращаются, а компенсаторные возможности системы дыхания уменьшаются.

Второй этап (2 года и более) характеризуется некоторой стабилизацией дыхательной функции. Он соответствует становлению адекватного и более экономного режима деятельности органов дыхания. В указанный период происходит урежение дыхания, восстановление резервных объемов до исходных величин, рост коэффициента использования кислорода. Вентиляционно-перфузионные отношения становятся менее вариабельными. Однако значения дыхательного и минутного объемов дыхания остаются высокими, что свидетельствует о сохранении определенной гипервентиляции легких, сопровождаемой частично или полностью компенсированным дыхательным алкалозом.

Третий период соответствует стадии адаптированности легких. Он продолжается 10 и более лет. В этот период восстанавливается эффективность вентиляционно-перфузионных отношений. Формируется адаптационная легочная гипертензия. Проявляется обструктивный синдром, морфологическим выражением которого является резкое утолщение бронхов. По мере увеличения сроков проживания в условиях низких температур под влиянием биохимических сдвигов в тканях может развиваться метаболический ацидоз. Степень его проявления со временем уменьшается.

В результате новый уровень функционирования легких у людей в условиях Севера достигается за счет более напряженной работы и постоянного использования структурных и функциональных резервов дыхания.

Питание, метаболизм, терморегуляция

Питание является одним из ведущих факторов, адаптации человека к условиям Арктики и Антарктики. Жизнедеятельность организма при низких температурах требует высокого энергообеспечения. В связи с этим возрастает роль диеты, богатой жирами и белками. Энергетическая роль углеводов при этом снижена. Существенное значение в питании приобретают витамины А и Е, участвующие в жировом обмене.

Существование в экстремальных условиях Севера формирует **полярный метаболический тип.** Он характеризуется сложными изменениями всех видов обмена веществ. При этом ведущую роль играет переключение энергетического обмена с углеводного типа на жировой.

В высоких широтах у людей возникает дефицит водорастворимых витаминов B_1, B_2, B_6, С, РР. Одной из его причин является недостаток микроэлементов, в частности магния, участвующего во всасывании водорастворимых витаминов. В свою очередь, дефицит микроэлементов связан с усиленным выделением мочи – так называемым **холодовым диурезом**, который наблюдается при адаптации к Северу. Потеря воды и микроэлементов обусловлена эндокринными сдвигами в гипоталамусе и надпочечниках. Исчезновение холодового диуреза служит одним из показателей развития адаптации к низким температурам.

Общепринятого мнения относительно динамики изменений основного обмена при адаптации к высоким широтам нет, вероятно, потому, что эти изменения обусловлены разными факторами, такими как сроки пребывания, время года и т. п. У вновь прибывших во время полярного дня основной обмен бывает повышен в среднем на 13–17 %. Это

связывают с гиперфункцией щитовидной железы. Полярная ночь, которая сопровождается уменьшением степени освещенности (это угнетающе сказывается на функции гипоталамуса), относительной гиподинамией и уменьшением времени пребывания на холоде, приводит к снижению основного обмена.

У лиц, продолжительно пребывающих в условиях Заполярья, однозначных отклонений основного обмена выявить не удалось.

В поддержании постоянной температуры тела у людей, адаптирующихся к условиям Арктики и Антарктики, участвуют все виды терморегуляции.

При низких температурах окружающей среды поддержание температуры тела осуществляется посредством повышения теплообразования в организме (химическая терморегуляция) и снижения теплоотдачи (физическая терморегуляция). Одним из важнейших источников регулируемой теплопродукции является специфическая форма сократительной деятельности скелетной мускулатуры – терморегуляторный тонус и холодовая дрожь. В связи с тем что при дрожательных реакциях на холодовое раздражение не происходит никакой внешней механической работы, тепловая эффективность терморегуляторного тонуса и дрожи значительно выше, чем физической работы, и приближается к 100 %.

Благодаря повышению калоригенной эффективности терморегуляторного тонуса и дрожи отпадает необходимость в поддержании высокого уровня интенсивности мышечных сокращений в ответ на охлаждение.

Важную роль в увеличении теплопродукции сократительного термогенеза при адаптации организма к холоду играет медиатор симпатического отдела вегетативной нервной системы – норадреналин. В повышении выхода тепла при мышечном сокращении определенную роль играют и гормоны щитовидной железы.

Наиболее экономичной для организма реакцией на охлаждение является физическая терморегуляция. Связанная с небольшими затратами энергии, эта физиологическая реакция достаточно эффективно поддерживает постоянство температуры глубоких областей тела (ядра тела) при умеренных охлаждениях. Физиологические механизмы регуляции теплоотдачи позволяют человеку более тонко регулировать теплообмен с внешней средой и совместно с адекватными погоде и климату одеждой и химической терморегуляцией достаточно точно поддерживать температуру тела на постоянном уровне. За счет физиологических механизмов регуляции теплоотдачи теплоизоляция у человека может изменяться в 3–4 раза. Как известно, основные потери тепла в организме происходят через поверхность кожи и за счет легочной вентиляции.

Температура кожи у человека в большой степени определяется состоянием кожного и подкожного кровотоков. Важное значение при этом имеет регуляция просвета артериол и мелких артерий, которая осуществляется симпатическими нервными волокнами: расширение сосудов повышает температуру кожи и соответственно теплоотдачу, сужение – снижает ее.

Различные участки поверхности тела играют неодинаковую роль в регуляции теплоотдачи. У человека наибольшие потоки тепла при высоких внешних температурах приходятся на конечности. При холодовых нагрузках температура конечностей понижается в гораздо большей степени, чем на других участках тела, и таким образом обеспечивается значительное снижение теплоотдачи. Важную роль при этом играет не

только сужение кровеносных сосудов, но и тот факт, что венозные сплетения в конечностях располагаются в непосредственной близости с артериями: передача тепла из артериальной крови в венозную существенно снижает его поступление в поверхностные ткани и способствует сохранению тепла в организме. Поток тепла с поверхности конечностей регулируется также количеством открытых и закрытых артериовенозных анастомозов.

Однако при очень сильных охлаждениях вазоконстрикция в конечностях может периодически сменяться резкой вазодилятацией: кровоток усиливается в десятки раз, температура кожи в результате этого повышается на 7-10 °С **(реакция Льюиса)**. Подобная реакция, несколько усиливающая теплопотери, обеспечивает необходимый минимальный уровень метаболизма в конечностях и способствует предупреждению холодовых травм. В связи с этим особое значение для людей, проживающих на Севере, имеет локальная адаптация к холоду. По данным *Э. Леблана,* у эскимосов и рыбаков, руки которых регулярно подвергаются воздействиям холодной воды с температурой 0-10 °С, наблюдается пониженная реакция вазоконстрикции рук на холод. Это проявление адаптации может сохраняться в течение продолжительного времени (до 15 лет) после прекращения работы. Локальная холодовая адаптация характеризуется также более быстрой нормализацией кровообращения и температуры конечностей после холодового воздействия.

Наряду с сосудистыми реакциями важную роль в адаптации человека на Севере могут играть приспособительные изменения в системе дыхания. В комфортных условиях в покое у человека с поверхности легких и верхних дыхательных путей теплоотдача составляет около 10 % общей теплопродукции. При интенсивной работе эти потери тепла уже могут быть сравнимы с теплопродукцией при основном обмене. Воздействие резкого холода вызывает задержку дыхания и сопровождается сокращением гладкой мускулатуры бронхов. Последнее, видимо, и является причиной полярной одышки. В дальнейшем по мере адаптации к холоду эти явления исчезают и происходят адаптивные перестройки в сердечно-сосудистой системе: повышаются кислородная емкость крови и давление в малом круге кровообращения, несколько гипертрофируется «правое сердце». Одновременно увеличивается коэффициент использования кислорода в легких из вдыхаемого объема воздуха, что наиболее отчетливо проявляется у людей, работающих круглый год на открытом воздухе. У этих лиц снижены испарение влаги из респираторного тракта и связанные с испарением теплопотери. Таким образом, адаптивные сдвиги, наступающие в сердечно-сосудистой и респираторной системах в холодном климате, направлены на ограничение теплопотерь организма и служат, кроме того, физиологической защитой органов дыхания от поражения холодом.

Адаптивные изменения, наступающие в системе терморегуляции человека на Севере, затрагивают не только ее эфферентное звено, но и афферентное. Субъективное ослабление чувства холода в связи с адаптацией к этому фактору среды отмечается многими исследователями. В основе такого явления может лежать снижение количества функционирующих холодовых рецепторов кожи.

Морфофункциональные особенности аборигенов Севера. У коренного населения Арктики независимо от этнической принадлежности выявляется много общих черт как в строении тела, так и в физиологических особенностях. Это позволило выделить так называемый **арктический адаптивный тип,** который, как полагают, сформировался в ходе эволюции.

К характерным чертам конституции аборигенов Севера относится коренастое телосложение с хорошо развитой костно-мышечной массой, цилиндрическая форма грудной клетки. Лицо у них имеет овальную форму, широкий уплощенный нос, узкий разрез глаз. Эти особенности способствуют уменьшению теплоотдачи в условиях переохлаждения.

Функциональные характеристики также отражают приспособление к условиям холодового стресса. У коренных жителей высоких широт выработался в ходе эволюции и генетически закрепился определенный, отличный от приезжих уровень метаболизма. Энергетические процессы у них более интенсивны. Механизмы теплообмена имеют ряд особенностей. Чувствительность холодовых рецепторов снижена. Перераспределение кровотока между поверхностными и глубокими кровеносными сосудами тела, и особенно конечностей, ограничивает теплопотери через кожные покровы и способствует стабилизации температурного режима ядра туловища. Увеличение теплопродукции и изменения в системе теплоотдачи на клеточном и системном уровнях эффективно обеспечивают температурный гомеостаз аборигенов Севера. Основной обмен у них повышен. Определяющее влияние на характер обмена веществ у коренных жителей высоких широт оказывает питание. Увеличение доли жиров в пищевом рационе, повышенная способность к их окислению за счет гиперфункции щитовидной железы и надпочечников приводит к повышению липидного обмена. Усиление метаболических процессов ведет к интенсификации деятельности кислородтранспортной системы аборигенов Севера. Они обладают большой вентиляционной способностью легких. Коэффициент использования кислорода повышен. Высока скорость кроветворения, увеличено содержание гемоглобина в крови.

Повышенная гамма-глобулиновая фракция сыворотки обусловливает улучшение иммунных свойств организма.

Люди, обладающие специфическими признаками тела, уменьшающими теплоотдачу, обладающие интенсивными энергетическими процессами, имеют в условиях арктического климата преимущества перед теми, кто не отличается этими качествами. Однако цена приспособления аборигенов к жизни в условиях Севера достаточно высока. Задерживается период полового созревания. Велик процент бесплодия женщин и преждевременных родов. Часто встречаются патологии.

2.3.2. Адаптация человека к пустынной (аридной) зоне

Аридная зона характеризуется сочетанием таких факторов, как высокая температура, малая относительная влажность воздуха, повышенные ультрафиолетовое и тепловое излучения, отсутствие воды, ветер с пылью. Подобные области встречаются в пустынях, которые имеют определенное климатическое разнообразие.

В жаркое время года в дневные часы условия пребывания в пустыне предъявляют к организму человека повышенные требования. Основным механизмом, поддерживающим тепловой баланс человека в пустыне, является испарение, осуществляемое путем прямой транспирации кожи, отдачей воды с дыханием и потоотделением. Эти функции определяют характер соответствующих физиологических изменений в организме.

Борясь с перегревом, человек теряет значительное количество воды с потом. Это ведет не только к обезвоживанию тканей, но и к их обессоливанию. В результате нарушается водно-солевой обмен, что создает реальную угрозу для организма. Ухудшается деятельность сердца и кровообращение. Ослабевают защитные силы

организма. Тормозится секреторная деятельность желудочно-кишечного тракта. Нарушается углеводный и белковый обмен. Угнетаются функции центральной и периферической нервной системы.

«Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты – сама жизнь. Ты наполняешь нас радостью, которую не объяснишь нашими чувствами. С тобой возвращаются к нам силы, с которыми мы уже простились. По твоей милости в нас вновь начинают бурлить высохшие родники нашего сердца. Ты самое большое богатство на свете» – так воспел воду Антуан де Сент-Экзюпери.

Критерием переносимости тепловой нагрузки служит температура тела. Критической температурой для организма человека считают 38,4-38,9 °С.

Первой ступенью экзогенного нагревания тела человека является резкое повышение температуры кожи. Раздражение температурных рецепторов кожи и повышение температуры циркулирующей крови приводит к активации центральных терморегулирующих структур, находящихся в гипоталамусе. Гипоталамические терморегуляционные центры регулируют общее теплосодержание несколькими путями, преимущественно через симпатические влияния на потовые железы, периферические артериолы и на мозговое вещество надпочечников. Влияние это оказывается также на переднюю долю гипофиза, через который регулируется деятельность эндокринной системы.

При температуре воздуха +33 °С поддержание теплового баланса у человека осуществляется фактически лишь испарением пота. Роль пота в охлаждении организма велика, поскольку вода обладает большой скрытой теплотой испарения. Каждый испарившийся грамм уносит 580 кал тепла. Организм человека содержит от двух до пяти миллионов потовых желез. При возрастании тепловой нагрузки в работу включаются все новые и новые группы желез, усиливается их активность. Однако по мере траты запасов жидкости в организме потоотделение замедляется.

Изучение структуры дегидратации показало, что при потере массы тела при потоотделении от 4,0 до 4,5 % обезвоживание происходило за счет внесосудистой, экстрацелюллярной жидкости; при дефиците от 4,5 до 6,0 % – сократился объем циркулирующей плазмы. В дальнейшем при потере массы тела до 8,0-10,0 % уменьшалось количество внутриклеточной воды. Адаптации человека к обезвоживанию не выявлено.

Сигналом того, что организм нуждается в воде, является чувство жажды. Существует несколько гипотез ее возникновения.

• В соответствии с одной из них датчики-осморецепторы, находящиеся во внутренних органах, сигнализируют о повышении осмотического давления в головной мозг, где и формируется чувство жажды.

• По другой гипотезе, жажда появляется при подсыхании слизистой оболочки рта и глотки.

• Третья гипотеза предполагает, что обезвоживание тканей вызывает выделение гормона ангиотензина-11, раздражающего рецепторы, расположенные в подбугорной области головного мозга, которые вызывают жажду.

Тепловая нагрузка приводит к увеличению вязкости крови, повышению содержания гемоглобина и количества эритроцитов. Происходит дегрануляция базофильных лейкоцитов и тучных клеток. В результате в кровь секретируются гепарин, гистамин и другие биологически активные вещества.

Воздействие тепла вызывает расширение сосудов кожи и подкожной клетчатки, причем с повышением температуры крови на каждую 0,01 °С периферическое кровообращение возрастает на 15 мл/мин. При этом объем циркулирующей крови начинает снижаться, чему способствует также некоторое сгущение крови, вызываемое дегидратацией организма. Эти процессы могут вызвать замедление скорости кровотока, уменьшение ударного объема сердца.

Чтобы удержать минутный объем крови и артериальное давление на уровне, близком к нормальному, сердце вынуждено сокращаться чаще. Учащение пульса связано также с изменением функционального состояния экстракардиальных центров вегетативной нервной системы под влиянием импульсов с периферических терморецепторов и в результате прямого воздействия нагретой крови на эти центры.

В тесной связи с изменениями водного обмена находятся нарушения электролитного равновесия, вызванные значительными потерями электролитов с потом. В условиях пустыни, когда потоотделение от воздействия жары увеличивается до 10 л в сутки, организм теряет с потом 20–40 г солей. В результате в тканях может возникнуть дефицит электролитов – натрия и калия, что повлечет за собой серьезные расстройства функций многих органов и систем. Эти нарушения остаются даже тогда, когда устранена дегидратация организма.

Стараясь предотвратить обессоливание, и в первую очередь потери натрия, организм пускает в ход защитные механизмы. Так, например, содержание в поте хлористого натрия снижается с 0,2–0,4 % до 0,1–0,15 %. Уменьшается количество натрия, выделяемого с мочой. Это происходит в результате снижения мочеотделения, которое способствует сохранению воды в тканях и направлено на уменьшение солей, выводимых с мочой. В механизме развития тепловой олигурии большую роль играет симпатическое возбуждение, которое вызывает сужение почечных сосудов и, как следствие, уменьшение почечного кровотока и скорости клубочковой фильтрации. В результате выделительная функция почек снижается. Этому же способствует и повышенная секреция гормонов – вазопрессина и альдостерона.

Серьезными последствиями грозит обеднение организма калием. Этому процессу предшествует усиленный распад белков, вызываемый перегревом организма, а механизмы удержания калия маломощны. При уменьшении его содержания в плазме до 1,55 ммоль/л (норма 41–47 ммоль/л) снижается кровяное давление, нарушается энергообеспечение мышечной деятельности, появляется аритмия. Наблюдаются выраженные изменения кардиограммы: удлиняются интервалы P – Q, Q – T, увеличивается зубец P, уменьшается и уплощается зубец T, появляется зубец V. Эти показатели свидетельствуют о серьезных нарушениях деятельности сердца. Дефицит калия снижает и тепловую устойчивость.

При высокой температуре окружающей среды легочная вентиляция увеличивается преимущественно за счет глубины дыхания. Гипервентиляция способствует вымыванию угольной кислоты и сдвигу pH крови в щелочную сторону. Способность крови связывать CO_2 снижается под влиянием роста ее температуры. Таким образом, гипокапния и дыхательный алкалоз – характерные признаки и перегревания организма человека.

Повышение температуры тела ведет к угнетению секреторной, всасывательной и моторной функций органов пищеварения, к ухудшению аппетита.

В литературе имеются многочисленные данные о снижении основного обмена при адаптации человека к аридной зоне. Это связывают с некоторой гипофункцией щитовидной железы при длительном воздействии тепла.

Тепловая нагрузка, активируя симпатоадреналовую и гипофизарно-адренокортикальную системы, стимулирует секрецию катехоламинов мозговым веществом надпочечников и глюкокортикоидов их корой. Под влиянием этих гормонов усиливается образование глюкозы в печени в ходе гликолиза.

Поскольку щитовидная железа и надпочечники регулируют интенсивность метаболизма, они играют большую роль в приспособлении человека к высоким температурам пустыни.

Патологические реакции. К патологическим реакциям организма в аридной зоне можно отнести солнечный удар, тепловой удар и пустынную болезнь.

• **Солнечный удар** – внезапно наступающее состояние, зависящее от глубокого перегревания непокрытой головы. В легких случаях наступает общая слабость, покраснение лица, головокружение, потемнение в глазах, обморочное состояние; возможны головная боль, тошнота, рвота, понос. Частота пульса и дыхания может оставаться без резких изменений, иногда отмечается небольшое повышение температуры тела. При охлаждении больного или прекращении перегревания болезненное состояние обычно заканчивается относительно быстрым выздоровлением. В тяжелых случаях возможны резкое нервное возбуждение, галлюцинации, бред, судороги эпилептоидного типа, одышка, учащение пульса, повышение, а затем падение артериального давления, коллапс, отек мозга и его оболочек, точечные кровоизлияния.

• **Тепловой удар** – быстроразвивающееся состояние с той же симптоматикой, что и солнечный удар, но с более выраженными общими явлениями нарушения теплорегуляции и ослабления сердечно-сосудистой деятельности. Возможно повышение температуры тела до 40–41 °С и выше. Кожа бледная, сухая, тоны сердца глухие, пульс замедлен или учащен на 10-120 уд./мин. В отдельных случаях гипертермия развивается через некоторое время после воздействия или принимает затяжное, хроническое течение. Перегревание средней и тяжелой степени обычно сопровождается последействием. Повторяющиеся и длительные влияния перегревающих факторов способны вызвать невротические реакции, ваготонию, диэнцефальные кризы, гипотонию, миокардиодистрофию, нарушение функций желудка, почек, менструального цикла и пр.

• **Пустынная болезнь** – собирательное понятие, включающее нервно-психическое напряжение, состояние тоски и страха перед опасностью, реакцию стресса и, самое главное, сочетание перегревания с обезвоживанием организма. В этих случаях симптомы перегревания дополняются или начинаются с синдрома дегидратационного истощения. В этом случае, кроме жажды и сухости во рту, появляются чувство недомогания, беспокойство или сонливость, желание сесть или лечь, мышечное утомление, повышение температуры тела, учащение пульса, покалывание в мышцах конечностей, одышка, потеря аппетита. В случаях небольшого перегревания теплорегуляция сохраняется. После приема жидкости у здоровых людей наступает восстановление водяного обмена через 6-12 ч. В случаях значительного солнечно-теплового перегревания процесс восстановления затягивается.

Морфофизиологические особенности коренного населения аридной зоны. Коренное население аридной зоны, несмотря на различную расовую принадлежность, характеризуется комплексом общих морфологических и физиологических черт, способствующих облегчению процессов теплообмена.

К типичным морфологическим особенностям можно отнести большой процент астенического типа телосложения, возросшую относительную поверхность тела, увеличенные размеры скелета, уплощенную грудную клетку, сравнительно слабое развитие подкожного жирового слоя и мускулатуры, низкий уровень минерализации скелета.

Из физиологических признаков обращают на себя внимание понижение метаболической активности и увеличение удельной поверхности испаряемости. Отмечено повышение содержания гемоглобина, снижение артериального давления, увеличение пульса и частоты дыхания, понижение окислительных процессов.

Более эффективная сосудодвигательная нервная регуляция потери тепла в условиях резких температурных колебаний в течение суток также считается приспособительной чертой аборигенов.

2.3.3. Адаптация человека к условиям тропической (юмидной) зоны

Климат тропической зоны характеризуется следующими особенностями. Среднемесячные температуры составляют +24…29 °С, причем колебания их в течение года не превышают 1–6 °С. Годовая сумма солнечной радиации достигает 80-100 ккал/см^2. Воздух насыщен водяными парами, и поэтому относительная влажность его крайне высока – 80–90 %. Тропическая природа не скупится на осадки. За год их выпадает 1,5–2,5 тыс. мм. Высокая температура и влажность воздуха, а также недостаточная циркуляция служат причиной образования густых туманов не только в ночное, но и в дневное время.

Температура в сочетании с большой влажностью воздуха в тропиках ставит организм человека в крайне неблагоприятные условия теплообмена. «Вверху над лесом стоит как бы туман. Воздух влажный, теплый, трудно дышать, как в бане в парном отделении. Это не палящая жара тропической пустыни. Температура воздуха +26 °С, самое большее +30 °С, но во влажном воздухе почти нет охлаждающего испарения, нет и освежающего ветерка. Томительный зной не спадает в течение всей ночи, не давая человеку отдыха», – писал А. Уоллес.

Высокая температура воздуха исключает теплоотдачу организма конвекцией и радиацией, а большая его влажность сводит до минимума возможность избавиться от избыточного тепла потоотделением, так как пот не испаряется, а стекает с кожи. Все это создает условия для перегрева организма даже при относительно невысокой температуре окружающей среды.

Интенсивное потоотделение при тепловой нагрузке ведет к обеднению организма жидкостью. Это отрицательно сказывается на функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, влияет на сократительную способность мышц и развитие мышечного утомления вследствие изменения физических свойств коллоидов и последующей их деструкции.

Потоотделению предшествует расширение сосудов. Местное расширение периферических сосудов связывают с ослаблением сосудосуживающего тонуса, активным холинергическим механизмом и автономными реакциями. Они вызываются как из центра в ответ на небольшое общее повышение температуры тела, так и через спинальную дугу от терморецепторов кожи.

Увеличение объема русла периферических сосудов компенсируется уменьшением кровотока во внутренних органах.

Реакцией организма на значительное расширение сосудистого русла является увеличение объема циркулирующей жидкости. Механизм этого явления мало изучен. Известно, что сначала происходит освобождение запасов крови из внутренних органов. Возможно, в этом случае стимулируются объемные рецепторы, а эндокринные изменения вызывают увеличение задержания воды и натрия с последующим расширением объемов внеклеточной и циркулирующей жидкости. При нагревании возрастает секреция АДГ, при этом освобождается альдостерон, что подтверждает данные о разжижении крови в тепле. Объем плазмы увеличивается больше, чем объем циркулирующих эритроцитов, поэтому величины гематокрита снижаются.

В связи с изменениями объема крови происходят сдвиги и в ее распределении.

У неадаптированного человека в тропиках отмечается падение артериального давления, увеличение частоты сердечных сокращений. Возрастание пульса, связанное с повышением температуры тела, приводит к значительному увеличению минутного объема крови.

Система дыхания реагирует на тропические условия непроизвольной гипервентиляцией и сопутствующей ей гипокапнией. В результате в организме развивается дыхательный алкалоз.

Функция органов пищеварения теснейшим образом связана с состоянием теплового баланса. В связи с этим в тропиках существенно изменяются секреторная, всасывательная и моторно-эвакуаторная деятельность желудочно-кишечного тракта. Действительно, широко известно, что у людей, впервые прибывших из европейских стран в тропики, ухудшается аппетит, пропадает желание принимать пищу животного происхождения. Это явление связывают либо со снижением секреции соляной кислоты и пепсина желудочными железами, либо с уменьшением потребности организма в высококалорийных продуктах из-за снижения обмена веществ. Считают также, что в условиях тропиков наблюдается атония двигательного аппарата желудочно-кишечного тракта, которая также приводит к ухудшению аппетита. Кроме того, происходит значительное перераспределение крови, в результате часть крови переходит к подкожным сосудам, а кровоснабжение внутренних органов резко снижается. Все это приводит к уменьшению секреции желудочного и панкреатического соков и желчи.

Многочисленные исследования показали, что у человека в условиях тропиков основной и энергетический обмен понижен. Уровень основного обмена в значительной степени зависит от условий питания, в частности от потребления белков. Полагают, что адаптивные изменения основного и энергетического обмена обусловлены гормональными сдвигами, преимущественно снижением активности щитовидной железы.

Морфофункциональные особенности коренных жителей тропиков. Население тропического пояса разнообразно в расовом, этническом и культурном отношениях. К

коренному населению тропиков относятся жители Центральной Америки, Антильских островов, Африки, Индии, Большого Никобара, Новой Гвинеи.

Комплекс морфофункциональных черт тропических популяций, выделенных в **тропический адаптивный тип,** во многих отношениях специфичен. Это проявляется как в строении тела, так и в характеристике внутренней среды организма, включая глубинные механизмы обмена веществ. По мнению *Т. И. Алексеевой* (1998) [6], этот морфофункциональный комплекс возник в результате длительного, наследственно закрепленного приспособления к высоким температурам и влажности окружающей среды, к условиям белковой недостаточности и избытку углеводов в диете, к некоторым эндемическим заболеваниям.

Специфическая удлиненная форма тела с повышенной относительной поверхностью испарения, увеличение количества потовых желез на 1 см^2, интенсивность потоотделения, специфика регуляции водно-солевого обмена, понижение уровня метаболизма, достигаемое уменьшением мышечной массы тела, редукцией синтеза эндогенных жиров и понижением концентрации АТФ, – характерные черты тропических аборигенов. Если к этому добавить темный цвет кожи, курчавые волосы, удлиненную и высокую форму головы, сильное развитие слизистых оболочек носа и губ, то адаптивный характер морфо-функционального комплекса коренного населения тропиков не будет вызывать сомнения. Наследственная природа этого комплекса, по-видимому, также бесспорна. Перечислим также концентрацию медленно мигрирующих трансферинов, связанных с уменьшением интенсивности основного обмена в тропической зоне, пониженную чувствительность периферических тканей к гормону роста у пигмеев, редукцию синтеза холестерина у масаев, лактозную непереносимость у арабов и некоторых других групп тропического пояса. Непереносимость лактозы, в основе которой лежит недостаточная ферментативная активность, может быть, следует интерпретировать как наличие избирательной способности в отношении пищи. В свете такой интерпретации становится понятным приспособление к диете с избытком углеводов и резким дефицитом белков.

Таким образом, несмотря на жесткие климатические условия тропиков, у их жителей выработались приспособления, позволившие им успешно адаптироваться к жизни в этой среде.

2.3.4. Адаптация человека к условиям высокогорья

Поиск новых энергетических ресурсов, разведка и промышленное освоение районов, богатых полезными ископаемыми, создание спортивных комплексов и курортов – вот далеко не полный перечень социальных причин, приведших к заселению людьми горных районов Земли. В настоящее время в горах проживает около 500 млн людей. Наиболее заселенными являются регионы, расположенные в низкогорье (от 200 до 1400 м над уровнем моря) и среднегорье (от 1400 до 2500 м). Обжитое высокогорье приходится на высоту до 4500 м. Выше расположено нежилое снежное высокогорье и сверхвысокогорье.

В горах человек подвергается воздействию комплекса факторов. По мере поднятия на высоту атмосферное давление, температура воздуха и влажность убывают, космическая, световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация возрастают. Однако определяющим для человеческого организма фактором является пониженное парциальное давление кислорода (pO_2), обусловленное падением атмосферного давления. В таблице 2.7 представлена динамика барометрического давления и парциального давления кислорода

по мере подъема на высоту. «Из веществ, необходимых для сохранения жизни и деятельности, пожалуй, наиболее важным является кислород», – писал Дж. Баркрофт.

Высотный порог, вызывающий соответствующие сдвиги в организме человека, варьирует в зависимости от климато-метеорологических условий разных горных систем. Кроме того, он зависит от индивидуальных особенностей, пола и возраста людей, их физического и психического состояния, уровня тренированности, наличия «высотного опыта».

По мере подъема на высоту сначала у человека появляются сдвиги физиологических функций различных систем организма, направленные на приспособление – адаптацию. Однако выше люди начинают жаловаться на болезненные проявления, такие как головная боль, головокружение, тошнота, рвота, диспепсические явления, приступы удушья и т. п. Могут возникнуть осложнения: отек легких и отек мозга. Этот симптомокомплекс получил название «горная болезнь». При дальнейшем наборе высоты компенсационные механизмы перестают функционировать и может наступить летальный исход.

Таблица 2.7. Атмосферное давление и парциальное давление кислорода (pO_2) на различных высотах над уровнем моря

Состояние кислородного голодания, которое возникает у человека в горах, называется гипоксической гипоксией. Выделяют две ее формы: острую и хроническую. Острая гипоксия появляется при относительно коротком воздействии недостатка кислорода, исчисляемом секундами, минутами или часами (быстрый подъем на высоту 4000–5000 м и более, вдыхание газовых смесей, содержащих 12,0-10,5 % O_2 и менее). Хроническая гипоксия развивается, когда человек находится в условиях дефицита O_2 более длительное время (дни, недели, месяцы, годы). В хронической гипоксии принято выделять острый период («аварийную» стадию) и период относительной стабилизации функций.

В «аварийную» стадию симптомы острого кислородного голодания проявляются достаточно ярко и имеют определенное сходство с симптомами острой гипоксии. Стадия относительной стабилизации сопровождается энергетически более выгодными для организма перестройками. Однако дополнительные нагрузки в этот период могут привести к дезадаптации.

Адаптивные реакции людей, попавших в горные условия, затрагивают регулирующие системы организма. Это, в свою очередь, активизирует функции кислородтранспортных систем (дыхание, кровообращение, кровь) и мобилизует энергетические ресурсы организма.

Нервная система

Изучение условнорефлекторной деятельности позволило многим исследователям высказать мнение о том, что в процессе развития гипоксии возникают фазовые изменения

функционального состояния ЦНС. В начальный период отмечается преобладание возбудительного процесса. По мере углубления гипоксии при выраженном проявлении нарушений деятельности нервной системы превалирует процесс торможения. Фазовый характер изменений условнорефлекторной деятельности связывают с непосредственным действием различной степени гипоксии на кору больших полушарий. При этом происходят изменения межцентральных взаимодействий. Существенное значение придают функциональным сдвигам, возникающим в гипоталамусе. Полагают, что эта реакция опосредована через ретикулярную формацию. При миграциях людей в горы возрастает активность высших вегетативных центров гипоталамуса. Усиливается тонус симпатической системы. По мере удлинения срока пребывания начинает превалировать активность парасимпатической нервной системы, что сопровождается ваготонической направленностью висцеральных функций организма.

Одно время считалось, что центральная нервная система, головной мозг, нейроны коры больших полушарий – самые высокочувствительные к гипоксии органы. Более поздние исследования показали, что наиболее чувствительны к ней некоторые структуры периферической нервной системы: хеморецепторы, локализованные в каротидном тельце и в области аорты, а также рецепторный аппарат глаза, локализованный в сетчатке.

Многими исследователями было отмечено, что острая гипоксия оказывает существенное влияние на основные психологические параметры: память, внимание, мышление, эмоциональное состояние и т. д. Так, пребывание в течение нескольких часов на высоте 2400 м уже сопровождается снижением интеллектуальной работоспособности.

Большинство исследователей указывают, что при острой гипоксии человек может терять способность к критической оценке ситуации, в которой он находится. Он теряет самоконтроль и оказывается неспособным адекватно оценить собственное состояние.

Так, например, в книге *Дж. Холдена* и *Дж. Пристли* (1937) по этому поводу написано: «Во многих отношениях симптомы аноксии напоминают симптомы опьянения, и человек, страдающий от аноксии, не отдает себе отчета в своих поступках. Он начинает смеяться без причины, поет, ударяется в слезы или становится опасно энергичным. Он, однако, всегда убежден, что находится в превосходном здоровье, хотя он может заметить, что не способен как следует ходить или писать, не может припомнить, что с ним случилось, и не может правильно оценить свои зрительные ощущения. Я сам всегда был убежден в моем полном благополучии и только после устанавливал, что мой ум не был в здравом состоянии». Особенно опасно возникновение такого состояния в практике альпинизма.

Эндокринная система

В начале гипоксического воздействия происходит несбалансированная активация эндокринной регуляции. Однако постепенно развивается экономизация функций. Исследования показали, что умеренная кислородная недостаточность стимулирует секреторную функцию щитовидной железы. При значительной гипоксии наступает истощение ее функции. Надпочечники под влиянием недостатка кислорода несколько увеличиваются в объеме и массе. Особенно заметно увеличение коркового слоя, выделяющего стероидные гормоны. Вместе с тем стимулируется и адреналовая система. Однако длительное и значительное кислородное голодание приводит к недостаточности функции надпочечников, как и других желез. Инсулярный аппарат поджелудочной железы при небольшой гипоксии несколько активизируется. Гипоталамическая нейросекреция находится в состоянии функционального напряжения. Половые железы

чувствительны к продолжительной кислородной недостаточности. При этом оказывается сниженной как внутрисекреторная, так и гормональная функции. Известно, что у европейцев, переселявшихся в высокогорные районы Перу, нарушалась репродуктивная функция, тогда как у местных жителей прирост населения был нормальным. Длительное пребывание мужчин в высокогорье сопровождается преобладанием в их потомстве девочек. Детородная функция женщин в горах (данные относятся к высоте 2010 м) сохраняется нормальной, но половое созревание у девушек несколько задерживается, примерно на 2 года.

Система крови

Кратковременная высокогорная адаптация сопровождается рядом адаптивных изменений со стороны крови. Прежде всего происходит ее перераспределение в организме – мобилизация из депо (селезенки, печени и т. п.) и поступление в жизненно важные органы – мозг и сердце. Вместе с тем повышается дыхательная поверхность крови. К такого рода реакциям относятся прежде всего увеличение количества гемоглобина и эритроцитов, стимуляция красного кроветворения в костном мозге. Усиление красного кроветворения обеспечивается повышенным образованием основных стимуляторов эритропоэза.

Сдвиги со стороны белой крови в условиях высокогорья носят фазовый характер. Первоначально развивается умеренно выраженный нейтрофильный лейкоцитоз, в последующем – лейкопения, иногда и лимфоцитоз. Механизм ранних изменений белой крови связывают с реакцией организма на стресс, а также со сдвигами гемонцентрации и выбросом депонированной крови. В дальнейшем, когда стресс-реакция сглаживается, начинают преобладать влияния других факторов, вследствие чего увеличивается число лимфоцитов. Возможно, это обусловлено иммунологическими перестройками.

Условия высокогорья сказываются на тромбоцитопоэзе, показателях свертывающей и противосвертывающей систем крови, ее белковом спектре, на активности ряда ферментов, в частности ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах. Однако все сдвиги коагулирующих свойств крови нельзя свести непосредственно к адаптивным. Они могут быть проявлением функциональных изменений со стороны вегетативной нервной системы.

В условиях хронической гипоксии одной из основных адаптивных реакций организма, способствующих увеличению транспорта O_2 к тканям, является повышение кислородной емкости крови (адекватное величине гипоксического воздействия).

При длительной адаптации людей в условиях высокогорья количество эритроцитов и гемоглобина заметно превышает равнинные нормы. Характер этих изменений зависит от высоты, сроков адаптации. Он неодинаков в различных высокогорных районах. Показателем усиленного эритропоэза является высокий ретикулоцитоз. Полагают, что гипоксия непосредственно стимулирует костно-мозговое кроветворение.

Следует отметить, что у людей, долгие годы адаптирующихся в горах, показатели красной крови находятся на более высоком уровне, чем у аборигенов соответствующих местностей.

Количество лейкоцитов по мере увеличения сроков высокогорной адаптации изменяется мало.

Концентрация сывороточных белков в процессе длительного пребывания в горах возрастает, альбуминово-глобулиновый коэффициент снижается.

Динамика сдвигов коагулирующих свойств крови на разных высотах неодинакова.

Сердечно-сосудистая система

Наиболее существенными приспособительными реакциями, способствующими повышению транспорта кислорода к тканям при развитии острой кислородной недостаточности, являются увеличение минутного объема крови (МОК), повышение скорости кровотока и его перераспределение, в результате чего возрастает кровоснабжение органов, высокочувствительных к гипоксии, в первую очередь головного мозга, а также органов в состоянии гиперфункции – сердца и легких.

В ранние сроки высокогорной адаптации реакции сердечно-сосудистой системы в основном обусловлены повышением активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Увеличивается частота сердечных сокращений, минутный объем кровообращения. При этом МОК возрастает за счет увеличения как темпа сердцебиений, так и систолического (ударного) объема крови. В дальнейшем эти показатели возвращаются к исходному уровню или даже снижаются.

В период кратковременной высокогорной адаптации возрастает и объем циркулирующей крови. Первоначально его увеличение происходит благодаря рефлекторному выбросу крови из депо, а позже – вследствие усиления кроветворения и нарастания массы эритроцитов.

Уровень артериального давления (систолического, диастолического и среднединамического) в первые дни адаптации несколько повышен. Если изменения систолического артериального давления вызваны в основном приростом МОК, то увеличение диастолического обусловлено повышением тонуса периферических артерий. Возрастает линейная скорость кровотока в сосудах. Продолжительное пребывание в условиях высокогорья приводит к развитию артериальной гипотонии.

Исследования показали снижение венозного давления у людей в первые дни пребывания на высотах 3200–3600 м. Полагают, что это вызвано парадоксальной дилатацией емкостных сосудов большого круга в ответ на симпатическую стимуляцию.

При развитии острой гипоксии закономерно повышается давление крови в малом круге кровообращения. Возможные причины легочной гипертензии делят на четыре группы:

1) рефлекторный путь;

2) вазоактивные вещества, включая водородные ионы;

3) химические медиаторы;

4) прямое действие гипоксии на гладкую мускулатуру легочных сосудов (через концентрацию АТФ или ионов Ca^{+2}).

Повышение давления в легочной артерии было отмечено и при хронической гипоксии. Этот факт имеет большое значение, так как определяет повышенную

функциональную нагрузку на «правое сердце», что является причиной гипертрофии правого желудочка.

Одной из важных приспособительных реакций людей к острой и хронической гипоксии является увеличение кровотока через сосуды мозга – органа, наиболее чувствительного к гипоксии.

Физиологические механизмы, определяющие рост кровотока через мозговые сосуды при гипоксии, изучены недостаточно. Полагают, что уровень кровоснабжения мозга неразрывно связан с метаболическим запросом мозговой ткани в O_2. *Ингвар* рассматривает кровоснабжение мозга как функцию метаболического контроля за миогенной ауторегуляцией сосудов, которая осуществляется через ΔpH экстрацеллюлярной жидкости. С этой точкой зрения могут быть согласованы и результаты многих исследований, в которых было установлено сосудорасширяющее влияние на мозговые сосуды различных химических веществ, продуктов метаболизма, образующихся в избыточных количествах при развитии гипоксии.

Определенную роль в повышении уровня мозгового кровообращения играют рефлексы с хеморецепторов синокаротидных и аортальных зон.

Таким образом, в основном расширение мозговых сосудов при развитии гипоксии определяет гуморальная регуляция. Нейрорефлекторная же регуляция играет в этом определенную, но, по-видимому, второстепенную роль.

Было обращено внимание, что увеличению мозгового кровотока при гипоксической гипоксии в определенной мере препятствует гипокапния, неизбежно сопровождающая эту форму кислородного голодания вследствие развития непроизвольной гипервентиляции. Роль гипокапнии в механизме изменения мозгового кровообращения следует учитывать при оценке индивидуальной устойчивости к острой гипоксии, так как, вероятно, у некоторых людей с повышенной чувствительностью к гипокапнии ее возникновение в условиях гипоксии может быть причиной срыва адаптивной дилатации сосудов мозга с последующим проявлением расстройств мозгового кровообращения.

Увеличение коронарного кровотока отмечено при развитии как острой, так и хронической гипоксии.

Физиологический механизм, определяющий его рост, достаточно сложен. При острой гипоксии следует отметить такие экстраваскулярные факторы, как усиление работы сердца и обусловленное этим увеличение перфузии коронарных сосудов, а также связанную с этим прямую реакцию сосудистой стенки на повышение ее растяжения. Определенное значение в механизме дилатации коронарных сосудов при гипоксии придают механическому фактору – росту интенсивности сердечных сокращений. Важную роль в генезе роста коронарного кровообращения при гипоксии играет активация симпатоадреналовой системы. Полагают, что этот механизм является пусковым.

Существенное значение в регуляции коронарного кровообращения при гипоксии придают местным метаболическим реакциям. Они определяют формирование сигнала, указывающего на рассогласование между уровнем коронарного кровотока и метаболической потребностью миокарда в O_2.

В процессе адаптации к хронической гипоксии метаболическое обеспечение сердца O_2 приводит к структурным сдвигам в организме, одним из проявлений которых является повышенная васкуляризация сердца. Отмечено возрастание концентрации миоглобина и количества митохондрий в миокарде.

Система дыхания

При развитии кислородного голодания, возникающего в результате снижения парциального давления pO_2 во вдыхаемом воздухе, происходят существенные сдвиги всех основных параметров дыхания. Различные механизмы влияния гипоксии на организм человека представлены в виде обобщенной схемы на рисунке 2.5.

Рис. 2.5. Обобщенная схема механизмов влияния гипоксии на организм человека *(по: В. Б. Малкин и др., 1977)*

Изменяется внешнее дыхание, изменяются условия, определяющие диффузию газов и транспорт O_2 к тканям, могут происходить сдвиги и в самом тканевом дыхании.

Одной из важнейших адаптивных реакций как при острой, так и при хронической гипоксии является рост легочной вентиляции. Исследования показали, что вентиляция легких начинает увеличиваться уже на высоте 1000 м над уровнем моря. Это происходит в основном благодаря углублению дыхания. Частота дыхания изменяется незакономерно. Следует отметить, что у различных людей при развитии острой гипоксии величина pO_2, при которой происходит начальный рост МОД, широко варьирует. Вместе с тем установлено, что у большинства здоровых людей достоверное увеличение МОД отмечается, начиная с высот 2500–3000 м.

Известно, что повышенная легочная вентиляция улучшает газообмен в плохо вентилируемых альвеолах и способствует росту парциального альвеолярного давления кислорода p_AO_2. Отсюда ясно, что при высоких уровнях вентиляции градиент намного меньше давления O_2 в альвеолах и в трахее, чем при низких уровнях легочной вентиляции. Выигрыш в градиенте давления O_2 имеет решающее значение для высокогорной адаптации, так как позволяет поддерживать в условиях данной атмосферы максимально возможное pO_2 в альвеолах.

Рост легочной вентиляции при развитии острой гипоксии сопровождается быстрой перестройкой нейрогуморальной регуляции дыхания. При этом исследования показали, что автоматическая перестройка дыхания не является оптимальной. Как правило, уровень вентиляции бывает ниже того, который необходим для более эффективного снабжения организма O_2 в новых условиях обитания.

Что же препятствует развитию гипервентиляции при гипоксии? На этот вопрос *Холден* и *Пристли* (1937) однозначно ответили еще в начале столетия. Они объясняли это развитием гипокапнии – падением p_A CO_2, которое неизбежно сопровождает гипервентиляцию.

На высотах более 3000 м ритм дыхания может нарушаться и возникает так называемое **периодическое дыхание.** Оно проявляется чаще ночью, во время сна. При этом происходит снижение легочной вентиляции, влекущее за собой еще большее падение насыщения крови O_2. Существуют разные мнения относительно механизма возникновения периодического дыхания.

Появление выраженных нарушений ритма дыхания в начальный период пребывания в горах свидетельствует о том, что устойчивая высокоэффективная адаптация к гипоксии еще не достигнута.

Возникновение периодического дыхания при хронической гипоксии расценивают как неблагоприятный фактор, так как оно часто отмечается у лиц, недостаточно адаптированных к гипоксии.

Многие исследователи отмечают уменьшение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) как при острой, так и при хронической гипоксии. Снижение ЖЕЛ сопровождается изменением всех составляющих ее компонентов: резервные объемы вдоха и выдоха уменьшаются, дыхательный же объем возрастает.

Большой интерес представляют данные *К. Ю. Ахмедова* о том, что после возвращения с гор функциональный остаточный объем легких в течение многих дней остается повышенным. Увеличение остаточного объема легких при гипоксии принято связывать с повышением тонуса мышц, осуществляющих вдох, в результате которого изменяется среднее положение грудной клетки. 0но приближается более к вдоху, что приводит к увеличению объема легких при нормальном дыхании. Увеличение среднего объема легких было названо функциональной или физиологической эмфиземой. Ее возникновение при гипоксии имеет определенное адаптивное значение. Физиологическая эмфизема способствует более равномерной перфузии и вентиляции легких, а также увеличению дыхательной поверхности легких, и тем самым увеличивает рост диффузионной способности легких. Кроме того, ее возникновение приводит к демпфированию выраженных колебаний насыщения артериальной крови O_2 в различные фазы дыхания, и в результате этого условия регуляции дыхания оказываются более благоприятными.

В результате следует отметить, что порог реакции дыхания, равно как и степень роста легочной вентиляции, при гипоксии варьирует у различных людей в широком диапазоне. Это весьма существенно, так как определяет значительные индивидуальные колебания при гипоксии альвеолярного p_a CO_2, p_a O_2 и артериального p_a CO_2, p_aO_2 парциального давления газов, а также S_a O_2. В результате индивидуальных колебании на одной и той же высоте при равном снижении pO_2 во вдыхаемом воздухе у различных практически здоровых людей уровень гипоксемии и уровень гипокапнии оказываются неодинаковыми. В процессе длительной адаптации к гипоксии происходит приспособление и к гипокапнии. При этом отмечается тенденция к росту p_A O_2, т. е. к сохранению более высокого уровня кислородного снабжения организма. Индивидуальное многообразие проявления адаптивных сдвигов системы дыхания при гипоксии обусловлено многими факторами: индивидуальными особенностями нервной регуляции дыхания; различной чувствительностью хеморецептивных образований и самого дыхательного центра к изменениям p_a CO_2 и p_a O_2. Процесс адаптации системы дыхания к гипоксии внутренне противоречив. Этим и определяются неодинаковая устойчивость различных людей к острой гипоксии и некоторые индивидуальные различия в структуре адаптации к хронической форме кислородного голодания.

Горная болезнь. При постепенно развивающейся гипоксии реакции систем носят вначале приспособительный характер. 0днако в дальнейшем, при нарастании кислородной недостаточности, появляются серьезные патологические сдвиги. Человек заболевает горной болезнью.

Горную болезнь подразделяют на острую, подострую и хроническую.

• **Острая форма.** Симптомокомплекс, характеризующий острую форму горной болезни, наблюдается при быстром перемещении людей на большие горные высоты. Высотный уровень, на котором впервые появляются признаки горной болезни, бывает различным, но у большинства синдромы острой формы отмечаются начиная с 3000 м.

К наиболее частым признакам этой формы относят головную боль, одышку, побледнение кожного покрова лица, цианоз губ, ногтей, выраженную слабость, анорексию, тошноту и рвоту, нарушение сна с тяжелыми сновидениями, расстройство ритма дыхания, сходное с дыханием Чейн-Стокса. Эти и другие симптомы обычно проявляются не сразу, а спустя несколько часов после быстрого подъема в горы.

• **Подострая форма.** Характеризуется симптомами, более устойчивыми (более длительно проявляющимися) по сравнению с симптомами острой горной болезни. Одним из признаков является расстройство ночного сна – от легких нарушений до почти полной утраты способности спать. Причину бессонницы многие связывают с нарушением ритма дыхания. При этой форме горной болезни наблюдаются головная боль, состояние депрессии, чрезмерная раздражительность, повышенная утомляемость, резкая одышка, анорексия. Нарушения со стороны системы пищеварения проявляются в непереносимости жирной пищи и метеоризме. Часто отмечается кожный зуд.

• **Хроническая форма.** Существенная ее черта – чрезмерное проявление адаптивных сдвигов в системах, испытывающих в условиях гипоксии гиперфункцию, морфологическим проявлением чего являются гиперплазия красного костного мозга с резко выраженной полицитемией, резкая гипертрофия правого желудочка с клиническим проявлением синдрома легочного сердца, гиперплазия мышечных стенок артериол и бронхиальной ткани, каротидных телец и т. д.

Важный диагностический признак горной болезни – почти полное исчезновение всех нарушений после спуска с высоты. Наиболее опасными осложнениями горной болезни являются высотный отек легких и отек мозга.

Признаком надвигающегося отека легких служит одышка. Дыхание становится шумным и клокочущим. Появляется кашель. Важную роль в развитии отека легких играет возникновение гипертензии сосудов малого круга кровообращения. Его возможными причинами считают трансартериальный выход жидкой части крови в дыхательные пути под влиянием повышенного легочного артериального давления, увеличение проницаемости легочных капилляров, рост объема циркулирующей крови в организме, микротромбозы сосудов малого круга.

Основное средство лечения высотного отека легких – немедленный спуск вниз и кислородная терапия, иногда в условиях гипербарии в целях улучшения насыщения крови O_2.

Помимо отека легких, на больших высотах в течение нескольких часов может развиваться острый отек мозга. Симптомами этого менее распространенного, но крайне

опасного осложнения горной болезни, развивающегося уже на высотах 3600–4000 м, являются вначале сильная головная боль, иногда рвота, расстройство координации движений, возникновение слуховых и зрительных галлюцинаций, а затем нарушение и потеря сознания, после чего может развиться паралич, кома и наступить смерть. Причиной отека мозга является нарушение проницаемости клеточных мембран при гипоксии в результате снижения эффективности калий-натриевого насоса, связанного с дефицитом АТФ.

Для лечения отека мозга необходимы срочный спуск с высоты, кислородная и лекарственная терапия.

Морфофункциональные особенности коренных жителей высокогорья. В процессе длительной адаптации к недостатку кислорода организм коренных жителей высокогорья приспособился энергетически более экономно осуществлять газообмен. Равномерность альвеолярной вентиляции всех долей легкого, оптимальные режимы вентиляционно-перфузионных отношений и высокие диффузионные способности альвеол позволяют аборигену гор менее интенсивно вентилировать легкие. Большая кислородная емкость крови и высокое сродство гемоглобина к кислороду создают условия для умеренной активности сердечно-сосудистой системы. Необходимый запрос организма по кислороду удовлетворяется за счет лучшей утилизации O_2 в тканях благодаря более эффективной организации биофизических механизмов клеточного метаболизма.

Из морфологических характеристик у коренных жителей гор указывают на обусловленное повышенным основным обменом более массивное телосложение. Крупная грудная клетка сочетается с более высокой жизненной емкостью легких. Относительное увеличение длинных костей скелета связывают с гипертрофией костного мозга, которая соотносится с повышенным эритропоэзом.

Для большинства высокогорных популяций характерно замедление ростовых процессов и сроков полового созревания.

Перечисленный комплекс наследственно закрепленных морфо-функциональных черт определяют как **высокогорный адаптивный тип,** сформировавшийся в результате приспособления поколений людей к основному внешнему фактору – гипоксии.

2.3.5. Адаптация человека к условиям морского климата

Морской климат характеризуется относительно малой изменчивостью температуры воздуха в течение года и суток, определенными ветровыми и влагообразующими режимами, а также влиянием химических свойств морской воды на воздушные массы. Под влиянием энергии Солнца огромные массы воды, испаряясь, поступают в атмосферу. Вместе с ними в воздух попадают газы и соли морской воды. При этом образуются аэрозоли и свободные положительные заряды (аэроионы). Морской воздух, кроме обычных газов (включая кислород с несколько увеличенным количеством озона), содержит повышенное количество влаги в молекулярном и зольном состоянии, а также кристаллы морской соли. Морские аэрозоли содержат NCl, KCl, $MgCl_2$, NBг, $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCO_2$, $MgCO_3$ и др. 0ни постоянно образуются, осаждаются и окисляются. Наибольшее количество аэрозолей находится над водой и вблизи береговой линии. В 1 $м^3$ прибрежного морского воздуха содержится от 1 до 10 мг и более NCl и других солей, соответствующих минеральному составу морской воды, от 0,001 до 0,02 мг и более соединений иода и брома. Качественный состав морских аэрозолей варьирует в зависимости от метеорологических условий и химического состава вод различных морей.

Концентрация химических веществ возрастает при волнении моря прямо пропорционально скорости движения воздуха.

Морской климат может быть подразделен на климат морей холодного, умеренного и жаркого пояса. На него оказывают влияние климатические условия прилегающей суши.

• **Климат морей холодных зон Земли** несколько мягче сурового климата континентов, но низкие температуры воды, холодные сырые соленые ветры, нередкие штормы создают своеобразие этих мест. Климатические факторы холодных морей сочетаются с суточными и сезонными особенностями светового режима, ультрафиолетовой недостаточностью в темное полугодие и повышенной космической радиацией высоких широт.

• **Климат морей умеренных широт** в значительной степени определяется влиянием Атлантического и Тихого океанов. В зоне широт 40–60° в обоих океанах Северного полушария средняя температура августа +22 и +8 °С соответственно. В феврале в Атлантическом океане + 15-0 °С, в Тихом – от +10 до -10 °С. В Западной Европе и Северной Америке в зоне умеренных широт отчетливо преобладает перенос на материк морских воздушных масс.

• **Климат морей жаркой зоны Земли** представлен пассатным климатом, который отличается сравнительно высокой температурой воздуха, устойчивыми направлением и скоростью ветра, умеренной облачностью и малым количеством осадков. Эти восточные ветры тропических широт распространяются на большие пространства, особенно над океаном, по обращенным к экватору периферия субтропических антициклонов.

В некоторых географических областях выражен муссонный климат, который характеризуется сезонным режимом воздушных течений. Зимние муссоны, как правило, направлены с суши на океан (континентальный муссон), а летние – с океана на сушу (океанический муссон). Со сменой муссонов происходит смена сухой малооблачной погоды зимой на влажную дождливую – летом. Муссонная циркуляция воздуха связана с солнечно-тепловым режимом больших территорий морей и суши.

Адаптация человека к условиям морского климата по своему характеру не является однозначной. 0на определяется разнообразием физических свойств климатообразующих факторов различных географических поясов земного шара, а также химическими свойствами морского воздуха.

Адаптация к морскому климату высоких широт. Ведущее значение в этом случае приобретают факторы охлаждения, длительной световой и ультрафиолетовой недостаточности и повышенной космической радиации. Начальный период адаптации сопровождается усилением физиологических реакций. Вдыхание прохладного, резко увлажненного воздуха, повышенный ветровой режим, ощущение пронизывающего холода оказывают раздражающее действие на гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую и симпатоадреналовую системы. Это вызывает гипертензивное состояние и усиление обмена веществ. Так, основной обмен может повышаться до 100–150 %. Со стороны крови отмечено увеличение количества эритроцитов, некоторое падение, а затем выравнивание индекса гемоглобина. Проявляется небольшой лейкоцитоз и лимфоцитоз, эозинофилия и умеренный нейтрофильный сдвиг. Процесс адаптации часто сопровождается невротическими реакциями. По мере адаптации ответные реакции уменьшаются. Исследователи отмечают большую вариабельность в показателях физиологических функций, которая, однако, не исключает общей направленности реакций на климат

холодных морей. В высоких широтах возрастает потребность в увеличении калорийности пищи.

Адаптивные реакции в морской зоне умеренных широт. Характер приспособлений постоянно меняется соответственно сезонам года. Адаптация к комфортным или субкомфортным условиям морского климата умеренного пояса сопровождается физиологическими и биохимическими сдвигами в организме, которые наиболее отчетливо проявляются в первые дни и недели пребывания у моря. В это время основной обмен повышается на 10–20 % от исходных величин. При этом усиливается водный и солевой обмен. В пределах физиологической регуляции повышается диурез и гидрофильность тканей. 0рганизм обогащается иодом и бромом, что имеет жизненно важное значение. Происходит интенсификация фосфорно-кальциевого обмена и ферментативных процессов. 0бычно начальный период адаптации к морскому климату сопровождается положительными эмоциями, некоторой расторможенностью. Усиливаются функции вегетативной нервной системы. Активизируются гипофизарно-адреналовая, кортикостероидная функции и деятельность щитовидной железы.

Активация нервно-гуморальной регуляции и обменных реакций сопровождается усилением деятельности кардиореспираторной системы, сократительной функции миокарда и улучшением коронарного кровообращения, повышением ударного и минутного объемов сердца, увеличением числа функционирующих капилляров кожи и некоторым ускорением тока крови, небольшим снижением артериального давления. Увеличивается легочная проходимость и дыхательный объем легких. Активизируется газообмен с последующим ростом утилизации кислорода тканями. Под влиянием морского воздуха повышается тонус скелетной мускулатуры.

Адаптация к морским условиям низких широт. В этих областях преобладают факторы высоких температур и избыточности ультрафиолетовой радиации. Реакции организма в условиях тропического и субтропического морского климата в основном направлены на приспособление к этим факторам. Умеренно жаркие погоды, особенно в начальном периоде адаптации, несколько снижают уровень окислительно-восстановительных процессов и симпатико-адреналовой регуляции. Проявляются атонические, гипотензивные состояния.

Жаркий влажный воздух, затрудняя охлаждение тела через потовыделение, вызывает значительное расширение периферических сосудов, в результате чего увеличивается нагрузка на деятельность сердца. В случаях роста внешней температуры выше температуры тела создается значительное напряжение терморегуляционных механизмов. Исключительно жаркие погоды могут вызвать стрессовое состояние с активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, с усилением дыхания, кровообращения при условии резкого расширения периферических сосудов тела.

Адаптация к условиям жаркого климата тропических морей обычно сопровождается у большинства здоровых людей увеличением минутного объема крови за счет роста ударного объема или частоты сердечных сокращений. Снижение тонуса периферических сосудов приводит к снижению максимального и минимального артериального и венозного давления. Вместе с тем условия перегревания способны вызвать не только гипотензивные, но и гипертензивные реакции, а также нарушения кровообращения.

Исследователи отмечают определенное разнообразие в проявлении индивидуальных реакций приспособления к климату морей низких широт. При этом в

начальный период адаптации преобладающее влияние оказывает симпатическая нервная система, а в дальнейшем – парасимпатическая. Возрастает потребность в восполнении водно-минерального дефицита и появляется необходимость в изменении режима питания в соответствии с жарким климатом.

Муссонный климат в прибрежных районах вызывает разнонаправленные реакции приспособления: зимой – к сильным морозам, а летом – к жарким и влажным погодам.

В период зимних муссонов у человека увеличивается обмен веществ и слегка – температура тела и потребление O_2. Усиливается тонус симпатической нервной системы и кровеносных сосудов. Повышается артериальное давление. Активизируется кроветворение (эритроцитоз, лейкоцитоз, нейтрофилез, моноцитоз).

В летний муссон снижены основной обмен, температура тела, потребление O_2, тонус кровеносных сосудов и артериальное давление. Повышен тонус парасимпатической системы. Количество эритроцитов и их осмотическая стойкость несколько уменьшены. Появляются признаки лейкопении.

Приморские районы с благоприятными климатическими условиями широко используются в лечебных и профилактических целях. Многочисленные исследования показали, что в оздоровляющем действии морского климата, кроме природных условий, существенное значение имеют реакции адаптации. 0ни проявляются как при смене климатических условий, так и при использовании климатозакаливающих и климатолечебных процедур (гемо-, аэро-, бальнеотерапии). Именно тренировки адаптации через стимуляцию нейроэндокринной и иммунобиологической реактивности приводят к повышенной резистентности организма.

Глава 3. Адаптация человека к экстремальным условиям среды

Бороться и искать, найти и не сдаваться.

А. Теннисон. Улисс

Эти строки выбиты на памятнике в Антарктиде над могилой Роберта Скотта и его товарищей, покоривших Южный полюс 18 января 1912 года

Погружаясь в глубины морей, поднимаясь в воздушный океан, проникая в космос, осваивая труднодоступные районы земного шара, человек попадает в необычные условия существования, к восприятию которых его психофизиологическая организация не была подготовлена ни в процессе филогенеза, ни в процессе онтогенеза. Вот почему пребывание в необычных условиях поставило на повестку дня серьезную теоретическую проблему: насколько и каким образом психофизиологическая организация человека может обеспечить адекватное восприятие реальной действительности в условиях, к которым она не была приспособлена в процессе своего развития? Решение этого вопроса имеет не только теоретическое, мировоззренческое значение, но и очень важно в практическом плане.

В новых природных и производственных условиях люди нередко испытывают влияние необычных факторов окружающей среды, оказывающих неблагоприятное влияние на их общее состояние, самочувствие и работоспособность. Такого рода факторы принято относить к разряду экстремальных. Несмотря на широкое распространение этого

термина, точного и обобщающего определения, отражающего основные характеристики такого рода факторов, в литературе не имеется.

Экстремальные факторы – это крайние, весьма жесткие условия среды, неадекватные врожденным и приобретенным свойствам организма.

По мнению *П. Д. Горизонтова* и *Н. Н. Сиротинина,* экстремальными следует считать необычные раздражители, оказывающие вредоносное воздействие на организм, в необычных условиях среды. Некоторые авторы относят к экстремальным такие условия среды, пребывание в которых ведет к дополнительным затратам энергии, к расходованию резервных сил организма.

От прочих раздражителей внешней среды экстремальные воздействия могут отличаться интенсивностью (силой), социальной или биологической значимостью, новизной или специфичностью воздействия на организм. Провести четкую границу между обычными и экстремальными факторами среды не представляется возможным. Одни и те же факторы в одно и то же время для одних индивидуумов могут являться обычными, для других – экстремальными. Различия определяются не только спецификой раздражителей, но и свойствами организма.

3.1. Экстремальное состояние

В последние годы в литературе по физиологическим наукам отчетливо выявилась тенденция к толкованию такого понятия, как экстремальное состояние. Появление подобного состояния у человека обычно связывают с действием на организм различных факторов естественной или искусственной внешней среды, носящих крайний или максимальный характер. Экстремальное состояние связывают также с максимальной напряженностью физиологических функций, истощением или исчерпанием физиологических резервов, срывом адаптационных процессов и т. д. Терминология с таким пониманием экстремального состояния широко используется в литературе, особенно в последние 2–3 десятилетия, в период бурного технического прогресса, ознаменовавшегося освоением новых сырьевых ресурсов и разработкой современных технологий, принесших человеку не только благополучие, но и дополнительные факторы внешнего воздействия, со многими из которых он раньше не встречался.

В литературе пока нет четких формулировок, определяющих экстремальность состояния организма, не проанализированы причины, условия и механизмы возникновения такого состояния, не разработаны критерии его оценки. Все эти вопросы еще должны стать предметом глубоких аналитических и экспериментальных исследований, начиная с определения понятий и разработки теории об экстремальных состояниях и заканчивая созданием комплексной системы прогнозирования состояния человека в различных условиях его деятельности.

И. Т. Демченко (1994) предлагает использовать **разные подходы к определению понятия экстремального состояния.**

1. Один из них исходит из того, что формирование такого состояния определяется в основном спецификой внешних раздражителей. При этом многочисленные факторы окружающей среды, действующие на организм и вызывающие соответствующие реакции, разделяются на адекватные и неадекватные врожденным и приобретенным свойствам организма. При изменениях адекватных условий среды организм приспосабливается к своему существованию за счет механизмов срочной и долговременной адаптации.

Факторы, неадекватные гено– и фенотипическим свойствам организма, представляют собой крайние, весьма жесткие условия среды, при которых не полностью реализуются адаптационные возможности организма, либо отсутствует всякая возможность адаптации в силу высокой интенсивности фактора, его новизны и специфичности действия. Отсюда и возникло понятие об экстремальных факторах среды, которые предъявляют организму требования, превышающие его физиологические возможности.

В качестве критериев экстремального состояния могут выступать такие показатели, как уровень функционирования, степень напряжения и функциональный резерв физиологических систем.

• Под **уровнем функционирования** обычно понимают относительно стабильную величину специфических реакций, обусловленную природой раздражителя и свойствами системы. При оценке уровня функционирования используются показатели интегративной деятельности отдельных систем, например ударный и минутный объем крови, объем легочной вентиляции, потребление кислорода, мышечная сила, скорость психомоторных актов и др. При этом важное значение приобретает оценка градаций в изменениях каждого показателя, необходимая для распознавания переходов с одного уровня функционирования на другой. Так как величина реакции или активность системы тесно связаны с деятельностью местных и центральных механизмов управления, можно полагать, что уровень функционирования физиологических систем зависит от степени централизации управления. Чем сильнее действие центрального механизма управления на местный, тем выше уровень функционирования системы в целом. Экстремальные состояния характеризуются максимальной централизацией управления, что является вынужденной мерой для сохранения целостности и выживания организма в неадекватных его существованию условиях внешней среды.

• **Степень напряжения** регуляторных механизмов определяется как величина затрат вещества, энергии и информации, необходимых для поддержания заданного уровня функционирования физиологической системы. Защитно-приспособительная деятельность целостного организма при смене условий окружающей среды представляет собой непрерывно следующие друг за другом переходные процессы, которые требуют для своей реализации определенного напряжения механизмов регуляции. Степень их напряжения при разных состояниях определяется текущим уровнем функционирования, характером воздействия внешних факторов и особенностями комплекса нервно-гуморальных реакций организма. Уже при нормальной жизнедеятельности человека требуется определенная степень напряжения регуляторных механизмов. Производственные, социальные и психологические нагрузки требуют более высокого уровня функционирования и более высокой степени напряжения систем управления. Воздействие экстремальных факторов требует соответственно реализации максимального напряжения регуляторных механизмов.

• **Функциональный резерв** определяется как готовность или способность организма или органа выполнить заданную деятельность с минимальным напряжением регуляторных механизмов и количественно характеризуется как разность между максимально достижимым уровнем специфической функции и уровнем этой функции в условиях физиологического покоя.

2. Вышеуказанные критерии не полностью определяют состояние организма при всех разнообразных условиях, поэтому была предложена иная концепция с более общими оценочными критериями, согласно которой все состояния человека, возникающие под действием факторов среды, разделяются на две группы:

– состояние адекватной стабилизации;

– состояние динамического рассогласования.

Первое из указанных состояний характеризуется полным соответствием степени мобилизации и напряжения функций требованиям, предъявляемым конкретными условиями. В случае нарушения адекватной мобилизации под влиянием внешних и внутренних факторов возникает состояние динамического рассогласования, когда ответ организма неадекватен нагрузке или же требуемый адекватный ответ превышает физиологические возможности организма.

Определение понятия экстремального состояния должно базироваться как на использовании оценочных критериев такого состояния, так и на причинах и условиях его возникновения. Общие подходы к определению рассматриваемого состояния представлены в работах *В. В. Парина, В. П. Казначеева, О. Г. Газенко, В. И. Медведева, Р. М. Баевского, Ф. З. Меерсона* и др.

Действие факторов внешней среды на организм является одним из непременных условий возникновения экстремального состояния. Однако очевидно, что формирование такого состояния включает в себя ряд стадий, на которых организм пытается приспособиться к новым для него условиям путем изменения функций отдельных систем и напряжения соответствующих регуляторных механизмов. Другое дело, что гомеостатические нарушения в организме, возникающие под действием экстремальных факторов, в одном случае могут компенсироваться за счет максимального напряжения функций, а в другом полная компенсация не достигается или вообще невозможна. Тем не менее при всех названных условиях организм предпринимает попытки восстановить развившиеся гомеостатические нарушения путем включения различных защитных и приспособительных механизмов. Сказанное дает основание заключить, что экстремальные состояния следует рассматривать как следствие полностью нереализованных приспособительных реакций, а механизмы развития такого состояния необходимо рассматривать с общих позиций адаптивных процессов в организме.

3.2. Этапы адаптации

Начальный этап развития рассматриваемого состояния связан со стресс-реакцией, обозначенной *Гансом Селье* как общий адаптационный синдром, основной смысл которого состоит в мобилизации энергетических и структурных ресурсов организма.

Важно при этом отметить, что стресс не только мобилизует резервные возможности организма, но и играет действенную роль в формировании специфических реакций различных органов за счет усиления их функций, эффективно реагирующих на конкретные факторы среды. Стресс-реакция может быть ведущей в развитии экстремального состояния, и особенно в тех случаях, когда действующие на организм факторы носят чрезвычайный характер, а специфические механизмы срочной и долговременной адаптации не формируются.

На начальных этапах пребывания организма в экстремальных условиях приспособление к ним осуществляется за счет компенсаторных механизмов как первичных рефлекторных реакций, направленных на устранение или ослабление гомеостатических сдвигов, вызванных жесткими параметрами среды. Обладая высокой эффективностью, такие реакции могут поддерживать необходимый уровень гомеостаза до развития устойчивых форм адаптации. Однако уже в этой ситуации организм находится в

состоянии напряжения, которое может перейти в декомпенсацию с последующим развитием патологических процессов.

И наконец, формирование механизмов долгосрочной адаптации к жестким факторам среды «не страхует» организм от развития экстремального состояния, особенно в условиях пролонгированного действия факторов, изменений их интенсивности и истощения физиологических резервов организма.

Следовательно, экстремальное состояние может развиваться на фоне различных форм адаптационных процессов как следствие исчерпания их возможностей и неспособности реализовать жесткие требования, предъявляемые организму факторами внешней среды.

Физиологической мерой воздействия условий окружающей среды является возможность адаптации организма к этим условиям. Если существует множество разнообразных по своим свойствам экстремальных раздражителей во внешней среде, значит, существует и множество разнообразных путей, механизмов их влияния на живые системы.

Физиологические механизмы реакций человеческого организма на экстремальные условия среды традиционно исследуют в трех направлениях. Как правило, оценивают:

– функциональное состояние;

– физиологические резервы организма;

– индивидуальные тенденции развития адаптационного процесса.

Названные аспекты являются основой для диагностики и прогнозирования функциональных возможностей организма, его работоспособности и отбора лиц для работы в экстремальных условиях. В результате такого отбора из группы людей выделяются кандидаты, которые при прочих равных условиях способны обеспечить наибольшую эффективность в выполнении стоящих перед ними задач, сохранить здоровье и надлежащий уровень работоспособности, а также безопасность производства окружающей сферы деятельности. Поэтому важным прогностическим критерием, оценивающим качество проведенного отбора, является высокий показатель степени допустимого риска в напряжении функциональных систем организма, выступающий как один из критериев надежности функционирования системы в целом. К сожалению, до сих пор среди исследователей нет единого мнения, какие критерии можно использовать при прогнозировании функционального состояния организма. Предлагаются разные группы **критериев надежности функционирования организма.**

1. *В. П. Грибняк и др.* из более чем 25 показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой, дыхательной систем и системы крови, отобрали 10 особенно информативных. Наибольшая прогностическая значимость была выявлена по показателям, отражающим упруговязкие свойства стенок сосудов эластического типа, уровня среднединамического АД и механической мощности сердца, щелочного резерва крови и концентрации гемоглобина, объема легочной вентиляции и др.

Но для целей массового отбора и динамического прогноза состояний человека в необычных условиях среды наиболее оптимальными все-таки являются критерии на основе сердечно-сосудистой системы. При этом ведущее место занимают критерии,

разрабатываемые на основе изучения сердечного ритма. По-видимому, особую роль здесь играет тот факт, что сама частота пульса несет большую и объективную информацию о состоянии организма. Важно отметить, что изучение частоты сердечных сокращений стало обширным полигоном применения математических методов, дающих возможность получать прогностическую информацию о физиологических процессах. Значительное количество работ в этом плане указывает на перспективность данного направления.

При оценке и прогнозировании функционального состояния организма некоторые исследователи рекомендуют использовать показатели функциональной асимметрии полушарий мозга. Изучение особенностей мозговой нейродинамики медленного волнового диапазона, так называемых сверхмедленных колебаний, открывает новые возможности для оценки и прогнозирования функционального состояния человека.

Поиск простых общедоступных методов прогнозирования функционального состояния организма – важная проблема медико-биологической прогностики. При этом имеет значение не только простота проведения исследований, но и применимость методов при массовой диспансеризации и донозологической диагностике с характеристикой информативности используемых методик, объективно отражающих функциональное состояние организма. Конечной целью исследований должна быть разработка таблиц, номограмм или компьютерных программ, которые позволят в короткое время вычислять физиологические резервы, прогнозировать уровень работоспособности и на основе этого строить оценку состояния организма при перемещении его в экстремальные условия среды.

2. *Н. И. Моисеева* и *А. С. Сурков* предложили 10 критериев, позволяющих оценить физиологические резервы организма:

– индивидуальные пределы физиологических напряжений;

– стабильность функциональных ответов организма на тестовые воздействия;

– оценка пропорциональных отношений и взаимосвязанных признаков;

– конституциональные;

– основанные на оценке числа и резистентности эритроцитов;

– оценка функциональных возможностей ЦНС по динамике медленного электрического потенциала;

– оценка пластичности нейродинамических процессов;

– биоритмологические;

– энергетических возможностей организма;

– прогнозирование функциональных возможностей ЦНС человека-оператора, основанное на оценке объективности и продуктивности познавательной деятельности.

С. И. Сороко показал, что способность человека к адаптации в экстремальных условиях внешней среды определяется адаптивной пластичностью и устойчивостью нейродинамических процессов, отражающих свойства центральных механизмов

саморегуляции, их возможностью к направленным перестройкам функций соответственно потребностям организма в данных конкретных условиях. Автор полагает, что указанные свойства нервной системы в большинстве своем генетически детерминированы, что пластичность и устойчивость нейродинамических процессов относятся к основным индивидуально-типологическим свойствам нервной системы человека и могут быть одним из прогностических критериев адаптоспособности человека к экстремальным условиям внешней среды.

Эколого-физиологические аспекты индивидуально-типологических различий адаптации, с использованием физиологических (нервных, соматических, вегетативных), психологических и социометрических показателей, изучались *Н. Н. Василевским* (1991). Им предложено несколько вариантов индивидуально-типологических различий по критерию адаптивности: низко-, средне– и высокоадаптивные варианты.

Основными типологическими критериями являлись: пластичность биоритма функций, соотношение между специфическими и неспецифическими компонентами адаптационных реакций, работоспособность, заболеваемость и др., что позволило определить дополнительные подтипы, раскрывающие важные особенности реагирования на экстремальные факторы.

Пластичность функций является фундаментальным параметром, гибким элементом функциональных систем, определяющим кратко– и долгосрочные перестройки функций. Она рассматривается как механизм адекватных перестроек функций в процессе контакта с адаптогенными факторами.

3.3. Психофизиологическая адаптация

При значительном количестве работ в области авиационной, космической, морской и полярной психологии в них пока нет достаточно четкой характеристики экстремальных условий с позиций психического восприятия, а также исследований психогенного их воздействия. До сих пор не существует единой теории, которая бы охватывала особенности психической деятельности в конкретных формах необычных условий существования (космический и авиационный полет, плавание на подводной лодке, нахождение в полярной зоне). Отсутствие такой теории заметно тормозит решение задач, поставленных практикой освоения новых пространств.

Стержневой проблемой экстремальных условий является адаптация. Психическая адаптация в экстремальных условиях происходит поэтапно. Анализ этих этапов позволил выявить следующее. Независимо от того, предстоит ли человеку пройти испытание нервно-психической устойчивости в условиях сурдокамеры, или выполнить парашютный прыжок, или осуществить полет в космос и т. д., – во всех случаях четко выделяется «подготовительный этап». На этом этапе человек собирает сведения, позволяющие составить представление об экстремальных условиях, уясняет задачи, которые ему предстоит решать в этих условиях, овладевает профессиональными навыками, «вживается» в ролевые функции, отрабатывает навыки, обеспечивающие совместную операторскую деятельность, и устанавливает систему отношений с другими участниками группы.

Чем ближе наступление заранее известных экстремальных условий, тем сильнее психическая напряженность, выражающаяся в тягостных переживаниях, в субъективном замедлении течения времени, в нарушениях сна и вегетативных изменениях (этап стартового психического напряжения). В числе причин нарастания психической

напряженности при приближении к указанному барьеру четко прослеживаются информационная неопределенность, предвидение возможных аварийных ситуаций и умственное проигрывание соответствующих действий при их возникновении.

При преодолении барьера, отделяющего обычные условия жизни от измененных, возникают положительные эмоциональные переживания, сопровождающиеся повышенной двигательной активностью. В появлении этих состояний участвуют как психологические, так и физиологические механизмы. При этом устраняется информационная неопределенность, и человек оказывается избыточно информированным.

На рубеже преодолеваемого психологического барьера человек находится в состоянии психического напряжения, обусловливаемого необходимостью волевым усилием подавлять эмоции. Преодоление психологического барьера, особенно сопряженного с угрозой для жизни, влечет за собой состояние эмоционального разрешения, в основе которого лежит снятие тормозящего влияния коры на подкорку и индуцирование в ней возбуждения. При каждом повторном преодолении психологического барьера эмоциональные реакции сглаживаются и стенизируются. Это обусловливается достаточно полной информационной обеспеченностью.

Исследования отечественных физиологов и психологов показали, что успешная психическая деятельность обеспечивается не отдельными корковыми образованиями и нижележащими подкорковыми структурами, а функциональными объединениями (ансамблями).

На этапах острых психических реакций «входа» и «выхода» при воздействии измененной афферентации возникают дереализационные феномены, сопровождающиеся выраженными эмоциональными реакциями. Нарушается также координация движения. В основе этих нарушений лежит рассогласование функциональных систем психофизиологической организации человека, сложившихся в процессе онтогенеза или длительного пребывания в измененных условиях существования.

Этап острых психических реакций входа сменяется этапом психической адаптации, показателем которого служит устойчивая система взаимоотношений в изолированной группе. Одной из особенностей этапа психической адаптации является формирование новых функциональных систем в центральной нервной системе, позволяющих адекватно отражать реальную действительность в необычных условиях жизни. Другой особенностью этого этапа является актуализация необходимых потребностей и выработка защитных механизмов, обеспечивающих реакции на воздействие психогенных факторов.

При жестком и длительном воздействии психогенных факторов, а также при отсутствии мер профилактики, этап психической адаптации сменяется этапом неустойчивой психической деятельности. На этом этапе появляется ряд необычных психических состояний, характеризуемых эмоциональной лабильностью и нарушениями ритма сна и бодрствования. Необычные психические феномены, оставаясь в границах психологической нормы, в то же время расцениваются как препатологические. С другой стороны, необычные психические состояния, возникающие на этапе неустойчивой деятельности, позволяют раскрыть особенности протекания психических процессов на границе между психической нормой и психопатологией.

3.4. Гравитация

Вся эволюция животного мира на Земле является историей активного преодоления организмом силы тяжести. «Тяжесть – самое неизбежное и постоянное поле, от которого ни одно существо никогда на Земле не освобождается», – справедливо заметил *А. А. Ухтомский.* К настоящему времени накоплено значительное количество фактов, свидетельствующих о тесной зависимости живых организмов от действия гравитационных сил. Все многообразие возникающих при этом эффектов может быть сведено к трем группам:

1) эффекты, связанные с влиянием гравитационных сил на процессы онтогенеза;

2) эффекты, связанные с влиянием гравитационных сил на процессы филогенеза, в частности на развитие антигравитационных функций и структур организма;

3) влияние гравитационных сил на конечные размеры и массу тела организмов.

Считается, что жизнь на Земле зародилась в водной среде. Это означает, что на первых этапах развития жизни действие силы тяжести на живые организмы было не столь значительным, как после перехода живых существ к земноводному и наземному образу жизни. Влияние силы тяжести на живые организмы в дальнейшей эволюции увеличивалось параллельно изменению положения тела животных в пространстве от горизонтального к полувертикальному и стало максимальным при прямохождении. Особенно усилилось влияние силы тяжести на внутренние среды организма (гидростатический эффект). У наземных позвоночных сформировались мощный скелет и мышечная система, обеспечивающие опору, а также позную и двигательную активность в гравитационном поле Земли. Сильно развились и дифференцировались гравирецепторные системы (отолитовый аппарат, проприоцепторы, интероцепторы). Повышенные энергетические потребности, связанные с преодолением относительно возраставшего в ходе эволюции влияния силы тяжести на организм, усилили гемопоэтическую функцию костного мозга, вызвали перестройку сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Сила тяжести наложила отпечаток на обмен веществ животных организмов, став существенным фактором их развития.

Физиологические механизмы, обеспечивающие активную ориентацию животного организма в гравитационном поле Земли путем нивелирования и компенсации механических эффектов силы тяжести, объединяют в функциональную систему антигравитации. В нее входят скелетно-мышечная и циркуляторная системы. Антигравитационная функция скелетно-мышечной системы направлена на поддержание тела в пространстве, а циркуляторной – на компенсацию гидростатических эффектов.

3.4.1. Механизмы действия ускорений (перегрузок)

Длительно действующие ускорения. Одним из важных динамических факторов при космических полетах, воздействующих на организм человека, является ускорение. Как известно, ускорение возникает при изменении скорости или направления движения тела; при этом независимо от причины появления ускорения результирующая сила всегда имеет прямолинейное направление.

Ускорение *(a)* – это изменение скорости за единицу времени. Размерность ускорения обычно выражают в м/с^2 или в кратном отношении к скорости свободно падающего на Землю тела за одну секунду: g = 9,81 м/с^2 (от лат. *gravitcis* – тяжесть). Например, ускорение, равное 35 м/с^2, может быть обозначено как 3,5 g (35 м/с^2: 9,81 м/с^2).

При космических полетах ускорения возникают в период выведения корабля на орбиту, торможения его скорости при спуске на Землю, а также при совершении маневров (изменение направления движения) во время самого полета.

До последнего времени нет общепризнанной системы классификации ускорений. В медицинской литературе чаще всего можно встретить деление ускорения на четыре основных вида:

– прямолинейные;

– радиальные;

– угловые;

– ускорения Кориолиса.

• **Прямолинейные ускорения** возникают при увеличении или уменьшении скорости движения, но без изменения ее направления. При увеличении скорости ускорение нередко обозначают как положительное, при уменьшении скорости – как отрицательное. Последнее обстоятельство иногда служит поводом к возникновению недоразумений, так как часто терминами «положительное» или «отрицательное ускорение» обозначают не изменение скорости, а направление действия ускорений по отношению к голове и тазу. Прямолинейные ускорения наблюдаются при езде на современном транспорте (автомобиль, поезд и т. д.), взлете, посадке, а также изменении скорости самолета, при парашютных прыжках, и особенно значительные по величине и времени действия при выведении на орбиту и торможении космических кораблей.

Величина прямолинейного ускорения может быть вычислена по следующей формуле:

(3.1)

где a – ускорение; Vt – конечная скорость движения, м/с; V_0 – начальная скорость движения, м/с; t – время изменения скорости движения, с.

При полетах на космических кораблях линейные ускорения могут достигать значительных величин и длительного времени действия. Поэтому, естественно, возникает необходимость проведения специальных мероприятий, направленных на предупреждение неблагоприятных для здоровья последствий.

• **Радиальные,** или **центростремительные ускорения** возникают при изменении движения тела. Наиболее ярким примером этого могут служить ускорения, возникающие при воспроизведении виражей на самолете, пикировании, вращении на центрифуге и пр. В настоящее время подобные ускорения в реальных космических полетах, по существу, не встречаются. Правда, создание новых космических кораблей большой маневренности может внести в это положение определенные коррективы.

Тем не менее значительное место в общей системе подготовки занимают ознакомительно-тренировочные вращения на центрифуге.

Математически радиальное ускорение (j) может быть выражено следующим образом: $\boldsymbol{j = V^2/R}$, где V – скорость движения вращаемого тела; R – радиус вращения.

Для практических целей вычисления радиальных ускорений при работе на центрифуге, как правило, применяется следующая формула:

(3.2)

$$\boldsymbol{j = 4\pi^2 R n^2},$$

где R – радиус центрифуги; n – число оборотов в секунду.

Центрифуга является наиболее удобным стендом, на котором можно воспроизводить ускорения, соответствующие самым разнообразным профилям полетов. Современные центрифуги имеют радиус вращения от 8 до 16 м, а электронно-счетные установки позволяют программировать графики ускорений и автоматизировать обработку многочисленной физиологической информации, поступающей от объекта исследования.

Радио– и телевизионная связь создает условия для постоянного наблюдения и контроля врача-экспериментатора за испытуемым.

• **Угловое ускорение** E (рад/с) наблюдается при неравномерном движении тела по окружности, т. е. при увеличении или уменьшении угловой скорости. Угловое ускорение наблюдается при разгоне и торможении центрифуги, особенно при быстром нарастании градиента ускорения.

Складывается оно из двоякого рода сил:

– направленной по касательной к окружности вращения (тангенциальное ускорение);

– направленной к оси вращения (нормальное ускорение).

Если угловое ускорение носит равномерный характер, то соотношение между обозначенными видами может быть выражено следующими формулами:

(3.3)

$$\boldsymbol{j_t = ER}$$

(3.4)

$$\boldsymbol{j_n = (Et)^2 R},$$

где j_t – тангенциальное ускорение; j_n – нормальное ускорение; R – радиус вращения; t – время, за которое произошло изменение угловой скорости; E – угловое ускорение.

Неравномерное угловое ускорение может быть рассчитано только для каждой конкретной точки кривой отдельно, так как тангенциальное и нормальное ускорения, из которых оно складывается, в этом случае постоянно изменяются по величине.

• **Ускорения Кориолиса** возникают при изменении радиуса вращения, а также в случае присоединения к движению в одной плоскости движения в другой плоскости.

Этот вид ускорений нередко встречается при полетах на самолетах и космических кораблях.

Ускорение Кориолиса может быть рассчитано по следующей формуле:

(3.5)

$$j_k = 2WV \sin \alpha,$$

где W – угловая скорость движения тела вокруг оси; V – скорость движения тела в другой плоскости; α – угол с основной осью вращения, при котором во время дополнительного движения тела возникает ускорение.

Линейные и радиальные ускорения в зависимости от времени

действия делятся на ударные (длятся доли секунды) и длительные (от секунды и более), а в зависимости от направления – на продольные и поперечно направленные; последние, в свою очередь, и далее подразделяют на группы.

Классификация ускорений. Терминология и классификация ускорений были предложены аэрокосмическим медицинским комитетом в США по проблемам ускорения при консультативной группе по научно-исследовательской работе. На рисунке 3.1 и в таблице 3.1

Рис. 3.1. Эквиваленты терминологии ускорений

Таблица 3.1. Терминология ускорений

[1]*Anterior* (лат.) – передняя (в данном случае) поверхность тела.

[2]*Posterior* (лат.) – задняя поверхность тела, спина.

А-Р – *Anterior-Posterior; С-А – Posterior-Anterior* (таблица дана с сокращениями).

представлена терминология, в основу которой положено направление ускорения массы (колонка А) и инерция органов, тканей и жидкостей организма на ускорение (колонка Б). Следовательно, действие перегрузок реально не столько для самого движущегося тела, сколько для его связей.

Буква g используется как единица для выражения инерционной результирующей к ускорению всего тела, умноженной на величину ускорения силы тяжести: g_0 = 980,665 см/с^2.

Направление сил инерции всегда противоположно направлению ускорения. В медицине и биологии часто употребляют термин «перегрузка». Перегрузки не имеют размерности и выражаются относительными единицами, по существу, показывающими, во сколько раз увеличился вес тела при данном ускорении по сравнению с обычной земной гравитацией.

Математически это может быть выражено следующим образом: $n = P_д/P_с$, где n – величина перегрузки (ед.); $P_д$ – вес динамический; $P_с$ – вес статический.

В зависимости от направления действия перегрузок по отношению к вертикальной оси тела их делят на продольные и поперечные. При направлении вектора перегрузки от головы к ногам говорят о положительных, а при направлении от ног к голове – об отрицательных перегрузках. Кроме того, различают поперечные (спина – грудь и грудь – спина), а также боковые (бок – бок) перегрузки. Направление вектора перегрузки имеет существенное значение для организма, и при описании физиологических реакций его всегда нужно учитывать.

Реакции организма на перегрузки. Реакция человека на воздействие перегрузок определяется рядом факторов, среди которых существенное значение принадлежит величине, времени действия, скорости нарастания и направлению вектора перегрузки по отношению к туловищу, а также исходному функциональному состоянию организма, зависящему от многих условий внешней и внутренней среды.

Изменения в организме могут проявляться от едва уловимых функциональных сдвигов до крайне тяжелых состояний, сопровождающихся резкими расстройствами деятельности органов дыхания, сердечно-сосудистой, нервной и других систем, что может привести не только к потере сознания, но иногда и к грубым анатомическим повреждениям тела.

Общее состояние человека при действии перегрузок характеризуется появлением чувства тяжести во всем теле, болевых ощущений за грудиной или в области живота, вначале затруднением, а в дальнейшем и полным отсутствием возможности движений. Происходит смещение мягких тканей и ряда внутренних органов в направлении действия перегрузки. Наблюдаются расстройства зрения, характер и степень выраженности которых определяются не только величиной перегрузки, но и направлением ее действия по отношению к туловищу.

В зависимости от плотности внутренних органов (удельного веса), места их положения, эластичности связей с окружающими тканями характер происходящих нарушений может быть различным. Понятно, что наиболее подвижны кровь и тканевая жидкость. Поэтому нарушениям гемодинамики принадлежит одно из ведущих мест в генезе физиологических сдвигов при перегрузках. Однако определенное значение имеют и такие факторы, как смещение внутренних органов и их деформация, обусловливающие не только нарушение функции этих органов, но также и усиленную афферентацию в центральную нервную систему, что нередко приводит к расстройству ее функции.

Нервная система

Изучение функционального состояния центральной нервной системы, особенно ее высших отделов под действием перегрузок, приобрело особую актуальность в связи с необходимостью оценки работоспособности пилотов. Первые исследования в этом направлении были проведены в реальных полетах *В. А. Винокуровым* и др. Авторами были получены данные, свидетельствовавшие об увеличении латентного периода ответных реакций на подаваемый раздражитель. В дальнейшем эти результаты были не только подтверждены, но и углублены в опытах, проведенных на центрифуге *Г. Л. Комендантовым* и др. Позднее *А. А. Бронштейн* и *В. И. Загрядский,* применив метод условных двигательных реакций, в опытах на здоровых испытуемых убедительно доказали, что перегрузки средней величины вызывают растормаживание следовых рефлексов и небольшое торможение наличных, а перегрузки большой величины – выраженное торможение условных рефлексов.

Весьма интересен установленный ими факт, что при повторных воздействиях происходит некоторая адаптация организма к перегрузкам. Это положение было подтверждено и в ряде других работ. Отсюда вытекает важный в практическом отношении вывод о целесообразности проведения ознакомительно-тренировочных вращений. Правда, не решен еще вопрос о режимах подобного рода тренировок: величинах перегрузок, числе вращений в каждом сеансе, интервалах между отдельными сеансами и т. п.

По наблюдениям ряда авторов, восстановление высшей нервной деятельности по показателям условных рефлексов происходит волнообразно: при средних величинах перегрузок этот срок не превышает 5 мин.

Определенный интерес представляют исследования характера и механизмов изменений высшей нервной деятельности, происходящих при действии перегрузок. Они позволили установить, что изменения со стороны условных рефлексов наблюдаются уже при перегрузке величиной 1–3 единицы. При этом прежде всего страдает процесс внутреннего торможения, возникают фазовые явления, а при больших перегрузках – полное торможение условных рефлексов. *Б. М. Савин* и *З. К. Сулимо-Самуйло,* анализируя полученные данные, пришли к заключению, что в начале действия перегрузки наблюдается повышение возбудимости коры головного мозга.

Это положение нашло подтверждение в электрофизиологических исследованиях, в которых отмечалось появление фазовых состояний, а также в физиологических исследованиях, в которых использовались в качестве анализаторов функционального состояния корковых клеток фармакологические средства.

• В первой фазе, которая наступала сразу же после начала действия перегрузок, наблюдалось значительное увеличение числа быстрых потенциалов с одновременным уменьшением их амплитуды – реакция десинхронизации ЭЭГ.

• Вторая фаза характеризовалась появлением медленных волн – реакция синхронизации ЭЭГ.

• Третья фаза наступала только при перегрузках выше 6 единиц (признак декомпенсации сердечной деятельности и дыхания, еще большее увеличение синхронизации биоэлектрической активности коры).

Сопоставление изменений высшей нервной деятельности и показателей сердечно-сосудистой системы позволило высказать мысль о том, что нарушения условных

рефлексов определяются не столько гемодинамическими расстройствами в головном мозге, сколько необычными по своему характеру, величине и сочетанию потоками афферентных импульсов, поступающих в центральную нервную систему от различных органов и тканей.

Таким образом, под воздействием уже небольших величин перегрузок наступают выраженные функциональные сдвиги со стороны центральной нервной системы, которые выявляются как методом условных рефлексов, так и отведением биоэлектрической активности головного мозга. Естественно, что наблюдаемые изменения со стороны функции центральной нервной системы сопровождаются снижением не только физической, но и умственной работоспособности членов экипажа летательных аппаратов.

Дыхательная система

Влияние перегрузок на функцию внешнего дыхания определяется не только величиной и временем действия перегрузок, но и ее направлением по отношению к вертикальной оси человеческого тела. При этом наиболее глубокие расстройства наблюдаются при строго поперечном направлении вектора перегрузки, когда механические силы, действующие на грудь и живот, затрудняют осуществление дыхательных экскурсий грудной клетки и передней стенки живота.

Наиболее общим в реакции дыхания с увеличением перегрузки является его учащение.

Так, по данным *П. К. Исакова,* частота дыхания и легочная вентиляция при действии положительных перегрузок претерпевают значительные изменения. При перегрузках величиной 5–6 единиц в ряде случаев легочная вентиляция увеличивается в 2–3 раза по сравнению с исходной.

С прекращением действия перегрузки наступает сравнительно быстрое восстановление показателей внешнего дыхания до исходного уровня.

При поперечно направленных перегрузках нарушения дыхания нередко имеют ведущее значение в общей симптоматике наблюдаемых расстройств организма. Поэтому в дальнейшем основное внимание уделяется описанию характера нарушений дыхания при поперечных перегрузках. Исследованиями *А. Р. Котовской* и др. установлено, что при поперечно направленных перегрузках в 7-10 единиц частота дыхания у испытуемых лиц увеличивалась в 1,5–2 раза; по наблюдениям *И. Черниак* и др; при 8 единицах – в 2 раза, а при 12 единицах – в 3 раза.

А. С. Барер и соавторы пришли к заключению, что градиент нарастания частоты дыхания **(grad =** $\Delta_{\text{частоты дыхания}}/\Delta g$**)** является при поперечных перегрузках до 12 единиц величиной постоянной и равен 2,8. При больших перегрузках наблюдается уменьшение дыхательного объема легких, уменьшение потребления кислорода и увеличение выделения CO_2 и дыхательного коэффициента.

По наблюдениям *А. С. Барера* и др., характер изменений минутного объема дыхания весьма сложен и с нарастанием перегрузки претерпевает эволюцию по S-образной кривой.

Некоторые авторы отмечали заметное уменьшение насыщения крови кислородом и содержания его в тканях. Проводя исследования содержания оксигемоглобина в крови,

уже при перегрузках величиной 3–5 единиц наблюдали снижение насыщения артериальной крови O_2 на 14–25 %.

Следует обратить внимание на то, что в ряде случаев, особенно при положительных перегрузках, развивающаяся гипервентиляция вследствие возбуждения рецепторов каротидного синуса сопровождается снижением напряжения CO_2 в крови и тяжелой гипоксемией. Уменьшение насыщения артериальной крови кислородом до 80 %, вероятно, является следствием гемодинамических расстройств в большом круге кровообращения и возникновения легочного шунтирования.

Е. А. Коваленко и др. при помощи полярографического метода установили определенную зависимость между степенью снижения напряжения кислорода в тканях мозга, величиной и направлением действия перегрузок. Наиболее выраженные изменения напряжения кислорода наблюдались при действии перегрузок в направлении голова – таз. При этом напряжение O_2 понижалось с увеличением перегрузки: при 6 единицах оно равнялось 84 % от исходного (принятого за 100 %), при 8 единицах – до 78 %, при 10 единицах – 74 % и при 12 единицах – 72 %. Естественно, что при поперечном направлении вектора перегрузки напряжение O_2 в головном мозге претерпевало меньшие изменения.

Действие больших величин перегрузок, как правило, у нетренированных людей всегда приводило к кислородной задолженности организма, которая ликвидировалась только через 3–6 мин после окончания действия перегрузки. В этот период резко возрастает минутный объем дыхания, увеличивается потребление O_2 и выделение CO_2.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что степень кислородной задолженности и скорость ее ликвидации зависят не только от величины перегрузки и времени ее действия, но также от физической и специальной тренировки испытуемых.

Несомненно, что в ряде случаев расстройствам внешнего дыхания принадлежит существенное место в патогенезе нарушений функций центральной нервной системы и зрения при действии перегрузок. Поэтому понятно, что для повышения переносимости перегрузок человеком были небезуспешно применены такие методы, как дыхание чистым кислородом и дыхание под повышенным давлением.

Сердечно-сосудистая система

Изучение действия перегрузок на сердечно-сосудистую систему было предметом многих исследований. В настоящее время накоплен большой материал, характеризующий изменения в системе кровообращения при воздействии перегрузок различных режимов. Можно без преувеличения сказать, что нарушения в системе кровообращения во время действия перегрузок по сравнению с другими сдвигами в организме наиболее значимы и им принадлежит ведущее место в генезе физиологических реакций. Это связано с явлениями перераспределения циркулирующей массы крови, обладающей наибольшей возможностью к смещению.

Степень перераспределения крови определяется, главным образом, направлением действия перегрузок. Наибольшие изменения гемодинамики происходят при действии перегрузок в направлении продольной оси тела и наименьшие – при поперечном, что обусловлено расположением магистральных кровеносных сосудов тела. При воздействии перегрузок в кранио-каудальном направлении происходит перемещение массы крови из сосудов, расположенных в верхней части тела, в сосуды, находящиеся в полости живота и

нижних конечностях. Естественно, что в результате такого смещения крови возникает изменение со стороны кровяного давления. При этом в сосудах, расположенных ниже уровня сердца, кровяное давление повышается, а выше – понижается. В этих условиях приток крови по венам к сердцу будет затруднен, уменьшится количество выбрасываемой сердцем крови. В результате возникает анемия мозга и ряда органов чувств, что нередко сопровождается расстройствами зрения и может привести к потере сознания.

При действии перегрузок в направлении от ног к голове кровь скапливается в верхней части туловища, отчего давление в сосудах мозга повышается.

Действие поперечно направленных перегрузок на гемодинамику в силу анатомических особенностей расположения магистральных сосудов выражено значительно меньше. Однако практически строго поперечное положение по отношению к вектору перегрузки используется крайне редко. В подавляющем большинстве исследований человеку придается положение полулежа с тем или иным наклоном спинки кресла, приводящим к возникновению составляющей перегрузки в направлении продольной оси тела. В этих случаях также существенное место принадлежит нарушениям в системе кровообращения за счет действия их в кранио-каудальном направлении. Кроме того, при оценке гемодинамических эффектов необходимо учитывать, что многие органы и ткани тела обладают разветвленной сетью сосудов с более или менее равномерным распределением их по всем направлениям. Поэтому перемещение крови в пределах того или иного органа будет возникать при любом направлении инерционных сил. Такое перераспределение крови способно привести к местному расстройству кровообращения и нарушению функций соответствующих физиологических систем.

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по рассматриваемым вопросам.

У человека во время воздействия перегрузок в направлении голова – ноги отчетливо выявляется резкая бледность лица и значительное расширение венозной системы ног. После прекращения вращения побледнение кожи лица в большинстве случаев сменяется гиперемией. При действии положительных перегрузок очевидным является усиление тока крови в системе верхней полой вены и замедление его в нижней полой вене. Недостаточность притока крови к голове и усиление ее оттока по венам приводит к быстрому загустеванию сосудистого русла головы и шеи. Одновременно наблюдается усиление притока артериальной крови к органам брюшной полости и нижним конечностям, а также затруднение венозного оттока из этих областей, что ведет к застою крови в нижних конечностях и брюшной полости. Все это влечет недостаточность притока венозной крови к правой половине сердца, а следовательно, – сокращение величин ударного и минутного объемов.

Особый интерес представляют работы, в которых во время действия перегрузок были получены непрерывные записи кровяного давления и сделаны рентгеновские снимки сердца. Приведенные данные показывают, что между величиной перегрузки и степенью падения давления существует прямая зависимость. Сопоставление кривых изменений кровяного давления в сонной артерии и нарастания перегрузок обнаруживает некоторое отставание в реакциях организма.

Изменения кровяного давления начинают развиваться не сразу после начала действия перегрузок, а спустя некоторое время. В результате создается положение, когда кровяное давление продолжает понижаться, в то время как величина перегрузки

удерживается на постоянном уровне. С уменьшением действия перегрузки кровяное давление достигает исходной величины также не сразу, а через несколько секунд. Эти взаимоотношения позволяют объяснить иногда внезапность появления зрительных нарушений и потерю сознания уже в период уменьшения перегрузки, а также жалобы некоторых летчиков на ухудшение самочувствия уже после воздействия. Такое отставание изменений кровяного давления определяется инерцией крови, состоянием тонуса сосудов и резервных возможностей сердечной мышцы на данный момент.

Рентгенологическими исследованиями установлено, что тень сердца и крупных сосудов с нарастанием перегрузки (голова – таз) становится все бледнее, свидетельствуя об уменьшении кровенаполнения полостей сердца. Результаты рентгенокинематографических исследований, проведенных в этих условиях, свидетельствуют также об уменьшении объема сердца. После прекращения вращения возникало острое кратковременное расширение сердца вследствие резко усиленного притока к нему крови.

Одновременно различными исследователями было отмечено изменение прозрачности различных участков легких. Так, при действии перегрузок в направлении голова – таз наблюдали просветление верхних долей легкого и увеличение затемнения в нижних долях, при действии же перегрузок в направлении грудь – спина просветление наблюдалось в передних долях и затемнение – в задних долях легкого.

Особый интерес представляют исследования, в которых у человека при действии положительных перегрузок прямым путем определяли венозное давление в яремной вене и артериальное давление на уровне головы. Они показали, что при значительном падении артериального давления в верхней половине туловища кровообращение в мозге сохранилось вследствие падения давления в яремной вене на величину порядка 30–50 мм рт. ст. ниже нуля. Достаточная разница в давлении между артериальной и венозной кровью обеспечивала кровообращение даже при падении артериального давления в области головы до нуля. Эти факты рассматривают как проявление компенсаторных реакций, направленных на сохранение жизненно важных функций во время воздействия перегрузок.

Результаты плетизмографических исследований, полученные при действии положительных перегрузок на человека, свидетельствуют об увеличении объема голеней. Исследование объемного пульса ушной раковины и наблюдение за степенью прозрачности уха, осуществляемое фотоэлектрическим методом, показывает, что при действии положительных перегрузок происходит уменьшение кровенаполнения и снижение амплитуды пульсовых осцилляций. Понижение кровяного давления в сосудах, расположенных выше сердца, вызывает через синокаротидную зону и другие ангиорецепторы включение механизмов компенсации гемодинамических расстройств. В результате происходит учащение сердечных сокращений, а также сужение кровеносных сосудов ряда областей.

Существует достаточно четкая зависимость между величиной перегрузки и частотой сердечных сокращений.

При этом выявлена зависимость в изменении частоты пульса не только от величины перегрузок, но и от продолжительности их действия.

У человека в зависимости от величины действующих перегрузок частота сердечных сокращений достигает 130–180 ударов в минуту.

Самая высокая цифра частоты сердечных сокращений, зарегистрированная у человека при действии перегрузок, составила 197 ударов.

Следует отметить, что повышение частоты пульса наблюдается в подавляющем большинстве случаев еще до начала воздействия перегрузок.

Указанное учащение пульса отмечается как в условиях подготовки вращений на центрифуге, так и при подготовке к полетам. При этом степень предполетного или предопытного учащения пульса определяется как индивидуальными особенностями человека, так и характером предстоящего воздействия. Этот вид тахикардии, обусловленный эмоциональным напряжением перед предстоящим испытанием, многие авторы определяют термином «стартовая лихорадка».

В связи со сказанным интересно отметить, что учащение пульса во время вращений достигало значительно больших величин у тех лиц, у которых наблюдалось отчетливое увеличение частоты сердечных сокращений перед началом воздействия. Учащение пульса перед вращением может достигать 80-120 и даже 140 ударов в минуту при 60–70 ударах в обычных условиях.

Особого внимания заслуживает рассмотрение случаев, когда частота сердечных сокращений человека при вращении на центрифуге достигала предельных величин (180–197 ударов в минуту). Как правило, при продолжении действия перегрузок в подобных экспериментах наступало падение частоты сердечных сокращений на 30–40 и даже на 60 ударов в минуту. Одновременно регистрировались и другие признаки нарушения сердечной деятельности в виде появления экстрасистолии, явлений блокады в проведении возбуждения по миокарду и других расстройств сердечного ритма. Отмечены значительные зрительные нарушения вплоть до полной потери зрения («черная пелена»). Появление одного из указанных признаков служило сигналом к прекращению вращения. Сразу же после остановки центрифуги отмечается бледность кожных покровов лица, цианоз губ, языка, ушных раковин, явления гипергидроза, ухудшение общего самочувствия. Частота пульса при этом обычно некоторое время удерживается на достигнутом уровне или продолжает понижаться до цифр, ниже исходных. Явления возникшей брадикардии и другие признаки сердечно-сосудистой недостаточности носят временный характер и редко сохраняются более 1–2 мин. В последующем наблюдается вторичный подъем частоты сердечных сокращений, который обычно бывает небольшим и спустя 3–6 мин сменяется нормальной частотой. Резкое снижение частоты сердечных сокращений является, несомненно, неблагоприятным моментом и оценивается исследователями как проявление декомпенсации сердечной деятельности.

Электрокардиографические исследования, проведенные при действии положительных перегрузок, помогают установить ряд изменений со стороны функции сердца. У здоровых людей во время действия перегрузок на электрокардиограммах отмечается развитие синусовой тахикардии, незначительное уменьшение времени атрио-вентрикулярной проводимости, уменьшение зубцов R и T, увеличение зубца S, а в некоторых случаях также и смещение интервала ST ниже изоэлектрической линии. После прекращения действия перегрузок все эти изменения, как правило, быстро исчезают и сменяются брадикардией, во время которой проявляется резко выраженная синусовая аритмия, а в некоторых случаях экстрасистолия.

Так, при перегрузке в 2–3 единицы наблюдается укорочение интервалов PQ и QT; интервал QRS практически не изменяется; наибольшие изменения претерпевает интервал TP; комплекс QRS уменьшается и уплощается зубец T. При перегрузках 4–5 единиц

отмечается уменьшение высоты всех зубцов, отчетливое уплощение зубца Т (во 2-м и 3-м отведениях); в ряде случаев зубец Т становится отрицательным. При перегрузке 5,0–5,5 единицы интервал QRS приобретает форму дуги, изогнутой кверху, не дающей возможности дифференцировать зубец R. Зубец R значительно уменьшается. Интервал ST, позволяющий судить о наличии признаков коронарной недостаточности, почти во всех случаях смещается относительно изолинии. В ряде случаев отмечается экстрасистолия, как правило желудочкового типа.

У некоторых испытуемых в фазе резкого падения частоты сердечных сокращений на ЭКГ зарегистрированы признаки, свойственные коронарной недостаточности (рис. 3.2). Патогенетические механизмы их проявления, вероятно, заключаются в развитии кислородного голодания сердечной мышцы (смещение интервала ST, уплощение или инверсия зубца Т и др.). В появлении синусовой тахикардии при действии положительных перегрузок, несомненно, значительное место принадлежит рефлекторным механизмам, среди которых ведущее значение имеют барорецепторы синокаротидной зоны. Изменение величины зубцов желудочкового комплекса (увеличение зубца S и уменьшение зубцов R и Т) в основном обусловлено отклонением электрической оси сердца вправо в результате смещения сердца. В самом деле, если испытуемый во время действия перегрузок величиной 5 единиц делал форсированный выдох, во время которого диафрагма поднималась и сердце вновь принимало обычное положение, то на ЭКГ отмечалась нормализация зубцов R и S, хотя зубец Т оставался уплощенным. Однако изменения зубца Т, по мнению исследователей, определяются прежде всего повышением тонического влияния на сердце со стороны симпатической нервной системы, изменением кровенаполнения правого и левого желудочков сердца, а также нарушением коронарного кровообращения.

Рис. 3.2. Зависимость изменений ЭКГ от величины действующих перегрузок в направлении голова – таз *(по: В. Б. Малкин и др., 1957)*

Изменения биоэлектрической активности миокарда при действии перегрузок, направленных по оси грудь – спина, весьма близки к тем, которые происходят при действии положительных перегрузок. Так, заметные изменения отмечаются со стороны амплитуды зубцов желудочкового комплекса, особенно R и Т. Смещение сердца во время воздействия перегрузок, несомненно, отражается на амплитуде зубцов ЭКГ, однако не все изменения зубцов могут быть объяснены только смещением электрической оси сердца. Нарушения ритма сердечной деятельности наблюдаются в виде экстрасистолий различного типа. Изменения биоэлектрической активности миокарда во время воздействия и после прекращения его могут быть обусловлены влиянием комплекса факторов: изменение тонического влияния на сердце со стороны вегетативной нервной системы, изменения кровенаполнения желудочков сердца, нарушения коронарного кровообращения и т. д.

Значительный интерес представляют данные изучения отклонений в ЭКГ человека в период появления признаков функциональных нарушений центральной нервной деятельности в виде обморочного состояния и при расстройствах зрения в виде «серой» и «черной пелены».

Они свидетельствуют о том, что ослабленная сердечная деятельность во многих случаях служит причиной нарушения кровообращения мозга и последующего расстройства сознания и зрения. Смещение интервала ST и изменение зубца T приобретают важное практическое значение, поскольку эти изменения обычно отмечаются за 10–20 с до появления признаков нарушения мозгового кровообращения. Такая ЭКГ может сигнализировать о возможности появления глубоких функциональных нарушений центральной нервной системы при дальнейшем увеличении перегрузок и удлинении их действия.

При воздействии на организм перегрузок происходят значительные изменения в гемодинамике малого круга кровообращения, активно участвующей в обеспечении оксигенации крови в легких. В основе этих сдвигов лежит перераспределение крови в системе легочной артерии под действием перегрузок.

Одним из наиболее вероятных механизмов, направленных на обеспечение достаточного уровня оксигенации крови в легких, является прогрессивное депонирование крови в системе легочной артерии, сопровождающееся неравенством систолических объемов правого и левого желудочков. Время эффективности такого механизма компенсации весьма ограничено (1–1,5 мин); затем наступает понижение оксигенации крови, определяющееся величиной и временем действия перегрузок.

Таким образом, воздействие перегрузок вызывает изменения частоты пульса, силы сердечных сокращений, приводит к изменению артериального и венозного давления, скорости кровотока, создает определенное перераспределение циркулирующей крови и обусловливает целый ряд физиологических сдвигов.

Степень и выраженность физиологических реакций зависят, с одной стороны, от величины, продолжительности, направления и скорости нарастания перегрузок, с другой – обусловливаются характером и выраженностью компенсаторных реакций, направленных на приспособление организма к воздействию внешнего фактора среды.

Механизмы влияния перегрузок. Вопрос о механизме влияния перегрузок постоянно привлекал к себе внимание исследователей. Если первоначально все нарушения деятельности организма связывались исключительно с изменениями условий гидростатики, приводящими к расстройствам гемодинамики, в частности нарушениям церебрального кровообращения, то на протяжении последних 10–45 лет все большее значение в их развитии стало придаваться нарушениям рефлекторной регуляции функций, обусловленным необычными афферентными влияниями. Развитию такого рода представлений способствовало как накопление новых фактов, не укладывающихся в рамки существовавших ранее концепций, так и достижения в области изучения интероцепции. Необычность афферентации проявляется не только в ее величине, но и в сочетании. Ярким примером этого могут служить раздражения, поступающие в центральную нервную систему со стороны механорецепторов (прессорецепторов) сосудистой системы. Если при перегрузках направления голова – таз и таз – голова необычность афферентации по интенсивности определяется крайне резким повышением давления в артериальных и венозных сосудах большого круга кровообращения, то необычность афферентации по сочетанию связана с возникновением весьма значительных перепадов давления по ходу самих сосудов, а также между артериями и венами, в результате чего в центральную нервную систему поступают раздражения, направленные на осуществление рефлекторных реакций противоположного характера – одновременно прессорных и депрессорных, что приводит к развитию явлений своеобразного «столкновения» безусловных рефлексов. Сходные эффекты обнаруживаются в системе

малого круга кровообращения при перегрузках направления грудь – спина и спина – грудь. Наконец, необычными по величине и сочетанию являются раздражения, поступающие со стороны проприо– и механорецепторов мышечной системы. Развитие деформаций мышечной ткани приводит к одновременному раздражению рецепторов в мышцах-антагонистах. Осуществление рефлекторных реакций, направленных на уравновешивание необычных механических условий окружающей среды, вызывает изменение деятельности эндокринной системы, играющей важную роль в осуществлении компенсаторных реакций организма, а также в изменении уровня обменных процессов, в частности в изменении активности ферментов (в повышении активности лактатдегидрогеназы (+ЛДГ), снижении активности сукцинатдегидрогеназы (-СДГ), в уменьшении содержащейся в цитоплазме рибонуклеиновой кислоты).

Вопрос об удельной значимости расстройств гемодинамики и необычных афферентных влияний в развитии нарушений деятельности организма при перегрузках различного направления продолжает оставаться еще недостаточно ясным и требует дальнейшего изучения. Полагают, что роль каждого из указанных механизмов может существенно изменяться в зависимости от характера воздействия, в частности длительности, величины, направления и повторности перегрузок.

• При **кратковременном** воздействии перегрузок даже больших величин основное значение в развитии нарушений деятельности организма имеют необычные афферентные влияния, поступление которых в центральную нервную систему может привести даже к развитию шокового состояния с присущим ему комплексом сдвигов, характерных для стрессовых реакций.

• При **продолжительном** воздействии перегрузок механизм нарушений в значительной мере определяется вектором перегрузки. При перегрузках направления голова – таз, относимых по величине к функционально переносимым, основное значение в развитии сдвигов функционального состояния центральной нервной системы и регуляции деятельности других систем организма имеют необычные афферентные влияния. Однако при повторном воздействии перегрузок и ослаблении механизмов компенсации все большее значение приобретают нарушения микроциркуляции, приводящие к развитию, вследствие гипоксии, изменений обменных процессов. При перегрузках направления таз – голова основное значение принадлежит явлениям циркуляторной гипоксии мозга, а также нарушениям нормальной деятельности функций организма, связанным с резким повышением внутричерепного давления и раздражением интероцепторов органов средостения.

При перегрузках направления грудь – спина на первое место в механизме нарушений выступают расстройства функции внешнего дыхания и гемодинамические нарушения в легких, приводящие к гипоксемии и гипоксии важнейших органов и тканей организма, что, в свою очередь, является причиной необычной афферентной импульсации, способствующей возникновению расстройств центральной регуляции. Основные звенья механизма влияния ускорений на функциональные системы организма показаны на рисунке 3.3.

Рис. 3.3. Схема основных механизмов действия ускорений на организм *(по: Е. Ф. Котовский и др., 1972)*

Рассматривая вопрос о пределах переносимости перегрузок человеком, следует различать **биологическую** и **физиологическую переносимость.** Границы биологической переносимости определяются сохранением жизни, но при этом возможны нарушения функций ряда органов и систем организма: границы физиологической переносимости определяются сохранением работоспособности человека и, как правило, отсутствием патологических сдвигов. Основные проявления действия перегрузок в последнем случае: «реакция напряжения» на гемодинамические расстройства, механическое затруднение дыхания, смещение и обратимая деформация внутренних органов.

Известно, что переносимость перегрузок определяется многими факторами, основные из них – величина и направление воздействия, продолжительность его, скорость нарастания перегрузок, а также функциональное состояние организма.

Обращает на себя внимание различная переносимость человеком перегрузок, имеющих разное направление и величину. Наименее устойчив человек к действию перегрузок каудо-краниального направления и, напротив, наиболее устойчив к перегрузкам, действующим по оси грудь – спина.

Вопрос об изыскании средств повышения устойчивости организма к длительно действующим ускорениям приобрел практическую значимость, когда дальнейшее повышение мощности моторов и маневренности самолетов стало лимитироваться пределами физиологической переносимости человеческого организма.

Развитие авиационной техники, и особенно космических полетов, требует не только сохранения высокой работоспособности, но и дальнейшего повышения порогов устойчивости к действию ускорений.

К решению этой проблемы привлечено внимание многих специалистов, и повышение устойчивости осуществляется по разным направлениям: физическими, физиологическими и комплексными методами.

1. Физические методы повышения устойчивости: противоперегрузочные компенсирующие костюмы; специальные кресла, позволяющие придавать оптимальную позу человеку по отношению к вектору ускорений; индивидуально профилированные ложементы; дыхание под повышенным давлением; иммерсионные системы различных типов.

Рассмотрим вышеперечисленные направления более подробно.

• Так, исходя из того что основным патогенетическим звеном при действии положительных перегрузок (голова – таз) является перемещение крови от головы и верхних отделов туловища в сосуды брюшной полости и нижние конечности, уже в 1943 году были предложены первые типы противоперегрузочной одежды, затрудняющие перераспределение крови под влиянием сил гравитации.

В настоящее время как у нас, так и за рубежом практически используется несколько вариантов противоперегрузочных костюмов. Принцип их действия во всех случаях общий: при увеличении перегрузок автоматически происходит повышение давления в резиновых камерах, обхватывающих область живота, бедер и голеней. Чем больше перегрузка, тем выше нагнетается давление в камерах костюма.

Артериальное давление в сонной и плечевой артериях, а также в мочке уха удерживается на более высоком уровне, улучшается приток крови к мозгу и сердцу, меньше изменений наблюдается со стороны зрения, биоэлектрической активности миокарда, условно-рефлекторной деятельности и энерготрат.

Таким образом, применение противоперегрузочных костюмов оказалось достаточно эффективным. Испытания показали, что использование этих костюмов повышает переносимость перегрузок на 0,8–1,3 единицы.

• Как указывалось выше, наибольшая переносимость перегрузок наблюдается при поперечном направлении их действия по отношению к вертикальной оси человеческого тела.

В результате проведения специальных исследований, направленных на изыскание наиболее оптимальной позы человека во время действия перегрузок, было установлено, что требуется строгое соблюдение соотношения углов наклона спинки кресла и подголовника по отношению к вектору перегрузки, а также бедер и голеней по отношению к туловищу. При этом наиболее существенно положение туловища и головы.

• Повышение переносимости организма при оптимальной позе человека по отношению к вектору ускорений может быть достигнуто посредством создания индивидуальных профилированных ложементов, обеспечивающих большую площадь противодавления действующим силам. Переносимость перегрузок в этих условиях повышается до 25 единиц.

• Одним из ведущих факторов в патогенезе нарушений при действии поперечно направленных перегрузок является расстройство функций внешнего дыхания и кровообращения, ведущее к гипоксемии и гипоксии. Это побудило исследователей испытать эффективность дыхания под повышенным давлением при перегрузках. При этом отмечалось значительное по времени (в 2 раза большее) повышение устойчивости, если испытуемые дышали чистым кислородом или газовой смесью под избыточным давлением. Этот эффект объясняют улучшением газообмена в легких, а следовательно, предотвращением развития кислородного голодания.

• Значительный интерес представляет теоретически и экспериментально разработанный *К. Э. Циолковским* и впервые практически примененный в Канаде *Френксом* метод повышения переносимости перегрузок при помощи иммерсионных систем.

Однако несмотря на высокую эффективность этого метода, его практическое использование на современных летательных аппаратах неосуществимо из-за большой сложности и громоздкости иммерсионных систем; кроме того, помещение пилота в контейнер с жидкостью ведет к резкому ограничению его возможности по наблюдению и управлению кораблем. Все это заставляет, не отказываясь от самого принципа разработки защиты от перегрузок при помощи гидросистем, изыскивать и другие методы решения этой сложной проблемы.

Таким образом, уже в настоящее время разработаны достаточно эффективные методы защиты организма от действия перегрузок. Однако все рассмотренные физические способы повышения устойчивости связаны с применением более или менее сложных устройств и приспособлений.

2. Физиологические методы повышения устойчивости: неспецифические и специфические виды физической тренировки, тренировки на центрифуге и общее закаливание организма; повышение резистентности организма посредством стимуляции его компенсаторно-приспособительных механизмов фармакологическими препаратами; снижение реактивности организма при помощи фармакологических средств или различной глубины охлаждения.

Вполне естественно стремление исследователей наряду с изысканием физических способов защиты организма от действия ускорений изучить и его физиологические резервы как посредством тренировки и стимуляции, так и путем изменения реактивности.

Многочисленные наблюдения врачей убедительно показали, что общее закаливание организма и специальные физические упражнения, направленные на совершенствование механизма регуляции кровообращения и дыхания, укрепление мышц брюшного пресса и ног, выработка навыков переключения дыхания с «брюшного» типа на «грудной», и наоборот, способность к длительному тоническому напряжению отдельных групп мышц – все это значительно повышает переносимость перегрузок. Поэтому регулярные занятия физической культурой являются важной частью подготовки как летчиков, так икосмонавтов.

Повышение резистентности организма к перегрузкам достигается также посредством тренировки на центрифуге. В настоящее время актуальной задачей является разработка наиболее рациональных схем и методов тренировки на центрифуге для повышения резистентности организма к действию перегрузок.

В последнее время все больше внимания уделяется проблеме глубокого охлаждения организма с целью повышения устойчивости его к неблагоприятным воздействиям, в том числе и к перегрузкам. Ведутся исследования по изучению возможности использования фармакологических средств для повышения выносливости к перегрузкам.

3. Комплексные методы повышения устойчивости состоят из различных сочетаний упомянутых средств.

Все перечисленные методы имеют свои достоинства и недостатки. Однако наиболее перспективны комплексные методики.

Ударные ускорения. Свое название ударные ускорения получили от резкого толчка или удара, сотрясения всего тела, которое они вызывают при воздействии. Ударный характер определяется кратковременностью действия и высоким градиентом или скоростью нарастания ускорения, достигающей сотен и тысяч единиц в секунду. Это придает ударным ускорениям импульсные, или «пиковые», свойства, с физической стороны сближающие их с ударом или ударной волной при взрывах.

Ударные ускорения в космическом полете проявляются в двух основных случаях:

1) при аварийном покидании корабля на старте или взлете;

2) при посадке на Землю.

Кроме того, при падении, столкновении, резком торможении или внезапном броске, которые могут иметь место в процессе выполнения космонавтом различных

заданий, организм также подвергается действию ударных ускорений: тотальных (все тело испытывает механические нагрузки) и локальных (распространение деформации или сотрясения ограничивается только областью приложения силы).

Степень воздействия ударных ускорений на организм может существенно изменяться, во-первых, в зависимости от условий размещения членов экипажа в кабине космического корабля, во-вторых, от выбранных методов спасения или посадки и, в-третьих, от характеристики реактивных энергодатчиков катапультирования или средств амортизации при приземлении. Особенно неблагоприятные условия возникают при аварийном использовании указанных систем. В этом случае величина ускорения, например в момент посадки на скальный грунт, может возрасти в десятки раз.

Значительные по величине ударные ускорения не только вызывают нарушения физиологических функций, но могут привести к повреждению костного аппарата, мягких тканей и отдельных органов тела.

Поэтому ко всем летательным аппаратам и их системам (например, катапультирования, приземления) предъявляются определенные физиолого-гигиенические требования с целью ограничения предельных воздействий ударной перегрузки и создания оптимальных условий для экипажа (размещение, позы и т. д.) при их возникновении.

Всестороннее изучение физиологических и биомеханических реакций у человека, подвергаемого воздействию, позволяет разработать профилактические и защитные средства, предупреждающие отрицательное влияние ударных ускорений на организм.

Ударные ускорения, встречающиеся в космических полетах, чаще всего по своей физической характеристике **прямолинейные ускорения.**

Ударные ускорения, возникающие при раскрытии парашюта, вынужденной посадке самолета, катапультировании пилота, приземлении спасательной капсулы или кабины космического корабля, имеют, как правило, продолжительность не более одной секунды. Поэтому их также называют кратковременными ускорениями, хотя это определение менее точно, так как нередко радиальные (центростремительные), прямолинейные или угловые ускорения с малой скоростью их нарастания, являясь кратковременными, не носят ударного характера.

Наряду с терминами **«ударные»** или **«кратковременные ускорения»** в отечественной литературе и практике прочно укоренился также термин **«ударные перегрузки»**, который отражает более существенные стороны явления и поэтому более удобен в анализе физиологических реакций организма.

Под термином **«перегрузка»** понимается механическая нагрузка, действующая сила, тогда как термин **«ускорение»** выражает изменение скорости и легче ассоциируется со скоростью вообще, которая, как известно, является индифферентным раздражителем. Понятие перегрузки непосредственно передает смысл механического воздействия на организм, когда последний находится в условиях изменяющейся скорости движения. В этом смысле допустимо сказать, что сущностью действия ускорения на организм является перегрузка, вызывающая механическое напряжение всех (главным образом, опорных) элементов тканей и органов тела.

Помимо большой скорости нарастания и кратковременности действия, ударные перегрузки характеризуются также максимальной величиной («пиком») и полнотой

диаграммы. Необходимо, кроме того, обращать внимание на скорость спада перегрузки, особенно когда после первого импульса сразу же идут последующие – совпадающие по направлению или противоположные перегрузки. В этом случае может наступать отрицательное для организма суммирование эффекта воздействия.

• Ударные перегрузки в зависимости от условий их возникновения и по сходству физических параметров могут быть подразделены на четыре группы, характерные для следующих случаев:

– катапультирование пилота из кабины летательного аппарата;

– спасение (катапультирование) космического корабля на старте с экипажем в кабине;

– раскрытие парашюта, на котором происходит спуск кабины (капсулы) или космонавта после катапультирования;

– приземление (посадка) экипажа в кабине (капсуле) на грунт или водную поверхность.

Параметры перегрузок в зависимости от особенностей применяемых средств или условий их использования (скорость полета, плюсовая или минусовая температура и т. д.) могут существенно варьировать, приближаясь к характеристикам смежной группы.

• Переносимость человеком ударных перегрузок зависит от многих факторов:

– величины, времени действия и скорости нарастания перегрузки;

– направления вектора перегрузки относительно продольной оси тела человека;

– уровня физиологических функций перед воздействием;

– активного или пассивного состояния тела к моменту воздействия;

– позы тела;

– площади опорных поверхностей, воспринимающих действие силы;

– условий фиксации тела человека в ускоряемой системе. Большинство факторов, определяющих переносимость ударных перегрузок, относится к биомеханике человека, к условиям приложения механической энергии к телу и ее трансформации в нем.

Реакция организма на ударные перегрузки. Количественно реакция тела человека на воздействие ударной перегрузки достаточно сложна и еще мало изучена. Принято выделять три качественных вида **первичной реакции** организма на ударное воздействие:

– нарушение физиологических функций в результате непосредственного действия сильного механического раздражителя;

– реакция опорных тканей тела на тотальное действие ударной перегрузки;

– микротравматические изменения в паренхиме органов и жизненно важных центрах при действии ударной перегрузки на организм.

Для изучения влияния на организм ударных перегрузок, а также для отработки различных средств защиты, спасения и безопасной посадки применяются специальные катапульты и ударные стенды, представляющие собой сложные инженерные сооружения.

Воздействие на человека комплекса факторов, связанных с ударной перегрузкой, вызывает ответные реакции, которые условно можно разделить на несколько периодов.

1. Предварительное усиление функций.

2. Нарушение функции органа или системы в результате непосредственного приложения механической ударной силы.

3. Период первичного последействия (рефлекторное нарушение функций).

4. Период реактивных изменений, в основном реакция на микротравматическое действие перегрузки.

1. Предварительное усиление функций наступает, как только возникает аварийная ситуация или когда человек попадает в обстановку эксперимента или испытаний с предстоящим воздействием ударной перегрузки. Функциональные изменения в это время имеют преимущественно условно-рефлекторный характер и являются защитной реакцией на возможное повреждающее действие сильного раздражителя.

Подобная условная реакция у человека возникает в ответ на необычную обстановку, на связанный с действующим фактором какой-либо натуральный или словесный раздражитель. В этот период организм подготовляется к предстоящему воздействию. Путем усиления физиологических функций как бы накапливаются необходимые резервы для поддержания жизнедеятельности в новых, чрезвычайных условиях. Предварительное усиление функций имеет генерализованный характер и является неспецифической защитной реакцией.

По существу, глубиной физиологических изменений в этот период определяется устойчивость функциональных систем организма к внешнему воздействию.

2. В момент самого ударного воздействия, продолжительность которого измеряется долями секунды, не успевают развиться выраженные изменения исследуемых функций организма; если возникающие при этом деформации не достигают необратимых пределов, то этот кратковременный **период непосредственного приложения механической энергии**, вызывающий многообразные, но очень непродолжительные ограничения жизненных процессов, переходит в последующий, более длительный период.

3. Период последействия. В проявлении физиологических функций в этом периоде наблюдаются две качественно различные стадии.

• Первая – это стадия первичных рефлекторных нарушений, вызванных непосредственным действием механической силы на ткани и органы, следствием чего является торможение, ослабление данной функции. Характером реакций в это время, по существу, определяется предел переносимых величин ударных перегрузок. Если наблюдается резко выраженное ослабление функции (например, падение уровня

артериального давления), то дальнейшее увеличение действующего фактора может привести к развитию патологического состояния. Ослабление функции может быть относительным, когда снижение показателей отмечается по сравнению с уровнем предварительного усиления, или абсолютным, когда показатели функции снижаются ниже исходной, нормальной величины (например, падение уровня максимального артериального давления ниже 100 мм рт. ст.).

В первой стадии функциональных сдвигов можно наблюдать задержку или остановку дыхания, брадикардию или более глубокие расстройства ритма, падение артериального давления, торможение двигательных реакций, ослабление мышечного тонуса и т. д.

Эти и другие изменения, возникающие при непосредственном действии перегрузки на организм, являются результатом раздражения большинства афферентных систем, что, по-видимому, и приводит к распространенному торможению функций. Не исключается возможность аналогичного эффекта (или его усиления) и от непосредственного влияния ударной перегрузки на клетки центральной нервной системы.

• Вторая стадия этого периода охватывает комплекс реакций, направленных на нормализацию вызванных изменений. Она позволяет выявить индивидуальные отличия реакций организма, регуляторные особенности исследуемых функций и в конечном итоге степень физиологического ущерба, нанесенного организму внешним воздействием. Возникающее в связи с этим чрезмерное напряжение всех защитных систем может приводить в этот период к истощению функциональных резервов организма, когда регуляторные механизмы приспособительных реакций оказываются резко ослабленными.

Функциональные изменения на стадии последействия по своим проявлениям иногда могут совпадать с перечисленными выше (например, повторная брадикардия и др.). Возникают они в результате действия механизма саморегуляции, направленного на нормализацию функций, или вследствие истощения нейрорегуляторных механизмов.

Изменения, наблюдаемые на первой стадии по физиологическим механизмам, следует отличать как от предварительного усиления функций, так и от физиологических сдвигов в последующих стадиях.

4. Однако период последействия не оканчивается восстановлением функций. По истечении некоторого времени, измеряемого уже часами или даже сутками, наблюдается период вторичного последействия, когда развиваются реактивные изменения, связанные в основном с микротравмой тканей в момент ударного воздействия. Реактивные и деструктивные изменения наблюдаются не только в очагах микротравмы, но и в других местах, что, по-видимому, может быть следствием трофических влияний со стороны центральной нервной системы. Интенсивность микротравмы при обычных (допустимых) величинах ударного воздействия невелика, так что реактивное состояние не всегда клинически проявляется в этот период. Тем не менее с наличием такого последействия следует всегда считаться при решении врачебно-экспертных вопросов.

Как уже отмечалось, качественные особенности в реакциях организма на ударные воздействия зависят от их физической характеристики. При изменении времени действия перегрузки от 1 с до 1 мс последовательно наступают: нарушение физиологических функций; повреждение скелета и опорных структур; повреждение элементов тканей и паренхимы органов.

С увеличением продолжительности до 1 с ударное воздействие осложняется присоединяющимися к нему циркуляторными расстройствами в тканях и органах без нарушения функции кровообращения в целом, а с уменьшением продолжительности осложнения (в виде реактивного состояния, трофических расстройств и пр.) становятся связанными уже с микротравмой, возникающей в тканях от распространения волны давления (сжатия) по телу. По мере усиления ударного действия перегрузки, увеличения ее пикового значения и сокращения продолжительности наблюдается сближение порогов функциональных и морфологических нарушений.

Глубокое понимание механизмов действия ударных перегрузок на организм связано с анализом физиологических и биодинамических изменений, с определением степени взаимосвязи этих изменений, с разработкой количественных критериев динамической реакции тела, с более детальной оценкой той меры функциональных изменений, которые возникают в месте непосредственного приложения механической энергии – меры ущерба в тканях, рецепторах, опорных структурах и паренхиме органов.

Повышение переносимости человеком ударных перегрузок может достигаться тремя путями:

– оптимизацией характера ударного воздействия перегрузки на организм;

– применением защитных средств и приспособлений;

– обучением и специальной подготовкой летных экипажей.

3.4.2. Реакции организма на невесомость

Первые научно-теоретические разработки вопросов, связанных с оценкой возможного влияния на организм человека отсутствия силы тяжести, были проведены *К. Э. Циолковским* (1883, 1911, 1919). В трудах этого выдающегося ученого, признанного «отцом космонавтики», выдвигаются предположения о том, что при невесомости изменится двигательная функция, пространственная ориентировка, могут возникнуть иллюзорные ощущения положения тела, головокружения, приливы крови к голове. Длительное отсутствие тяжести, по его мнению, может постепенно привести к изменению формы живых организмов, утрате или перестройке некоторых функций и навыков. Циолковский проводил аналогии между состоянием невесомости и условиями, с которыми человек сталкивается на Земле (погружение в воду, пребывание в постели). Он указывал, в частности, что поскольку постоянное пребывание в постели может быть вредным для здоровых людей, то и в «среде без тяжести» можно ожидать развития аналогичных нарушений. И хотя автор предполагал возможность приспособления человека к этому состоянию, «на всякий случай» он предусматривал необходимость создания искусственной тяжести за счет вращения космического корабля. Трудами Циолковского, по существу, были предопределены основные направления экспериментальных исследований влияния невесомости на биологические объекты (изучение сенсорных, двигательных, вегетативных реакций), заложены отправные положения, необходимые для понимания механизмов возникновения тех или иных изменений в условиях невесомости, определен наиболее радикальный путь к предупреждению такого рода расстройств и указаны возможные способы имитации невесомости в наземных условиях.

Началом систематических экспериментальных исследований влияния невесомости на биологические объекты было осуществление у нас и в США (начиная с 1951) серии

вертикальных запусков ракетных систем с подопытными животными на борту. Биологические исследования были затем продолжены с помощью искусственных спутников Земли. Результаты исследований, выполненных при суборбитальных и орбитальных полетах подопытных животных, явились той основой, на которой был сформулирован вывод о возможности осуществления космического полета человека. В порядке подготовки к этому важному и ответственному событию были проведены исследования влияния на организм человека кратковременной (до 45 с) невесомости, воспроизводимой при полетах самолета по параболической траектории. После выдающегося орбитального полета Ю. А. Гагарина 12 апреля 1961 года начался период бурного освоения человеком космического пространства. Возможности проведения медицинских и физиологических исследований влияния невесомости на организм человека существенно возросли, однако одновременно повысилось и значение прикладных медицинских задач, связанных с прогнозированием, обеспечением безопасности и эффективности еще более продолжительных перспективных полетов.

Последовательное увеличение продолжительности космических экспедиций само по себе создает достаточно хорошие предпосылки для суждения о возможности и безопасности очередных более длительных полетов. Однако этот путь, по-видимому, не может быть единственным в формировании прогноза. Для него, в частности, характерны и довольно существенные ограничения, связанные с небольшим количеством наблюдений, методов исследования, отсутствием опережающей информации, а следовательно, и наличием известного риска при планировании длительных полетов. Кроме того, в этом случае неизбежны и некоторые другие недостатки: отставание в создании защитных мероприятий, большие затраты времени, неэкономичность. Указанные ограничения удачно восполняются за счет использования чисто экспериментального подхода к изучению проблемы невесомости.

У нас в стране широко развернута экспериментальная работа с лабораторным моделированием невесомости (погружение в воду, пребывание в горизонтальном положении, ограничение подвижности). В такого рода экспериментах изучаются эффекты, обусловленные снижением величины и отсутствием колебаний гидростатического давления крови, уменьшением весовой нагрузки на опорные структуры, состоянием гиподинамии, т. е. теми факторами, значение которых в развитии нарушений, обусловленных влиянием невесомости на организм, по-видимому, является ведущим.

С помощью иммерсионной модели достаточно оперативно воспроизводятся сдвиги со стороны водно-солевого обмена, ортостатической устойчивости и физической работоспособности. Однако для решения вопроса о влиянии на организм длительной невесомости иммерсионная модель неприемлема. В значительно большей степени этим задачам отвечает состояние гиподинамии в сочетании с горизонтальным положением. Оно в достаточной мере воспроизводит первичные реакции, связанные со многими сторонами действия невесомости, и не содержит сколько-нибудь выраженных побочных эффектов, способных существенно исказить течение основного синдрома. В силу этого названная модель, очевидно, не вносит каких-либо ограничений и в сроки проведения эксперимента, кроме, естественно, тех, которые вытекают из особенностей развития воспроизводимого состояния. С экономической точки зрения путь, основанный на лабораторном моделировании невесомости, является вполне приемлемым, что, в свою очередь, создает предпосылки для проведения многочисленных и разнообразных серий экспериментов и накопления статистического материала. В широко практикуемых экспериментах на животных изучается влияние гиподинамии на клеточные, тканевые структуры, обменные процессы, системные сдвиги, на устойчивость к различным экстремальным воздействиям.

Разумеется, методы экспериментального моделирования невесомости позволяют получить далеко не полный эквивалент реального фактора. Они не воспроизводят, в частности, специфических для невесомости сенсорных реакций. Тем не менее приемлемость методов лабораторного моделирования подтверждается большим количеством сходных черт между реакциями на реальную и имитированную невесомость. Так, прогнозы, сделанные на основе экспериментов с лабораторным моделированием невесомости, в основном подтвердились результатами проведенных космических полетов, что свидетельствует о достаточной адекватности описанных моделей состоянию невесомости. Важно, что модели могут использоваться также в качестве основы при решении таких практически важных вопросов, как разработка и испытание средств профилактики неблагоприятного влияния невесомости на организм человека.

Таким образом, сложная проблема изучения невесомости как экстремального фактора, реально невоспроизводимого в наземных условиях, основывается на синтезе прямых, т. е. получаемых при космических полетах человека, и косвенных экспериментальных данных. Такого рода синтез представляет собой наиболее плодотворный путь, способный обеспечить прогресс в деле успешного освоения человеком космического пространства.

Механизмы адаптации к невесомости. В настоящее время накоплен обширный экспериментальный материал, характеризующий многообразные реакции организма человека на невесомость и ее лабораторные модели. Существует и целый ряд концепций относительно вероятных механизмов формирования этих реакций. Наиболее распространенные из них связывают возникновение всей совокупности изменений со стороны организма с отсутствием весовой нагрузки на костно-мышечную систему, а также с первичным влиянием невесомости на функцию афферентных систем и распределение жидкой среды в организме.

Переход к состоянию невесомости, по существу, означает функциональную деафферентацию обширных рецепторных полей, которые в наземных условиях реагируют на гравитационные силы и в значительной мере обеспечивают функцию пространственного анализа, пространственной координации движений, а также регуляцию постоянства внутренней среды организма. К числу этих рецепторных полей в первую очередь относятся:

– отолитовая часть вестибулярного аппарата, которая является специфическим гравирецептором и обеспечивает восприятие гравитационной вертикали;

– кожа;

– проприоцептивный аппарат опорно-двигательной системы. Значение баро-, механо– и волюморецепторов сосудистого русла и внутренних полостей, заполненных подвижными органами, в создании специфического для действия силы тяжести комплекса ощущений еще недостаточно изучено. Однако нельзя сомневаться в участии этих видов рецепции в общей реакции на невесомость и формировании тех новых взаимоотношений, которые устанавливаются между афферентными системами в этом состоянии.

Изменения в деятельности афферентных систем состоят в возникновении специфических субъективных ощущений («легкости тела», падения, подъема, переворота, вращения), которые характеризуются различной выраженностью, длительностью и приобретают разнообразную эмоциональную окраску (страх, радость) в зависимости от индивидуальных особенностей, опыта и тренированности испытуемого. Основное

содержание этих ощущений состоит в утрате представлений о направлении гравитационной вертикали и пространственном положении тела, в особенности при отсутствии зрительного и тактильного контроля. Хотя зрительный анализатор в безопорном состоянии остается единственным информационным каналом, обеспечивающим пространственную ориентировку, он также может оказаться, особенно в первоначальный период пребывания в невесомости, источником возникновения иллюзорных ощущений пространственного расположения окружающих предметов, что выражается в кажущемся смещении рассматриваемых объектов и «промахивании» при попытках их достижения.

Изменение взаимоотношений в деятельности афферентных систем в состоянии невесомости рассматривается также в качестве одной из возможных причин возникновения симптомов, характерных для болезни движения или укачивания.

Существует, в частности, мнение, что длительное постоянное возбуждение отолитовых рецепторов вестибулярного аппарата подавляет реакции с полукружных каналов. С этой точки зрения функциональная деафферентация отолитового прибора должна способствовать растормаживанию рефлексов с полукружных каналов и повышать их чувствительность к воздействию угловых ускорений.

К объяснению вегетативных проявлений вестибулярного происхождения может быть привлечен также закон **Вебера – Фехнера.** Поскольку постоянно действующая величина адекватного раздражителя вестибулярного аппарата при переходе к невесомости уменьшается, его чувствительность к ускорениям в этом состоянии в соответствии с законом Вебера – Фехнера должна быть выше, чем в наземных условиях. Действительно, резкие движения головой и туловищем в начале полета вызывали у некоторых космонавтов головокружение и другие сенсорные реакции, которые на Земле обычно проявлялись при более сильном воздействии, например при вращении на кресле Барани. Впрочем, возникновение тошноты и рвоты, характерных для болезни движения, может в состоянии невесомости определяться не только характером вестибулярной афферентации. Существует предположение, что необычное распределение газов и жидкостей в различных областях пищеварительного тракта в невесомости может провоцировать тошноту. В экспериментах на делабиринтированных собаках показано, что возбудимость рвотного центра при действии угловых ускорений может повышаться и за счет интероцептивной афферентации, исходящей от органов брюшной полости. Была также выдвинута гипотеза об участии гемодинамического механизма, связанного с увеличением кровенаполнения черепно-мозговых сосудов, в генезе вестибуловегетативных расстройств.

Со стороны соматического компонента вестибулярной реакции (нистагм) и порогов чувствительности вестибулярного аппарата к неадекватным раздражениям (к постоянному току) в условиях длительной невесомости не было выявлено существенных отличий от данных предполетного периода. Вместе с тем при кратковременной невесомости на самолете нистагм в ответ на вращательную пробу и электростимуляцию подавлялся. На основании этих фактов исследователи рассматривают невесомость как своеобразный «минус-раздражитель» отолитового аппарата. Отсутствие калорического нистагма в невесомости имеет иную причину и связано с тем, что конвекция любых жидкостей, в том числе и эндолимфы, в этом состоянии физически невозможна.

Полеты на орбитальных станциях, проведенные в последние годы, показали, что по мере адаптации к невесомости нарушения, связанные с действием ускорений, возникающих при перемещении космонавтов в кабине и при исследованиях на

вращающемся кресле, полностью исчезают. С другой стороны, появились сообщения о возникновении вестибулярных расстройств после завершения длительных космических полетов, в то время как изменения со стороны пороговой чувствительности отолитового аппарата к линейным ускорениям отсутствовали. Таким образом, продолжение исследований по оценке вестибулярной функции в космическом полете остается актуальной задачей, в особенности применительно к разработке систем искусственной весомости.

Одним из проявлений уравновешивания организма с внешней средой в состоянии невесомости может быть изменение функционального состояния рецепторных образований. Нейрофизиологическая основа этого процесса может состоять в развитии адаптации рецепторов или изменении их «настройки» в результате центробежных влияний. Если допустить, что длительное отсутствие гравитационных стимулов также сопровождается изменением чувствительности соответствующих рецепторных образований, то возникает вопрос: в какой мере обратимы эти изменения? Стойкие изменения функционального состояния рецепторов способны неблагоприятно отразиться на переносимости стрессовых воздействий, характерных для космического полета, и на течении послеполетного периода.

Анализ особенностей процесса реадаптации у космонавтов, а также наблюдения, проведенные при длительной гиподинамии, свидетельствуют об изменениях со стороны общей реактивности, регуляции вегетативных и двигательных функций. Происхождение упомянутых сдвигов трудно связать исключительно с изменениями рецепторного, афферентного звена рефлекторной дуги, но в принципе такая связь возможна.

Несовершенством обратной афферентации можно объяснить нарушения координации движений в статике и динамике после окончания космических полетов.

С изменением функционального состояния рецепторов можно связать и некоторые особенности регуляции водного обмена у космонавтов в полете и послеполетном периоде.

На функциональное состояние организма в длительном космическом полете немаловажное влияние может оказать также уменьшение потока внешних раздражений, связанное с отсутствием гравитационных стимулов и с однообразными условиями обитания в замкнутом пространстве кабины космического корабля, недостатком привычных колебаний параметров внешней среды и т. д. Хотя опыт проведенных космических полетов не выявил отчетливых ограничений, вытекающих из этого фактора, при дальнейшем увеличении продолжительности он может привести к изменениям общего психического тонуса, эмоционального настроя, самочувствия и работоспособности космонавтов. Так, в исследованиях с длительной гиподинамией, при которых однообразие внешней обстановки, пребывание в вынужденной позе, существенное изменение стереотипа повседневной деятельности также являлись причиной обеднения афферентного фона, довольно часто отмечается возникновение неустойчивого настроения испытуемых, раздражительности, навязчивых идей, конфликтных ситуаций, а в отдельных случаях и психических расстройств. Естественно, в генезе этих реакций нельзя исключить значения типологических особенностей испытуемых и разнообразных эндогенных факторов.

Таким образом, первичное влияние невесомости на функцию афферентных систем приводит к развитию многообразных сенсорных, двигательных, вегетативных и психологических реакций, отдельные из которых способны снизить эффективную роль человека в выполнении космической программы и осложнить течение периода

реадаптации. Значение изменений со стороны интероцептивной афферентной системы более подробно будет рассмотрено в связи с описанием других первичных механизмов влияния невесомости на организм.

Распределение жидкости в системе эластичных резервуаров определяется законами гидростатики. Гидростатическое давление, величина которого пропорциональна высоте столба жидкости и ее удельному весу, воздействуя на стенки резервуара, вызывает их растяжение и соответствующее перераспределение объемов жидкости вниз. Такого рода закономерность проявляется и в распределении биологических жидкостей (главным образом, крови) у человека и животных в наземных условиях. Пребывание в вертикальном положении сопровождается относительным депонированием некоторого объема крови в нижней половине тела, снижением венозного возврата к сердцу, систолического выброса и комплексом соответствующих компенсаторных реакций.

Ходьба, бег, прыжки, изменения положения тела в пространстве меняют величину и направление гравитационных смещений крови у человека, благодаря чему организм находится в состоянии постоянной готовности к включению компенсаторных реакций, связанных с действием гидростатического фактора. Постоянное пребывание в горизонтальном положении уменьшает величину и изменяет направление гидростатических сил, а погружение в воду способствует их нейтрализации. Поскольку вода через мягкие ткани оказывает эквивалентное противодавление на сосудистые стенки, депонирования крови в нижней половине тела даже при вертикальной позе не происходит. В состоянии невесомости действие гидростатического давления снимается полностью.

Результатом всех этих процессов оказывается перемещение некоторого объема крови из нижней половины тела в верхнюю. Существует мнение, что перераспределение жидкой среды в организме является наиболее важной биологической реакцией на гравитацию. Многие космонавты испытывали в состоянии невесомости ощущение прилива крови к голове. Оно уменьшалось при «закрутке» корабля, если космонавт располагался вдоль радиуса вращения и головой по направлению к его центру. Гиперемия кожных покровов лица, развитие отечности носоглотки и тканей лица в условиях невесомости также могут быть поставлены в связь с перераспределением крови. Электроплетизмографические исследования, проведенные при кратковременной невесомости на самолете, выявили увеличение кровенаполнения сосудов органов грудной клетки. В полете экипажей на орбитальных станциях обнаружено повышение давления в системе яремных вен, а также развитие венозного застоя в бассейне черепно-мозговых сосудов.

Объективные признаки перераспределения крови регистрируются и в экспериментах с имитацией невесомости. Например, при длительном пребывании на постельном режиме выявлена застойная дилятация сосудов глазного дна.

Относительное возрастание центрального объема крови при снижении гидростатического давления составляет у человека, по данным *Д. Гауэра* и соавторов, приблизительно 400 см^2. Оно является пусковым механизмом рефлекса, приводящего к изменениям водно-солевого обмена, потере плазмы и уменьшению общего объема циркулирующей крови до величины, при которой заполнение кровью центральных вен возвращается к гомеостатической норме. Рецепторная зона этого рефлекса локализована преимущественно в области левого предсердия. *Д. Гауэр* и *В. Генри* установили, что дыхание под отрицательным давлением и раздувание левого предсердия за счет сужения просвета митрального клапана резиновым баллоном увеличивают диурез у собак с 5 мл за 10 мин в норме до 13–21 мл за 10 мин. Импульсация от обнаруженных ими

волюморецепторов левого предсердия поступает по вагусу в продолговатый мозг, а затем в супраоптическую область гипоталамуса, затем в нейрогипофиз, где осуществляется секреция антидиуретического гормона. Последний накапливается в нейрогипофизе и при поступлении в кровь, помимо антидиуретического, оказывает вазопрессорное действие, поэтому его называют также вазопрессином. Растяжение левого предсердия при увеличении венозного притока к сердцу тормозит секрецию антидиуретического гормона, что ведет к уменьшению реабсорбции воды и натрия в почках, возрастанию диуреза и потере плазмы. Большое значение в регуляции водно-солевого равновесия придается также механизму осморецепции и выработке в коре надпочечников альдостерона, который усиливает реабсорбцию натрия. Регуляция секреции альдостерона осуществляется, в частности, при участии рецепторов правого предсердия. Вместе с тем в конкуренции объемного и осмотического механизмов регуляции массы циркулирующей крови первому придается более важное значение, поскольку при нарушении постоянства ее объема осмотический механизм может уже не проявлять себя. Гормональные изменения, отмеченные в многосуточном космическом полете, включали в себя уменьшение концентрации в моче антидиуретического гормона, возрастание активности ренина в плазме крови и концентрации альдостерона в моче.

В экспериментах с лабораторной имитацией невесомости потеря плазмы составляла от 300 до 800 мл. При проведении орбитальных полетов у космонавтов также обнаруживалось снижение объема циркулирующей плазмы на 100–500 мл.

Одновременно с полиурией, обусловленной возрастанием центрального объема крови, судя по опыту лабораторных исследований и космических полетов, уменьшается жажда и устанавливается отрицательный водный баланс. Процессы перестройки водно-солевого обмена и развитие относительной дегидратации протекают довольно быстро, преимущественно в течение первых двух суток воздействия, а затем водный обмен устанавливается на новом, более низком балансовом уровне. Уменьшаются интенсивность диуреза, количество потребляемой жидкости, а также скорость обновления воды.

Обусловленное потерей плазмы сгущение крови сопровождается возрастанием показателей гематокрита и вязкости, хотя в дальнейшем может происходить и уменьшение массы эритроцитов. В результате соотношение форменных элементов крови и плазмы нормализуется. Снижение общей массы гемоглобина, отмеченное при послеполетном обследовании космонавтов, обусловлено подавлением эритропоэза и, как показали лабораторные исследования с имитацией невесомости, становится более выраженным, по мере того как возрастает перераспределение крови из нижней половины тела в верхнюю. В поздние сроки экспериментального моделирования невесомости намечается тенденция к восстановлению объема циркулирующей крови. Механизм этого процесса неясен, однако его можно связать с развитием вторичного альдостеронизма или с изменением других механизмов регуляции водного обмена.

Потеря жидкости служит одной из причин снижения веса тела, которое неоднократно регистрировалось в послеполетном периоде. Величина этого снижения составляла в среднем от 2 до 5 % от исходного веса тела, не зависела от продолжительности воздействия и относительно быстро компенсировалась за счет увеличенного потребления воды и пониженного диуреза. Отмечено, правда, что по мере увеличения продолжительности полетов восстановление веса происходило медленнее, что, вероятно, связано с изменением структуры потерь веса и увеличением доли тканевых потерь.

Патогенетическая связь описанных изменений водного обмена с гидростатическим фактором была подтверждена также исследованиями, проведенными на иммерсионной модели невесомости. Оказалось, что уменьшение величины компенсирующего противодавления воды на нижнюю часть тела, при котором действие гидростатического давления крови восстанавливалось, уменьшало диурез, увеличивало жажду, а тем самым эффективно предотвращало дегидратацию и снижение веса тела. Кроме того, было показано, что положение сидя или подъем головного конца кровати на 6° по отношению к горизонтали предотвращали развитие отрицательного водного баланса или потерю общей воды в организме, которые обычно возникают при имитации невесомости методом антиортостатической гиподинамии.

Одним из важных последствий изменений распределения крови при антиортостатической модели невесомости является сдвиг в сторону метаболического ацидоза в крови, оттекающей от мозга. С явлениями ацидоза связываются функциональные сдвиги со стороны вестибулярного, зрительного и вкусового анализаторов, обнаруженные в этом исследовании.

Еще одним специфическим результатом отсутствия гидростатического давления может быть возникновение изменений венозного тонуса (особенно на нижних конечностях), регуляция которого в наземных условиях в значительной мере определяется колебаниями гидростатического давления. В частности, в экспериментах с имитацией невесомости меняются упругоэластичные свойства вен, лишенных этого привычного раздражителя. Возрастает их ригидность, ухудшается растяжимость и сократимость. Эта закономерность подтверждается и результатами послеполетного обследования космонавтов, хотя во время полета при воздействии отрицательного давления обнаружено возрастание растяжимости сосудов на ногах.

Патогенез других изменений сердечно-сосудистой системы в невесомости и при ее лабораторном моделировании более сложен и не может быть в столь определенной степени поставлен в зависимость только от отсутствия гидростатического давления крови.

Теснее всего, хотя и не полностью, связано с этим механизмом ухудшение постуральных реакций сердечно-сосудистой системы. Снижение ортостатической устойчивости обнаружилось уже после первых космических полетов человека. В дальнейшем это наблюдение многократно подтверждалось. Ортостатические нарушения закономерно проявляются и после экспериментов с водной иммерсией и постельным режимом.

Происхождение ортостатических расстройств связывается, в частности, с явлениями дегидратации, а точнее, с уменьшением общего объема циркулирующей крови, поскольку оно усугубляет снижение венозного возврата крови к сердцу при вертикальном положении тела. Следует заметить, что дегидратация любого происхождения (кровопускание, ограниченное потребление воды, тепловой стресс) отрицательно сказывается на переносимости воздействий, связанных с перераспределением крови к ногам. Правда, не все авторы находят четкую корреляцию между степенью дегидратации или уменьшением объема циркулирующей крови, с одной стороны, и выраженностью ортостатических нарушений – с другой, так что этот механизм не является единственным в формировании ортостатической неустойчивости. Большое значение в генезе ортостатических расстройств придается также снижению мышечного тонуса, в особенности на нижних конечностях, утомлению, емкости венозного депо в нижней половине тела, проницаемости сосудистых стенок и выходу плазмы в межклеточное пространство, особенностям нервно-гуморальной регуляции функций в вертикальном

положении. Установлено, что ортостатические расстройства после полета бывают более выраженными у тех космонавтов, у которых устойчивость к вертикальной позе была относительно ниже и перед полетом.

Однонаправленность сдвигов при имитации невесомости и ортостатических воздействиях создает предпосылки для суммации эффектов в период перехода к вертикальному положению после окончания гиподинамии. Быстрее исчерпываются компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы и наступает срыв компенсации (предколлаптоидное состояние). Дальнейшее развитие декомпенсации выражается в падении минутного объема, нарушении мозгового кровообращения и появлении обморока.

Наличие связи между изменениями, которые возникают со стороны сердечно-сосудистой системы при имитации невесомости и при ортостатических пробах, позволяет по выраженности сдвигов, зарегистрированных в покое, судить об ожидаемых изменениях ортостатической устойчивости. Еще большие возможности для такого прогнозирования открываются в случае использования функциональных проб, воспроизводящих дозированное затруднение возврату венозной крови к сердцу. Обнаружена, в частности, высокая корреляция между реакциями на ортостатическую пробу и пробу *Вальсальва.* Особенно информативной является проба с воздействием отрицательного давления на нижнюю половину тела, которая используется во время самого полета, а также при предполетном и послеполетном обследовании космонавтов.

Причины возникновения неустойчивости к этим нагрузкам после имитации или действия реальной невесомости состоят, таким образом, не только в развитии дегидратации, но и в изменениях функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Дегидратация, обусловленная отсутствием или снижением гидростатического давления крови, по-видимому, является также одной из причин ухудшения переносимости ряда других стрессовых воздействий, в частности ускорений и физических нагрузок. Во всяком случае, экспериментальное обезвоживание на величину, составлявшую более 4 % веса тела, привело к нарушениям со стороны изометрического мышечного сокращения, физической работоспособности и переносимости продольных ускорений.

Приведенные данные позволяют констатировать, что конечные эффекты, вытекающие из механизма перераспределения крови в состоянии невесомости, весьма серьезны. Понятно поэтому то большое значение, которое в настоящее время придается разработке мероприятий по профилактике изменений, связанных с отсутствием гидростатического давления крови в невесомости.

Снятие весовой нагрузки на опорно-двигательный аппарат в условиях невесомости служит причиной возникновения системных сдвигов, патофизиологической основой которых является «неупотребление» органов.

Отсутствие необходимости в активном противодействии гравитационным силам и поддержании позы, уменьшение мышечных затрат на перемещение тела и отдельных его частей в пространстве теоретически должно приводить к снижению энергообмена и уменьшению требований к системе транспорта кислорода. Недогрузка мышечной системы и опорных структур, существенная перестройка двигательной координации в безопорном состоянии, кроме этого, создают предпосылки для изменений метаболизма, нарушений

нейрогуморальных механизмов регуляции соматических и вегетативных функций и развития так называемого синдрома гиподинамии.

В длительных наземных исследованиях с пребыванием испытуемых на постельном режиме и контролируемым ограничением двигательной активности, ее пространственных (гипокинезия) и силовых (гиподинамия) компонентов чаще всего наблюдается снижение основного обмена в пределах от 3–7 до 20–22 %. Единичные измерения величины газообмена и легочной вентиляции во время космических полетов не дают оснований для окончательных выводов, поскольку отмечено как увеличение, так и уменьшение потребления кислорода.

Выполнение ряда рабочих операций внутри и вне кабины космического корабля осложнено отсутствием привычной опоры и требует существенной перестройки координации движений. В результате мышечные и энергетические затраты на эти операции могут в состоянии невесомости возрасти по сравнению с наземными условиями.

Исследование энергетической стоимости локомоций, выполняемых в условиях экспериментально воспроизводимой гипогравитации, показало снижение энерготрат на выполнение одинаковых по характеру движений по мере уменьшения «веса». Энерготраты американских космонавтов при работе на поверхности Луны (1/6 G) в специальном скафандре составляли в среднем 220–300 ккал/ч, что эквивалентно ходьбе без всякого снаряжения в наземных условиях со скоростью 5 км/ч.

Снижение энергетического метаболизма является одной из причин уменьшения потребности в пище. Такие наблюдения проведены, в частности, в опытах с водной иммерсией и гиподинамией.

К числу специфических последствий гиподинамии относятся и изменения со стороны опорно-двигательного аппарата.

Деминерализация костной ткани, которая неоднократно регистрировалась в наземных исследованиях с гиподинамией и после окончания реальных космических полетов, по-видимому, является следствием снижения весовой нагрузки на скелет.

Нельзя исключить возможности изменений механической прочности скелета вследствие его декальцинации. Снижение нагрузки на опорно-двигательный аппарат уменьшает эритропоэтическую функцию костного мозга.

Недостаточная нагрузка на мышечную систему (даже при кратковременной невесомости выражается отчетливым снижением биоэлектрической активности мышц шеи, спины и бедра) приводит к уменьшению объема мышц и периметров нижних конечностей. Это явление, вероятно, связано с развитием атрофических процессов в мышцах, хотя в начальной фазе полета быстрое уменьшение периметров может зависеть и от уменьшения кровенаполнения нижних конечностей. Одновременно перестраивается белковый обмен, возникает отрицательный азотистый баланс. Уменьшается также общее содержание калия в организме, что свидетельствует о распаде мышечных белков.

Невесомость и экспериментальная гиподинамия приводят к уменьшению тонуса мускулатуры, мышечной силы, выносливости и физической работоспособности.

Уменьшение мышечного тонуса, физической напряженности и энергообмена в состоянии гиподинамии сопровождается развитием детренированности сердечно-сосудистой системы, что, в свою очередь, ухудшает переносимость различных нагрузок.

Большинство авторов констатируют замедление процесса нормализации частоты пульса после воздействия перегрузок и в первые часы пребывания в состоянии невесомости, что, по-видимому, является следствием своеобразной ориентировочной реакции на новизну обстановки и нервно-эмоциональное напряжение. Когда значение эмоционального фактора снижалось, нормализация частоты пульса протекала быстрее. Таким образом, относительная тахикардия в первые часы воздействия невесомости не является результатом ее специфического влияния на сердечно-сосудистую систему. В пределах 5-суточного срока пребывания в невесомости наиболее характерно урежение частоты пульса и увеличение его колеблемости, что связывают с относительным повышением тонуса блуждающего нерва. При более продолжительных полетах после первоначального снижения и последующей стабилизации частоты пульса намечалась тенденция к повышению этого показателя. Аналогичная зависимость проявляется и в экспериментах с имитацией невесомости. Для более продолжительных сроков гиподинамии характерно увеличение частоты пульса.

Обнаруженные в условиях длительной гиподинамии изменения частоты пульса рассматриваются многими авторами как проявление функциональной недостаточности вагуса и связанного с ней преобладания симпатических эффектов в регуляции сердечной деятельности.

Аналогичные изменения соотношений между симпатическими и парасимпатическими влияниями на сердечно-сосудистую систему обнаруживаются в реакциях артериального давления. В экспериментах с имитацией невесомости после первоначального снижения артериального давления в дальнейшем могут наблюдаться как гипотензивный, так и гипертензивный типы реакций с общей тенденцией к возрастанию артериального давления и снижению пульсового давления. В длительных полетах обнаружено повышение артериального давления, что рассматривается как результат высокого рабочего и эмоционального напряжения.

Электрокардиографические исследования, проведенные в условиях космических полетов, не выявили существенных изменений зубцов и интервалов электрокардиограммы. Ряд авторов отмечают, правда, некоторое удлинение времени предсердно-желудочковой или внутрижелудочковой проводимости и тенденцию к снижению амплитуды зубца Т, что свидетельствует об отклонениях со стороны функции проводимости и интенсивности обменных процессов в сердечной мышце в состоянии невесомости. Появление положительного феномена *Хеклина,* а также случаи экстрасистолии и даже бигемении, имевшие место у американских космонавтов, укладываются в картину гипокалиемии, что находит подтверждение в данных о возникновении отрицательного баланса калия во время космических полетов. В опытах с длительной гиподинамией также обнаружены позиционные сдвиги, замедление внутрисердечной проводимости и снижение амплитуды зубцов R и T. В грудных отведениях выявляется синдром $T_{v-1} > T_{v-6}$, что связывают с увеличением венозного притока к сердцу.

Изменения фазовой структуры сердечного цикла в исследованиях с имитацией невесомости часто укладываются в симптомокомплекс, который *В. Л. Карпман* именует фазовым синдромом гиподинамии сердца. Отдельные сдвиги, свидетельствующие об уменьшении механической активности сердечной мышцы, выявлены и в условиях

космического полета. К их числу относятся уменьшение амплитуды и продолжительности колебательных циклов сейсмокардиограммы, возрастание электромеханической задержки, механоэлектрического коэффициента и механосистолического показателя, а также увеличение периода напряжения и уменьшение периода изгнания. Вскоре после приземления у космонавтов в отдельных случаях зарегистрированы признаки ухудшения сократительной функции миокарда.

Изучение таких гемодинамических показателей, как величина систолического и минутного объемов крови, периферического сопротивления в условиях невесомости, было начато еще при полетах орбитальных станций «Салют». У космонавтов были отмечены признаки как уменьшения, так и увеличения систолического и минутного объемов. Ранее при исследованиях, проведенных во время кратковременной невесомости на самолете, было обнаружено замедление скорости кровотока. При функциональных пробах с физической нагрузкой во время полета отмечены более низкие, чем до полета, величины минутного объема крови.

В модельных экспериментах, по мнению большинства исследователей, систолический объем крови уменьшается. Периферическое сопротивление в условиях гиподинамии возрастает, но может и уменьшаться. В космических полетах сопротивление сосудов менялось в соответствии с динамикой выброса крови. Разноречивы сведения о скорости распространения пульсовой волны по аорте и артериям мышечного типа. Имеются сообщения об отсутствии закономерных изменений этого показателя, его увеличении или, наоборот, снижении. Следует отметить, что для большинства описанных изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы характерна фазовость, что отчасти объясняет разноречивость оценок относительно направленности некоторых сдвигов.

Основываясь на материалах, полученных в реальных космических полетах, различают последовательные **фазы адаптации сердечно-сосудистой системы** к невесомости. Переходные реакции, связанные с нормализацией показателей после действия перегрузок, сменяются реакциями «разгрузочного» характера и последующей стабилизацией на уровне, отражающем преобладание парасимпатических эффектов в регуляции кровообращения. Однако учитывая опыт лабораторных исследований и полетов, можно заключить, что на этом процесс адаптации не заканчивается. При длительных полетах возможно появление гиподинамически обусловленных реакций, включающих в себя преобладание симпатических эффектов, развитие фазового синдрома гиподинамии миокарда и детренированности сердечно-сосудистой системы.

Общие циркуляторные сдвиги, связанные с гиподинамией и снижением гидростатического давления крови, сопровождаются и изменениями регионарного кровообращения, в частности развитием венозного застоя. После полетов с помощью реографической методики обнаружена асимметрия тонуса мозговых артериол и вен. Нарушения мозговой гемоциркуляции рассматриваются в качестве причины ряда неврологических расстройств при длительной гиподинамии. Последние характеризуются симптомами межполушарной асимметрии и правосторонней пирамидной недостаточности. Асимметрия сухожильных рефлексов с правосторонним преобладанием выявлена и после космических полетов.

Изменяется и биоэлектрическая активность мозга, что авторы объясняют уменьшением функциональной подвижности корковых процессов и активирующего влияния ретикулярной формации. К числу других вероятных неврологических нарушений

относят вегетативно-сосудистую дисфункцию, астеноневротический синдром и синдром нейромышечных нарушений.

Условия реального космического полета ограничивают возможности проведения широких исследований обмена веществ, а также крови, мочи и других биологических субстратов. Чаще всего о воздействии невесомости судят по данным послеполетных обследований, хотя трактовка зарегистрированных изменений в ряде случаев затруднена.

В длительных полетах на орбитальных станциях обнаружено снижение числа лейкоцитов и ретикулоцитов, а после приземления отмечались признаки торможения гемопоэза (уменьшение числа ретикулоцитов на 34 %, эритроцитов на 15,2 %, общей массы гемоглобина на 14–23, 6-34 %). К 7-12 суткам реадаптационного периода число ретикулоцитов возрастало почти в 3,5 раза, что сопровождалось постепенным повышением числа эритроцитов и массы гемоглобина.

Увеличение СОЭ, возникновение нейтрофильного лейкоцитоза с лимфо– и эозинопенией, которые довольно часто регистрируются у космонавтов в послеполетном периоде, можно рассматривать как проявление реадаптационного стресса. Об этом, в частности, свидетельствует увеличение концентрации кортикостероидов и катехоламинов в крови и повышение их экскреции с мочой после полета. Напротив, в состоянии невесомости и в процессе проведения модельных экспериментов обнаруживается снижение активности кортикоадреналовой системы.

Сведения о влиянии невесомости и имитирующих ее условий на свертываемость крови разноречивы.

Характер двигательной активности и питания в условиях невесомости влияет на состояние липоидного обмена, о чем можно судить по увеличению содержания в крови холестерина, лецитина и неэстерифицированных жирных кислот.

Изменения белкового обмена, обусловленные явлениями мышечной атрофии и связанные, по-видимому, со снижением ресинтеза белка и скорости включения в него аминокислот, проявлялись у космонавтов в повышении содержания мочевины в крови и в усиленном выведении креатинина с мочой. Важным проявлением изменений белкового обмена служит и снижение синтеза гемоглобина в космическом полете.

Деминерализация костной ткани сопровождается усиленной экскрецией кальция в космическом полете и опытах с имитацией невесомости.

Общая астенизация и довольно выраженные изменения метаболизма, связанные с гиподинамией, сопровождаются снижением иммунологической резистентности и повышением вероятности заболеваний в космическом полете. Увеличение микробной обсемененности кожных покровов и слизистых оболочек создает дополнительные основания для подобных опасений.

Таким образом, снятие весовой нагрузки на костно-мышечный аппарат является самостоятельным и весьма важным пусковым механизмом в развитии разнообразных нарушений, обусловленных невесомостью. Целостная картина изменений, возникающих в состоянии организма человека под влиянием невесомости или имитирующих ее действие условий, включает в себя сложный комплекс реакций со стороны сердечно-сосудистой, костно-мышечной систем, системы крови, обменных функций, механизмов нервной и гуморальной регуляции, общей реактивности и иммунитета, состояния анализаторной и

высшей нервной деятельности. Поскольку упомянутые реакции являются преимущественно выражением адаптационных сдвигов, они, как правило, не накладывают сколько-нибудь существенных ограничений на общее состояние и работоспособность космонавтов в процессе самого полета. Тем не менее имеющиеся научные данные не позволяют полностью исключить возможность развития более серьезных изменений при продолжительных полетах (большей выраженности деструктивных процессов, астенизации, возникновения заболеваний, требующих специализированной медицинской помощи, понижения физической и умственной работоспособности).

В настоящее время наиболее критической формой проявления сдвигов, обусловленных влиянием невесомости на организм человека, являются нарушения, которые возникают в реадаптационном периоде. Основные из них состоят в снижении переносимости перегрузок, вертикальной позы, ухудшении физической работоспособности, координации ходьбы и других двигательных актов. Поэтому одной из важных в научно-практическом отношении задач медицинского обеспечения длительных космических полетов является разработка и внедрение системы мероприятий по профилактике расстройств, возникающих у космонавтов при возвращении на Землю.

Наиболее перспективные направления профилактических воздействий определяются механизмами формирования изменений, происходящих в невесомости. На достаточно упрощенной схеме патогенеза нарушений, обусловленных влиянием невесомости (рис. 3.4), показаны некоторые из возможных направлений и средств профилактики (звенья патогенеза и связь между ними обозначены тонкими линиями и стрелками, профилактические средства и направления их воздействия – жирными линиями и стрелками).

Наиболее естественным и практически осуществимым является применение профилактических воздействий на такие первичные, пусковые эффекты невесомости, как снятие гидростатического давления крови и весовой нагрузки на опорно-двигательный аппарат. В случае достаточно надежного блокирования этих первичных эффектов можно рассчитывать на прерывание цепи вторично обусловленных сдвигов, в том числе и тех, которые вызывают наибольшую озабоченность в реадаптационном периоде. Значительно более сложен выбор метода профилактики сдвигов, связанных с изменениями в деятельности афферентных систем. Самым радикальным решением всех проблем выглядит введение искусственной гравитации на космических кораблях, однако в настоящее время еще не накоплено достаточного количества обоснований в пользу этого решения и не проведена оценка возможных побочных эффектов длительного пребывания в постоянно вращающейся системе, чтобы оправдать необходимость в ее разработке. Тем не менее поиски оптимальных параметров системы искусственной гравитации (радиуса, угловой скорости вращения, минимально эффективной величины радиального ускорения) проводятся.

Наиболее логичный путь профилактики последствий необычного распределения крови, связанного с отсутствием гидростатического давления, состоит в искусственном воспроизведении эффекта гидростатического давления. С этой целью в экспериментах с водной иммерсией и постельным режимом были испытаны следующие средства и методы: надувные манжеты на конечностях, дыхание под избыточным давлением и воздействие отрицательного давления на нижнюю половину тела.

Изучались также эффекты, достигаемые использованием центрифуги с коротким радиусом, в которой действие продольных перегрузок имитировало гидростатическое давление, но одновременно оказывало влияние на костно-мышечную систему и

гравирецепцию. К рассматриваемой группе средств относятся также воздействия, обеспечивающие инерционные смещения крови вдоль магистральных сосудов при ударных нагрузках, действующих в направлении продольной оси тела.

Рис. 3.4. Схема патогенеза нарушений, обусловленных влиянием невесомости *(по: И. Д. Пестов, 1979)*

Профилактические воздействия на некоторые промежуточные звенья этой патогенетической цепи могут осуществляться с помощью фармакологических и гормональных препаратов, а конечные эффекты (снижение ортостатической устойчивости после полета) – с помощью средств, оказывающих избыточное давление на нижнюю половину тела.

Таким образом, в отношении профилактики последствий гиподинамического синдрома существует вполне реальная конструктивная основа, состоящая в создании постоянной (с помощью нагрузочных костюмов) и переменной (посредством выполнения комплексов упражнений на специальных тренажерах) нагрузки на костно-мышечный аппарат, использовании фармакологических препаратов и средств неспецифической профилактики.

Разумеется, действие большинства описанных выше профилактических средств не является строго избирательным, часто распространяется на смежные звенья патогенеза и, таким образом, выходит за рамки предложенной классификации, которая подчеркивает лишь преимущественные эффекты, на которые рассчитано то или иное средство. К примеру, действие отрицательного давления на нижнюю половину тела, помимо перераспределения крови, сопровождается также осевой нагрузкой на организм, величина и точки приложения которой определяются особенностями конструкции вакуумной емкости. Кроме того, декомпрессия нижней половины тела способна воспроизводить и ощущения, характерные для действия силы тяжести. Применение вакуумной емкости при постельном режиме вызывает, в частности, ощущение пребывания в вертикальной позе. Другим примером профилактического воздействия, обладающего широким спектром и адресованного, по существу, ко всем пусковым механизмам изменений, связанных с невесомостью, служит применение бортовых центрифуг с коротким радиусом. Тем не менее на современном уровне знаний, теоретической и технической вооруженности достижение относительно гармоничного профилактического эффекта может быть обеспечено лишь комплексом профилактических воздействий, адресованных различным звеньям патогенетической цепи.

3.5. Влияние вибраций

Вибрация – механические колебания материальных точек или тел. Простейшим видом вибрации является гармоническое колебание, графически изображаемое синусоидой.

Виброускорение, или виброперегрузка, – это максимальное изменение скорости колебаний в единицу времени, обычно выражается в см/с^2.

В практике авиационной и космической медицины чаще применяют единицы ускорения, кратные ускорению свободного падения g. Вибрация характеризуется амплитудой и частотой, из которых выводят скорость и ускорение. Частота вибрации – число колебаний в единицу времени, измеряется в герцах (Гц). (Герц – единица частоты, равная одному колебанию в секунду.) Важным параметром вибрации является ее интенсивность, или амплитуда. Если вибрация представляет собой простое синусоидальное колебание около неподвижной точки, то амплитуда определяется как максимальное отклонение от этой позиции (измеряется в миллиметрах).

Физические характеристики вибрации кабины космического корабля изучены недостаточно полно. Частота вибрации, возникающей на активном участке, составляет около 50 Гц. Виброперегрузка при этом не превышает 1 g. Главные частоты вибрации конструкций больших космических аппаратов обычно лежат в диапазоне от 2 до 15 Гц.

Вибрация может передаваться человеку непосредственно при прикосновении к вибрирующим предметам и через промежуточные среды достаточной плотности (жидкость, твердые тела). Она может воздействовать на человека непосредственно через опорные поверхности, например ложемент космонавта, и через некоторые вторичные контактные предметы, такие как подголовник, рукоятки управления. Опосредованные воздействия вибрации проявляются в вибрации приборов и их стрелок в космическом корабле, что затрудняет считывание показаний во время запуска.

Считают, что вибрация воспринимается специфическими виброрецепторами во всех тканях тела и особенно в коже.

Тело человека – сложная вибрационная система с собственным резонансом. Некоторые анатомические структуры и органы на определенных частотах получают колебания большей амплитуды, чем другие. Установлено, что главный резонанс тела человека для вибрации в направлении вертикальной оси лежит в частотах 4–5 Гц. Различные ткани имеют резонансные частоты 12–24 Гц. Наиболее неприятны и даже опасны для здоровья вибрации резонансных частот. Усиление колебаний при резонансе обратно пропорционально демпфированию системы. При резонансе относительно малые силы на критической частоте вызывают большие колебания системы, что может привести к механическим повреждениям тканей и органов.

При длительном воздействии вибрации на организм человека развиваются местные и общие морфофункциональные изменения, что может обусловить так называемую вибрационную болезнь, при которой нарушаются функции различных систем организма.

По распространению в организме вибрации разделяют на общие и местные (локальные). В первом случае они вызывают заметное сотрясение всего организма, во втором – вовлекают в колебательные движения лишь его отдельные участки. Однако это не значит, что физиологическое действие локальных вибраций ограничивается участком их распространения в тканях. Поскольку колебательные движения раздражают периферические нервные образования, они неизбежно влияют на центральную нервную систему и рефлекторно могут изменять функции отдельных органов и тканей. Влияние на организм местной вибрации качественно отличается от воздействия общей вибрации.

Общая вибрация возникает на активном участке космического полета, когда колебания двигателя передаются на конструкцию ракеты, и иногда при аэродинамических воздействиях на космический корабль во время прохождения плотных слоев атмосферы.

Вибрация представляет собой общебиологический фактор, действующий на любые клетки организма, в том числе на кору головного мозга. Следовательно, чем шире распространяется вибрация по организму, тем больше тканевых, в частности нервных, элементов вовлекается в сферу ее воздействия.

Низкочастотные вибрации служат специфическим раздражителем вестибулярного аппарата, при длительном воздействии нарушающим его функции.

В ответ на постоянную низкочастотную вибрацию всего тела происходят разнообразные изменения в клетках и их биохимических компонентах, в моче и крови. Эти изменения, по-видимому, отражают неспецифическую реакцию на стресс-фактор. Адаптация к вибрационному фактору, вероятно, центральная, хотя возможно некоторое привыкание и на уровне рецепторов.

Вибрация близка к шуму не только по природе, но и по физиологическим эффектам. Она значительно отягощается действием шума.

Множество работ указывает на изменение под влиянием вибрации функций дыхания, сердечно-сосудистой системы, пищеварения, опорно-двигательного аппарата и т. д. Сердечно-сосудистые и сердечно-легочные реакции на вибрации средней интенсивности сводятся к таким же вегетативным сдвигам, как и при умеренной работе или эмоциональном напряжении: увеличение числа сердечных сокращений и дыхательных движений, легочной вентиляции и потребления кислорода.

Вибрации, действующие на организм в космическом полете, вполне переносимы человеком. Виброперегрузка при этом обычно не превышает 0,1 g, лишь в редких случаях достигая 1 g. Отрицательные влияния вибрации на организм снижаются путем применения демпфирующих устройств.

При профессиональном отборе необходимо учитывать индивидуальную реакцию организма на вибрационное воздействие.

3.6. Влияние длительных и интенсивных звуковых нагрузок

Шум – это беспорядочная совокупность звуковых волн различных частот и амплитуд, распространяющихся в воздухе и воспринимаемых ухом человека. Диапазон по частоте слышимых звуков для человека простирается от 16 до 20 тыс. Гц. Для практических целей этот диапазон ограничен от 50 до 10 тыс. Гц, как наиболее важный для слухового восприятия. Ухо человека безболезненно воспринимает звуковое давление в диапазоне от 2×10^{-5} Н/м^2 (порог слуха) до 20 Н/м^2. Разница верхнего и нижнего пределов составляет миллион единиц. Для удобства практического измерения и оценки шумов приняты не линейные единицы, а логарифмические – децибелы (дБ). Величина, характеризующая интенсивность шума или звука, получила название «уровень звукового давления шума» или просто «уровень шума». Это десятичный логарифм отношения измеренного звукового давления к стандартному (близкому к порогу слышимости чистого тона на частоте 1000 Гц), принятому за единицу сравнения.

Однако неблагоприятное воздействие шума зависит не только от уровня шума, но и от частотного состава, т. е. от того, как распределяется интенсивность по частотам (спектр шума). Наконец, вредность шума зависит от степени равномерности его воздействия с течением времени.

Технический прогресс привел к усложнению шумовых характеристик, к распространению шумов различной временной структуры. Известно, что до сих пор измерения проводились исходя из стабильности шумового процесса. Исчерпывающими характеристиками при этом являлись уровнеграммы и спектрограммы, которые позволяли сопоставить измеренный спектр шума с гигиеническими нормами и при необходимости внести поправку на суммарное время его действия. Однако часто в современных условиях трудно правильно оценить шум одномоментным измерением. Шумы ударного происхождения, так называемые импульсные, оценивались теми же приборами и методами, что и стабильные, часто одномоментными измерениями оценивались прерывистые, флюктуирующие и прочие непостоянные шумы. Все это приводило к невозможности сравнения и обобщения результатов, к разноречивости и отсутствию единого мнения исследователей о степени влияния шума на организм. Возникла необходимость выбора и обоснования унифицированной гигиенической оценки шумов различного характера.

Исследованиями установлено, что адекватным критерием для характеристики колебательного процесса (шума), воздействующего на живой организм, является его мощность. Отсюда наиболее правильно непостоянные шумы оценивать эквивалентным по энергии уровнем.

• В настоящее время все шумы подразделяют по **характеру спектра** на *широкополосные* и *тональные.* Широкополосные – с непрерывным спектром шириной более одной октавы, а тональные шумы имеют в спектре слышимые дискретные тона; тональный характер шума устанавливается измерением в 1/3-октавных полосах частот по протяжению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

• По **временным характеристикам** шумы подразделяют на *постоянные* и *непостоянные.* Постоянные – такие шумы, уровень звука которых за 8-часовой день меняется во времени не более чем на 5 дБА; непостоянные – чей уровень звука за 8-часовой день изменяется во времени более чем на 5 дБА.

Слух, как основная функция звукового анализатора, изучается с различных точек зрения, однако в профпатологическом аспекте главная из них – это исследование состояния слуха как показателя вредного влияния шума. Не вызывает сомнения, что интенсивный шум при ежедневном воздействии медленно и необратимо влияет на звуковоспринимающий отдел анализатора, вызывая потерю слуха, прогрессирующую с увеличением времени экспозиции шума.

Достаточно полно изучена клиника профессиональных потерь слуха от шума (тугоухость), симптоматология этого поражения, ее дифференциальная диагностика. Основные симптомы профессиональной тугоухости – постепенная потеря слуха на оба уха, первоначальное ограничение слуха в зоне 4000 Гц с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность восприятия речи. Дополнительными признаками тугоухости может быть ряд непостоянных симптомов: звон и шум в голове, гиперемия барабанной перепонки, ее втянутость и т. п.

Профессиональное снижение слуха связано с поражением слухового нерва, а его патологоанатомическая основа заключается в дегенеративных изменениях органа Корти и спирального ганглия.

Экспериментальные исследования последних десятилетий расширили и уточнили данные предыдущих исследований и показали, что под влиянием достаточно интенсивных

и длительно действующих звуков наступают дегенеративные изменения как в волосковых клетках кортиева органа, так и в первом нейроне слухового пути – спиральном ганглии, а также в волокнах кохлеарного нерва.

Однако единого мнения о патогенезе, приводящем к стойким и необратимым явлениям в рецепторном отделе анализатора, не существует. Можно выделить два главных направления в определении патогенеза.

• Одно направление исследований придает основное значение первичному механическому действию колебательной энергии (зависимость от звукового давления), приводящему к травматическому повреждению рецепторного отдела слухового анализатора.

• Другое связывает первичные изменения с перераздражением определенных отделов центральной нервной системы, в результате чего возникают изменения во внутреннем ухе.

Некоторые исследователи особую роль в патогенезе тугоухости отводят подкорковым центрам, регулирующим трофику слухового рецептора, другие же считают, что в основе поражения рецептора лежат изменения в центрах головного мозга. Существует точка зрения, указывающая, что тугоухость развивается на почве сосудистых расстройств, наступающих в рецепторном отделе анализатора под влиянием шума.

Изыскания последних лет подтвердили связь между длительным шумовым воздействием и нарушениями в церебральном кровоснабжении. При этом было доказано, что вследствие нарушения нормального кровообращения в височной области создаются неблагоприятные условия для функционирования звукового анализатора, что приводит сначала к временным, а затем, в более поздние сроки, к стойким необратимым нарушениям, снижающим функцию слуха. Степень и скорость развития изменений зависят от количества звуковой энергии, воспринимаемой анализатором.

Многообразие и противоречивость мнений по вопросу патогенеза тугоухости можно объяснить сложностью путей воздействия шума и разнообразием действующих звуковых раздражителей. Действительно, мощные кратковременные акустические раздражители приводят к травматическим изменениям рецептора, тогда как при хроническом (длительном) воздействии менее интенсивного шума нагрузка приходится на центральные звенья звукового анализатора, т. е. механизм развития тугоухости при острой акустической травме и хроническом действии шумов неодинаков.

Максимум потерь слуха приходится на частоты на пол-октавы выше воздействующего тона, однако при длительном воздействии зона влияния расширяется для всех тонов выше воздействующего. Показано, что наиболее неблагоприятными для слуха являются высокочастотные тоны 4000, 2000 и 1000 Гц.

Стремление исследователей обнаружить наиболее ранние признаки действия шума на организм, и в частности на звуковой анализатор, привело к выходу в свет большого числа работ, относящихся к изучению функционального состояния анализатора. С этой целью использовались методы динамической аудиометрии, а также исследования звукового анализатора с помощью определения дифференциальных порогов после шумовых нагрузок. Наиболее широко, особенно за рубежом, используется **метод определения временного смещения порогов слуха (ВСП)** при различной длительности экспозиции и характере шума. Этот показатель положен в основу сравнения действия

различных шумов как критерий для определения чувствительности к шуму, а также в качестве физиологического критерия риска глухоты.

Кроме того, этот показатель использовался в качестве прогнозирования потерь слуха на основании соотношения между постоянными потерями слуха от шума, действующего в течение всего времени работы в шуме, и временными потерями за время дневной экспозиции тем же шумом, измеренными спустя две минуты после экспозиции шумом.

Энергия шума через проводящие пути звукового анализатора трансформируется в различные отделы головного мозга, изменяя в них нормальные процессы динамики высшей нервной деятельности. Интенсивные шумы нарушают равновесие возбудительных и тормозных процессов: отмечаются фазовые состояния, вследствие чего нарушаются и вегетативные реакции при дисбалансе функций вагуса и симпатикуса, чрезмерный шум ведет к запредельному торможению клеток центральной нервной системы. Происходят нарушения высшей нервной деятельности.

Некоторые исследователи придают особое значение ретикулярной формации мозгового ствола. В начальный период воздействия шума активируются ее структуры и наблюдается повышенная активность органов и систем с последующим ослаблением влияния сетчатого образования, вследствие чего развивается тормозной процесс, ведущий к нарушению в деятельности центральной и вегетативной нервных систем организма, а также системы кровообращения. Некоторые исследователи отмечали изменения электрической активности мозга при шумовом воздействии: уплощение электроэнцефалограммы, депрессию альфа-ритма, появление низковольтной активности и другие изменения. От воздействия интенсивного шума повышается или понижается возбудимость рефлексов, наблюдаются изменения функционального состояния нервной системы в виде астенических реакций, астеновегетативного синдрома с характерными жалобами на раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т. д.

Исследования по неспецифичности шумового раздражения для клеточных образований звукового анализатора и других структур, например спинно-мозговых ганглиев, показывают, что шум может действовать как непосредственно на клетку, так и опосредованно через нервную систему на нее же и вызывать различные реакции (денатурацию нативных белков, изменение реактивности), приводящие к обратимым или необратимым состояниям клеток, что лежит в основе функциональных повреждений органов и систем.

В последние годы проведены работы по изучению изменений в энергетическом обмене животных при хроническом шумовом воздействии с использованием биохимических, морфологических и электронно-микроскопических методов. Так, показано, что при длительном воздействии шума неблагоприятное влияние возрастает не только от уровня шума, но и от частотного его характера. Высокочастотные шумы (октавная полоса 4000 Гц) по сравнению с эквивалентными по энергии низкочастотными шумами (октавная полоса 125 Гц) вызывают более глубокие нарушения нервной трофики и синтеза макроэргических фосфорных соединений.

Результаты электронно-микроскопического исследования мозга животных, подвергавшихся хроническому (3-месячное воздействие по 6 ч ежедневно) влиянию интенсивного шума (97 дБ), показали значительные изменения ультраструктуры митохондрий и синаптических пузырьков нервных клеток. Синаптические пузырьки в пресинаптических отростках лежали чрезвычайно кучно возле синаптической щели.

Отмечено уменьшение размеров пузырьков, а также их количества в радиусе 0,3 мкм от синаптической щели по сравнению с количеством у контрольных животных. Эта картина свидетельствует о нарушении функциональной возможности синапса. Отмеченные изменения ультраструктуры митохондрий, а также наблюдаемое просветление цитоплазмы и неравномерное распределение хроматина в ядре свидетельствовали об угнетении окислительных процессов, о замедлении тканевого метаболизма. Эти изменения ультраструктуры клеток мозга согласуются с данными биохимических исследований, свидетельствующими о нарушении трофики и снижении синтетических возможностей организма.

Известно, что тканевое дыхание во многом зависит от состояния сосудистой сети и проницаемости клеточных мембран для нормального питания их кислородом. Как было сказано выше, при шумовом воздействии у людей наблюдается нарушение регуляции мозгового кровообращения, выражающееся в превалировании спастических реакций сосудов мозга. В последние годы получены новые экспериментальные данные нарушения микроциркуляции и изменения реактивности терминальных сосудов в головном мозге. Так, было показано, что «белый» шум (уровня 100 дБ) вызывает уже через 5 мин после начала озвучивания сосудосуживающую реакцию крупных артерий (более 40 мкм) мозга, реакция более мелких артериальных ветвей наступала позже (на 20–30 мин) и выражалась в увеличении их диаметра. К этому времени спазм крупных артерий проходил, и наблюдалось увеличение функционирования мелких артериальных и венозных сосудов, которые до действия шума оставались невидимыми.

Различие реакций на шум крупных и мелких артериальных сосудов объясняется особенностью регуляции их тонуса. Если реакция крупных сосудов обусловлена нервной регуляцией, то реакции со стороны мелких сосудов объясняются гуморальной регуляцией. Характер кровотока в артериолах и венулах мягкой мозговой оболочки под действием шума почти не меняется, он остается равномерным и ламинарным. Однако при этом происходит значительное уменьшение гематокрита притекающей по сосудам крови, наиболее выраженное в венулах и мелких венозных сосудах.

Эти данные свидетельствуют о быстрой и выраженной реакции пиальных сосудов мозга на действие шума, что может быть причиной циркуляторной гипоксии мозга. Представляется вероятным, что исключение из циркуляции части эритроцитов и уменьшение емкости функционирующего сосудистого русла является причиной наблюдаемой рядом авторов гипоксии, а расширение крупных артериальных сосудов на поверхности мозга и увеличение числа функционирующих артериол можно рассматривать как явление компенсаторное. Изучение особенностей реактивности пиальных сосудов при шумовом воздействии показало, что на фоне этого воздействия происходят закономерные изменения реактивности сосудов головного мозга, выражающиеся в понижении реактивности мышечных элементов сосудов в ответ на ацетилхолин и повышении реактивности при действии адреналина. Эти разнонаправленные изменения и обусловливают спазм артериальных сосудов, отмечаемый при воздействии шума.

Таким образом, шумовое воздействие вызывает генерализованную реакцию в коре и подкорковых структурах мозга, усугубляющуюся сосудистыми нарушениями. С учетом роли ретикулярной формации мозгового ствола в возникновении изменений в центральной нервной системе, в регуляции вазомоторных реакций и деятельности внутренних органов, становятся понятными изменения и нарушения многих физиологических функций, отмечаемые различными исследователями.

Так, шум может нарушать функцию сердечно-сосудистой системы. Отмечены изменения в электрокардиограмме в виде уплощения зубца Т, изменения его величины.

Многочисленны исследования, констатирующие изменения в величине и направленности артериального давления от воздействующих шумов. Другие исследования показывают, что шум влияет на тонус периферических сосудов и особенно капилляров. Наиболее ценными в этой области являются работы, ставящие своей целью не просто констатировать изменение функционального уровня, но и показать связь определенных параметров шумов с качественным и количественным изменением физиологической функции.

«Было показано, что выраженность вегетативных реакций, в частности периферического кровообращения, зависит от ширины спектра шума, т. е. широкополосный шум вызывает максимальные сдвиги в периферическом кровообращении, которые убывают при сужении ширины полосы от целой октавы к 1/3 и к чистому тону. Следует иметь в виду, что если к субъективному восприятию шума имеется привыкание (адаптация), то в отношении вегетативных реакций адаптации к нему не наблюдается.

Янсен, исследуя влияние шума на вегетативные сосудистые реакции, приходит к выводу об отсутствии их «привыкания к шуму» и предлагает заменить термин «адаптация» на «постоянство реакций вегетативной нервной системы на шум».

Наконец, имеется многочисленная группа работ, касающихся изучения здоровья лиц, систематически работающих в условиях тех или иных шумов. Необходимо отметить, что при работе в шумах, интенсивность которых превышает 110 дБ, четко выступают как субъективные жалобы (головная боль, усталость, быстрая утомляемость и др.), так и объективные расстройства со стороны всех систем организма. Причем астенические или невротические состояния устанавливаются после нескольких дней или недель работы в условиях таких шумов, в противоположность тугоухости, которая развивается постепенно в более длительные сроки. Вместе с тем остается неясным, что происходит в дальнейшем: прогрессируют ли неспецифические нарушения с развитием тугоухости или последняя препятствует их развитию? Некоторые наблюдения показывают, что возникшие до развития тугоухости расстройства со стороны нервной регуляции не проходят с годами, когда к ним присоединяются и нарушения в органе слуха.

При работе в шумах более низких уровней может не быть четкой зависимости между субъективной реакцией людей и объективно выявленными нарушениями, особенно когда уровни шумов находятся между 70 и 90 дБ. Вредность шума подтверждается также тем, что у людей, находящихся постоянно в условиях шума, процент общих заболеваний выше, чем у лиц, находящихся в относительно тихих условиях.

Воздействие необычного по своей характеристике шумового фактора прежде всего вызывает ориентировочный рефлекс, который может даже «защитить» организм от вредного действия благодаря изменению поведения (выход из шумовой обстановки). Кроме того, для непосредственной защиты слухового анализатора от акустической перегрузки вступают в строй различные приспособительные механизмы.

Механизмы управления входными устройствами анализаторов, повышающими эффективность восприятия информации, достаточно хорошо изучены, равно как и механизмы улучшения восприятия и анализа слабых раздражителей, а также защиты органов чувств от перегрузки чрезмерно сильными раздражителями. Механизм защиты

органа слуха от чрезмерно громких звуков, передаваемых в улитку, защищающий ее очень чувствительные структуры от разрушения, обусловлен особым видом нелинейности среднего уха. Так, при малых и нормальных интенсивностях стремечко вращается вокруг вертикальной оси, заставляя колебаться мембрану овального окна перпендикулярно ее плоскости. Но при больших амплитудах колебаний характер движения косточек меняется, и стремечко начинает вращаться вокруг горизонтальной оси, при этом смещения мембраны овального окна резко уменьшаются. Полагают, что этот механизм, присущий внутренней структуре входной части анализатора, действует без управления со стороны нервной системы, непосредственно под влиянием раздражителя. Еще в 1864 году было показано, что мышцы среднего уха защищают улитку от чрезмерно громких звуков. Мышцы обоих ушей оказывают противодействие даже в том случае, когда звук воздействует только на одно ухо. В дальнейшем было определено, что при действии сильных звуков происходит рефлекторное сокращение мышцы, напрягающей барабанную перепонку и стремянной мышцы. Скрытый период этой реакции равен приблизительно 10 мс. Безусловный рефлекс не оказывает защитного действия против резких акустических щелчков.

Неожиданность внешнего воздействия существенно затрудняет организацию действий организма. *И. П. Павлов* отметил, что всякий новый раздражитель тотчас же ведет к появлению исследовательского рефлекса. *П. К. Анохин* указывал, что ориентировочная реакция, как и другие опережающие реакции, является результатом развития приспособительных актов живого организма, результатом приспособления к цепям повторяющихся событий в окружающей организм среде.

По мере повторения периодически следующих звуковых раздражителей отмечается развитие угасательного торможения ориентировочной реакции, причем анализ этих раздражителей, не имеющих определенного сигнального значения, начинает протекать очень быстро и не связан с большим возбуждением анализаторной системы. Однако ориентировочная реакция полностью угаснуть не может. Биологическое продолжение анализа раздражителей имеет вполне определенный смысл потому, что «индифферентный» в данный период времени раздражитель при других условиях может вдруг стать весьма значимым. Если бы анализ раздражителей не продолжался, то это могло бы иметь роковые последствия для организма. Как показали исследования, при строго периодически следующих раздражениях может иметь место отключение их анализа и вновь продолжение его при изменении ритма.

Наряду с ориентировочными рефлексами выделяют **адаптационные рефлексы**, обеспечивающие приспособление систем анализаторов к воздействиям раздражителей. Благодаря этому обеспечивается постоянная соразмерность отношений между физическими параметрами раздражителя и физиологическими параметрами воспринимающего прибора. Изменения функциональной настройки анализаторов при этом могут рассматриваться как выражение физиологической пластичности по отношению к слабым и нейтрализации – к сильным раздражителям.

По мере привыкания к шумовому раздражителю в нервных центрах развивается **процесс торможения.** Согласно концепции, которую выдвинул *П. В. Симонов,* живые реагирующие системы как бы защищены процессом торможения с двух сторон: от очень сильных раздражителей – запредельным торможением и от очень слабых раздражителей – первичным, или адаптивным, торможением. По его мнению, благодаря первичному торможению живая реагирующая система не расходует свой энергетический потенциал «по пустякам» и отвечает возбуждением только на достаточно сильные раздражители. Если приток раздражающих импульсов сравнительно невелик, он постепенно оказывается

недостаточным для поддержания возбуждающего состояния клетки, подавляется и угасает. При интенсивном и длительном шумовом воздействии приток раздражающих импульсов нарастает, тормозящие сигналы оказываются неспособными противодействовать возбуждению нервной клетки. И тогда включается более древний и универсальный механизм – запредельное торможение. Знаменательно, что при значительных шумовых воздействиях на организм торможение не сразу приобретает характер запредельного. Только после того, как защитные свойства превентивного торможения оказались недостаточными и возбуждение нервных клеток превысило предел их функциональных возможностей, в центральной нервной системе последовательно возникают следующие стадии запредельного торможения: уравнительная, парадоксальная, ультрапарадоксальная, тормозная.

Иерархия биологической системы. В аспекте современных биологических представлений системный подход позволяет рассматривать все процессы в организме как проявление адаптации на разных уровнях структурной организации. Рассматривая биологическую систему как иерархию подсистем и их целей, этот метод дает возможность представить биологическую систему как содержащую иерархию адаптаций. Степень адаптационных возможностей организма в конечном счете выражает степень его организованности.

Сложность обнаружения места (уровня) той или иной организации в биологической системе заключается в том, что многие функциональные образования одновременно входят в различные виды иерархий и занимают в них различные уровни. Несмотря на эти трудности, в настоящее время выделяют **пространственную иерархию биологических систем** в виде простой линейной последовательности: **мицелла – коллоиды – органелла (вироид) – клетка – ткань – орган – организм (индивид).**

Наряду с указанными основными уровнями в этой схеме не отражаются отдельные подуровни, так как не все они могут быть объединены в линейную иерархию. С позиции линейной последовательности в пространственной иерархии *А. И. Опарин* рассматривал адаптированность в виде соответствия организма (как целого) среде существования или одних подсистем другим, а также организму в целом, как выражение их функциональной зависимости.

Важным является то, что основу адаптации составляет соответствие в одном случае организма среде, в другом – части системы самой системе. В приведенной линейной последовательности каждая подсистема может обладать адаптациями с внутренними и внешними целями. Адаптация с внутренними целями устанавливает соответствие подсистемы среде, ее окружающей, а с внешними целями обеспечивает соответствие вышестоящих подсистем (включая организм) внешней среде.

Любая физиологическая функция является целесообразной лишь постольку, поскольку она обеспечивает отправление внешней функции, способствует сохранению и развитию организма в целом. Все виды регуляции развития и сохранения наследственной конституции организма представляют различные уровни механизмов адаптации, находящиеся в иерархической зависимости друг от друга. Так, тканевая регуляция, представляющая микрорегуляцию в ответ на микровозмущения внешней среды, требует постоянного расхода энергии. Первый контур адаптации – это адаптация на тканевом уровне, преследующая две цели: внутреннюю – восстановление ткани и внешнюю – поддержание функциональной организации органа. Такая биологическая система, как орган слуха, при помощи шумовой нагрузки должна выполнять две цели: обеспечивать организм сенсорной информацией, что позволяет ему приспособиться к окружающей

обстановке (ориентирование, связь, избегание и т. п.), и обеспечить самосохранение, т. е. орган должен противостоять повреждающему воздействию входного сигнала. В условиях шума эти цели вступают в противоречие. С одной стороны, орган слуха должен обладать высокой разрешающей чувствительностью к полезным сигналам, с другой – с целью приспособления к шуму слуховая чувствительность должна снижаться. Это приводит к противоречию в обеспечении функций.

В шумовой обстановке организм вырабатывает компромиссное решение, что выражается в виде снижения слуховой чувствительности, временного смещения порогов, т. е. внутренней адаптации органа слуха с одновременным снижением адаптационной способности организма в целом.

Адаптирование любой системы, процесс перестройки, изменение свойств организма связаны с потреблением энергии, причем внутренняя цель организма состоит в том, чтобы обеспечить минимальный расход энергии наряду с возможностями ее восстановления.

Энергетические затраты адаптированной системы меньше, чем неадаптированной. Неадаптированная система связана с постоянным расходом энергии.

Так, сравнительные исследования адаптации органа слуха у людей, еще не адаптированных к интенсивному шуму и у работающих в шуме несколько лет, показали, что временное смещение порогов у последних менее выражено и наступает раньше. Нормально функционирующая система с хорошей подвижностью нервных процессов должна реагировать на звуковую нагрузку выраженным сдвигом порога. В этом плане низкий показатель – временное смещение порогов у лиц, впервые попавших в условия мощного шума, можно рассматривать как признак недостаточности или истощения нервной системы. Подобное явление отмечено у некоторых лиц, работающих длительное время в условиях шума, у которых наряду с неизменным слухом диагностируют все ведущие симптомы шумовой патологии (астеновегетативный синдром, астеническое состояние и др.). Можно предположить, что для целесообразного функционирования и существования органа слуха в условиях меняющегося характера шумового раздражителя должны быть механизмы адаптации, которые являются более быстротечными, чем временное смещение порогов (к таким механизмам, вероятно, следует отнести и акустический рефлекс). Подобные процессы перестройки в органе слуха, отражающие действие нестационарного акустического раздражителя и соизмеримые с его нестационарностью (порядка 10-100 мс), можно назвать динамической адаптацией. **Динамическая адаптация** – показатель приспособленности органа слуха, она не противоречит целям сохранения жизнедеятельности, так как цели органа слуха и организма совпадают.

Постоянное смещение порога слуховой чувствительности не отражает приспособленности органа слуха к шумовому воздействию, а является проявлением адаптированности организма в целом. В этом случае страдает функция органа, остается только адаптация организма в целом.

Выделено три основных контура адаптивного поведения организма в целом, однако это не исключает наличия и других приспособительных механизмов. Так, утомление органа слуха можно рассматривать как промежуточное звено между временным смещением и постоянным смещением порогов. *С. Н. Ржевкин* следующим образом разграничил понятия «адаптация» и «утомление»:

• Адаптация есть процесс, органически связанный с восприятием, он характеризует нормальное функционирование нервного аппарата, и поэтому не совсем правильно называть адаптацию к звуку – утомлением, а адаптацию к тишине – отдыхом, как это часто делают.

• Утомлением какого-либо органа следует называть процесс лишь в том случае, когда в нем происходят длительные изменения, нарушающие его нормальное функционирование. На этом же промежуточном уровне, как указывалось, отмечается «противоречие» органа организму в целом. Там, где затрагиваются интересы организма (происходят существенные затраты энергии), возникают расстройства его функций и могут развиваться неблагоприятные явления в организме в целом, такие как утомление, снижение работоспособности и т. п.

• С позиций **системного метода** адаптационный процесс в организме необходимо связывать как с конкретной структурой, так и с функциями организма в целом. Продолжая и расширяя рассмотрение иерархии адаптации до уровня сообщества (коллектива людей), можно убедиться в том, что адаптация, которая сопровождается постоянной потерей слуха или утратой той или иной функции, находится в противоречии с целями общества, так как смещение порога слуховой чувствительности и другие последствия действия шума, такие как шумовая болезнь, связаны с большими материальными затратами (снижение производительности труда, лечение, раннее пенсионное обеспечение). Это нецелесообразно для общества. Отсюда следует, что борьба с шумом отвечает не только индивидуальным, но и общественным целям и способна дать большой социальный эффект.

Шумы непостоянного характера. В производственных и многих других условиях в настоящее время все чаще встречаются шумы непостоянного характера. Они подразделяются на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

1. Колеблющийся шум характеризуется уровнем, непрерывно меняющимся во времени. Этот вид шума встречается, когда одновременно работает несколько типов оборудования, включаемого на ограниченные промежутки времени, или при смене работы механизмов.

2. Прерывистый шум, уровень которого резко падает до уровня фонового, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1 с и более, можно характеризовать длительностью отрезков шума, длительностью пауз, а также различием уровней импульс – фон.

3. Импульсный шум представляет собой последовательность звуковых сигналов длительностью менее 1 с, которые, помимо параметров, характерных для импульсов (длительность, время установления, уровень пика и амплитуда), можно оценивать по характеру распределения во времени и по различию уровней импульс – фон.

Характер взаимодействия организма с непостоянным шумовым раздражителем остается до конца еще не исследованным. При воздействии прерывистого шума часто чередующиеся короткие звуки (шумы) считаются более неблагоприятными, чем продолжительные, регулярно чередующиеся шумы с достаточно длительными паузами. Увеличение длительности пауз в этом случае приводит к менее выраженному воздействию шума.

Сравнительное изучение постоянного и непостоянного шумов показало, что на уровне целого организма импульсный шум вызывает более неблагоприятное действие, чем постоянный, в тех случаях, когда постоянная времени установления импульсов меньше 100 мс, при различии уровней импульс – фон более 5 дБ и при условии, что частота повторения импульсов менее 5 имп/с; особенно неблагоприятное действие наблюдается при экспозиции непериодической последовательности импульсов. Напротив, идентичное действие, т. е. соответствующее постоянному шуму или принципу равной энергии, наблюдается, когда постоянная времени установления импульсов превышает 100 мс, различия уровней импульс – фон менее 5 дБ, импульсы следуют с большой частотой или перекрываются.

Исследования, проведенные в этом направлении, показали, что эффективность воздействия меняющегося во времени шума выше, чем постоянного, что объясняется более значительным раздражающим эффектом и трудностью наступления адаптации к такого рода шумам. Действие непостоянного шума рассматривают как результат взаимодействия организма и меняющегося во времени раздражителя. В этом случае организм вырабатывает стратегию, обеспечивающую минимальное (суммарное) биологическое действие шума, используя для этой цели динамическую адаптацию. Действие непостоянного шума можно рассматривать как интегральный результат, которому может быть дана однозначная оценка, отражающая влияние не каждого отдельно взятого шумового воздействия, а всей его последовательности. Влияние на организм всех видов шума на основе этой концепции должно рассматриваться с единой энергетической позиции.

• Проблема воздействия на организм человека **шумов в ультразвуковой зоне частот** (свыше 20 кГц) возникла в связи с широким внедрением во многие отрасли промышленности технических средств, использующих ультразвук. Существуют исследования, которые говорят о возможности неблагоприятного действия ультразвука через воздух. Их авторы отмечали ряд ранних неблагоприятных субъективных ощущений у рабочих, обслуживающих ультразвуковые установки: головные боли, усталость, бессонницу, обострение обоняния и вкуса. Описана клиническая симптоматика у рабочих, обслуживающих ультразвуковые установки, характеризующаяся сначала функциональными, а затем органическими изменениями в центральной и периферической нервной системе, особенно в ее вегетативных структурах. В последних случаях страдает периферический нейрососудистый аппарат. Отмечены нарушения в вестибулярном анализаторе.

Ультразвук может воздействовать на работающих через волокна слухового нерва, которые проводят высокочастотные колебания, и специфически влиять на высшие отделы анализатора, а также на вестибулярный аппарат, который интимно связан со слуховым органом.

• **Инфразвуковые шумы** (акустические колебания ниже 16–20 Гц), создаваемые промышленным оборудованием, могут быть небезразличны для человека и при длительном воздействии вызывать специфические реакции. Источниками инфразвука могут быть средства наземного, воздушного и водного транспорта, а также пульсации давления в газовоздушных смесях, перемещаемых технологическим оборудованием, и т. п.

Порог восприятия инфразвуковых колебаний для слухового анализатора в диапазоне 1-30 Гц составляет 120-80 дБ, а болевой порог – 130–140 дБ. Считается, что болевое ощущение, независимо от частоты действующего шума, является защитной

реакцией против перераздражения. Спектр шума, состоящий из низкочастотной и инфразвуковой энергии, может воздействовать на такие части тела, как грудь, живот, глаза и придаточные пазухи носа, вызывая неприятные ощущения и утомление. Низкочастотные звуковые колебания в значительной мере воспринимаются поверхностью тела – тельцами Пачини, т. е. теми же рецепторами, что и вибрация. Поэтому при интенсивности низкочастотного шума («воздушной вибрации»), превышающей 121–128 дБ, рекомендуют производить защиту всего организма. Считают, что инфразвук даже небольшой интенсивности оказывает такое же действие, как и вибрация низкой частоты. Изменение функции вестибулярного аппарата может быть самой значительной из физиологических реакций.

Запуск пилотируемых космических аппаратов, являющихся мощными источниками инфразвуков, поставил перед учеными проблему защиты их экипажей от шума. Авиакосмические двигатели в стадии запуска являются главными источниками интенсивного инфразвука, причем низкочастотные и инфразвуковые компоненты взлетного шума свободно распространяются на большие расстояния с относительно малым затуханием. Так, уровни звукового давления в 105 дБ для энергии ниже 20 Гц были зарегистрированы на расстоянии 16 км от ракетной площадки. В связи с этим в США проведены исследования с целью определения максимально переносимой человеком интенсивности инфразвуковых колебаний. Описывают различные реакции, возникающие у обследованных при действии высокой интенсивности инфразвуковой и низкочастотной энергии.

Установлено, что пределы переносимости на частотах ниже 100 Гц достигают от 150 до 154 дБ при выраженных симптомах тошноты, головокружения, кашля, срыва дыхания и т. п. Установлено, что предельные уровни инфразвука с уровнями звукового давления 150 дБ на частотах от 1 до 7 Гц, 145 дБ на частотах от 8 до 11 Гц и 140 дБ – от 12 до 20 Гц находятся в пределах переносимости человеком. Эти величины относятся к дискретным частотам либо октавным полосам с центрами около этих частот, причем максимальная длительность воздействия равна 8 мин при 16-часовых перерывах между двумя воздействиями.

Полагают, что следует избегать воздействия инфразвука с уровнями выше 150 дБ, поскольку даже при максимальной защите слуха в этом случае возникают общие реакции организма неслухового характера.

В профилактике вредного воздействия шумов на организм ведущее место занимают технические средства борьбы. Однако инженеры-конструкторы, проектировщики должны иметь величины уровней шумов, безопасных для здоровья, чтобы использовать их при расчетах шумности будущих машин, агрегатов, инструментов, а также для оценки звукоизоляции ограждающих конструкций и пр. Отсюда становится очевидным, что в профилактике неблагоприятного влияния шума ведущее место должно быть отведено гигиеническому нормированию, т. е. установлению предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом действии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет в отдаленных последствиях не могут вызвать заболеваний организма.

Борьба с вредным воздействием шумов может проводиться в основном двумя путями: уменьшением шума в источнике его образования конструктивными, технологическими и эксплуатационными мероприятиями, а также снижением шума по пути его распространения средствами звукоизоляции и звукопоглощения.

При невозможности в ряде случаев достигнуть снижения шума до допустимых уровней техническими средствами рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты работающих от вредного воздействия шума. К этим средствам относятся кабины наблюдения и дистанционного управления, защищающие рабочего от воздействия шума, а также различного типа противошумы. К индивидуальным противошумам относятся так называемые внутренние противошумные вкладыши, противошумные наушники и шлемы.

3.7. Острая гипоксия

Гипоксия в переводе с греческого означает «понижение содержания кислорода в тканях организма». Синоним этого термина в русском языке – кислородное голодание или кислородная недостаточность.

У практически здоровых людей гипоксическая гипоксия возникает при подъемах на высоту без дополнительного дыхания кислородом. Эту форму гипоксического состояния принято называть высотной гипоксией. Она имеет исключительно большое значение для авиакосмической медицины, так как в условиях полета могут возникать различные ситуации, определяющие снижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Кроме того, воздействие гипоксической гипоксии умеренной степени традиционно используется как функциональная проба при врачебной экспертизе летного состава (*В.Б. Малкин,* 1986).

П. Бэр (1878) на основании экспериментального изучения влияния пониженного барометрического давления впервые установил, что кислородное голодание – основная причина возникновения болезненного состояния и гибели животных на больших высотах.

В России эти проблемы привлекли к себе внимание двух выдающихся естествоиспытателей – *Д. И. Менделеева,* предложившего использовать для защиты людей в высотных полетах герметические кабины с искусственной газовой атмосферой, и *И. М. Сеченова,* впервые теоретически проанализировавшего газообмен в легких и поступление O_2 в организм при различных степенях разрежения вдыхаемого воздуха. И. М. Сеченов установил закон постоянства газового состава альвеолярного воздуха и зависимость его от парциального давления кислорода в окружающей газовой среде. Им же было сформулировано представление о *«внутренней высоте»,* отражающей закономерные изменения поступления в кровь O_2 при снижении барометрического давления. Исследования П. Бэра и И. М. Сеченова имели фундаментальное значение как для успешного изучения проблемы кислородного голодания, так и для разработки средств, защищающих экипаж в полете от гипоксии.

В конце XIX столетия и в первой половине XX века значительный вклад в изучение физиологических механизмов адаптации организма животных и человека к высотной гипоксии был сделан выдающимися физиологами: за рубежом – *А. Моссо, Дж. Холденом, Д. Баркрофтом, К. Дугласом, Л. Гендерсоном, Н. Цунцем, Е. Шнейдером, Х. Гартманом, Э. Опицем, У. Люфтом*; в нашей стране – *В. В. Пашутиным, П. М. Альбицким, П. И. Егоровым, В. В. Стрельцовым, Г. Е. Владимировым, А. П. Аполлоновым, Д. И. Ивановым, В. Г. Миролюбовым, М. Е. Маршаком, Н. Н. Сиротининым, Д. Е. Розенблюмом, В. Б. Малкиным* и др.

В начале XX века интерес к высотной гипоксии неуклонно возрастал. Причиной этого было прежде всего развитие техники, которое определило возможность как плавания на подводных лодках, так и полетов на самолетах, а позже и на космических летательных аппаратах. В первые годы развития авиации, когда летчики летали в

открытых кабинах и в полетах еще не пользовались приспособлениями для дыхания кислородом, кислородное голодание было центральной проблемой авиационной медицины. Именно в эти годы острое кислородное голодание стали использовать в качестве функциональной пробы для отбора лиц, поступающих на службу в авиацию, и при медицинском освидетельствовании летчиков.

Техническая революция не только открыла возможность полетов человека в космическое пространство, путешествий в глубины морей и океанов, но и обеспечила сохранение нормальной жизнедеятельности людей в этих условиях, которые лежат далеко за границами естественных адаптационных возможностей организма человека. Однако абсолютно надежной техники нет. Нельзя полностью исключить вероятность разгерметизации кабин, неправильного использования или отказа кислородного снаряжения.

П. Бэр, И. М. Сеченов установили, что уменьшение pO_2 во вдыхаемом воздухе является причиной возникновения высотной гипоксии – кислородного голодания. Механизм этого явления обусловлен тем, что в процессе дыхания газообмен в легких – поступление в кровь кислорода и выведение углекислого газа – происходит в основном в результате разницы парциальных давлений этих газов в крови легочных сосудов и альвеолярном воздухе. Следовательно, с понижением pO_2 во вдыхаемом воздухе уменьшается поступление кислорода в организм, ко всем его тканям.

Организм человека не располагает сколь-либо существенными запасами кислорода. Прекращение поступления O_2 в организм приводит через несколько минут к развитию тяжелого патологического состояния, а смерть наступает уже через 5–6 мин, в то время как без воды человек может обходиться до 10–12 дней, а без пищи – более месяца.

В зависимости от функционального состояния организма потребность его в O_2 изменяется. При работе потребление O_2 в испытывающих функциональную нагрузку тканях возрастает. Кислородное голодание возникает в случае, когда потребность тканей в кислороде превышает его поступление к ним.

Минимальный уровень энергии окислительных процессов и потребления O_2, необходимый для поддержания структуры и функции, неодинаков для различных тканей организма. У высокоразвитых животных и человека наиболее чувствительной к недостатку кислорода является ЦНС – филогенетически самое молодое образование. По данным *Э. Ламбертсена,* мозг человека в среднем потребляет в покое 3,5 мл O_2 на 100 г ткани в 1 мин. Это приблизительно 50 мл в 1 мин для всего мозга. Если учесть, что масса головного мозга составляет немногим более 2 % массы тела, то становится очевидной крайне высокая его потребность в O_2. Последнее определяет то, что при остром кислородном голодании в первую очередь возникают нарушения деятельности ЦНС.

Основным показателем развития и тяжести гипоксического состояния является величина парциального давления O_2 в альвеолярном воздухе (p_aO_2) и близкая к ней величина напряжения O_2 в артериальной крови (p_aO_2). В связи с этим важно определять величины этих показателей при подъемах на различные высоты или при изменении содержания кислорода. Приближенный расчет p_aO_2 в зависимости от величины барометрического давления впервые был предложен в 1880 году *И. М. Сеченовым.* Им же было высказано мнение, что падение p_aO_2 до 20 мм рт. ст. уже несовместимо даже с кратковременным сохранением жизни.

В дальнейшем расчет p_aO_2 в зависимости от величины pO_2 в окружающей газовой среде был уточнен; в частности, была введена поправка на величину дыхательного коэффициента. Расчет этой величины может быть осуществлен по следующей формуле:

где p_aO_2 – парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе; B – барометрическое давление; pH_2O – парциальное давление водяных паров в легких, которое зависит только от температуры, и при температуре тела 37 °C равно 47 мм рт. ст.; p_aCO_2 – парциальное давление CO_2 в альвеолярном воздухе; C – концентрация, процент содержания O_2 в воздухе; R – дыхательный коэффициент.

В дальнейшем также была уточнена и величина критического значения p_aO_2. По мнению различных авторов, она составляет от 27 до 33 мм рт. ст. Критическое же значение pO_2 в смешанной венозной крови составляет величину 19 мм рт. ст.

В зависимости от степени снижения pO_2, от высоты подъема высотную гипоксию принято делить на **острую** и **хроническую.** Вследствие острой гипоксии возникает высотная болезнь, хронической – **горная болезнь.**

• К острой гипоксии условно относят все случаи значительного и быстрого снижения pO_2 в окружающей газовой среде, в результате которого через относительно небольшой срок у здоровых, но ранее не адаптированных к гипоксии людей возникают различной тяжести патологические состояния. Реально такие ситуации бывают после быстрых подъемов на высоты 4000–5000 м и выше или после внезапного прекращения подачи кислорода во время высотных полетов.

Определенный практический интерес представляют данные, характеризующие время сохранения сознания и работоспособности у человека при пребывании его на различных высотах без кислорода.

Этот вопрос изучался еще до Второй мировой войны, преимущественно в СССР и Германии. Советские исследователи в основном определяли **«высотный потолок»** т. е. время, через которое у обследуемых появлялись расстройства деятельности ЦНС, нарушения сознания, снижение работоспособности в процессе непрерывного подъема в условиях барокамеры. Немецкие исследователи ввели понятие о **«резервном времени»**, которое характеризует тот отрезок времени, в течение которого у обследуемого на высоте после прекращения подачи O_2 сохранялся еще минимальный уровень работоспособности, достаточный для принятия мер по спасению. В американской и английской литературе используется с этой же целью термин **«время активного сознания»** (*В. Б. Малкин,* 1975).

Величина резервного времени зависит прежде всего от высоты, а также от индивидуальной устойчивости к гипоксии. С увеличением высоты индивидуальные колебания величины резервного времени суживаются, так что на высотах более 9000 м они практически стираются. На высотах 15 000 м и выше резервное время практически отсутствует (8-10 с). После быстрых подъемов (1–2 с) на такие высоты у обследуемых, независимо от того, дышат ли они воздухом или чистым кислородом, потеря сознания без всяких предвестников отмечалась уже через 15 с. В случаях, когда пребывание на этих высотах ограничивалось 8-10 с, после чего осуществлялся быстрый спуск с высоты, потеря сознания возникала через 5–7 с в период спуска. Это обусловлено тем, что кровь,

обедненная O_2, поступает в сосуды мозга через 5–7 с после начала спуска с высоты. Практически почти полное отсутствие резервного времени, равно как исчезновение защитного эффекта от дыхания O_2, обусловлено тем, что при снижении барометрического давления до 87ммрт. ст. (высота 15 200 м) в легких pO_2 становится равным нулю, даже если человек дышит чистым O_2, так как парциальное давление паров воды (pH_2O) при температуре тела 37 °С в альвеолярном воздухе составляет 47 мм рт. ст., а (p_ACO_2) в нормальных условиях близко к 40 мм рт. ст. Таким образом, суммарное давление (pCO_2 + pH_2O) равно 87 мм рт. ст. В связи с этим высоту 15 200 м, на которой барометрическое давление равно 87 мм рт. ст. по pO_2, считают «эквивалентной» космическому пространству.

Вполне очевидно, что при столь кратком резервном времени на крайне больших высотах самостоятельное спасение возможно только при использовании специальных высотных средств жизнеобеспечения, автоматически приводимых в рабочее состояние в случае нарушения кислородного обеспечения. Возрастание резервного времени до 1–2 мин и более на меньших высотах позволит оценить создавшуюся аварийную ситуацию и принять меры по спасению: включить дополнительную подачу O_2, подтянуть маску к лицу, снизиться на безопасную высоту или, как крайняя мера, покинуть самолет.

При прогнозировании течения и исхода острой гипоксической гипоксии важно знать не только резервное время человека, но и тот предельный срок, в течение которого при резком дефиците O_2 еще сохраняются основные физиологические функции и возможно самостоятельное и полное восстановление жизни после устранения гипоксии. Этот период от начала воздействия гипоксии до истечения срока возможного самопроизвольного (без реанимационных процедур) восстановления подавленных функций называют временем выживания или общим временем спасения. В этот период у животных обычно наблюдается не только потеря позы, но и остановка дыхания при сохранении сердечной деятельности. В опытах с быстрой (0,5 с) декомпрессией на большие высоты собак без предварительной десатурации (выведение избыточного азота из организма) время выживания составляло всего 50–66 с. У шимпанзе при декомпрессии за 0,8 с время выживания было в среднем 180 с. Речь шла о сверхострых формах гипоксии, возникающих после внезапного прекращения нормального кислородного снабжения организма на высотах, превышающих 15 000 м.

В процессе развития острой гипоксии возникают закономерные изменения физиологического состояния, о которых можно судить по результатам ЭЭГ, ЭКГ, регистрации дыхания, насыщения артериальной крови кислородом. Важным диагностическим показателем развития острой гипоксии и ее тяжести являются изменения ЭЭГ. В период проявления нарушений почерка и интеллектуальных расстройств на ЭЭГ появляются (сначала в лобных отведениях) Θ-волны повышенной амплитуды. По мере нарастания тяжести высотной болезни число и амплитуда Θ– и Δ-волн постепенно увеличиваются, они доминируют на ЭЭГ в период появления судорог и нарушения сознания.

Касаясь связи между ЭЭГ и психическим состоянием человека при нарастающей гипоксии, *Г. Уолтер* (1963) писал: *«Умирающий мозг спокоен. По мере того как кровь, достигающая его, приносит все меньше и меньше кислорода, одновременно с затемнением сознания появляются… медленные волны. Они увеличиваются по амплитуде, затем постепенно идут на убыль, а вместе с ними исчезает и организация личности».*

Потерю сознания при острой гипоксии относят к гомеостатическим обморокам, так как причиной ее является гипоксемия – значительное снижение насыщения кислородом крови. Мозговое кровообращение некоторое время после потери сознания сохраняется на достаточно высоком уровне, поэтому восстановление нормального снабжения организма кислородом (спуск с высоты, дыхание кислородом) приводит к быстрому, в течение 5-10 с, восстановлению сознания и исчезновению всех симптомов.

После восстановления сознания у обследуемых отмечается ретроградная амнезия – они не помнят обстоятельств, непосредственно предшествовавших потере сознания. Более того, утверждают, что все время чувствовали себя на высоте хорошо и выполняли все задания правильно.

У человека, страдающего от острого недостатка O_2, нарушен почерк, появляются грубые грамматические ошибки – пропуски букв; характер тестового рисунка свидетельствует о появлении эйфории. Это определяет потерю адекватного отношения к окружающей обстановке и к собственному состоянию.

«Странным образом кора больших полушарий и подчиненные ей узлы плохо защищены против недостатка кислорода. Человек, погибающий в атмосфере угарного газа или разреженного воздуха, редко испытывает острое недомогание», – писал *Г. Уолтер.* 0тсутствие внутренних сигналов (каких-либо неприятных ощущений) при остром кислородном голодании привело исследователей к мысли о целесообразности создания автоматической аппаратуры, сигнализирующей о развитии острой гипоксии. В настоящее время сложились два методических подхода к решению этой задачи (*В. Б. Малкин,* 1975, 1986).

1. Первый метод сравнительно простой – **автоматическая обработка информации**, полученной от датчиков, регистрирующих основные параметры вдыхаемого воздуха: pO_2, pCO_2, температуру и др. При определенных изменениях этих параметров, например при снижении pO_2 во вдыхаемом воздухе до заранее установленной величины, подается сигнал о развитии гипоксического состояния и в случае необходимости могут быть либо автоматически включены специальные средства, повышающие pO_2 в воздухе, либо дана команда для использования индивидуальных средств защиты.

2. Второй метод, на котором может быть построена автоматическая сигнализация о гипоксическом состоянии и который ни в коей мере не исключает использование первого метода, но в некоторых ситуациях существенно дополняет его, сводится к диагностике гипоксического состояния по данным отклонений важнейших физиологических параметров.

Высокая корреляция при острой гипоксии между сдвигами ЭЭГ и тяжестью расстройств ЦНС привела некоторых исследователей к попытке количественно оценить эти сдвиги с целью их использования при составлении программы для приборов, осуществляющих автоматически диагностику гипоксических состояний.

В программу, разработанную в нашей стране, помимо ЭЭГ, были включены и другие физиологические показатели: ЭКГ (частота пульса), АД (артериальное давление) и насыщение артериальной крови кислородом. Сочетанные изменения этих показателей характеризуют различную глубину гипоксического состояния.

В отношении действия различных степеней высотной гипоксии на организм не тренированного к недостатку O_2 человека было отмечено, что до высот 5000 м еще возможна стойкая адаптация организма к гипоксии. Об этом свидетельствует то, что на высотах 3000–5000 м постоянно живут до 25 млн человек, из них 4 млн – на высотах, превышающих 4000 м. При этом относительно умеренный дефицит кислорода на высотах до 3000–3500 м приводит к функциональной перестройке дыхания, кровообращения, аппарата, регулирующего деятельность этих систем, в результате которой адаптационный резерв организма оказывается в конечном итоге повышенным.

Направления и перспективы исследований проблемы гипоксии в связи с развитием авиации и космонавтики.

1. Не вызывает каких-либо сомнений целесообразность использования острой гипоксии (подъемов в барокамере) в качестве теста для медицинского отбора лиц, поступающих на службу в авиацию и претендующих на участие в космических полетах. Эта традиционная для авиакосмической медицины функциональная проба вполне себя оправдала, так как во многих случаях позволяет выявлять людей как с недостаточным адаптационным резервом сердечно-сосудистой системы, прежде всего имеющих сниженную функциональную способность нейрогуморального аппарата, регулирующего кровообращение, так и лиц с повышенной чувствительностью ЦНС к гипоксии.

2. Второе весьма важное направление – **использование гипоксической гипоксии в качестве тренирующего фактора**, повышающего адаптационный резерв организма человека. Было установлено, что активный отдых в горах на высотах 2000–3000 м с эпизодическими подъемами на большие высоты приводит к увеличению адаптационного резерва организма. При этом отмечено повышение устойчивости тренированных людей не только к острой гипоксии, но и к некоторым другим экстремальным воздействиям.

В настоящее время можно предположить, что полный цикл тренировки должен включать последовательное чередование или сочетанное воздействие гипоксических и физических нагрузок.

В практике же авиакосмической медицины до настоящего времени еще недостаточно используется гипоксическая тренировка для реабилитации здоровья летчиков и космонавтов. Использование высокогорья, а в некоторых случаях и тренировок в барокамере для восстановления адаптационного резерва организма лиц, астенизированных в результате летной профессиональной деятельности, весьма перспективно (*В. Б. Малкин,* 1986).

Таким образом, кислородное голодание не следует рассматривать односторонне, только как причину развития многочисленных патологических состояний. В норме жизнь человека, по-видимому, должна эпизодически быть связана с возникновением умеренных степеней кислородной недостаточности. Периодическое снижение напряжения O_2 в артериальной крови является обязательным условием для становления и совершенствования регуляции дыхания и кровообращения, для нормальной деятельности системы гемопоэза. В результате эпизодического снижения p_AO_2 расширяются адаптационные возможности организма, повышается его способность противостоять неблагоприятным факторам среды.

3.7.1. Высотная болезнь

В 1918 году было предложено объединить патологические состояния, возникающие в результате развития острой гипоксии у людей в полете и при подъемах на высоту, в единую нозологическую форму, названную высотной болезнью. *Г. Армстронг, Н. Н. Сиротинин, Д. И. Иванов* и др. в понятие «высотная болезнь» включали все патологические состояния, которые возникают у людей при высокогорных восхождениях, высотных полетах или подъемах в барокамере, т. е. во всех случаях, когда болезненное состояние возникает вследствие пребывания в условиях газовой среды с пониженным pO_2. Эта точка зрения разделяется не всеми.

Большинство авторов предлагали дифференцировать высотную болезнь от горной болезни, отличающейся своеобразием клинической картины. Высотная болезнь протекает остро: тяжелое патологическое состояние, вплоть до потери сознания, развивается после подъема на большие высоты в течение нескольких минут или десятков секунд. При этом пострадавшие часто теряют критическое отношение к окружающей обстановке и не предъявляют каких-либо жалоб на ухудшение самочувствия, что определяет особую опасность высотной болезни.

После подъема в горы на высоты, превышающие 2000–2500 м, горная болезнь развивается относительно медленно. Ее симптомы проявляются, как правило, через несколько часов (иногда 1–3 сут.) после подъема (В. Б. Малкин, 1986).

При развитии высотной болезни страдают все виды обмена веществ, однако наиболее существенное значение имеют нарушения углеводного обмена, которые ведут к снижению ресинтеза АТФ и избыточному накоплению в клетках некоторых промежуточных продуктов: НАД-H_2, молочной и пировиноградной кислот. Эти изменения приводят к снижению эффективности Na-K-насоса и к нарушению внутриклеточного гомеостаза – к уменьшению pH и потере избирательной проницаемости мембраны клетки, что и определяет начало развития морфологических изменений. Последовательность возникновения их, согласно данным *Е. Ф. Котовского* и *Л. Л. Шимкевича,* такова:

– изменения проницаемости клеточной мембраны;

– нарушение ионного равновесия;

– набухание митохондрий;

– стимуляция гликолиза – уменьшение содержания гликогена;

– подавление синтеза и усиление распада белка;

– нарушение синтеза липидов;

– деструкция митохондрий, внутриклеточного сетчатого аппарата;

– жировая декомпозиция цитоплазмы;

– разрушение мембран лизосом и выход гидролитических ферментов (автолиз и полный распад клетки).

Эти изменения химизма и ультраструктуры клетки определяют развитие характерной для высотной болезни патоморфологической картины, в том числе и

возникновение различной глубины нарушений структуры клеток ЦНС: вакуолизацию протоплазмы, распыление хроматофильной субстанции или полный тигролиз, пикноз ядер, сморщивание клеток, их некробиоз и лизис.

Подобные патоморфологические изменения были описаны многими авторами у людей, умерших от высотной болезни во время полетов на самолетах.

Систематическое многолетнее изучение высотной болезни, возникающей у людей во время подъемов в барокамере, при дыхании газовыми смесями, бедными O_2, при ререспирации – дыхании из замкнутого объема, дало возможность оценить функциональные сдвиги, возникающие в различные периоды развития этого заболевания. На основании результатов этих исследований были описаны две основные формы высотной болезни: *коллаптоидная,* которая наиболее часто встречается при относительно умеренном дефиците кислорода (после подъемов на высоты 5000–6000 м или дыхания газовыми смесями с 9-12 % O_2), и *обморочная.* Последняя возникает, как правило, в результате значительного дефицита O_2 на высотах 7000-10 000 м и более и при дыхании газовыми смесями с низким (менее 8 %) содержанием O_2. Обе эти формы, особенно вторая, протекают остро и быстро приводят к развитию тяжелых патологических состояний.

В патогенезе высотной болезни оказываются перекрещивающимися адаптивные реакции, направленные на «борьбу за O_2», на улучшение транспорта кислорода к клеткам, и патологические реакции, обусловленные дефицитом кислорода. Эти реакции можно представить в следующей последовательности. Дефицит кислорода в окружающей среде приводит к снижению парциального давления в альвеолярном воздухе и артериальной крови. Снижение парциального давления в артериальной крови приводит к раздражению хеморецепторов рефлексогенных сосудистых зон (синокаротидной и аортальной). Усиление импульсации (афферентации) с хеморецепторов является началом многих рефлекторных адаптивных реакций, определяющих повышение минутного объема дыхания, минутного объема крови, стимуляцию гипофизарно-надпочечниковой системы и надбульбарных образований головного мозга, включая и кору полушарий большого мозга (рис. 3.5).

В свою очередь, развитие гипервентиляции при острой высотной гипоксии приводит к возникновению гипокапнии. 0на сопровождается появлением газового алкалоза и играет определенную роль в патогенезе высотной болезни, так как может быть причиной нарушений регуляции кровообращения и дыхания, вплоть до коллапса. При значительном дефиците кислорода в артериальной крови на фоне адаптивных реакций возникают изменения деятельности головного мозга, которые проявляются в виде сенсорных и двигательных расстройств. При этом в первую очередь страдают наиболее чувствительные к влиянию недостатка кислорода в крови структуры: фото-рецепторные клетки глаза, кора полушарий большого мозга, гиппокамп, мозжечок и др.

Рис. 3.5. Схема патогенеза высотной болезни *(по: В. Б. Малкин и др., 1986)*

• **Коллаптоидная форма** высотной болезни возникает у практически здоровых людей через 5-30 мин после подъема в барокамере на высоте 4000–6000 м, на высоте 5000 м – в 3 % случаев. У лиц с функциональной недостаточностью регуляции сердечно-сосудистой системы она возникает, по данным *А. П. Аполлонова* и *Д. И. Иванова,* значительно чаще – в 25 % случаев. На высотах 8000 м и более коллаптоидная форма высотной болезни встречается крайне редко. При этой форме высотной болезни часто ухудшается самочувствие. Обследуемые предъявляют жалобы на общую слабость, чувство жара либо во всем теле, либо только в голове; отмечают изменения зрения – появление серой или черной пелены, «недостаток воздуха», шум в ушах, тошноту и головокружение. При этом изменяются внешний вид и поведение обследуемого: появляется бледность кожных покровов лица, усиливается потливость, черты лица заостряются, глаза кажутся глубоко запавшими, их выражение становится страдальческим.

Повышенная в начале развития высотной болезни двигательная активность и эйфория сменяются общей заторможенностью; поза становится скованной, взгляд долго фиксируется на отдельных предметах. Сознание длительное время сохраняется, однако все указания и команды врача воспринимаются медленно и часто выполняются как бы неохотно. Если пострадавшего не обеспечить нормальным кислородным питанием (спуск с высоты, подача кислорода), то его состояние может резко ухудшиться – наступит потеря сознания. Урежение частоты сердечных сокращений или снижение АД является одним из первых признаков возникновения коллаптоидной формы высотной болезни. Степень и скорость проявления этих реакций определяют особенности клинического течения высотной болезни.

При резком снижении мозгового кровообращения возникает вазо-вагальный обморок. Причиной его является либо нарастающая брадикардия, либо значительное снижение периферического сопротивления сосудов, что также приводит к падению АД. Если при развитии коллапса превалируют парасимпатические реакции, то синусовая тахикардия сменяется брадикардией; при этом часто отмечается миграция очага ведущего возбуждения из синусового узла в нижележащие отделы проводящей системы сердца; одновременно у некоторых лиц возникает и желудочковая экстрасистолия.

В механизме развития коллапса у некоторых людей существенную роль играет гипокапния. Этим можно объяснить отсутствие терапевтического эффекта в первые минуты после переключения на дыхание кислородом. Отчетливое терапевтическое действие кислорода проявляется лишь через некоторое время после ликвидации гипервентиляции в период восстановления $p_A O_2$.

У лиц, устойчивых к гипоксии, через несколько часов прерывания на высотах 4000–6000 м отмечается развитие высотной болезни, клиническая картина которой близка к острой форме горной болезни. У заболевшего появляется головная боль, повышенная раздражительность, резко снижается умственная и физическая работоспособность – даже незначительная мышечная работа вызывает одышку и тахикардию. При этом нередки жалобы на общую слабость, тошноту, боль в животе, диспепсические явления.

• **Обморочная форма высотной болезни** заслуживает особенно большого внимания, так как ее возникновение в полетах в результате разгерметизации кабины, неисправности высотного снаряжения или нарушений правил его эксплуатации является одной из причин возникновения аварийных ситуаций и катастроф.

Эта форма высотной болезни развивается без выраженных предвестников. Заболевший не испытывает неприятных ощущений; более того, он теряет адекватное отношение к окружающей обстановке и своему состоянию: не замечает ошибок при выполнении психофизиологических тестов и при решении элементарных арифметических задач, нарушений почерка и грубых грамматических ошибок. Потеря сознания часто наступает внезапно. В некоторых случаях ей предшествуют приступы клонических судорог, как правило, в работающих мышцах. Остроту течения высотной болезни определяет степень снижения парциального давления кислорода в легких и в крови.

После подъемов на высоты 15 500 м и выше она протекает сверхостро – первым признаком ее является потеря сознания, которая наступает без всяких предвестников уже через 12–15 с после подъема. На высотах 7000–7500 м течение заболевания зависит от индивидуальной устойчивости, которая определяет время возможного пребывания на таких высотах – от 2–3 до 20–30 мин и более. На этих высотах не отмечается существенных изменений общего состояния; поведение же в течение некоторого времени бывает неадекватным: часто отмечаются приподнятое настроение и потеря в большей или меньшей степени критического отношения к окружающей обстановке. Эти проявления высотной болезни необходимо учитывать, так как больные часто отказываются выполнять указания врача, в частности не хотят использовать O_2 для дыхания. Незадолго перед потерей сознания лицо больного становится невыразительным, взгляд застывшим, пустым; у некоторых возникает подергивание мышц кисти, после чего клонические судороги распределяются на всю руку и могут стать генерализованными. Одновременно наступает потеря сознания, при которой в течение некоторого времени пострадавший сохраняет активную позу (*В. Б. Малкин,* 1986).

Потеря работоспособности и нарушения сознания возникают тем раньше, чем больше высота.

Переключение заболевшего высотной болезнью на дыхание кислородом либо смесью кислорода с 3–5% содержанием углекислого газа является единственным надежным методом лечения этого заболевания. В легких случаях кислородная терапия приводит к быстрому и полному восстановлению здоровья. Следует иметь в виду, что иногда дача кислорода приводит к кратковременному, но быстро проходящему ухудшению общего состояния, т. е. к развитию так называемого парадоксального эффекта кислорода. В основе этого явления лежит рефлекторный механизм, пусковым моментом которого является изменение характера импульсации со стороны сосудистых рефлексогенных зон, поступающей к вазомоторному и дыхательному центрам. При тяжелых формах высотной болезни, когда больной длительное время находится без сознания, либо в случаях, когда потеря сознания возникает многократно и сопровождается приступами судорог и рвотой (такие случаи описаны при развитии высотной болезни в полетах), помимо кислородной терапии, необходимо медикаментозное лечение. Для профилактики и устранения постгипоксического отека мозга рекомендуется применять препараты, обладающие дегидратационным эффектом: манитол, декстран, фуросемид (лазикс), диакарб, глюкоза (*В. Б. Малкин,* 1983).

В тяжелых случаях полностью восстановить нормальное состояние здоровья часто не удается, и высотная болезнь приводит к возникновению хронических заболеваний ЦНС (постгипоксическая энцефалопатия, постгипоксические расстройства зрения, психики и памяти).

Наиболее эффективным средством профилактики высотной болезни является использование кислородного оборудования, поддерживающего нормальное поступление

кислорода в организм. Для повышения устойчивости к высотной болезни целесообразно тренироваться в условиях барокамеры – регулярные подъемы на постепенно возрастающие высоты с 3000 до 5000 м, а также адаптация к гипоксии в условиях высокогорья. Для повышения индивидуальной устойчивости к действию высотной гипоксии умеренной степени в случаях необходимости быстрой передислокации на высоты 3000–5000 м (например, при перелетах на высокогорные аэродромы) используют лекарственные средства, из которых наиболее эффективен диакарб (фонурит, ацетазоламид). Этот препарат является ингибитором кар-боангидразы, в связи с чем обладает диуретическим действием и предупреждает развитие газового алкалоза. Прием диакарба в течение 2–3 сут. по 0,25 г 3 раза в день до прибытия в горы и в течение 1–3 сут. в горах приводит к предупреждению или смягчению симптомов острой горной болезни (*В. Б. Малкин*, 1986).

3.8. Высотные декомпрессионные расстройства

Высотный полет совершается в условиях изменяющегося атмосферного давления, давления в кабине или в высотном снаряжении. Изменение давления в кабине происходит вследствие изменения барометрического давления атмосферы при взлете, посадке и маневрах. При подъеме давление в открытой кабине снижается (декомпрессия), при спуске – повышается (компрессия). Давление в герметичной кабине создается и поддерживается специальным регулятором, от технических характеристик которого зависят как абсолютный уровень давления в кабине, так и переделы его изменений.

Давление в кабине может также изменяться при нарушении ее герметичности в полете, причем как в сторону снижения (при истечении воздуха, находящегося под избыточным давлением, при его аэродинамическом отсосе по механизму эжекции), так и повышения (при скоростном воздушном напоре). Изменения давления могут происходить постепенно, плавно или наподобие взрыва – мгновенно, за микроинтервалы времени. Снижение (повышение) давления за время менее 1 с условно называют взрывной декомпрессией (или взрывной компрессией).

Изменение давления характеризуется следующими основными параметрами: величиной (разница между исходным и конечным давлением), временем, скоростью и кратностью (отношение исходного давления к конечному). Следовательно, скорость и кратность являются производными параметрами от величины и времени изменения давления. Здесь уместно рассмотреть термин «перепад давления», который часто неправильно используют для обозначения процесса изменения давления.

Перепад давления – это разница уровней давления в двух и более точках одного и того же тела или в разных, но взаимодействующих телах и системах. Перепад давления больше отражает статику измененного и установившегося давления, а не динамику его изменения. Это не процесс, а следствие, результат измененного давления. Перепад давления измеряется в тех же единицах, что и давление, и характеризуется величиной, временем создания и длительностью экспозиции. Он может быть положительным или отрицательным. Это означает, что давление в данной точке, системе, полости и т. д. соответственно больше или меньше давления внешней взаимодействующей среды.

Так, в результате повышения давления при наддуве кабины в ней создается положительный перепад давления, а при снижении давления вследствие аэродинамического отсоса – отрицательный по отношению к давлению снаружи кабины. В организме человека перепад давления обычно возникает при нарушениях выравнивания давления в газосодержащих полостях тела с изменяющимся давлением среды,

окружающей эти полости или граничащей с ними. При понижении внешнего давления (подъем на высоту) в полостях тела создается положительный перепад, а при повышении давления (спуск с высоты) – отрицательный. Перепад давления является основным этиопатогенетическим звеном многих нарушений в организме человека, развивающихся при воздействии измененного давления внешней среды, в том числе и в высотных условиях. Перепад может также возникнуть между участком тела, не содержащим полости с газом, и граничащим с ним замкнутым объемом газа с более низким (высоким) давлением (при разрежении воздуха в поставленных на тело медицинских банках или в вакуумной емкости для пробы с отрицательным давлением на нижнюю половину тела). Он создается и при физиологических актах: кашле, чиханье, форсированном дыхании, натуживании. Все это говорит, с одной стороны, о тесной связи перепада давления с процессом изменения давления, а с другой – о качественном различии этих явлений.

Уменьшение давления при подъемах на высоту, даже при устранении кислородного голодания, может вызвать серьезные нарушения в организме, которые объединяют термином **«высотные декомпрессионные расстройства» (ВДР)** (синоним – **высотный дисбаризм**). В данном определении подчеркнуты основные этиопатогенетические факторы – высота и связанное с ней понижение барометрического давления, декомпрессия. Одним из распространенных проявлений ВДР является высотная декомпрессионная болезнь.

Высотная декомпрессионная болезнь (ВДБ) – патологическое состояние, развивающееся на высоте при понижении давления вследствие образования в крови, лимфе и тканях организма газовых пузырьков.

Другие, менее удачные и менее распространенные термины: *высотные боли, высотные декомпрессионные расстройства, субатмосферная декомпрессионная болезнь, декомпрессионная болезнь летчиков, аэроэмболия, бендз.* ВДБ может развиться в полетах в негерметичной кабине или при разгерметизации последней на высотах более 6–7 км, при подъемах в барокамере. В опытах на животных ВДБ моделируют посредством воздействия разреженной атмосферы, а также внутривенным введением воздуха или инертного газа.

В основе этиопатогенеза ВДБ лежат, главным образом, нарушения кровообращения, вызванные появлением в крови и тканях пузырьков газа, переходящего при понижении внешнего давления из растворенного в газообразное состояние. При высотной декомпрессии (снижении давления от 1 атм до ее долей) ведущая роль в образовании газовых пузырьков принадлежит азоту. Если азот предварительно будет удален из организма посредством длительного дыхания чистым кислородом, то при последующей экспозиции на высоте ВДБ не развивается. Однако при определенных режимах декомпрессии и активной мышечной работе в формировании газовых пузырьков определенное участие принимают углекислый газ и пары воды.

Образующиеся в организме газовые пузырьки приводят к эмболии кровеносных и лимфатических сосудов, раздражают нервные окончания, деформируют ткани. Следовательно, патогенез ВДБ определяется процессом формирования, роста и миграции газовых пузырьков.

В условиях дыхания воздухом на уровне моря между парциальным давлением газов в легких и их напряжением в тканях и жидких средах существует динамическое равновесие (закон ***Генри – Дальтона).*** Основная часть общего давления газов в легких и их общего напряжения в крови и тканях (573 из 760 мм рт. ст.) приходится на долю азота,

физиологически индифферентного газа, не участвующего в газообмене. Напряжение кислорода в тканях и жидких средах колеблется в пределах 5-100 мм рт. ст., углекислого газа – 40–60 мм рт. ст. Количество азота, находящегося в организме в растворенном состоянии, обусловлено его парциальным давлением и растворимостью и составляет около 1 л. Более трети азота содержится в жировой ткани, что объясняется большой растворимостью азота в жирах.

Кислород постоянно потребляется организмом в процессе жизнедеятельности и, обладая к тому же относительно низкой растворимостью, не оказывает существенного влияния на формирование газовых пузырьков при высотной декомпрессии. Углекислый газ, напротив, вследствие высокой диффузионной способности и растворимости даже при относительно низких (в сравнении с азотом) уровнях напряжения может способствовать развитию газовых зародышей и пузырьков при пониженном барометрическом давлении.

При подъеме на высоту газовое динамическое равновесие нарушается: напряжение азота и других газов в тканях и крови превышает внешнее давление. Ткани и кровь становятся относительно перенасыщенными N_2 и CO_2. Выведение избыточного азота из организма (десатурация) до установления нового газового равновесия может идти двумя путями – с образованием газовых пузырьков и без.

Если степень пересыщения газами не достигает определенного критического уровня, то происходит последовательная диффузия растворенного N_2 и CO_2 в направлении ткань – кровь – альвеолы. Пересыщенные кровь и ткани десатурируются без формирования в них газовых пузырьков. Критический уровень пересыщения зависит от способности тканей и жидкостей при снижении внешнего давления удерживать в избытке растворенные в них газы. Для всего организма человека этот уровень находится в пределах 2–2,2. Это означает, что если напряжение азота и других газов в крови и тканях после декомпрессии не превышает в 2–2,5 раза внешнее давление, то десатурация организма происходит без образования газовых пузырьков. Такие условия создаются при медленном, в течение часов, подъеме на большие высоты или при подъеме на высоты до 6 км. Аналогичная десатурация от азота может происходить и без снижения барометрического давления, например при дыхании чистым кислородом на земле.

В случае быстрой и значительной декомпрессии (подъем на высоту более 6–7 км за 5-10 мин) перенасыщенность тканей газами достигает или даже превышает критический уровень. Суммарное напряжение газов в крови и тканях становится более чем в 2 раза выше внешнего давления. В этих условиях ткани и жидкие среды не в состоянии удерживать газы в растворенном состоянии. Создаются предпосылки для образования газовых пузырьков. Диффузия газов внутрь первоначально возникшего пузырька обусловливает его рост до установления нового газового равновесия.

Установлено, что процесс образования газовых пузырьков в пересыщенных газами жидкостях значительно облегчается при наличии так называемых газовых зародышей или ядер – микрополостей. Роль последних в организме выполняют относительно стабильные даже при наземном давлении газовые микровключения размером 10^{-7}-10^{-6} см, ниши на поверхности гидрофобных тканей, воронки турбулентных зон кровотока и микроучастки с отрицательным давлением, возникающим при сокращении мышц. В этих участках при давлении меньше 47 мм рт. ст. и температуре тела 37 °С происходит локальное вскипание. Заполняясь паром, молекулами CO_2 и N_2, они приобретают стабильность и превращаются в газовые зародыши. Газовые зародыши вследствие диффузии в них газов и слияния друг с другом постепенно растут и становятся патогенными газовыми пузырьками, обусловливающими появление симптомов ВДБ. По-видимому, в первичном

формировании газовых зародышей и проявляется роль CO_2 и паров воды при развитии ВДБ на высоте, особенно в условиях выполнения мышечной работы.

Образование, рост и обратное развитие газовых пузырьков в определенной степени зависят от их локализации. Так, внутритканевые внесосудистые пузырьки растут только за счет диффузии газов из окружающих тканей и жидкости. По мере увеличения газовые пузырьки оказывают давление на ткани, деформируют их. Газовые пузырьки, образующиеся внутри клеток паренхиматозных органов и жировой ткани, могут разрушить клетки и, попадая вместе с продуктами деструкции клеток в кровоток, вызвать газовую и жировую эмболию.

Эволюция внутрисосудистых газовых пузырьков обусловлена не только диффузией, но и слиянием их друг с другом. Увеличенные газовые пузырьки приводят к аэроэмболии кровеносных сосудов со всеми вытекающими последствиями. Внутрисосудистые пузырьки обволакиваются коллоидами крови, на их поверхности отлагаются белки, липоиды, жиры и другие взвешенные в крови вещества. Образующаяся поверхностная мембрана затрудняет рассасывание газовых пузырьков при повышении давления после спуска с высоты. Кроме того, аэроэмболия вызывает оседание форменных элементов крови на поверхности газовых пузырьков, повышение вязкости крови и гематокрита. В результате внутри сосудов формируются аэротромбы, основой которых является газ, а капсулой – тромботическая масса. Клинические проявления аэротромбоза более серьезные и длительные, чем аэроэмболии. Появление в сосудистом русле газовых пузырьков вызывает локальные и системные защитные рефлекторные реакции: спазмы сосудов, открытие шунтов, тахикардию, одышку, повышение давления крови в легочной артерии и снижение системного давления.

Следовательно, основными звеньями этиопатогенеза ВДБ являются декомпрессия, пересыщение газами тканей и жидких сред, газовые зародыши, формирование и рост вне– и внутрисосудистых газовых пузырьков, миграция последних с кровотоком, аэроэмболия, аэротромбоз, локальные и системные нарушения циркуляции крови, деформация тканей, развитие патологических и защитных реакций.

На развитие ВДБ влияют общие (высота, кратность декомпрессии, длительность пребывания, повторность подъемов, температура воздуха, физическая работа, гиперкапния, гипоксия и др.) и индивидуальные (предрасположенность, возраст, масса тела, травмы) факторы.

Порогом возникновения ВДБ большинство исследователей считают высоту 7 км, когда напряжение газов в организме превышает величину внешнего давления более чем в 2 раза. Однако имеются достоверные сведения о единичных случаях развития тяжелых форм ВДБ и на высотах 5,5–6 км. Предварительное подводное плавание при дыхании воздухом, увеличивая сатурацию организма азотом, снижает высотный порог ВДБ до 2,5 км. С увеличением высоты и кратности декомпрессии вероятность развития ВДБ также возрастает. Так, при 2-часовом пребывании на 8 км в покое число случаев ВДБ составляет 5–6%, а на высоте 12 км в аналогичных ситуациях – 24–26 %.

Как на пороговых, так и на больших высотах первые симптомы ВДБ развиваются не сразу по достижении высоты, а через 3–5 мин. Пик частоты ВДБ приходится на 20–40 мин высотной экспозиции с постепенным понижением. Этот факт указывает, что на формирование в организме патогенных газовых пузырьков требуется определенное время, минимум 3–5 мин. И только при подъемах на высоту 10–12 км после предварительной экспозиции на меньших высотах (6–7 км) симптомы ВДБ могут развиться сразу или даже

в процессе подъема. По-видимому, в этом случае в патогенные газовые пузырьки превращаются уже сформировавшиеся на допороговых высотах «немые», бессимптомные газовые зародыши.

Длительность экспозиции сказывается на линейном возрастании частоты ВДБ, особенно между 20 и 60 мин пребывания на высоте. Количество новых случаев ВДБ затем уменьшается. Суммарное количество всех случаев ВДБ даже при длительном пребывании на данной высоте (2–3 ч и более) может и не достигать 100 % от всех высотных экспозиций. В барокамерных экспериментах установлена прямая зависимость частоты ВДБ от скорости подъема обследуемых на высоту. Однако в пределах вертикальной скорости современных самолетов этот фактор не имеет существенного значения, за исключением случаев взрывной декомпрессии. Повторные подъемы на высоту через 24 ч и менее резко увеличивают предрасположенность к ВДБ. Из этого следует, что интервал между высотными воздействиями должен быть не менее 2 сут.

К факторам, повышающим частоту и тяжесть ВДБ, следует, кроме того, отнести гипоксию, гиперкапнию и низкую окружающую температуру. Так же влияет и физическая работа. Установлено, что провоцирующий эффект интенсивных мышечных упражнений в отношении увеличения случаев ВДБ эквивалентен дополнительному подъему на высоту 1,5–1,6 км. Примечательно, что развившиеся во время работы высотные боли чаще поражают работающие мышцы и суставы.

В исследованиях с повторными подъемами различных лиц в одних и тех же условиях отчетливо установлена индивидуальная предрасположенность к ВДБ.

Клиническая картина ВДБ отличается разнообразием форм и определяется размерами, количеством и локализацией газовых пузырьков в организме, действием провоцирующих факторов, развитием защитных и патологических реакций. Высотная декомпрессионная болезнь имеет несколько групп симптомов.

Кожные нарушения (зуд, парестезии, мраморность, отек) появляются из-за образования газовых пузырьков в сосудах кожи и потовых железах. Мышечно-суставные боли, бендз (наиболее частый симптом ВДБ), возникают вследствие местной ишемии и механического раздражения газовыми пузырьками болевых рецепторов мышц, сухожилий, надкостницы. Чаще всего боли отмечаются в коленных и плечевых, реже – в локтевых и голеностопных суставах. При образовании большого количества пузырьков газа в легочных сосудах наблюдается так называемый субстернальный дискомфорт, «чоукс» – боли и жжение за грудиной, особенно на вдохе, кашель, удушье, падение системного давления крови, брадикардия. Неврологические и циркуляторные нарушения (парезы, параличи, зрительные и вестибулярные расстройства, коллапс) наблюдаются при газовой эмболии сосудов головного и спинного мозга, коронарных сосудов.

По характеру и тяжести проявлений выделяют *легкую, среднюю* и *тяжелую формы ВДБ.* Легкая форма характеризуется кожными симптомами, нерезкими, легкопереносимыми мышечно-суставными и костными болями. Симптомами ВДБ средней тяжести являются острые, труднопереносимые мышечно-суставные боли, сопровождающиеся тахикардией и повышением АД. При тяжелой форме у пострадавших развиваются симптомы нарушения дыхания (боли за грудиной, кашель, удушье), деятельности сердечно-сосудистой системы (бледность, брадикардия, падение АД, обморок) и ЦНС (парезы и параличи конечностей, расстройства зрения).

Исход ВДБ в большинстве случаев благоприятный. Симптомы заболевания часто исчезают при увеличении давления в барокамере до 300 мм рт. ст. и более или снижении высоты полета менее 7 км. Однако в некоторых случаях они сохраняются и даже усиливаются после нормализации давления, т. е. в наземных условиях; кроме того, иногда появляются первичные признаки заболевания или рецидивируют исчезнувшие симптомы (так называемый постдекомпрессионный коллапс).

Стойкие формы ВДБ, которые не исчезают после нормализации окружающего давления, до недавнего времени лечили симптоматически, однако часто лечение было неэффективным. К настоящему времени экспериментально обоснована возможность в качестве радикального, этиопатогенетического средства купирования ВДБ, как и при баротравме легких, использовать дыхание кислородом под повышенным (до 2–3 атм) давлением, гипербарическую оксигенацию (ГБО). Повышенное давление, уменьшая размеры газовых пузырьков, способствует восстановлению нарушенной ими циркуляции крови. Резко оксигенированная при ГБО кровь эффективно устраняет местную гипоксию и ацидоз тканей. Дыхание кислородом вызывает десатурацию газовых пузырьков от азота, что ускоряет их рассасывание. В качестве симптоматического лечения при циркуляторном коллапсе назначают кровезаменители (декстран, плазма) и препараты, стабилизирующие системное АД.

Профилактика ВДБ обеспечивается применением герметических кабин с режимом давления 260–560 мм рт. ст., а также предварительной десатурацией организма от азота посредством достаточно длительного дыхания чистым кислородом перед подъемом на высоту или кислородно-воздушной газовой смесью на высотах до 7 км.

В заключение следует отметить, что в изучении теоретических и прикладных аспектов проблемы ВДБ в последние годы наметились перспективные направления. Создание и успешная экспериментальная апробация неинвазионного ультразвукового метода локации газовых пузырьков в крови позволяет с гораздо меньшим риском для здоровья обследуемых лиц проводить исследования с декомпрессионными воздействиями. Регистрация появления ультразвуковых сигналов газовых пузырьков в легочной артерии, возможность качественной и количественной оценки этих сигналов до развития отчетливых симптомов ВДБ позволяют изучать безопасность режимов высотной декомпрессии, эффективность профилактических и лечебных мероприятий, особенности развития ВДБ при действии различных факторов стратосферного и космического полетов.

3.9. Физиологические реакции организма на избыток кислорода

В последнее время в связи с широким применением кислорода в авиации, космических полетах, в водолазном деле, при освоении морских глубин и, наконец, в лечебной практике резко возрос интерес к изучению физиологического и отравляющего действия кислорода на организм человека и животных. Изучение проблемы гипероксии наряду с решением практических задач представляет также большой теоретический интерес в общебиологическом плане.

Широко известно, что почти все живые существа, обитающие на суше, приспособились к строго определенной постоянной концентрации кислорода в атмосфере нашей планеты – 20,9 %, которая считается адекватной средой обитания и жизнедеятельности организмов. В связи с проникновением человека в космические высоты и морские глубины возникла необходимость создавать искусственные газовые смеси, искусственную атмосферу, в которой содержание кислорода не всегда разумно поддерживать на «земном» уровне.

Продолжаются поиски допустимых и наиболее адекватных для лечения различных заболеваний концентраций кислорода как при атмосферном, так и при повышенном давлении.

Оксигенированный воздух используется не только для лечебных целей, но и для профилактики утомления, повышения работоспособности, для нормализации физиологических функций в пожилом, старческом возрасте.

В ряде случаев возникает вопрос о неадекватности постоянного, неизменного содержания кислорода в окружающей нас атмосфере, о необходимости обоснования оптимального парциального давления кислорода для различных условий жизнедеятельности человека.

Чрезмерное увеличение кислорода в среде оказывает отрицательное действие на живые организмы. Кислород, необходимый для жизни, в то же время при его избытке в среде является ядом для различных представителей животного и растительного мира. Токсичность кислорода ставит серьезные преграды для его эффективного применения, особенно в водолазной практике, при освоении морских глубин, и в оксигенобаротерапии.

Токсическое действие кислорода проявляется в виде двух классических форм отравления: легочной и судорожной. В первом случае легочные явления (отек, ателектазы и другие признаки воспаления) развиваются преимущественно при длительном вдыхании кислорода в условиях земного давления. Во втором – при давлении свыше 3 ата (атмосфера абсолютная) – действие кислорода направлено, главным образом, на центральную нервную систему, в сравнительно короткие сроки развиваются судороги – характерный признак резкого возбуждения нервных центров. В тяжелых случаях обе эти формы заканчиваются летальным исходом.

Однако токсическое действие кислорода не ограничивается этими формами, кислород влияет на весь организм, что дало основание выделить отдельную, **общетоксическую форму отравления кислородом** (*А. Г. Жиронкин* и др., 1965).

Увеличение парциального давления кислорода и длительности экспозиции усиливает степень отравления, поэтому действие кислорода на организм является хроноконцентрационным. До начала проявления признаков отравления, в латентном периоде, кислород оказывает определенное влияние на различные функции организма, которое характеризуется как физиологическое. Правда, физиологическое влияние кислорода – несколько условное понятие, поскольку оно включает начальные, малозаметные, незначительные сдвиги, которые могут рассматриваться как патологические.

С другой стороны, реакции организма на избыток кислорода, возникающие в этом периоде, рассматривают как приспособительные, компенсаторные, направленные на снижение отравляющего действия кислорода, на восстановление постоянства внутренней среды организма. Нарушение этих компенсаторных реакций приводит к развитию патологических явлений.

При постепенном нарастании концентрации кислорода и длительности экспозиции легче проследить за развитием начальных реакций организма, имеющих в своей основе приспособительное значение.

При вдыхании обогащенного кислородом воздуха или кислорода в пределах атмосферного давления в течение сравнительно короткого времени реакции дыхания, сердечно-сосудистой системы, крови направлены на ограничение доставки этого газа тканям, особенно в головном мозге. Исключение составляют легкие, непосредственно соприкасающиеся с газообразным кислородом во вдыхаемом воздухе, что делает их весьма уязвимыми при более длительных экспозициях в кислороде и приводит в конце концов к патологии.

При более высоких давлениях (в пределах до 4 ата кислорода) все указанные реакции еще более выражены. Особенно заметно сужение сосудов в головном мозге, отчетливы процессы перераспределения крови (депонирование ее в паренхиматозных органах).

Согласно данным *С. Ламбертсена,* при давлениях 2,5 ата кислорода его напряжение в концевых отделах мозговых капилляров в 5 раз меньше, чем в почке или сердце. Этот факт свидетельствует о довольно эффективной защите клеток головного мозга от избытка кислорода путем сосудистой реакции и замедления кровотока, что обеспечивает поддержание оптимального кислородного режима мозговых центров. Однако такие защитные реакции, как сужение капилляров, замедление кровотока, осложняются развитием противоположного процесса: задержкой углекислоты в тканях, которая усиливается затрудненным ее транспортом к легким венозной кровью, вследствие выключения нормальной функции гемоглобина. Гиперкапния способствует расширению сосудов и таким образом снимает защитную сосудистую реакцию на кислород.

При удлинении экспозиции в пределах давления до 4 ата кислорода развиваются признаки возбуждения вегетативной и гормональной систем, повышается кровяное давление, нарушаются системы регуляции дыхания, кровообращения и крови. В этот период может возникнуть внезапная потеря сознания без судорожных явлений. Легочная перенхима также повреждается. Наконец, при более высоких давлениях наблюдаются те же реакции, но они протекают быстрее и переходят в судорожный припадок либо в коматозное состояние.

Таким образом, по мере увеличения парциального давления кислорода и удлинения его действия наряду с реакциями приспособительными (1-я стадия) появляются реакции патологические (2-я стадия), которые, нарастая, приводят к типичной картине кислородного отравления.

Компенсаторной стадии, или латентному периоду наступления симптомов кислородного отравления, придают большое значение в повышении устойчивости к кислородному отравлению. Было обнаружено увеличение устойчивости к отравляющему действию кислорода путем прерывистых экспозиций в нем в пределах этой стадии, т. е. тогда, когда организм еще не успел пострадать от кислорода.

Несмотря на большое число исследований по изучению влияния кислорода на организм, механизм его физиологического и отравляющего действия оказался недостаточно изученным. Отставание глубокой разработки этой проблемы в теоретическом аспекте явилось причиной трудностей в решении ряда практических задач.

До настоящего времени нет четкости и окончательных критериев относительно сроков и величин безопасного дыхания кислородом для здорового человека и в использовании оксигенотерапии больного организма. Большие колебания индивидуальной чувствительности к кислороду дают основания предполагать отсутствие

порогов токсического действия этого газа аналогично действию ионизирующей радиации. И кислород, и проникающая радиация являются вредящими факторами универсального действия на все живые организмы.

Адаптация организма к кислороду относительна и несовершенна по сравнению с адаптацией к гипоксии, что связывается со сравнительно молодым в эволюционном аспекте развитием антиокислительных защитных тканевых процессов, тормозящих высокий энергетический потенциал кислорода. Допустимо думать, что развитие этого механизма шло на фоне нарастающего на протяжении многих тысячелетий содержания кислорода в земной атмосфере, тогда как в основе приспособительного механизма к гипоксии лежат уже пройденные в эволюционном развитии фазы анаэробных окислительных процессов в гипоксической атмосфере.

В механизме действия кислорода на организм определенное значение имеет «молчание» рефлекторных синокаротидных зон при оксигенации артериальной крови, что сказывается на функции дыхания. Внесена некоторая ясность в понимание механизма сложного, в основном угнетающего влияния кислорода на гемопоэз красной крови.

Значительный прогресс был достигнут при изучении механизма токсического действия кислорода на легкие и центральную нервную систему.

В первом случае были получены факты, указывающие на большое значение сурфактанта и процессов поверхностного натяжения пленки альвеол легких. Однако остается не вполне ясным, что является ведущим в легочных поражениях кислородом – локальное его действие на легочную ткань, гормональное или нервно-рефлекторные механизмы.

Более определенно обозначился при высоком давлении кислорода так называемый судорожный центр, находящийся в ретикулярной формации среднего мозга; нарушение целостности этой области полностью исключает возникновение кислородных судорог. В происхождении судорог большая роль принадлежит симпатоадреналовой системе и нарушению тканевого дыхания в различных отделах головного мозга.

Различают две классические формы кислородного отравления:

• **легочную** – при продолжительных экспозициях в кислороде и небольшом его избыточном давлении;

• **судорожную** – при коротких экспозициях под высоким давлением кислорода.

В последнее время стали выделять третью, **общетоксическую форму** – преимущественно при давлениях от 1 до 4 ата, когда не успевают развиваться легочные и судорожные явления, но патологические нарушения в той или иной степени наблюдаются со стороны многих органов и тканей. Этот диапазон давлений менее всего изучен, хотя практическое значение его велико, особенно для оксигенобаротерапии.

В основе токсического действия кислорода во всех его формах лежат процессы угнетения тканевого дыхания, дыхательных ферментных систем. Из них наиболее чувствительными к кислороду оказались системы, содержащие SH-группы.

Кислородная интоксикация имеет много общих черт с уникальным действием проникающей радиации на все живые организмы. Подобно приспособлению к радиации,

адаптация к кислороду относительна и несовершенна. Средства защиты против кислородного отравления и действия радиационного фактора очень близки по своему химическому составу, они в основном содержат группы антиокислителей.

Хотя арсенал защитных средств против токсического действия кислорода значительно возрос, все же существующие способы не предотвращают полностью, а лишь ослабляют это действие.

В настоящее время значительно увеличился перечень заболеваний, при которых показана оксигенотерапия и оксигенобаротерапия. Выяснилось, что эффективность применения кислорода связана с уровнем кислородного голодания организма. Наиболее хорошие результаты оксигенотерапии были получены при лечении заболеваний, в развитии которых гипоксический фактор является доминирующим.

Наряду с этим фактором представлены доказательства значительной роли нервно-рефлекторного звена в физиологическом и лечебном действии кислорода.

Поставлен вопрос об адекватности парциального давления кислорода как для лечебных целей, так и в жизнедеятельности организмов, находящихся в различных неблагоприятных условиях существования (освоение космоса и глубин, некоторые факторы производства и т. д.).

3.10. Гиперкапния

Гиперкапния – повышенное напряжение углекислого газа в артериальной крови и тканях организма.

Она может развиваться в космическом полете при повышении концентрации углекислого газа в атмосфере кабины или в гермошлеме скафандра вследствие частичного или полного нарушения работы системы удаления и поглощения углекислоты. Избыток углекислого газа в кабине может быть предусмотрен программой полета по соображениям экономии веса, уменьшения габаритов и энергоемкости системы жизнеобеспечения, а также с целью усиления регенерации кислорода, профилактики гипокапнии или для ослабления поражающего действия космической радиации.

В зависимости от вентилируемого объема скафандра и кабины, повреждения системы регенерации и количества продуцируемой экипажем углекислоты, ее концентрация во вдыхаемом воздухе может возрасти до токсического уровня (более 1 %, или 7,5 мм рт. ст. – 1 кПа) за несколько минут или часов. В этом случае развивается состояние **острой гиперкапнии**. Длительное (дни, недели, месяцы) пребывание в атмосфере с умеренным содержанием углекислого газа приводит к **хронической гиперкапнии**.

При отказе ранцевой системы поглощения углекислоты в космическом скафандре во время интенсивной работы концентрация углекислого газа в гермошлеме достигает токсического уровня за 1–2 мин. В кабине корабля с тремя космонавтами, выполняющими обычную для них работу, это произойдет более чем через 7 ч после полного отказа системы регенерации.

Даже **умеренная гиперкапния** ухудшает самочувствие и общее состояние, истощает резервы основных жизненных функций организма. Поведение человека становится неадекватным, снижаются умственная, особенно физическая

работоспособность, а также устойчивость организма к стрессовым факторам – перегрузкам, ортостазу, перегреванию, гипероксии, декомпрессии.

Важно, что гиперкапния в космическом полете чревата тяжелыми осложнениями и в связи с «обратным» действием углекислоты: после перехода с дыхания в гиперкапнической среде на нормальную газовую смесь, а также на воздух или кислород отмеченные нарушения в организме часто не только не ослабевают, но даже усиливаются, возможно появление новых симптомов отравления углекислотой. Такое состояние может сохраняться минуты, часы, а иногда и сутки после восстановления нормального газового состава вдыхаемого воздуха.

• Повышение концентрации углекислого газа во вдыхаемом воздухе до 0,8–1% не вызывает нарушений физиологических функций и работоспособности при остром и хроническом действии. Допустимость больших концентраций определяют прежде всего с учетом длительности пребывания в такой атмосфере и интенсивности выполняемой работы. Если космонавту предстоит несколько часов работать в скафандре, содержание углекислого газа в гермошлеме не должно превышать 2 % (pCO_2 15 мм рт. ст. – 2 кПа). По достижении такой концентрации углекислоты появятся жалобы на одышку и утомление, однако работа будет выполнена в полном объеме.

• В кабине космического корабля с периодическим выполнением только легкой работы космонавт может справиться с заданием в течение нескольких часов при увеличении концентрации углекислоты до 3 % (pCO_2 22,5 мм рт. ст. – 3 кПа). Однако возникнут выраженная одышка и головная боль, которая может оставаться длительное время.

• Повышение содержания углекислоты в гермошлеме скафандра или в кабине до 3 % и более – тревожная ситуация, подлежащая немедленному устранению.

Состояние острой гиперкапнии можно установить по увеличению pCO_2 в артериальной крови (более 40 мм рт. ст., или 5,33 кПа), а также по субъективным и клиническим признакам: одышка, особенно в покое, тошнота и рвота, усталость при работе, головная боль, головокружение, нарушения зрения, синюшность лица, сильная потливость.

Признаки хронической гиперкапнии развиваются при длительном пребывании в атмосфере с содержанием углекислого газа от 0,9 до 2,9 %. В этих условиях изменяются электролитный баланс и кислотно-щелочное состояние, происходят напряжение физиологических функций и истощение функциональных резервов, обнаруживаемые нагрузочными пробами. Хроническая гиперкапния сопровождается фазными изменениями психомоторной деятельности (возбуждение, сменяющееся депрессией), которые проявляются в поведении и во время умственной и мышечной работы. Головная боль, усталость, тошнота и рвота выражены меньше. Часто бывает стойкая гипотензия. Нарушение электролитного баланса и кислотно-щелочного состояния, а также напряжение функции коры надпочечников определяются только биохимическими методами.

Пока нет специфических методов лечения гиперкапнического ацидоза или способов повышения устойчивости организма к действию повышенных концентраций углекислого газа. Самой эффективной помощью космонавту при нарушении системы регенерации будет быстрейшее восстановление нормального газового состава вдыхаемого воздуха. Если нельзя устранить неполадки в основной системе регенерации, то следует

использовать субсистемы и аварийные системы, а также аварийные запасы кислорода на борту или в скафандре.

В скафандре космонавт также может изолироваться от гиперкапнической среды кабины, закрыв смотровой щиток гермошлема. Для своевременного предупреждения гиперкапнии на борту корабля необходим прибор-сигнализатор опасного уровня углекислого газа.

3.11. Адаптация к условиям высоких и низких температур

Оптимальное тепловое состояние человека обеспечивается условиями теплового комфорта, не ограничиваемого по времени пребывания и не требующего включения дополнительных приспособительных механизмов организма.

В экстремальных условиях среды, сопровождаемых значительными перепадами температуры, включаются поведенческие, физиологические адаптивные реакции, а при резких или длительных термических сдвигах могут развиваться патологические состояния, в крайних случаях приводящие к летальному исходу.

Исследователями предложены различные классификации тепловых состояний человека в зависимости от того, какие критерии были положены в основу. С точки зрения адаптации наибольший интерес представляет классификация, построенная на основании данных о характере изменений приспособительных механизмов системы терморегуляции, т. е. основных приспособительных реакций, позволяющих организму бороться с действием высоких и низких температур окружающей среды (см. табл. 3.2).

Таблица 3.2. Классификация тепловых состояний человека *(по: А. Н. Ажаев, 1979)*

При выборе физиологических показателей для оценки теплового состояния, очевидно, основное внимание необходимо уделять изменению таких показателей, которые наиболее полно отражают функциональное состояние организма при каждой степени нагревания или охлаждения человека. Так, в условиях, когда теплосодержание «сердцевины», срединных структур организма значительно не изменяется, но нарушена структура теплового обмена, наиболее важны физиологические показатели, характеризующие тепловое состояние «оболочки» тела. К таким показателям относятся температура кожи, средняя температура тела, тепловые потоки с поверхности тела, внутренний градиент температур, разность температур туловища и конечностей, теплоизоляция поверхностных тканей. При повышенных температурах окружающей среды большое значение приобретает исследование потерь веса тела и теплоотдачи испарением влаги, при пониженных – тепловых потоков с поверхности тела, теплопродукции организма, биоэлектрической активности мышц. В условиях, когда значительно изменяется теплосодержание организма, оценка теплового состояния человека должна проводиться в основном по физиологическим показателям, характеризующим изменения теплового обмена и состояние сердечно-сосудистой системы (уровень теплоотдачи, минутный, систолический объем сердца и т. д.). Эти

показатели позволяют контролировать состояние организма человека в условиях высоких и низких температур окружающей среды.

При перегревании и переохлаждении человека наблюдается (разность изменений многих физиологических показателей, означающих в одном случае возможность сохранения теплового баланса, а в другом – угрозу срыва или срыв приспособительных реакций организма (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Классификация стадий перегревания и охлаждения организма по степени включения в процесс терморегуляции приспособительных механизмов организма *(по: А. Н. Ажаев, 1979)*

1. На первой стадии перегревания или переохлаждения организма **(устойчивое приспособление)** наблюдаются явления, свидетельствующие о том, что организм успешно противостоит неблагоприятному действию окружающей среды. При высоких температурах происходит расширение периферических сосудов, увеличивается теплоотдача испарением влаги с поверхности тела и дыхательных путей. Последняя равна общей тепловой нагрузке – суммарной величине теплопродукции организма и внешней тепловой нагрузки. Действие низких температур окружающей среды приводит к сужению периферических сосудов и повышению теплопродукции организма вследствие мышечного термогенеза.

Следовательно, при первой степени перегревания или переохлаждения реакция сосудов на воздействие тепла и холода играет весьма большую роль. Однако уже здесь включаются механизмы химической терморегуляции, проявляющиеся в некотором снижении теплопродукции организма в условиях высоких температур и повышении – в условиях низких температур окружающей среды.

На первой стадии перегревания и переохлаждения человека накопление или дефицит тепла в организме происходит в основном за счет изменений температуры «оболочки». Температура же «сердцевины» изменяется сравнительно немного (на 0,2–0,5 °С). Работоспособность человека при таких воздействиях, по данным многих авторов, практически не изменяется.

2. На второй стадии перегревания или переохлаждения человека **(частичное приспособление)** терморегуляция не справляется с действием высоких и низких температур окружающей среды. Даже максимальное включение приспособительных механизмов терморегуляции (теплопродукции при охлаждении, теплоотдачи при перегревании) не дает возможности компенсировать тепловую нагрузку при высоких температурах и теплоотдачу при низких температурах окружающей среды. В этом случае значительно изменяется температура «сердцевины» (при высоких – на 1–1,5 °С, при низких – на 1,5–2,0 °С).

При высоких температурах окружающей среды (45; 50; 55 °С), несмотря на повышение теплоотдачи испарением влаги с поверхности тела и дыхательных путей, общая тепловая нагрузка не компенсируется, и перегревание организма происходит

вследствие уменьшения или прекращения отдачи эндогенного тепла во внешнюю среду. В условиях низких температур окружающей среды при продолжающемся увеличении окислительных процессов в организме из-за мышечной дрожи теплопотери с поверхности тела и дыхательных путей превышают уровень теплопродукции.

В этих условиях снижаются отдельные показатели работоспособности, например такие, как качество управления в режиме слежения, способность к динамической и статической работе, выполнение тонких координированных движений. Многие показатели работоспособности, включая определение временных интервалов на световой и звуковой раздражители, скорость счета, познавательные и другие психические функции, по данным большинства авторов, не изменяются или даже несколько улучшаются.

3. Третья стадия перегревания и переохлаждения организма **(срыв приспособления)** характеризуется признаками, свидетельствующими о полной невозможности приспособления организма к условиям внешней среды. Приспособительные механизмы терморегуляции некоторое время остаются максимально напряженными, а затем их уровень начинает постепенно уменьшаться. Одновременно происходит снижение эффективности деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной и мышечной систем.

На срыв приспособительных реакций организма в условиях высоких температур среды (60; 70; 80 °С) указывает снижение теплоотдачи испарением влаги, преобладание внешней тепловой нагрузки над теплоотдачей испарением влаги, снижение скорости секреции пота, уменьшение систолического и минутного объемов крови, мощности сокращения левого желудочка и скорости выброса крови.

В работах *А. Бартона, О. Эдхолма* и др. показано, что при ректальной температуре около 35 °С после максимального увеличения теплопродукции организма наблюдается ее снижение. На основании этих сведений (по аналогии с характером изменений приспособительных реакций при высокой температуре) вторая стадия охлаждения заканчивается максимальным увеличением теплопродукции, в третьей стадии происходит снижение ее уровня, достигающего при температуре тела около 30 °С величин основного обмена и ниже.

Подобное деление стадий охлаждения по изменению приспособительных реакций организма, очевидно, является наиболее рациональным, так как характеризует компенсаторные возможности теплового обмена, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

При третьей степени перегревания и переохлаждения организма наблюдается снижение всех показателей работоспособности человека. Выполнение заданной работы возможно только за счет максимального волевого усилия при включении дополнительных физиологических резервов организма.

4. И наконец, четвертая степень перегревания и переохлаждения организма характеризуется быстрым угнетением деятельности ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной систем **(коллапс, потеря сознания).**

Таким образом, в рассмотренной классификации стадии и степени перегревания и переохлаждения организма различают не только по температуре тела и клиническим признакам, но и по изменению приспособительных реакций организма. По этим показателям первая, вторая, третья и четвертая стадии (степени) перегревания и

переохлаждения организма отличаются друг от друга степенью включения приспособительных механизмов в процесс терморегуляции. В первой стадии приспособительные реакции организма включены только частично, во второй – включены до максимума, в третьей – частично отключены, в четвертой – отключены полностью (до исходных и ниже).

Условия пребывания человека в окружающей среде. Эти условия, вызывающие первую, вторую и третью степени перегревания или переохлаждения организма, расценены соответственно как допустимые, предельно допустимые и критические, или недопустимые (см. табл. 3.2).

1. Допустимые условия перегревания или переохлаждения человека: наблюдается определенное напряжение механизмов терморегуляции организма. Однако при этом сохраняется термостабильное состояние «сердцевины» вследствие включения приспособительных реакций. Снижение теплоотдачи при высоких и повышение при низких температурах окружающей среды с помощью радиации и конвекции компенсируется изменениями теплопродукции, а также теплоотдачи путем испарения влаги с поверхности тела и дыхательных путей. В этих условиях возможно продолжительное пребывание человека при отсутствии изменений работоспособности, опасности для здоровья и явлений кумуляции при повторном действии подобных условий. Основными физиологическими показателями оценки теплового состояния человека являются средняя температура тела, средневзвешенная температура кожи, тепловые потоки с поверхности тела, внутренний градиент температур, теплоизоляция поверхностных тканей, структура теплового обмена.

2. Предельно допустимые условия перегревания и переохлаждения. Вследствие неполного приспособления организма к действию внешней среды эти условия вызывают значительное напряжение терморегуляции и снижение некоторых показателей работоспособности. Такие условия безопасны для здоровья, не приводят к кумуляции при повторном их действии и допускаются только на ограниченное время при постоянном медицинском контроле.

3. Критическое (недопустимое)перегревание и переохлаждение. В подобных условиях наблюдается срыв приспособительных механизмов терморегуляции организма, снижение работоспособности, наличие опасности для здоровья и явлений кумуляции при повторном действии неблагоприятных условий микроклимата.

При предельно допустимом и критическом перегревании и переохлаждении организма в качестве основных физиологических критериев принимаются потери веса и теплоотдача испарением влаги (при перегревании), средняя температура среды и температура тела, компоненты теплового обмена (теплоотдача, теплопродукция, изменения теплосодержания), показатели состояния сердечно-сосудистой системы (минутный и систолический объем крови и др.).

Таким образом, первая, вторая и третья степени воздействия высоких и низких температур окружающей среды могут быть расценены как допустимые, предельно допустимые и критические (или предельно переносимые) условия перегревания и переохлаждения организма. Каждая из степеней дискомфорта характеризуется определенной величиной дефицита или накопления тепла в организме. При составлении классификации тепловых состояний учитывались общегигиенические подходы к нормированию микроклимата, возможность выполнения работы с необходимым объемом

и качеством, степень влияния неблагоприятных условий на состояние здоровья при однократном и повторном действии окружающей среды.

Исследования, проводимые с экипажами летательных аппаратов, работающими в экстремальных условиях, свидетельствуют о необходимости разработки средств профилактики от перегреваний и переохлаждений организма человека.

Решение этой важной проблемы может осуществляться по трем направлениям:

1. Разработка средств индивидуальной защиты членов экипажей летательных аппаратов.

2. Нормирование микроклимата помещений с учетом теплозащитных свойств одежды, сезона года, уровней эмоциональной и физической нагрузки, метеорологических условий окружающей среды и других факторов, встречающихся в полете.

3. Физиолого-гигиеническая регламентация режима труда и отдыха экипажей летательных аппаратов.

Одним из важных условий при конструировании теплорегулирующих систем является принцип автоматического терморегулирования, применение которого позволяет поддерживать комфортные условия микроклимата воздуха при различной теплоизоляции одежды и тяжести физической работы.

3.12. Влияние электромагнитных излучений

Электромагнитное поле (ЭМП) – физическое поле движущихся электрических зарядов, в котором осуществляется взаимодействие между ними. Частные проявления ЭМП – электрическое и магнитное поля. Поскольку изменяющиеся электрическое и магнитное поля порождают в соседних точках пространства соответственно магнитные и электрические поля, эти оба связанных между собой поля распространяются в виде единого ЭМП. ЭМП характеризуются частотой колебаний f (или периодом $T = 1/f$), амплитудой E (или H) и фазой φ, определяющей состояние колебательного процесса в каждый момент времени. Частоту колебаний выражают в герцах (Гц), килогерцах (1 кГц = 10^3 Гц), мегагерцах (1 МГц = 10^6 Гц) и гигагерцах (1 ГГц = 10^9 Гц). Фазу выражают в градусах или относительных единицах, кратных р. Колебания электрического *(E)* и магнитного *(H)* полей, составляющих единое ЭМП, распространяются в виде электромагнитных волн, основными параметрами которых являются длина волны (λ), частота (f) и скорость распространения v. Формирование волны происходит в волновой зоне на расстоянии больше λ от источника. В этой зоне Е и З изменяются в фазе. На меньших расстояниях – в зоне индукции – Е и Н изменяются не в фазе и быстро убывают с удалением от источника. В зоне индукции энергия попеременно переходит то в электрическое, то в магнитное поле. Здесь раздельно оценивают E и H. В волновой зоне излучение оценивается в величинах плотности потока мощности – Вт/см^2. В электромагнитном спектре ЭМП занимают диапазон радиочастот (частота от 3 х 10^4 Гц до 3 х 10^{12} Гц) и подразделяются на несколько видов.

В экстремальных условиях, в частности в условиях космического полета, источником ЭМП различных характеристик становится радио– и телевизионная аппаратура.

В основе биологического действия ЭМП на живой организм лежит поглощение энергии тканями. Его величина определяется свойствами облучаемой ткани или ее электрическими параметрами – диэлектрической постоянной *(е)* и проводимостью *(σ)*. Ткани организма в связи с большим содержанием в них воды следует рассматривать как диэлектрики с потерями. Глубина проникновения ЭМП в ткани тем больше, чем меньше поглощение. При общем облучении тела энергия проникает на глубину 0,1–0,001 λ. В зависимости от интенсивности воздействия и экспозиции, длины волны и исходного функционального состояния организма ЭМП вызывают в облучаемых тканях изменения с повышением или без повышения их температуры.

• При воздействии ЭМП сверхвысокочастотного диапазона (микроволны) на экспериментальных животных выявлено две группы эффектов – **тепловые**, сопровождающиеся повышением температуры тела, и **нетепловые** – без общей температурной реакции организма. Тепловые эффекты наблюдаются при достаточно интенсивных воздействиях (условно выше 10 мВт/см^2). По мнению большинства американских исследователей, термический эффект является единственным механизмом биологического действия микроволн. Отечественные исследователи признают существование специфического нетеплового действия. Эти эффекты наблюдаются при плотности потока мощностью меньше 10 мВт/см^2.

1. При очень интенсивных воздействиях микроволн с **тепловыми** эффектами, т. е. повышением температуры тела на 4–5 °С, у лабораторных животных развивается характерная реакция: резкое учащение дыхания и сердцебиения, нарушение сердечного ритма, повышение артериального давления, генерализованные судороги. При достижении критического уровня температуры тела животное погибает. При несмертельных тепловых воздействиях наблюдаются изменения разных систем организма. В определенной последовательности развиваются характерные изменения неврологического и вегетативного статуса. Отмечаются разнообразные изменения биоэлектрической активности мозга, не всегда четко связанные с характером и интенсивностью воздействия. На этом фоне изменяются реакции мозга на световые, звуковые и вестибулярные раздражения; обнаруживается резкое угнетение условно-рефлекторной деятельности. Существенно, что нарушения высшей нервной деятельности могут возникать у потомства при облучении самцов или беременных самок. Наблюдаются изменения кровообращения и дыхания, направленные на усиление теплоотдачи – резкое учащение дыхания, сердечного ритма, расширение кожных сосудов и сосудов внутренних органов. При менее интенсивных и более длительных воздействиях артериальное давление после кратковременного повышения снижается, урежается сердечный ритм, возникают экстрасистолия и изменения на ЭКГ. Имеются данные о нарушении нейрогуморальной регуляции вегетативных функций. При облучении области живота возникают язвы желудка, тонкого и толстого кишечника. У собак отмечается угнетение секреторной функции желудка и мочеотделения. В реакцию на микроволновое воздействие вовлекаются железы внутренней секреции – кора и мозговой слой надпочечников, щитовидная железа, половые железы, гипофиз, о чем свидетельствуют изменения содержания гормонов в биологических средах, некоторые функциональные пробы, морфологические данные. Изменения половых желез приводят к нарушению функции размножения.

Изменяется морфологический состав периферической крови и костного мозга. Снижается содержание эритроцитов, отмечается лейкопения или нейтрофильный лейкоцитоз, лимфоцитопения, эозинопения. Эффекты хронических воздействий микроволн неоднозначны. После длительных воздействий микроволн учащались случаи лейкозов.

Разнонаправленные изменения претерпевал процесс свертывания крови.

Определенные сдвиги отмечаются в обмене веществ. Снижается интенсивность окислительных процессов и связанный с ними энергетический метаболизм. Изменения углеводного обмена выражаются в повышении уровня сахара в крови, сдвиге сахарной кривой вправо, снижении уровня фосфора и молочной кислоты в крови. Нарушается белковый обмен – повышается содержание альфа-, бета– и гамма-глобулинов в сыворотке крови, а также обмен нуклеиновых кислот, электролитов, витаминов.

Имеются указания на нарушения тканевой проницаемости, в частности гематоэнцефалического барьера, с которыми связывают изменения функции мозга при микроволновых воздействиях. При интенсивных, преимущественно локальных, облучениях глаз возможно образование катаракт.

2. Воздействие микроволн **нетепловой** интенсивности вызывает реакции тех же систем организма, что и тепловые воздействия. Однако эти реакции, как правило, остаются в пределах физиологических колебаний, выявляются преимущественно при хронических воздействиях.

Сведения о влиянии микроволн на организм человека получены, главным образом, при обследовании контингентов лиц, работающих в условиях воздействия ЭМП. Установлено, что наиболее чувствительны к воздействию нервная и сердечно-сосудистая системы. Обнаруживаются изменения эндокринной системы, обменных процессов, функции почек, желудочно-кишечного тракта, системы крови, органа зрения. Ряд исследователей предложили классификации сверхвысокочастотных поражений по основному клиническому синдрому и длительности контакта с источниками излучения. Однако изменения, наблюдаемые при воздействии на организм человека микроволн низкой интенсивности, неспецифичны, они являются адаптивными и укладываются в рамки физиологических колебаний. Кроме того, неубедительна связь некоторых симптомов с воздействием ЭМП, поскольку в производственной обстановке человек подвергается одновременно воздействию комплекса факторов.

В настоящее время введены нормативы, регламентирующие уровни микроволновых воздействий. Различные принципиальные подходы к механизму действия микроволновых излучений обусловливают различия в предельно допустимых уровнях воздействий, принятых в различных странах. В нашей стране в диапазоне сверхвысоких частот они составляют 10 мкВт/см^2, в США в качестве базовой нормативной величины принята 10 мВт/см^2.

Влияние на организм низкочастотных ЭМП изучено значительно меньше. Известно, что воздействие ЭМП частотой 1-350 Гц влияет на нервную систему. В эксперименте наблюдаются маловыраженные и нестойкие нарушения двигательно-пищевых условных рефлексов, главным образом в виде растормаживания дифференцировок, торможения выработанного у животных инструментального навыка и условно-рефлекторной реакции активного избегания у мышей в Т-образном лабиринте.

В зависимости от условий воздействия изменения биоэлектрических процессов в мозге характеризуются десинхронизацией биотоков коры больших полушарий, появлением медленных высокоамплитудных колебаний, либо увеличением числа медленных волн и веретён или увеличением частоты и амплитуды биопотенциалов, иногда появлением эпилептиформных разрядов. Воздействие импульсным ЭМП вызывает у кошек дремотное состояние или сон, проявление на ЭКГ веретён или

синхронизированной медленной активности. При воздействии низкочастотных ЭМП отмечается реакция сердечно-сосудистой системы и дыхания: урежение дыхания, снижение АД, урежение сердечных сокращений, а также отклонение электрической оси сердца влево, увеличение систолического показателя, желудочкового комплекса и интервала Q-T, снижение вольтажа зубцов P и R на ЭКГ.

Наблюдаются усиление прямых и рефлекторных парасимпатических влияний на сердце и изменения функции эндокринных желез. Гематологические сдвиги выражаются в увеличении числа эритроцитов в крови и содержания в них гемоглобина, умеренном увеличении числа ретикулоцитов, преимущественно нейтрофильном лейкоцитозе. При хронических воздействиях отмечаются сдвиги в системе свертывания крови – подавление тромбопластической и повышение антикоагуляционной активности крови, увеличение содержания фибриногена в крови. Изменяется обмен углеводов, белков, нуклеиновых кислот, азота. В зависимости от частоты ЭМП увеличивается или уменьшается содержание сахара в крови, изменяется гликолитическое превращение углеводов в некоторых органах. Снижается общее содержание белка в сыворотке, альбумина и глобулина (без изменений альбумино-глобулинового коэффициента). При локальных воздействиях увеличивается сосудисто-тканевая проницаемость.

• Одним из основных способов защиты от электромагнитных излучений (ЭМИ) является физическая защита. Обычно подразумевается два типа экранирования: **экранирование источника** (обычно излучающего радиоволны в эфир) от населенных пунктов или обслуживающих помещений; **экранирование людей** (групп или отдельных лиц) от источников ЭМИ. Во всех случаях используются радиопоглощающие или радиоотражающие материалы, конструкции, сооружения или естественные экраны (лесонасаждения, заглубление источников и т. д.). При выборе материалов обычно учитывают сквозное и дифракционное затухание. Последнее учитывается в создании экранов на открытой местности при экранировании от радиоизлучающих установок.

Искусственные и естественные лесонасаждения дают наибольшие величины затухания (3-10 дБ). Сквозное затухание увеличивается с ростом частоты поля, толщины и магнитной проницаемости материала. Нанесение тонких проводящих прозрачных пленок (в частности двуокиси олова) позволяет получить ослабление ЭМИ до 30 дБ.

Многие радиопоглощающие материалы, которые интенсивно используют с целью обеспечить «невидимость» (маскировку) летательного объекта, с успехом могут быть применены в системах коллективной защиты человека от крайне интенсивных ЭМИ. В практике защиты от ЭМИ используют также сетчатые экраны. Размер ячеек и толщина проволоки изменяются с длиной волны.

К индивидуальным средствам защиты относят различные виды одежды (костюмы, фартуки, шлемы, очки), созданные, как правило, на основе металлизированных материалов. Применение этой одежды целесообразно только в особых случаях и при ППЭ более 50 мВт/см^2 (ремонтная работа с наладкой и проверкой оборудования, аварийные ситуации, работа в мощном антенном поле и т. д.). При повседневной работе (ППЭ менее 10 мВт/см^2) ее применение нецелесообразно, к тому же она стесняет движения, ухудшает тепловой режим человека и снижает работоспособность. Оценка экранирующих свойств радиопоглощающих и отражающих материалов – сложная задача. Это связано с различиями радиочастотных свойств стыков и различного рода конструктивных элементов, наличием неровностей, которые способствуют появлению резонансных явлений.

Организационные мероприятия защиты от ЭМИ включают чрезвычайно широкий круг вопросов, от технического обеспечения персонала дозиметрами до определения льгот по вредности. Прежде всего необходимо рациональное (с точки зрения безопасности) размещение излучающих объектов (РЛС, радиоэлектронные средства связи и т. д.), а также жилых объектов по отношению к источникам ЭМИ, коллективная и индивидуальная защиты и дозиметрический контроль.

Применительно к условиям профессиональной деятельности можно обозначить еще несколько организационных принципов радиационной безопасности.

1. Организация рабочего времени. Минимально возможный по времени контакт с ЭМИ.

2. Организация рабочего места. Нахождение в контакте с ЭМИ только по служебной необходимости; выполнение только того, что определено техническим или рабочим процессом; исключение влияния отражающих поверхностей и заземления оператора.

3. Организация работы при аварийной ситуации. Четкая регламентация по времени и пространству совершаемых действий. Часто аварийная ситуация может быть многофакторной: ЭМИ и ионизирующая радиация, электрически опасные ситуации и т. д. В этом случае должен выбираться главный фактор. В частности, из этих трех факторов ЭМИ РЧ (радиочастотные) менее опасный.

4. Летчики, инженеры, операторы и т. д. должны иметь ясное представление о границах вредного и невредного излучения. Для этого необходима недвусмысленная и объективная информация об абсолютно доказанных эффектах ЭМИ, а также о значении радиоизлучающих источников для безопасности полетов, эффективности пилотирования.

Особое внимание персонала, обеспечивающего безопасность работы с ЭМИ, должно быть обращено на случаи переоблучения, выяснение причин и клинических последствий. Широкое использование ЭМИ в технике, медицине и быту, неуклонный рост мощности источников вынуждают многих гигиенистов и экологов очень внимательно относиться к этому фактору внешней среды. Уместно подчеркнуть, что он не является для человека абсолютно чуждым. Так, естественный уровень ЭМИ в диапазоне 0,3-300 ГГц составляет около 30–50 мВт/м^2: излучение Солнца – 0,08, Земли – ~ 3 и человека – ~ 30–40 мВт/м^2.

Люди должны знать о положительных и отрицательных последствиях применения ЭМИ, правильно представлять границы допустимого использования источников электромагнитных излучений, преступать которые нежелательно. Для этого необходимо понимание проблемы взаимодействия человека с электромагнитным фактором во всем его многообразии: биологическом, экологическом и социально-этическом.

3.13. Действие ионизирующих излучений

Ионизирующие излучения – это любые излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков, т. е. ионизации атомов и молекул в облучаемом веществе. Кроме ионизации, все виды излучений вызывают возбуждение атомов и молекул путем передачи им части энергии, недостаточной для ионизации. Иначе говоря, ионизация и возбуждение являются главными процессами расходования всей энергии излучения, проникающего в

облучаемый объект. Ионизирующие излучения подразделяются на электромагнитные и корпускулярные.

К **электромагнитным излучениям** относятся рентгеновские лучи, гамма-лучи радиоактивных элементов и тормозное излучение, испускаемое при изменении кинетической энергии заряженных частиц при прохождении через вещество. Эти разновидности излучений имеют ту же природу, что и видимый свет, радиоволны, но с меньшей длиной волны. Электромагнитные излучения не имеют массы покоя и заряда, а потому обладают наибольшей проникающей способностью. Пробег частиц электромагнитных излучений (фотонов) максимально сокращается в таких материалах, как свинец, что используется при конструировании защитных экранов.

Корпускулярное излучение – это ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля.

Выделяют две разновидности подобных частиц. Заряженные частицы: β-частицы (электроны), протоны (ядра водорода), дейтроны (ядра тяжелого водорода – дейтерия), α-частицы (ядра гелия), тяжелые ионы – ядра других элементов, ускоренные до больших энергий. При прохождении через вещество заряженная частица, теряя свою энергию, вызывает ионизацию и возбуждение атомов. К незаряженным частицам относятся нейтроны, которые не взаимодействуют с электронной оболочкой атома, беспрепятственно проникают в глубь атомов, вступая в реакцию с ядрами. При этом испускаются α-частицы или протоны. Протоны приобретают в среднем половину кинетической энергии нейтронов и вызывают на своем пути ионизацию. Плотность ионизации протонов велика, поэтому нейтроны следует рассматривать как частицы, косвенно вызывающие очень плотную ионизацию. В веществах, содержащих много атомов водорода (вода, парафин, графит), нейтроны быстро растрачивают свою энергию и замедляются, что используется в целях радиационной защиты.

Основные источники ионизирующих излучений. Различают два вида радиоактивности: естественную (природную) и искусственную.

1. К **естественным** источникам излучений относятся:

– **внутренние:** радиоактивные изотопы ^{40}К и ^{14}С, отложившиеся в костях радий и торий, а также радон, растворенный в тканях организма;

– **внешние:** космические лучи, излучения от радиоактивности в почве, воздухе и строительных материалах.

Общая доза фонового облучения, получаемая человеком в год, на уровне моря составляет примерно 0,14-0,7 сЗв. Учитывая, что современные самолеты летают на высотах более 10 км, необходимо кратко охарактеризовать радиационную обстановку в верхних слоях атмосферы и стратосфере. Основной вклад в дозу облучения на этих высотах вносит галактическое космическое излучение (ГКИ). На уровне Земли доза от ГКИ составляет 887 мкГр за год. Считается, что в пределах до 10 км над уровнем моря доза ГКИ через каждые 1,5 км высоты удваивается. На высотах от 10 до 80 км она изменяется в диапазоне от 1,8 до 8 сГр в год (или от 50 до 880 мкГр/сут.). На высоте около 85 км над уровнем моря ГКИ формирует максимум тканевой дозы – до 8,64 сГр/год (840 мкГр/сут.). Этот максимум объясняется увеличением вклада вторичного излучения (электроны, позитроны, протоны и др.). На высотах 85–30 км вклад вторичного излучения

уменьшается и интегральная доза составляет величину порядка 5,4 сГр/год (150 мкГр/сут.).

2. Наиболее реальную опасность представляют **искусственные** источники излучений. Совершенствование авиакосмической техники может привести к использованию в будущем бортовых радиоизотопных, ядерно-энергетических и ядерно-силовых установок, являющихся источниками ионизирующих излучений. Возникновение радиационной ситуации возможно при перевозках радионуклидов, а также еще в трех особых формах контакта с источниками облучения: взрыв ядерного оружия, аварийный выброс технологических продуктов атомного предприятия в окружающую среду и местное выпадение радиоактивных веществ, сопутствующее первым двум обстоятельствам. Примерами могут служить атомный взрыв над городами Японии в 1945 году, испытательный термоядерный взрыв на Маршалловых островах в 1954 году, авария в Уайдскелле в 1957 году и др. Поток γ-излучения и нейтронов, сопровождающий атомный взрыв, обладает значительной проникающей способностью и достигает Земли даже при взрыве на значительной высоте.

Источником излучения в районе взрыва являются также осевшие радиоактивные продукты из облака взрыва, элементы почвы и местных предметов, приобретшие наведенную радиоактивность вследствие воздействия потоков нейтронов из эпицентра взрыва.

Как естественная, так и искусственная радиоактивность имеет сложный спектр излучения. Для оценки биологического эффекта воздействия излучения произвольного состава введено понятие эквивалентной дозы с единицей измерения в СИ – зиверт (Зв).

Зиверт – единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологической ткани, которое создает такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр образцового рентгеновского или г-излучения (энергия 100-1000 кэВ).

• При одной и той же поглощенной дозе биологический эффект от воздействия различных видов излучения существенно различается. В связи с этим для прогнозирования биологического эффекта в поглощенную дозу излучения необходимо вносить поправочный коэффициент на его вид: этот коэффициент характеризует относительную биологическую эффективность (ОБЭ).

Пользуясь понятием о дозе излучения, ОБЭ можно определить как отношение биологически равноэффективных доз стандартного и сравниваемого излучений:

• Биологическую эффективность ионизирующего излучения определяют в первую очередь линейной плотностью ионизации (ЛПИ), создаваемой этим излучением, т. е. количеством пар ионов, образуемых на единице пути ионизирующей частицы в веществе (ткани). Однако биологическую эффективность правильнее связывать не с ЛПИ, а с величиной энергии, передаваемой ионизирующей частицей ткани на единицу пути. Эта величина называется линейной передачей энергии (ЛПЭ). Значения ЛПИ, ЛПЭ и ОБЭ связаны между собой.

• Регламентированные значения ОБЭ, установленные для контроля степени радиационной опасности в области малых величин доз при хроническом облучении, называют коэффициентом качества излучения Q.

• Кроме единиц дозы излучения, в медицинской практике используют единицы активности радиоактивных изотопов. Единица активности в СИ – беккерель (Бк), равная одному распаду в секунду (расп./с).

Оценка дозы осуществляется различными физическими и химическими методами. В настоящее время широко используют ионизационный метод, т. е. измеряется электрический ток, возникающий вследствие ионизации газовых смесей в специальных камерах с тканеэквивалентными стенками. Важное значение для оценки облучения всего тела и различных его частей имеют автономные дозиметры интегрального типа, в частности термолюминесцентные дозиметры, достоинствами которых являются малые размеры, устойчивость к механическим воздействиям и пониженному барометрическому давлению, хорошая сохранность информации, химическая инертность, вследствие чего возможно их употребление в любой газовой среде, при любой влажности. Находит применение метод измерения дозы с использованием фотопленок и ядерных фотоэмульсий. Применение ядерных фотоэмульсий позволяет, кроме того, проанализировать состав падающего на тело излучения.

Биологическое воздействие ионизирующих излучений. Первичные радиационно-химические изменения при его воздействии раскрыты не полностью. В основе биовоздействия могут лежать два механизма:

– **прямое** действие (молекула биообъекта испытывает изменения непосредственно при прохождении через нее электрона);

– **косвенное** (изменяемая молекула получает энергию путем передачи от другой молекулы).

Все ткани организма способны поглощать энергию излучения, которая преобразуется в энергию химических реакций или тепло. Известно, что в тканях содержится 60–80 % воды. Следовательно, большая часть энергии излучения поглощается водой, а меньшая – растворенными в ней веществами.

Поэтому при облучении в организме появляются свободные радикалы – продукты разложения (радиолиза) воды, которые в химическом отношении очень активны, могут вступать в реакцию с белковыми и другими молекулами. Полагают, что в таких «плотно упакованных» структурах, как хромосомы, преобладают повреждения, обусловленные прямым действием излучения, тогда как в растворах и высокогидратированных системах существенную роль играют также продукты радиолиза воды.

При воздействии очень больших доз в результате первичного действия ионизирующего излучения наблюдаются изменения в любых биомолекулах. При умеренных же дозах лучевого воздействия первично страдают в основном только высокомолекулярные органические соединения: нуклеиновые кислоты, белки, липопротеиды и полимерные соединения углеводов.

• Нуклеиновые кислоты обладают чрезвычайно высокой радиочувствительностью. При прямом попадании достаточно 1–3 актов ионизации, чтобы молекула ДНК вследствие

разрыва водородных связей распалась на две части и утратила свою биологическую активность.

• При воздействии ионизирующего излучения в белках происходят структурные изменения, приводящие к потере ферментативной и иммунной активности. Нарушение структуры белков проявляется в изменении ряда их физических характеристик: показателях вязкости, преломления света, оптического вращения, спектрах электронного парамагнитного резонанса и др. Обнаружение свободных амидных групп и фрагментов после раскручивания молекул облученных белков свидетельствует о наличии замаскированных разрывов полипептидных цепей. С увеличением дозы излучения число разрывов полипептидных связей нарастает и явления деградации белка становятся очевидными.

• Повреждение ионизирующим излучением структуры жиров приводит к нарушению сложных ферментативных реакций, развитие которых обеспечивается упорядоченностью расположения ферментов на мембране, а также изменению процессов адсорбции и активного транспорта ряда веществ через мембрану вследствие нарушения ее проницаемости. Первичные изменения в жирах при воздействии ионизирующего излучения заключаются в образовании свободных радикалов, которые, взаимодействуя с кислородом, образуют перекисные соединения, обладающие высокой химической активностью.

Первичные изменения в углеводах сводятся к окислению их с распадом углеводородной цепи и образованием кислот и формальдегида.

В результате этих процессов, протекающих практически мгновенно, образуются новые химические соединения – радиотоксины, несвойственные организму в норме. Все это приводит к нарушению сложных биохимических процессов обмена веществ и жизнедеятельности клеток и тканей, т. е. к развитию лучевой болезни (рис. 3.6).

Рис. 3.6. Механизмы развития радиационного поражения *(по: А. М. Кузин, 1970)*

Проблема радиочувствительности клеток, тканей, организмов занимает центральное место в радиобиологии. Наиболее чувствительны к этому фактору малодифференцированные, молодые и растущие клетки. Характеристикой радиочувствительности биообъектов является величина дозы облучения, вызывающей гибель 50 % объектов. У человека среднелетальная доза равна 4 ± 1 Гр.

Формы лучевой болезни. Ввиду различной радиочувствительности органов и тканевых систем существует строгая зависимость между поглощенной дозой в организме и средней продолжительностью жизни биологических объектов. Эти три характерных дозных участка кривой, отражают основные клинические радиационные синдромы (формы лучевой болезни), развивающиеся вследствие необратимого поражения соответствующих критических систем (органов) организма: кроветворной, кишечника и ЦНС:

– костномозговой (1-10 Гр);

– желудочно-кишечный (10–50 Гр);

– церебральный (более 50 Гр).

Критический орган (система) – это система, орган, ткань или часть тела, которая первой выходит из строя в конкретном диапазоне доз и приводит организм к гибели, а в гигиеническом плане причиняет наибольший ущерб здоровью человека или его потомству.

• Костномозговая форма лучевого поражения возникает в результате однократного, общего относительно равномерного облучения, когда критической является система кроветворения и в первую очередь костный мозг. Эта форма клинически может протекать в виде:

– острой лучевой реакции;

– острой лучевой болезни.

Острая лучевая реакция

Наиболее легкая степень тяжести острого лучевого поражения организма. Она наблюдается при небольших дозах облучения (порядка нескольких десятых долей грэй). Самочувствие остается удовлетворительным; какие-либо выраженные клинические проявления у пораженных отсутствуют. При исследовании крови находят умеренно выраженное уменьшение содержания лимфоцитов, гранулоцитов и тромбоцитов. Изменения в целом носят преходящий характер и через 3–4 недели исчезают. Смертельные исходы отсутствуют.

Острая лучевая болезнь (ОЛБ)

Это более тяжелое поражение организма. Оно возникает при относительно больших дозах облучения – порядка нескольких грэй. Характерной чертой ОЛБ является *волнообразность* клинического течения.

Предлагается различать три периода в течении ОЛБ: формирование, восстановление и период исходов и последствий.

I. Период формирования ОЛБ, в свою очередь, четко разделяется на четыре фазы.

1. Фаза первичной общей реакции – наиболее ранний симптомо-комплекс радиационного поражения, возникающий в первые часы после облучения и характеризующийся следующими симптомами: общая слабость, утомляемость, апатия, головокружение, головная боль, парестезии конечностей, нарушение сна, тошнота, рвота, понос. Ясно, что в условиях полета указанные симптомы могут приобрести особую значимость. Бесспорно, перечисленные симптомы являются «поведенчески значимыми». Однако заранее невозможно однозначно прогнозировать, какое влияние окажут соматические и психосоматические эффекты облучения на операторскую деятельность, поскольку высокий уровень тренировки и мотивации позволяет выполнять сложные задачи управления в различных экстремальных условиях.

2. Фаза кажущегося клинического благополучия (скрытая, или **латентная**). Чем короче срок такого состояния, тем, как правило, тяжелее степень радиационного поражения. Несмотря на отсутствие видимых клинических проявлений, отмечаются функциональные нарушения в ЦНС, а также в сердечно-сосудистой, кроветворной и пищеварительной системах. Непродолжительный абсолютный нейтрофильный лейкоцитоз сменяется лейкопенией со сдвигом формулы вправо. С первых минут или часов после облучения обнаруживается лимфоцитопения, быстро снижается число нейтрофилов, затем тромбоцитов и позже эритроцитов. Продолжительный начальный лейкоцитоз (2–3 дня после облучения) является, как правило, благоприятным прогностическим признаком.

3. Фаза выраженных клинических проявлений (разгар заболевания) характеризуется появлением всего симптомокомплекса лучевой болезни.

4. Фаза непосредственного восстановления, переходящая в период восстановления.

II. Процессы восстановления в облученном организме характеризуются *периодом полувосстановления,* т. е. временем, необходимым для восстановления организма от лучевого поражения на 50 %. У человека, согласно расчетам, он составляет 25–45 дней, считая от момента облучения. В среднем его принимают равным 28 суткам.

Восстановление происходит не во всех случаях облучения. Предлагается различать 4 прогностические категории:

1) выживание невозможно, если доза облучения основной массы тканей тела достигает 6 Гр, несмотря на отличный медицинский уход и самую современную терапию;

2) выживание возможно при дозах 2–4,5 Гр, несмотря на тяжелое поражение, которое требует своевременного и квалифицированного лечения;

3) выживание вполне вероятно (1–2 Гр);

4) выживание несомненно (при дозах менее 1 Гр), а имеющаяся клиническая симптоматика (только гематологические сдвиги) не требует медицинского вмешательства.

III. Период исходов и последствий облучения проявляется в изменениях крови, угнетении механизмов иммунитета, нарушении обмена веществ, а далее – укорочении продолжительности жизни (раннее старение), увеличении вероятности развития лейкоза и злокачественных новообразований, помутнения хрусталика (лучевая катаракта), нарушении функции сердечно-сосудистой системы, вегетативных расстройствах, а также в генетических изменениях.

• При **кишечной форме** лучевой болезни в результате массовой гибели клеток эпителия тонкого кишечника развиваются тяжелые нарушения в желудочно-кишечном тракте. Резко нарушаются процессы всасывания и экскреции веществ. Организм теряет много жидкости, наступает его обезвоживание. Слизистая оболочка изъязвляется, иногда появляются перфорации, развиваются кишечные кровотечения, являющиеся нередко причиной смерти пораженных. Большую роль играют при этой форме поражения также инфекция и интоксикация организма продуктами жизнедеятельности кишечной микрофлоры. Глубокие патологические изменения в кроветворной ткани не успевают развиться, так как пораженные умирают в ближайшие 6–9 дней после облучения. Однако,

несмотря на быстротечность заболевания, и в этом случае можно отметить короткий период мнимого благополучия, длящийся от 1 до 2 суток.

• **Церебральная форма** лучевого поражения характеризуется чрезвычайно быстрым и тяжелым течением. Продолжительность жизни пораженного измеряется часами. Уже вскоре после облучения появляются мышечный тремор, нистагм, расстройство равновесия и координации движений, тонические и клонические судороги. Развивается состояние децеребрационной ригидности мышц. Во время приступа останавливается дыхание. Может наступить паралич дыхательного центра. Кишечная и церебральная формы лучевой болезни клинически протекают в виде *острейшей лучевой болезни.*

Описанные биологические эффекты могут значительно модифицироваться условиями облучения: время, локализация, сопутствующие факторы. Так, например, большое значение имеет мощность дозы, или интенсивность облучения, под которой понимают количество энергии излучения, поглощаемое в единицу времени – сутки, час, минуту, секунду и т. д. Если мощность дозы очень мала, то даже ежедневные облучения в течение всей жизни человека не смогут оказать заметно выраженного поражающего действия. Таким образом, фактор времени крайне значим в биологическом эффекте излучения. Это еще раз свидетельствует о том, что организм обладает способностью восстанавливать основную часть радиационного поражения. Многократное прерывистое (фракционированное) воздействие излучения также приводит к значительному снижению поражающего действия. Неравномерные лучевые воздействия, которые встречаются на практике в подавляющем большинстве случаев, переносятся в целом значительно легче, чем «классические» общие равномерные облучения, рассмотренные нами ранее.

Таким образом, в настоящее время достаточно хорошо изучены последствия, вызываемые воздействием на организм различного рода ионизирующих излучений. Однако физиологические реакции, возникающие под их влиянием, в сочетании с другими факторами нелучевой природы могут быть существенно иными.

Лечение и профилактика радиационного облучения. В настоящее время разработаны эффективные меры и правила защиты людей, работающих с источниками ионизирующих излучений. Профилактика радиационных поражений осуществляется путем проведения комплекса санитарно-гигиенических, санитарно-технических и специальных медицинских мероприятий.

Строгое соблюдение правил и надлежащий дозиметрический контроль исключают вредное действие ионизирующих излучений.

I. Средства противохимической защиты (защитная одежда, противогазы или респираторы и т. п.) оказывают известный защитный эффект от воздействия радиоактивных веществ. Эффективным способом противорадиационной защиты является локальное экранирование критических органов и систем. В случаях, когда неизбежно облучение в дозах, превышающих предельно допустимую дозу (ПДД), профилактика осуществляется методом фармакохимической защиты.

При попадании радиоактивных веществ на открытые участки тела, одежду, снаряжение основная задача сводится к быстрому их удалению, чтобы воспрепятствовать попаданию радионуклидов в организм. Если радиоактивное вещество все же проникло внутрь, то пострадавшему сразу вводят адсорбенты в желудок (промывают его, дают рвотные, слабительные, отхаркивающие средства) и внутривенно – комплексионы

(например, динатриевая соль этилендиамино-тетрауксусной кислоты – ЭДТУ), способные прочно связывать радиоактивные вещества и препятствовать отложению их в тканях.

Основным требованием при лечении ОЛБ является комплексность терапевтических мероприятий, при этом используют как патогенетические, так и симптоматические средства.

II. Радиопротекторы. В результате многочисленных радиобиологических исследований обнаружены вещества, которые при введении в организм за определенное время до облучения снижают в той или иной степени радиационное поражение. Большинство изученных в настоящее время радиопротекторов оказывают положительный эффект при введении их в организм за сравнительно короткое время до облучения. Они улучшают течение лучевой болезни, ускоряют восстановительные процессы, повышают эффективность терапии и увеличивают выживаемость.

Одним из основных механизмов модификации радиочувствительности, в том числе и при использовании радиопротекторов, является **кислородный эффект** – универсальное явление радиобиологии. Под ним обычно понимают явление усиления лучевого поражения при повышении концентрации кислорода в облучаемой среде во время облучения и, напротив, ослабление поражения при снижении его концентрации в биологическом объекте. Кислородный эффект продемонстрирован на молекулярном, клеточном, тканевом и организменном уровнях биологической интеграции. Применение кислорода после момента облучения может привести к качественно иным изменениям, в частности возможно улучшение и убыстрение восстановительных процессов.

Таким образом, было экспериментально установлено, что повышения радиорезистентности организма можно добиться, применяя фармакохимические средства (в том числе и дыхание гипоксическими газовыми смесями), которые способны тем или иным способом вызывать гипоксию в клетках и тканях облучаемого организма.

• Механизмы защитного действия радиопротекторов:

– конкуренция за сильные окислители и свободные радикалы, образовавшиеся в результате радиолиза воды;

– увеличение содержания в тканях эндогенных тиоловых соединений;

– образование временных, обратимых связей с чувствительными группами жизненно важных ферментов или другими белковыми молекулами, предохраняющее их от повреждающего действия в момент облучения;

– торможение цепных реакций окисления с разветвленными цепями, связывающими активные радикалы и вызывающими обрыв реакции;

– образование прочных соединений с тяжелыми металлами, обеспечивающими ускоренное течение этих реакций;

– миграция избытка энергии с макромолекулы на радиопротектор;

– поглощение вторичного ультрафиолетового излучения, возбуждающего макромолекулы типа нуклеиновых кислот;

– замена составных частей жизненно важных молекул;

– повышение устойчивости и мобильности защитных механизмов организма;

– детоксицирование или ускоренное выведение из облученного организма токсических продуктов;

– снижение уровня обмена веществ;

– предупреждение нарушения взаимодействия процессов возбуждения и торможения в ЦНС.

• Работы по созданию радиозащитных препаратов проводятся по двум путям.

1. Первый путь предусматривает *улучшение переносимости* радиопротекторов с помощью физиологически активных веществ (витамины, стимуляторы ЦНС и т. д.), предотвращающих или ослабляющих побочные эффекты.

2. Второй путь основан на использовании особенностей механизма действия радиопротекторов различного вида. В комплекс включают препараты, противолучевое действие которых при их совместном применении *суммируется* или *потенцируется.*

III. Биологическая защита. Кроме радиопротекторов, должное внимание следует уделять биологической защите, которая осуществляется с помощью адаптогенов. Эти вещества не обладают специфическим действием, но зато повышают общую сопротивляемость организма к различным неблагоприятным факторам, в том числе и к ионизирующим излучениям. Адаптогены назначают многократно за несколько дней или недель до облучения. К ним следует отнести препараты элеутерококка, женьшеня, лимонника китайского, витаминно-аминокислотные комплексы, некоторые микроэлементы, АТФ, дибазол, гутимин и др. Механизм действия этих препаратов необычайно широк. Так, например, они увеличивают способность кроветворных клеток к пролиферации, повышают иммунологическую реактивность и т. п. В понятие биологической защиты входят и такие мероприятия, как акклиматизация к гипоксии, вакцинация, хорошее питание, занятия физической культурой и т. д. Все это, безусловно, повышает устойчивость организма. Напротив, злоупотребление алкоголем, никотином, наркотиками снижает устойчивость организма к облучению.

3.14. Адаптация человека к последствиям чрезвычайных ситуаций (катастроф)

Чрезвычайной называют внезапно возникшую ситуацию, которая характеризуется значительным социально-экологическим и экономическим ущербом, необходимостью защиты населения от воздействия вредных для здоровья факторов (в контексте данной книги это химические агрессивные вещества, радиоактивные вещества, микробы, вирусы, риккетсии, переохлаждение, перегревание, травмирующие и психогенные факторы), проведения спасательных, неотложных медицинских и эвакуационных работ, а также ликвидации негативных последствий случившегося.

Существует ряд классификаций чрезвычайных ситуаций (ЧС) в зависимости от того, какие критерии положены в их основу. Так, *А. Е. Дубицкий* и др. (1993) подразделяют их на:

– частные;

– объектовые;

– местные;

– региональные;

– глобальные и т. д.

Классификация чрезвычайных ситуаций (катастроф) по происхождению представлена на рис. 3.7.

Рис. 3.7. Классификация чрезвычайных ситуаций (катастроф) *(по: Х. А. Мусалатов, 1998)*

Любая катастрофа угрожает человеку гибелью или потерей здоровья в результате травм, кровопотери, переохлаждения, перегревания, действия вредных веществ, инфекции, недостатка или отсутствия пищи, воды и т. д. Во всех этих ситуациях сохранение жизни человека и восстановление здоровья зависит от физиологических компенсаторных или защитных реакций. В результате катастроф человек часто остается длительное время без помощи, и поэтому развитие таких реакций до предела их физиологических возможностей – часто единственный шанс сохранения жизни. В настоящее время в мире все чаще возникают различные катастрофы, и связанные с ними проблемы активно изучаются медиками.

Аспектам физиологической адаптации к последствиям катастроф до сих пор внимания почти не уделялось. Вместе с тем, по мнению *К. П. Иванова* (1997), анализ механизмов адаптации к таким факторам, как падение объема крови, снижение кислородной емкости крови, гипоксия, острые переохлаждение или перегревание, которые имеют место при различных катастрофах, в определенной мере может восполнить этот пробел.

При очень резких изменениях условий существования, угрожающих жизни, понятие адаптации соприкасается с понятием биологической выживаемости, разделить которые бывает очень трудно, а порой невозможно. Так, например, снижение кислородной емкости крови человека до 5 % (об.), с одной стороны, является границей выживаемости по данному признаку, а с другой – знаменует собой предел физиологической адаптации со стороны деятельности дыхания и сердечно-сосудистой системы. Термин «пределы адаптации» *(К. П. Иванов,* 1997) подразумевает существование связи между двумя этими понятиями.

Глобальная проблема – кровопотери и их последствия при катастрофах.

Травмы, кровопотери и, как следствие, – уменьшение объема циркулирующей крови наиболее характерны для различных катастроф. Борьба с последствиями

кровопотерь является важнейшей задачей неотложной медицины, чему посвящено огромное количество теоретических и практических исследований и разработок. Тем не менее с точки зрения современной физиологии здесь имеется ряд нерешенных проблем.

Основные нарушения физиологических функций организма, связанные непосредственно с уменьшением объема циркулирующей крови, состоят в следующем: снижение артериального кровяного давления (АД), уменьшение венозного притока к сердцу, уменьшение минутного объема кровообращения (МОК), замедление обращения крови. Важнейшим следствием всех этих нарушений является кислородная недостаточность организма, и в первую очередь миокарда и мозга.

По данным *Т. Дэвиса*, потеря 10 % объема крови почти не отражается на АД, но ведет к уменьшению МОК на 20–25 %. При потере 20 % объема крови АД падает на 25–30 мм рт. ст., МОК – на 35–40 %, а потеря более 30–35 % объема крови приводит к резкому падению АД и к уменьшению МОК на 60–70 %. Оборот крови замедляется в2-3 раза.

Эти данные хорошо знакомы врачам, однако значительно менее известны физиологические механизмы компенсации снижения объема циркулирующей крови и эффективность соответствующих механизмов.

В настоящее время полагают, что основным регулятором объема крови является работа почек, которые повышают или понижают секрецию натрия. Выведение или задержка натрия в крови регулируется специальными гормонами. Один из них, открытый недавно и называемый *предсердным натрийуретическим фактором* (atrial natriuretic factor), образуется при увеличении объема крови, растяжении предсердий и включен в сложную систему гормональной регуляции функции почек.

Считается, что у человека после острой кровопотери соответствующие механизмы регуляции объема крови могут обеспечить поступление в кровяное русло до 1 л жидкости в час. Это, однако, теоретическая величина, а фактически при потере 25 % объема крови восстановление АД и объема крови происходит в течение 4–6 ч, а при потере 30–35 % объема крови восстановления за счет чисто физиологической компенсации может не произойти, и организм погибает.

Согласно биологическому *закону симморфизма,* генетически у гомойотермных животных и человека сформирован функциональный резерв каждой жизненно важной функции. Это означает следующее: по сравнению с относительным покоем кровообращение, дыхание, органы выделения и другие. могут повысить свою функциональную активность в 8-10 раз. Очевидно, физиологические механизмы, регулирующие постоянство объема крови, не подчиняются этому закону и настроены на сравнительно небольшие отклонения регулируемой величины, а при значительных и тем более массивных кровопотерях быстро достигают пределов компенсаторных (адаптивных) возможностей.

• **Нарушение гемодинамики.** Массивная кровопотеря специфически нарушает тонкие механизмы регуляции гемодинамики. Как известно, в системе венул (особенно в мозге) существует тенденция к реагрегации эритроцитов и к массовой адгезии лейкоцитов к стенкам венул, через которые они путем диапедеза проникают в ткани, где превращаются в плазматические клетки, выполняющие иммунные функции. Двум этим процессам способствует резкое физиологическое замедление скорости кровотока в венулах (по сравнению с артериолами аналогичного калибра) и резкое уменьшение кровяного давления. Оба этих фактора способствуют как реагрегации эритроцитов, так и

массовой адгезии лейкоцитов. По данным *К. П. Иванова* (1993), в норме в физиологических условиях потоки эритроцитов из капилляров в венулы и из мельчайших венул в более крупные переходят не сливаясь, сохраняя свою динамическую структуру. Это препятствует реагрегации эритроцитов и смещению лейкоцитов к стенкам венул. Резкое замедление скорости обращения крови после массивной кровопотери приводит к деформации динамической структуры кровотока в венулах или к резкому ее нарушению. В результате в ряде микрососудов венозной системы происходит агрегация эритроцитов, массовая адгезия лейкоцитов, коагуляция крови, что приводит к закупорке сосудов и резкому ухудшению снабжения тканей кислородом. Такие явления составляют часть патогенетических механизмов геморрагического шока.

• **Механизмы восстановления и адаптации** при кровопотерях.

1. Механическое восполнение. Сравнительно малая эффективность физиологических механизмов восстановления массы потерянной крови затрудняет разработки мер по спасению человека при массивной кровопотере. Механическое восполнение потерянной крови сопряжено с определенным риском. Действительно, инфузия больших количеств донорской крови может усилить процесс микрокоагуляции крови в микрососудах и поэтому применяется редко. Инфузия больших количеств растворов кристаллоидов или коллоидных веществ нарушает физиологические отношения в гемодинамике и в обмене воды и ионов. Такие растворы приходится вводить в организм в объемах, в 1,5–1,6 раза превышающих величину потерянной крови, что вызывает, в частности, неадекватную нагрузку на сердце.

2. Физиологическая адаптация. При кровопотере уменьшение объема и кислородной емкости крови обычно происходит одновременно, однако физиологическая адаптация к этим нарушениям по механизмам и мощности существенно различается. Уменьшение объема циркулирующей крови на 30–35 % самостоятельно, физиологически, у человека не восстанавливается, о чем говорилось выше. При нормоволемии (нормальном объеме) кислородная емкость крови человека может уменьшиться в 3 и даже в 4 раза до 5–6% (об.) при сохранении сознания и основных физиологических функций. В этом отношении пределы физиологической адаптации у человека очень широки.

Механизм физиологической адаптации заключается, главным образом, в повышении скорости кровотока. При резком уменьшении кислородной емкости крови МОК у человека может увеличиться в 3–4 раза, что может обеспечить общий объем потребления кислорода, близкий к норме. При этом наиболее важно сохранить достаточную доставку кислорода в миокарде и в мозге. Действительно, в миокарде при снижении кислородной емкости крови скорость кровотока в микрососудах резко возрастает. Кроме того, миокард в состоянии относительного покоя получает кислород в определенном «избытке». Этот резерв может эффективно использоваться при уменьшении содержания гемоглобина в крови. В мозге измерить скорость кровотока в микрососудах при *гемоделюции* (разведении крови) по техническим причинам очень трудно, однако *К. П. Иванову* удалось сделать такие измерения с помощью кинотелевизионной техники. Было показано, что в венулах коры мозга диаметром 8-12 мкм при уменьшении гематокрита на 1/2 от 44 ± 1 до 22 ± 1 % скорость кровотока возросла от 2,0 ± 0,1 до 3,4 ± 0,1 мм/с, т. е. примерно в 1,5 раза. При снижении гематокрита до 17 % скорость кровотока в ряде венул увеличивается в 2–2,5 раза.

Определенную роль в улучшении снабжения тканей кислородом в данной ситуации может играть и сдвиг *кривой диссоциации оксигемоглобина* (КДО) вправо. Такой сдвиг в

сочетании с ускорением обращения крови создает, однако, определенные физиологические проблемы для насыщения крови кислородом в легких.

Эффективность компенсаторных реакций организма при падении кислородной емкости зависит от ряда переменных, таких как фактическое содержание гемоглобина в крови, величина МОК, положение КДО крови, фактическая потребность в кислороде организма при данных конкретных условиях. Выяснение количественных отношений между этими параметрами представляет большой научный интерес с точки зрения анализа механизмов адаптации к снижению кислородной емкости крови, установления пределов их эффективности. Эмпирически указанные взаимоотношения проанализировать очень трудно из-за большой сложности и нелинейности взаимных влияний. Тем не менее для человека, который получил травму и потерял часть крови в результате несчастного случая или какой-либо катастрофы, необходима оценка эффективности механизмов физиологической адаптации с целью прогноза состояния и выбора мер по оказанию помощи.

Поэтому в настоящее время у больного срочно измеряют указанные выше параметры и определяют некоторые вспомогательные показатели, получая с помощью специальных программ на ЭВМ данные о состоянии и эффективности механизмов физиологической адаптации. Это новейший и весьма продуктивный метод изучения механизмов и пределов физиологической адаптации, который, несомненно, будет широко применяться.

Особая проблема адаптации к снижению кислородной емкости крови состоит в *восстановлении числа эритроцитов и содержания гемоглобина.* У человека этот процесс протекает очень медленно, однако разработка новых, наиболее активных стимуляторов гемопоэза позволяет значительно ускорить его. Следует отметить, что при массивных кровопотерях такая стимуляция оказывается недостаточно эффективной, возможно, из-за недостаточного количества так называемых стволовых клеток костного мозга, которые являются предшественниками всех форменных элементов крови. В среднем на 100 тыс. клеток костного мозга приходится только одна стволовая клетка. Недавно был разработан метод быстрого автоматического выделения стволовых клеток из костного мозга и выделен фактор SCF (facteur des cellules souches), стимулирующий дифференцировку стволовых клеток. Под воздействием этого фактора каждая стволовая клетка, введенная в организм, воспроизводит около 20 млн клеток крови за 24 ч. В принципе таким путем может быть решена проблема ускоренной адаптации к резкому снижению дыхательной емкости крови при массивных кровопотерях.

• **Аноксия мозга и пределы адаптации к ней** – наиболее важная проблема неотложной медицины при различных катастрофах и отдельных несчастных случаях, которая тесно связана с целым рядом фундаментальных проблем физиологии и биологии. С точки зрения физиологии сущность проблемы состоит в следующем. Во-первых, каков механизм сохранения мозгом жизнеспособности в течение некоторого времени после полного лишения его кислорода и энергии окисления. Во-вторых, каков первичный физиологический механизм изменений и прекращения функций мозга при аноксии и каковы физиологические механизмы восстановления этих функций.

К середине XX столетия в научной литературе распространилась точка зрения, согласно которой мозг человека сохраняет *жизнеспособность – способность к восстановлению функций* в течение 4–6 мин после остановки дыхания или 3–4 мин после остановки сердца. Определение указанных сроков имеет исключительно важное значение для неотложной медицины, поэтому в 1966 г. специальная комиссия, созданная при

Национальной академии наук США, опубликовала рекомендации по методам реанимации человека при аноксии мозга. Врачам не рекомендовалось приступать к реанимации, если аноксия мозга длилась более 5–6 мин, так как по истечении этого срока восстановить физиологические функции мозга, как правило, не удается.

Мозг человека расходует в среднем примерно 1/5 часть энергетического бюджета организма в целом. Это составляет примерно 14,5 Вт или 14,5 Дж/с. Энергетические резервы тканей мозга составляют небольшую величину. В основном это глюкоза, которая содержится в количестве 0,45 мкмоль/г, т. е. около 0,00063 М для мозга массой 1400 г. При окислении этого количества глюкозы до CO_2 и H_2O освободится примерно 1800 Дж, которые могут быть использованы для химической работы синтеза АТФ. Однако после прекращения доставки кислорода происходят только анаэробные превращения глюкозы. С точки зрения работы синтеза АТФ коэффициент полезного действия (КПД) анаэробиза уменьшается примерно в 15 раз. В таком случае легко рассчитать, что указанного количества глюкозы окажется достаточно всего на 8,2 с для работы нормальной интенсивности по синтезу АТФ из АДФ. Креатинфосфат содержится в мозге в количестве примерно 3,8 мкмоль/г. Согласно расчетам, это количество креатинфосфата теоретически способно обеспечить нормальную интенсивность синтеза АТФ из АДФ еще в течение примерно 30 с. Хорошо известно, что после внезапного перехода на дыхание чистым азотом человек теряет сознание через 10–15 с. Следовательно, энергетическая недостаточность прежде всего сказывается на функциональной активности мозга. Сохранение жизнеспособности требует, очевидно, значительно меньшей энергии. Заметим, что, по сделанным выше расчетам, энергетические резервы мозга могут быть израсходованы в течение 30–40 с. Однако следует помнить, что кровь еще обращается определенное время после остановки дыхания и глюкоза при этом в каком-то количестве будет утилизироваться из крови. Кроме того, надо учесть, что выключение функциональной активности при недостатке энергии (это условно можно отнести к явлениям адаптации) уменьшает потребности головного мозга в кислороде и энергии в 3–4 раза и более. Поэтому можно полагать, что в течение 3–4 мин после остановки дыхания мозг еще будет располагать некоторыми энергетическими резервами. Наступление необратимых изменений в мозге через 5–6 мин можно было бы объяснить полным исчерпанием энергетических ресурсов. С этой точки зрения установление предельных сроков сохранения жизнеспособности мозга при аноксии выглядит достаточно обоснованно.

Однако в 70-х годах были получены поразительные факты восстановления функций мозга у млекопитающих животных, вплоть до обезьян, после 30– и даже 45-60-минутной полной его ишемии. Оказалось, что длительная рециркуляция крови в мозге под повышенным давлением восстанавливает функции мозга животных после столь длительной ишемии. Эти факты позволяют сделать вывод, что мозг сохраняет жизнеспособность в течение довольно длительного времени при полном отсутствии притока энергии.

Возникает чрезвычайно важный для физиологии и неотложной медицины вопрос: в чем причина противоречий между старыми и новыми данными?

В 1968 году *А. Амес* с сотрудниками описали явление no-reflow, которое возникает после ишемии мозга и заключается в стазе крови в микрососудах мозга даже после кратковременной ишемии. Это препятствует восстановлению микроциркуляции при низком, постепенно повышающемся кровяном давлении в процессе реанимации.

Если после ишемии мозга стаз в крови в микрососудах преодолеть не удается, то мозг, длительное время сохраняя жизнеспособность, в конечном итоге гибнет в результате отсутствия кровообращения. Именно это и происходит при обычных методах реанимации. Если же микроциркуляцию удается возобновить, то функции мозга восстанавливаются даже через 30–60 мин полной ишемии, когда нервная ткань не получала кислорода и, возможно, энергию. Чрезвычайная важность этих данных для биологии, физиологии и неотложной медицины является бесспорной.

В чем причины no-reflow? Часто их объясняют повреждением стенки капилляров вследствие резкого замедления кровотока, периваскулярным отеком тканей в результате повреждения капилляров, сгущением крови в капиллярах и т. п. Однако, по данным *К. П. Иванова,* в физиологических условиях можно наблюдать капилляры мозга с чрезвычайно низкой скоростью кровотока вплоть до полной его остановки на некоторое время. Между тем при этом не отмечается явлений стаза или отека.

Как при геморрагическом шоке, о чем уже говорилось выше, так и при ишемии основной причиной остановки кровотока в капиллярах является, очевидно, массовая адгезия лейкоцитов к стенкам венул, реагрегация там эритроцитов и резкое сужение или закрытие просвета венул. Происходит это в результате нарушения динамической структуры кровотока в венулах, который предохраняет от этих явлений венозный кровоток в физиологических условиях. В последнее время были получены прямые экспериментальные подтверждения предположений этого автора.

Агрегация эритроцитов в венулах и адгезия лейкоцитов к их стенкам сами по себе не относятся к патологическим явлениям. В известной степени эти процессы происходят и в норме. Поэтому кровоток в венулах сравнительно быстро восстанавливается под влиянием повышенного кровяного давления.

Согласно экспериментальным данным *К. П. Иванова* (1997), восстановлению и поддержанию динамической структуры кровотока способствует гемоделюция примерно на треть, что препятствует агрегации эритроцитов и адгезии лейкоцитов в венулах. Гемоделюция вызывает также отчетливое увеличение скорости кровотока в микрососудах. Это подтверждает целесообразность клинических мероприятий в виде небольшой гемоделюции перед тяжелой операцией, что уменьшает вязкость крови и предупреждает гемокоагуляцию в микрососудах после кровопотери.

Адгезии лейкоцитов к стенкам венул в норме препятствует закись азота, которая выделяется эндотелием сосудов. Очевидно, было бы целесообразно найти методы применения этого вещества для улучшения микроциркуляции в мозге после ишемии.

• **Причины, механизмы и пределы адаптации к недостатку кислорода.** В митохондриях при окислении энергетических субстратов электроны последовательно восстанавливают ряд специфических переносчиков, отдавая на каждом этапе часть своей энергии, которая используется для синтеза АТФ. Цепи переносчиков в виде дыхательных ансамблей встроены во внутреннюю мембрану митохондрий. Последним звеном цепи оказывается кислород. Он принимает электроны и восстанавливается в химической реакции до воды. Если кислород, как генеральный акцептор, отсутствует, то все переносчики восстанавливаются, передача электронов в дыхательных ансамблях прекращается и синтез АТФ за счет энергии окисления приостанавливается.

Такой процесс наглядно демонстрируется с помощью рисунка гидравлической модели переноса электронов в дыхательных ансамблях, который обычно присутствует в

учебниках по биохимии. Это, однако, весьма упрощенная схема. Она хорошо объясняет механизм нарушения клеточного дыхания при полном отсутствии O_2, когда синтез АТФ за счет энергии окисления прекращается полностью. Однако, как правило, не обсуждается процесс изменений синтеза АТФ при постепенном снижении содержания кислорода в клетке до критической его величины и ниже.

Недавно *Х. Фукуда* с сотрудниками (1989) с помощью спектральной техники и парамагнитного ядерного резонанса показали, что в миоцитах миокарда при постепенном снижении pO_2 самой чувствительной реакцией оказывается синтез АТФ. Он заметно снижается еще до начала продукции лактата и понижения величины pH. Так как практически все виды биологической работы в клетке совершаются за счет энергии гидролиза АТФ, логично было бы предположить, что уменьшается интенсивность всех рабочих процессов.

Однако ситуация оказывается значительно сложнее, поскольку энергетические требования к разным рабочим процессам разные. Это соображение и послужило основой новой концепции канадского физиолога *П. Хочачка,* которую он выдвинул в 1986 году: первичным звеном нарушений функций клетки при недостатке кислорода и энергии окисления является *изменение концентрации ионов кальция в цитозоле.* Эта концепция получила дальнейшее подтверждение, развитие и нашла свое применение в клинике нарушений мозгового кровообращения у человека.

Сущность концепции *П. Хочачка.* Как известно, концентрация ионов кальция в цитозоле очень мала и составляет 10^{-7}-10^{-8} М. При такой малой концентрации в 1 мкм^3 массы цитозоля содержится всего несколько ионов кальция. Однако именно при такой концентрации ионы кальция регулируют важнейшие биохимические и биофизические процессы в клетке. В физиологических условиях «избыток» ионов транспортируется через клеточную мембрану в околоклеточную среду, в митохондрии, в ретикулоэндотелиальную систему клетки. Низкая концентрация кальция в цитозоле поддерживается за счет некоторых других процессов, которые мы здесь не рассматриваем. Все эти процессы весьма энергоемки. Достаточно сказать, что перемещение одного иона кальция из цитозоля в околоклеточную среду, где концентрация ионов кальция почти в 10 тыс. раз больше, чем в цитозоле, требует гидролиза одной молекулы АТФ.

Вот почему при уменьшении синтеза АТФ первично нарушаются процессы, которые поддерживают низкую концентрацию кальция в клетке. Повышение концентрации ионов кальция не только тормозит зависимые от кальция реакции, но и вызывает их «дезорганизацию». Так, например, активизируются липазы, которые приводят к образованию активных радикалов, активизируются специфические фосфолипазы, которые начинают разрушать мембраны клетки и клеточных органелл.

Подробная схема развития этих процессов приводится в цитированных выше исследованиях, в упрощенном виде она представлена в монографии *К. П. Иванова* (1993). Таким образом, можно сказать, что пределы адаптации к недостатку кислорода и энергии окисления в значительной мере зависят от развития описанных выше явлений. Различные фармакологические препараты, облегчающие или стимулирующие кальциевый обмен, оказывают довольно существенное благоприятное воздействие на восстановление функций нервных клеток после ишемии. На процесс развития гипоксии, аноксии или ишемии эти препараты влияют лишь кратковременно, так как их действие направлено не на причину нарушений, а лишь на их последствия.

Острое охлаждение человека в результате различного рода несчастных случаев – эксидентальная гипотермия. Данный синдром возникает при транспортных катастрофах на воде, особенно ярко проявляется в морях северных и южных («высоких») широт. Эти случаи не так уж редки. По данным страховой компании Ллойда, в 70-х годах ежегодно терпели аварии и тонули в среднем 400 крупнотоннажных морских судов в год, а в настоящее время в связи с интенсификацией судоходства, увеличением числа кораблей и усложнением управления судами число катастроф резко возросло.

В связи с высокой теплопроводностью воды охлаждение тела человека при морских катастрофах может развиваться очень быстро, что является важной особенностью такого рода гипотермии. Охлаждение организма при различных обстоятельствах затрудняет и нарушает процессы адаптации к травмам, кровопотерям, голоду.

1. Физиологическая адаптация к острому охлаждению осуществляется прежде всего за счет уменьшения теплоотдачи тела в среду благодаря сужению кожных сосудов, что часто рассматривают как результат уменьшения теплопроводности периферических тканей. С точки зрения теплофизики теплопроводность тканей почти не меняется, поскольку она близка к теплопроводности воды.

Сужение кожных сосудов уменьшает тепломассоперенос кровью, т. е. передачу тепла из центральных областей тела во внутреннюю среду кровяной конвекцией. Эффективность этой реакции, особенно в холодной воде, невелика и не превышает одной единицы Кло (Clo), международной единицы теплоизоляции, равной:

На воздухе это соответствует примерно защите от холода, которую дает одна плотная хлопчатобумажная рубашка. В воде такая величина малоэффективна.

2. Другая линия защиты – **повышение теплопродукции** за счет терморегуляционного тонуса и мышечной дрожи. Теплопродукция при этом повышается не более чем в 2,5–3 раза по сравнению с уровнем основного обмена. Столь низкая эффективность этих реакций объясняется тем, что мышцы не производят механической работы и источником тепла при терморегуляционном тонусе и дрожи является почти исключительно энергия активации, предшествующая сокращению мышечных волокон, что дает сравнительно мало тепла.

Мощным источником теплопродукции могла бы стать произвольная мышечная деятельность, которая повышает общую теплопродукцию организма в 10–15 раз. Однако приток крови к работающим мышцам резко увеличивает передачу тепла в среду. Поэтому использование интенсивной мышечной деятельности для предотвращения охлаждения тела в холодной воде весьма проблематично.

Человек, оказавшийся в воде при температуре 0 °С, выживает в течение 15–30 мин; при 5 °С – 15–60 мин; при 10 °С – 30–90 мин; при 15 °С – 2–7 ч; при 20 °С – 3-16 ч; при 25–26 °С – от 12 ч до нескольких суток.

Столь большие различия во времени выживания для разных людей при одной и той же температуре воды объясняются разными факторами, главный из которых –

индивидуальные различия эффективности и пределов адаптации к холоду, равно как и неодинаковые температурные пороги потери сознания и выключения важнейших физиологических функций.

Закономерности теплообмена между телом человека и водой разной температуры до сих пор представляют собой сложную и нерешенную физическую и физиологическую проблему.

На воздухе спазм кожных сосудов снижает теплопотери едва на 8-13 %, в воде соответствующее снижение будет еще меньше. Пределы адаптации достигаются очень быстро. При погружении человека в воду, температура которой составляет 6 °С, температура кожи человека становится равной температуре воды всего через 10–12 мин. Тепломассоперенос кровью из центральных областей тела к коже практически прекращается, в то время как потеря тепла в результате кондукции резко возрастает в соответствии с увеличением температурного градиента между центром тела и средой.

Эффективность реакции повышения теплопродукции при защите от холода зависит от величины теплоизоляции. Обнаженный человек в воде с температурой 10–15 °С теряет в единицу времени в 10–15 раз больше тепла, чем на воздухе при такой же температуре. Для поддержания нормальной температуры тела в таких условиях ему необходимо повысить теплопродукцию соответственно в 10–15 раз. Определенный резерв тепла представляет химическая терморегуляция. Между тем ее максимальная мощность у человека невелика. Как уже упоминалось выше, она способна увеличить теплопродукцию по сравнению с уровнем основного обмена всего в 2,5–3 раза. Следовательно, химическая терморегуляция может лишь замедлить охлаждение тела, но не предотвратить гипотермию.

Таким образом, пределы адаптации к холоду за счет химической терморегуляции в воде достигаются очень быстро. Далее происходит неизбежное снижение температуры центральных областей тела. При этом при температуре тела в прямой кишке ниже 32 °С человек, как правило, теряет способность к самостоятельному разогреванию и восстановлению физиологических функций, хотя слабое легочное дыхание может сохраняться при температуре тела 24–26 °С, а слабые сокращения сердца с частотой 8-10 ударов в минуту иногда определяются и при температуре тела 20 °С. Такое сохранение жизнедеятельности при минимуме физиологических функций тоже можно квалифицировать как результат адаптации организма к низкой и сравнительно очень низкой температуре тела. Предел этого вида адаптации достигается при полном выключении основных жизнеобеспечивающих физиологических функций.

3. Механизм нарушения физиологических функций при постепенной гипотермии. Существует мнение, что главным первичным механизмом в этом случае является недостаток кислорода. Действительно, резкий сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО) влево, замедление кровотока и ослабление дыхания при гипотермии дают веские основания для таких предположений. Однако резкое уменьшение потребностей в кислороде при понижении температуры тканей и явления ацидоза в крови в принципе могут компенсировать ухудшение транспорта кислорода. Решение этой проблемы давно имеет принципиальное значение как для теории, так и для практики неотложной медицины.

Непосредственно у жертв морских катастроф определить состояние кислородного баланса в мозге и в миокарде вплоть до остановки спонтанного дыхания практически невозможно. Недавно исследователи попытались решить эту проблему на животных с

помощью измерения pO_2 в коре мозга крыс с помощью кислородного ультрамикроэлектрода с диаметром 3–5 мкм, включая изоляцию. Такие электроды практически не повреждают ткани и позволяют измерять pO_2 в точечных участках между микрососудами. Из-за сложности методики такие электроды редко применяются в научных исследованиях. *Е. П. Вовенко* (1993) произвел соответствующие измерения с помощью кислородных ультрамикроэлектродов и установил, что при охлаждении в воде белых крыс величина p_{o2} в коре головного мозга остается на исходном или даже повышенном уровне вплоть до момента полной остановки дыхания, которая происходит при температуре мозга около 17 °С. *Н. А. Слепчук* (1995) показала, что у охлаждаемых крыс после полной остановки дыхания при температуре мозга около 17 °С нагревание специальным миниатюрным термодом продолговатого мозга на 2–3 °С приводит к восстановлению дыхательных движений, хотя тело еще продолжает охлаждаться.

Эти опыты имеют важное значение, так как показывают, что выключение важнейших центров мозга при охлаждении организма происходит не в результате гипоксии, а в результате прямого действия на нервную ткань низкой температуры. Можно предположить, что постепенное уменьшение частоты сокращений сердца при гипотермии имеет аналогичный механизм.

Такой вывод и такое предположение имеют важное значение в разработке методов неотложной медицины для спасения человека при глубокой гипотермии в результате несчастных случаев.

4. Механизм действия холода, нарушающего физиологические функции.

Согласно теории *П. Хочачка* (1986), в основе действия холода на клетку так же, как и при недостатке кислорода, лежит *повышение концентрации ионов кальция в цитозоле, что дезорганизует биохимические реакции и ведет к разрушению клеточных структур.* Причина повышения концентрации ионов кальция аналогична – недостаток энергии, однако происхождение энергетической недостаточности при действии холода иное и заключается в утрате под действием холода четвертичной структуры и распаде на субъединицы важнейших ферментов клетки – митохондриальной АТФ-азы, Ацетил-КоА-карбоксилазы, пируваткарбоксилазы и др. Энергетические циклы в клетке нарушаются, и возникает энергетическая недостаточность. Недостаток энергии для удаления из цитозоля избытка ионов кальция приводит к увеличению его концентрации в клетке и к дезорганизации обмена веществ, которая практически идентична происходящей при гипоксии. Понятно, что при гипотермии все эти процессы развиваются чрезвычайно медленно по сравнению с гипоксией при нормальной температуре тела.

5. Механизмы и пределы физиологической адаптации к острому охлаждению.

• В соответствии с современными данными при внешнем охлаждении организма сигналы от холодовых терморецепторов кожи и от термочувствительных нейронов разных отделов центральной нервной системы конвергируют к интегративным нейронам в ядрах заднего гипоталамуса.

• В названных нейронах вырабатывается «управляющий» сигнал, который способствует резкому сужению кожных сосудов и вызывает повышение теплопродукции благодаря интенсивной холодовой мышечной дрожи.

• Происходящее при этом повышение потребностей в кислороде путем физиологической регуляции усиливает легочную вентиляцию и увеличивает МОК. У

человека при эксидентальной гипотермии максимум теплопродукции, легочной вентиляции и МОК достигается при температуре в прямой кишке порядка 34–35 °С и температуре кожи около 25–30 °С.

• При дальнейшем охлаждении тела холодовая дрожь ослабевает и уровень теплопродукции снижается. Частично это объясняется угнетением деятельности холодовых терморецепторов кожи, которая охлаждается очень быстро. При температуре кожи 10–12 °С частота импульсации терморецепторов резко снижается. При температуре 5 °С многие терморецепторы перестают импульсировать, а при температуре 0–2 °С парализуются почти все холодовые терморецепторы. При падении температуры центра терморегуляции на 6–8 °С резко угнетается частота импульсации «холодовых» нейронов. Недавно *К. П. Ивановым* и др. (1995) был установлен следующий факт: при введении животному в вену терапевтической дозы ЭДТА, которая стимулирует отток ионов кальция из цитозоля рецепторов в межклеточную среду, частота импульсации холодовых рецепторов быстро восстанавливается даже при температуре кожи около 0 °С, что расширяет представления о пределах адаптации нервных структур к холоду.

Первоначальное уменьшение легочной вентиляции и МОК в определенной стадии гипотермии можно было бы трактовать как результат физиологической регуляции в ответ на уменьшение потребностей организма в кислороде. Однако при этом развиваются специфические нарушения функций. Они состоят в падении температурного коэффициента Q_{10}. В нашем случае это отношение уменьшения частоты дыхания или сокращений сердца к понижению температуры тела. У крыс падение частоты сокращений сердца, например при уменьшении температуры миокарда при гипотермии от 37 до 27 °С, происходит при коэффициенте Q_{10} порядка 1,8–2,2. При температуре миокарда ниже 23 °С он увеличивается до 9,5. У человека тяжелые нарушения обмена веществ в сердце, которые приводят к фибрилляции желудочков, могут наступить при температуре тела 25–26 °С. У человека, извлеченного из воды при морских катастрофах, при наличии легочного дыхания малейшее мышечное напряжение или слишком быстрое отогревание, увеличивая нагрузку на сердце, может превзойти энергетические возможности охлажденного сердца и вызвать опасную фибрилляцию желудочков. Успешная реализация механизмов предельной адаптации к холоду (выживания) зависит от режима отогревания.

У человека остановка дыхания происходит, очевидно, при температуре тела 25–26 °С, хотя при эксидентальной гипотермии этот момент установить трудно, так как при оказании помощи пациента прежде всего переводят на искусственную вентиляцию легких, даже если спонтанное дыхание еще сохранено. Возможно, однако, что слабое дыхание у некоторых людей сохраняется и при более низкой температуре. У незимнеспящих животных остановка дыхания происходит при разной температуре в зависимости от вида животного и от способа охлаждения. У крыс при иммерсионной гипотермии полная остановка дыхания наступает в среднем при температуре головного мозга 17 °С. Индивидуальные вариации заключены между 16 и 18 °С.

После остановки дыхания наступает **аноксическая фаза гипотермии.** Это отражается прежде всего на системе терморегуляции, которая, как хорошо известно, особенно чувствительна к недостатку кислорода. Так был показан процесс угнетения импульсации отдельных нейронов центра терморегуляции под влиянием гипоксии. После остановки дыхания у человека и животных немедленно исчезают даже слабые приступы холодовой дрожи и явления терморегуляционного тонуса мышц. Происходит расширение кожных сосудов. Сердце еще продолжает работать, и иногда довольно долго. Однако сразу после остановки дыхания наступают резкие нарушения функции миокарда.

Коэффициент Q_{10} повышается до 200–270. Сокращения прогрессивно ослабляются, кровяное давление быстро падает. Как уже было показано, механизмы нарушения функций и структуры клетки при гипотермии и аноксии сходны. При температуре тела, вызывающей гипотермическую остановку дыхания, потребности клетки в энергии еще довольно высоки.

Сочетание гипотермии, аноксии и резкого ослабления кровообращения быстро приводит к необратимым изменениям в клетках дыхательного центра. Вот почему аноксическую фазу гипотермии квалифицируют как предел физиологической адаптации к острому охлаждению организма человека и животных.

Случаи восстановления физиологических функций у жертв эксидентальной гипотермии в клинических условиях при температуре тела 22–26 °С можно объяснить сохранением каких-то важных биохимических процессов в клетке, которые обеспечивают сохранность клеточных структур, а также минимальных функций легочного дыхания и общего кровообращения. Этим же можно объяснить и случаи самостоятельного восстановления физиологических функций при очень глубокой эксидентальной гипотермии у людей, оставленных без помощи. Такой случай самостоятельного разогревания при понижении температуры в прямой кишке до 18 °С известен.

С развитием и усовершенствованием техники искусственного кровообращения были получены важные факты с точки зрения биологии, физиологии и неотложной медицины. Оказалось, что при понижении температуры мозга человека до 10–12 °С и даже до 6 °С мозг определенное время сохраняет жизнеспособность и его функции в полном объеме могут быть восстановлены с помощью искусственного дыхания и кровообращения. Хотя мозг при температуре 12–15 °С нуждается в минимуме энергии и потребление кислорода им находится почти на уровне ошибки измерения, в нем все-таки происходит обмен веществ, соответствующий такой низкой температуре. Это можно назвать адаптивным типом обмена, так как он позволяет сохранять жизнеспособность. При этом, если полное прекращение кровообращения при 37 °С не лишает мозг жизнеспособности в течение 30 и даже 60 мин, можно предполагать, что при 5-10 °С особенности его обмена позволят сохранить жизнеспособность в течение многих часов и, может быть, даже суток. Реализация таких предполагаемых возможностей в результате упорных глубоких исследований будет иметь огромное значение для науки и, конечно, для медицины катастроф.

Гипертермия и термические поражения. Эти поражения возможны при различных техногенных катастрофах и несчастных случаях, а также одномоментное перегревание множества людей и гибель их от гипертермии может быть следствием погодных условий. Такие случаи относят к природным катастрофам. По свидетельству специалистов, в США ежегодно погибают до 4 тыс. человек от тепловых ударов или по причинам, так или иначе связанным с гипертермией. Как свидетельствует статистика, для нашего времени характерно учащение такого рода катастроф. Они начали затрагивать страны с относительно умеренным климатом, где жители не имеют большого опыта эффективной адаптации к жаре, что увеличивает число жертв.

1. Физиологическая адаптация к перегреванию. Один из принципов адаптации к перегреву состоит в усилении транспорта тепла из организма в среду. Теплообмен происходит благодаря теплопроведению (кондукции) через ткани и благодаря тепломассопереносу кровью (конвекция тепла кровью). Оба этих механизма хорошо известны, но количественные соотношения между ними до сих пор неясны. Даже новейшие математические исследования, хотя и дают весьма интересный материал, не

решают проблему полностью. Серьезным препятствием в решении этого вопроса является сложность ангиоархитектуры кожи. В общем, можно сказать, что в диапазоне некоторых «средних» температур среды, несколько ниже термонейтральной зоны для животных или зоны температурного комфорта для человека, наибольшее значение в передаче тепла в среду имеет теплоперенос кровью. При повышении внешней температуры или при повышенной теплопродукции кровообращение в коже человека может увеличиться в 7-10 раз и составить значительную часть МОК. Такая реакция имеет важное физиологическое значение, когда температура среды ниже температуры крови; при сухой коже она становится бесполезной, если температура среды достигает температуры крови, и, наконец, может вызвать обратный эффект, если температура среды превышает температуру крови. Однако у человека (и у некоторых животных) благодаря потоотделению усиленное кожное кровообращение играет важную роль при любой температуре среды, поскольку испарение пота охлаждает кожу. В таком случае кровь отдает тепло не в среду, а в кожу, которая элиминирует тепло, переводя его в скрытую теплоту испарения воды. Эта реакция, как известно, может достигать большой мощности. Выделение пота у человека до 2 л в час и более позволяет ему определенное время выполнять напряженную мышечную работу даже при температуре среды выше температуры тела. Конечно, адаптация к высокой температуре у аборигенов жарких регионов планеты не основывается на обильном потоотделении, так как они приспосабливаются за счет особенностей поведения, одежды, конструкции жилищ, питания. Также физиологическая адаптация состоит в уменьшении количества солей в поте, повышении интенсивности потоотделения при вынужденном пребывании под солнцем или при физической работе и др.

2. Пределы физиологической адаптации к высокой температуре среды или к сочетанию высокой температуры среды с повышением теплопродукции тела (например, при мышечной работе) всегда связаны с повышением температуры тела. Для каждого вида гомойотермных животных известна температура, при которой наступает смерть.

Есть основания полагать, что они не прекращают борьбу с перегреванием вплоть до смертельного перегревания, так что предел адаптации почти совпадает с пределом выживаемости. У человека отмечается сходная ситуация. В своей работе по данной проблеме, опубликованной в 1987 году, *Х. Бриннель* и др. отмечают, что по ряду данных у человека при внешнем нагревании защитные реакции терморегуляции сохраняются вплоть до температуры тела 42 °С. Так как при этой температуре практически невозможна жизнь человека, во всяком случае в течение более или менее продолжительного времени, то и для человека достижение пределов адаптации практически совпадает с пределом выживаемости.

Правда, по чувствительности к перегреванию человек отличается от животных значительной вариабельностью. Анализ большого числа случаев гибели от гипертермии показывает, что у 3,5 % людей, пострадавших от теплового удара, предел адаптации наступает еще при температуре тела несколько ниже 40 °С. В 40 % случаев это происходит при температуре тела 40–42 °С. В 1,5 % случаев тепловой удар наступает у человека при температуре тела 44 °С и даже выше. Отсюда возникает вопрос о клеточной адаптации гомойотермных организмов к гипертермии, так как в широком биологическом плане эта проблема, конечно, существует. Птицы, например воробьи, постоянно живут при температуре тела 42–43 °С, которая несовместима с жизнью для человека. Однако возможность индивидуальной адаптации на клеточном уровне в течение жизни организма пока остается под вопросом. Многие ученые отрицают такую возможность. Однако в указанном выше обзоре *Х. Бриннеля* и соавторов приводятся данные, согласно которым у

гомойотермных организмов под влиянием высокой температуры в клетках образуются особые полипептиды с молекулярным весом от 70 до 100 килодальтон, которые способны отодвинуть границу тепловой смерти до более высоких температур тела, следовательно, индивидуальная адаптация на клеточном уровне в течение жизни в принципе возможна.

Существует множество ситуаций, при которых человек подвергается опасности перегревания. Очевидно, наиболее часто такая опасность возникает тогда, когда человек или группа людей в результате аварии транспортных средств оказываются без помощи в пустыне при интенсивной инсоляции. С точки зрения теории адаптации и медицины катастроф представляется важным проанализировать причины и механизмы достижения пределов температурной адаптации и гибели организма.

• Энергия межмолекулярных связей, которые обеспечивают нативные свойства белков, нуклеиновых кислот, клеточных мембран, составляет 1–7 ккал/моль. Тепловая энергия молекул при температуре 37 °С близка к 1 ккал/моль. Следовательно, уже при нормальных физиологических условиях высшие структуры живой материи у гомойотермных организмов постоянно разрушаются и требуют обновления. При повышении температуры клеток темп разрушения живых структур может превзойти кинетические и термодинамические возможности биохимических реакций клетки для их восстановления. Для изолированных тканей различных органов, судя по снижению потребления кислорода, такое положение вещей достигается для млекопитающих при температуре клеток на уровне около 45 °С. Однако нарушение клеточных функций и работы физиологических систем млекопитающих животных и человека начинается при значительно более низкой температуре. Так, например, деструкция клеточных мембран и митохондрий в целом может быть замечена уже при температуре соответствующей ткани около 40 °С.

У человека при температуре тела 38,5-39,0 °С происходят функциональные нарушения, которые называют **синдромом теплового истощения,** они проявляются в виде общей слабости, спутанности сознания, сердечной слабости, хотя и при сохранении потоотделения на пониженном уровне. Синдром теплового истощения сигнализирует о приближении к пределу физиологической адаптации и к тепловому удару.

Имеются основания полагать, что такие явления вызываются не только прямым действием повышенной температуры на клетки мозга, но и определенными вторичными причинами. Важнейшая из них – нарушение функций кровообращения во внутренних органах, в сердце и в мозге. Зависит это от того, что с целью эффективной теплоотдачи при повышении температуры среды кожный кровоток возрастает в 7-10 раз, что уже отмечалось выше. Он, таким образом, составляет значительную часть МОК. В результате неизбежно уменьшается кровообращение в мозге, почках, кишечнике. Уменьшение снабжения кровью кишечной стенки ведет к повышению проницаемости ее сосудов и проникновению в кровь токсических продуктов из просвета кишки. Исследования показали, что соответствующие токсины снижают чувствительность центра терморегуляции к повышенной температуре, тормозят реакции теплоотдачи и ухудшают состояние организма.

• Еще одна важная причина ускоренного достижения пределов адаптации и возникновения теплового удара – **мышечная работа.** Во-первых, она резко повышает теплопродукцию, во-вторых, вызывает усиленный приток крови к мышцам, что уменьшает тепломассоперенос кровью к коже и еще сильнее нарушает кровоснабжение внутренних органов.

• Главный фактор, который приближает предел адаптации к высокой температуре, – **недостаток воды и дегидратация организма.**

Уменьшение количества воды в теле человека на 10 % является пределом адаптации. В этом случае человек в условиях катастрофы, оставленный без помощи, погибает. Порог летальной температуры снижается.

Нарушения физиологических функций человека даже при тепловом ударе в принципе обратимы. Первые неотложные меры состоят в снижении температуры, а также в борьбе с дегидратацией (введение в вену 1–1,5 л физиологического раствора).

Однако снижение температуры тела является сложной и даже опасной процедурой. Физически для этого наиболее эффективна холодная ванна. Однако такая мера приводит к возбуждению холодовых терморецепторов кожи, что может вызывать резкую холодовую дрожь, сужение кожных сосудов и привести к роковому исходу. Лучший метод – смачивание кожи «пылью» из ледяной воды. Особенно опасно фармакологическое вмешательство в физиологию организма при перегревании. Такого рода попытки снизить теплопродукцию, увеличить расширение кожных сосудов или усилить потоотделение на пороге предела физиологической адаптации лишь ухудшают положение, так как в перегретом организме фармакологические препараты утрачивают свое действие или даже дают противоположный эффект. Отмечают, что смертность от тепловых ударов в случаях применения фармакологических средств оказывается выше, чем в случаях, когда их не применяют.

Приведенные выше данные не исчерпывают проблемы физиологической адаптации человека в условиях чрезвычайных ситуаций. Однако они могут изменить позиции неотложной медицины в некоторых практических проблемах и послужить основой для разработки новых способов восстановления жизнедеятельности жертв различных катастроф.

3.15. Проблема адаптации человека к условиям авиакосмических полетов

3.15.1. Космическая биология и авиакосмическая медицина

К. Э. Циолковский, размышляя о перспективах межпланетных полетов: *«Техника будущего даст нам возможность одолеть земную тяжесть и путешествовать по всей Солнечной системе»,* – пришел к выводу о возможном неблагоприятном воздействии на космонавтов таких факторов, как измененная гравитация (перегрузки и невесомость), дефицит кислорода, пищевых веществ, воды и т. п., и о необходимости изучения влияния факторов полета на организм. Примечательно, что рассуждения российского ученого носили не только умозрительный характер. Они побудили его к проведению исследований на самом себе: *«Подверг и себя экспериментам: по нескольку дней ничего не ел и не пил. Лишение воды мог вытерпеть только в течение двух дней. По истечении их я на несколько минут потерял зрение».*

Для повышения адаптационных возможностей человека *К. Э. Циолковский* предлагал два не исключающих друг друга пути: отбор и тренировку.

В области космической биологии и медицины в связи с перспективой полета человека на Марс вновь остро встает проблема адаптации. Изучение этой проблемы, в том числе ее общетеоретических аспектов, можно считать традиционным. Какие же аспекты

адаптации важны для космической биологии и медицины? Прежде чем ответить на этот вопрос, надо остановиться на том, чем занимаются эти научные направления.

Космическая биология и авиакосмическая медицина изучают влияние космических факторов и особенности жизнедеятельности организма человека при действии этих факторов с целью разработки средств и методов сохранения здоровья и работоспособности членов экипажей космических кораблей и станций. Эти науки разрабатывают соответствующие профилактические меры и способы защиты от их вредных влияний; предлагают физиологические и гигиенические обоснования требований к системам жизнеобеспечения, управления и к оборудованию космических летательных аппаратов, а также к средствам спасения экипажей в аварийных ситуациях; разрабатывают клинические и психофизиологические методы и критерии отбора и подготовки космонавтов к полету, контроля за экипажем в полете; изучают профилактику и лечение заболеваний в полете. В связи с этим космическая биология и авиакосмическая медицина являются единым комплексом различных разделов, таких как космическая физиология и психофизиология, космическая гигиена, космическая радиобиология, теоретическая и клиническая медицина, врачебная экспертиза.

Развитие этих направлений тесно связано с достижениями теоретической и практической космонавтики как в нашей стране (*К. Э. Циолковский, Ф. А. Цандер, С. П. Королев* и др.), так и за рубежом (H. Oberth, R. Goddard, R. Esnault-Pelterie и др.). Так, создание ракетно-космических летательных аппаратов позволило провести ряд важных исследований на животных в условиях космического полета. Результаты этих исследований в совокупности с данными наземных работ позволили обосновать возможность безопасного полета человека в космическое пространство. В свою очередь, на развитие космической биологии и авиакосмической медицины повлиял первый полет человека в космос – полет Ю. А. Гагарина на космическом корабле «Восток» 12 апреля 1961 года. Важными этапами в освоении космоса явились: первый выход человека в открытый космос (*А. А. Леонов*, полет на космическом корабле «Восход-2» 18–19 марта 1965 года); высадка американских космонавтов на поверхность Луны (N. Armstrong, E. Oldrin), космические полеты с длительным пребыванием на орбитальных станциях.

Основные космические факторы биологического воздействия.

В космическом полете на организм человека могут влиять три основные группы факторов (рис. 3.8).

Рис. 3.8. Классификация факторов космического полета *(по: Н. А. Агаджанян и др., 1994)*

• **Первая группа** таких факторов (правая колонка на рис. 3.8) характеризует космическое пространство как среду обитания: это высокая степень разрежения газовой среды, ионизирующее космическое излучение, особенности теплопроводности, присутствие метеорного вещества и т. д. Высокая биологическая активность различных видов космического излучения определяет их поражающее действие. В связи с этим

определяют допустимые дозы лучевого воздействия, разрабатывают средства и методы профилактики и защиты космонавтов от космической радиации.

Важно определить радиочувствительность организма при длительном пребывании в условиях космического полета, оценить реакцию облученного организма на действие других факторов космического полета. Перспектива использования ядерных источников энергии на космических кораблях и орбитальных станциях требует надежной защиты человека в радиационных убежищах, электромагнитной и электростатической защиты, экранирования наиболее чувствительных органов и систем организма и т. д. Специальные исследования посвящены биологическому эффекту радиоизлучений, магнитных и электрических полей, возникающих в среде обитания от бортовой аппаратуры. Обеспечение радиационной безопасности приобретает особое значение с увеличением дальности и продолжительности полетов. Очевидно, что в длительных полетах обеспечить безопасность экипажа с помощью лишь пассивной защиты обитаемых отсеков корабля невозможно. Изыскание биологических методов защиты человека от проникающих излучений является важным направлением исследований в этой области.

• **Вторая группа** (левая колонка на рис. 3.8) объединяет факторы, связанные с динамикой полета летательных аппаратов: ускорение, вибрацию, шум, невесомость и др.

Среди всех факторов космического полета уникальным и практически невоспроизводимым в лабораторных экспериментах является **невесомость.** Значение невесомости возросло с увеличением продолжительности полетов. Экспериментальные исследования при моделировании некоторых физиологических эффектов невесомости в земных условиях (гипокинезия, водная иммерсия), опыт длительных космических полетов позволили разработать общебиологические представления о генезе изменений в организме, обусловленных влиянием невесомости, и пути их преодоления. Доказано, что человек может существовать и активно функционировать в условиях невесомости. Последствия длительного пребывания в невесомости: детренированность сердечно-сосудистой системы, потеря организмом солей кальция, фосфора, азота, натрия, калия и магния. Эти потери относят за счет уменьшения массы тканей вследствие их атрофии от бездействия и частичной дегидратации организма. Обусловленные невесомостью биофизические и биохимические сдвиги в организме (изменения гемодинамики, водно-солевого обмена, опорно-двигательного аппарата и др.), включая изменения на молекулярном уровне, направлены на приспособление организма к новым экологическим условиям.

Для предупреждения неблагоприятных реакций организма человека в период невесомости и реадаптации применяется широкий комплекс профилактических мероприятий и средств (велоэргометр, бегущая дорожка, тренировочно-нагрузочные костюмы и т. д.). Их эффективность была убедительно продемонстрирована в многосуточных полетах.

• Наконец, **третью группу** (средняя колонка на рис. 3.8) составляют факторы, связанные с пребыванием в герметическом помещении малого объема с искусственной средой обитания: своеобразные газовый состав и температурный режим в помещении, гипокинезия, изоляция, эмоциональное напряжение, изменение биологических ритмов и т. п.

Разработка **искусственной газовой атмосферы** для обитаемых кабин летательных аппаратов предполагает изучение физиологических эффектов длительного пребывания в

атмосфере различного газового состава, как эквивалентной земной атмосфере, так и при замене азота гелием или в моногазовой искусственной атмосфере.

Космическая биология и авиакосмическая медицина изучают также влияние перепадов барометрического давления, изменений p_0 в атмосфере. Представляют интерес исследования по использованию искусственной газовой атмосферы для стимуляции адаптивных реакций организма на различные неблагоприятные условия полета. Такая атмосфера получила название активной.

Формирование газовой среды кабин летательных аппаратов в процессе полета непосредственно связано с вопросами ее загрязнения. Источниками загрязнения могут быть конструкционные материалы, технологические процессы, а также продукты жизнедеятельности человека. В этой связи изучение биологического воздействия загрязнений атмосферы космического корабля представляет важное звено в общем комплексе физиологических и гигиенических исследований. Полученные данные позволяют установить предельно допустимые концентрации (ПДК) ряда загрязняющих (токсических) веществ, изыскать технические решения очистки от них атмосферы летательного аппарата.

Перечисленные факторы оказывают комплексное влияние на организм человека (рис. 3.9), в связи с чем несомненный теоретический и практический интерес представляет изучение модифицирующего влияния каждого из них.

Рис. 3.9. Влияние космического полета на организм *(по: Н. А. Агаджанян и др., 1994)*

Медико-биологическое обеспечение полетов. Обеспечение пилотируемых полетов базируется на результатах предварительных исследований в наземных условиях (стендовые и модельные исследования на животных, эксперименты с участием человека в макетах космических объектов).

• Решающее значение имеют исследования непосредственно на космических летательных аппаратах. Жизнедеятельность человека на пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях обеспечивает комплекс оборудования и бортовых запасов для поддержания постоянного состава газовой среды, снабжения человека питьевой водой, продуктами питания, санитарно-техническими средствами. Так, система регенерации и кондиционирования воздуха на космических кораблях предполагает запасы химически связанного кислорода на борту в виде надперекиси щелочных металлов и сорбентов, поглощающих водяные пары и углекислый газ.

• Для обеспечения жизнедеятельности экипажа в случае аварийного приземления спускаемого аппарата в безлюдной местности в носимом аварийном запасе (НАЗ) предусмотрены продукты питания с максимальной энергетической и биологической ценностью при минимальных массе и объеме.

• Увеличение продолжительности пилотируемых космических полетов требует надежного обеспечения санитарно-гигиенических условий в кабине корабля, личной гигиены космонавта, тщательного контроля за состоянием кожных покровов, их микрофлорой, загрязнением, а также совершенствования полной и локальной обработки покровов тела. Особое внимание уделяется одежде космонавтов (полетный костюм, нательное белье, теплозащитный костюм, головной убор, обувь).

• Специальное значение имеют сбор, хранение и удаление отбросов жизнедеятельности человека и отходов от бортового оборудования и аппаратуры.

• Особое место занимают исследования условий и характера взаимообмена микроорганизмами между членами экипажа путем возможных аутоинфекций и инфекций, что особенно важно в условиях герметических кабин ограниченного объема в сочетании со снижением иммунорезистентности в космическом полете.

• Важное значение для разработки перспективных систем жизнеобеспечения имеют длительные медико-технические эксперименты. В них определяют возможность длительного поддержания нормальной работоспособности человека при изоляции в герметической камере ограниченного объема с использованием воды и кислорода, регенерируемых из отходов, и практически полностью обезвоженных продуктов питания. Изучают взаимодействие человека и окружающей среды в этих условиях, методы медицинского контроля, технологические режимы конструкций, отдельных блоков и другие вопросы. Эксперименты подтверждают возможность длительного существования и работы экипажа в системах с замкнутыми циклами, необходимыми для поддержания жизнедеятельности человека.

• Для обеспечения работ вне корабля в открытом космосе или на поверхности планет, а также для сохранения жизни в случае разгерметизации кабины космического корабля предназначены космические скафандры – индивидуальные средства обеспечения жизнедеятельности космонавтов.

• Деятельность космонавта при подготовке и осуществлении полета сопровождается выраженным нервно-эмоциональным напряжением. Считают, что космические полеты практически всегда будут содержать элементы риска и вероятность непредвиденных ситуаций. В связи с этим динамический контроль за состоянием человека, профилактика и устранение неблагоприятных влияний являются предметом космической психофизиологии. Исследования в этой области охватывают влияние факторов космического полета на нервно-эмоциональную сферу космонавтов, психофизиологические механизмы эмоционального напряжения и их влияние на профессиональную деятельность, психологическую совместимость членов экипажа, особенно в длительных космических полетах.

• Увеличение продолжительности полетов связано со смещением времени и его влиянием на биологические ритмы. Изучение процессов адаптации к этому неблагоприятному воздействию приводит к разработке режимов труда и отдыха в космических полетах. При этом исходят из представления, что изменения суточных режимов могут привести к десинхронизации физиологических процессов.

• Медико-биологическое обеспечение полетов человека в космос непременно включает в себя отбор и подготовку космонавтов. Опыт космических полетов свидетельствует о том, что отбор космонавтов, основанный на врачебной экспертизе летного состава, полностью себя оправдывает. Требования к физическому состоянию и

здоровью наиболее высоки у кандидатов для длительных космических полетов, что обусловлено весьма длительным действием факторов полета на организм, расширением обязанностей членов экипажа и взаимозаменяемостью в полете. Отбор членов экипажа в соответствии с результатами медицинского контроля продолжается во время тренировок и подготовки к полету. При формировании специальных программ подготовки принимаются во внимание цели и задачи космических экспериментов, а также исходное состояние членов экипажа. Требования к состоянию здоровья космонавтов-исследователей несколько снизились. Более широкое привлечение специалистов различных профессий (геофизиков, астрономов, врачей, биологов и др.) к космическим полетам требует новых медицинских и психологических критериев отбора.

3.15.2. Адаптация к космическим полетам

До последнего времени в космической физиологии адаптация человека рассматривалась лишь в онтогенетическом аспекте. Между тем физиологическая адаптация – понятие более широкое. Оно включает изучение явлений не только индивидуальных, но также видовых (наследственно закрепленных) и популяционных адаптаций. Вместе с тем исследование механизмов адаптационных процессов указывает на то, что невозможно судить об адаптации человека только по физиологическим параметрам, не учитывая психологических, биохимических и других аспектов.

Индивидуальная адаптация. В настоящее время установлено, что в основе индивидуальной адаптации лежит генотип. При этом известно, что генетическая программа организма предусматривает не заранее сложившуюся адаптацию, а возможность ее реализации под влиянием среды, что соответствует представлениям *И. И. Шмальгаузена* о наследуемости нормы реакции. Этот важный постулат целесообразно учитывать при профессиональном отборе космонавтов. Определение наследственно заданной нормы реакции открывает возможность прогнозировать адаптационный резерв у претендентов на участие в космических полетах.

Кроме того, для космической физиологии, по-видимому, представляет интерес разработка гипотезы о стресс-норме, которая может быть применима, в частности, к адаптивным процессам в экстремальных условиях полета (при недостатке или избытке кислорода, повышенном содержании углекислого газа и т. п.).

Фенотипическая адаптация.

Адаптация, приобретаемая в ходе индивидуальной жизни организма при его взаимодействии с окружающей средой, определяется как **фенотипическая адаптация.**

Именно она является основой для тренировки космонавтов к отдельно взятым факторам космического полета или к их комплексу.

Неспецифическая перекрестная адаптация. Этапным моментом в изучении проблемы адаптации было выявление неспецифической перекрестной адаптации. Действительно, использование неспецифической адаптации является важным компонентом системы подготовки космонавтов. Однако частные вопросы перекрестной адаптации оказались изученными недостаточно. Остается неясным, при каком сочетании факторов полета может возникнуть перекрестная адаптация, а при каком – «перекрестная сенсибилизация», о которой упоминал *Г. Селье*.

Социальная и биологическая адаптация. Выявление во многих исследованиях фазового течения адаптации и изучение ее механизмов свидетельствуют о том, что космическая биология и авиакосмическая медицина не могут обойтись без исследования таких типов адаптации человека, как социальная и биологическая. Социальная адаптация включает в себя прежде всего психологическую адаптацию. К биологической адаптации можно отнести физиологическую, биохимическую и морфологическую адаптацию.

Если не останавливаться подробно на описании достаточно известных механизмов формирования различных фаз адаптации, представляется существенным следующее. В космической физиологии много внимания уделяется оценке эффективности адаптационных процессов. Разработаны критерии и методы диагностики функциональных состояний организма и его работоспособности. В настоящее время ведутся исследования, направленные на создание измерительно-вычислительных комплексов, позволяющих осуществлять динамический контроль функционального состояния организма и прогнозировать его адаптационные возможности.

Перспективная адаптация. Одновременно совершенствуются и создаются новые методы повышения эффективности адаптации к различным неблагоприятным факторам. В их основе лежит представление о перспективной адаптации, в результате которой физиологическая перестройка организма приводит к углублению резервных возможностей организма и, по существу, является тренировкой.

Цена адаптации. Вместе с тем все острее становится проблема цены адаптации, в том числе отдаленных неблагоприятных последствий космических полетов. В силу того что освоение человеком космического пространства началось сравнительно недавно, мы не имеем пока достаточного объема научных данных по этой проблеме. Ее актуальность объясняется перспективой увеличения длительности, усложнения многочисленных выходов космонавтов в открытый космос и высадок на небесные тела.

При этом наиболее информативными показателями биологической цены адаптации могут быть такие критерии, как способность к воспроизведению, темпы старения и продолжительность жизни.

Перспективы. Какова же перспектива разработки проблемы адаптации человека в условиях подготовки к более продолжительным космическим полетам, включая планируемый полет человека на Марс? Здесь необходимо остановиться прежде всего на двух аспектах:

1) резервы организма человека в плане не только адаптации, но и реадаптации;

2) роль профилактики неблагоприятных воздействий таких полетов на организм.

При этом уже на этапе отбора следует акцентировать внимание на индивидуальных особенностях космонавтов в плане их способности к кратковременной и долговременной адаптации. Было показано, что к непродолжительному воздействию неблагоприятных условий наиболее эффективно адаптируются люди с большими колебаниями фоновых показателей, чего нельзя сказать о лицах со стабильными фоновыми данными. К длительной адаптации более подходят люди, у которых организм способен продолжительное время поддерживать в напряжении необходимые адаптивные механизмы. Обращает на себя внимание то, что люди, хорошо адаптирующиеся к значительным колебаниям условий среды, выраженным в течение короткого времени, гораздо хуже переносят длительные неблагоприятные воздействия, и наоборот.

Проблема обеспечения безопасности космических полетов и защиты от их возможных неблагоприятных влияний, в том числе отдаленных последствий, требует разработки все более совершенных методов профилактики. Работа в этом направлении входит в глобальную задачу создания искусственной среды обитания в космических аппаратах будущего.

В заключение следует отметить, что до сих пор в космической биологии и медицине проводились исследования адаптивных реакций лишь к воздействию отдельных факторов полета. Теперь этот этап в значительной степени уже завершен и все большее внимание привлекает изучение интегративного воздействия факторов полета на организм. По образному выражению *Дж. Баркрофта, приспособление есть сумма всех возможных приспособлений.* Можно предположить, что адаптация к такому суммарному влиянию будет протекать медленнее и сложнее, чем адаптация к отдельным факторам.

Таким образом, в настоящее время назрела необходимость создания общей концепции адаптации к космическому полету как к комплексу факторов, оказывающих экстремальное воздействие на организм.

3.16. Влияние подводных погружений

3.16.1. Подводная биология и медицина

К настоящему времени сформировалась новая область естественных наук – подводная биология и медицина, изучающая функциональное состояние организма человека при воздействии комплекса факторов, возникающих при погружении в водную среду. Целью этих исследований является изыскание способов защиты, которые позволят человеку не только успешно трудиться в условиях повышенного давления, но и полностью сохранить свое здоровье.

Возникли эти науки на базе классической физиологии во второй половине XIX века, когда появился особый вид трудовой деятельности человека – работа под повышенным давлением в кессонах и под водой.

В условиях повышенного атмосферного давления на организм влияет целый ряд факторов, с которыми в процессе эволюции человек не встречался: высокое гидростатическое давление, повышенное парциальное давление кислорода и других газов в среде для дыхания, повышенная плотность газов в дыхательной смеси.

Наиболее полные сведения об этом были впервые представлены в классической работе *П. Бера* «Атмосферное давление» (1878). Физиология человека обогатилась новыми данными о токсическом действии кислорода, о процессах сатурации и десатурации тканей организма инертными газами при изменении атмосферного давления, о нарушениях функций организма во время и после декомпрессии. В последующем гипербарическая физиология пополнилась представлениями о наркотическом действии инертных газов (азот, аргон, неон, криптон), специфическом действии гелия, безопасных границах применения азота и гелия в условиях повышенного давления, о возможности адаптации человека к длительному воздействию гипербарической среды.

От успехов подводной биомедицины зависит возможность освоения Мирового океана. Возрастающий интерес к гипербарической физиологии связан также с разработкой новых методов лечения, например *оксигенобаротерапии,* с перспективой полета человека

на такие планеты Солнечной системы, как Венера, где давление атмосферы у поверхности составляет около 96 кг/см^2.

3.16.2. Биологические проблемы погружения

Наиболее сложными биологическими проблемами, препятствующими в настоящее время погружению человека на большие глубины, являются проблемы преодоления нарушения функции дыхания и неврологических расстройств, возникающих при повышении давления воздуха более 6 кг/см^2, т. е. на глубинах свыше 60 м.

1. Азотный наркоз. На этих глубинах при дыхании водолазов воздухом возникает состояние так называемого азотного наркоза, которое характеризуется снижением работоспособности, сонливостью, галлюцинациями, потерей ощущения времени, пространства. Большинство исследователей считают основной причиной такого состояния специфическое действие повышенного парциального давления азота, однако показано также потенциирующее влияние на формирование азотного наркоза повышенного давления кислорода, углекислого газа и общего охлаждения организма. Одним из главных факторов, способствующих накоплению углекислого газа в организме и увеличению охлаждающих свойств газов в условиях гипербарии, является повышение плотности газов, влияющее на диффузию газов в легких и теплообмен.

2. Нервный синдром высокого давления (НСВД). При замене в составе дыхательной смеси азота на менее плотный газ – гелий – удается исключить явления азотного наркоза и благодаря этому значительно увеличить глубину погружения. Однако при большой скорости погружения, на глубинах 300–350 м, у человека возникают неврологические расстройства, клиническое проявление которых отличается от состояния азотного наркоза. Эти нервные расстройства характеризуются комплексом симптомов, свидетельствующих о повышении возбудимости различных структур центральной нервной системы (тремор, гиперкинезы и др.). Возникновение состояния повышенной возбудимости в условиях гипербарии при дыхании гелиокислородными смесями известно в настоящее время под названием нервного синдрома высокого давления. Полагают, что причинами НСВД могут быть давление само по себе, действие гелия под повышенным давлением, тепловой стресс, а также накопление углекислого газа в тканях организма в условиях повышенной плотности дыхательной смеси.

На основе результатов изучения НСВД некоторые исследователи сделали вывод, что предельная глубина погружения человека при применении смесей, содержащих гелий, – 300 м, подобно тому как при дыхании газовыми смесями, содержащими азот, предельной является глубина в 60 м. Однако оказалось, что можно создать условия, отдаляющие неблагоприятное действие высокого давления. Таким образом, была обоснована возможность преодоления человеком НСВД на глубинах более 300 м. За последнее столетие удалось увеличить глубину погружения человека с 10–30 до 501 м, а продолжительность нахождения под водой – от нескольких минут до месяца.

Методы предупреждения НСВД. Для профилактики НСВД при достижении рекордной глубины погружения (610 м) французским исследователям фирмы «COMEX» потребовалось столь медленно погружать водолазов, что общее время компрессии составило 264 ч. *Снижение скорости компрессии* при погружении на большие глубины является в настоящее время наиболее распространенным методом предупреждения развития НСВД на глубинах более 200 м.

• Однако в поисках новых методов профилактики НСВД исследования проводятся и в других направлениях. Например, значительное сокращение периода компрессии водолазов при погружении на глубины 475 м без выраженных признаков НСВД было достигнуто при использовании для дыхания *газовых смесей с компонентами-антагонистами* – гелий и азот в соотношении 10:1.

• Большое внимание в последнее время уделяется профилактике и терапии симптомов НСВД с помощью *фармакологических средств.* Применяя газы-антагонисты и фармакологические средства, удалось довести глубину погружения высших животных (приматов) без выраженных признаков НСВД до 1000 м.

• В последние годы в отделе подводной биомедицины Научно-исследовательского института гигиены водного транспорта Министерства здравоохранения РФ успешно развиваются *нейрофизиологические исследования* с целью выявления ранних признаков НСВД с помощью экспресс-диагностики состояния животных при разной скорости компрессии и в будущем на основе этих данных *управления параметрами среды гипербарических камер.*

• Многие исследователи полагают, что основную роль в решении проблемы преодоления НСВД будет играть *отбор и тренировка* людей, наиболее устойчивых к воздействиям гипербарии.

• Исследование механизмов развития и путей профилактики НСВД в настоящее время достаточно быстро прогрессирует. Если проблема преодоления НСВД будет решена, то откроются реальные возможности погружения человека на большие глубины с использованием в качестве среды для дыхания газовых смесей с гелием. До недавнего времени такой прогноз был невозможен из-за отсутствия убедительных экспериментальных данных о возможностях преодоления человеком другого *физиологического барьера* – высокой плотности газовой смеси. Предполагалось, что функция дыхания человека и в состоянии покоя, и особенно при физических нагрузках, при увеличении плотности газовой среды более чем в 10 раз относительно обычной не сможет обеспечить адекватный газообмен. Такой величины плотность воздуха достигает при погружении человека на глубину 100 м, а плотность гелиокислородных смесей – при погружении на глубину 600 м.

На основании данных о физических закономерностях диффузии газов в условиях повышенной плотности, а также результатов экспериментальных исследований, была сформулирована теория, согласно которой **гипоксические состояния в условиях гипербарии** связаны с недостаточностью функции дыхания. Однако исследования, в которых водолазам предлагалось во время пребывания в камере при давлении 37 кг/см^2 переключаться на дыхание газовыми смесями, содержащими неон, показали отсутствие гипоксических состояний как в условиях покоя, так и при тяжелых мышечных нагрузках. В этих исследованиях при дыхании газовыми смесями, содержащими неон, плотность среды была увеличена более чем в 28 раз по сравнению с обычной. Таким образом, были смоделированы возможности респираторной системы человека успешно обеспечивать газообмен при плотности дыхательной смеси, эквивалентной той, которая возникает при дыхании гелиокислородными смесями на глубине 1500 м.

3. Токсическое действие кислорода при гипербарии. До настоящего времени это остается очень важной и сложной проблемой. Повышенное содержание кислорода в дыхательных смесях водолазов и кессонных рабочих впервые применил *П. Бер.* Гипероксические смеси он использовал для профилактики и лечения декомпрессионных

расстройств, возникающих после работы в среде повышенного давления. В дальнейшем содержание кислорода в газовых смесях для дыхания водолазов стали повышать с целью снижения содержания в них инертных газов и сокращения режимов декомпрессии. Были установлены безопасные границы применения высоких концентраций кислорода при кратковременном действии повышенного давления. Однако при глубоководных погружениях и длительном пребывании человека в условиях гипербарии становится очевидным неблагоприятное влияние длительного воздействия и относительно малых величин повышения концентрации кислорода в дыхательной смеси, необходимых для обеспечения газообмена в среде повышенной плотности.

Если до последнего времени при пребывании в газовой среде в условиях гипербарии считалось приемлемым повышение содержания кислорода до 0,35 кг/см^2, а при работе в водолазном снаряжении – увеличение содержания кислорода до 1 кг/см^2, то в настоящее время стало ясно, что содержание кислорода в среде для дыхания водолазов должно быть максимально приближено к нормальному. Было показано, что в результате гипероксического воздействия при гипербарии как в состоянии покоя, так и особенно во время мышечной деятельности возникают гиперкапния и дыхательный ацидоз вследствие изменения чувствительности дыхательного центра к pH и CO_2 в гипероксической среде при повышенном атмосферном давлении, блокирования механизма элиминации CO_2 гемоглобином и снижения эффективности кровообращения в легких. Таким образом, один из главных вопросов, требующих своего разрешения в настоящее время, – **определение нижней границы токсического действия кислорода**, особенно при длительном воздействии среды при повышенном атмосферном давлении. В этом плане перспективным направлением исследований является изучение возможностей *ферментных систем* и *биологических антиоксидантов.*

4. Нарушение температурного гомеостаза. Другой физиологический барьер, препятствующий погружению человека на большие глубины, – обеспечение температурного гомеостаза организма при погружении в барокамере, и особенно при выходе водолазов в окружающую толщу воды. В настоящее время известно, что по мере повышения давления зона температурного комфорта все более сужается, по величине приближаясь к температуре тела.

При высоких давлениях в гелиокислородной среде для создания комфортных условий требуется значительно большее повышение окружающей температуры, чем в обычных условиях. В последнее время получены данные о неадекватности теплоощущений человека в гипербарической среде относительно реального теплового состояния организма. Также известно, что зоны комфортных температур значительно изменяются в условиях покоя или работы. Они в большей мере зависят также от уровня энергопродукции человека, т. е. от характера его деятельности.

По мере увеличения барометрического давления или глубины погружения все более актуальной становится проблема оценки истинного теплового состояния организма и оперативного регулирования микроклимата водолазных барокамер.

5. Декомпрессия. Несмотря на более чем столетнюю историю изучения, до настоящего времени эта проблема не решена. Она, по-видимому, будет актуальной до тех пор, пока применяются методы погружения человека, при которых дыхание происходит при давлениях, соответствующих глубине погружения.

Первые исследования возможностей *дыхания жидкими смесями* были встречены с энтузиазмом, однако до реального использования их человеком еще далеко.

В связи с этим актуальными остаются исследования, направленные на:

– сокращение периодов декомпрессии после пребывания под давлением;

– раннюю диагностику, лечение и профилактику заболеваний, связанных с декомпрессией.

В поисках способов сокращения декомпрессии исследуются *механизмы сатурации* и *десатурации тканей* организма при гипербарии с целью разработки режимов плавной, близкой к физиологической кривой десатурации.

Большое внимание уделяется исследованиям возможностей сокращения периода декомпрессии за счет периодического переключения человека на *дыхание различными инертными газами.*

Представляются актуальными также исследования, направленные на создание аппаратуры, позволяющей следить за ходом индивидуального процесса десатурации с последующей корректировкой режима декомпрессии. Последнее имеет также большое значение для профилактики и ранней диагностики заболеваний, связанных с декомпрессией.

Методы оптимизации реакций организма.

1. Рациональный подбор газовой среды. Как показал *В. П. Николаев,* важнейшие требования, предъявляемые к искусственной дыхательной среде при различных давлениях, – обеспечение нормального снабжения организма кислородом и нормальная плотность, – могут быть выполнены путем создания газовых смесей того или иного состава.

• В отношении *содержания кислорода* вопрос решается сравнительно просто. Обычно стремятся сохранить напряжение этого газа в среде, близким к нормальному, лишь немного увеличивая его с учетом возникающих при высоких давлениях среды нарушений диффузионного процесса. Предлагается, правда, корректировать pO_2 в соответствии с метаболическими потребностями. На основе принципа максимально возможного уменьшения напряжения функций дыхания и кровообращения была создана математическая модель, позволившая вывести оптимальные концентрации вдыхаемого кислорода в газовой смеси для мышечных нагрузок разной мощности. Полученные таким путем величины pO_2 расположились в диапазоне от 0,021 до 0,033 МПа. Более высокое парциальное давление кислорода в среде по расчетам должно выводить показатели легочной вентиляции и гемодинамики из пределов оптимальности. Кроме того, значительная гипероксия (pO_2 выше 0,040-0,050 МПа) при длительных экспозициях оказывает известное токсическое действие.

• И снова приходится возвращаться к одной из сложнейших проблем гипербарической физиологии – затруднениям дыхания вследствие *повышенной плотности дыхательной среды.* Этот барьер к настоящему времени удалось значительно отодвинуть благодаря широкому применению гелиевых смесей. Еще большие преимущества сулит использование в качестве разбавителя кислорода самого легкого газа – водорода. Действительно, при давлении 0,71 МПа человек в условиях дыхания смесью 97 % H_2 и 3 % O_2 мог развить максимальную вентиляцию легких более чем в полтора раза большую, чем при дыхании воздухом.

Существенно облегчалось дыхание водолазов и улучшались их эргономические показатели, как было показано в эксперименте «Гидра-4», при использовании смеси 98 % H_2 и 2 % O_2 (по сравнению с аналогичной гелиокислородной смесью) под давлением 1,3–2,4 МПа. В частности, снижалось усилие, затрачиваемое на создание определенной скорости потока. В результате, например, при давлении 1,3 МПа испытуемые справлялись с 10-минутной работой мощностью до 225 Вт.

• Теоретически водородно-кислородные смеси должны позволить человеку дышать под огромным давлением – 15 МПа, которое соответствует глубине 1500 м вод. ст. Взрывоопасность таких смесей легко устраняется низкими концентрациями кислорода. Однако исследователи встретились здесь с неприятным сюрпризом: неожиданно выраженным оказалось действие *высокого парциального давления водорода на ЦНС.* В экспериментах с мышами, экспонированными в барокамере, заполненной водородно-кислородной смесью, у животных при давлении 6–7 МПа появлялся тремор, а при 10,9 МПа – судороги. У обезьян судороги начинались при давлении около 7 МПа.

Вместе с тем водород проявляет наркотические свойства, которые выражены у данного газа всего лишь примерно в 4 раза слабее, чем у азота. Возможно, именно по этой причине у кроликов при давлении 2,8 МПа водород вызывал снижение не только двигательной, но и дыхательной активности. Человек испытывал наркотическое состояние уже при давлении водородно-кислородной смеси всего 1,5–1,8 МПа: по свидетельству участников эксперимента «Гидра-4», этот эффект напоминал «азотный наркоз», хотя и несколько отличался от последнего – эйфория была «более приятна». Такое действие водорода удается преодолеть лишь путем добавления в дыхательную смесь других компонентов – комбинируя содержание различных газов таким образом, чтобы их неблагоприятные эффекты – наркоз и НСВД – по возможности взаимно компенсировались. Так, при давлении 3 МПа была успешно применена газовая смесь такого состава: 74 % H_2, 24 % He, 2 % O_2. Предлагают, в частности, комбинации нескольких газов – гелия и водорода с неоном и азотом, – позволяющие, кроме того, смягчить неблагоприятное влияние «легких» газов на терморегуляцию организма и разборчивость речи.

• Известно, что вследствие затруднения дыхания и (или) малой чувствительности к *гиперкапническому стимулу* у человека в гипербарической среде зачастую проявляется тенденция к задержке CO_2 в организме. Кроме того, в условиях работы при повышенном давлении с использованием респираторной аппаратуры может повышаться концентрация двуокиси углерода. Вместе с тем гиперкапния значительно усиливает наркотический эффект высокого парциального давления азота, а также токсического действия кислорода, и это может привести к развитию порочного круга, рокового для функции дыхания и чреватого дыхательной недостаточностью. Поэтому меры по возможному предотвращению накопления CO_2 в дыхательной смеси служат неотъемлемым элементом оптимизации гипербарической среды.

• *Устранению одышки* и тем самым повышению работоспособности способствует создание небольшого положительного давления (+10 см вод. ст.) в дыхательных путях. Принципиально новым способом разгрузки дыхательной мускулатуры от тяжелой работы по преодолению сопротивления, обусловленного повышенной плотностью газовой среды, является применение искусственной или вспомогательной вентиляции легких. Пока такой способ в основном находится на стадии экспериментирования. С этой целью для опытов на лабораторных животных разработан специальный поршневой респиратор, осуществляющий вентиляцию через эндотрахеальный катетер, причем газовая смесь в фазу вдоха нагнетается в легкие, а выдох (он в полтора раза длительнее вдоха)

осуществляется пассивно. Теоретически возможно использование и другого способа, основанного на создании колебаний давления в емкости (барокамере или «подводном доме»), где находится человек. Перспективность этого пути весьма вероятна.

• В настоящее время получила развитие идея создания так называемой активной газовой среды, которая стимулировала бы формирование активных адаптивных реакций организма на неблагоприятные условия. В этом плане кажется перспективным использование нестационарной искусственной атмосферы с циклично изменяющимся газовым составом. Можно думать, что исследования, развернувшиеся в этом направлении, помогут в ближайшем будущем решить данную проблему.

2. Дыхательная тренировка. Другим методом повышения толерантности организма к гипербарической среде может быть дыхательная тренировка. В условиях плотной газовой среды уменьшению затрат энергии на вентиляцию в легких способствует переход на медленное и глубокое дыхание. В частности, *И. С. Бреслав* (1975) показал, что обучение такому режиму дыхания позволяет успешно выполнить мышечную работу в условиях значительного сопротивления инспираторным и экспираторным потокам. Подобную тренировку проходят водолазы.

Представляется целесообразной предварительная тренировка к искусственному сопротивлению вдоху. Увеличение работоспособности дыхательных мышц получали и с помощью систематической произвольной гипервентиляции легких, особенно в сочетании с резистивной нагрузкой.

В литературе встречаются сообщения о том, что у профессиональных водолазов дыхание и без какой-либо специальной тренировки медленное и глубокое, что у них значительно больше средние легочные объемы и, наконец, что у них и в нормальных условиях ослаблена реакция дыхания на гиперкапнию – уменьшен наклон кривых (параметр *Sv*) роста вентиляции и окклюзионного давления в ответ на прогрессивное увеличение pCO_2 и повышено пороговое значение pCO_2. В связи с этим у водолазов альвеолярное напряжение двуокиси углерода выше, чем у представителей других профессий – и не только в гипербарической, но и в обычной среде, а при мышечной работе может даже превышать 80 мм рт. ст. Здесь, правда, у некоторых авторов возникает сомнение: не является ли это следствием профессионального отбора людей для работы под водой по каким-то признакам, с которыми указанные особенности связаны? Тем более что, как выяснилось, многие из этих особенностей не коррелируют с водолазным опытом. Предлагалось даже специально отбирать индивидов с уменьшенной реакцией дыхания на физическую нагрузку, поскольку высокий уровень легочной вентиляции в плотной газовой среде, естественно, резко увеличивает энерготраты на работу дыхательных мышц, а снижение усилия, затрачиваемого этими мышцами, уменьшает выраженность одышки.

По другому пути пошли исследователи, в течение 5 месяцев тренировавшие респираторную мускулатуру водолазов с помощью дыхания через добавочное сопротивление (диафрагма с отверстием 8–6,5 мм): тренированные таким способом люди показали в условиях давления гелиокислородной смеси 4,6 МПа более высокие уровни легочной вентиляции, чем нетренированные.

И все же по крайней мере часть функциональных сдвигов в системе дыхания является несомненным результатом систематического воздействия факторов гипербарии. Сюда можно отнести уменьшение максимальных экспираторных потоков с одновременным увеличением форсированной жизненной емкости легких, повышение

силы дыхательных мышц и т. д. Правда, со временем подобные перестройки могут терять свое приспособительное значение и приобретать патологический характер.

Некоторые исследователи наблюдали в ходе пребывания в гипербарической среде повышение максимальной произвольной вентиляции. Это явление частично можно объяснить уменьшением сопротивления дыханию вследствие бронходилятации, рефлекторно наступающей при тяжелой работе и гиперкапнии, а частично – тренировкой дыхательной мускулатуры. В свою очередь, увеличение функционального резерва аппарата дыхания оказывает положительное влияние на работоспособность. Мы упоминали «азотный наркоз» в качестве неблагоприятного фактора, который может усугубить эффекты, связанные с затруднением дыхания из-за повышенной плотности дыхательной среды. При повторных экспозициях влияние этого фактора на физиологические функции удается значительно ослабить: улучшается способность человека к самоконтролю. В условиях использования гелиокислородных дыхательных смесей под высоким давлением водолазы научаются подавлять мышечный тремор. Вместе с тем для работы в таких условиях предлагалось отбирать индивидов, мало подверженных проявлениям нервного синдрома высоких давлений. Кроме того, возбуждающее действие этого синдрома на ЦНС может способствовать повышению активности центрального дыхательного механизма. То же может происходить в начальных стадиях «азотного наркоза». Аналогичное действие могут оказывать факторы неспецифического характера – стрессорное состояние, эмоциональный подъем, сопряженный с пребыванием в необычных условиях, хотя в некоторых случаях те же факторы могут отрицательно сказаться на работоспособности. В этом, надо думать, заключается причина того, что МВЛ обычно оказывается выше расчетной для данной плотности. Сообщалось, что выше расчетной оказывались и максимально выполнимые кратковременные мышечные усилия нагрузки.

Таким образом, профессиональный отбор и соответствующая подготовка человека могут повысить его устойчивость к неблагоприятным эффектам гипербарии.

3.17. Искусственная газовая атмосфера

Нормальная жизнедеятельность и работоспособность человека в условиях космического полета обеспечиваются благодаря использованию **герметических кабин регенерационного типа**, в которых до полета или во время полета устанавливается, а затем на протяжении всего полета поддерживается **искусственная газовая атмосфера (ИГА).** ИГА защищает в полете живые организмы от неблагоприятного влияния космического пространства, и в первую очередь от крайне опасного действия низкого барометрического давления. Одновременно ИГА является источником кислорода, необходимого для дыхания.

Использование ИГА в кабинах космических кораблей ставит перед специалистами – биологами, физиологами, врачами и инженерами – вопрос о том, какой она должна быть, т. е. каким физиолого-гигиеническим и техническим требованиям должна прежде всего удовлетворять? Речь идет о рациональном выборе основных параметров ИГА, таких, как величина общего барометрического давления, ее химический состав: выбор газов-разбавителей, допустимый диапазон колебаний в ней парциального давления кислорода (pO_2), углекислого газа (pCO_2), температуры и других параметров.

Решение этих вопросов и, следовательно, всей проблемы рационального формирования ИГА возможно только при условии учета сложного взаимодействия многих физиологических и технических факторов. В итоге создание рациональной ИГА,

по существу, является определенным компромиссом между медико-биологическим и техническим подходом к этой проблеме. Первый определяет стремление к созданию гигиенических условий, близких к комфортным; второй ограничивает это стремление и требует считаться с трудностями конструктивного порядка: с необходимостью ограничивать вес и габариты аппаратуры, опасностью возникновения взрыва и пожара, а также вероятностью возникновения различных аварийных ситуаций. Последнее обстоятельство приводит к необходимости при формировании ИГА оценивать ее и в случаях нарушения герметичности кабины. Важно также при создании ИГА учитывать и то, что в зависимости от задач полета космонавты могут покидать космический корабль – осуществлять операции вне корабля или на поверхности небесных тел, вокруг которых практически отсутствует атмосфера (Луна), или где она крайне разрежена (Марс), или же, наоборот, имеет весьма высокую плотность (Венера). В таких случаях при создании ИГА следует, по-видимому, принимать во внимание конструктивные особенности (в первую очередь величину давления) скафандра, а также герметических отсеков транспортных средств и жилищ, которыми будут пользоваться космонавты *(В. Б. Малкин,* 1975).

Несмотря на то что отечественные и американские исследователи при создании искусственной газовой атмосферы (ИГА) в космических кораблях руководствовались в значительной степени общими принципами, практически вопрос о формировании ИГА был решен далеко не однозначно.

Отечественные исследователи избрали ИГА, близкую по основным параметрам (давлению и газовому составу) к нормальной земной атмосфере, и тем самым создали для космонавтов при нормальных режимах полета достаточно хорошие условия обитания.

Американские исследователи из-за ряда технических выгод использовали также приемлемую для космонавтов моногазовую ИГА, состоящую из кислорода, под общим давлением 258 мм рт. ст. При этом они, по-видимому, учитывали и удобство использования ее в случаях выхода космонавтов из кабины в скафандрах с низким общим давлением.

Эти ИГА, успешно использованные в полетах, в общем отвечают основным физиологическим принципам формирования ИГА. Они обеспечивают экипажу в полете условия нормального газообмена, не вызывают сколько-нибудь значительного напряжения приспособительных механизмов и поэтому не снижают адаптационного резерва организма.

Как американские, так и российские специалисты продолжают исследовательскую работу по созданию ИГА для космических кораблей. Это свидетельствует о том, что используемые в настоящее время ИГА в свете перспективы полетов большой продолжительности, по-видимому, вряд ли являются оптимальными. В процессе разработки этой проблемы обсуждаются различные варианты ИГА.

Классификация ИГА. Последовательное рассмотрение и оценку различных вариантов ИГА целесообразно провести в соответствии с классификацией ИГА. В ее основу могут быть положены химический состав, физические свойства и основные физиологические характеристики ИГА.

1. С точки зрения **физиологической оценки** ИГА по условиям газообмена и по величине pO_2 и pCO_2 во внутренней среде (кровь, альвеолярный воздух) могут быть эквивалентными нормальной земной атмосфере и не полностью эквивалентными, содержащими некоторый избыток O_2 и CO_2 или дефицит O_2.

2. По **химическому составу** ИГА может состоять только из одного газа (O_2), двух газов – O_2 и какого-либо биологически индифферентного газа, или, наконец, в ее состав, помимо O_2, могут входить несколько индифферентных газов (H_2, He, Ne, Ar).

3. Физические свойства ИГА, помимо того, что они зависят от ее химического состава, зависят еще и от величины барометрического давления, которое также может широко варьировать.

Из сказанного становится очевидным, что число принципиально возможных для практического использования в космических полетах вариантов ИГА достаточно велико. Однако целесообразно ограничить их рассмотрение лишь теми, которые в настоящее время привлекают наибольшее внимание исследователей и были в связи с этим экспериментально изучены в лабораторных опытах, а некоторые из них были уже использованы в полетах *(В. Б. Малкин,* 1975).

Анализ ИГА различного газового состава. Сначала рассмотрим **ИГА, имитирующие нормальную газовую атмосферу Земли.** К ним относятся ИГА, которые в основном состоят тоже из двух газов: O_2 и N_2; содержание других газов в них невелико – порядка 1 %. Следует сразу же заметить, что когда речь идет об имитации нормальной атмосферы Земли в кабинах космических кораблей, то при этом подразумевается создание комфортных условий, установленных гигиенистами для жилых помещений в географических районах, расположенных на уровне моря. Речь идет о воспроизведении хорошо изученных искусственных условий, которые условно мы обозначим термином **«нормальная земная атмосфера»** (НЗА).

Как считают многие специалисты, использование в кабинах наших космических кораблей ИГА, близкой к НЗА, было вполне оправданно, прежде всего в связи с тем, что такая ИГА с биологической точки зрения является наиболее адекватной для человека, исторически адаптировавшегося к ней. В принципе ИГА, близкая к НЗА, может быть использована в длительных космических полетах как один из наиболее надежных вариантов ИГА.

Некоторые исследователи полагают, что, несмотря на приемлемость использования НЗА в качестве ИГА в кабинах космических кораблей, все же в большинстве случаев применение ее нерационально. По этому поводу *О. Г. Газенко* и *А. М. Генин* пишут: «…копирование земной атмосферы неоправданно ограничивает возможность вариаций ИГА, которые могут оказаться целесообразными с точки зрения техники и защиты человека в аварийной обстановке».

В связи с необходимостью при выборе ИГА считаться с весовыми параметрами (чем выше давление ИГА, тем соответственно толще должны быть стенки кабины и больше ее вес), вероятностью возникновения аварийных ситуаций многие исследователи указывают на теневые стороны использования НЗА. Они отмечают, что в случае нарушения герметичности кабины величина перепада барометрического давления будет значительной, что может привести к серьезному повреждающему действию при взрывной декомпрессии. Переход из НЗА в ИГА с низким давлением, например при переходе из одного корабля в другой или при пользовании скафандрами с низким давлением, чреват серьезной опасностью возникновения высотной декомпрессионной болезни. В случаях использования скафандров с низким давлением это может осложнить не только пребывание космонавтов в аварийной ситуации, но и оказать неблагоприятное влияние на выход их в открытый космос и на поверхность небесных тел, практически лишенных или имеющих крайне разреженную атмосферу. Здесь же следует отметить, что некоторые

исследователи указывают на целесообразность использования НЗА в кабинах лишь в ограниченных случаях не только в связи с вероятностью возникновения аварийных ситуаций. Эту точку зрения они аргументируют тем, что сами условия полета большой продолжительности могут приводить к таким функциональным сдвигам в организме (к астенизации – развитию детренированности), при которых комфортные, достаточно стабильные параметры НЗА окажутся уже далеко не оптимальными.

• В связи с вышесказанным исследователи отмечают, что в ряде случаев в кабинах космических кораблей целесообразно использовать **двухкомпонентные ИГА, эквивалентные НЗА, но с более низким барометрическим давлением.**

Максимально допустимое снижение давления ИГА лимитируется величиной порядка 190 мм рт. ст. При этом для сохранения нормального обеспечения организма O_2 в случаях использования столь низких величин давления газовый состав ИГА должен практически состоять только из одного O_2, т. е. газовая среда уже не может быть двухкомпонентной. В связи с этим при рассмотрении ИГА, состоящую из O_2 и N_2, остановимся лишь на четырех диапазонах пониженного давления: 526, 405, 308 и 267 мм рт. ст., соответствующих высотам: 3000, 5000, 7000 и 8000 м.

В работе *Д. И. Иванова* и др. были последовательно апробированы в условиях лабораторного эксперимента три перечисленные выше ИГА с общим давлением 525, 405 и 308 мм рт. ст. Исследования при меньших величинах давления этими авторами не проводились по двум соображениям: необходимости профилактики высотной декомпрессионной болезни (ВДВ), возникновение которой, уже начиная с высот 7500–8000 м, становится реальностью, а также вследствие увеличения возможности пожара в связи с повышенным содержанием O_2 в ИГА.

Результаты этой работы показали, что месячное пребывание испытуемых в условиях ИГА, эквивалентных по O_2 НЗА, при давлениях, соответствующих высотам 3000–7000 м, не оказывает какого-либо неблагоприятного влияния на организм. Об этом можно было прежде всего судить по тому, что все три апробированных варианта ИГА с физиологической точки зрения оказались равноценными. Отмеченные у испытуемых в этом исследовании изменения некоторых физиологических параметров: снижение потребления O_2 на 10–15 %, повышение частоты сердечных сокращений, особенно отчетливое при проведении ортостатической пробы, изменение суточной периодики частотного спектра ЭЭГ, увеличение числа медленных волн в дневное время – не зависели от газового состава и давления ИГА, а были обусловлены влиянием гиподинамии и изменениями режима труда, отдыха и сна.

В дальнейшем эти исследования были продолжены *А. Г. Кузнецовым* и др., которые провели исследования с 2-месячным пребыванием испытуемых в ИГА с общим давлением газов 308 мм рт. ст. При этом у испытуемых также были обнаружены функциональные сдвиги, обусловленные в основном только влиянием гиподинамии. Значительное внимание, которое уделяют исследователи созданию ИГА с общим давлением газов порядка 300 мм рт. ст. и менее, не случайно. Некоторые авторы указывают, что давление 300 мм рт. ст. является оптимальным, так как, будучи еще достаточно высоким, практически надежно предохраняет от возникновения декомпрессионных явлений и поэтому не требует проведения десатурации организма от N_2 при вхождении в ИГА. Оно также удобно и в случаях необходимости использования скафандров с низким давлением, так как практически исключает вероятность возникновения ВДВ, которая может возникнуть только в крайне редких случаях при аварийной разгерметизации в первые

часы полета. Кроме того, с технической точки зрения использование двухкомпонентной ИГА с давлением 300 мм рт. ст. выгодно, поскольку позволяет снизить вес кабины.

• Большинство исследователей полагают, что человек и животные могут нормально жить в **ИГА, лишенных N_2.** Эта точка зрения аргументирована многочисленными экспериментальными данными, свидетельствующими о нормальном развитии беспозвоночных и позвоночных животных в условиях ИГА, в которой азот полностью отсутствует. Виологическая роль N_2 для человека сводится к тому, что он заполняет полости тела, и в первую очередь легкие, и тем самым поддерживает их определенный объем, препятствуя развитию ателектазов.

Эту функцию азота могут, по-видимому, выполнять и другие индифферентные газы, в том числе и гелий – He.

1. ИГА с He. Для утверждения возможности использования He в качестве одного из основных компонентов ИГА необходимы доказательства того, что сам по себе этот газ не оказывает какого-либо неблагоприятного влияния на организм.

Результаты исследований, проведенных на животных, а также с участием человека, в которых азот в условиях нормального и пониженного давления был в ИГА замещен гелием, дают основания считать, что последний не оказывает токсического влияния на организм и так же, как и N_2, является биологически индифферентным газом. Следует лишь упомянуть, что некоторые функциональные сдвиги – увеличение потребления кислорода, снижение количества эритроцитов и гемоглобина и связанное с этим повышение суточного потребления железа, – которые были обнаружены в гелиокислородной среде у кроликов *Гамильтоном* и др., как и изменения устойчивости животных к гипоксии, отмеченные *А. Г. Диановым,* обусловлены, вероятно, теплофизическими свойствами He (*В. Б. Малкин,* 1975).

После того как принципиальная возможность использования He вместо N_2 в ИГА доказана, следует ответить на второй вопрос: насколько целесообразна такая замена?

Авторы, которые указывают на целесообразность использования He вместо N_2 в ИГА, аргументируют свою точку зрения следующими соображениями. Так, согласно данным *М. И. Якобсона, А. Г. Дианова* и *А. Г. Кузнецова,* при использовании He несколько уменьшается вероятность возникновения ВДВ и особенно ее тяжелых форм, которые могут иметь место у космонавтов после перехода их в условия низкого барометрического давления. Это мнение основано, по-видимому, на том, что бунзеновский коэффициент растворимости в жире N_2 примерно в 4 раза выше, чем He. В работах американских исследователей *Берда* и др. было, наоборот, установлено несколько более частое проявление «bends» – мышечно-суставной формы ВДВ у людей, находившихся в ИГА, в которой использовался He. Вопрос же о частоте проявления тяжелых форм ВДВ при использовании ИГА, содержащей He, остается открытым.

Малая растворимость гелия в тканях и высокий коэффициент его диффузии лежат в основе того, как указывают *А. Г. Дианов* и др., что при дыхании кислородом время практически полной десатурации организма от He значительно меньше, чем от N_2. Это уже существенное и бесспорное преимущество использования He в ИГА. В случаях повышения температуры в кабине благодаря высокой теплопроводности He космонавты гораздо лучше будут переносить это воздействие в ИГА, в которой N_2 заменен He.

В такой среде должна также повыситься устойчивость к гиперкапнии, интенсивным физическим нагрузкам и другим воздействиям, приводящим к значительному росту вентиляции. Этот эффект обусловлен тем, что при форсированном дыхании гелиокислородной смесью сопротивление воздухоносных путей в связи с низкой плотностью He сказывается меньше, чем при дыхании воздухом. При нормальном, спокойном дыхании этот эффект практически не проявляется, так как сопротивление воздухоносных путей определяется уже не плотностью, а в основном вязкостью вдыхаемого газа. Вязкость He существенно не отличается от N_2.

Одним из доводов, обосновывающих целесообразность замены азота в ИГА гелием, является высокая устойчивость атома He к действию различных видов радиации. Это выгодно отличает He от N_2. Относительно большой вес N_2 определяет его слабые защитные свойства по отношению к космическому излучению как с точки зрения поглощения первичных нуклонов, так и в отношении образования вторичных частиц. Согласно данным *М. Г. Дмитриева,* под действием ионизирующего излучения в воздухе образуются «возбужденные» атомы и ионы азота. Они вступают в химические реакции с O_2, в результате чего образуются такие токсические соединения, как окись, закись и двуокись азота. Помимо перечисленных соображений, целесообразность замены азота в ИГА гелием обусловлена и с технической точки зрения. Плотность He приблизительно в 7 раз меньше плотности N_2, в связи с чем использование гелиокислородной атмосферы в космических кораблях приводит к снижению стартового веса, а также веса запасов газа, необходимых для восполнения атмосферы корабля. Данное преимущество гелиокислородной ИГА не всегда может в полной мере проявляться в связи с высокой текучестью He. Это является причиной сокращения резервного времени при утечке газов из кабины в случаях замены азота в ИГА гелием, что, несомненно, следует считать отрицательной стороной такой замены. К сказанному следует добавить, что замена азота в ИГА гелием должна также привести к снижению энергии, необходимой для вентиляции кабины. Несмотря на определенные выгоды использования He в ИГА, экспериментальных исследований с участием человека, в которых бы изучался этот вопрос, сравнительно немного. В работах отечественных исследователей была экспериментально изучена ИГА, состоящая из O_2 и He при нормальном барометрическом давлении (1 атм).

Результаты работ этих авторов показали, что пребывание в гелиокислородной среде не вызывает у испытуемых сколько-нибудь существенных изменений самочувствия, поведения и работоспособности. Однако замена азота в ИГА гелием все же сопровождалась некоторыми функциональными сдвигами. Наиболее важными из них были изменения теплообмена, речи и дыхания. Так, пребывание в гелиокислородной ИГА при температурах, являющихся комфортными в условиях обычной воздушной атмосферы (18–24 °С), сопровождалось заметным охлаждением испытуемых. Например, при температуре 21 °С у испытуемых быстро появлялись неприятные теплоощущения. При этом средневзвешенная температура кожи за 2 ч снижалась почти на 2 °С. В гелиокислородной ИГА зона теплового комфорта оказалась заметно сдвинутой в сторону более высоких температур и находилась в дневное время в пределах 24,5-27,5 °С, а ночью в пределах 26–29 °С. При оценке этих данных обращает на себя внимание значительное сужение (на 3 °С) зоны теплового комфорта в гелиокислородной среде по сравнению с аналогичной зоной в воздухе. Как уже отмечалось, этот эффект гелиокислородной атмосферы связан с высокой теплопроводностью He.

Замена азота воздуха гелием привела и к изменению речи испытуемых: в гелиокислородной ИГА спектр речи сдвигался в сторону высоких частот на величину порядка 0,7 октавы. Разборчивость речи при этом несколько ухудшалась, но еще сохранялась на уровне допустимых величин (90–95 %). Сразу после перехода на дыхание

обычным воздухом речевая функция восстанавливалась. Согласно расчетным данным, скорость распространения звука в гелиокислородной среде при давлении в 1 атм и температуре 27 °С в 1,85 раза выше, чем в воздухе. Это и является причиной искажения речи после замены азота воздуха гелием.

Функциональные изменения дыхания в гелиокислородной среде проявлялись в увеличении максимально возможной вентиляции легких, что было обусловлено снижением сопротивления воздухоносных путей. Таким образом, результаты исследований, в которых азот воздуха замещался гелием, показали практическую возможность использования такой ИГА (*В. Б.Малкин,* 1975).

Американские исследователи провели изучение гелиокислородной ИГА с общим давлением 380 мм рт. ст., 360 мм рт. ст. и 258 мм рт. ст.

Анализ результатов этих работ позволяет считать, что длительное (до 56 дней) пребывание в гелиокислородной среде не оказывает неблагоприятного влияния на обмен веществ, дыхание, кровообращение и центральную нервную систему. Отмеченные в этих исследованиях некоторые патологические сдвиги были обусловлены влиянием различных факторов, не связанных непосредственно с заменой азота в ИГА гелием. Так, например, в опытах, проведенных *Цефтом* и сотрудниками, возникновение раздражения слизистой оболочки век – развитие конъюнктивита – было обусловлено низкой влажностью ИГА (давление 380 мм рт. ст.); при повышении влажности эти нарушения исчезали. Снижение ортостатической устойчивости у одного из испытуемых, как и в большинстве исследований в имитаторах кабин, было обусловлено, по-видимому, развитием гиподинамии.

Сухость слизистых оболочек, развитие конъюнктивита, отмеченные у испытуемых при 56-суточном пребывании в гелиокислородной ИГА с общим давлением 258 мм рт. ст. (pO_2 – 175; pHe – 74; cN_2 – 2), также были связаны с низкой влажностью. Жалобы испытуемых на боли в животе и повышенный метеоризм нельзя связывать с наличием He в ИГА. Они были обусловлены, очевидно, другими причинами, возможно неудачным рационом питания. С наличием He в ИГА были связаны в этих исследованиях лишь незначительные искажения речи и изменения температуры кожи при выполнении физических упражнений. Однако эти изменения существенного значения не имеют, так как искажения речи могут быть устранены с помощью соответствующих технических средств, равно как и все неприятные теплоощущения в гелиокислородных средах легко устранимы путем повышения температуры ИГА.

При сравнительной оценке гелиокислородных ИГА с низким давлением следует принимать во внимание, что при медленной утечке газов из кабины резервное время (то время, в течение которого давление снизится до критической величины, определяющей развитие острой гипоксии) у членов экипажа будет тем меньше сравнительно с ИГА, содержащими N_2, чем выше процент содержания He в ИГА. Следовательно, при наиболее низком общем давлении (258 мм рт. ст.) это различие между гелио– и азотно-кислородными ИГА будет уже относительно небольшим.

В заключение следует сказать, что если при подводных погружениях в ряде случаев целесообразность использования He в ИГА доказана, то для ИГА кабин космических летательных аппаратов этот вопрос еще находится в стадии изучения *(В. Б. Малкин,* 1975).

2. Моногазовая (кислородная) ИГА. Вопрос о целесообразности использования чистого кислорода в кабинах высотных летательных аппаратов обсуждался еще до начала Второй мировой войны *В. А. Спасским.* Он полагал, что в гермокабинах высотных самолетов, возможно, будет целесообразно использовать O_2 при давлении порядка 230 мм рт. ст. Спасский считал, что до более низких величин давление не стоит снижать, так как при этом, с одной стороны, значительно возрастает вероятность возникновения ВДВ и высотного метеоризма, с другой – практически будет отсутствовать даже небольшой резерв O_2 в случаях повышенной утечки газа из кабины.

Возможность длительного пребывания животных в моногазовой ИГА, эквивалентной по газообмену НЗА и составленной практически из одного только кислорода ($pN_2 < 10$ мм рт. ст.) с давлением 190–200 мм рт. ст., была доказана работами американских и российских ученых.

В этих работах было установлено, что в условиях моногазовой среды, эквивалентной по O_2 НЗА, у некоторых подопытных животных может развиваться ателектаз легких. Согласно данным *В. Макхаттла* и *С. Рана,* возникновение у мышей ателектаза легких в первые 48 ч пребывания в моногазовой атмосфере явилось причиной гибели некоторых из них, хотя большинство животных без видимых нарушений поведения и каких-либо повреждений пробыли весь срок эксперимента – 59 дней. В дальнейшем в опытах на крысах *Н. А. Агаджанян* и др., *А. М. Генин, С. Г. Жаров* и др. также наблюдали в первые дни пребывания в такой ИГА у некоторых животных развитие ателектазов, которые вскоре исчезали, после чего животные продолжительное время – до 100 суток – сохраняли нормальное физиологическое состояние. Этими авторами было отмечено у животных развитие лишь умеренной дегидратации, которая была обусловлена повышенным испарением жидкости в условиях пониженного (до 200 мм рт. ст.) давления в ИГА.

В работах *Е. П. Хиатта* и др., проведенных на молодых растущих крысах, не было выявлено развития ателектазов и какого-либо другого неблагоприятного влияния моногазовой ИГА (pO_2 – 196 мм рт. ст.). Пребывание в ней в течение 24 дней вызывало у подопытных животных лишь некоторое снижение выделения мочи. Авторы связали этот эффект с повышенной потерей жидкости, обусловленной ростом ее испарения в условиях разреженной атмосферы.

Наиболее обстоятельное изучение возможности длительного пребывания животных в условиях моногазовой среды проведено в США *А. Пепелько,* который для суждения о влиянии моногазовой среды использовал биологический критерий: способность к репродукции. Эксперимент продолжался 11 месяцев. Если учесть, что срок жизни крыс ограничен примерно 2,5 годами, то следует признать длительность этого эксперимента весьма большой. Согласно данным этого автора, моногазовая среда не оказывает какого-либо неблагоприятного влияния на физиологическое состояние и биологию белой крысы. В такой среде у животных нормально протекает беременность и нормально растет и развивается потомство. Единственный загадочный результат этой работы – гибель некоторых рожденных в условиях моногазовой ИГА животных после перевода их через 21 день после рождения в условия НЗА. Можно предположить, что смерть животных в условиях НЗА была обусловлена какими-то побочными факторами, не связанными непосредственно с моногазовой ИГА, в которой они ранее находились.

Оценивая результаты экспериментов на животных, можно сделать заключение о том, что моногазовая среда является биологически приемлемой, хотя пребывание в ней и связано с определенным риском развития ВДВ и ателектаза легких.

Исследования влияния на организм человека ИГА, состоящей в основном из O_2 с общим давлением порядка 190–200 мм рт. ст., проведенные в США *С. Велчем* и сотрудниками, *Д. Морганом* и сотрудниками, а в нашей стране *А. М. Гениным* и *С. Г. Жаровым,* позволили установить, с одной стороны, возможность в случаях необходимости использования такой ИГА, с другой – были отмечены определенные неблагоприятные эффекты, которые могут возникнуть в таких условиях обитания. Так, в работе Велча и сотрудников у одного из испытуемых в среде pO_2 – 176 мм рт. ст. возникли загрудинные боли, которые, возможно, были связаны с развитием ателектазов легких. Воли исчезали при повышении давления ИГА. У некоторых развивался ушной ателектаз, и у всех были отмечены признаки дегидратации.

В исследованиях Д. Моргана и сотрудников у шести испытуемых обнаружены хрипы в легких, у одного – боль в суставе и у двух – небольшое снижение (до 90 %) насыщения артериальной крови кислородом.

В исследованиях, проведенных *А. М. Гениным* и др., длительное (30-суточное) пребывание в моногазовой атмосфере (содержание N_2 в ИГА от 5 до 10 %) испытуемые перенесли хорошо, сохранив на высоком уровне физическую и интеллектуальную работоспособность. У них не было обнаружено ателектазов ни в легких, ни в полости среднего уха. Это, возможно, было обусловлено тем, что испытуемые при исследованиях периодически выполняли физические упражнения. 0пределенное значение могло иметь и то обстоятельство, что содержание N_2 в ИГА было несколько выше, чем в опытах *С. Велча* и *Д. Моргана.* Авторы указали на некоторые отрицательные стороны испытанной ими ИГА. Прежде всего они отметили необходимость длительной десатурации организма от N_2 перед началом эксперимента. Почти во всех случаях, когда время десатурации было меньше 3 ч, переход испытуемых в моногазовую ИГА приводил к появлению у них симптомов.

Исследования с участием людей показали, что при соблюдении определенных условий (предварительной десатурации, профилактики ателектазов легких посредством физических упражнений) моногазовая ИГА с общим давлением 200 мм рт. ст. может быть, по-видимому, использована и в полетах (*В. Б. Малкин,* 1975).

Преимущества моногазовой ИГА

Выгоды определяются с технической стороны тем, что создается возможность упростить и сделать более надежной регуляцию систем жизнеобеспечения, уменьшить вес самой ИГА и кабины. Преимуществом такой ИГА является и то, что низкое давление снижает вероятность повреждений организма в случае взрывной декомпрессии; значительно упрощается и проблема использования скафандров с низким давлением.

Недостатки моногазовой ИГА

В то же время моногазовая ИГА имеет ряд серьезных теневых сторон. К ним следует отнести повышение пожарной опасности, которая резко возрастает в моногазовой ИГА. Последнее обусловлено прежде всего отсутствием в ИГА газов-разбавителей (N_2, He, Ne), снижающих скорость горения различных материалов. Большая опасность возникновения пожара определяет необходимость ограничить использование некоторых материалов в кабине и предъявляет высокие требования к пожарной безопасности. Вторым серьезным недостатком моногазовой ИГА с давлением 200 мм рт. ст. является почти полное отсутствие «резерва времени» в случаях повышенной утечки газов из кабины. Падение давления на 70–80 мм рт. ст. представляет уже большую опасность для

членов экипажа. К недостаткам рассматриваемой ИГА следует отнести также необходимость длительной десатурации от N_2 на старте и, наконец, возможность развития ателектазов легких, среднего уха, а также быстрое развитие дегидратации организма в случаях снижения содержания влаги в ИГА.

Детально исследованная американскими специалистами моногазовая ИГА с общим давлением 258 мм рт. ст. успешно апробирована в полетах длительностью до 2 недель. Перспектива ее дальнейшего использования в полетах большей продолжительности является предметом дискуссии (*В. Б. Малкин,* 1975).

Глава 4. Социальная адаптация

Дуализм человеческого существа проявляется в физическом и духовном аспектах его существования, в биологическом и социальном аспектах его бытия.

В. И. Вернадский

4.1. Адаптация к антропогенным факторам среды

С развитием науки и техники, ускорением процессов индустриализации и урбанизации влияние человека на окружающую среду многократно возросло. Будучи неотъемлемой частью этой среды, человек подвергается воздействию различных экологических факторов (таких как свет, температура, атмосферное давление и др.), к которым у него в процессе эволюции выработались соответствующие адаптации. Но ввиду усиливающегося прессинга человека на природную среду и ее изменение на сцену вышли новые факторы, созданные деятельностью самого человека. К ним он тоже должен приспосабливаться, чтобы выжить в быстро меняющихся условиях окружающей среды.

Антропогенные факторы среды возникают в результате хозяйственной деятельности человека. Чаще всего под ними понимают различные виды загрязнений окружающей среды, поскольку они имеют довольно отчетливые проявления в изменении функционального состояния организма. Так, при превышении предельно допустимых концентраций химических веществ в атмосфере в полтора раза регистрируют достоверные сдвиги иммунологических, биохимических и физиологических параметров, а при двух-, трехкратном превышении предельно допустимых норм отмечают статистически значимые сдвиги показателей острой заболеваемости. Кроме того, данные многих исследований свидетельствуют о связи различных заболеваний даже с незначительным загрязнением окружающей среды.

Например, выявлена зависимость между заболеваниями нервной системы и органов чувств и содержанием в воздухе угольной пыли, нарушениями зрения и концентрацией соединений фтора, наличием окиси марганца и аллергическими заболеваниями. Следует отметить, что химическое воздействие, обусловленное массовым загрязнением природной среды продуктами хозяйственной деятельности человека, является наиболее распространенной формой антропогенного воздействия.

Хотя наиболее высокий уровень загрязнений характерен для начальных стадий урбанизации и индустриализации, а принимаемые природоохранные меры во многих странах несколько улучшили ситуацию, увеличение бытовых загрязнений (в частности, из-за использования газа в бытовой технике для отопления, приготовления пищи повысился выброс вредных соединений, таких как NO_2 и др.) и подверженность действию

вредных веществ на рабочем месте (от одной трети до половины всех работающих в мире трудятся в условиях высокого содержания пыли и дыма в воздухе) способствуют развитию хронических заболеваний дыхательных путей.

Учащаясь вместе с загрязнением, заболевания приобретают особое значение. Они становятся фактором отбора. Результаты исследований указывают на значительное давление окружающей среды на загрязненных территориях в отношении генотипов с заболеваниями органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, онкологическими заболеваниями, при том что на менее загрязненных территориях уровень биологической приспособленности населения остается выше. Однако эти же исследования показали, что жители самого загрязненного района оказались наиболее устойчивыми к воздействию окружающей среды. Этот факт объясняют тем, что в результате генетико-демографических процессов у населения, проживающего на более загрязненной территории, расширился **диапазон адаптивной нормы.** То есть можно говорить об имеющем место процессе приспособления к условиям окружающей среды. Приспосабливаясь, человек напрягает свои адаптационные механизмы, что ведет к истощению физиологических резервов, перенапряжению и сбоям этих механизмов. В целом ухудшение экологической ситуации приводит к выраженному напряжению демографических процессов, увеличению интенсивности миграции населения, неблагоприятным изменениям состояния здоровья всей популяции, проживающей в данных условиях.

Здоровье можно также рассматривать не только как отсутствие какой-либо патологии, но и как способность человека быстро адаптироваться к непрерывно меняющимся условиям окружающей среды для обеспечения оптимального выполнения его биологических и социальных функций. Здоровье индивида и отдельных групп населения зависит от совокупного воздействия на них разнообразных факторов природной и социальной среды, которое реализуется через физиологические, биохимические и биофизические механизмы регуляции и отражается на психофизиологическом статусе человека. Антропоэкологическое воздействие приводит к напряжению и следующему за ним утомлению организма вследствие нарушения нормального функционирования регуляторных и гомеостатических систем и исчерпания их ресурсов. В ответ на утомление происходит направленная компенсация – перераспределение резервных функций организма.

Таким образом, можно заключить, что на современном этапе развития человеческого общества загрязнение становится одним из ведущих факторов изменений природы, а вместе с ней и самого человека. В связи с этим проблемам антропогенных загрязнений и путям их предотвращения уделяется большое внимание.

1. Бурное развитие промышленности, урбанизация и интенсивная хозяйственная деятельность человека привели к масштабному **загрязнению окружающей среды.** Потребляя из окружающей среды вещества и энергию для своей жизнедеятельности, человек возвращает их обратно в преобразованном виде, тем самым вмешиваясь и изменяя естественные биосферные круговороты веществ. Так, ежегодное количество промышленных, транспортных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых выбросов оценивается более чем в 600 млн т. С ними в окружающую среду попадает огромное количество химических соединений. В зависимости от свойств и условий среды химические вещества транспортируются в ней, трансформируются и разлагаются или аккумулируются, поскольку не могут быть утилизированы. Первичные токсичные элементы (ртуть, мышьяк, селен, хром), используемые в технологических процессах, и вторичные токсические соединения на основе азота, серы и некоторых других элементов,

появляющиеся в результате сжигания и переработки отдельных видов промышленного сырья и отходов, загрязняют почвенно-растительный слой и, кроме того, могут аккумулироваться в растениях. Такое накопление вредных веществ в почве, тканях растений и животных, а соответственно и в пище людей является очень опасным, особенно с учетом того факта, что человек в большинстве случаев занимает высшее звено в пищевых цепях. Миграция антропогенных загрязнений по неразрывным природным цепям способствует быстрому распространению и проникновению загрязняющих веществ во все компоненты окружающей среды. Таким образом, загрязнению подвержены все основные среды жизни.

2. **Загрязнению почвы** способствовали рост крупного промышленного производства, металлургии, добычи и переработки полезных ископаемых, развитие топливной энергетики, транспорта, нефтехимической промышленности. Нерациональное ведение сельского хозяйства, вынуждающее применять чрезмерное количество пестицидов, удобрений и других химикатов, также внесло свой вклад в загрязнение, изменило концентрацию микроэлементов в почве. Среди основных загрязнителей почвенной среды указывают на тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды. Тяжелые металлы и радионуклиды представляют особой проблему, так как они характеризуются низкой миграционной способностью и могут образовывать комплексные и внутрикомплексные соединения с органическими веществами гумусовой и негумусовой природы. Поведение пестицидов в почве сложно и различно из-за их большого разнообразия. Для большинства из них почва служит накопительным резервуаром. Остатки пестицидов могут накапливаться в почвенных организмах, как и тяжелые металлы, далее по пищевым цепям попадать в растения, зерновые культуры, в организм животных и человека.

3. Основными источниками **загрязнения воды** являются отходы промышленных предприятий, бытовые сточные воды, а также нефтепродукты и токсиканты. Основными загрязняющими веществами считают белки и продукты их гниения (индол, скатол), сахарозу (продукт целлюлозно-бумажной промышленности), синтетические детергенты, кислоты, щелочи, свинец, ртуть. Загрязняют водную среду и пестициды в результате утечки с производств и смыва с полей. Такое влияние на пресную воду приводит к эвтрофированию водоемов (цветению воды) и соответственно увеличению количества бактерий, общей деградации и непригодности воды для употребления. Поэтому в ряде стран уже ощущается недостаток в пресной воде.

4. Одной из наиболее острых проблем, особенно в индустриальных центрах, стало **загрязнение воздушной среды.** Так, ежегодно в атмосферу выбрасывается более 220 млн т загрязняющих веществ. В больших городах атмосфера загрязнена частичками пыли, песка, дыма, копоти. Среди наиболее вредных химических поллютантов указываются окислы серы (SO_2, SO_3), азота (NO_3, NO_2), окись углерода (CO), сероводород, озон, свинец, относящиеся к наиболее распространенным факторам риска на городских территориях, а также некоторые другие вещества – ароматические амины, органические спирты, соли тяжелых металлов, являющиеся экологически значимыми в формировании патологий городского населения. Источниками атмосферных загрязнений являются промышленные предприятия, коммунально-бытовой сектор, автомобильный транспорт.

Загрязнение воздуха, почвы и вод не может не сказаться на состоянии организма человека, взаимодействующего с этими средами.

Факторы окружающей среды, воздействующие на человека, можно рассматривать как стимулы, на действие которых организм отвечает реакцией. В большинстве случаев

общие физиологические реакции организма человека на загрязнение окружающей среды рассматриваются либо с учетом комплексного воздействия различных факторов, либо как ответ организма на действие определенных химических веществ.

5. Влияние на организм вредных веществ. Начальные стадии воздействия чужеродных веществ (ксенобиотиков) довольно хорошо известны. Проникая в организм, ксенобиотики активно адсорбируются на поверхности клеток, транспортируются через клеточные мембраны, а затем аккумулируются в разных органах и тканях, оказывая воздействие на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях. При непосредственном воздействии на организм токсичных веществ, содержащихся в воздухе, общую цепь событий можно представить следующим образом.

• Попадание веществ в организм приводит к мобилизации дыхательной системы, обеспечивающей активное выведение химических веществ.

Продукты сгорания и выбросы выделяются в атмосферу в виде частиц и суспензий. В момент вдоха загрязняющие вещества поступают в организм через рот и нос. Газы (SO_2, NO_2, O_3, CO), чем менее растворимы, тем глубже проникают в организм. Некоторые газы (SO_2) адсорбируются на пылевых частицах и с ними попадают в дыхательные пути. Глубина проникновения твердых частиц зависит от их размера. Так, частицы пыли (более 10 мкм) задерживаются в полости носа и верхних дыхательных путях, а частицы размером от 3 до 10 мкм осаждаются на уровне трахеи и бронхов, еще более мелкие частицы достигают легочных альвеол. Эти частицы приводят к нарушению респираторных функций, поскольку вызывают раздражение слизистых верхних дыхательных путей и бронхов. Раздражение может спровоцировать выброс гистаминов, что, в свою очередь, приводит к сужению бронхов.

Одним из основных факторов физиологических сдвигов и структурных изменений в легких считают *серную кислоту* (H_2SO_4). Полагают, что *кислые аэрозоли* осложняют функционирование дыхательных путей за счет ослабления буферных свойств слизи и абсорбции ею иона H^+. Закисление слизи, содержащей большие концентрации белков (и гликопротеидов), приводит к повышению ее вязкости, что влияет на функции легких. После насыщения слизи ионы H^+ реагируют с эпителием, повышая его проницаемость, что делает эпителий более чувствительным к воздействию инфекции. Суспензии твердых частиц, попадающие в глубокие отделы легких, оказывают цитотоксический эффект в системе аэроэпителиального барьера, вызывают гипоксию из-за образования HbCO, к которой наиболее чувствительны сердце и головной мозг. Влияние H_2SO_4 усиливается присутствием в атмосферном воздухе таких веществ, как SO_2, NO_2, O_3. Так, H_2SO_4 вместе с SO_2 могут быстрее вызывать бронхоспазм и ухудшать проходимость дыхательных путей.

Неблагоприятный эффект на состояние здоровья человека оказывает и *озон* (O_3), образующийся в нижних слоях атмосферы под влиянием солнечного излучения из оксидов азота и углеводородов, выбрасываемых автотранспортом и промышленностью. Есть данные о том, что озон в концентрациях 400–500 частиц на миллиард вызывает воспалительные процессы, поражает слизистые дыхательных путей, что также ослабляет дыхательную функцию легких.

Вредные воздействия оказывают и другие загрязнители воздуха. Так, *полициклические ароматические углеводороды* способствуют развитию астматических приступов, отека легких, связывают гемоглобин в крови. Помимо этого, они оказывают мутагенное и канцерогенное действие на организм. *Свинец и его производные,* проникая в

кровь и костную ткань, включаются в процессы обмена и приводят к нарушению внутренней среды организма. Из-за сходства механизмов отложения и переноса они влияют на внутриклеточные процессы, опосредованные ионами кальция. Кроме того, свинец понижает активность альвеолярных макрофагов легких и таким образом снижает защитные функции; вызывает функциональные половые расстройства, нарушая синтез и транспорт половых гормонов.

• Если же концентрация воздействующих на организм химических веществ увеличивается, активация защитных механизмов происходит на фоне стресс-реализующей реакции адреналовой системы, а затем и без ее мобилизации. Следует отметить, что данные реакции организма на воздействие химических веществ изучались в условиях помещений, поэтому подобные изменения в организме людей, живущих на загрязненных территориях, выражены гораздо слабее, поскольку в атмосфере загрязняющие вещества рассеяны и их действие может зависеть от различных погодных условий и климатических факторов.

• Общее воздействие загрязненного атмосферного воздуха проявляется в снижении неспецифической (клеточной и гуморальной) резистентности организма, ослаблении структурной целостности барьерных эпителиальных тканей из-за нарушения межклеточных контактов. Такое снижение защитных свойств организма ввиду угнетения иммунной системы и дезорганизации пограничных эпителиев влечет за собой нарушение взаимоотношений с микроокружением (микроорганизмами), что, в свою очередь, усиливает биологические факторы риска. В связи с этим не вызывают удивления данные о росте заболеваемости на загрязненных территориях. Так, выявлена тесная зависимость между хроническим воспалением миндалин и загрязненностью воздуха (особенно в присутствии NO_2 и CO); существует корреляция между врожденными аномалиями сосудов (и/или) сердца и содержанием *пыли,* SO_2*, фенола.*

• Находящиеся в воздухе, растительном покрове и почвенном слое *тяжелые металлы* проникают в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу. При этом они могут накапливаться в тканях организма, например в фиброцитах. Это приводит к снижению эффективности защитных систем организма и нарушениям функций ферментных систем. Тяжелые металлы блокируют сульфо-гидрильные группы более 100 ферментов, наиболее существенно поражая ферменты, участвующие в энергетическом обмене. Такое блокирование сульфогидрильных групп приводит к деформации липопротеидного каркаса мембран клеток и как следствие – к нарушению гормональной регуляции из-за невозможности рецепции гормонов мембранами. Таким образом, развиваются различные аномальные и даже патологические состояния. Так, при очень высоком уровне поступления в организм *железа, меди, цинка, кобальта, хрома* кости становятся хрупкими, происходят болезненные изменения коронарных сосудов. Избыток *никеля* и *кадмия* способствует появлению кожных заболеваний и злокачественных новообразований. Помимо этого, кадмий, накапливаясь в почках, вызывает потерю организмом кальция, т. е. приводит к изменению обмена минеральных веществ. Наряду с этим имеются данные о наличии тесной связи между содержанием тяжелых металлов в объектах окружающей среды и частотой аллергических заболеваний, поскольку тяжелые металлы, например хром, поступая в организм человека даже в минимальных концентрациях, оказывают иммунотропное влияние, на фоне которого происходит перестройка иммунной системы и формирование условий для развития гиперчувствительности к другим аллергенам.

• Не менее опасные изменения могут вызывать и другие накапливающиеся в почве вредные вещества, особенно при их большом содержании. Так, по некоторым оценкам,

ежегодно в мире от отравлений *пестицидами* страдает до 1 млн человек. Острые отравления некоторыми пестицидами (фосфорорганическими, карбонатными) могут проявляться в изменениях со стороны деятельности центральной нервной системы, свидетельствующих об угнетении холинэстеразы в рецепторах. Превышение предельно допустимых концентраций нитратов и нитрозосоединений в почве отдельных районов служит причиной развития метгемоглобинемии.

• Попадая в воду, *азотистые соединения* превращаются в канцерогенные N-нитрозамины, повышение содержания которых в воде, вместе с другими токсикантами, служит причиной роста онкологических заболеваний. В общем, с антропогенным загрязнением водной среды, особенно источников пресной воды, связывают возможности как специфического, так и неспецифического влияния вод на состояние здоровья человека, которое нередко выражается в снижении защитных функций организма к воздействиям физических и биологических факторов, а также в развитии аллергических состояний.

В заключение следует отметить, что вышеописанные изменения в организме могут иметь разную степень проявления в зависимости от общего комплекса факторов, действующих на человека в данных условиях. Коль скоро эти факторы и степень их влияния различны на разных территориях (в городских агломерациях, небольших поселках, деревнях и т. д.), то и адаптивные изменения везде будут иметь свои особенности.

4.2. Адаптация к городским и сельским условиям

Городская среда. Рост численности населения, развитие промышленности, науки и техники привели к значительной концентрации населения на отдельных территориях. Многие когда-то незначительные поселения превратились в мегаполисы с сильно измененными условиями среды обитания. Учитывая большую концентрацию людей на ограниченном пространстве, создается ряд биологически и социально аномальных условий существования человека.

Так, в условиях крупных городов имеют место **частичная изоляция от экологически значимых факторов окружающей среды** (смены освещенности, перепадов температур, изменений магнитного поля Земли, солнечных воздействий) и **создание искусственных условий существования** (поддержание определенных температурных условий в помещениях, освещение лампами дневного света и т. п.), которые вызывают частичный сенсорный голод в сочетании с информационной перегрузкой. В узком диапазоне частот оказываются перегруженными слуховой и зрительный анализаторы, при этом поле зрения обычно ограничено, а информационный поток монотонен и поступает со скоростью, часто превышающей способность восприятия. Наряду с этим характерна недогрузка вкусового, тактильного, обонятельного и температурного анализаторов.

Созданные искусственно условия обитания сказываются на функционировании и изменениях состояния различных систем организма. *Высокая комнатная температура* в сочетании с относительно *низкой влажностью* сушит слизистую носа и тем самым снижает ее защитные свойства, способствует нарушению ионного равновесия с преобладанием положительных ионов, которые заставляют тромбоциты крови высвобождать серотонин – вещество гормональной природы, считающееся пусковым механизмом болезненных состояний.

Десинхронизация. В городских условиях нарушена естественная синхронизация светового дня и активности человека. Она сдвинута в сторону темной части суток. Несоответствие между суточными фазами интенсивности поглощения кислорода и его потребностью при напряженной работе может быть одной из причин возникновения гипоксических состояний и дегенеративных заболеваний. Поскольку суточная десинхронизация физиологических процессов требует напряжения адаптационных механизмов, происходит истощение приспособительных возможностей организма.

Двигательный режим городских жителей построен так, что периоды гиподинамии сменяются интенсивными пиковыми нагрузками, которые способны привести сердечно-сосудистую систему к декомпенсированному состоянию.

Таким образом, неравномерная загрузка анализаторов, нарушение естественных биологических ритмов, неравномерное изменение, большей частью снижение двигательной активности вызывают нарушение координации вегетативных функций, что лежит в основе повышения заболеваемости.

На распространенность и рост в городах болезней, особенно неспецифических хронических заболеваний органов дыхания, аллергических заболеваний, болезней эндокринной системы, нервной системы, желудочно-кишечного тракта, влияет *загрязненность атмосферного воздуха.* Причем большое воздействие на организм оказывает кумулятивный эффект поллютантов. Например, CO и NO_2, CO и серный ангидрид, CO и SO_2 вместе дают более выраженный гипотензивный эффект, чем каждый в отдельности, а в сочетании с некоторыми физическими факторами, такими как шум, электромагнитные излучения, они могут вызывать брадикардию, ухудшение функций внешнего дыхания и системы кровообращения. В целом загрязнение атмосферного воздуха в городах оксидом углерода, сернистым газом, оксидами азота, сероуглеродом, формальдегидом и другими взвешенными веществами в сочетании с некоторыми физическими факторами (городской шум, электромагнитные поля коротковолнового и ультракоротковолнового диапазона) оказывает на население неблагоприятное воздействие, проявляющееся в снижении артериального давления, уменьшении систолического и минутного объема кровообращения, снижении показателей жизненной емкости легких, увеличении частоты дыхания, снижении умственной работоспособности.

Обращает на себя внимание и *психосоциальная адаптация* к городским условиям. Невозможность реализации естественных желаний и мотивов из-за строгой регламентации образа жизни ведет к перенапряжению тормозных процессов, их истощению и нервным срывам, которые сказываются и на функционировании других систем организма. Исследования показывают, что частота заболеваний сердечно-сосудистой системы, а также значения показателей кровеносной системы (частота сердечных сокращений после физической нагрузки, показатель гематокрита, диастолическое артериальное давление) относительно массы тела и жизненной емкости легких всегда выше у жителей более индустриально развитых территорий.

Сельская местность. По сравнению с жителями промышленных регионов население сельской местности оказывается в относительно более благополучном экологическом положении. Сельская местность в гораздо большей степени сохраняет особенности естественного ландшафта с его микроклиматическими условиями и в настоящее время часто служит последним пристанищем для остатков дикой флоры и фауны. Поэтому влияние факторов измененной природной среды на человека в сельских условиях во много раз слабее, чем в городских.

В отличие от города информационный поток поступает через различные анализаторные системы (зрительную, слуховую, обонятельную, тактильную), не перенагружая какую-либо одну из них. При этом не слишком быстрая скорость поступления информации обеспечивает ее нормальное восприятие, а сама информация большей частью нейтральна или эмоционально положительна.

Традиционный уклад и образ жизни в сельских районах также откладывает определенный отпечаток на состояние организма. Сельские жители в большей степени согласовывают свою активность со светлыми периодами суток в течение года. Начало трудовой деятельности приурочено к началу светового дня. В более светлые, длиннодневные летние месяцы трудовая активность выше, чем в более короткодневные зимние месяцы.

Образ жизни сельских жителей, часто характеризующийся неудовлетворительными коммунально-бытовыми условиями, предопределяет постоянное присутствие физического труда, что препятствует развитию гиподинамии и других болезненных состояний. Таким образом, несмотря на негативное влияние некоторых факторов, как, например, чрезмерное использование пестицидов, гербицидов, удобрений в сельском хозяйстве, значительные физические нагрузки, несоблюдение многих санитарно-гигиенических норм, в областях с традиционным жизненным укладом стабильная, медленно и предсказуемо меняющаяся структура общества защищает его членов от разных форм «социального» стресса.

Миграции. В то же время усиливающаяся из-за ухудшения социально-экономической ситуации в сельских регионах миграция населения в города означает для мигрантов практически полный и быстрый разрыв с привычной средой обитания, который создает для новоселов из сельской местности стрессовую ситуацию, вызывающую постоянное перенапряжение индивидуальных механизмов адаптации. Это, в свою очередь, затрудняет социальную интеграцию, а также выражается в негативных последствиях для организма, которые могут привести и к неблагоприятным соматическим изменениям.

Изменения отражаются не только на индивидуальном, но и на популяционном уровне. Отличные от групп с традиционным укладом, процессы роста, развития и воспроизводства населения большого города ведут к дестабилизации урбопопуляции, проявляющейся в ухудшении физического развития молодежи, акселерации роста и развития, росте заболеваемости и увеличении наследственных заболеваний. Однако коренное население больших городов характеризуется выраженной морфологической специфичностью и большой межгрупповой изменчивостью, что свидетельствует о достаточной стабильности его генетической структуры. При этом генетическая компонента становится ведущей в формировании структуры населения. Это подтверждается некоторыми исследованиями, обнаружившими высокие показатели селективного действия отбора против лиц, страдающих сердечно-сосудистыми, онкологическими и легочными заболеваниями. Данные этих исследований показывают, что на более жесткое давление среды население отвечает усилением внутренней скорости естественного роста и чистотой репродуктивной скорости, что связано с необходимостью сохранения структуры популяции.

Тем не менее существует мнение, что демографические процессы свидетельствуют об исчерпании адаптационного потенциала жителей регионов с высокой плотностью населения и концентрацией промышленных предприятий.

4.3. Проблема стресса

4.3.1. Современные представления о механизмах стресса

Концепцию стресса (и само это понятие) разработал и ввел в науку *Г. Селье* [58], он же отразил и двоякую природу этого феномена: «Стресс – это аромат и вкус жизни, и избежать его может лишь тот, кто ничего не делает». В настоящее время существует довольно большой объем теоретических и экспериментальных данных, посвященных механизмам эмоционального стресса. Современные взгляды на психофизиологические механизмы стресса отражены в фундаментальных работах *Т. Кокса* (1981), *Дж. С. Эверли* (1985), *Л. А. Китаева-Смыка* (1983), *Л. М. Аболина* (1987), *А. И. Робу* (1989), *Ф. З. Меерсона* (1988) и др.

С каких бы позиций (биохимических, физиологических, патофизиологических, психофизиологических, психологических) ни объяснялись эти механизмы, центральным звеном являются вопросы нервной и гуморальной регуляции стресса (рис. 4.1).

Рис. 4.1. Система стрессовых реакций *(по: Д. Эберт, 1999)*

По одной из моделей, разработанной *Г. И. Кассилем* (1983): «Каждое сильное и сверхсильное воздействие на организм, возбуждая кору и лимбико-ретикулярную систему головного мозга, вызывает освобождение норадреналина из связанной клетками гипоталамуса формы. Действуя на адренореактивные элементы ретикулярной формации, норадреналин активирует симпатические центры головного мозга и тем самым возбуждает симпатоадреналовую систему. Мобилизация нервных элементов симпатоадреналовой системы ведет к нарастанию во внутренней среде норадреналина. Накопляясь в крови, адреналин через гематоэнцефалический барьер поступает в адренореактивные элементы заднего гипоталамуса. Поступление адреналина в гипоталамус ведет к активации системы гипоталамус– гипофиз – кора надпочечников через адренэргические элементы ретикулярной формации и стимулирует образование кортикотропинрелизинг-фактора, следствием чего являются образование в гипофизе адренокортикотропного гормона (АКТГ) и выброс кортикостероидов в кровь».

• Вместе с тем, согласно данным *А. И. Робу* (1989), задействованный стрессом кортиколиберин (КРГ) инициирует синтез и высвобождение не одного АКТГ, а и прогормона предшественника – проопиомеланокортина, содержащего, помимо АКТГ, ряд гипофизарных пептидов, таких как меланотропины (МСГ) и эндорфины. Последние, помимо сугубо специфических эффектов (меланоформного – для МСГ и опиатного – для эндорфина), модулируют процесс стероидогенеза, что делает их причастными не только к инициации и формированию клинической картины стресса, но, что вполне вероятно, к длительности ее отдельных фаз. Рассмотренные реакции гормональных изменений расцениваются как эффективное звено и не могут быть использованы для углубленного понимания интимных механизмов стресса.

Формирование стрессовых состояний. Основную роль в этих процессах играют следующие *нейрогуморальные подсистемы:* адрено-медуллярная, питуитарно-тиреоидная, питуитарно-адренокортикальная, питуитарно-гонадная, вагоинсулиновая, соматотропная.

Эндокринные комплексы при стрессе вступают в сложные взаимоотношения как «по вертикали», так и «по горизонтали». Существует целый ряд возможных вариантов ответов гипофиз-адреналовой и тиреоидной эндокринных «осей» на стрессоры различной природы, интенсивности и длительности действия, зависящих от степени включения медиаторных систем опиоидных рецепторов. Развитие стрессовой реакции и ее исход во многом предопределяются оптимальным взаимодействием либеринов и статинов на гипоталамическом уровне, семейства тропинов – на гипофизарном, гормонов желез-мишеней – на тканево-рецепторном. При этом существенно затрагивается механизм обратной связи в гормональной регуляции.

На связь нейрофизиологических механизмов стресса с механизмами возникновения *отрицательных эмоций* указывают многие авторы, функционально объединяя их с лимбической системой мозга и гипоталамусом. Эти структуры, в свою очередь, функционально взаимосвязаны с корой и ретикулярным образованием, и поэтому трудно с точностью указать, какая структура ответственна за тот или другой вид поведения.

Участие в формировании стрессовых реакций нервной регуляции делает актуальным вопрос о том, как реализуются при стрессе типологические особенности ЦНС.

Прогноз адаптации к стрессу по данным типологических особенностей высшей нервной деятельности не однозначен. Разные виды экстремальных воздействий предъявляют повышенные требования к разным типологическим свойствам высшей нервной деятельности. В зависимости от того, требуется ли испытуемому высокий темп деятельности, максимальная точность реакции, состояние постоянной готовности к экстренному действию, реакция на сверхсильный раздражитель и т. д., в адаптации к стрессу задействуются те или иные свойства высшей нервной деятельности и та или иная настройка вегетативной нервной системы.

Во многом развитие стрессовой реакции обусловлено *природой стрессора.* Природа стрессора, как правило, и определяет терминологическую характеристику стресса (эмоционального, физического, мотивационного, информационного, операционного, интеллектуального, акустического, холодового и т. п.). Вместе с тем, несмотря на некоторые различия в механизмах развития, общие последствия стресс-реакций при воздействии разных стрессоров в виде физических (соматических) и психосоциальных (эмоциональных) сдвигов могут быть едиными.

4.3.2. Стрессовая устойчивость

Наличие стрессора может и не привести к развитию стрессовой реакции (**острой, хронической**). У многих людей к некоторым стрессорам существует стойкий психосоматический «иммунитет», детерминированный биохимическими, физиологическими и психологическими особенностями организма. При этом люди, обладающие хорошей сопротивляемостью к острому стрессорному воздействию, могут плохо адаптироваться к хроническим стрессогенным условиям, и наоборот. Следует отметить, что устойчивость по крайней мере к некоторым стрессорам определяется генетическими факторами.

Исследования нейрохимических механизмов эмоционального стресса, посвященные стрессируемости, или индивидуальной устойчивости людей к стрессу, показали следующее. В основе центральных механизмов, определяющих устойчивость к стрессирующим воздействиям, лежит *специфическая организация молекулярных и нейрохимических свойств нейронов эмоциогенных структур.* В частности, субъекты с

повышенным исходным содержанием в лимбико-ретикулярных структурах мозга опиоидных пептидов, норадреналина, субстанции Р проявляют большую устойчивость к эмоциональному стрессу по сравнению с такими, у которых содержание этих веществ в лимбико-ретикулярных структурах снижено.

Устойчивость к стрессу зависит и от индивидуальной реактивности вегетативной нервной системы. Одной из предпосылок противостояния эмоциональному стрессу является присущая некоторым людям высокая *эмоционально-волевая устойчивость*. Обладая таким свойством, представители ряда профессий (летчики, моряки, спасатели, спортсмены высокого класса и др.) испытывают стрессовое состояние позже других, а преодолевают его быстрее. Напротив, наличие низкой эмоциональной устойчивости, повышенной эмоциональной возбудимости способствует развитию негативных проявлений стресса (возникновению дистресса).

Индивидуальная устойчивость к стрессу зависит и от порога фрустрации. Фрустрация (от лат. frustratio – обман, расстройство, разрушение планов) – состояние, вызываемое объективно непреодолимыми (или субъективно так воспринимаемыми) трудностями, возникающими на пути к достижению значимой для человека цели. Фрустрация сопровождается целой гаммой отрицательных эмоций, дезорганизующе влияющих на личность. Уровень фрустрации зависит от силы и интенсивности воздействующего фактора, состояния человека и сложившихся у него форм реагирования на жизненные трудности. Особенно часто источником фрустрации выступает отрицательная социальная оценка, затрагивающая отношения личности. Устойчивость человека к фрустрирующим факторам или порог фрустрации зависит от степени его эмоциональной возбудимости, типа темперамента, опыта взаимодействия с такими факторами.

4.3.3. Адаптация к стрессовым условиям

Изучению адаптации человека к стрессорам в последнее десятилетие уделяется большое внимание. Это связано, в частности, с увеличением числа экстремальных ситуаций как природного, так и социального происхождения. При этом все большее место занимают не только острые стрессовые ситуации, но и хронические стрессовые влияния, оставляющие после себя значительные последствия. Такие экстремальные ситуации требуют от человека долгосрочной адаптации, создания новых или модифицированных форм существования. Изучение особенностей приспособляемости человека к хроническим стрессовым воздействиям особенно важно, поскольку они захватывают обычно большие регионы и значительные массы населения. По мнению некоторых исследователей, хронические посттравматические стрессовые расстройства, по-видимому, встречаются значительно чаще, чем острые, однако изучены они гораздо меньше.

Недостаток экспериментальных исследований адаптации человека при длительном стрессе обусловлен, с одной стороны, трудностями организации экспериментов с многосуточным (многомесячным) пребыванием человека в экстремальных условиях, с другой – многообразием проявлений и сложностью картин изменений физиологических, психологических и социально-психологических характеристик человека.

• Физиологические механизмы адаптации к стрессовым ситуациям можно представить в виде комплекса:

1) **нейрогормональных изменений:**

– ГАМК-эргическая тормозная система мозга;

– система простагландинов и арахидоновой кислоты;

– система антиоксидантов (токоферолы, стероиды, серосодержащие аминокислоты, аскорбиновая кислота и ряд других витаминов).

2) **клеточных изменений:**

– активация синтеза нуклеиновых кислот и белков, ведущих в первую очередь к увеличению скорости транскрипции РНК на структурных генах ДНК в ядрах клеток, ответственных за адаптацию;

– возможное участие в этих процессах нейропептидов, в частности опиоидов, субстанции Р, дельта-пептида сна и др.

Экспериментальные исследования позволили выявить три главных изменения, развивающихся в организме при адаптации к стрессу:

1) адаптивное увеличение потенциальной мощности стресс-реализующих систем;

2) снижение степени включения таких систем, т. е. уменьшение стресс-реакции по мере повторения стрессорных ситуаций;

3) снижение реактивности нервных центров и исполнительных органов к медиаторам и гормонам стресса – их своеобразная десенситизация.

• **Фазы развития адаптации к стрессу.** Дополняя общую картину адаптации психофизиологическими механизмами, следует упомянуть о работах, которые выделяют четыре субсиндрома стресса. Они, следуя один за другим в определенном порядке, становятся фазами развития адаптации к стрессу:

1) первым в предельно переносимых экстремальных условиях проявляется *эмоционально-поведенческий* субсиндром;

2) затем следует *вегетативный* (субсиндром *превентивно-защитной вегетативной активности);*

3) после них преимущественно выраженным становится *когнитивный* (субсиндром *изменения мыслительной активности при стрессе);*

4) и наконец, *социально-психологический* (субсиндром *изменения общения при стрессе).*

Если первые два субсиндрома можно рассматривать как проявления этапов адаптационной активизации относительно низкой (в иерархическом плане) «функциональной системности» организма, то последние два – как обусловленные индивидуально личностными особенностями людей, проявляющимися в экстремальных условиях. Возможно, правомернее их рассматривать как компоненты, а не как фазы стрессовой реакции, ведь формирование оценок и отношений, определяющих развитие стресса, проходит с участием мыслительных процессов, а не только эмоций.

• **Периоды длительного стрессового воздействия.** Эмоциональная напряженность, вызываемая «хроническим» стрессом, проявляется в вегетативных реакциях, биохимических сдвигах, двигательной активности, нарушениях сна и ряде психофизиологических показателей. Физиологические и психофизиологические исследования длительного стресса позволили выделить на стадии мобилизации адаптационных резервов три периода адаптации к устойчивым стрессогенным воздействиям.

Первый период – активизация адаптационных форм реагирования за счет мобилизации в основном «поверхностных» резервов. Его продолжительность при максимальной субъективно переносимой экстремальности стрессора исчисляется минутами, часами. Первый период стресса у большинства людей отличается стеническими эмоциями и повышением работоспособности.

Второй период характеризуется началом действия имеющихся в организме «программ» перестройки, существующей «функциональной системности» и становления ее новой формы, адекватной экстремальному требованию среды. Продолжительность этого периода составляет несколько суток. Для него часто характерно безболезненное состояние человека со снижением работоспособности. Однако высокая мотивация стресса в этом периоде может поддерживать достаточно высокую работоспособность человека и, более того, за счет временной «сверхмобилизации» резервов, в частности гипофиз-адреналовой системы, купировать неблагоприятные проявления второго периода.

Третий период – неустойчивая адаптация. Проявляется в крайне отрицательных для человека условиях. Он продолжается десятки суток.

Наиболее неблагоприятными в отношении угрозы срыва адаптивных реакций и развития патологии являются очень долго (в течение нескольких лет) действующие стрессирующие воздействия малой интенсивности. Накапливаясь, они оказывают скрытый кумулятивный эффект, истощают адаптационные резервы организма, приводят к нарушению нейрогуморальных механизмов адаптации. Человеческий организм переносит их гораздо хуже, чем острые стрессирующие воздействия большой интенсивности.

В настоящее время установлено, что под действием различных эмоционально-стрессорных раздражителей у человека в зависимости от целого ряда факторов происходит или формирование процессов адаптации, или нарушение саморегуляции основных физиологических систем организма, приводящее в одних случаях к появлению психонейроэндокринных синдромов, а в других – к развитию устойчивых психопатологических состояний и психосоматических заболеваний. Поэтому в литературе наряду со стрессом применяют и другой термин – дистресс, который определяет состояние стресса, уже характеризующегося различными расстройствами, т. е. явлениями патологии.

Нарушение динамического равновесия, характерного в норме для корково-подкорковых взаимоотношений, в значительной степени является причиной определенной степени дезинтеграции психического, вегетативного и соматического компонентов эмоций как целостной функциональной системы.

Предпосылкой возникновения и развития психосоматического заболевания является чрезвычайная реактивность вегетативной нервной системы, которая проявляется не только при высокой интенсивности аффекта (висцеровегетативные реакции возникают в ходе адаптации и в ответ на слабые эмоциональные импульсы). Психовегетативный

синдром – нормальный физиологический процесс – принимает патологический характер при чрезмерном для данного индивида, слишком частом и длительном или постоянном аффективном напряжении. Хронические эмоциональные состояния обусловливают неизбежно хронифицирующиеся висцеровегетативные расстройства и становятся непременным (если не ведущим) компонентом клинической картины астенодепрессивных и субдепрессивных состояний любого генеза.

Психосоциальные факторы через посредство глюкокортикоидов оказывают неблагоприятное влияние на иммунную систему. В качестве факторов, обусловливающих адаптивную или, напротив, патологическую направленность развития эмоционально-стрессорных реакций, могут выступать не только параметры самих стрессорных раздражителей (интенсивность, длительность, кратность, частота и т. д.), их биологическая и социальная значимость, но и индивидуальная устойчивость субъекта к эмоциональному стрессу, социальный статус, пол, возраст, влияние различных веществ экзогенной природы, включая прием фармакологических препаратов и алкоголя, а также активность стресс-лимитирующих систем.

• **Психологические симптомы стресса.** К психологическим проявлениям стрессовых состояний относят бессонницу, навязчивые воспоминания прошлого, ночные кошмары, бесконтрольную злобу, тревогу, депрессию, сексуальные расстройства. При этом описывают преимущественно семь основных симптомов.

Депрессия. Обычно это классические симптомы депрессивного состояния.

Изоляция. Больные чувствуют себя удаленными, изолированными от людей, особенно от сверстников.

Агрессивность. Во время приступов беспричинной злобы люди могут жестоко избивать тех, кто находится рядом; это пугает и их самих, и окружающих.

Отчужденность. Неспособность испытывать радость жизни. Субъекты находят себя эмоционально мертвыми и идут по жизни без способности любить, сострадать, чувствовать.

Реакция тревоги. Постоянное чувство опасности. Им кажется, что с ними может что-что случиться. Обычно эти люди избегают общества незнакомых людей.

Расстройства сна. При страхе засыпания больные просиживают до утра, борясь со сном, или часто пробуждаются ночью, а наутро не чувствуют себя отдохнувшими. В снах снова и снова переживают психологическую травму.

Навязчивые мысли. Ночью кошмарные сновидения, а днем постоянные возвращения в мыслях к прошлому.

Психические сдвиги, наступившие вследствие стресса, часто осложняются соматическими расстройствами.

• **Соматические проявления последствий стресса.** К самым частым и наиболее распространенным подобным проявлениям можно отнести:

1) **скачкообразное повышение артериального давления,** сопровождающееся ощущением жара;

2) **боли в области головы** (напоминающие мигрень, иногда сопровождающиеся головокружением) и шеи (нередко связываемые с шейным остеохондрозом), в области сердца (ошибочно расцениваемые как заболевания сердца, особенно если наблюдаются усиленное сердцебиение или перебои ритма) и в области живота (похожие на боли при язвенной болезни, холецистите или панкреатите, у женщин – аднексите и др.). Что же касается таких состояний, сопровождающихся болевыми приступами, как дискинезия желчевыводящих путей, то, как показывает опыт, они в основном связаны именно со стрессами и служат телесным выражением негативных эмоций;

3) **одышку** (обычно «неудовлетворенность» глубиной вдоха, чувство «нехватки воздуха» при отсутствии каких-либо серьезных заболеваний сердечно-сосудистой или дыхательной системы). Как правило, эта одышка обусловлена факторами, обычно провоцирующими ее возникновение при терапевтических заболеваниях (физической нагрузкой, вдыханием загрязненного воздуха, пребыванием на открытом воздухе в холодную погоду). Зато часто обнаруживается ее тесная связь с эмоционально острыми житейскими ситуациями. Кроме того, такая одышка сопровождается тревожными переживаниями различной степени выраженности – от легкого беспокойства до приступов паники;

4) **перехватывание голоса,** ощущение комка в горле, иногда сопровождающееся затруднением глотания;

5) **нарушение аппетита** – от полного отвращения к еде до приступов «волчьего голода».

Основные симптомы, возникающие при стрессе, представлены на рисунке 4.2. Психические и соматические проявления стресса приводят к потере активности, снижению работоспособности. Любая задача, и профессиональная, и бытовая, кажется неразрешимой. Но спрятаться от них невозможно, ком проблем нарастает, и человек ощущает себя загнанным в угол. Его нервная система истощена и в любую минуту может дать сбой. Человек начинает чаще и дольше болеть, у него появляется «синдром невезучести» – складывается впечатление, что он буквально «притягивает» к себе разнообразные неудачи.

Еще один тупик, в который ведет длительный стресс, – эмоциональное и профессиональное «выгорание». Человек вдруг теряет интерес к работе, которая еще недавно наполняла его жизнь смыслом.

Многие люди, переживающие длительный стресс, инстинктивно прибегают к средствам психологической защиты. Это и стремление переложить на других ответственность за свои ошибки, и вымещение своего недовольства на более слабом или уязвимом, и отрицание всего, что не совпадает с собственным мнением, и уход в мир фантазий и иллюзий. Понятно, что такая стихийная защита не способна снять стресс и разрешить жизненную проблему. Она только усугубляет ситуацию и разрушает отношения с окружающими.

Рис. 4.2. Симптомы, возникающие при стрессе

В поисках выхода из кризисной ситуации человек пытается снять нервное напряжение алкоголем, никотином или транквилизаторами. Но, если стрессовая ситуация сохраняется долго, могут проявиться и тяжелые последствия любого из этих способов «разрядки»: средство, приносящее временное облегчение, само превращается в трудноразрешимую проблему.

4.3.4. Способы предотвращения и снятия состояния стресса

Основными направлениями устранения состояния стресса являются медикаментозное (фармакологическое) воздействие, немедикаментозное и комплексное.

I. Фармакологический подход. Предполагает использование препаратов трех основных фармакологических групп. Это психофармакологические средства успокаивающего действия, препараты стимулирующего действия, а также биологически активные вещества метаболического действия, обладающие широкими возможностями регуляции адаптационных процессов.

1. Первый способ связан с использованием психофармакологических средств для **снижения чрезмерной возбудимости** подкорковых структур и повышенной активности ЦНС в связи с эмоциональным стрессом, операционной напряженностью или вынужденной бессонницей. Это достигается применением транквилизирующих препаратов различного действия (феназепам, мебикар, пирроксан, мепробамат). Они меняют функциональное состояние человека и способствуют снятию или значительному ослаблению чувства страха и тревоги, улучшают настроение и самочувствие, предупреждают в дальнейшем нервно-психические срывы.

Своеобразной платой за «получаемый выигрыш» является торможение психомоторных функций, некоторое ослабление кратковременной памяти. При этом реализуется фармакологическая защита важнейших систем организма путем торможения функций ЦНС по принципу отрицательной обратной связи. Морфофункциональной основой данного явления считается ослабление (блокирование) гипоталамо-лимбического комплекса с его системами подкрепления и связи с ретикулярной формацией ствола и корой головного мозга.

В процессе лечения больных с эмоциональными расстройствами необходимо учитывать установленный в психофизиологических исследованиях факт: транквилизаторы существенно подавляют эмоциональные реакции, сформировавшиеся ранее при действии осознаваемых эмоциональных раздражителей, и в меньшей мере или вовсе не действуют на ассоциации, образовавшиеся на неосознаваемом уровне. Это обстоятельство дало основание сделать важное в практическом отношении заключение о том, что, несмотря на большие успехи нейрофармакологии, при лечении людей, страдающих эмоциональными расстройствами невротического характера, необходима психотерапия, непременно учитывающая скрытые от сознания субъекта психологические факторы.

2. Второй способ преследует цель **повышения возбудимости ЦНС**, исходно подавленной вследствие чрезмерных воздействий и нагрузок. Для этого назначаются психостимуляторы и тонизирующие препараты (сиднокарб, центедрин, бромантан, экстракт элеутерококка, китайский лимонник, кофеин, кардиамин и т. п.). Воздействие психостимуляторов значительно повышает как физическую, так и умственную, в том числе операторскую, работоспособность.

Своеобразной платой за получаемый выигрыш является усиленный расход энергоресурсов, активация катаболизма, повышение функций симпатоадреналовой системы организма и, как следствие, появление вегетативного и эмоционального напряжения. По этой причине после назначения стимуляторов необходим период восстановления функциональных ресурсов.

3. Третий способ в использовании препаратов связан с состоянием сниженной работоспособности и ухудшением функционирования организма в условиях чрезмерного напряжения гомеостатических механизмов и перестройки адаптации, что имеет место при продолжительных рабочих нагрузках, в особенности в тяжелых климатогеографических или микроклиматических условиях. Задача фармакологических средств в этом случае – **обеспечить экономичность функционирования метаболических звеньев.** Эта задача решается с помощью актопротекторов, ноотропов, антигипоксантов, адаптогенов (бемитила, пирацетама, натрия оксибутирата, фенибута, элеутерококка, женьшеня, витаминов, гормонов, биологически активных субстратов и пищевых добавок). Препараты метаболического действия не имеют выраженного прямого психотропного эффекта, требуют достаточно продолжительного назначения (от нескольких дней до месяцев), обладают нередко кумулятивными свойствами.

Отрицательные эффекты фармакологического метода

Таким образом, в итоговой оценке эффективности фармакологической коррекции по всем трем направлениям должны учитываться не только положительные моменты повышения активности, но и негативные отклонения субъективных и функциональных показателей, вызванных лекарственным воздействием. Отрицательные эффекты фармакологической коррекции стресса подразделяются на побочные эффекты и осложнения. По механизмам действия они делятся на две группы:

1) обусловленные избыточной широтой спектра фармакологической активности препарата;

2) связанные с повышенной чувствительностью организма к психотропным средствам.

К первой группе побочных эффектов относится общетоксическое действие психотропных средств при превышении рекомендованных доз. Оно выражается в неврологических (дискоординация, патологические рефлексы, тремор, нарушение зрачковых реакций), психических (оглушенность, сонливость, депрессия) и соматовегетативных расстройствах (головная боль, головокружение, тошнота, бледность кожи, потливость, задержка мочеиспускания и др.).

Вторую группу нарушений составляют аллергические реакции (дерматит, ринит, бронхоспазмы, диарея, рвота, локальные отеки и др.). Могут наблюдаться также парадоксальные извращенные реакции (сон после приема стимулятора, эйфория и бессонница под влиянием транквилизатора и др.).

II. Немедикаментозное направление. Данные методики предотвращения и снятия состояния стресса, как показывает практика, являются наиболее эффективными. К ним можно отнести рефлексотерапию, применение различных приемов саморегуляции или психотерапии, физические нагрузки, дыхательные техники, массаж, водолечение, траволечение, гомеопатию и другие методы нетрадиционной медицины, включая некоторые виды восточного врачевания.

1. Рефлексотерапия. Одним из эндогенных пептидов, широко представленных в разных отделах мозга, в том числе и в эмоциогенных зонах гипоталамуса, является вещество Р. Известно, что это вещество способно оказывать непосредственное влияние на активность центральных нейронов, в большинстве случаев возбуждая их. Вместе с тем была отмечена способность субстанции Р изменять реакции нейронов на нейромедиаторы. Доказано, что данная субстанция способна снижать степень выраженности невротических состояний, нормализовать сон, улучшать память и процессы обучения, что позволяет рассматривать его как модулятор физиологических и патологических процессов.

Кроме того, вещество Р, содержащееся в нейронах задних рогов спинного мозга, способно передавать сигналы от периферических болевых рецепторов в центральные отделы нервной системы. Недавно проведенные исследования позволили рассматривать субстанцию Р, которая синтезируется в гипоталамусе, как один из возможных пептидных факторов устойчивости к эмоциональному стрессу. Вещество Р участвует в модуляции метаболизма катехоламинов мозга при эмоциональном стрессе, выражающегося в способности вызвать долговременные изменения содержания норадреналина и дофамина в гипоталамусе и среднем мозге в сторону повышения, что расценивается как проявление центральных нейрохимических механизмов адаптации к эмоциональному стрессу.

Экспериментальные данные показывают, что содержание субстанции Р в гипоталамусе коррелирует с устойчивостью к эмоциональному стрессу. У больных неврозом отмечены снижение содержания вещества Р в крови и расстройства сна. Сон является антистрессовым фактором. Во время бодрствования содержание вещества Р в крови снижается. При полноценном сне его уровень вновь повышается.

Эмоциональный стресс, нарушая сон, лишает организм одного из защитных механизмов, с помощью которого повышается содержание субстанции Р и обеспечивается устойчивость к стрессу. Учитывая то, что организм способен сам синтезировать вещество Р в большей степени во время сна, с одной стороны, и то, что содержание этого вещества в гипоталамусе коррелирует с устойчивостью к эмоциональному стрессу, с другой стороны, встает вопрос: каким путем, кроме полноценного сна, можно добиться ускоренного и полного восстановления в организме уровня вещества Р?

Одним из путей достижения этой цели является использование рефлексотерапевтических методов (игло-, электро– и прессотерапии). Воздействуя на определенные биологически активные точки организма, связанные с гипоталамусом и средним мозгом, можно «запустить» выработку данными структурами мозга вещества Р.

Экспериментальные исследования показали, что при акупунктурном, электропунктурном и пресспунктурном воздействиях выделяются также эндогенные морфиноподобные пептиды: эндорфины и энкефалины. Локализация эндогенных опиатов соответствует тем областям центральной нервной системы, которые ответственны за регуляцию эмоций, болевой чувствительности, двигательных, вегетативных реакций, а также сна и бодрствования.

Эндорфины и энкефалины являются эндогенными пептидами, которые наряду с веществом Р регулируют стрессовые реакции. Они так же, как и субстанция Р, широко представлены в различных отделах мозга, в том числе в эмоциогенных зонах лимбической системы и в промежуточной доле гипофиза.

Эндорфины и энкефалины обладают необычайной способностью, подобно морфину и героину, снимать болевые ощущения. Это так называемые естественные

опиаты. Тот факт, что морфин, героин и эндорфины связываются в одних и тех же местах, позволяет предположить, что эндорфины играют роль и в тех разновидностях эмоций, которые не имеют прямого отношения к боли. Исследования показали, что у человека при стрессе происходит выработка и высвобождение эндорфинов в нервных сетях. Высвободившиеся эндорфины, по всей вероятности, действуют двояко. С одной стороны, как опиаты, с другой – как регуляторы эмоциональных (стрессовых) реакций. В первом случае они блокируют высвобождение в синапсах задних рогов спинного мозга вещества Р, выделяемого из медленных (безмиелиновых) волокон, проводящих болевые импульсы от болевых рецепторов. В результате этого постсинаптический нейрон подвергается более слабой стимуляции веществом Р и головной мозг получает меньше болевых импульсов. Как регуляторы эмоциональных реакций они каким-то образом, по всей вероятности через лимбическую систему, регулируют возбуждение, страх и другие стрессовые состояния в соответствии с ситуацией.

Физиологические механизмы действия различных методов рефлексотерапии очень сложны и до настоящего времени изучены недостаточно. Большинство теорий механизмов действия рефлексотерапии (китайская меридианная, электрическая, капиллярная, тканевая, медиаторная, биохимическая, «малого атомного взрыва» и др.), освещая какую-либо одну их сторону, не раскрывает вопроса вцелом.

В наиболее общем виде полагают, что методы рефлексотерапии основаны на раздражении рецепторных окончаний кожи и глубжележащих тканей путем воздействия на организм физическими факторами, что приводит к развитию многоуровневых рефлекторных и нейрогуморальных реакций организма, обусловленных интегративной деятельностью нервной системы, обеспечивающих нормализацию гомеостаза.

Недостатки рефлексотерапии

К недостаткам рефлексотерапии можно отнести то, что хотя ее применение и дает положительный эффект, но он временный. Вылеченные пациенты, радостные поначалу, со временем сталкиваются с тем фактом, что, раз начав, им придется обращаться к врачу данного профиля снова и снова. Они оказываются в своего рода зависимости от методов иглотерапии или точечного массажа. В чем причина? Дело в том, что ни игла, ни массаж не устраняют причину болезненного состояния, а лишь избавляют от его симптомов, которые являются следствием стресса.

2. Физические нагрузки. В определенной степени нейтрализовать стрессовое состояние позволяют умеренные физические нагрузки. С одной стороны, они способствуют избавлению от избытка адреналина, выделяющегося при стрессе и вызывающего негативные реакции. Была отмечена почти линейная зависимость между высвобождением адреналина и интенсивностью субъективного переживания стресса. С другой стороны, во время занятий спортом в организме выделяются эндорфины – биологически активные вещества, вызывающие положительные эмоции, чувство удовлетворения. Следует отметить, что после любых физических упражнений наступает так называемый релаксационный ответ, о котором пойдет речь дальше. В целом спортивные нагрузки переводят организм на новый уровень функционирования, налаживая процессы его саморегуляции.

Многие физические нагрузки проводятся в комплексе с дыхательными упражнениями. Последние и сами по себе способны оказывать модулирующее влияние на другие системы: центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему, мышцы

опорно-двигательного аппарата, биохимический статус организма, участвуя тем самым в адаптивном биоуправлении.

3. Саморегуляция и психотерапия. Кроме вышеописанных немедикаментозных способов снятия состояния стресса, широкое распространение получили различные приемы саморегуляции и психотерапии.

Слово «стресс» в переводе с английского языка означает «напряжение». Действительно, отрицательные эмоции и стресс почти всегда сопровождаются длительно сохраняющимся, «застывшим» напряжением различных групп мышц, в которых как бы «замораживаются» эмоции. Напряженное состояние мышц возбуждающе действует на нервную систему, в особенности на головной мозг, а через нее и на другие внутренние органы, т. е. на вегетативную сферу.

Полагают, что самым действенным способом устранения стресса является прием снятия напряжения посредством достижения противоположного состояния, т. е. мышечной релаксации.

В 1938 году *Э. Джекобсон* разработал **метод прогрессивной релаксации.** Посредством последовательного сокращения всех групп мышц и сознательного сосредоточения на наступающем вслед за этим рефлекторном расслаблении возникает эффект возрастающего общего расслабления.

Релаксация присутствует во многих техниках саморегуляции и психотерапии: во всех формах медитации, гипноза, в аутогенной тренировке, визуализации и других видах внушения и самовнушения, при использовании метода биологической обратной связи (biofeed back), массаже, в некоторых дыхательных практиках. Она позволяет снизить «зашумленность», создаваемую внешними воздействиями на организм, и облегчает работу с подсознанием. Это особенно важно для коррекции функционального состояния вегетативной сферы, которая, как известно, регулируется на уровне подсознания.

Характерным признаком наступления релаксации является психофизиологическая триада: состояние кортикального бодрствования при одновременном мышечном расслаблении и трофотропной вегетативной ситуации.

• Релаксация оказывает заметное влияние на функциональное состояние головного мозга. В его биоэлектрической активности на смену β-ритму приходят α– и θ-волны. Выход на α-уровень (преобладание на электроэнцефалограмме α-ритма) сигнализирует о состоянии полного покоя, когда сознание остается ясным, а напряжение, тревога и беспокойство пропадают. Исследования последних лет показали, что в состоянии релаксации лучше сбалансирована работа полушарий мозга, одно из которых (левое) отвечает за рациональное (знаковое), а другое (правое) – за эмоциональное (образное) восприятие мира. Подобная коррекция функциональной активности мозга улучшает внимание, память и творческие возможности, делая жизнь человека более приятной, продуктивной и полноценной.

• Релаксация приводит к снижению мышечного тонуса покоя, о чем свидетельствуют электромиографические данные.

• Во время релаксации организм переходит в состояние гипометаболизма. Если обычно деятельность висцеральных систем и обмен веществ регулируются двумя отделами вегетативной нервной системы – симпатическим и парасимпатическим, то при

расслаблении активность возбуждающего симпатического отдела снижается. Возрастает роль парасимпатического отдела. При этом сердечная деятельность замедляется. Давление крови нормализуется. Периферическое кровоснабжение увеличивается. Дыхание стабилизируется. Уменьшается газообмен. Уровень обмена веществ снижается. Замедление метаболизма сопровождается малым расходом энергии. Падает содержание лактата – вещества, которое поступает в кровь при работе скелетных мышц. Избыток этого вещества, как известно, способствует возникновению страха. Повышается болевой порог и сопротивление кожи электрическому току, которые в условиях стресса обычно снижены.

• Продолжительная релаксация, кроме того, усиливает в организме выработку нейромедиаторов – веществ, влияющих на настроение. Одно из них – серотонин – является биологически активным веществом, вызывающим ощущение удовольствия и счастья.

• На фоне релаксации происходит работа с подсознанием с использованием таких приемов самовнушения, «понятных» подсознанию, как визуализация, закладка мыслей (при которой необходимо сосредоточиться на положительном ощущении от представляемого), концентрация (основанная на выработке навыка генерировать только положительные мысли и избавляться от отрицательных), утверждение (простое заявление, которое человек по нескольку минут в день повторяет вслух или про себя).

В психологии есть термин «аффирмация».

Аффирмация – это позитивная самоинструкция, которая позволяет в стрессовой обстановке быстро успокоиться и перейти от пассивных переживаний и самобичевания к активным действиям, помогающим исправить ситуацию.

Рассмотрим данную психотехнику в качестве примера. Предположим, вы – молодой человек, который находится в стрессовой ситуации перед экзаменом. Сядьте, расслабьтесь, сконцентрируйте внимание на своем теле. Постарайтесь отыскать в нем ощущения, которые связаны с переживаемыми отрицательными эмоциями.

Возьмите чистый лист бумаги, разделите его на две половины вертикальной чертой. На левой, «темной», половине напишите ту негативную, обычно самообвинительную мысль, которая первой приходит вам в голову, когда вы думаете о возникшей проблеме. Произнесите ее вслух или мысленно и понаблюдайте, как вы на нее реагируете. Как правило, дискомфортные ощущения усиливаются.

Теперь произнесите утверждения, обратные по смыслу, – будто вы подыскиваете аргументы против своей негативной мысли. Вам действительно предстоит убедить собственное подсознание в том, что ничего страшного не произошло, что нет никаких оснований для беспокойства и плохого настроения. Произносите свои аргументы (вслух или мысленно) не торопясь, внимательно наблюдая за тем, какие из проговариваемых фраз влияют на ваши телесные ощущения. Именно эти аргументы и есть наиболее убедительные для вашего подсознания. Запишите их на правой, «светлой», стороне листа.

Допустим, на левой половине листа вы написали: «Я волнуюсь из-за предстоящего экзамена». На правой должно появиться утверждение, нейтрализующее эту негативную мысль. При этом важно, чтобы аффирмация не была пассивным отрицанием: «Я не буду волноваться из-за экзамена». Напротив, она должна ориентировать на активные действия. К тому же желательно обойтись без употребления частицы «не» и сложных речевых

оборотов. Наше подсознание, которому адресуется жизнеутверждающее послание, «не понимает» частицы «не». Подходящая формулировка в данном случае такова: «Я буду спокоен до экзамена и во время него».

Обычно достаточно 4–5 таких фраз в течение 15–20 мин, чтобы самочувствие улучшилось и эмоциональный «пожар» угас.

Затем разрежьте листок по разделительной черте. От его левой половины вы можете сразу же избавиться – просто смять и выбросить в мусорную корзину. Можете даже выполнить целый ритуал уничтожения негативных мыслей, включающий торжественное сжигание злосчастной половины листка и развеивание пепла. А можете, что более практично, совместить оба способа, проделав первый из них – выбрасывание – в реальности, а второй – сжигание – в воображении.

Правую же половину листа сохраните и запомните все позитивные мысли, которые на нем записаны. Это найденные вами аффирмации – утверждения, создающие жизнеутверждающий настрой. Они и в дальнейшем будут для вас «прививкой от стресса», которая может понадобиться в трудную минуту.

Чтобы усилить действие аффирмации, желательно мыслить образами – это активизирует подсознание. Например, к предыдущей аффирмации можно добавить: «Невозмутим и спокоен, как холодный айсберг» – и постараться зрительно представить голубую искрящуюся ледяную глыбу. Если картина, которую вы видите своим внутренним взором, будет яркой и детальной, вы сможете войти в этот образ настолько, что мысленное представление будет сопровождаться соответствующими телесными ощущениями. Например, бодрящей свежести, помогающей «встряхнуть» нервную систему, сосредоточить внимание и повысить работоспособность; или прохлады, успокаивающей разгоряченное тело и охлаждающей эмоциональный пыл.

Аффирмации уравновешивают отношения сознания и подсознания и тем самым предоставляют человеку возможность использовать скрытые ресурсы подсознания.

Иначе говоря, эффект аффирмации объясняется тем, что человек получает возможность вывести беспокоящую его проблему с подсознательного уровня на сознательный, оценить ее на уровне рассудка и преобразовать негативный контекст проблемы в положительный.

В дальнейшем, сталкиваясь с трудными ситуациями или замечая знакомые дискомфортные телесные ощущения, сразу же обращайтесь к выработанному вами «противоядию», мысленно произнося весь список позитивных утверждений, повторяя его неоднократно. Через несколько минут вы почувствуете, как работает «прививка» – аффирмации погасят подсознательные негативные ожидания, нейтрализуют внутреннюю напряженность, снимут тревогу или раздражение и помогут получить интуитивную подсказку глубинной, подсознательной мудрости.

III. Комплексный подход. Наиболее эффективный путь предотвращения и снятия состояния стресса.

Человеческий организм является целостной многоуровневой системой. Понятие «стресс» представляет не отдельную реакцию субъекта на стрессирующий фактор, а целостное интегративное состояние личности. В связи с этим избавление от стресса должно осуществляться не с помощью отдельных воздействий, направленных на борьбу с

частными симптомами, а комплекса воздействий, нацеленных на оптимизацию состояния личности в целом.

Однако борьба со стрессом – дело трудное и, по правде сказать, малоэффективное. Гораздо более благодарным делом является его профилактика. В качестве основной задачи надо видеть устранение причины стресса, а не борьбу с ним.

Специалисты, занимавшиеся проблемой стресса, пришли к выводу, что физиологические реакции в основном определяются не непосредственно присутствием стресса, а его психологическим воздействием на человека. В связи с этим была предложена «философия жизни», позволяющая избегать возникновения стрессовых состояний и заключающаяся в том, чтобы наслаждаться тем, что нравится, избегать или изменять то, что не нравится, а также изменять точку зрения на те вещи, которых нельзя избежать или изменить.

4.4. Демографические процессы

Гигантский прирост населения планеты, связанный с совершенствованием техники, ростом благосостояния людей, увеличением их социальных запросов и потребностей, – одна из главных причин углубления глобального экологического кризиса. Наблюдается ускорение прироста численности людей: 10 тыс. лет назад все население Земли составляло 8 млн человек, а в первый год после Рождества Христова – 300 млн человек; в 1800 году численность населения достигла 1 млрд человек, 2 млрд – через 130 лет, 3 млрд – через 30 лет (I960), 4 млрд – через 15 лет (1975), 5 млрд – через 12 лет (1987). Учитывая, что ежегодный прирост населения составляет примерно 90 млн чел./г., полагают, что численность населения в период с 1990 по 2025 год увеличится еще на 3,2 млрд человек, и таким образом составит 9-10 млрд человек.

При этом почти 80 % населения планеты и подавляющая часть прироста мирового населения приходятся на развивающиеся страны. К ним же будет относиться и основное количество деторождений – 95–98 %. Поэтому уже имеющиеся данные показывают, что в процентном соотношении количество населения, проживающего в развитых странах, снизилось до 16 % от уровня 33 % в 1950 году, а население, например, Африки возросло до 19 %, тогда как в 1950 году оно составляло 9 %. Однако в целом наблюдающееся в ряде стран увеличение продолжительности жизни, с которым связывают демографический взрыв, имеет свой предел, и при имеющейся тенденции снижения рождаемости, возможно, темпы прироста населения снизятся начиная с середины XXI века.

Этот процесс становится более активным с ухудшением экологии окружающей среды, так как загрязнение, несмотря на немаловажную роль социально-экономических причин, выступает основным фактором, влияющим не только на биологические, но и на основные демографические параметры, такие как смертность и рождаемость. Так, по результатам ряда исследований установлена зависимость между качеством окружающей среды, в частности загрязнением атмосферы, и некоторыми демографическими параметрами (смертность, детская смертность, число переселившихся в другие районы по состоянию здоровья, процент недоношенных детей, частота выкидышей, число абортов и др.). Например, на территории Киевской области установлено снижение коэффициента рождаемости более чем на четверть, в то время как смертность в период с 1975 по 1992 год возросла на 22,5 % на фоне серьезных нарушений экологии окружающей среды. Особо отмечается влияние загрязненной среды обитания на рост детской смертности и числа недоношенных детей.

4.5. Адаптация к различным видам трудовой деятельности. Характеристика основных типов работы

В социальном аспекте под работой понимают любую деятельность человека, осуществляемую в рамках определенной профессии, при этом работа выступает как основа существования человеческого общества.

Типы рабочей деятельности. По характеру выполняемой человеком нагрузки различают два основных типа работы: физическую и умственную. Физическую работу, в свою очередь, разделяют на динамическую и статическую, а в умственной выделяют мыслительный и эмоциональный компоненты. Кроме того, трудовые процессы по физиологическим критериям можно подразделять на: а) преимущественно физическую работу; б) преимущественно умственную работу, требующую напряжения внимания, активации процессов мышления и других психических функций; в) работу, сопровождающуюся выраженным нервно-психическим, эмоциональным напряжением.

Деление работы на преимущественно умственную и преимущественно физическую весьма условно, поскольку, выполняя физическую работу, человек всегда в определенной степени загружен умственной деятельностью, а с развитием производства и технологий эта грань еще больше стирается, происходит увеличение доли умственного труда в профессиональной деятельности. Любая профессиональная физическая и умственная деятельность сопровождается определенной степенью нервно-психического, эмоционального напряжения, однако и у физической, и у умственной работы есть свои отличия и характерные особенности в энергетическом, функциональном, информационном плане.

4.5.1. Физическая работа

Типы рабочей деятельности. Как уже упоминалось, физическая работа представляет собой сочетание **статической** и **динамической** работы. Статическая работа осуществляется, когда в длительном напряжении находится группа мышц для поддержания центра тяжести в том или ином положении к поверхности опоры, при продолжительном сидении, при поддержании на весу всей или части работающей конечности. Статическая работа может быть **постуральной** – при сохранении определенной позы тела, и **поддерживающей** – при удержании предметов.

• Во время статической работы имеет место изометрическое мышечное напряжение. При статическом усилии с точки зрения физики внешняя механическая работа отсутствует, результирующего действия нет, имеет место лишь изменение в прилагаемой силе. Однако в физиологическом смысле при статических усилиях работа налицо. Она характеризуется теми активными физиологическими процессами, которые протекают в нервно-мышечном аппарате и центральной нервной системе и обеспечивают поддержание напряженного состояния мышц. Отмечают, что именно при изометрической активности, характерной для статической работы, повышается обратная кинестетическая связь, когда работающий получает больше информации от ощущения того, что он делает, чем от наблюдения результатов своего труда. В эффекторных органах также происходит ряд изменений: во время не очень интенсивной статической работы кровоток в мускулатуре нарастает, но при большой интенсивности внутримышечное давление затрудняет кровоток вплоть до его остановки. Обусловленный лактатом метаболический ацидоз вызывает дополнительную стимуляцию дыхания, которая еще более усиливается при затрудняющем дыхание рефлекторном сокращении брюшных мышц, возникающем при статической работе. Во время статической работы повышается обмен веществ,

увеличивается расход энергии, быстро наступает утомление, которое часто обусловлено именно статическим компонентом работы.

• Динамическая работа, в отличие от статической, связана с перемещением тела в пространстве. При динамической работе мышцы сокращаются изотонически, при этом мышечные волокна движутся во взаимодействии, что способствует снабжению тканей кислородом и удалению из них продуктов обмена. Динамическая работа может быть охарактеризована по величине, интенсивности или мощности в механических единицах. При статической работе расходуемая энергия не превращается в механическую работу, а теряется в виде тепла, в то время как при динамической работе энергия тратится как на поддержание напряжения в мышцах, так и на механический эффект работы.

• Функциональная система, ответственная за адаптацию к физической работе, включает в себя:

– афферентное звено – рецепторы;

– центральное регуляторное звено – центры нейрогуморальной регуляции на разных уровнях ЦНС;

– эффекторное звено – скелетные мышцы, органы дыхания, кровообращения.

Физическая активность вызывает быстрые адаптационные сдвиги в работе ряда систем органов, таких как мышечная, сердечно-сосудистая, дыхательная. В ответ на сигнал о необходимости совершения мышечной работы (сигнал о физической нагрузке) нейрогенное звено управления включает двигательную реакцию и вызывает мобилизацию кровообращения, дыхания и других функциональных систем организма, обеспечивающих выполнение такой работы.

В эффекторном звене происходят следующие изменения:

1) в мышечной системе постепенно усиливается кровоток, возрастает доля энергии, получаемой за счет анаэробного метаболизма, особенно при тяжелой работе;

2) в сердечно-сосудистой системе возрастает частота сокращений сердца (при легкой работе она достигает стационарного состояния, а при тяжелой – увеличивается по мере утомления до максимума и дольше восстанавливается), возрастает систолическое давление, диастолическое давление изменяется незначительно;

3) в дыхательной системе в зависимости от нагрузки возрастает потребление кислорода, пропорционально которому увеличивается минутный объем дыхания; происходят изменения биохимических показателей крови, наблюдаются сдвиги в обмене веществ и терморегуляции.

Одновременно происходит активация гипоталамо-гипофизарной, адренокортикальной и симпатоадреналовой системы – гормонального звена управления адаптационным процессом. Это звено обусловливает возникновение стресс-реакции организма, потенцирует мобилизацию и работу органов и тканей функциональной системы на клеточном и молекулярном уровне.

• Как уже упоминалось, *Ф. З. Меерсон* выделяет три основные стадии адаптационного процесса – стадию срочной адаптации, стадию долговременной

адаптации и стадию устойчивой адаптации, на которой завершается формирование «структурного системного следа» – комплекса структурных изменений, развивающихся в системе, ответственной за адаптацию. Согласно *Ф. З. Меерсону,* «структурный системный след», сформировавшийся в результате адаптации к физическим нагрузкам, характеризуется следующими чертами:

1) изменение аппарата нейрогуморальной регуляции на всех его уровнях, выражающееся в формировании устойчивого условнорефлекторного динамического стереотипа, увеличении фонда двигательных навыков, установлении на основе условнорефлекторных связей устойчивой координации между циклами двигательной реакции и дыханием, легочным кровотоком и вентиляцией различных отделов легких;

2) увеличение мощности и экономичности функционирования двигательного аппарата в результате структурных изменений в аппарате управления мышечной работой на уровне ЦНС, создающих возможность мобилизовать большее число моторных единиц при нагрузке и совершенствовать межмышечную координацию;

3) увеличение мощности и экономичности функционирования аппарата внешнего дыхания и кровообращения, происходящее в результате ряда последовательных изменений – гипертрофии, увеличения скорости и амплитуды сокращений дыхательных мышц, увеличения объема вдоха, жизненной емкости легких, коэффициента утилизации кислорода, повышения кислородной емкости крови и способности тканей утилизировать кислород, оптимизации регуляции дыхания;

4) структурные изменения в сердце, благодаря которым сердце приобретает большую максимальную скорость сокращения и расслабления, увеличивают максимальный минутный объем. Следует отметить, что процесс адаптации к физическим нагрузкам, как и вообще к любой деятельности, носит длительный характер.

Таким образом, физическая работа сопровождается выраженными адаптивными сдвигами со стороны функций, обеспечивающих выполнение организмом этой работы. Степень функциональных сдвигов отражает тяжесть и интенсивность физической работы. Многообразие изменений характеризует закономерности функционирования организма как единого целого и включает непосредственные реакции обеспечения функциональной нагрузки, компенсационные и мобилизационные реакции. Все эти реакции не возникают одновременно и не развертываются в одном и том же направлении.

Работоспособность. В литературе приводятся разные определения работоспособности. В общем под работоспособностью понимаются потенциальные возможности человека выполнять максимальное количество работы за определенный промежуток времени, не причиняя ущерба здоровью. При более детальном подходе считают, что понятие работоспособности должно включать в себя как предельные возможности выполнения какой-либо деятельности, так и активационные возможности мобилизации функций, подразумевающие волевое усилие. Кроме этих двух составляющих, считают необходимым учесть в определении физиологическую стоимость работы и отдаленные последствия физиологических изменений, возникающих в результате работы и сказывающихся на способности к ее выполнению. Учитывая вышесказанное, работоспособность можно определить следующим образом.

Работоспособность – это величина функциональных резервов организма, которые без вреда для состояния здоровья могут, при условии высокого уровня мотивации, быть реализованы в некоторый объем определенной работы заданного качества.

• Как величину физическую работоспособность можно охарактеризовать при помощи различных показателей, которые разделяют на две группы: *показатели энергетического обеспечения рабочей деятельности человека* и *показатели состояния активационных процессов,* от которых зависит реализация в ходе деятельности потенциальных возможностей человека. Первая группа показателей позволяет оценить состояние большинства вегетативных функций организма, определяющих течение обменных процессов в тканях. Наиболее широко используют показатели состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем, поскольку им принадлежит важная роль в обеспечении физической работоспособности, а также некоторые биохимические характеристики крови и мочи. Так, из объективных показателей сердечно-сосудистой системы анализируются изменения частоты пульса, ударного объема сердца (количество крови, поступающей в большой круг кровообращения при каждом сокращении сердца), минутного объема (произведение ударного объема на число ударов сердца в минуту), величины артериального давления, а из показателей дыхательной системы наибольшее значение имеют частота дыхания, минутный объем дыхания – величина легочной вентиляции в минуту.

• **Уровень** работоспособности зависит от многих причин, таких как индивидуальные возможности и навыки человека, детерминируемые разнообразными эндогенными и экзогенными факторами, состояние здоровья, тренированности и т. п. Так, при тяжелом физическом труде и в спорте работоспособность обусловлена степенью физического развития конституционных особенностей организма, которые определяются генетически закрепленными половыми и возрастными различиями.

• Естественно, физическая работоспособность имеет определенные **пределы.** Ее основными физиологическими ограничителями являются энергетические резервы в мышцах, снабжение мышц кислородом и характер протекания окислительных процессов, способность организма к терморегуляции. Помимо этого, мотивация, уровень активации и эмоционального напряжения определяют ту часть функциональных резервов, которая, при определенном волевом усилии, будет затрачена на выполнение деятельности. В свою очередь, деятельность, изменяя функциональное состояние работающего, сама обусловливает работоспособность.

Известно также, что работоспособность меняется в зависимости от возраста. Так, повышение показателей работоспособности идет в среднем до 16 лет у девушек и до 20–22 лет у юношей, а падение физической работоспособности происходит равномерно начиная с 25 лет. При этом работоспособность людей разного возраста зависит от типа работ. Так, молодые люди достаточно легко выполняют кратковременные, быстрые силовые напряжения. Но там, где требуется физическая выдержка, люди более старшего возраста имеют преимущества. Хотя в пожилом возрасте понижается способность к приспособлению и тренировке, уменьшается подвижность нервных процессов, снижение физической силы и производительности может компенсироваться опытом и рациональными приемами работы.

Меняется работоспособность и периодически – в течение года, недели, суток. Такие годичные и суточные циклы изменения работоспособности связаны с наличием соответствующих физиологических ритмов, обусловленных закономерной сменой времен года ичастей суток.

• **Суточные изменения работоспособности претерпевают ряд фаз.** Вначале имеет место фаза мобилизации – в ее основе лежат адаптационно-трофические влияния симпатической нервной системы. В это время организм мобилизуется еще до начала

работы: условнорефлекторно повышается тонус ЦНС, усиливается функциональная активность ряда органов и систем, непосредственно выражаясь в некотором возрастании силы сердечных сокращений, подъеме максимального артериального давления, усилении и углублении дыхания. Субъективным выражением этой фазы можно считать внутреннюю собранность, обдумывание особенностей предстоящей работы.

Вторая фаза, фаза врабатывания (иногда ее разделяют на две – *фазу первичной реакции* и *фазу гиперкомпенсации)* – приспособление функций и систем организма к наиболее оптимальному режиму деятельности. В начальный ее период происходит небольшое снижение показателей функционального состояния, физиологически обусловленное внешним торможением в результате изменения характера раздражителей ЦНС. Затем происходит приспособление человека к наиболее экономному, оптимальному режиму выполнения конкретной работы. В этой фазе организм реагирует на данную величину нагрузки с большей силой, чем это необходимо. Например, в двигательных реакциях участвует больше функциональных мышечных единиц. Внешним проявлением фазы врабатывания является начальное повышение всех показателей функционального состояния систем, обеспечивающих работу.

Вслед за фазой врабатывания идет фаза компенсации, когда происходит установление наиболее оптимального режима работы органов и систем организма, вырабатывается определенная стабилизация показателей. Для этой фазы характерны оптимальный физиологический уровень активности систем и органов, стабильные показатели функционального состояния, максимальная эффективность труда. Однако эта наиболее продуктивная фаза работоспособности длится не очень долго, поскольку начинается развитие утомления, и фаза компенсации сменяется фазой утомления (подразделяемой некоторыми авторами на *фазы субкомпенсации* и *декомпенсации).* Иногда выделяют еще один период работоспособности – фазу конечного порыва, связанную с воздействием положительного эмоционального фона и представляющую собой специфическое состояние срочной мобилизации через вторую сигнальную систему всех дополнительных резервных сил организма.

В конкретных условиях производственной деятельности (или в эксперименте) кривая текущей работоспособности не всегда имеет типичную форму. Продолжительность, чередование, степень выраженности периодов определяются воздействием множества факторов и могут варьировать вплоть до полного выпадения некоторых из них. Поэтому для удовлетворительной оценки работоспособности и утомления следует учитывать и эффективность работы, и состояние психических и физиологических функций, и субъективные данные.

• **Повышение работоспособности (истинное)** может быть достигнуто только тренировкой, рациональным режимом организации деятельности, соблюдением гигиенических норм. Большая роль в повышении работоспособности принадлежит физическому развитию и физической подготовке. Влияние физического развития и тренировок на работоспособность осуществляется многими путями, связанными с повышением резистентности организма к неблагоприятным факторам среды, с созданием в организме оптимального функционального фона, способствующего улучшению работоспособности, с развитием сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем организма, обусловливающих возможность длительной деятельности.

Наибольший эффект от физических упражнений обычно наблюдается при систематических занятиях различными видами спорта. Эти занятия способствуют как увеличению функциональных возможностей нервной системы, двигательного аппарата,

систем вегетативных органов и улучшению работоспособности, так и повышению неспецифической устойчивости организма к различным неблагоприятным воздействиям. Часто и регулярно проводимые мышечные упражнения улучшают регуляцию ЦНС, физиологических функций двигательного аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной, выделительной и других систем. Физические упражнения способствуют поддержанию высокого уровня резервной щелочности крови, содействуют сохранению особых, специфических свойств мышц, приобретаемых в результате систематической мышечной работы.

• Другие мероприятия по улучшению работоспособности дают лишь **кажущееся увеличение работоспособности** за счет мобилизации резервов, защищенных вегетативной нервной системой. Эту защиту можно преодолеть при особой мотивации, в экстренных ситуациях, под действием фармакологических препаратов. Такие биологически активные вещества влияют на организм неодинаково: их действие зависит от вида физической нагрузки, курсового или однократного введения, а также может давать побочные эффекты. При этом результаты некоторых исследований отмечают эффективное действие веществ растительного происхождения и витаминно-минеральных комплексов.

Фармакологические средства повышения работоспособности обычно разделяют на четыре основные группы:

1) истощающего (мобилизующего) действия;

2) неистощающего (экономизирующего, метаболического действия);

3) смешанного действия;

4) оказывающие вторичное положительное влияние на работоспособность путем частичного устранения снижающих работоспособность симптомов.

Наибольшее практическое значение имеют препараты первой ивторой групп.

1. К препаратам первой группы относятся **психомоторные стимуляторы:** *сиднокарб, фенамин, кофеин.* Для этих препаратов характерна активация медиаторного звена с быстрой мобилизацией функциональных резервов организма для энергетического обеспечения выполняемой деятельности. Однако применение таких препаратов ограничено из-за ряда недостатков, среди которых выделяют высокую степень индивидуальной вариабельности действия, зависимость эффекта от степени утомления, необходимость длительного отдыха после применения препаратов, избыточную активацию симпатической нервной системы.

2. К препаратам второго типа относятся актопротекторы *(бемитил, томерзол, яктон);* **стероидные и нестероидные анаболики; адаптогены** – препараты растительного происхождения *(элеутерококк, женьшень),* повышающие неспецифическую резистентность организма к широкому спектру стрессовых воздействий; **энергетические соединения** *(витамины, аминокислоты, макроэргические соединения).* Препараты второй группы имеют метаболический механизм действия, они не вызывают истощения резервных возможностей организма и могут применяться в течение длительного времени.

Исходя из механизмов развития утомления и снижения работоспособности оптимальным является применение препаратов неистощающего (метаболического) действия. Основными путями фармакологической коррекции работоспособности при длительной физической нагрузке умеренной интенсивности могут стать: активация глюконеогенеза, активация проникновения глюкозы в клетку и прохождения неэтерифицированных жирных кислот в митохондрии, борьба с лактацидемией и ацидозом, восполнение дефицита субстратов и электролитов, поддержание сопряжения процессов окисления и фосфорилирования.

4.5.2. Умственная работа

Умственный труд сопряжен с работой корковых структур полушарий головного мозга. В интеллектуальном труде преобладает информационный компонент. Важна и психическая составляющая. Для такого рода труда особую роль играют две группы психических явлений: психические процессы, включающие такие важные функции, как внимание, память, эмоции и другие, а также психические свойства личности работающего, его индивидуально-типологические особенности, интересы, способности. В умственном труде большую роль играют такие элементы психической деятельности, как психические акты, связанные со зрительным и слуховым восприятием, волевые, сенсомоторные акты. Все виды интеллектуального труда включают высшие психические функции внимания и памяти, а сам процесс умственного труда состоит из трех основных компонентов: восприятия, переработки информации и принятия решений.

Умственная деятельность характеризуется значительным разнообразием, но, учитывая ее специфику (мозг является не только регулирующим, но и работающим органом), влияние такой работы прежде всего будет сказываться на функциональном состоянии ЦНС. Первичные функциональные изменения при умственном труде в организме обнаруживаются в процессах нервной регуляции, прежде всего в динамике изменений высшей нервной деятельности. Протекание психических процессов сопровождается активацией соответствующей функциональной системы. Так, во время интеллектуальной деятельности процессы активации развиваются во многих зонах мозга, захватывая и левое, и правое полушария. При различных видах деятельности (перцептивной, моторной и т. п.) в разных областях коры развиваются локальные процессы активации.

Умственная деятельность у человека сопровождается изменениями функционального состояния различных органов и систем организма. Она связана с деятельностью нервных клеток головного мозга, которая сопровождается усилением расхода энергии. Но это не всегда отражается на общем энергетическом балансе организма. Экспериментально установлено незначительное повышение показателей газообмена при умственной работе.

Интеллектуальная деятельность отражается на определенных нейродинамических, нейрофизиологических состояниях головного мозга. Эти состояния могут выражаться в виде усиления кровоснабжения мозга, повышения энергетического обмена нервных клеток, изменения показателей биоэлектрической активности мозга. Любая умственная деятельность сопровождается нервно-психическим напряжением, поскольку информация несет не только осведомляющую, но и большую эмоциональную нагрузку. Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, вызывает повышение активности симпатико-адреномедуллярной, гипоталамо-гипофизарной и адренокортикальной систем, поскольку эти системы играют ведущую роль в механизмах эмоций. Повышение их активности проявляется в усилении секреции катехоламинов и

глюкокортикоидов. Поэтому нервно-психическое напряжение сопровождается усилением деятельности сердечно-сосудистой системы и дыхания, повышением тонуса мускулатуры, энергетического обмена.

Таким образом, повышение суммарных затрат у человека при умственной деятельности определяется степенью нервно-психической напряженности. Обычные показатели, характеризующие функциональное состояние отдельных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, ЦНС), не отражают интенсивности умственной работы человека.

Кратковременная интенсивная умственная работа вызывает учащение сердечных сокращений, длительная работа – их замедление. При интеллектуальном труде незначительно повышается кровяное давление, увеличивается кровенаполнение головного мозга, усиливается электрическая активность мышц, отражающая напряжение скелетной мускулатуры. Различно выраженные сдвиги вегетативных функций при умственной работе могут быть объяснены различным эмоциональным напряжением человека, связанным с условиями работы. Реакции со стороны вегетативных функций при нервно-психическом эмоциональном напряжении аналогичны реакциям, сопровождающим физическую работу (тахикардия, повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение легочной вентиляции, потребления кислорода, повышение температуры тела и др.). При умственной работе, сопровождающейся нервно-психическим, эмоциональным напряжением, вегетативные сдвиги не носят специфических черт по сравнению с физической работой, они различаются количественными характеристиками.

Следовательно, отличия умственной и физической работы находятся преимущественно в сфере изменений нейрофизиологических и психических процессов.

• К умственному труду принято относить работы, требующие преимущественного напряжения ЦНС, психических функций и эмоциональной сферы, при небольшом компоненте мышечной деятельности. С учетом психофизиологических особенностей выделяют следующие **группы умственного труда:**

1) труд с преимущественным напряжением мыслительных процессов, при которых работы выполняются по заранее разработанному алгоритму. К этой группе относятся такие профессии, как инженер, экономист, канцелярский работник;

2) управленческий труд, характеризующийся нерегулярностью нагрузок, необходимостью принятия нестандартных решений, возможностью возникновения конфликтных ситуаций. Это труд руководящих работников, преподавателей;

3) творческий труд, для которого характерно создание новых алгоритмов деятельности, а также присутствие повышенного нервно-эмоционального напряжения. Таким трудом занимаются научные работники, общественно-политические деятели, деятели культуры и искусства;

4) операторский труд;

5) труд учащихся, отличающийся особым напряжением внимания

и памяти, высокими нервно-эмоциональными нагрузками.

А. С. Егоров и *В. П. Загрядский* так охарактеризовали **основные типы умственного труда:**

1) сенсорный тип – прием информации по одним каналам связи и передача ее в практически неизмененном виде по другим каналам;

2) сенсомоторный тип – прием информации главным образом директивного характера, выработка стандартного ответа. При преимущественно сенсорном виде к человеку поступает большое количество сигналов, каждый из которых несет небольшую часть информации. В ответ происходит стандартное моторное действие (по типу «да – нет»). При преимущественно моторном виде к человеку поступает последовательная цепь сигналов или имеется уже заранее заданная последовательность действий, в ответ на которые производится большое количество статических или динамических реакций, часто автоматизированного характера;

3) логический тип – прием информации, ее переработка, выработка решений. Для этого типа характерно большое число логических условий, и его можно подразделить на следующие подтипы:

а) со стандартным видом деятельности – работа ограничена определенным кругом заранее известных логических условий, в ответ на которые вырабатываются стандартные реакции;

б) с нестандартным видом деятельности – имеется большое количество логических условий, которые не всегда могут быть заранее предусмотрены, введение которых нарушает обычную последовательность действий;

в) с эвристической деятельностью – процесс творческого мышления, позволяющий находить оптимальные решения из ряда логически обусловленных вариантов (поиск основан на сложных ассоциациях, связанных с опытом, знаниями, с типологическими особенностями нервной системы человека).

• **Процесс адаптации к умственной деятельности** имеет свои особенности. Умственный труд отличается нагрузкой на высшие психические функции (память, внимание, мышление), высокими нервно-эмоциональными нагрузками, ограниченным двигательным режимом. Часто информационная и семантическая структура деятельности вплотную приближается к возможности человека по осуществлению операций переработки информации или даже превосходит ее, что в конечном итоге ведет к развитию состояния напряженности, когда нарушается адекватность степени мобилизации функций выполняемой деятельности. Так, в умственном труде часто объем информации, подлежащей переработке, превосходит пропускную способность отдельных звеньев функциональной системы. Большой объем «алфавита» или сложность кода переработки информации создают высокую нагрузку на центральные звенья функциональных систем, что может проявляться в напряжении отдельных психофизиологических функций. Степень активации отдельных структур функциональных систем в основном обусловливается возникновением эмоциональных реакций, которые могут быть зарегистрированы по изменениям эндокринных функций, деятельности сердечно-сосудистой системы и т. д.

Эти особенности умственного труда обусловливают формирование сложной системы физиологических и психических регулирующих структур. Оно может быть

выражено в виде активации имеющихся связей, перестройки или образования новых связей и ломке старых.

При различных типах умственной деятельности происходит активация различных участков коры головного мозга и подкорковых образований. Отражением сложных активирующих и тормозных процессов в коре и других отделах ЦНС является изменение ЭЭГ и психофизиологических показателей.

В процессе осуществления оценочной, мотивационной деятельности, связанной с выбором альтернатив, направленной организацией новых видов деятельности в соответствии с доминирующей потребностью, возникает эмоциональное напряжение. Эмоциональная активация – необходимое звено при решении субъективно сложных мыслительных задач, при этом эмоциональное решение задач опережает их интеллектуальное решение. Таким образом, эмоции выступают в роли организатора целенаправленной умственной деятельности, хотя наличие вызванной ими активации отнюдь не гарантирует достижения верного результата.

Умственная деятельность, требующая выбора альтернатив, решения новых задач, в большей степени включает механизм, вызывающий через лимбико-ретикулярную систему повышение уровня готовности к действию и облегчающий совершение этого действия. Кроме того, лимбико-ретикулярная система играет важную роль в механизмах активации ЦНС и повышения эффективности умственной деятельности. Еще одним важным механизмом обеспечения эффективности умственной деятельности является увеличение кровотока в активно работающих нервных центрах.

Эти изменения происходят благодаря тому, что во время напряженной умственной работы создается функциональная система, объединяющая высшие нервные центры, которые осуществляют работу непосредственно, и вегетативные нервные центры, которые регулируют поддержание эффективной умственной деятельности.

Таким образом, колебания психофизиологических параметров и изменения вегетативных систем носят адаптивный характер и обеспечивают необходимый уровень функционирования физиологических систем путем перемежающейся оптимизации их активности. С повышением интенсивности умственной деятельности происходит перестройка функциональной системы: снижается уровень активности неспецифических функций, возбудимость ЦНС, уравновешенность нервных процессов, активность нервно-мышечного аппарата. В то же время специфические для умственной деятельности высшие психические функции обладают определенной устойчивостью. Чтобы обеспечить возросшую нагрузку, включается такой физиологический механизм, как увеличение межфункциональных связей.

• **Умственная работоспособность** представляет собой многомерное понятие, включающее в себя три основных компонента: **временную нагрузку, нагрузку усилия, нагрузку психологического стресса.** Показателями умственной работоспособности считают продуктивность, точность, скорость работы, точность и скорость выполнения определенных операций. Однако для различных типов сложно выделить единые показатели умственной работоспособности. Например, у лиц операторских профессий, труд которых характеризуется высокими требованиями, предъявляемыми к восприятию, мышлению, нервно-эмоциональным напряжением, работоспособность зависит от уровня психофизиологических функций, прежде всего внимания и памяти, подвижности нервных процессов, скорости реакции.

При умственном труде вначале наблюдается повышение чувствительности анализаторных систем, в том числе зрительной и слуховой. Рядом исследователей установлено, что деятельность психических функций под влиянием умственной работы претерпевает, как правило, фазные изменения. В начале работы внимание, запоминание, скорость выполнения тестовых задач и профессиональная работоспособность обычно изменяются в сторону улучшения. Значительная же умственная нагрузка обычно оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность. При этом количественные и качественные показатели работоспособности падают. Снижается лабильность зрительного анализатора. Обнаруживается ухудшение функций внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия, что сопровождается большим числом ошибок. В творческом труде снижение работоспособности может проявляться в появлении стереотипности и шаблонности.

• **Снижение работоспособности** и развитие утомления при умственном труде проходит через те же фазы, что и при физическом. Принципиальных различий в кривой работоспособности при физическом и умственном труде нет. Они имеются лишь в адекватных показателях умственной и физической работоспособности.

В **первый период** – период врабатываемости, длящийся от нескольких минут до одного часа – происходит постоянное повышение работоспособности с определенными колебаниями производительности работы, обусловленными поиском адекватного способа действия. Психофизиологическое содержание этого периода состоит в формировании рабочей доминанты (объединении нервных центров в функциональную, целостную систему), регуляции важнейших для выполнения работы функций, выработке и усвоении оптимального ритма работы. Все это сопровождается определенными функциональными сдвигами и нервно-психическим напряжением.

Второй период – оптимальной работоспособности – характеризуется стабильной умственной работоспособностью. При этом изменения показателей функций организма адекватны нагрузке и лежат в пределах физиологической нормы.

За ним следует **третий период** – полной компенсации, который наступает незаметно и постепенно. Здесь возникают начальные признаки утомления, которые могут компенсироваться волевым усилием человека и положительной мотивацией к работе. В этом периоде нет внешнего снижения работоспособности, а утомление проявляется в виде чувства усталости, наблюдаются большие сдвиги вегетативных функций.

Во время **четвертого периода** – неустойчивой компенсации – нарастает утомление, снижается работоспособность, но волевое усилие человека может поддерживать ее на каком-то заданном уровне. Степень снижения работоспособности и способность к ее компенсации зависят от индивидуальных особенностей. В этот период выражено чувство усталости, наблюдаются многообразные изменения показателей функций различных систем, особенно тех, которые обеспечивают выполнение работы, и психических функций, которые в структуре данной деятельности имеют решающее значение. Изменения в других системах имеют регуляторное или компенсационное значение.

Пятый период – период прогрессивного снижения работоспособности – отличается быстро нарастающим утомлением, которое выражается в снижении продуктивности умственной работы, функциональных сдвигах, неадекватном выполнении работы. Во время этого периода человек не в состоянии волевым усилием компенсировать снижение работоспособности.

• **Возрастные особенности умственной работоспособности.** Следует заметить, что, по результатам некоторых исследований, тренировка профессионально значимых функций организма человека в процессе трудовой деятельности способна нивелировать их возрастные изменения и сохранить, а иногда и повысить надежность умственной деятельности у лиц старшего возраста, часто за счет снижения общей производительности труда.

• **Методы повышения умственной работоспособности.** Важнейшим средством поддержания высокой работоспособности служит чередование умственного труда с физическим. Наилучшие результаты дает включение легкой физической нагрузки в середине или после окончания умственной работы, особенно если двигательная активность недостаточна.

Основные условия продуктивности умственной работы были сформулированы *Н. Е. Введенским* еще в 1911 году:

1) в работу нужно входить постепенно;

2) необходимо соблюдать определенный ритм работы, что способствует выработке навыков и замедляет утомление;

3) деятельность должна быть последовательной, следует регулировать, организовывать и планировать работу;

4) важно правильное чередование труда и отдыха, с учетом большой роли активного отдыха;

5) деятельность должна быть систематической.

Оптимальная умственная работа и стабильность высших психических функций обеспечиваются соответствующим уровнем функционирования ЦНС и вегетативной активации. Результаты исследований показывают, что наиболее существенные изменения в функциональном состоянии организма проявляются не столько под влиянием непосредственно умственной работы в обычных условиях, сколько при воздействии различных неблагоприятных факторов, особенно эмоциогенных. Поэтому большая роль принадлежит также созданию благоприятного психологического климата на производстве, учету и внедрению эргономических основ организации рабочего места.

В качестве других методов повышения умственной работоспособности указывают на применение аутогенных тренировок, использование определенной цветовой гаммы и цветозвуковых воздействий, оказывающих благотворный эффект, употребление тонизирующих средств.

4.5.3. Утомление

Интенсивная или длительная работа ведет к развитию утомления, причина которого – недостаточность процессов восстановления физиологических затрат.

Утомление – совокупность временных изменений в физиологическом и психологическом состоянии человека, развивающихся в результате напряженной или продолжительной деятельности и ведущих к ухудшению количественных и качественных

показателей работы и дискоорди-нации физиологических функций, повышающих физиологическую стоимость работы.

Характер нарастания утомления и его конечная величина зависят от индивидуальных особенностей работающего, обстоятельств протекания работы, условий внешней производственной среды. Утомляемость связана с индивидуальными особенностями человека (физическое развитие, состояние здоровья, возраст, интерес к работе, мотивация, волевые черты характера). От них зависит то, как человек переживает утомление и справляется с ним на разных его стадиях.

• **Причины утомления.** Они многообразны. В зависимости от конкретных условий на первое место выступают те или иные факторы. В течение дня утомление наступает при любом виде деятельности и является одним из факторов включения механизмов сна, во время которого протекают важные восстановительные физиологические процессы, препятствующие кумуляции утомления – переутомлению. При утомлении формируется сложный комплекс изменений в организме. Имеет место снижение функциональных резервов работающих органов (рецепторов, нервных центров, мышц), что генерирует сигналы для прекращения деятельности. При этом важную роль, по-видимому, играет развитие торможения в коре головного мозга, с которым можно связывать такие ощущения и состояния, как нежелание работать, общая слабость, сонливость и др. Не меньшее значение имеют и сигналы от эффекторных органов – боль и другие неприятные ощущения в работающих мышцах. Так, силовая работа и статические напряжения вызывают утомление чрезвычайно быстро, поскольку оно обусловлено интенсивными потоками проприо– и хеморецепторных импульсов от мышц, а также возбуждениями корковых центров при формировании волевых импульсов к сокращению. Поскольку при статических напряжениях потоки возбуждений корковых центров непрерывны, в состоянии нервных центров складывается ситуация, при которой очень быстро возникает утомление. При динамической деятельности, когда периоды возбуждения чередуются с периодами торможения (во время напряжения мышц-антагонистов), утомление развивается значительно медленнее и ведущую роль в этом процессе играют различные причины в зависимости от интенсивности работы.

Утомление – сложная приспособительная функция организма. Его тонкие нейрофизиологические механизмы до конца не ясны. Накопление в мышцах молочной кислоты не объясняет все сложные процессы, развивающиеся в организме при утомлении, хотя важная роль метаболитов учитывается. Например, установлено, что выраженное утомление может иметь место без избытка молочной кислоты в крови.

• **Центрально-корковая концепция утомления.** Автор (*В. В. Розенблат*) предполагает, что основная роль при развитии утомления принадлежит не периферическим, а центральным процессам. Таким образом, наблюдаемые при утомлении многообразные сдвиги в состоянии периферических аппаратов являются вторичными и зависят от изменения установочного влияния нервных центров. Первичное звено центрального механизма имеет корковую природу и представляет собой сдвиги в кортикальных аппаратах, где важную роль играет и процесс торможения, особенно в кортикальном звене двигательного аппарата.

Характер трудовой деятельности отражается на особенностях утомления, так как функциональные изменения преимущественно локализуются в звеньях, несущих наибольшую нагрузку. Поэтому в зависимости от вида выполняемой работы выделяют умственное и физическое утомление, различие между которыми определяется соотношением глубины функциональных изменений в отдельных рецепторах, отделах

ЦНС, мышцах. Утомление, развивающееся при различных видах деятельности, имеет общие особенности.

Утомление и работоспособность тесно взаимосвязаны. При определенных условиях снижение работоспособности под влиянием работы характеризует степень утомления. Но при этом на взаимоотношения между работоспособностью и утомлением влияют также мотивация, уровень активации, условия производственной среды. Проявление утомления тесно связано с фазами текущей работоспособности, которые можно в целом охарактеризовать как изменения ответа организма на требования, предъявляемые характером деятельности. Эти изменения формируются под влиянием ЦНС, в основном в результате повышения уровня функционирования лимбико-ретикулярной системы и регулируемых ею вегетативного отдела нервной системы и эндокринной системы, что ведет к повышению текущей работоспособности благодаря повышению интенсивности деятельности всех звеньев функциональной системы. По мере снижения функциональных резервов развивается утомление, являющееся системой сдерживания от чрезмерных затрат. Для реализации волевого усилия, компенсирующего утомление, происходит дополнительное включение в работу нервных центров и мышц-синергистов, а как следствие этого – активация физиологических механизмов усиления деятельности вегетативных отделов нервной и гормональной систем, обеспечивающих активационные процессы у человека.

Утомление – биологически целесообразный процесс, который, с одной стороны, сигнализирует о необходимости прекращения работы, а с другой – является необходимым условием повышения тренированности организма.

• **Критерии утомления.** При *субъективной оценке* утомление организма – это особое, своеобразно переживаемое психическое состояние, называемое усталостью и имеющее несколько составляющих: слабосилие, проявляющееся в невозможности продолжать работу требуемой интенсивности; расстройство внимания; нарушения в моторной сфере, сказывающиеся в замедлении или беспорядочной торопливости движений; ухудшение памяти, мышления; ослабление воли; сонливость и др. Субъективные проявления отражают состояние объективных процессов в сознании или ощущениях самого человека. Тем не менее субъективные оценки утомления зависят от мотивации, заинтересованности в выполняемой работе, уровня притязаний и степени ответственности при выполнении задания, сложности выполняемой деятельности.

К *объективным критериям* утомления относятся две группы оценок:

– изменения эффективности работы;

– изменения в различных физиологических системах, сопутствующие развитию утомления.

Утомление приводит к напряжению выполнения тех операций, которые требуют максимальной мобилизации внимания. Длительная нагрузка, приводящая к утомлению, вызывает определенные сдвиги в частотной структуре различных физиологических функций. Общим является замедление ритмических процессов, происходящих в организме, – сердечного ритма, поверхностной электромиограммы мышц диафрагмы и др.

Переутомление. Для многих видов умственного труда характерны небольшие изменения функций организма и текущей работоспособности в течение дня, т. е. формальное отсутствие выраженного утомления. Несмотря на это, динамические

исследования (проводимые в течение месяца, года) показывают постоянное накопление неблагоприятных сдвигов, отражающихся и на работоспособности. Такие сдвиги обозначают как хроническое утомление, описанное у школьников, студентов, операторов и др., для работы которых характерно высокое, длительное нервно-эмоциональное напряжение или его сочетание с влиянием других неблагоприятных факторов. Хроническое утомление возможно только при накоплении неблагоприятных сдвигов, когда восстановительные процессы недостаточны для полной нормализации функций организма и его работоспособности. Поэтому, как правило, хроническое утомление является переутомлением.

• **Критерий переутомления** – снижение работоспособности, вызванное работой, которое не проходит во время после рабочего отдыха. Причины кумуляции неблагоприятных функциональных изменений можно разделить на несколько категорий. Прежде всего это высокое напряжение в процессе работы, обусловленное непосредственно трудовым процессом или его сочетанием с влиянием неблагоприятных факторов производственной среды, низкий уровень здоровья, хронические заболевания. Важное значение имеет недостаточность восстановительных процессов после работы, связанная с погрешностями режима дня и жизни в целом – недостаточная длительность и качество сна, малая двигательная активность, нарушение питания, загруженность домашней работой, конфликтные ситуации. При хроническом утомлении проявляются функциональные нарушения – астеновегетативный синдром, вегетососудистая дистония, ухудшение функций ЦНС. Кумуляция утомления оказывает неблагоприятное влияние на организм, способствуя возникновению ряда общих заболеваний или обострению хронических. Перенапряжение и переутомление развиваются также при неблагоприятном сочетании интенсивности и длительности работы.

• **Профилактика переутомления** должна быть тесно связана с мерами обеспечения высокой эффективности труда, не ведущей к перенапряжению и переутомлению. Соответственно природе того или иного вида утомления оказываются целесообразными и разные методы его снятия. Так, для *острого утомления* – это само прекращение текущей деятельности и обычный сон, для *хронического* – изменение режима дня и отдыха, общее снижение трудовой нагрузки, повышение мотивации и положительные эмоции, более или менее продолжительный отдых с прекращением профессиональной деятельности и заполнением досуга дополняющими и разнообразными по содержанию формами активности.

В целом же меры по профилактике переутомления можно разделить на несколько групп:

1) меры, направленные на повышение истинной, максимальной, но не ведущей к перенапряжению работоспособности – рациональное обучение и адаптация к условиям работы в целом, а при более тяжелых обстоятельствах – реадаптация после длительного перерыва в работе;

2) меры сохранения и укрепления здоровья, включающие рациональный режим дня, сбалансированное питание, отказ от вредных привычек, своевременное лечение болезней;

3) периодические профилактические осмотры;

4) отбор на профессии, предъявляющие высокие требования к организму работающего;

5) оптимизация производственной среды с учетом эргономических требований;

6) средства стимуляции восстановительных процессов, к которым относятся увеличение длительности отдыха, прогулки, лечебная физкультура и другие лечебно-профилактические процедуры, использование фармакологических средств.

4.6. Рациональная организация учебного и трудового процессов

Оптимизация трудового процесса должна быть направлена на сохранение высокого уровня работоспособности человека и устранение хронической нервно-эмоциональной напряженности. Поэтому трудовой и учебный процессы должны строиться с учетом физиологических особенностей и механизмов работоспособности.

Научно обоснованные режимы труда и отдыха должны быть направлены на ускорение процесса врабатывания, достижение максимального периода устойчивой работоспособности. Для этого при их составлении нужно принимать во внимание суточную периодику функций. Большое значение имеет и создание четкого ритма работы, так как он способствует большей экономичности затрат нервной и мышечной энергии человека, а следовательно, замедляет развитие утомления. Физиологически оправданно и необходимо введение регламентированных перерывов для восстановления, производственной гимнастики, музыкальных передач.

• **Гимнастика.** Вводная пятиминутная гимнастика, музыка, настраивающая физиологические функции на оптимальный рабочий уровень, способствуют ускорению вхождения в работу. В результате гимнастики увеличивается подвижность нервных процессов возбуждения и торможения. Вводная гимнастика должна включать упражнения, активизирующие деятельность организма, способствовать сосредоточению внимания, имитировать движения, применяемые во время трудового процесса. Темп выполнения упражнений должен быть несколько выше темпа обычной работы. Комплекс вводной гимнастики состоит из 6–8 упражнений, сопровождающихся соответствующей музыкой. Для малоподвижных работ рекомендуют введение ранних физкультурных пауз – через 15–20 мин после начала работы.

• **Перерывы.** Чем тяжелее и напряженнее труд, тем ближе к началу работы должны быть введены регламентированные перерывы на отдых (5–7 мин на легких работах и до 30 мин на тяжелых). Введение перерыва на обед предотвращает снижение работоспособности. Таким образом, моменты падения работоспособности должны быть «вехами» для установления перерывов. Однако несвоевременное введение перерывов тоже может привести к снижению работоспособности. Так, перерыв в работе на стадии устойчивой или пониженной работоспособности вызывает возвращение работоспособности к уровню предыдущей стадии – стадии врабатываемости. Во второй половине дня количество перерывов должно быть больше, при особо тяжелом режиме работы рекомендуется сочетание 15–30 мин работы с отдыхом той же продолжительности.

Во время перерывов отдых должен быть активным (пассивный отдых возможен только на тяжелых физических работах), обеспечивать переключение нагрузки с утомленных нервных центров и органов на бездействующие или менее загруженные в процессе труда. Так, во время отдыха необходимо сменить позу, перераспределить основные и вспомогательные трудовые операции различной степени сложности. Помогает и перемена рабочих мест. Для устранения монотонности труда рекомендуют укрупнение операций, увеличение их содержательности. В то же время при чередовании операции не

должны нагружать одни и те же органы и группы органов. Они должны различаться рабочей позой, степенью нагрузки на разные звенья двигательного аппарата. При этом исследования показывают, что лучший результат достигается при смене более интенсивных нагрузок на менее интенсивные, а также при снижении их темпа и степени монотонности. Например, предварительное статическое напряжение мышц-сгибателей не только не уменьшает, но и увеличивает последующую динамическую работу.

Эффективность введения перерывов и гимнастики подтверждается рядом работ. Так, основываясь на данных психофизиологического обследования проектировщиков, исследователи предложили ряд мер по рационализации режима труда, которые включали в себя увеличение числа регламентируемых перерывов на отдых. При этом рекомендовалось делать не частые, но более продолжительные перерывы, а последний из них должен был быть активным – с включением производственной гимнастики. После внедрения этих рекомендаций наблюдалось повышение показателей работоспособности.

• **Музыка.** Еще одно из средств рационализации трудовых процессов – функциональная музыка, непосредственно сопровождающая трудовые процессы в производственной обстановке с целью повышения работоспособности трудящихся. В основе благотворного влияния музыки на жизнедеятельность организма лежит ее способность вызывать положительные эмоции и стимулировать ритмику деятельности всего функционального аппарата организма, особенно опорно-двигательной системы, благодаря чему достигается экономичный режим работы нервных центров. В качестве функциональной музыки обычно используют спортивные песни, марши, ритмические танцевальные и эстрадные произведения. График и продолжительность музыкальных передач могут варьировать.

Несмотря на благоприятное влияние функциональной музыки на работоспособность, там, где в процессе работы требуется значительная концентрация внимания или имеет место загрузка умственной работой, функциональная музыка противопоказана. Не рекомендуют ее применять и в сфере умственного труда, хотя возможны отдельные музыкальные передачи в перерывах, а также до начала работы и после ее конца.

• **Режимы труда.** Помимо вышеперечисленных способов внесения изменений в режим труда, очень важное значение имеет соответствие суточных и недельных режимов труда периодическим изменениям работоспособности. Поэтому, поскольку наивысший уровень работоспособности наблюдается в дневные и утренние часы, а в среднем – в интервале 9-20 ч, то необходимо организовать трудовые процессы именно в это время суток, по возможности максимально сократив ночные смены.

При составлении недельного режима труда также следует учитывать динамику работоспособности. Работоспособность увеличивается постепенно в первые три дня в связи с постепенным входом в работу, достигает своего наивысшего уровня на третий, четвертый день недели и затем снижается, резко падая к субботе. Поэтому рабочая неделя не должна быть больше шести дней. Пятидневная рабочая неделя вполне оправданна. Учитывая длительный период врабатывания в начале недели, нецелесообразно перегружать работой первые два дня, вместе с этим не следует вводить выходные в середине недели, чтобы не нарушать устойчивый рабочий стереотип. По этой же причине и для полного восстановления дни отдыха нужно предоставлять подряд.

• **Условия рабочей среды.** Кроме того, удовлетворение условий производственной среды физиологическим, эстетическим, эргономическим требованиям, устранение

психологической разобщенности и создание благоприятного психологического климата в рабочем коллективе в большой степени определяют эффективность мер по рационализации трудового процесса. Поскольку положительные и отрицательные эмоции оказывают немаловажное влияние на работоспособность, следует стимулировать положительные эмоции. Одной из мер такой стимуляции может служить эстетизация производственной среды. Так как воздействие на психику работающих идет в первую очередь через зрительный анализатор, целесообразно правильно подбирать цветовое, архитектурное, световое оформление производственных помещений.

• **Рационализация учебного процесса.** Современная система профессионального обучения также должна основываться на всестороннем учете закономерностей психических, психофизиологических и физиологических процессов, на использовании современных принципов педагогики и дидактики. С физиолого-эргономической и психофизиологической точек зрения система обучения включает профессиональный психофизиологический отбор обучающихся, собственно обучение и тренировку для закрепления профессиональных навыков и знаний.

Разработка рациональных методов профессионального обучения человека должна основываться на общих закономерностях умственной и двигательной деятельности, т. е. на известных понятиях о формировании ассоциаций, образа, динамического стереотипа. При этом возникает необходимость создания научной основы оптимизации процессов обучения, которая позволила бы планомерно подводить обучаемых к требуемому уровню квалификации за минимальное время.

В конкретных мероприятиях по рациональной организации учебного процесса рекомендуют упорядочивать учебную нагрузку, изымая излишне сложный и второстепенный материал, обеспечивать более высокий уровень обучения. Для лучшего хода учебного процесса важно учитывать необходимость правильного чередования работы и отдыха, последовательности и систематичности подачи материала. Благоприятный эффект оказывает и использование в режиме учебных занятий оздоровительных элементов (гимнастики, физкультурных пауз), отдаляющих утомление и повышающих работоспособность.

Большую роль играет переключение с одного вида деятельности на другой, чередование мыслительной деятельности с незначительной физической нагрузкой. Правильная организация учебной деятельности, систематические упражнения и тренировка способствуют совершенствованию и автоматизации навыков умственной работы, что, в свою очередь, облегчает ход учебного процесса.

4.7. Профессиональный отбор

Профессиональный отбор – комплекс мероприятий, направленных на выявление лиц, наиболее пригодных к обучению и последующей трудовой деятельности по своим моральным, психофизиологическим и психологическим качествам, уровню необходимых знаний и навыков, состоянию здоровья и физического развития. Профессиональный отбор предусматривает оценку у конкретного индивидуума состояния здоровья, физического развития, уровня общеобразовательной подготовки, социальных, профессиональных способностей.

• **Профессиональный отбор** осуществляется путем проведения медицинского, психологического, образовательного и социального отборов.

• **Медицинский отбор** направлен на выявление лиц, которые по состоянию здоровья и физического развития могут успешно овладеть профессией и в течение длительного времени эффективно выполнять профессиональные обязанности.

• **Психологический отбор** специалистов основывается на изучении состояния, степени развития, совокупности тех психических и психофизиологических качеств личности кандидатов, которые определяются требованиями конкретных профессий и специальностей и способствуют успешному их овладению и последующей эффективной рабочей деятельности.

• **Образовательный отбор** (изучение уровня подготовленности) предусматривает выявление у кандидатов необходимых знаний и навыков, профессионального опыта для обучения, освоения и совершенствования по избранной профессии.

• **Социальный отбор.** Его цель – оценка моральных качеств, некоторых социально-демографических характеристик, организаторских способностей, общественной активности, мотивов выбора профессии, интересов, отношений в коллективе, устойчивости к воздействию социальных факторов профессиональной деятельности, способности адаптации к производственной среде.

• **Организационно-методические рекомендации.** Необходимо соблюдать принцип научной обоснованности рекомендаций по отбору. Организационно-методические рекомендации по профессиональному отбору, по *К. К. Платонову,* должны исходить из:

а) целесообразности его проведения на определенную профессию;

б) конкретного содержания задачи отбора (прогнозирование пригодности к обучению или к деятельности);

в) характеристики контингента;

г) профессиональных требований к кандидатам;

д) валидности и надежности методик оценки профессионально важных качеств;

е) критериев прогнозирования профессиональной пригодности;

ж) эффективности разработанных рекомендаций по профессиональному отбору;

з) организационных форм проведения профессионального отбора.

Рекомендации по отбору специфичны для каждой конкретной профессии.

• Систему профессионального отбора следует разрабатывать, если для этого сложились следующие условия:

1) наличие людей, испытывающих затруднения в освоении данной профессии до требуемого уровня в заданные сроки;

2) ответственность и опасность профессии для специалиста и для окружающих;

3) большая стоимость, сложность и сжатые сроки профессионального обучения;

4) преобладание числа кандидатов над числом вакансий.

• **Процедура** профессионального отбора (медицинского, психофизиологического, психологического) заключается в оценке состояния уровня развития качеств личности и функций организма, которые обеспечивают выполнение трудовых задач в определенных условиях профессиональной деятельности. Требования конкретной специальности обусловливают необходимость изучения состояния совокупности функций и качеств человека. Выполнение различных профессиональных задач, видов деятельности обеспечивается разными психофизиологическими качествами, функциями и требует своеобразного, достаточно определенного сочетания этих качеств. Поэтому важным этапом разработки системы профессионального отбора является обоснование профессиональных требований к кандидатам на обучение конкретным специальностям.

Таким образом, разработка, обоснование профессиональных требований должны предусматривать анализ содержания трудового процесса, изучение условий и организации труда, исследование динамики состояния психофизиологических функций в трудовом процессе.

Процедура обследования при профессиональном отборе предусматривает оценку состояния как отдельных физиологических функций, биохимических показателей, психофизических, психических и других качеств личности, так и ряда интегральных характеристик и свойств индивида, необходимых для обеспечения выполнения какой-либо конкретной профессиональной деятельности. В качестве приемов исследования используются методы субъективной и объективной оценки личности. Методы субъективной оценки основаны на получении сведений о тех или иных качествах индивида, проявляющихся в различных жизненных или экстремальных ситуациях. Методы объективной оценки объединяют клинико-физиологические, электрофизиологические, психофизиологические методики, психологические тесты, приемы оценки физического развития и физической подготовленности. Клинико-физиологические и электрофизиологические методики включают обширную группу методических приемов исследования вегетативных и соматических функций организма, широко используемых в клинической практике и трудовой экспертизе. Психофизиологические методики направлены в основном на изучение состояния некоторых параметров анализаторных систем организма, функций восприятия сигналов, особенностей ней-родинамики и психомоторики, типологических особенностей высшей нервной деятельности.

• **Методики** профессионального отбора должны отвечать следующим **требованиям:**

1) валидность (указывает, что и насколько точно измеряет методика);

2) надежность – постоянство результатов, полученных при повторных и равных условиях обследования одного и того же лица;

3) дифференцированность – каждая методика должна быть направлена на оценку определенных психических функций или их совокупности.

Кроме этого, следует соблюдать правила научной обоснованности, объективности, стандартизированности и практичности при разработке методик.

Одной из форм проведения профессионального отбора является групповое обследование нескольких десятков человек одновременно. Как правило, для прохождения всех этапов и комиссий приема формируется группа кандидатов по 30–50 человек. Клинико-физиологическое обследование и изучение состояния ряда психофизиологических функций (координация движений, скорость и точность сенсомоторных реакций, функции слежения, проприоцептивная чувствительность) проводятся индивидуально. Индивидуально ведется и беседа с каждым кандидатом. Важное значение для объективизации данных психофизиологических методик имеет соблюдение стандартности условий их выполнения.

Профессиональный отбор имеет большое значение для адаптации к деятельности по выбранной профессии и к условиям обучения. Ряд исследований показал, что лица, заранее выбравшие ту или иную специальность, гораздо легче адаптируются к особенностям трудового и учебного процессов, а также показывают более высокий уровень мотивации, в то время как неправильный или случайный выбор профессии может привести к социальной дезадаптации, нарушению психического здоровья.

Смысл жизни высококвалифицированных специалистов, работающих по призванию, состоит в возможности профессиональной самореализации.

4.8. Адаптация студентов к условиям обучения в вузе

Деятельность студентов относят к умственному труду. У студентов он имеет свои особенности, связан с процессом обучения и заключается в усвоении все возрастающего объема учебного материала, т. е. в накоплении знаний и развитии интеллектуально-эмоциональной сферы.

Адаптация студентов к обучению в вузе является актуальной современной проблемой, требующей внимания широкого круга специалистов: социологов, психологов, физиологов, гигиенистов, врачей и др.

Поступление абитуриента в вуз – это переломный момент в его жизни. Начало учебной деятельности в вузе связано с переходом организма человека на новый уровень функционирования. На студента начинает действовать комплекс достаточно интенсивных факторов, при адаптации к каждому из которых формируется своя функциональная система. При этом эффективность адаптации определяется психологическими характеристиками личности студента, физиологическими и биохимическими особенностями его организма. Вчерашний школьник, становясь студентом, попадает в новые условия, характеризующиеся интенсивной учебной нагрузкой, эмоциональным напряжением, особенно в сессионный период, а также сравнительно низкой двигательной активностью.

В процессе обучения в вузе на каждом последующем курсе процесс адаптации студентов имеет свои особенности. Это связано, в частности, с тем, что человек в данном возрастном периоде находится еще в стадии формирования. Не менее сложным этапом наряду с поступлением является и окончание вуза, когда человек находится на пороге вступления в «большую жизнь». Этот этап связан с дополнительными нагрузками на организм, преимущественно социально-психологического плана.

Проблема адаптации студентов тесно связана с вопросами их здоровья, профилактики заболеваний, вызванных условиями обучения в вузе и разработки способов коррекции состояния организма.

Психологическая адаптация. При изучении психодинамических (личностных) характеристик студентов необходимо учитывать и соединять в единое целое мотивационное, эмоционально-волевое и интеллектуальное развитие личности. Данный подход должен характеризовать психологические и социальные учебно-обусловленные формы поведения студентов: формирование навыков, умений, привычек, перестройку мотивов поведения, особенности темперамента, учебных способностей и сенситивности. Очень важную роль здесь играют возраст, пол, особенности телосложения (конституция) и т. д. При этом надо иметь в виду, что некоторые свойства личности при адаптации совершенствуются. Многие личностные особенности студентов следует изучать не только в условиях обычных учебных занятий, но и в экстремальных ситуациях – в период экзаменационной сессии. Это даст дополнительную информацию о студенте.

Знание психических адаптационных возможностей имеет большое значение для управления и формирования у студента волевых качеств и учебно-творческих мотивов.

Особенности личности накладывают отпечаток как на высшие психические, так и на физиологические функции. Поэтому важно раскрыть те личностные черты, которые способствуют психической адаптации, повышению работоспособности и качества обучения студентов, с одной стороны, и возникновению эмоционального дискомфорта, нервного переутомления и перенапряжения, невротического синдрома – с другой.

Социальная адаптация. Студент – это прежде всего личность, социальное существо. Ему постоянно приходится контактировать с другими людьми, с коллективом, в котором он учится. В таких условиях нервно-эмоциональное напряжение во многом определяется культурой межличностных отношений, психологическим климатом вколлективе.

Социальная адаптация студентов предполагает активное приспособление индивида к условиям социальной среды, а социальная автономизация – это реализация совокупности установок на себя, устойчивость в поведении и отношениях, которая соответствует представлению личности о себе, о ее самооценке. Главная функция социальной адаптации – принятие индивидуумом норм и ценностей новой социальной среды (группы, коллектива), сложившихся здесь форм социального взаимодействия, формальных и неформальных связей, а также форм предметной деятельности, например способов профессионального выполнения работ.

Таким образом, индивидуальные особенности психической деятельности студента, присущие ему личностные характеристики, интеллектуальное развитие, свойства темперамента, эмоционально-волевые качества, мотивации и т. п. играют важную роль в успешности адаптации к условиям обучения в вузе, наряду с физиологическими, морфологическими и биохимическими особенностями его организма.

• Факторы, к которым происходит адаптация студентов в процессе обучения в вузе, до сих пор изучены мало. Отдельные работы, посвященные этому вопросу, показали следующее:

1. Одним из факторов адаптации, приводящих к перегрузке студентов, является **большой объем разнообразной информации**, получаемой при изучении многочисленных учебных предметов, научный уровень которых все время возрастает, и напряженность труда.

В вузах нашей страны учебная загруженность студентов по академическим нормам, как правило, не должна превышать 36 ч в неделю. Однако в действительности она часто составляет 40–42 ч. При этом отмечается неравномерность распределения учебной нагрузки. Хронометражные наблюдения показывают, что рабочий день студентов на I и II курсах составляет в среднем 10 ч, они спят не более 7 ч в сутки, на самостоятельную работу приходится 3–4 ч. Обычно учебные задания выполняются по вечерам и выходным дням.

Напряженность труда – это характеристика трудовой деятельности, отражающая физиологическую стоимость нагрузки при психической работе. Под нервным напряжением мы понимаем активацию корковых структур, непосредственно участвующих в выполнении конкретной трудовой деятельности, причем чем ближе эта активация к максимально возможной, тем больше степень напряжения организма.

Основной причиной повышения напряжения организма студентов является высокая нагрузка на афферентные и центральные звенья функциональных систем.

2. Второй фактор – **стрессогенный.** Студент постоянно находится под воздействием эмоциональных факторов, связанных с достижением поставленной цели, преодолением трудных ситуаций. Учеба в вузе, особенно в период сессии, может привести к состоянию эмоционального стресса.

Экзаменационный период является критическим и сложным при адаптации студентов. Это один из вариантов стрессовой ситуации, протекающей в большинстве случаев в условиях дефицита времени и характеризующейся большой ответственностью с элементами неопределенности – сдаст студент экзамен или нет. Во время экзаменационной сессии интеллектуально-эмоциональной сфере студентов предъявляются повышенные требования. Степень напряженности в период экзаменов зависит от подготовленности студента и его личностных особенностей.

3. Следующий фактор адаптации студентов – **пониженная двигательная активность (гиподинамия)** – это труд в условиях работы с ограниченными движениями, сопровождающимися малыми мышечными усилиями. Термин «гипокинезия» применяется к труду, отличающемуся не только малыми усилиями и недостатком движений, но и низким уровнем затрат энергии на мышечную работу, локальным характером мышечных действий, длительной фиксированностью вынужденной рабочей позы, однообразием движений, упрощением и обеднением двигательной деятельности. Все это свойственно студентам. Гипокинезию можно рассматривать как фактор риска, имеющий значение для возникновения гипертонической болезни и некоторых других патологических состояний.

Физиологическая адаптация. Наблюдения специалистов свидетельствуют о том, что у студентов, находящихся длительное время в условиях информационных перегрузок, возникает так называемый **информационный невроз,** обусловленный необходимостью перерабатывать большой поток информации. Объем информации, подлежащий переработке, близок или превосходит пропускную способность отдельных звеньев нервной системы.

При адаптации студентов к условиям информационных перегрузок задействованы в основном центральная нервная система и вегетативная сфера.

Учитывая специфику напряженного умственного труда, при котором мозг является не только регулирующим, но и работающим органом, влияние его прежде всего сказывается на функциональном состоянии ЦНС.

Психическая деятельность реализуется всем мозгом, различные отделы которого функционируют дифференцированно. Разным по содержанию видам психической деятельности соответствуют определенные морфофизиологические субстраты, представляющие собой сложные функциональные системы, включающие многочисленные корковые и подкорковые структуры.

При этом процессы активации захватывают как специфические (анализаторные) образования, так и неспецифические структуры мозга. Сложность таких функциональных систем состоит в их многозвеньевых корково-подкорковых взаимоотношениях.

Первичные функциональные изменения в организме студента при напряженном умственном труде наступают прежде всего в динамике изменений высшей нервной деятельности. Локальные процессы активации развиваются во многих зонах мозга, захватывая левое и правое полушария. Важнейшую роль в осуществлении психических функций играют лобные отделы мозга.

Лобные доли, особенно их медиабазальные отделы, благодаря своим многочисленным связям с неспецифическими структурами разных уровней осуществляют функцию регуляции неспецифических форм активации, необходимых для объединения в ней информации, поступающей из внешнего мира через корковые проекционные зоны от внутренних органов о жизненно важных потребностях организма, а также от глубоких структур головного мозга и формаций старой коры об эмоциональном фоне.

Существенным аспектом исследования высших интеллектуальных и эмоциональных процессов является изучение совместной работы полушарий головного мозга и их функциональной асимметрии. Для ряда важнейших функций роль доминантного полушария общепризнанна. Вместе с тем полученные данные свидетельствуют о том, что необходимым условием является парная работа полушарий. В последнее время некоторыми учеными было выдвинуто предположение, что оба полушария выполняют одни и те же высшие функции, но только на разных уровнях.

Для высшей школы особый интерес представляет то, каким образом выраженность доминантности левого и правого полушарий может варьировать при учебных перегрузках и в экзаменационных ситуациях. В связи с этим необходимо выяснить следующие вопросы:

1) включается ли своевременно правое полушарие как вспомогательное левому при учебных нагрузках;

2) наблюдается ли симметричное устойчивое состояние парных систем в экзаменационных ситуациях;

3) когда возникает правосторонняя или левосторонняя асимметрия полушарий и их функциональная специализация под влиянием различных видов учебного процесса.

В условиях современных учебных и эмоциональных перегрузок у студентов решение этих вопросов имело бы не только важное профилактическое значение, но способствовало бы развитию иного подхода к пониманию процесса обучения. При

изучении явлений асимметрии и симметрии (по данным ЭЭГ) в парной работе больших полушарий у студентов было установлено, что под влиянием незначительного переутомления увеличивается вероятность симметричной работы парных систем, в то время как в состоянии глубокого умственного переутомления наблюдается устойчивая правосторонняя асимметрия в передне– и задневисочных областях. Перегрузка мозга под влиянием умственной, эмоционально напряженной работы сопровождается появлением на ЭЭГ попеременного ритма, т. е. функциональной сменой биоэлектрической активности, особенно в симметричных зонах мозга. Если между различными зонами мозга действительно существует такая взаимосвязь, то это говорит о надежности и пластичности церебральных механизмов при их крайних перегрузках. Из этого также следует, что повышение учебной нагрузки студентов возможно только при соблюдении ими строгого режима труда, отдыха, сна, двигательной активности.

Рядом исследователей установлено, что деятельность психических функций под влиянием умственной работы претерпевает фазные изменения. В начале работы внимание, запоминание, скорость выполнения тестовых задач обычно изменяются в сторону улучшения. Значительная же умственная нагрузка обычно оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность. Это выражается в том, что количественные и качественные показатели работоспособности падают, снижается лабильность зрительного анализатора. Обнаруживается ухудшение функций внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия, что проявляется большим числом ошибок. Увеличивается время простой и особенно сложной сенсорно-моторной реакции.

В процессе напряженной умственной работы у студентов обнаружена топическая специфика изменений ЭЭГ в результате различного вида умственной деятельности, а также отмечается изменение степени взаимосвязи биоэлектрической активности различных зон.

При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии повышается, составляя 15–20 % от общего обмена в организме. При этом потребление кислорода на 100 г коры головного мозга оказывается в 5–6 раз большим, чем расходует скелетная мышца того же веса при максимальной нагрузке.

Необходимо учитывать тот факт, что при умственной работе мозг склонен к инерции, к продолжению мыслительной деятельности в заданном направлении. После окончания умственной работы «рабочая доминанта» полностью не угасает, обусловливая более длительное утомление и истощение ЦНС при умственной работе, чем при физической.

Работа студентов, требующая выбора альтернатив, решения новых задач и т. д., включает механизм, вызывающий через лимбико-ретикулярную систему повышение уровня готовности к действию и облегчающий завершение этого действия. Здесь большое значение имеют индивидуальные особенности студента и состояние в период работы (степень тревожности, мотивация и др.).

• **Механизмы адаптации** студентов к напряженному умственному труду многогранны и включают ряд биохимических изменений в ЦНС, в крови и других органах и тканях. При непродолжительном напряжении они, очевидно, оказывают положительное влияние на функции ЦНС. Имеют место ускорение обмена катехоламинов, в том числе их синтеза в надпочечниках и периферических тканях, увеличение выделения норадреналина в симпатических окончаниях, адреналина и кортикостероидов в крови, стимулирующих

энергетические процессы, изменяющие минеральный обмен, в частности в мозге, и вызывающие повышение возбудимости нейронов. Между изменениями содержания в крови адреналина, норадреналина и глюкокортикоидов наблюдаются сложные взаимоотношения, зависящие от многих факторов, таких как интенсивность умственной деятельности, отношение обследуемых к опыту.

О тесной связи изменений гемодинамики с напряженным умственным трудом известно давно. При мыслительной работе происходит увеличение кровенаполнения сосудов мозга, сужение периферических сосудов конечностей и расширение сосудов внутренних органов. Функции сердечно-сосудистой системы изменяются незначительно. Так, до начала работы у группы студентов была зафиксирована средняя частота пульса 70,6 удара в минуту; при относительно спокойной работе – 77,4 удара. Труд средней напряженности повышал частоту пульса до 83,5 удара в минуту, а сильной – до 93,1 удара.

Установлено, что в период адаптации к учебному процессу в вузе нагрузка на сердечно-сосудистую систему студентов значительно увеличивается. Это сопровождается появлением функциональных изменений в деятельности сердца и сосудов, а при недостаточной адаптации организма развиваются заболевания. Отсюда вытекает вывод о большом значении регуляции двигательной активности в учебном процессе. На физически активном фоне адаптация организма студентов к специфическим факторам вуза протекает более благополучно.

На основании анализа распространенности нервных и особенно сердечно-сосудистых заболеваний среди студентов можно заключить, что сам по себе напряженный умственный труд, не осложненный отрицательными эмоциогенными факторами, не оказывает неблагоприятного влияния на организм. Относительно спокойный, регламентированный, без дефицита времени труд можно оценить как эмоционально ненапряженный. Сердечно-сосудистая заболеваемость среди этой категории не превышает 8 %.

Важным механизмом обеспечения адаптации студентов к умственным нагрузкам является увеличение кровотока в активно работающих нервных центрах мозга. В осуществлении той или иной деятельности обычно участвует лишь небольшая часть нервных клеток, поэтому кровоснабжение мозга в целом у здоровых лиц мало изменяется. В начальный период учебной деятельности чаще наблюдается небольшое увеличение кровотока, тогда как с развитием утомления он имеет тенденцию к уменьшению.

Вопрос о взаимосвязи кровоснабжения мозга и психической деятельности привлекает внимание ряда исследователей, несмотря на сравнительную стабильность кровообращения мозга. Обнаружены значительные сдвиги в системе кровенаполнения сосудов мозга и перераспределения его кровотока под влиянием умственного напряжения. Кроме того, не проводилась одновременная запись ЭЭГ и РЭГ с одних и тех же участков мозга, что сужает представление о церебральном гомеостазе в период учебной деятельности студентов.

Показано, что умственная деятельность у студентов в начале занятий сопровождалась реципрокным перераспределением кровотока между передними и задними отделами мозга. Продолжительная умственная работа, так же как и интеллектуально-эмоциональная нагрузка (экзамен), приводила к резкому увеличению уровня периферического кровообращения.

Установлено значительное возрастание кровотока в левом полушарии мозга при решении математических задач.

Умственная работа студентов оказывает существенное влияние на кровоток мозга и вызывает изменение защитно-компенсаторных механизмов сосудистых реакций головного мозга, что позволяет говорить о повышенном напряжении системы мозговой гемодинамики при реализации психической деятельности.

• **Эмоциональный стресс.** Возникновение эмоционального стресса у студентов зависит от индивидуальной реактивности человека. Хотя различные стрессовые факторы в ряде случаев дезорганизуют поведение, некоторый уровень стресса все же необходим для жизнедеятельности организма, так как он может поддерживать его устойчивость. В данном случае исходом стресса может быть включение новых адаптационно-компенсаторных механизмов. Основным условием возникновения стресса считается несоответствие между особенностями индивидуума и требованиями окружающей среды или социальными ситуациями.

Итак, эмоциональный стресс представляет собой в одно и то же время и отрицательное явление, вредное для организма, и положительное, необходимое для его жизнедеятельности. Естественно, что в учебной деятельности студента, особенно в период экзаменов, когда эта деятельность имеет эмоциональную окраску, проявляются как элементы напряжения – фрустрация и дискомфорт, так и их антиподы – комфорт и удовлетворение. В этой связи особое значение приобретает не просто констатация вредного воздействия эмоционального стресса на различные психофизиологические показатели, а выявление его полезного влияния как на состояние здоровья, так и на умственную деятельность, в том числе и на познавательные процессы. Последнее необходимо потому, что оценка роли эмоций высшего порядка с каждым днем возрастает в связи с высокой интеллектуализацией учебной деятельности студентов, а также по той причине, что необходимо научиться отличать эмоциональный стресс, возникновение которого мешает студенту в учебе, от эмоций, которые, наоборот, помогают решать различные учебные задачи.

Учебные стресс-факторы могут вызывать эмоциональные реакции, вредно действующие на организм и мешающие сдаче экзаменов. Такими факторами у студентов являются плохие оценки, конфликтные ситуации с преподавателями, недостаточная подготовка предмета, угрожающая возможность потерпеть неудачу, постоянный страх быть отстраненным от учебы, дефицит времени, темп и скорость экзаменационного периода, необходимость подготовки к экзамену большого количества материала, состояние неопределенности ит.п.

Стрессы, возникающие во время экзаменационной сессии, принимают хронический и комбинированный характер. Их причиной следует считать одновременное действие нескольких факторов. Когда стрессовые воздействия неоднократны и следуют одно за другим продолжительное время, у студентов возникают симптомы хронического эмоционального стресса, который может формировать у них предпатологическое состояние. Кроме того, подобные эмоции у студентов затрудняют целенаправленную умственную работу. Эмоциональный стресс всегда сопровождается более или менее значительными изменениями нейроэндокринной регуляции в организме.

Работа студентов, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, вызывает повышение активности симпатико-адреномедуллярной и гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной систем, поскольку в механизмах эмоций данные системы играют

ведущую роль. Это проявляется увеличением секреции катехоламинов и глюкокортикоидов.

Многочисленные исследования по определению степени эмоционального напряжения у студентов, в основном до и после экзаменов, показали, что под влиянием экзаменационного стресса повышается или понижается артериальное давление, растет частота пульса, изменяются показатели ЭКГ, температура кожи, кровенаполнение сосудов мозга и нижних конечностей (по РЭГ), уровень сахара, катехоламинов, липидов, форменных элементов в периферической крови и т. д. В ряде случаев наблюдается также тремор рук, покраснение или побледнение лица. Показано, что государственные экзамены, по сравнению с обычными занятиями, оказывают большее влияние на пульс, артериальное давление, длительность интервалов R-R и S-T, комплекс QRS на ЭКГ.

Как было отмечено, однократные функциональные сдвиги в организме под влиянием стресса не представляют опасности и рассматриваются как биологически целесообразные реакции организма для преодоления затруднительных ситуаций. Однако экзаменационные стресс-факторы действуют многократно и вызванные ими функциональные сдвиги после окончания экзаменов не восстанавливаются длительное время. Как известно, различные константы организма и его реакции не должны сильно отклоняться от нормы. Но адаптационные резервы организма не безграничны, и если даже после длительно действующего стресс-фактора они восстанавливаются, то какой-то след от стресса, по-видимому, все же остается. Поэтому положительное или отрицательное действие стресса зависит от длительности его действия и от того, восстанавливаются ли нарушенные под влиянием стресса функции организма. Вот почему всегда надо помнить, что резервы организма следует использовать постепенно, особенно в студенческом возрасте, когда и резервов в избытке, и стрессов достаточно.

Для выявления возможностей восстановления физиологических функций, биохимических показателей и ранних функциональных нарушений после окончания экзаменов в течение 2–4 суток исследователи проводили обследования студентов МГТУ им. Н. Э. Баумана и МИНХ и ГП им. М. И. Губкина. Комплексные исследования студентов включали клинические обследования, запись ЭКГ, РЭГ, ЭЭГ (в аспекте межполушарной асимметрии) и биохимические показатели. При обследовании нервной системы студентов акцентировалось внимание на таких симптомах, как нистагм, нарушение конвергенции глазных яблок и координации движений, повышение сухожильных рефлексов, тремор век и пальцев рук. Личностные особенности студентов исследовались с помощью специально разработанного опросника. Результаты качественных и количественных функциональных изменений организма студентов позволили получить определенные представления о характере, перестройке и продолжительности состояния напряженности адаптационных механизмов в результате экзаменационного стресса, что очень важно для прогнозирования и разработки методов медицинской профилактики.

Под влиянием длительного экзаменационного эмоционального стресса у большинства обследуемых студентов наблюдались значительные изменения интенсивности кровенаполнения сосудов и реактивности биопотенциалов головного мозга, электрокардиографических и биохимических показателей, не нормализующихся после экзаменов продолжительное время (до 2–3 суток). Например, биохимические обследования студентов показали, что экзаменационная сессия сопровождается достоверными повышениями экскреции адреналина в последующие после каждого экзамена дни. Что касается экскреции норадреналина, то она имела тенденцию к повышению на протяжении всей сессии, причем максимальное, почти двукратное

повышение наблюдалось после последнего экзамена, когда эмоциональное напряжение уже уменьшилось. Исследования ЭЭГ показали, что в течение всей сессии и в последующие после каждого экзамена дни под влиянием хронического эмоционального стресса происходит достоверное увеличение частоты биопотенциалов головного мозга и затрудненное их восстановление, особенно после последнего экзамена. Было установлено, что эмоциональное напряжение начинается за 4–5 дней до начала экзаменационной сессии и сохраняется на всем протяжении экзаменов даже в те дни, когда студент экзаменов не сдает.

Большое значение при исследовании вегетативной нервной системы у студентов имеет метод измерения кожно-гальванической реакции (КГР), отражающей активацию симпатического отдела и сопровождающейся мобилизацией обменных процессов.

Многочисленными исследованиями показано, что при работе студентов, сопровождающейся нервно-эмоциональным напряжением организма, увеличивается число волн и амплитуда КГР. По мнению большинства исследователей, эта вегетативная реакция является надежным коррелятом эмоционального напряжения.

Таким образом, студенты вузов два раза в год переживают длительный экзаменационный стресс, что можно рассматривать как фактор риска, а у некоторых – как синдром нервного перенапряжения. Поэтому необходимо проводить наблюдения над теми студентами, у которых обнаруживается этот синдром.

После окончания экзаменов многие студенты долгое время не могут освободиться от следов экзаменационных ситуаций.

Мышечные нагрузки у студентов невелики. Как показали исследования, суммарная двигательная активность студентов в период занятий составляет 56–65 %, а во время экзаменов и того меньше – 39–46 % от ее уровня, когда учащиеся на каникулах. То есть налицо дефицит движений у большинства студентов в течение 80 % времени учебного года. Суточные энергозатраты составляют при этом 10,0-11,7 МДж (2400–2000 ккал в сутки). Для них характерно значительное снижение двигательной активности, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения. Гипокинезия является неблагоприятным фактором, одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии у студентов.

Малая подвижность может вызывать функциональные изменения в организме. Выражается это в ухудшении работы сердца, склеротических изменениях кровеносных сосудов, появлении гипотонии. Недостаток движений приводит также к ослаблению дыхания.

В нижних отделах легких, полости живота и ногах застаивается кровь. Возникает атония кишечника, в организме накапливаются продукты гниения, появляются головные боли. Снижение окислительных процессов в организме влечет за собой малокровие, а также ожирение.

• **Особенности адаптации.** Сравнение показателей функционального состояния организма студентов-спортсменов и студентов физико-математического факультета позволяет сделать вывод о том, что функциональные возможности студентов-спортсменов в обычных условиях, перед экзаменом и после него значительно выше, чем у студентов физмата. Что касается сравнения эмоциональной устойчивости в условиях сдачи экзамена, то по некоторым параметрам (показатели умственной деятельности перед экзаменом,

пульс после него) имеются значительные различия, свидетельствующие о более устойчивом состоянии организма студентов-спортсменов. Систематические занятия физической культурой повышают работоспособность, увеличивают резерв функциональных возможностей организма, и эти преимущества сохраняются в условиях нервно-эмоционального напряжения.

Гипокинезия, снижая реактивность организма студента, способствует большему воздействию различных эмоциогенных факторов на все физиологические функции, что увеличивает влияние отрицательных эмоций на здоровье студентов.

Изучение особенностей процесса адаптации у студентов разных курсов показало следующее.

На I курсе, в течение которого наиболее выражена ломка сложившегося до поступления в вуз стереотипа, отмечено значительное ухудшение функционального состояния центральной нервной системы, ослабление функций памяти и внимания, снижение умственной работоспособности к концу учебного дня и недели, указывающее на развитие выраженного утомления. Возникли неблагоприятные сдвиги в гемодинамике – достоверно снизилось систолическое и пульсовое давление, уменьшился ударный и минутный объем крови на фоне урежения пульса.

При обследовании студентов в начале обучения на II курсе выявлено улучшение большинства изучавшихся показателей по сравнению с аналогичным этапом на I курсе. Лишь у 14 % студентов отмечены неблагоприятные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы (у 6,5 % гипотензивные, у 7,5 % гипертензивные). В целом в начале второго учебного года в вузе учебная нагрузка требовала меньшего напряжения функциональных систем организма. В конце второго учебного года утомительность учебной нагрузки нерезко выражена: достоверно ухудшались лишь показатели умственной работоспособности (на фоне отсутствия существенных изменений функций высшей нервной деятельности) и сердечно-сосудистой системы.

Результаты исследования в начале и конце второго учебного года с учетом индивидуальных особенностей обследуемых показали, что при отмечаемом снижении количества выполняемой работы у 68 % студентов (в среднем на 22 % от уровня в начале второго года обучения) качество работы улучшилось у 63 %. У большинства обследованных сокращались латентные периоды условно-двигательных реакций (у 61 % на 27 %), увеличивались объем кратковременной памяти (у 76 % на 42 %), скорость переключения внимания (у 72 % на 37 %). Вместе с тем при отсутствии статистически значимых различий среднеарифметических показателей гемодинамики за время обучения на II курсе индивидуализирующим методом анализа выявлено, что лишь у 17–39 % студентов не изменились изучавшиеся показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Урежение пульса обнаружено у 57 %, учащение – у 21 %. У 48 % снизилось систолическое, у 39 % – диастолическое давление, повышение установлено соответственно у 32 и 21 %. Урежение пульса и снижение артериального давления приводили к уменьшению ударного и минутного объемов сердца. Устойчиво сохранялась группа студентов (15 %) с дисфункцией артериального давления, из них у 8 % определялись гипотензивные и у 7 % – гипертензивные реакции; возрастало число лиц с низким и высоким пульсовым давлением. Результаты изучения показателей гемодинамики, в частности частоты выявления гипер– и гипотензивных реакций, согласуются с данными обследования студентов различных вузов.

Полученные результаты указывают на определенную степень адаптации организма студентов II курса к учебной нагрузке. Однако выявлено, что на этом этапе обучения адаптация осуществлялась ценой значительного напряжения сердечно-сосудистой системы.

В начале обучения на III курсе работоспособность и функциональное состояние организма были лучше, чем в конце второго учебного года, и не отличались существенно от показателей в начале обучения на II курсе. Данные, характеризующие дневную и недельную динамику работоспособности, указывали на снижение объема и ухудшение качества выполняемой работы (на 15–20 %) при отсутствии существенных изменений гемодинамики.

Результаты анализа материалов динамических наблюдений с учетом индивидуальных особенностей свидетельствовали о том, что в конце периода обучения на III курсе, по сравнению с его началом, у 89 % студентов снизился объем нагрузки (на 20 %) и более чем у половины страдало качество выполнения умственной работы. У 44 % студентов удлинялись латентные периоды условно-двигательных реакций (на 36 % от исходного уровня). Наряду с этим у половины студентов улучшились функции памяти и внимания. Описанные изменения показателей функционального состояния центральной нервной системы и высшей нервной деятельности сопровождались сдвигами гемодинамических показателей, свидетельствующими о некотором утомлении организма к концу учебного года. Так, у 48 % студентов пульс учащался, у 52 % замедлялся, у 58 % снижалось систолическое, у 48 % – диастолическое давление, повышение его установлено соответственно у 35 и 26 % обследованных. При этом у 21 % студентов отмечены гипотензивные реакции артериального давления, у 21 % – низкие показатели среднединамического давления, что указывало на общую артериальную гипотонию.

Обобщая представленные данные, можно отметить, что степень реакции организма на учебную работу на различных курсах при одинаковом характере ее различна. От I к III курсу значительно улучшались показатели функционального состояния центральной нервной системы: если к концу I курса латентные периоды условно-двигательных реакций удлинялись на 34 % по сравнению с исходным уровнем, то к концу III курса это увеличение составляло лишь 8 %. Степень снижения скорости переключения внимания в динамике учебного года составляла соответственно 14 и 5 %. В процессе обучения в вузе значительно тренируется функция памяти: начиная со II курса объем ее достоверно возрастал по сравнению с периодом начала обучения в вузе. В динамике трех лет обучения в вузе степень выраженности сдвигов функционального состояния сердечно-сосудистой системы под влиянием учебной нагрузки уменьшалась. Так, снижение уровня систолического давления составляло 6,7 % в течение I курса, 2,4 % в течение II курса и 1,6 % в течение III курса. Пульсовое давление изменялось от снижения на 9 % до повышения на 8 %; аналогично изменялся ударный (от -2 до +5 %) и минутный (от -9 до +4 %) объем крови; параллельно снижалось периферическое сопротивление сосудов (от +2 до -8%).

Поскольку сдвиги показателей функционального состояния организма студентов в процессе обучения на III курсе указывают на развитие нерезко выраженного утомления под влиянием учебной нагрузки и степень выраженности изменений наименьшая на III курсе при динамических наблюдениях за одними и теми же лицами в течение трех лет обучения, можно считать, что именно в период обучения студентов на III курсе наступает адаптация к условиям обучения.

Изучение степени адаптации студентов разных курсов, срывов адаптационно-компенсаторных механизмов у них и развития патологии показало следующее:

1) студенты, адаптированные в вузе, – 19 %;

2) с признаками учебно-бытовой дезадаптации – 81 %.

Из них:

1) с признаками психофизиологической дезадаптации – 69 %;

2) студенты с признаками выраженной общей дезадаптации – 31 %.

Оказалось, что успешнее всех адаптировались в первые три месяца учебы в вузе выпускники училищ и школьники-медалисты. Наиболее высокий уровень дезадаптации отмечен у студентов, зачисленных на I курс со стажем работы на производстве (75–85 %).

Несомненный интерес представляло изучение показателей адаптации студентов, зачисленных после учебы на подготовительном отделении. Среди них только 39 % нормально адаптировались к учебному процессу, тогда как 61 % обнаружили высокий уровень учебно-бытовой дезадаптации. У юношей удельный вес с высоким уровнем дезадаптации оказался выше и составил 75 %.

Установлено, что у студентов из сельской местности напряжение адаптивных механизмов выражено в большей степени по сравнению с городской.

При обследовании состояния здоровья из 450 студентов I курса в день медосмотра только у 143 человек (31,8 %) не выявлено никаких отклонений. В структуре заболеваемости первое место занимает патология органов зрения – миопия различных степеней (26,5 %). Заметный удельный вес занимала нейро-циркуляторная дистония (8,2 %). Сколиозы I и II степени имели 20 студентов (4,4 %). Хронический гастрит обнаружен у 2,7 % студентов, двадцати студентам поставлен синдромальный диагноз, они направлены на обследование в студенческую поликлинику, двое студентов обследованы в стационаре.

• **Проблемы адаптации.** Исследования позволили выявить следующие основные проблемы, возникающие при адаптации первокурсников к обучению в вузе (по степени убывания их значимости):

– недостаточный уровень школьных знаний по многим дисциплинам;

– неумение распределять свое время и силы;

– неготовность работать с большим объемом новой информации;

– отсутствие привычного контроля и опеки со стороны родителей, учителей;

– неготовность к обучению, основанному на полной самостоятельности;

– неготовность к выполнению высоких требований преподавателей;

– отсутствие у некоторых студентов трудолюбия, силы воли, а главное – желания учиться.

Некоторые первокурсники признаются, что поступили в вуз лишь для получения диплома о высшем образовании (все равно какого). Подобная установка может приводить к таким проблемам, как нежелание учиться. Цель одна, очень узкая, а вследствие этого – узкий круг общения и решаемых проблем. Как правило, это ведет к дезадаптации.

Оценка степени адаптации студентов в процессе обучения в вузе по данным кардиоинтервалометрии показала следующее.

Удовлетворительная адаптация, которая характерна для условий комфорта, наблюдалась лишь у 26–30 % обследованных студентов младших курсов и 50 % выпускников. У студентов младших курсов явления напряжения и неудовлетворительной адаптации проявлялись преимущественно ваготоническим эффектом со значениями индекса напряжения ниже 80 усл. ед. Симпатотонический эффект (при индексе напряжения 400–500) выявлен у студентов выпускного курса. Приведенные в таблице 4.1 данные получены во время семестров.

Таблица 4.1 Динамика и прогностическая оценка здоровья студентов вуза по данным математического анализа сердечного ритма, % *(по: Н. П. Неверова и др., 1996)*

В сессионные периоды напряжение и неудовлетворительная адаптация зафиксированы в 75–50 % наблюдений, причем наиболее выраженными эти изменения оказались у первокурсников и выпускников (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Динамика и прогностическая оценка здоровья студентов в экзаменационную сессию по данным математического анализа сердечного ритма, % *(по: Н. П. Неверова и др., 1996)*

Отмечено снижение физической работоспособности у студентов в зависимости от курса и уменьшение резервных возможностей у выпускников. Это можно объяснить прогрессивным снижением физических нагрузок. Если студенты младших курсов имеют регламентированные занятия физической культурой и спортом, то на V курсе эти нагрузки исключены. Падает повседневная двигательная активность – энергетический расход на I курсе составляет в среднем 2500 ккал (9750 кДж), на старших курсах он не достигает 2000 ккал (7800 кДж).

Ведущим фактором в снижении адаптивных возможностей организма студентов старших курсов считают гиподинамию.

Соответствующие мероприятия должны быть направлены на усовершенствование и тренировку механизмов адаптации и восстановление нарушенных функций.

Известно, что в учебном процессе эффективным методом борьбы против развития переутомления является чередование работы и отдыха, особенно в тех случаях, когда напряженный умственный труд, насыщенный эмоциональным содержанием, вызывает перенапряжение центральных нервных регуляторных механизмов. В период отдыха, особенно сна, усиливается активность трофотропной системы организма и ускоряются восстановительные механизмы.

Для студентов, находящихся в условиях гипокинезии, двигательная активность крайне необходима. Отрицательное влияние гипокинезии проявляется особенно заметно в сочетании с постоянным нервно-психическим напряжением и чрезмерным питанием. Физическое воспитание способствует формированию адаптивных механизмов и улучшению психического здоровья студентов. Рекомендуется:

– занятия по физическому воспитанию проводить на всем протяжении учебы;

– устраивать периодические занятия физическими упражнениями в ходе учебного дня (эффективное профилактическое средство по устранению утомления и борьбы с эмоциональным напряжением);

– в ходе преподавания физической культуры нужно сообщать студентам о влиянии физической активности на здоровье и работоспособность;

– принимать пищу 4–5 раз в день, последний раз за 2–3 ч до сна, питаться всегда в одно и то же время, следить за разнообразием питания.

В связи с тем что у студентов уже на I курсе происходит учебно-социальная и психофизиологическая адаптация, а в период экзаменов могут возникнуть значительные изменения различных функций организма, необходимо проводить массово-профилактические обследования студентов. Это позволит установить ряд внешних (неумение планировать учебную и самостоятельную работу, отсутствие минимума знаний по психогигиене и др.) и внутренних (начальные формы артериальной гипертонии и гипотонии, невротические нарушения и высокий уровень тревожности, дискомфорт и др.) причин появления факторов риска, ведущих к ранним функциональным нарушениям.

Особого внимания заслуживают рациональные психотерапевтические методы, которые направлены на снятие эмоционального напряжения, тревоги и, например, на изменение собственного отношения студента к экзаменам и к экзаменаторам. Адекватное отношение студентов к экзаменам достигается путем убеждения в благополучном исходе. С помощью психотерапии врач может возбудить положительную психодинамическую реакцию, устранить причины, вызывающие чрезмерное эмоциональное напряжение студента. Студент должен уяснить причины своего состояния и поверить, что его тревожное состояние вполне обратимо. Разъяснительная психотерапия особенно полезна, если невротическое состояние у студента сопровождается симптомами гиперсексуальности. На психическую релаксацию и эмоциональную перестройку у студентов с нервно-эмоциональным перенапряжением и неврозами положительное влияние оказывают также коллективная психотерапия, аутопсихотерапия, трудотерапия и аутогенная тренировка.

С помощью аутогенной тренировки студент, воздействуя на собственное состояние, может проводить профилактическую эмоциональную перестройку, предупреждая воздействие отрицательно влияющих учебных факторов. Аутогенная тренировка содержит элементы самовнушения. Основным воздействующим фактором при аутогенной тренировке является расслабление мышц. С помощью аутогенной тренировки студенты могут освободиться от чувства страха, тревоги и повышенной чувствительности. Она способствует наступлению чувства покоя, повышению выносливости, внимания, работоспособности, уменьшению психоэмоционального дискомфорта. Это доступный метод, который способствует повышению возможностей саморегуляции высших интеллектуальных и эмоциональных актов, переключению и восстановлению равновесия церебральных дезадаптационных механизмов и психовегетативных взаимоотношений.

Одним из легкодоступных и массовых по своему воздействию на студентов эмоциональных факторов является музыка.

В основе благоприятного воздействия музыки на работоспособность человека лежит свойство положительных эмоций, порождаемых ею, оптимизировать психофизиологические процессы в организме и деятельность нервной системы.

Музыкальное воздействие снижает субъективное ощущение усталости, способствует повышению настроения и вызывает приятное чувство расслабленности. Объективно это выражается в релаксирующем воздействии музыки на физиологические показатели.

Использование музыки в качестве опосредствованного психотерапевтического фактора уже получило довольно широкое распространение. Музыка хорошо зарекомендовала себя на производстве, в медицине, спорте. Музыка проникает и в учебный процесс. В настоящее время эффективность применения музыки в процессе обучения не вызывает сомнений. В вузах много возможностей для ее применения в рамках **программы «Охрана здоровья».**

Функциональная музыка, транслируемая за несколько минут до работы, способствует адаптации человека к работе и повышению его работоспособности.

Музыкальные произведения, вызывающие положительные переживания, сопровождаются изменением активности коры головного мозга (частичной сменой доминирующего бета-ритма активностью в частотном диапазоне альфа-, тета– и дельта-волн).

Некоторые исследователи сообщали об усилении альфа-ритма и других изменениях электроэнцефалограммы под воздействием положительных эмоций, вызванных музыкальными раздражителями.

Показано, что в процессе восприятия музыки происходит закономерная перестройка биопотенциалов, снижается общий уровень кортикальной активности, нормализуется регулярность ЭЭГ, что рассматривается как условие для снятия нервно-эмоционального напряжения у студентов, в частности возникающего в ходе экзаменов. Доказано, что уменьшение фронтоокципитального и билатерального неравновесия является объективным показателем релаксирующего воздействия музыки.

Проведено исследование влияния музыки разных стилей на психофизиологические показатели испытуемых. Прослушивание классической музыки снижает тревожность (вырабатываются эндорфины). Рок повышает тревожность.

Классическая музыка активизирует слуховые и моторные зоны коры и ствола головного мозга. Активация структур, отвечающих за эмоции, с участием ретикулярной формации, ведет к повышению точности выполнения заданий.

Рок дезинтегрирует различные зоны головного мозга. У девушек при прослушивании рок-музыки происходят позитивные изменения, у юношей рок-музыка вызывает негативное влияние, так как рок воспринимается левым полушарием, а у юношей оно развито больше.

Итак, музыка может оказывать положительное влияние на организм, но следует правильно подбирать музыкальные произведения. В данном случае необходимо учитывать личностные особенности человека и его психоэмоциональную культуру. Например, людям, «обращенным внутрь себя», нравятся произведения Чайковского, Шуберта, Моцарта, Брамса. Общительные, энергичные люди предпочитают музыку Бетховена, Вагнера, Берлиоза и поп-музыку. Успокоительные мелодии хорошо действуют на работоспособность студентов между занятиями в течение учебного дня, а также перед сдачей экзаменов, а бодрые эстрадные ритмы – после их сдачи.

В тех случаях, когда болезненные симптомы свидетельствуют о срыве адаптационных механизмов у студентов и ряд функциональных изменений принимает устойчивый характер, необходимо перейти на медикаментозное лечение. Своевременное и умеренное использование фармакологических средств способно нормализовать и предотвратить развитие начальных форм патологических изменений, вызванных комплексом факторов, сопровождающих процесс обучения в вузе.

4.9. Адаптация к различным видам профессиональной деятельности

Профессиональная адаптация – процесс приспособления к различным аспектам трудовой деятельности человека, включая условия, в которых деятельность протекает. Этот процесс состоит из физиологических, личностно-психологических, поведенческих и социальных компонентов.

Адаптация к профессиональной деятельности обусловлена многими факторами. *В. М. Медведев* предлагает две основные группы факторов:

1) **внешние детерминанты адаптации** (факторы внешней среды), к которым относятся факторы, определяемые самой профессиональной деятельностью, – факторы условий профессиональной деятельности (гигиенические, социальные), факторы профессиональной нагрузки, факторы средств профессиональной деятельности;

2) **внутренние детерминанты,** определяющие способность к адаптации; они включают в себя морфофункциональную работоспособность.

В трудовом процессе интегральное воздействие его факторов обусловливает степень тяжести и напряженности труда при любой профессиональной деятельности, т. е. профессиональную нагрузку, к которой и происходит адаптация. В процессе адаптации к деятельности выделяют два компонента (по В. И. Медведеву):

– **неспецифический компонент,** обусловливающий изменения в организме и независимый от природы адаптогенного фактора;

– **специфический компонент,** обусловливающий изменения в организме в зависимости от адаптогенного фактора и внутренних детерминант адаптации.

Особенностью адаптации к профессиональной деятельности является одновременное воздействие комплекса факторов, поэтому может наблюдаться и перекрестная адаптация, и доминирующая адаптация к одному из факторов.

В целом приспособление к профессиональной деятельности зависит от факторов каждого конкретного типа профессии и соответственно имеет свои специфические особенности.

4.9.1. Адаптация к профессиональной деятельности учителя

Кто не помнит свою первую учительницу, особенно если она была доброй и справедливой, как вторая мама. Такое призвание бывает только у неисправимых романтиков. Эти люди работают не за материальные блага. Зато им достается несравненно большее – благодарная память учеников на всю жизнь. Учитель – это духовный наставник, который формирует Человека.

Профессию учителя относят к сфере умственного труда, поскольку в ней преобладает информационный компонент. При изучении адаптации к профессиональной деятельности учителя, как и к другим категориям умственного труда, необходимо учитывать два основных аспекта:

1) **психическую компоненту,** включающую такие важные моменты, как психические свойства личности работающего, его типологические особенности, интересы и способности, а также мотивации, эмоции, внимание, память и т. д.;

2) **физиологическую составляющую,** организованную в процессе адаптации в функциональную систему.

В основе индивидуальности учителя, как субъекта профессиональной деятельности, лежат такие личностные характеристики, как уровень интеллектуального развития, психодинамические, нейродинамические, общесоматические, биохимические и другие особенности организма, индивидуальные особенности психических процессов, эмоциональная стабильность и стрессоустойчивость, направленность, опыт и индивидуальная культура, коммуникативные данные, а также характерологическая цельность личности.

Ряд исследований показал, что успешность адаптации в немалой степени зависит от мотивации. Лица, заранее выбравшие специальность, гораздо легче адаптируются к особенностям трудового процесса, в то время как неправильный или случайный выбор профессии может привести к социальной дезадаптации и нарушению психического здоровья.

Основные адаптогенные факторы в профессиональной деятельности учителя:

1) воздействие стресс-факторов;

2) большой объем информации, сложной для переработки (повышенная нагрузка на зрительные и слуховые анализаторы, напряжение внимания и памяти);

3) гиподинамия;

4) многофункциональность и высокая интенсивность профессиональной нагрузки.

Рассмотрим более подробно каждый из адаптогенных факторов.

1. Стресс-факторы. Возникающие в ходе преподавательской работы нервно-эмоциональные нагрузки вызывают повышение активности симпатико-адреномедуллярной, гипоталамо-гипофизарной и адренокортикальной систем, так как эти системы играют ведущую роль в механизмах эмоций. Повышение их активности сопровождается усилением секреции катехоламинов и глюкокортикоидов. Реакции со стороны вегетативных функций при нервно-психическом и эмоциональном напряжении проявляются в изменении ЭКГ, тахикардии, низкой вариабельности кардиоциклов, повышении кровяного давления, увеличении легочной вентиляции, увеличении потребления кислорода, повышении температуры тела и др.

Дистрессы. Немецкими учеными проверялась гипотеза о том, что те факторы в школьной среде, которые способствуют удовлетворению базовых человеческих потребностей, снижают дистресс учителей. Были опрошены 574 учителя для выявления уровня дистресса и связанных с ним факторов. В целом уровень дистресса оказался высоким. Было выделено пять стрессоров:

– недостаточная оборудованность учебных помещений;

– частота нарушений дисциплины учениками;

– завышенные социальные ожидания;

– работа в нерабочее время;

– общие перегрузки.

Также были выявлены четыре фактора, снижающих стрессорные влияния (у женщин зависимость между этими факторами и их состоянием выражена ярче, чем у мужчин):

– уровень переживаемого учителем влияния и независимости;

– переживаемый уровень компетентности и достижения;

– поддержка со стороны коллег и начальства;

– признание со стороны учеников, коллег и начальства.

2. Большой объем и сложность переработки информации. Они создают высокую нагрузку на центральную нервную систему, а зачастую превосходят пропускную способность центральной сферы. При активации различных участков коры головного мозга и подкорковых образований изменяются ЭЭГ и психофизиологические показатели. Наиболее существенные изменения, выявленные у учителей с помощью

психофизиологических методов, проявились в достоверном увеличении времени сенсомоторных реакций, снижении активности психических функций (ухудшение внимания, увеличение количества ошибок при выполнении дозированной умственной нагрузки, нарастание чувства усталости), отрицательной динамике со стороны показателей сердечно-сосудистой системы (увеличение частоты пульса, повышение артериального давления, изменение вольтажа зубцов Р иТ на ЭКГ).

3. Гиподинамия. При воздействии на организм учителя этого важного адаптогенного фактора включаются следующие процессы:

1) снижение показателей системы дыхания (легочной вентиляции, дыхательного объема, частоты дыхания);

2) снижение показателей сердечно-сосудистой системы (частоты сердечных сокращений, минутного объема крови, артериального давления);

3) снижение активности мышечной системы (детренированность мышц);

4) изменения в опорно-двигательном аппарате (нарушения обменных процессов в костях);

5) биохимические сдвиги в организме.

4. Многофункциональность деятельности и высокая интенсивность профессиональной нагрузки. Данные адаптогенные факторы сопровождаются выраженным напряжением и даже перенапряжением физических и психических сил учителей. Исследования показали, что, кроме собственно учебной нагрузки, составляющей 18–24 ч в неделю, от 28 до 32 ч уходит на внеклассную работу. Так, 12–15 ч в неделю занимает подготовка к проведению уроков. В результате продолжительность рабочего времени учителей составляет в среднем 9-10 ч в сутки и увеличивается на протяжении года. Сюда надо прибавить неблагоприятные социально-гигиенические условия жизни, работы и отдыха.

Утомление. О накоплении утомления у преподавателей к концу учебного года свидетельствуют как субъективные данные (чувство усталости, снижение мотивации, нарушение сна, головные боли), так и объективные. Отмечено ухудшение показателей условнорефлекторной деятельности, способности к концентрации и распределению внимания, скорости переработки зрительной информации, мышечной выносливости. Уменьшаются адаптационно-компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы. Обнаружено снижение концентрации в сыворотке адренокортикотропного гормона, соматотропного гормона, цинка. Повышено выделение катехоламинов. Выявлена тенденция к кумуляции скрытого, так называемого хронического утомления.

Что касается механизмов адаптации к соответствующей профессиональной деятельности, тут надо учитывать одновременное воздействие комплекса адаптогенных факторов на организм, поэтому может наблюдаться и перекрестная адаптация, и доминирующая адаптация к одному из факторов.

Возрастная адаптационная изменчивость. Характер адаптации к профессиональной деятельности учителя в значительной степени зависит от возраста. По данным *Н. А. Литвиновой,* анализ корреляционных плеяд у преподавателей

общеобразовательных школ разных возрастно-стажевых групп дает возможность выявить роль различных факторов в изменении функционального состояния:

1) у молодых педагогов (до 30 лет) ядро корреляционной плеяды содержит конституционально-типологические и социальные параметры и резко увеличивается количество связей, свидетельствуя о влиянии социальных факторов на скорость затраты функциональных резервов;

2) у более зрелых преподавателей (от 30 до 40 лет) корреляционная плеяда распадается на отдельные блоки, ядро составляет группа параметров нейродинамики, что свидетельствует о выраженном напряжении в нервно-эмоциональной сфере;

3) у учителей старше 45 лет отмечается полное рассогласование между физиологическими и психологическими показателями, что указывает на невозможность эффективно выполнять профессиональную деятельность.

Исследования функционального состояния организма учителей разных возрастных групп показали, что чрезмерное напряжение и срыв адаптационных механизмов могут привести к возникновению пограничных нервно-психических и психосоматических расстройств, особенно в возрасте после 50 лет. Наиболее распространены функциональные нарушения нервной системы, которые проявляются в виде нейро-циркуляторной дистонии, неврастенического синдрома, развития тревожно-депрессивных состояний и т. п.

Профессиональная дезадаптация. Одним из показателей профессиональной дезадаптации учителей является синдром «эмоционального выгорания». Благоприятным фоном для его развития является выраженный художественный тип восприятия окружающего мира, повышенная эмоциональность преподавателей. Этот синдром включает в себя целый ряд психологических, психосоматических и поведенческих отклонений. К основным его симптомам можно отнести:

1) эмоциональное самоограничение;

2) формирование специфических чувств, установок, мотивов, ожиданий;

3) негативный индивидуальный опыт на основе психологического стресса и развития дисфункций организма.

Существенную роль в проявлении этого синдрома отводят личностным (индивидуально-типологические черты характера) и социальным факторам. В исследованиях, проведенных в Италии и Франции, проверялась гипотеза, что синдром «выгорания» учителей частично определяется культурным контекстом выполнения профессиональной роли. Две репрезентативные выборки учителей из Италии (229) и Франции (217) заполняли опросник «выгорания», выделяющий три компонента этого синдрома. В итальянской выборке отмечались более высокие показатели эмоционального изнурения и неудовлетворенности личными достижениями, во французской – деперсонализации. При этом у мужчин был отмечен более высокий показатель деперсонализации по сравнению с женщинами.

Профессиональная патология. Анализ состояния здоровья показал, что ведущими у учителей являются болезни органов дыхания, кровообращения и опорно-двигательного аппарата, на долю которых приходится 71,8 % всех случаев и 56,8 % всех

дней нетрудоспособности. Среди заболеваний органов дыхания преобладают острые воспалительные процессы. Патологии сердечно-сосудистой системы чаще всего проявляются гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца. Заболевания костно-мышечной системы представлены в основном остеохондрозом, люмбаго, пояснично-крестцовым радикулитом. Болезни органов пищеварения составляют 6,3 % от всех случаев и 7,6 % от дней нетрудоспособности. Среди них наиболее часты хронические холециститы и холецистопанкреатиты. Заболевания нервной системы и органов чувств занимают пятое место в структуре заболеваемости, при этом в процентном отношении наиболее распространены лептоменингиты.

Исследование случаев профессиональной патологии с учетом возрастно-полового фактора показало, что у женщин заболеваемость значительно выше, чем у мужчин, по показателю случаев нетрудоспособности и несколько превышает ее по числу дней. Наиболее высокие показатели наблюдаются в группах предпенсионного возраста. Самая низкая заболеваемость отмечена среди молодых педагогов – в возрастной группе 20–29 лет.

Для коррекции функционального состояния организма у учителей и обеспечения эффективности профессиональной деятельности предлагают комплекс соответствующих мероприятий. Сюда можно отнести создание благоприятного психологического климата в рабочих коллективах, развитие положительных эмоций, разумное сочетание труда и отдыха, применение физических нагрузок, использование аутогенных тренировок, психотренинга и т. п. С целью профилактики заболеваний у преподавателей необходимо разработать и реализовать ряд социальных, медико-биологических, психологических и физиолого-гигиенических мер.

4.9.2. Адаптация к профессиональной деятельности врача

«Сапожник без сапог» – эта пословица как нельзя более подходит к специальности врача. Медицинская профессия является едва ли не самой опасной для здоровья и жизни из всех «интеллигентных» профессий. Еще в начале XX века при Институте мозга, основателем которого был *В. М. Бехтерев,* в лаборатории физиологии труда велись исследования влияния профессиональной деятельности на организм врачей. Имевшаяся в то время статистика указывала на относительно высокую смертность среди медицинских работников. И так было всегда.

Врач – одна из самых древних профессий. Она существует столько, сколько существует человек. И будет существовать. Чтобы понять, что движет людьми при выборе такой профессии, надо познать внутренний мир человека, призвание которого – спасать и исцелять других людей. И здесь среди мотивов на первом месте, пожалуй, стоит потребность в профессиональной самореализации, основанной, как сказали бы раньше, на милосердии. Мировоззрение врача – это индивидуально выбранное видение мира, самоочевидное в своей истине, с ориентацией на высшие духовные ценности.

Какими личностными качествами должен обладать врач? На этот вопрос однозначно ответить нельзя, во многом они зависят от профиля. Чаще других называют следующие качества: высокая мотивация, интерес к работе, профессиональная грамотность и компетентность, развитая профессиональная интуиция, коммуникабельность (умение быть «дипломатом», способность доказывать, объяснять, убеждать), хорошая память, умение работать с документацией и т. п. В определенной степени этими качествами должен обладать любой врач, но их востребованность может изменяться в зависимости от специализации, места, условий работы. Так, врачи,

принявшие решение о добровольном участии в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, наряду с высокой степенью профессиональной подготовки должны предусмотреть свою способность работать в условиях значительных физических и психических перегрузок. Требуется их готовность к работе в неприспособленных условиях, с ранее незнакомым оборудованием, медикаментозными средствами, непривычным контингентом пациентов, способность к быстрому принятию решений.

Неблагоприятные профессиональные факторы. По роду своей деятельности медики могут подвергаться воздействию различных неблагоприятных факторов, таких как стресс-факторы, условия, заставляющие принимать вынужденную рабочую позу, повышенная нагрузка на анализаторные системы, вредные химические вещества и канцерогены, биологические агенты, ионизирующие и неионизирующие излучения, шум, вибрации и т. п.

Особенностью работы многих категорий сотрудников медицинских учреждений является воздействие на них комплекса вредных производственных факторов различной природы.

Общим отрицательным фактором для медицинских работников является загрязнение воздуха рабочих помещений аэрозолями лекарственных веществ, дезинфицирующих и наркотических средств.

Постоянно существует угроза заражения инфекционными заболеваниями. Сотрудники медицинских учреждений наиболее подвержены заражению туберкулезом, вирусным гепатитом и ВИЧ-инфекцией.

С распространением диагностической и лечебной аппаратуры увеличилось пагубное влияние на организм медицинских работников различных видов излучений. Наибольшую роль играют ионизирующее и неионизирующее излучения. Большое внимание уделяется изучению воздействия высоких, ультравысоких, сверхвысоких (СВЧ) частот электромагнитных волн. Патология, вызываемая СВЧ-излучением, даже включена в список профессиональных заболеваний.

Следующим неблагоприятным фактором работы медиков является повышенная нагрузка на определенные органы и системы организма: анализаторы, ЦНС, опорно-двигательный аппарат и др.

Приведенные выше неблагоприятные факторы можно условно разделить на пять основных групп.

1. **Физические факторы.** К ним относятся вибрации, шум, различные виды излучений, неблагоприятные метеоусловия. Наиболее патогенными, как уже говорилось выше, являются виды ионизирующего и неионизирующего излучений: радиация, ультразвук, лазерное излучение, СВЧ-излучение.

2. **Химические факторы.** Некоторые профессиональные группы медицинских работников (хирурги, анестезиологи, стоматологи и др.) в процессе трудовой деятельности подвергаются воздействию разнообразных химических веществ, которые могут вызывать даже при незначительных концентрациях патологические эффекты.

3. **Факторы физических перегрузок и перенапряжения отдельных органов и систем.** При постоянном пребывании в вынужденной рабочей позе у врачей многих

специальностей развивается утомление. Возникают стойкие изменения не только в опорно-двигательном аппарате, но и в нервной и сердечно-сосудистой системах. Они могут приводить к возникновению радикулопатии, варикозного расширения вен нижних конечностей, заболеваний позвоночника.

4. Биологические факторы. Актуальными в этом плане для медработников являются инфекционные и паразитарные возбудители болезней, таких как туберкулез, гепатит, грипп, в том числе детских инфекционных заболеваний (корь, дифтерия и т. д.).

5. Психологические факторы. Эти факторы наиболее трудно поддаются количественному и качественному анализу и часто являются пусковым механизмом физиологических изменений. Длительное психологическое напряжение, проецирование врачом проблем пациента на себя приводят к хроническому переутомлению, развитию стрессовых состояний.

Адаптация к упомянутым факторам начинается еще в высшей медицинской школе, учебный процесс которой должен быть построен с учетом профессиональной специфики. При отсутствии у некоторых студентов медицинских вузов необходимых психологических качеств, физиологических особенностей, при недостаточной подготовке организма, длительном воздействии неблагоприятных факторов возможен срыв механизмов адаптации с последующим развитием патологических состояний и предрасположенности к профессиональным заболеваниям.

Категории тяжести труда. В настоящее время разработана шкала категорийности в соответствии с показателями тяжести труда, по которой все врачебные специальности отнесены к четырем основным категориям (от 5-й до 2-й).

• Наивысшая (5-я) категория тяжести труда: специальности хирурга, анестезиолога, реаниматолога, врача «скорой помощи», эндоскописта, рентгенолога, патологоанатома, судебно-медицинского эксперта.

• 4-я категория – участковые врачи, стоматологи, врачи терапевтического профиля, работающие в стационаре, дерматовенерологи, отоларингологи, акушеры-гинекологи, бактериологи, врачи функциональной диагностики.

• 3-я категория – врачи поликлиник, врачи-лаборанты, эпидемиологи, гигиенисты, физиотерапевты.

• 2-я категория – статистики и валеологи.

В каждой из перечисленных категорий врачей значение различных факторов меняется. Так, анестезиологи и хирурги в операционной находятся под воздействием химических средств для наркоза и антибактериальных препаратов. По данным некоторых авторов, концентрация фторотана в зоне дыхания анестезиолога превышает допустимую в 13 раз, анестезиста – в 9 раз, хирурга – в 5 раз; этилового спирта в зоне дыхания анестезиолога достигает 0,75 предельно допустимой концентрации, анестезиста – 0,86, хирурга – 1,3. Это может приводить к диффузным поражениям печеночной паренхимы, нарушениям обмена веществ. Газообразные средства для наркоза, а также ионизирующая радиация являются факторами риска нарушения репродуктивной функции у медиков, работающих в операционной.

Профессия хирурга связана со значительными нервно-психическими и эмоциональными перегрузками. Хроническое воздействие стрессогенных факторов, их интенсивность, особенно во время операций, являются предпосылкой возникновения ранних изменений в сердечно-сосудистой системе. При этом большой удельный вес составляют скрытые, транзиторные ишемические изменения в миокарде. Непрерывная суточная регистрация ЭКГ позволила выявить появление переходных расстройств в реполяризации миокарда и некоторые нарушения в его хронотропности, особенно во время и непосредственно после хирургических вмешательств. Это дает основание заключить, что труд хирургов сопровождается значительным напряжением регуляторных и адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы. Были выявлены следующие источники стресса, связанные с профессиональной деятельностью хирургов: тяжесть заболевания у пациента, условия работы, межличностные отношения на работе, рабочие перегрузки, дети, условия жизни, взаимоотношения в семье. Первые три из перечисленных источников признаны наиболее значимыми. При изучении связанного с работой физического и психического стресса у хирургов различной специализации (онкологов, хирургов общего профиля) был выявлен примерно одинаковый уровень стресса и примерно одинаковые соматические жалобы. При этом врачи-онкологи чаще испытывали ощущения эмоциональной вовлеченности и неуверенности в себе, однако реже испытывали стресс, связанный с оценкой своего труда, чем врачи-хирурги другого профиля.

У стоматологов нередко наблюдаются симптомы нарушений опорно-двигательного аппарата, такие как **«синдром запястья».** Это связано с нахождением в неудобной позе, воздействием статической нагрузки на руку во время работы, ненормированным приемом больных, недостаточными перерывами на отдых. Кроме того, от воздействия высокочастотных вибраций у женского зубоврачебного персонала развивается невропатия (ухудшение вибротактильной чувствительности, силы, двигательной работоспособности). Шум и вибрации при длительном воздействии, даже на уровне предельно допустимых параметров, приводят к поражению рецепторов в улитке.

Действию ионизирующего излучения более других подвержены те, кто обслуживает рентгенологические кабинеты, радиологические лаборатории, а также некоторые категории хирургов – рентгено-хирургические бригады. Биологическое действие ионизирующего излучения наиболее явно проявляется в активно пролиферирующих тканях (лимфатической, кроветворной и др.). Оно является потенциально причинным фактором развития таких профессиональных заболеваний, как лучевая болезнь, местные лучевые поражения, новообразования, опухоли кожи, лейкозы. На риск развития профессиональных заболеваний оказывает влияние избирательное поражение тем или иным канцерогеном так называемых органов-мишеней (например, кожа у рентгенологов). Здесь сказывается и длительность воздействия канцерогена.

Наряду с факторами, которые действуют на врачей лишь определенных специализаций, имеются такие, степень влияния которых изменяется незначительно в разных категориях. Это относится к различного рода инфекционным воздействиям. По частоте выявляемости на первом месте находятся вирусные инфекции. Второе место прочно занимает туберкулез. Заражение туберкулезом медицинских работников возможно как в противотуберкулезных учреждениях (диспансерах, больницах, санаториях), так и в учреждениях общемедицинского профиля – отделениях торакальной хирургии, патологоанатомических и судебно-медицинских лабораториях, т. е. там, где возможен контакт с туберкулезными больными – бацилловыделителями или зараженным материалом.

Особое место среди неблагоприятных факторов в медицине занимают аллергены. Известно, что около 30 % врачей стационаров сенсибилизированы к основным группам лекарственных препаратов (антибактериальные, противовоспалительные, местные анестетики). Кроме лекарственных средств, являющихся полноценными аллергенами, иммунопатологические процессы могут вызывать химические реагенты, используемые в лабораторной практике: вещества для наркоза, дезинфекции, моющие средства, биологические препараты (ферменты, вакцины, сыворотки, препараты крови).

Синдром «выгорания». Значительные психоэмоциональные нагрузки могут привести к появлению у врачей всех профилей синдрома «выгорания». Данный синдром довольно хорошо известен и исследуется в зарубежной психологии. Согласно современным данным, под синдромом «выгорания» понимается состояние физического, эмоционального и умственного истощения, проявляющегося у представителей профессий социальной сферы. При исследовании синдрома были выявлены две группы факторов, влияющих на адаптационные возможности:

– индивидуальные характеристики – возраст, пол, уровень образования, семейное положение, стаж работы, личностные особенности, выносливость, локус контроля, самооценка, тревожность, экстраверсии;

– особенности профессиональной деятельности – условия работы, рабочие перегрузки, дефицит времени, продолжительность рабочего дня, содержание труда, число пациентов, острота их проблем, глубина контакта с пациентами, самостоятельность в своей работе, обратная связь.

Сравнение параметров синдрома «выгорания» у работников психиатрических учреждений России (Санкт-Петербург), США и Швеции подтвердило наличие транскультуральных различий в проявлении этого синдрома, его корреляцию с высоким показателем по шкале «Негативное отношение к пациентам» и низкой оценкой семьи как важного ресурса лечебного процесса.

С помощью опросников оценивались способы преодоления типичной стрессовой ситуации на работе, выраженность «выгорания», а также возможности изменить стрессовую ситуацию. Из стратегии преодоления наиболее часто встречалось решение проблемы по определенному плану. В целом данные показали, что необходимо не только изучение частоты применения различных стратегий преодоления, но и учет результата преодолевающего поведения. Одним из способов предупреждения синдрома «выгорания» являются аутогностические занятия, предназначенные для развития у медицинского персонала способности к преодолению контрперенесения, возникающего в процессе лечения пациентов. Показано, что по окончании цикла занятий у участников возрастает уровень самосознания, а качество их работы с больными улучшается.

Одной из особенностей профессиональной деятельности врачей является работа посменно (суточные и ночные дежурства), которая несет дополнительную психоэмоциональную и физическую нагрузку, значительно истощая адаптационные возможности организма. В результате появляются отклонения в функционировании нервной, сердечно-сосудистой систем, пищеварительного тракта. Уже с первых лет работы могут появиться жалобы на утомляемость, раздражительность, нарушения сна. При сравнении изменений ритмов артериального давления у дежурных врачей по сравнению с врачами, работающими днем, зафиксировано достоверное суточное повышение артериального давления в день дежурства. Дополнительную нагрузку

оказывает работа на полторы-две ставки вследствие относительно низкой оплаты труда врачей.

Профессиональное здоровье – это свойство организма человека сохранять требуемые психофизиологические качества, обеспечивающие высокую работоспособность во всех условиях профессиональной деятельности и восстанавливать утраченные функциональные резервы в заданном лимите времени существующего режима труда и отдыха.

Статистика профзаболеваний. Достоверной статистики по профессиональным заболеваниям в нашей стране не существует. По данным разных источников, выявляемость профзаболеваний не превышает 10 % от их общего числа. Что касается врачей, они, как правило, занимаются самолечением или получают медицинскую помощь по месту работы, в результате чего статистические данные об их заболеваемости оказываются заведомо ниже истинных.

Наиболее неблагоприятные показатели здоровья среди медицинских работников имеют врачи. Так, по данным литературы, заболеваемость врачей значительно выше, чем у работников других отраслей народного хозяйства, в том числе и у медицинских работников в целом.

В структуре профессиональных заболеваний у медиков первое место стабильно занимают инфекционные заболевания (от 75,0 % до 83,8 %, в среднем – 80,2 %), второе – аллергические заболевания (от 6,5 до 18,8 %, в среднем – 12,3 %), на третьем месте находятся интоксикации и заболевания опорно-двигательного аппарата.

В последние десятилетия показатели состояния здоровья и продолжительности жизни медицинских работников отодвинулись от среднестатистических в неблагоприятную сторону. Вышеперечисленные факторы в совокупности определяют значительно меньшую продолжительность жизни врачей по сравнению с пациентами, сокращая ее на 10–20 лет. Все это ставит на повестку дня проблему разработки разносторонних мер по улучшению условий труда и быта данной категории специалистов.

4.9.3. Адаптация к профессиональной деятельности предпринимателя

В современном российском обществе активно формируется новая социальная группа, определяемая в общественном сознании такими терминами, как «деловые люди», «бизнесмены», «предприниматели».

Профессиональная деятельность представителей этой группы оказывает все большее влияние на экономическую и политическую жизнь страны. Однако сами российские предприниматели лишь начинают изучаться в отечественной социологии, психологии и других науках. Объектом же серьезного анализа общественных наук они пока не стали. До сих пор отсутствует четкое определение отличительных социальных и экономических признаков этой группы, не говоря уже об анализе социально-психологических и физиологических особенностей ее типичных представителей.

В идеале это деловые, энергичные, независимые, интеллектуально развитые, не боящиеся трудностей личности, которым свойственна стрессоустойчивость, компетентность в делах, стойкость в достижении цели, желание довести начатое дело до конца, добиться успехов в бизнесе, высокий уровень притязаний и т. д. Для данной профессии характерны ускоренный темп жизни, огромное количество необходимой для

дела информации, большая личная ответственность. Факторами риска при этом являются информационные перегрузки при лимите времени, высокая эмоциональная напряженность, стрессы на фоне сниженной двигательной активности и т. д.

Анализ литературы свидетельствует о том, что подобная категория лиц исследовалась преимущественно западными психологами на предмет их личностных качеств в связи с профессиональным отбором. В западной науке изучение психологии предпринимательства выделилось в самостоятельное направление, получившее название экономической психологии. Интенсивно проводятся исследования мотивации выбора этой деятельности, индивидуально-психологических особенностей успешного предпринимателя, риска, роли успеха и неудачи. Эти и другие проблемы актуальны и для российских предпринимателей.

Проблема деловых и личностных качеств, составляющих психологический портрет успешных российских бизнесменов, мотивация бизнеса и т. д. в настоящее время стали объектом внимания российских и зарубежных специалистов. Данных же о физиологических или психофизиологических реакциях при адаптации к профессиональной деятельности бизнесмена как в отечественной, так и в зарубежной литературе крайне мало. Из них можно почерпнуть следующее.

Предприниматели занимаются в основном умственным трудом, к которому относится деятельность, связанная с приемом и переработкой информации и требующая преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, активации процессов мышления, эмоциональной сферы. Наиболее эмоционально напряженным считается труд руководителей.

Специалист, реализующий себя в сфере бизнеса, для успешной профессиональной деятельности должен обладать следующими качествами:

– подвижным уравновешенным типом нервной системы;

– нормальной самооценкой;

– устойчивостью к профессиональным стрессам;

– уверенностью в себе;

– высокой быстротой реакции;

– коммуникабельностью;

– умением эффективно действовать в сложных ситуациях;

– гипертимностью (высоким жизненным тонусом).

Типичный портрет успешного предпринимателя, по мнению североамериканских исследователей, включает такие личностные свойства, как реалистическая оценка при выборе альтернатив, критичность в представлении о своих возможностях и одновременно высокий уровень притязаний, готовность идти на смелый и вместе с тем разумный риск, преодолевать узкоконъюнктурные оценки и хорошо прогнозировать развитие событий. Предприниматели стремятся к высокому уровню профессионализма, широкой эрудиции, творческому мышлению, инновационным подходам в своей деятельности.

В одном из исследований, проведенном российской социологической службой «Мониторинг», изучался образ российского предпринимателя в собственных оценках. Опрос проводился в два этапа. Социологи просили людей, занятых бизнесом, указать качества, необходимые для успешного ведения собственного дела, а также благоприятные для деловых контактов. На основе анализа этих качеств удалось выделить 12 параметров, условно поделенных на три группы: деловитость, общительность, благотворительность. Результаты показали, что преуспевающему предпринимателю сопутствуют такие качества (в баллах), как компетентность (6,2), обаяние (6,2), реализм (6,2), обстоятельность (5,9). В самооценке эксперты больше придавали значение следующим качествам: порядочность (6,3), обязательность (6,1), компетентность (5,8), немеркантильность (5,8).

Характеристики, свойственные успешным предпринимателям, были получены и при изучении факторов риска и других личностных свойств у российских брокеров. Среди них можно отметить устойчивость при давлении авторитетов, независимость, стремление полагаться только на самих себя, подчиненность поведения внутренним ориентирам.

Дальнейшие отечественные исследования показали, что наибольший количественный индекс среди 15 характеристик мотивационных тенденций в группе предпринимателей приходится на выносливость или стойкость в достижении цели. Именно по этому показателю предприниматели значительно отличались от группы военнослужащих. Перевес среди других мотивационных тенденций получили желание и умение доводить до конца начатое дело и стремление к познанию себя, готовность брать на себя функции лидера и оказывать давление на других людей, т. е. доминирование.

Современный предприниматель стремится к максимальному использованию возможностей собственного личностного роста и созданию условий для развития своих сотрудников, переориентируется с показателей внешнего достижения на показатели внутренних достижений, в том числе развития личности.

По сведениям немецких авторов, в оценке личностной значимости ценностей предпринимательской деятельности такие мотивы, как «деньги: и «материальные приобретения», как конечная цель, в среднегрупповых данных занимают места ниже пятого. Больше всего в своей работе предприниматели ценят возможность обмена мнениями с коллегами и совместную работу, а также совместную разработку процедур принятия решений. Уровень профессионализма прямо связывается с возможностями самоактуализации и отыскания новых аспектов в своей работе, возможностью испытывать от нее удовольствие.

Эти особенности, характерные для немецких предпринимателей, отличаются от привычного культурологического портрета профессионала в американском бизнесе, где люди выбирают не работу, а деньги, которые платят за эту работу.

Исследования российских психологов и социологов дают достаточно противоречивую картину, свидетельствующую о неоднозначности приоритетов. Так, по данным первых эмпирических исследований, проведенных с участием российских предпринимателей, были получены такие личностные и мотивационные характеристики, как сравнительно низкий уровень мотивации достижения, низкие показатели рациональности при высокой личностной склонности к риску.

По другим источникам, российские бизнесмены при обследовании не демонстрируют высокой ценности материальных факторов в общей системе трудовой мотивации. Однако им присущ высокий уровень мотивации достижения.

Расхождения, полученные в исследованиях различных авторов об уровне мотивации достижений, свидетельствуют, с одной стороны, о неоднородности групп предпринимателей, которые различаются по своим психологическим особенностям в зависимости от возраста, времени прихода в бизнес, размеров собственного бизнеса и других факторов, а с другой – о целесообразности продолжения изучения российского предпринимательства с целью углубления анализа этих новых субъектов российского общества.

В 1997–1998 годах в России были проведены исследования с использованием специально разработанной шкалы личностных качеств. Она включала в себя 25 суждений об умениях, которыми располагают респонденты для ведения своего бизнеса. Было предложено по 10-балльной шкале оценить степень присутствия этих качеств в характере и в деловых стратегиях предпринимателей в мужском и женском вариантах. Затем баллы получали рейтинговую оценку в общем ряду, рейтинговые оценки суммировались и делились на число респондентов. В результате получалась средняя рейтинговая оценка по каждому из качеств отдельно для мужчин и для женщин. Обследование было проведено в шести регионах России, включая Москву. Всего в нем приняло участие 75 предпринимателей – 30 мужчин и 45 женщин. Результаты, полученные в ходе исследования, во многом носили парадоксальный характер и еще раз подтвердили тезис о «непохожести» российских бизнесменов на своих коллег по бизнесу на Западе.

Как показало исследование самооценок деловых и личностных качеств, существуют серьезные отличия между мужчинами и женщинами в восприятии тех умений, с помощью которых они действуют и достигают успехов в бизнесе (табл. 4.4). Обращает на себя внимание, что женщины в своих стратегиях более ориентированы на качества «компромисса», «уверенности» при высоком влиянии качеств «пластичности» на фоне «доминирования». Мужчины склонны лидировать, опираясь на умение доминировать, действовать при угрозе риска, больше ориентированы на «демонстративные качества». Анализ полученных данных позволяет говорить о существенных различиях в «психологических профилях» успешных в бизнесе мужчин и женщин-предпринимателей. Женщины по сравнению с мужчинами, как показывает это исследование, в своих оценках более «рациональны», «гибки», «компромиссны», умеют «жить сегодняшним днем». Их отличает уверенность в своем умении действовать в ситуации конфликта и угрозы риска. Женщины оценивают свои возможности действовать адекватно в ситуации риска довольно высоко и склонны выводить это качество на одно из первых мест. Одновременно результаты исследования позволяют предположить, что лидерские качества имеют общую природу и не зависят от половых различий. Пять из первых девяти качеств лидеров присутствуют у представителей той и другой групп одновременно. Поэтому вряд ли правомерно рассуждать о психологических преимуществах мужчин, по сравнению с женщинами, как лидеров. Может быть, именно потому, что они пользуются разными стратегиями достижения успеха и формируют хотя и не совпадающий полностью, но соизмеримый потенциал личностных и деловых качеств независимо от пола.

Таблица 4.4. Личностные предпосылки успешности деятельности (сравнительные индексы рейтинга качеств у предпринимателей: мужчин (30 человек) и женщин (45 человек) *(по: А. Е. Чирикова и др., 1999)*

• **Основные адаптогенные факторы** профессиональной деятельности лиц, работающих в сфере бизнеса:

– высокая интенсивность профессиональной нагрузки;

– большой объем информации, сложной для переработки (повышенная нагрузка на зрительные и слуховые анализаторы, напряжение внимания и памяти);

– необходимость быстрого реагирования в условиях дефицита времени;

– воздействие стресс-факторов;

– гиподинамия.

Значительная умственная нагрузка, которая сопутствует профессиональной деятельности делового человека, обычно оказывает угнетающее воздействие на психическую сферу организма. При этом количественные и качественные показатели работоспособности падают, снижается лабильность зрительного анализатора, особенно при работе с компьютером. Обнаруживается ухудшение функций внимания (объем, концентрация, переключение), памяти, восприятия, что проявляется большим числом ошибок. Увеличивается время реакции на простые и особенно сложные сенсомоторные реакции. Для объективной характеристики имеет значение и вегетативный компонент.

К этому надо прибавить, что режим жизни бизнесменов не обеспечивает полного восстановления сил в нерабочие часы. Они зачастую работают сутками, практически без отдыха, годами не бывают в отпусках. При этом сбивается биологический ритм, картина усугубляется десинхронозом. Может развиться бесплодие.

Для каждого рода деятельности необходим определенный оптимум эмоционального напряжения, при котором реакции организма оказываются наиболее совершенными и эффективными. Основной причиной повышения нервно-эмоционального напряжения является высокая нагрузка на афферентные, центральные или эфферентные звенья системы, осуществляющей трудовую деятельность. Степень активации в определенных системах в основном обусловливается возбуждением лимбико-ретикулярных структур, а также вегетативной сферы, что проявляется в изменении эмоционального фона, эндокринных функций, сердечной деятельности, биохимического состава крови и др.

Нейрогуморальные сдвиги в организме оказывают выраженное неблагоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему. О тесной связи изменений гемодинамики с эмоциональными проявлениями известно очень давно. При значительном нервно-эмоциональном напряжении имеют место учащение пульса, увеличение систолического и минутного объема сердца, повышение артериального давления. Именно такие реакции были зарегистрированы у бизнесменов в условиях стресса при внезапном кризисе на бирже.

Взаимосвязь эмоциональной напряженности с индивидуально-психическими особенностями у менеджеров и руководителей среднего звена изучали с помощью инструментальной психофизиологической методики, где данные электрокожного сопротивления служили ориентирами достижения состояния релаксации. Обследованные после переговоров с клиентами менеджеры активных продаж по степени эмоциональной напряженности и успешности релаксации были поделены на две группы: с высокой способностью к релаксации и умеренной исходной эмоциональной напряженностью и с меньшей способностью к релаксации и большой нервно-психической эмоциональной напряженностью. Для последних, в случаях высокой мотивации деятельности, необходимо использование методов психофизиологической коррекции.

Распространение «сидячих» профессий, к которым относится и профессия предпринимателя, привело к значительному снижению двигательной активности. При этом в мышцах снижается кровоток, уменьшается обмен веществ. Появляются признаки детренированности организма, которые отрицательно сказываются на здоровье. «Сидячая работа», передвижение на машине (недостаток движения), курение – все это способствует развитию многих заболеваний, особенно сердечно-сосудистых. Наиболее неблагоприятным в этом отношении является сочетание низкого уровня двигательной активности и хронического стресса, вызванного отрицательными эмоциями.

Функциональное состояние организма у бизнесменов, индивидуальные физиологические механизмы поддержания работоспособности, развитие утомления, физическая стоимость деятельности, эмоциональные и экстремальные состояния и успешность адаптации должны рассматриваться в тесной связи с возрастом. У более пожилых людей в ходе работы раньше развивается утомление. Типичным признаком ранних форм утомления является снижение работоспособности. Результаты исследований показали, что при утомлении, особенно у лиц старше 40 лет, в первую очередь нарушается зависимость между отдельными показателями систем организма. Усиливается корреляционная зависимость между функциями сердечно-сосудистой системы и высшей нервной деятельности. Ослабевает или даже совсем исчезает взаимосвязь между различными показателями сердечно-сосудистой системы. Нарушение исходного взаимоотношения показателей сердечно-сосудистой системы в динамике рабочего дня следует рассматривать как качественно иной уровень функционирования физиологических систем организма и как один из первых признаков утомления. Результаты исследований свидетельствуют о том, что уровень регуляции сердечно-сосудистой системы должен учитываться при суждении о работоспособности и ее изменениях под влиянием производственного утомления. При этом функционирование аппарата гемодинамики тем напряженнее, чем старше возраст работающих. Прямая зависимость роста сердечно-сосудистой патологии с увеличением стажа работы в условиях нервно-эмоциональных нагрузок является результатом этого напряжения. Установлена прямая зависимость повышения артериального давления от утомления. В качестве критериев функционального изменения состояния сердечно-сосудистой системы в динамике рабочего дня должны быть использованы коэффициенты корреляции между отдельными показателями этой системы.

Срыв механизмов адаптации у бизнесменов и развитие патологии у них в первую очередь затрагивают сердечно-сосудистую систему. По сравнению с другими видами профессиональной деятельности у предпринимателей в более молодом возрасте и у сравнительно большего контингента лиц встречается инфаркт миокарда и инсульт.

Для коррекции функционального состояния, оптимизации процессов адаптации и профилактики профзаболеваний у специалистов, работающих в сфере бизнеса, необходимо разработать ряд мер.

На Западе эта проблема решается следующим образом. Крупные компании, которые заботятся о сотрудниках, оборудуют в своих зданиях тренажерные залы, теннисные корты. У них есть специальные комнаты психологической разгрузки. Психологи-практики работают с каждым сотрудником индивидуально. Проводят и групповые занятия по психотренингу.

Что касается формирования культуры здорового образа жизни у нас в стране, то в последние годы повсеместно открываются оздоровительные фитнес-центры. Появились и частные психологи, которые занимаются с бизнесменами психотренингом. Однако этот процесс пока находится в стадии становления.

4.9.4. Адаптация к операторской деятельности

К операторскому труду относят группу профессий, связанных с управлением машинами, оборудованием, технологическими процессами. Операторский труд отличается следующими особенностями:

1) превалирование в трудовых действиях функций управления какими-либо системами;

2) значительные информационные потоки в виде простых или сложных сигналов;

3) нервно-эмоциональное напряжение.

Эти особенности можно считать основными факторами, которые влекут за собой адаптивные изменения в разных системах органов.

Приспособление к информационным нагрузкам, особенно интенсивным и длительным, связывают с изменением регуляции биоритмологических процессов в ЦНС, что нередко проявляется в нарушениях структуры ночного сна. Многолетние интенсивные информационные нагрузки приводят к усилению активности синхронизирующих систем мозга, в такой степени перестраивающих функционирование таламо-кортикальной регуляции, что это вызывает изменение циркадианной регуляции в целом. Это влечет за собой и вегетативные изменения: рост функционального напряжения сердечно-сосудистой системы, гипертензивную реакцию организма (при экстремальном уровне нагрузки), повышение симпатического тонуса вегетативной нервной системы, переход на сосудистый тип регуляции гемодинамики.

В некоторых случаях неадекватные изменения в вегетативной сфере у операторов (повышение частоты сердечных сокращений в начале рабочего дня), приводящие к ухудшению самочувствия, свидетельствуют о недостаточности для адаптации к условиям операторского труда уровня функциональной организации ЦНС. Продолжение выполнения операторской работы такими лицами может привести не только к соматическим, но и к психическим расстройствам (астенический синдром и т. п.). Поэтому особую роль приобретает отбор и подготовка кадров как для операторских, так и для других профессий. Решить эти задачи призвана система профессионального отбора.

Эффекты работы с компьютером. Разновидностью операторского труда, получившей в последние годы широкое распространение, является работа с персональным компьютером. Человек, работающий за компьютером, подвергается комплексу факторов. К ним относятся различные виды излучений, изображения на экране монитора, акустические шумы, включая ультразвук, условия труда на рабочем месте.

Монитор компьютера является источником слабых электромагнитных излучений в низкочастотном, сверхнизкочастотном и высокочастотном диапазонах (2 Гц – 400 кГц), рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения, инфракрасного излучения, излучения видимого диапазона.

Биологический эффект электромагнитных полей зависит от диапазона частот, интенсивности и продолжительности экспозиции, характера излучения (непрерывное, модулированное), режима облучения (постоянное, апериодическое, интермиттирующее).

Исследователи установили, что излучение низкой частоты в первую очередь негативно влияет на центральную нервную систему, вызывая головные боли, головокружение, тошноту, депрессию, бессонницу, отсутствие аппетита, возникновение синдрома стресса. Причем нервная система реагирует даже на короткие по продолжительности воздействия относительно слабых полей: изменяется гормональное состояние организма, нарушаются биотоки мозга. Особенно страдают от этого процессы обучения и запоминания.

Низкочастотное электромагнитное поле является причиной кожных заболеваний, болезней сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта. Оно воздействует на белые кровяные тельца, может привести к возникновению опухолей, в том числе и злокачественных.

Особое внимание исследователи уделяют влиянию электромагнитных полей на женщин в период беременности. Статистика свидетельствует, что работа за компьютером нарушает нормальное течение беременности, повышает вероятность выкидыша и часто является причиной появления на свет детей с врожденными пороками.

Электростатическое поле большой напряженности способно изменять и прерывать клеточное развитие, вызывать катаракту.

Деятельность оператора предполагает визуальное восприятие отображенной на экране монитора информации. При этом значительной нагрузке подвергается зрительный аппарат. Факторами, наиболее сильно влияющими на зрение, являются несовершенство способов создания изображения на экране монитора, недостаточно строгое соблюдение принципов эргономики.

Изображение на экране дисплея состоит из светящихся точек. Чем крупнее эти точки, тем меньше времени человеческий глаз может смотреть на них без утомления и без вреда для себя. В современных компьютерах размер такой точки – не более 0,3 мм. В устаревших моделях, которые еще продолжают использовать, светящиеся точки гораздо крупнее, частота мельканий изображения на экране дисплея значительно меньше, и поэтому глаза испытывают большее напряжение. Все это приводит к тому, что человек за компьютером устает гораздо быстрее, чем за обычным письменным столом.

Наблюдается увеличение глазных заболеваний. Так, в 1992 году в США к врачам-офтальмологам с жалобами на ухудшение зрения обратились 10 млн человек, а спустя 4 года – уже 15 млн.

Затруднения зрительного восприятия можно объяснить следующими факторами:

– резким контрастом между яркостью экрана компьютера и освещенностью помещения (предпочтительным является средний контраст);

– недостаточной освещенностью рабочего места (наиболее оптимальная освещенность 400–600 Лк).

Как показали исследования, конвергенция глаз в зависимости от частоты мельканий экрана дисплея, точка конвергенции, смещается тем дальше, чем меньше частота мельканий. Наиболее оптимальное расстояние наблюдения – 50–80 см. Крупный шрифт читается лучше при одинаковых угловых размерах.

Контроль за экраном дисплея чередуется с просмотром и анализом информации на других рабочих поверхностях, имеющих различное удаление от глаз и различную степень освещенности, яркости и контрастности. Все это приводит к повышенной нагрузке на зрительный анализатор, на его аккомодационный и мышечный аппарат.

Среди всех функциональных нарушений со стороны органа зрения ведущими являются изменения сенсорного аппарата зрительного анализатора, особенно цветовоспринимающей его части.

Условия труда человека, работающего за компьютером, характеризуются необходимостью длительное время поддерживать неподвижную позу, напрягать зрение, интенсивно работать с клавиатурой. Через некоторое время после начала работы появляются головная боль, болезненные ощущения в области мышц лица и шеи, ноющие боли в позвоночнике, резь в глазах, слезоточивость, нарушение четкого видения, боли при движении рук. Степень болезненности ощущений пропорциональна времени работы.

Из-за длительного сидения в неподвижной позе у некоторых операторов персонального компьютера развивается мышечная слабость, происходит изменение формы позвоночника (синдром длительной статической нагрузки).

У работающих с отображенной на экране монитора информацией по 7 и более часов в день высока вероятность возникновения астенопии и воспаления глаз. Кроме того, выявлено, что среди профессиональных операторов повышена частота заболеваний глаукомой и катарактой.

Продолжительное пользование клавиатурой при работе за компьютером может стать причиной тяжелых профессиональных заболеваний рук. Комплекс этих болезней получил название травма повторяющихся нагрузок. Заболевания, связанные с травмами повторяющихся нагрузок, охватывают болезни нервов, мышц и сухожилий рук. Наиболее часто страдают кисть, запястье («туннельный синдром», «синдром программиста») и предплечье. Иногда болезнь затрагивает плечевую и шейную области.

Постоянные пользователи персональных компьютеров подвергаются психологическим нагрузкам. У них выявлен новый тип заболевания – **синдром**

компьютерного стресса, который сопровождается головной болью, воспалением глаз, аллергией, раздражительностью, вялостью, депрессией.

Компьютеры могут вызвать зависимость, сходную с наркотической.

Разработчики новых поколений персональных компьютеров многое делают для устранения негативных факторов. Вместе с тем пользователям компьютеров необходимо познакомиться с комплексами оздоровительно-профилактических упражнений, предотвращающих или снижающих утомление. Один из таких комплексов представлен на рис. 4.3.

ФИЗКУЛЬТУРНАЯ МИНУТКА

Это самые простые и самые быстрые способы снятия утомления для самых ленивых или самых занятых.

1. Исходное положение (и. п.) – основная стойка (о. с.), на счет 1–2 встать на носки, руки вверх-наружу, потянуться вверх за руками. 3–4 – дугами в стороны руки вниз и расслабленно скрестить перед грудью, голову наклонить вперед. Повторить 6–8 раз. Темп быстрый.

2. И. п. – стойка ноги врозь, руки вперед. 1 – поворот туловища направо, мах левой рукой вправо, правой назад за спину. 2 – исходное положение, 3–4 – то же в другую сторону. Упражнения выполняются размашисто, динамично. Повторить 6–8 раз. Темп быстрый.

3. И. п. – согнуть правую ногу вперед и, обхватив голень руками, притянуть ногу у животу. 2 – приставить ногу, руки вверх-наружу. 3–4 – то же другой ногой. Повторить. Темп средний.

Рис. 4.3, а.

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ ГЛАЗ

Делать их надо сидя или стоя, отвернувшись от экрана при ритмичном движении глаз.

1. Закрыть глаза, не напрягая глазные мышцы, на счет 1–4 широко раскрыть глаза и посмотреть вдаль на счет 1–6. Повторить 4–5 раз.

2. Посмотреть на кончик носа на счет 1–4, а потом перевести взгляд вдаль на счет 1–6. Повторить 4–5 раз.

3. Не поворачивая головы (голова прямо), делать медленно круговые движения глазами вверх-вправо и в обратную сторону: вверх-влево-вниз-вправо. Затем посмотреть вдаль на счет 1–6. Повторить 4–5 раз.

4. При неподвижной голове перевести взор с фиксацией его на счет 1–4 вверх; на счет 1–6 прямо; после чего аналогичным образом вниз-прямо, вправо-прямо, влево-прямо. Проделать движение по диагонали и в одну, и в другую сторону с переводом глаз прямо на счет 1–6. Повторить 3–4 раза.

Рис. 4.3, б.

ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Наклоны и повороты головы оказывают механическое воздействие на стенки шейных кровеносных сосудов, повышают их эластичность; раздражение вестибулярного аппарата вызывает расширение кровеносных сосудов головного мозга. Дыхательные упражнения, особенно дыхание через нос, изменяют их кровенаполнение. Все это усиливает мозговое кровообращение, повышает его интенсивность и облегчает умственную деятельность.

1. И. п. – о. с. 1 – руки за голову; локти развести пошире, голову наклонить назад. 2 – локти вперед. 3–4 – руки расслаблены, но опущены вниз, голову наклонить вперед. Повторить 4–6 раз. Темп медленный.

2. И. п. – стойка ноги врозь, кисти в кулаках. 1 – мах левой рукой назад, головой вверх-назад. 2 – встречными махами переменить положение рук. Махи заканчивать рывками руками назад. Повторить 6–8 раз. Темп средний.

3. И. п. – сидя на стуле. 1–2 – отвести голову назад. 3–4 – голову наклонить вперед, плечи не поднимать. Повторить 4–6 раз. Темп медленный.

Рис. 4.3, в.

ДЛЯ СНЯТИЯ УТОМЛЕНИЯ С ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА И РУК

Их надо проводить динамично, чередуя напряжение и расслабление отдельных мышц плечевого пояса и рук. Упражнения улучшают кровоснабжение, снижают напряжение.

1. И. п. – о. с. – кисти в кулаках. Встречные махи руками вперед и назад. Повторить 4–6 раз. Темп средний.

2. И. п. – о. с. 1–4 – дугами в стороны руки вверх, одновременно делая ими небольшие воронкообразные движения. 5–8 – дугами в стороны руки расслабленно вниз и потрясти кистями. Повторить 4–6 раз. Темп медленный.

3. И. п. – тыльной стороной кисти на пояс. 1–2 – свести вперед, голову наклонить вперед. 3–4 – локти назад, прогнуться. Повторить 6–8 раз, затем руки вниз и потрясти расслабленно. Темп медленный.

Рис. 4.3, г.

ДЛЯ СНЯТИЯ УТОМЛЕНИЯ С ТУЛОВИЩА И НОГ

Упражнения для мышц ног, живота и спины усиливают венозное кровообращение в этих частях тела и способствуют предотвращению застойных явлений крово– и лимфообращения, отечности в нижних конечностях.

1. И. п. – о. с. 1 – шаг влево, руки к плечам, прогнуться. 2 – и. п. 3–4 – то же в другую сторону. Повторить 6–8 раз. Темп медленный.

2. И. п. – стойка ноги врозь. 1 – упор-присев. 2 – и. п. 3 – наклон вперед, руки впереди. 4 – и. п. Повторить 6–8 раз. Темп средний.

3. И. п. – стойка ноги врозь, руки за голову. 1–3 – круговые движения тазом в одну сторону. 4–6 – то же в другую сторону. 7–8 – руки вниз и расслабленно потрясти кистями. Повторить 4–6 раз. Темп средний.

Рис. 4.3, д.

ФИЗКУЛЬТУРНАЯ ПАУЗА

Повышает двигательную активность, стимулирует деятельность нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и мышечной систем, снимает общее утомление, повышает умственную работоспособность.

Ходьба на месте 20–30 с. Темп средний.

1. И. п. – о. с. 1 – руки вперед, ладони книзу. 2 – руки в стороны, ладони кверху. 3 – встать на носки, руки вверх, прогнуться. 4 – и. п. Повторить 4–6 раз. Темп медленный.

2. И. п. – ноги врозь, немного шире плеч. 1–2 – наклон назад, руки за спину. 3–4 – и. п. Повторить 6–8 раз. Темп средний.

3. И. п. – ноги на ширине плеч. 1 – руки за голову, поворот туловища направо. 2 – туловище в и. п., руки в стороны, наклон вперед, голову назад. 3 – выпрямиться, руки за голову, поворот туловища налево. 4 – и. п. 5–8 – то же в другую сторону. Повторить 6 раз. Темп средний.

4. И. п – руки к плечам. 1 – выпад вправо, руки в стороны. 2 – и. п. 3 – присесть, руки вверх. 4 – и. п. 5–8 – то же в другую сторону. Повторить 5 раз. Темп средний.

Рис. 4.3, е.

4.10. Психологические аспекты адаптации

Психическая адаптация – это процесс установления оптимального соответствия личности и окружающей среды в ходе осуществления свойственной человеку деятельности, который позволяет индивидууму удовлетворять актуальные потребности и реализовывать связанные с ними значимые цели (при сохранении психического и физического здоровья), обеспечивая в то же время соответствие психической деятельности человека, его поведения требованиям среды. Психическая адаптация – сложный процесс, который наряду с собственно психической адаптацией включает в себя еще два аспекта: оптимизацию постоянного взаимодействия индивидуума с окружением и установление адекватного соответствия между психическими и физиологическими характеристиками, выражающегося в формировании определенных и относительно стабильных психофизиологических (психовегетативных, психогуморальных и психомоторных) соотношений.

Одним из признаков адаптации является то, что регуляторные процессы, обеспечивающие равновесие организма как целого во внешней среде, протекают слаженно, экономично, т. е. в зоне «оптимума». Адаптированное регулирование обусловливается длительным приспособлением человека к условиям окружающей среды, тем, что в процессе жизненного опыта он выработал набор алгоритмов реагирования на закономерно и вероятностно, но относительно часто повторяющиеся воздействия – «на все случаи жизни». Иными словами, адаптированное поведение не требует от человека выраженного напряжения регуляторных механизмов для поддержания в определенных границах как жизненно важных констант организма, так и психических процессов, обеспечивающих адекватное отражение реальной действительности.

При разработке теории психической адаптации исследователями были предложены и обоснованы такие понятия, как «устойчивая адаптация», «переадаптация», «дезадаптация» и «реадаптация».

1. Устойчивая психическая адаптация (адаптированность). Это уровень психической деятельности (комплекс регуляторных психических реакций), определяющий адекватное заданным условиям среды поведение человека, его эффективное взаимодействие со средой и успешную деятельность без значительного нервно-психического напряжения. Критерием повышения нервно-психического напряжения можно считать уровень внутреннего психологического комфорта личности, определяемый сбалансированностью положительных и отрицательных эмоций. Исходя из данного определения можно говорить о подобном состоянии человека в среде его привычной жизнедеятельности до экстремальной ситуации: в семье, в кругу друзей, за привычным

занятием и т. п. Понятие «устойчивая адаптация» можно считать синонимом «нормы», «здоровья».

2. Переадаптация. При изменении привычных условий жизни появляются факторы, которые определенным образом вносят дезорганизацию в психическую деятельность, регулирующую поведение человека. Возникает необходимость в новых психических реакциях на новые раздражители, предъявляемые изменившимися условиями для наиболее оптимального взаимодействия личности с данной средой и эффективной деятельности в соответствии с произошедшими внешними изменениями. Относительная дезорганизация психических функций в данном случае есть сигнал для включения механизма регуляции и компенсации, конечным результатом действия которого является организация нового уровня психической деятельности в соответствии с изменившимися условиями среды. То есть включается механизм переадаптации.

Переадаптация может быть истолкована в двух значениях:

1) как процесс перехода из состояния устойчивой психической адаптации в привычных условиях в состояние относительно устойчивой адаптации в новых непривычных (измененных) условиях существования;

2) как результат этого процесса, имеющий успешное значение для личности и ее психической деятельности.

Говоря о проблеме переадаптации людей, необходимо иметь в виду, что данный процесс направлен на достижение адаптированности в экстремальных условиях. Однако экстремальность в данном случае – это не отдельные эпизоды в деятельности человека, связанные с риском для жизни и здоровья (боевые действия, ликвидация последствий аварии, стихийных бедствий и т. п.), а измененные, непривычные условия существования.

3. Дезадаптация. В нашей стране проблемы экстремальной психологии связаны с именем *В. И. Лебедева,* кандидата медицинских и доктора психологических наук. На основе большого личного опыта работы и анализа литературных источников, научных данных *В. И. Лебедев* (1989) выделяет и описывает ряд специфических психогенных факторов экстремальных условий существования и предлагает этапность психической адаптации и дезадаптации в измененных условиях существования. Взяв за основу данную концепцию, целесообразно проанализировать содержание адаптационного процесса применительно к личности в условиях различной деятельности.

4.10.1. Этапы психической адаптации и дезадаптации (рис. 4.4)

1. Подготовительный этап

В том случае, когда человек предполагает или знает с определенной степенью вероятности о предстоящих изменениях, наблюдается подготовительный этап.

Содержание подготовительного этапа с точки зрения адаптации носит познавательный характер. Накапливается определенный информационный запас о среде обитания и условиях деятельности, при этом формируется информационное поле, которое будет одним из источников действия адаптационного механизма.

Рис. 4.4. Этапы психической адаптации и дезадаптации в измененных условиях существования *(по: В. И. Лебедев и др., 1989)*

По мнению некоторых ученых, человек находится в адаптированном состоянии тогда, «когда его внутренний информационный запас соответствует информационному содержанию ситуации, т. е. когда система работает в условиях, где ситуация не выходит за рамки индивидуального информационного диапазона». В зависимости от индивидуальных свойств и качеств личности познавательное поведение может носить активно-целенаправленный или же пассивный характер. Кроме того, весьма значительную роль здесь играет и уровень мотивации к деятельности в заданных условиях.

• Первый тип познавательного поведения (активное восприятие) на подготовительном этапе адаптации характеризуется стремлением получить как можно больше информации, проявляя активный интерес и используя любые возможности для ее получения. В данном типе поведения, кроме активного потребления необходимой личности информации, имеет место и своеобразная заинтересованная внутренняя интеллектуальная и волевая деятельность по подготовке к переходу в измененные условия существования.

• Второй тип познавательного поведения носит характер *пассивного восприятия* получаемой информации, которая сама по себе характеризуется случайностью и обрывочностью. В основном потребляется лишь та информация, которая соответствует внутренним ожиданиям личности или же воспринимается вся возможная, но без критического оценивания ее достоверности и необходимости с точки зрения организации наиболее эффективного взаимодействия со средой предстоящего существования. Данные типы поведения связаны со свойствами центральной нервной системы и описаны в условиях адаптационного процесса индивида.

2. Этап стартового психического напряжения

Данный этап можно считать пусковым моментом приведения в действие механизма переадаптации. Состояние человека на этом этапе сравнимо с переживаниями перед спортивными соревнованиями, выходом на сцену, предэкзаменационным волнением и т. п. Трудно определить границы этого этапа, так как динамика адаптационного процесса не имеет четко выраженных временных показателей. Это зависит от индивидуальных особенностей каждого человека, условий его деятельности и т. п. Содержательная и функционально-смысловая стороны этого этапа состоят в нарастании эмоциональных переживаний, формирующих состояние напряженности и являющихся, по сути, психофизиологическими детерминантами активизации деятельности любого живого организма.

Таким образом, на этом этапе происходит внутренняя мобилизация психических ресурсов человека для последующего их использования в целях организации нового уровня психической деятельности в измененных условиях существования.

3. Этап острых психических реакций входа

Другое название этапа – первичная дезадаптация. Является стадией адаптационного процесса, на котором личность начинает испытывать на себе влияние психогенных факторов измененных условий существования. Границы этого этапа по различным источникам определяются первыми тремя-пятью месяцами.

Рассмотрение сущности и содержания данного этапа требует анализа специфических психогенных факторов условий деятельности, определяющих их экстремальность и необходимость психической переадаптации. Основными из этих факторов являются:

– *измененная афферентация* – резкое изменение набора раздражителей, действовавших на органы чувств и психику человека ранее;

– *монотонность* – отсутствие каких-либо привычных раздражителей или же достаточно длительное однообразие набора раздражителей.

Не исключено и даже вероятнее всего одновременное слияние всех этих компонентов в единый фактор измененной афферентации. Это может быть связано с резким изменением природно-географической среды жизнедеятельности человека. В исследованиях сенсорной депривации учеными были вскрыты механизмы взаимодействия психики с окружающей средой. *Л. П. Гримак* (1991) отмечает: «Мало иметь контакт с природой, необходимо, чтобы внешняя среда была достаточно изменчива, чтобы обеспечивала хотя бы минимум внешних раздражителей. Без них мозг прекращает нормально функционировать, развиваются различного рода синдромы отклоняющегося поведения».

• Важным моментом является отсутствие лично значимой информации. *В. И. Лебедев* отмечает, что «в длительных походах мы отмечали у подводников невротические состояния, явно обусловленные отсутствием информации о больных родственниках, беременных женах, о зачислении в учебные заведения, предоставлении квартиры и т. д. При этом развивалось состояние тревожности, депрессии, нарушался сон».

• Существует такое понятие, как относительная групповая изоляция – вынужденное выключение личности из большого количества привычных и необходимых в силу ее потребностей коммуникативных групп и ограничение круга ее общения группой в рамках, скажем, воинского подразделения. Этот фактор является основой для существования еще двух, непосредственно из него вытекающих. Групповая изоляция в условиях воинской службы порождает постоянную публичность человека, т. е. почти непрерывное пребывание на глазах сослуживцев.

По этому поводу *В. И. Лебедев* пишет: «Когда человек знает, что за ним наблюдают, он все время старается удержаться в какой-то ролевой функции, что вызывает эмоциональную напряженность». Личность вполне естественно испытывает потребность время от времени быть наедине с собой, своими мыслями, позволить себе те естественные реакции и поведение, которые в той или иной степени социально ограничены и даже неприемлемы. *И. П. Павлов* говорил: «У себя наедине мы часто позволяем себе то, чего не делаем на людях». Постоянная публичность актуализирует потребность в уединении.

Кроме того, групповая изоляция предполагает *информационную истощаемость* членов данной группы по отношению друг к другу. Этот фактор также вызывает *эмоциональную напряженность,* что подтверждается опытом морских походов, зимовок на полярных станциях и другими примерами.

Итак, на этапе острых психических реакций входа личность начинает испытывать фрустрирующее влияние среды и происходит активация адаптационного механизма.

• Далее (см. рис. 4.4) можно отметить, что этап острых психических реакций входа (первичная дезадаптация) обусловливает два возможных пути развития адаптационного процесса:

1) **этап психической переадаптации**, или перехода в состояние устойчивой адаптации к условиям;

2) **этап неустойчивой психической деятельности**, который, в свою очередь, может привести к глубоким психическим изменениям.

Если состояние устойчивой психической адаптации (адаптированность) уже было определено, то противоположное ему, которым является состояние дезадаптации, нуждается в логической интерпретации. Необходимо отметить, что дезадаптация может быть истолкована двояко:

1) как относительно кратковременное ситуативное состояние, являющееся следствием воздействия новых, непривычных раздражителей изменившейся среды и:

а) сигнализирующее о нарушении равновесия между психической деятельностью и требованиями среды,

б) побуждающее к переадаптации. В этом смысле дезадаптация – необходимый составной компонент адаптационного процесса, проявляющийся на этапе острых психических реакций входа собственно и являющийся его содержательной основой;

2) однако дезадаптация может быть достаточно устойчивым сложным психическим состоянием, выражающимся в неадекватном реагировании и поведении личности, обусловленном функционированием психики на пределе ее регуляторных и компенсирующих возможностей или же в запредельном режиме.

Определяя психогенное влияние условий как фрустрирующее, можно отметить, что дезадаптация к условиям выражается в нервно-психической неустойчивости. *Л. П. Гримак* (1991) отмечает: «Непомерно высокая фрустрационная напряженность при адаптационных нарушениях ведет к чрезмерному усилению функций нервной и гормональной систем организма и тем самым способствует истощению его резервных возможностей… Затянувшийся поиск приемлемого выхода из создавшегося трудного положения может оказаться причиной невротических нарушений, а то и явных заболеваний». Среди причин развития подобных нарушений одно из ведущих мест принадлежит деструктивному влиянию на личность психогенных факторов среды, а также индивидуальным особенностям людей, их личностным качествам, чертам характера, определяющим низкие адаптационные способности.

Особый интерес представляют причины, которые разделяют адаптационный процесс на два возможных направления его развития, т. е. по пути переадаптации или же дезадаптации (см. рис. 4.4). Фрустрация является почти неизбежным следствием конфликта между потребностями человека и ограничениями, налагаемыми обществом. Последствия фрустрации различны по их влиянию на личность и ее поведение. Они могут быть *конструктивными* и *разрушительными.*

• Конструктивный момент фрустрации состоит в том, что эмоциональная напряженность, вызванная ею, активизирует психическую деятельность человека по поиску выхода из конфликтной ситуации между его потребностями и социальными ограничениями по их реализации. Эти усилия могут привести к замене способов достижения цели, удовлетворяющей ту или иную потребность. Кроме того, может произойти переоценка всей фрустрирующей ситуации и, как следствие, формирование нового комплекса потребностей. В этом смысле речь идет о переадаптации личности и переходе в адаптированное к данным условиям состояние. Переоценка ситуации позволяет по-новому увидеть элементы окружающей среды, которые ранее казались противоречивыми и дискомфортными. Таким образом, конструктивная сторона фрустрации как раз и носит характер успешной переадаптации.

• Однако существует понятие фрустрационной толерантности, или пороговой величины уровня напряжения, превышение которого оказывает деструктивное влияние на психику и поведение человека. Поскольку каждая личность сугубо индивидуальна в силу присущего только ей сочетания свойств и качеств (от типа высшей нервной деятельности до ее социальных характеристик), то и толерантность каждого человека к фрустрации также индивидуальна. Нарастание напряженности, вызванной стеническими эмоциями, которые человек переживает в измененных условиях существования, может превысить его индивидуальный порог толерантности еще до того, как перестроившаяся система психических реакций позволит личности найти конструктивные пути выхода из ситуации и обеспечит его успешную переадаптацию. В этом случае напряжение нарастает на фоне преобладания тревожных эмоций, что, в свою очередь, продолжает дезорганизацию психической деятельности, истощая психические возможности человека. Сознание личности при отсутствии у нее в достаточной степени выраженных качеств, обеспечивающих конструктивный путь адаптации, застревает на невозможности удовлетворить большое количество потребностей, на угрозе со стороны окружающей среды личным интересам, благополучию, достоинству личности. Нервно-психическая деятельность приобретает неустойчивый характер, когда старые, привычные комплексы нервно-психических реакций уже более не в состоянии обеспечить эффективное взаимодействие со средой, а новые, необходимые человеку в данных условиях, не имеют достаточных ресурсов для их соответствующей организации. Рост напряжения, как правило, сопровождается эмоциональным возбуждением, препятствующим рациональным процессам. Человек волнуется, впадает в панику, теряет контроль над ситуацией и своим поведением. Подобные явления и процессы описаны как отечественными психологами (Б. Ф. Ломов, В. Д. Небылицын, Ф. П. Космолинский, Ц. П. Короленко, Г. В. Фролова и др.), так и зарубежными учеными (Д.Креч, П. Кратчфилд, Н. Ливсон и др.).

Исследователи при определенных расхождениях в методологических подходах едины в одном – главном: следствием психической напряженности личности в измененной среде существования при невозможности ее конструктивного использования является нервно-психическая неустойчивость, склонность к срывам функций нервной системы.

Естественно, что высокостимулированная психическая деятельность должна найти разрядку весьма значительного уровня ее активизации. Но направленность ее в данном случае будет деструктивной для личности. В результате наступит генерация дезадаптивных состояний, определяющих два основных типа поведения личности при неспособности ее успешно адаптироваться к заданной среде. Так, американские психологи *Д. Креч, П. Кратчфилд, Н. Ливсон,* рассматривая деструктивные последствия фрустрации и конфликта между потребностями личности и ограничениями по их удовлетворению, выделяют:

– агрессию (первый тип дезадаптивного поведения);

– бегство от ситуации (второй тип дезадаптивного поведения).

• Первый тип – **агрессивный** – в простейшей форме можно представить как атаку на препятствие или барьер (в этом случае можно говорить о его адаптивной функции). При осознании опасности подобных действий, агрессия направляется на любой случайный объект, на посторонних людей, на сослуживцев, непричастных к самой причине агрессии. Кроме того, источник фрустрации может и не осознаваться вовсе. И в этом случае агрессия вымещается не на истинных объектах или препятствиях, а на их случайных заместителях. Это может выражаться в грубости по отношению к сослуживцам, резких вспышках гнева по ничтожным поводам или же вовсе без видимых на то причин, в недовольстве всем, что происходит, особенно требованиями, предъявляемыми к данной личности, в попытках неповиновения и пререканиях с начальниками.

• Второй тип – **бегство от ситуации** – характеризуется «уходом» человека в свои переживания, обращение всей высокостимулированной психической энергии на генерацию собственных негативных состояний, самокопания, самообвинения и т. п. Развиваются тревожно-депрессивные симптомы. Человек начинает видеть самого себя источником всех своих бед, а отсюда – чувство полной безысходности, так как он считает себя неспособным повлиять на среду и ситуацию. Этот тип людей характеризуется замкнутостью, отрешенностью, погруженностью в мир своих тягостных раздумий. Чаще всего им видится единственным выходом из ситуации и разрешением всех проблем уход из жизни как наиболее доступный и желаемый исход.

В случае развития адаптации по пути неустойчивой психической деятельности (см. рис. 4.4), кроме суицидальных эксцессов, имеет место (как уже говорилось) угроза глубоких психических изменений личности. Возникает проблема психического здоровья человека. Этими изменениями могут быть серьезные нервно-психические расстройства и психические заболевания, если не будет своевременно диагностировано дезадаптивное состояние и не оказана своевременная помощь. Данная схема позволяет наглядно продемонстрировать такую угрозу для психического здоровья личности как непосредственно сразу же после острых психических реакций входа в измененную среду, так и в процессе переадаптации к ней, когда достижение устойчиво-адаптированного состояния оказалось невозможным.

4. Этап завершающего психического напряжения

Данный этап наступает при развитии адаптационного процесса в благоприятном направлении. Характерное содержание этого этапа – своеобразная подготовка психики человека к возвращению в определенной степени старых режимов функционирования и реакций, а также их подготовка к заново моделируемым сознанием личности условиям. Так, для военнослужащих, проходящих службу по призыву, это этап подготовки к увольнению в запас, предвосхищения возвращения в привычные условия, к родным и близким, к любимым занятиям. В этот период вновь появляются симптомы тревожности, напряженности, более понятные как симптомы томительного ожидания. Особое внимание обращает на себя большая вовлеченность личности в переживания в связи с предстоящим и долгожданным возвращением к привычной жизни. Появляется большой интерес к занятиям, связанным с этими переживаниями. Причем эти занятия могут носить выраженный характер и занимать все свободное время. Это можно объяснить тем, что

вновь возникшее напряжение, активизировав психику, таким образом компенсирует вызванный ею избыток психической энергии.

5. Этап острых психических реакций выхода

По своему функциональному значению он в какой-то степени аналогичен этапу реакций входа, так как любые изменения условий жизни, деятельности, окружающей среды предполагают перестройку комплекса психических реакций и всей психической деятельности. Под выходом подразумевается выход из условий, в которых длительное время находился человек в период своей жизни. Однако необходимо отметить, что те условия, которые его ждут, не всегда идентичны тем, в которых он находился до изменения. Во многом это связано и с теми переменами в структуре личности, которые произошли на этом этапе. Данный этап характеризуется поведенческими реакциями, в которых находит выражение эйфория, чувство преодоления многих социальных ограничений, якобы почти «полной» свободы и «неограниченных» возможностей в удовлетворении потребностей. Часто это чувство может быть обманчивым и приводить к нежелательным последствиям, когда отрицаются многие нормы. Это можно проиллюстрировать фактами нарушений общественного порядка уволенными военнослужащими в период их возвращения домой.

6. Адаптация к новой культуре

При рассмотрении проблемы психологической адаптации определенный интерес представляет информация об адаптации человека к новой для него культуре. Проблема межкультурной адаптации дискутируется в мировой науке с начала XX века и особенно актуальна сейчас, в XXI веке – веке глобальных миграций.

• **Культурный шок** (термин был введен *К. Обергом).* Вживание в новую культуру обусловлено негативными чувствами (изменение социального и общественного положения), что приводит к неуверенности в себе, тревоге, раздражительности, бессоннице, психологическим расстройствам, депрессии.

Однако существует и положительная сторона культурного шока. Согласно данным *Я. Кима,* при благоприятных условиях вхождения в новую культуру личность проходит цикл «стресс – адаптация – личностный рост».

• Различают три этапа культурного шока, образующих W-образную кривую процесса адаптации, для которых характерно:

1) энтузиазм и приподнятое настроение;

2) депрессия и чувство замешательства;

3) чувство уверенности и удовлетворения.

При успешном протекании адаптационного процесса наступает чувство психологического благополучия и душевного комфорта.

В случае возвращения к родной культуре индивидууму приходится пройти процесс реадаптации (для которого характерна та же кривая), поэтому для всего цикла предложена концепция W-образной кривой.

• Степень выраженности культурного шока и продолжительности адаптации определяется характеристиками личности, своей и чужой для нее культур. При этом учитываются слудующие свойства.

I. Индивидуальные различия – демографические и личностные. По данным ряда исследователей, быстрее и легче адаптируются высокоинтеллектуальные и высокообразованные люди; женщины имеют в период адаптации больше проблем, чем мужчины.

II. Готовность к переменам. В подавляющем большинстве случаев мигранты хорошо воспринимают изменения среды, так как обладают мотивацией к адаптации (добиваются поставленной цели); кроме того, конкретная личность готовилась к восприятию новой культуры заранее (изучение языка, обычаев и т. д.).

III. Индивидуальный опыт в инокультурной стране. Установление дружеских отношений с местными жителями и со своими соотечественниками положительно влияет на процесс адаптации.

При взаимодействии двух культур на адаптационные механизмы оказывают влияние следующие моменты:

1) степень сходства или различия между культурами;

2) особенности культуры, к которой принадлежит адаптирующаяся личность;

3) особенности культуры страны пребывания (в основном это способ, с помощью которого «хозяева» оказывают аккультурационное влияние на приезжих).

Безусловно, легче проходит процесс адаптации личности в странах, выбравших политику *мулътикулътурализма* (Канада, США, Австралия). Эти страны провозглашают равенство, свободу выбора и партнерство представителей разных культур. Взаимодействие культур оказывает взаимосвязанное влияние на адаптацию. Стремящаяся к переменам личность оказывается в мультикультурном обществе, чаще и адекватнее контактирует с местными жителями, что уменьшает степень выраженности культурного шока.

С. Бокнер выделил четыре общих категории последствий межкультурного контакта:

1) геноцид – уничтожение противостоящей группы;

2) ассимиляция – постепенное добровольное или принудительное принятие образа жизни доминирующей группы вплоть до полного растворения в ней;

3) сегрегация – раздельное развитие групп;

4) интеграция – сохранение группами своей культуры при объединении в единое общество на новом качественном основании.

Согласно этому положению, можно выделить четыре возможных варианта адаптации личности: человек отбрасывает собственную культуру в пользу чужой («перебежчик») или отвергает чужую культуру в пользу собственной («шовинизм»),

личность колеблется между двумя культурами («маргинал»), приемлет обе культуры («посредник»).

Успешная адаптация личности заключается в овладении богатствами еще одной культуры без нанесения вреда для своей собственной.

Для подготовки к межкультурному взаимодействию во многих странах мира широкое распространение получили так называемые центры и методики культурной ассимиляции. Их цель – научить человека видеть ситуации с точки зрения членов чужой группы, понимать их видение мира. Суть методики заключается в создании программ адаптационных механизмов для конкретной ситуации, в которой находится личность или группа личностей.

Таким образом, психологические аспекты адаптации весьма многогранны. Это привело к тому, что в 60-х годах XX столетия стала обособляться новая отрасль знаний, которая получила название экологическая психология. Общепринятого определения **экологической психологии** до сих пор не существует. Однако большинство исследователей сходятся во мнении, что экологическая психология изучает взаимосвязи между переменными среды и различными характеристиками психики человека. При этом вплоть до недавнего времени роль среды ограничивали социальными условиями, мало внимания уделяя воздействию всех окружающих факторов.

Часть II. ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Все взрослые были сначала детьми, только мало кто из них об этом помнит

А. Сент-Экзюпери

Глава 5. Общие закономерности адаптации организма ребенка

5.1. О механизмах адаптации детского организма

Комплекс факторов окружающей среды начинает действовать на человеческий организм еще во внутриутробном периоде развития и продолжает оказывать свое влияние на протяжении всего онтогенеза.

Реакции адаптации имеют жизненно важное значение для организма ребенка. Они касаются всех регулирующих систем – от высшей нервной деятельности (ВНД) до физико-химических превращений в тканях организма. Адаптивные приспособления имеют наследственную основу, они формируются с самого детства и поддерживаются в течение всей индивидуальной жизни человека. В конечном счете адаптация обеспечивает нормальную жизнедеятельность человека в постоянно меняющихся условиях среды.

При смене обстановки и действии непривычных климатических условий реакции адаптации проявляются прежде всего в изменениях высшей нервной деятельности. ЦНС ребенка обладает высокой восприимчивостью и пластичностью. У детей новые условно-рефлекторные связи с внешней средой устанавливаются с минимальными затратами времени и энергии. В раннем возрасте формируется весь фундамент ВНД, на который далее происходит как бы надстройка приспособительных реакций к усиливающимся воздействиям внешней среды. Аналогичными качествами характеризуются и другие

физиологические системы детского организма, находящиеся в состоянии постоянного роста, развития и совершенствования. Детский организм потенциально имеет большие возможности приспособления к различным условиям. Адаптация, начавшаяся в детском возрасте, представляется наиболее эффективной и устойчивой. Молодой организм, генетический аппарат которого более активен, в состоянии создать более мощный и разносторонний структурно-морфологический базис адаптации.

5.2. Фазовый характер адаптации

В соответствии с учением об адаптационном синдроме в последнем, как известно, выделяют три фазы.

• Первая – **фаза тревоги, «аварийная фаза».** Она содержит в себе призыв к мобилизации защитных сил организма в ответ на внешнее воздействие. Эта фаза наиболее отчетливо представлена в подростковом возрасте. У подростков она характеризуется преобладанием процессов возбуждения и некоторой центральной расторможенностью, повышенной деятельностью симпатического отдела вегетативной нервной системы, усилением функции дыхания, кровообращения, пищеварения и других систем. Основной обмен в этот период может повыситься до 20–40 % и более от нормального уровня. Он повышается быстро и значительно с первых же дней пребывания в непривычных условиях или нарастает постепенно в течение одного-двух месяцев. У некоторых детей возможно снижение основного обмена, сопровождаемое уменьшением использования кислорода, что обычно указывает на недостаточность адаптивных возможностей организма. Отклонение в величине основного обмена выравнивается по мере адаптации. Период повышенной реактивности некоторое время сопровождается неэкономной функцией дыхания, невысоким уровнем использования кислорода, повышенной кислородной задолженностью при физической нагрузке. Если в этот период не наступает патологической реактивности с ослаблением физиологических функций, то развивается более длительная фаза приспособления к непривычным условиям, которая тем ярче выражена, чем непривычнее, контрастнее их смена.

• Вторая – **фаза резистентности,** или **«стабильности функций»,** – характеризуется достижением определенной динамической устойчивости в соотношении организм – внешняя среда и стабилизацией основных физиологических систем. В этот период отмечается повышение устойчивости не только к действующему фактору, но и к другим неблагоприятным воздействиям. Усиливается внутреннее дифференцировочное торможение, происходит уравновешивание и улучшение подвижности корковых процессов. Сокращается время терморегуляционных рефлексов, выравнивается уровень основного обмена с возрастанием использования кислорода. Повышается выносливость организма к гипоксическим состояниям. Увеличивается работоспособность, исчезают некоторые функциональные нарушения. У детей наряду с этим стимулируются рост и физическое развитие.

• Третья фаза – **истощение.** Наличие ее необязательно, и она возникает лишь тогда, когда организм не в состоянии полностью компенсировать нарушения, возникшие при длительном воздействии экстремального фактора.

Выделенные фазы или этапы адаптационного процесса имеют место в приспособлении практически к любому из действующих факторов. Это указывает на общий характер ответной реакции, ее универсальность.

5.3. Особенности адаптивных процессов у детей

Вместе с тем смена внешних воздействий временно нарушает формирование адаптивных реакций, складывающихся у ребенка в привычных для него условиях. У подростков реакции адаптации сопровождаются слишком высокой реактивностью, которая может быть не всегда желательной. Нет сомнения в том, что полноценная адаптация возможна только на основе высокой функциональной и иммунологической реактивности. Детский организм (особенно в период новорожденности), в грудном и раннем возрасте не обладает этими качествами в такой степени, чтобы адекватно переносить экстремальные воздействия внешней среды. Высокая пластичность организма ребенка, высокая способность усваивать новую информацию, отсутствие возрастного консерватизма в функциональном стереотипе сочетаются у детей этого возраста с функциональной слабостью физиологических систем, в том числе и тех, которые обеспечивают течение адаптационного процесса. Организм детей грудного и раннего возраста находится в состоянии интенсивного функционального и морфологического развития, и степень функциональной прочности его систем жизнеобеспечения и приспособления тем меньше, чем моложе ребенок.

Следовательно, детский организм заключает в себе две тенденции: высокую потенциальную возможность адаптации к условиям внешней среды и функционально детерминированную ограниченность реализации этой возможности.

Глава 6. Адаптация ребенка к различным природным и климатогеографическим условиям

6.1. Влияние природных факторов на развивающийся организм

Космогеофизические факторы. Особое значение в эволюции живого вещества и формировании свойств развивающихся организмов принадлежит физическим факторам биосферы Земли, которые зависят прежде всего от динамики космических процессов. Известно, что в каждый данный момент космогеофизическая обстановка неповторима и определяется активностью Солнца, взаимным расположением планет, фазами Луны, положением Земли в межпланетном магнитном поле, галактическим космическим излучением. Это, в свою очередь, определяет параметры магнитных и гравитационных полей, интенсивность электромагнитных и корпускулярных потоков, электрические свойства биосферы, погодные условия на Земле. Сдвиги параметров физических полей в биосфере Земли могут менять функционирование организмов, влияя на физико-химические свойства молекул организма, в частности через явление ядерного магнитного резонанса, активность ферментов, скорость биохимических реакций, структуру и транспортные свойства клеточных мембран, активность электро– и хемоуправляемых ионных каналов, экспрессию генов и клеточных рецепторов, возбудимость нейронов и т. д. Эти изменения могут влиять на формирование конституциональных особенностей организмов.

• **Внешняя среда**, в которой происходило зачатие, внутриутробное развитие и рождение человека, накладывает существенный отпечаток на его биоритмическую структуру и адаптационный потенциал.

Все больше данных свидетельствует о том, что сила воздействия факторов внешней среды в период развития плода, а также изменения в самом организме матери определяют устойчивость будущего человека к тем или иным экстремальным условиям, а также склонность к определенным заболеваниям. Это позволяет предположить, что сила воздействия космических, геофизических, погодных и других факторов, их соотношение и ритм, влияния на организм беременной женщины – все это, а возможно, и многое другое

«заводит» биологические часы каждого человека и определяет его приспособленность к изменяющимся условиям среды и долголетие. Если же в период беременности какой-либо из экологических факторов не имел необходимой интенсивности, либо воздействовал в другом ритме, организм, встречаясь с ним, уже не имеет необходимой программы для его преодоления. Таким образом, существенно снижается его устойчивость к экстремальным условиям среды, сокращаются резервы здоровья и прогноз возможной продолжительности жизни.

• **Годы активного Солнца** (когда отмечается, в частности, существенное увеличение напряженности геомагнитного поля) накладывают на людей, родившихся в эти годы, свой отпечаток – они отличаются более высокой сопротивляемостью к действию различных патогенных факторов по сравнению с теми, кто родился в годы относительно спокойного Солнца. Они менее чувствительны к магнитным бурям. Этот феномен получил название гелиомагнитного, или гелиогеофизического, импринтинга, т. е. запечатлевания развивающимся организмом параметров той электромагнитной среды, которая действовала в период пренатального онтогенеза и влияла на формирование закономерностей реактивности организма. Феномен импринтинга зависит от конкретных геофизических условий. Так, например, в некоторых регионах Камчатки и Курильских островов степень его проявления у людей, родившихся в годы минимальной активности Солнца, в четыре раза выше по сравнению с людьми, родившимися в эти же годы в Новосибирске.

Накопленные к настоящему времени факты свидетельствуют, что развитие эмбриона и плода при высокой солнечной активности приводит к появлению детей, более устойчивых к изменению условий внешней среды. При этом считается, что 2-й и 5-й месяцы пренатального онтогенеза могут быть отнесены к периодам повышенной чувствительности организма в отношении различных экзогенных факторов. Установлено, что чем выше уровень активности Солнца в период внутриутробного развития, тем меньше рост и масса тела младенцев.

Уровень систолического и диастолического давления у школьников тем выше, чем больше солнечная активность в год их рождения. Причем разница в величинах артериального давления у детей, родившихся в годы с минимальной и максимальной активностью Солнца, существенна.

• **Повышенная гравитация.** Население, рожденное в зоне повышенной гравитации, в 1,5 раза реже болеет ишемической болезнью сердца, сосудистыми поражениями мозга в сравнении с населением, живущим в районах с обычной силой тяжести.

Интересна проблема генеза функциональной асимметрии у человека, в частности право– и леворукости. Накопленные к настоящему времени сведения позволяют считать, что важное значение в распределении право– и леворукости принадлежит резким изменениям напряженности геомагнитного и гравитационного полей в период пренатального онтогенеза.

• **Влияние Луны.** При сопоставлении частоты рождения детей (на примере 510 тыс. случаев) с фазами лунного цикла установлено, что наименьшая частота рождений отмечается в новолуние, а наибольшая в полнолуние. На обширном статистическом материале показано, что, если человек рождается в новолуние или в полнолуние, он дружелюбен, отзывчив, уступчив, легко внушаем, поэтичен, у него хорошо развито творческое воображение.

Анализ литературы свидетельствует о том, что работ, посвященных влиянию Луны на детский организм, очень мало. Так, у школьников выявлен лунный ритм увеличения массы тела, но его длительность и амплитуда постоянно сдвигаются. На ход проявления данных ритмов наибольшее влияние оказывает возмущение геомагнитного поля: в магнитоспокойные дни характерные точки лунного ритма прироста массы тела точно совпадают с ходом фаз Луны, а в магнитоактивные дни сдвигается фаза и изменяется амплитуда этого ритма.

• **Геофизические факторы.** Организм ребенка весьма чувствителен к изменению геофизических факторов. Реакции детей на резкие колебания геофизической обстановки можно объяснить несовершенством приспособительных механизмов, которые полностью формируются лишь в юношеском возрасте. Меньший коэффициент полезного действия организма ребенка определяет более высокие энергозатраты на перестройку основных функций в соответствии с изменяющимися условиями внешней среды. Известно, что любая нагрузка дается детям с большим напряжением психических, эмоциональных и физических функций. Именно поэтому растущему организму в период экстремальных геофизических ситуаций может просто не хватить энергоресурсов для своевременной адаптации. При этом страдает не только энергетика, но и сердечно-сосудистая система и органы дыхания. Развиваются функциональные расстройства со стороны нервной и эндокринной систем. Ребенок ощущает дискомфорт, который не может объяснить. Появляются нарушения сна, беспокойство, плаксивость, теряется аппетит. Возможен подъем температуры. С окончанием экстремальной геофизической ситуации все приходит в норму, и в этом случае прибегать к лекарственной терапии не следует. В такие периоды ребенку больше необходимы теплота и внимание близких людей. Это нужно подчеркнуть особо, так как у детей появляются повышенная возбудимость, нарушение внимания. Некоторые из них становятся агрессивными, излишне обидчивыми. Ребенок может медленнее выполнять домашнюю работу. Непонимание состояния детей в такие периоды со стороны родителей, учителей, воспитателей, попытка наказать ребенка лишь усугубляют его отрицательный эмоциональный фон. Могут возникать конфликтные ситуации.

Много трудностей доставляют геофизические факторы детям в начале учебного года. Свободный режим жизни, который за летние месяцы сблизил ребенка с природой, меняется на жесткий социальный режим. Вполне естественно, что противоречие биологических часов школьника и режима обучения существенно влияет на способность к запоминанию, приводит к быстрому утомлению, проявлению негативного отношения к учебному процессу. Следует отметить, что именно на сентябрь – октябрь обычно приходится наибольшее усиление сезонной геофизической активности. В связи с этим можно ожидать от детей отсутствия внимания на уроках, повышения эмоционального напряжения, некоторой агрессивности и конфликтности, либо стремления замкнуться в себе. Отсюда – ухудшение успеваемости, потеря интереса к учебе. Вживание ребенка в режим школьной жизни оказывается при этом еще труднее.

В данном случае необходимо создать такие условия, которые стимулировали бы более мощное функционирование адаптационных механизмов к отрицательным факторам внешней среды. Таким стимулом могут быть положительные эмоциональные переживания. Выделяющиеся при этом в кровь химические вещества увеличивают способность к обучению. Поэтому освоение школьного материала должно быть направлено в первую очередь не на механическое запоминание, а на урок-игру. Игра снимает напряжение, которое возникает у ребенка под действием факторов окружающей среды, позволяет избавиться от отрицательных эмоций, является условием его успешной адаптации.

• **Метеорологические факторы.** Организм здорового ребенка чутко реагирует на изменение метеоусловий: повышение и понижение температуры, сдвиги барометрического давления, перемещение воздушных масс. У детей под влиянием сильного ветра, особенно при повышенной влажности воздуха, может наблюдаться ухудшение настроения, рассеянность внимания, уменьшение скорости реакции. Одновременно в организме развиваются приспособительные реакции к гипоксии, наступающей вследствие снижения парциального давления кислорода в воздухе при такой погоде и пониженном атмосферном давлении. В этих условиях ребенку сложно сосредоточиться на выполнении какого-либо объемного задания, трудно воспринимать объяснение материала, так как вышеописанные сдвиги метеофакторов вызывают изменения функций вегетативной нервной системы и деятельности внутренних органов. Особенно неблагоприятные условия, негативно влияющие на ребенка, возникают при скорости ветра до 19 м/с, шквалах, метелях и пыльных бурях, когда, кроме косвенного воздействия, имеет место и непосредственное – механическое.

И наоборот, хорошее самочувствие, бодрое настроение, высокая работоспособность наступают у школьников под влиянием слабого (не более 5-10 м/с) ветра, низкой абсолютной влажности воздуха, высокого атмосферного давления и парциального давления кислорода в окружающем воздухе, т. е. метеоусловий, стимулирующих физиологические функции организма.

• **Температурное воздействие.** У детей, несмотря на большую термолабильность, температура тела мало изменяется даже при значительных колебаниях температуры среды. У годовалого ребенка повышение температуры тела отмечается только при температуре воздуха выше 23–24 °С. При колебании температуры воздуха от 6 до 28 °С температура тела у детей дошкольного возраста изменяется только на 0,5 °С.

Теплоустойчивость ребенка значительно ниже, чем у взрослого человека. Резкое повышение температуры, когда организму приходится перестраивать механизмы сердечно-сосудистой деятельности, потоотделения, неблагоприятно влияет на детский организм. При этом наблюдается некоторое усиление тормозных процессов в ЦНС, что сказывается на физической и умственной работоспособности.

В зимний период часто приходится сталкиваться с эффектами резкого понижения температуры, когда у ребенка может развиться холодовой стресс, спазм периферических сосудов, а на открытом пространстве еще и обморожение. В такие дни у детей при посещении школы снижается эффективность умственной деятельности.

• **Атмосферное давление.** Сдвиги барометрического давления оказывают влияние на организм ребенка в основном двумя путями: изменением насыщения артериальной крови кислородом и механическим воздействием на рецепторы замкнутых полостей тела. Колебания атмосферного давления отражаются на содержании эритроцитов в крови, частоте пульса, величине кровяного давления, самочувствии детей. Здоровые дети могут ощущать изменения барометрического давления более чем за час. Это выражается в возможном нарушении пищеварения и, следовательно, ухудшении аппетита, что происходит вследствие расширения газов, находящихся в желудочно-кишечном тракте.

• **Метеочувствительность.** Перечисленные виды реакций организма ребенка на действие погодных факторов называют *метеотропными.*

Выделяют также *патологические метеотропные реакции,* связанные с нарушением гомеостаза и срывом адаптационных механизмов. Особенно часто их возникновение

регистрируется у детей грудного возраста. Затем их количество снижается, а в периоды усиленного роста, когда происходит физиологическая перестройка механизмов адаптации, снова увеличивается. Показатели стабилизируются к юношескому возрасту. В начале 90-х годов некоторые ученые стали говорить об омоложении метеочувствительности, что, по их мнению, связано с общими явлениями акселерации и заметным увеличением числа больных детей в популяции. Были проведены исследования, доказывающие, что к изменениям погоды наиболее чувствительны дети и подростки с избыточной массой тела, имеющие недостаточную физическую подготовку, мало бывающие на свежем воздухе и нарушающие режим питания. Необходимо отметить, что погода и ее компоненты не являются причиной болезни, а лишь играют роль провоцирующего или разрешающего момента, способствуя проявлению болезни.

А. В. Мазурин и *К. И. Григорьев* (1990) приводят перечень *клинических критериев детской метеочувствительности,* среди них: «…признаки метеочувствительности в анамнезе; сигнальные клинические проявления до начала перемены погоды; повышенная раздражительность, утомляемость, депрессивность состояния; повторяемость одних и тех же клинических признаков в дни с неблагоприятной погодой; синхронность возникновения реакции у группы наблюдаемых лиц; нормализация клинических показателей в длительное время благоприятной погоды; непродолжительность клинических ухудшений; отсутствие других причин, вызывавших ухудшение состояния больного ребенка».

Доказано, что наибольшее влияние на здоровье детей оказывают не величина температуры, давления, ветра сами по себе, а резкие их изменения, которые чаще всего бывают связаны с прохождением атмосферных фронтов. Особенно быстрая и бурная смена погоды бывает в зоне холодного фронта. В обычной жизни связанные с этим процессом резкое падение температуры, атмосферного давления, сильный дождь, часто с грозой, или снегопад, сопровождающийся резким ветром, именуют непогодой.

Научный сотрудник Центрального института курортологии и физиотерапии *В. Ф. Овчарова* установила, что падение атмосферного давления всего на 10 мбар при смене погоды может вызвать сосудистые кризы. У некоторых детей при этом появляются ощущение недостатка воздуха, удушье, слабость. Такие болезненные явления могут быть связаны, как считает *В. Ф. Овчарова,* с изменением плотности кислорода в воздухе.

Исследования показали, что величина плотности кислорода на протяжении суток и года меняется ритмично, возрастая в ночные и предутренние часы и в зимне-осеннее время. Но при смене погоды, при прохождении воздушного фронта этот циклический ход нарушается.

Весьма возможно, что такие скачкообразные изменения плотности кислорода усугубляют болезненные явления у тех детей, которые страдают гипертонией, неврастенией. А может быть и так, что они являются сигнальными раздражителями, предупреждающими о надвигающейся смене магнитного напряжения, электрического поля, проводимости воздуха, температуры, влажности, ветра, т. е. метеорологических условий.

Исследования рижского биоклиматолога *Н. С. Темниковой* свидетельствуют о том, что чем более резко изменяется давление воздуха, тем чаще у детей регистрируются обострения сердечно-сосудистых заболеваний. Статистика подтверждает, что в дни с низким атмосферным давлением бывает вдвое больше гипертонических кризов, чем в дни

с нормальными его величинами. Особенно плохо переносится сочетание пониженного давления с высокой влажностью.

Здоровый детский организм, в котором рефлекторные процессы протекают нормально, реагирует на смену погоды безболезненно. При этом непроизвольно углубляется и делается более частым дыхание, что приводит к повышенному потреблению кислорода и усилению кровообращения. У детей с ослабленным организмом или страдающих хроническими заболеваниями приспособление к изменяющимся условиям окружающей среды затруднено, что создает большую нагрузку на организм.

Плохо действует смена погоды на детей, больных легочным туберкулезом. Особенно тяжело реагируют на резкую смену погоды дети с расстройствами функций вегетативной нервной системы. Выявлено, что в неблагоприятные метеодни у них преобладает симпатикотония, которая приводит к избыточной вегетативной реактивности, что, возможно, обусловлено повышением уровня катехоламинов (адреналина накануне, норадреналина в неблагополучные дни).

Установлена прямая зависимость силы болезненных метеотропных реакций от быстроты наступления фронта и от величины диапазона изменений температуры, влажности и ветра.

Значительное снижение температуры воздуха приводит также к разладу терморегуляции, особенно у детей незакаленных и мало бывающих на воздухе, что сопровождается простудными заболеваниями, частыми в тех случаях, когда похолодание сочетается с усилением ветра.

Интересно отметить, что степень проявления метеотропной реакции на изменение погоды не всегда находится в соответствии с тяжестью заболевания. По-видимому, происходящие при этом сдвиги в реактивности нервной системы при различных ее типах сказываются по-разному. Вопросы действия погоды на детский организм до сих пор изучены довольно мало. Определенно можно утверждать, что изменение погоды или отдельных ее составляющих элементов может усиливать уже имеющиеся болезни.

Комплексные меры по улучшению детской адаптации. В настоящее время разработан целый комплекс средств для улучшения функциональных возможностей и повышения адаптационных резервов детского организма.

Режим дня, правильное питание, закаливание – непременные условия повышения адаптационных возможностей ребенка.

Регулярные занятия физической культурой, утренняя зарядка, бег трусцой, плавание усиливают кровоснабжение мозга, обеспечивая при этом наиболее оптимальное функционирование обоих полушарий.

Чередование высоких и умеренных температур при приеме водных процедур улучшает функциональные способности вегетативной нервной системы, тренирует систему терморегуляции.

Благоприятный психологический климат в семье и школе ослабляет психоэмоциональное напряжение ребенка и является условием его успешной адаптации. Для снятия нервных нагрузок используют художественные образы, цветные изображения. Эффективно воздействие окружающей природы: шума дождя, шелеста листвы, плеска

воды, пения птиц, звука ветра, сочетающихся с видом зеленых или заснеженных деревьев, плещущихся волн в озере, реке, море, ручье, с горными, зимними или летними пейзажами.

В последние годы медицина начала возрождать такое направление нелекарственной терапии, как лечение запахами – ароматерапию. Вдыхание запахов эфирных масел, валерианы, ромашки, мелиссы, герани, хмеля или хвои используют для достижения успокаивающего, снотворного эффекта.

6.2. Биологические ритмы растущего организма

Биологическим ритмам подвержены все без исключения процессы, происходящие в растущем организме. С одной стороны, они являются одним из важных механизмов приспособления ребенка к окружающей среде, а с другой – служат универсальным критерием функционального состояния детского организма. Ритмическая структура организма генетически запрограммирована. Биоритмы, как известно, имеют разную продолжительность. В возрастной физиологии наиболее изучены циркадианные ритмы, имеющие длительность периода от 20 до 28 ч. Они синхронизированы с вращением Земли вокруг своей оси, сменой дня и ночи. Прежде всего это ритмы «сон – бодрствование», а также суточные колебания различных физиологических параметров (температуры тела, артериального давления). Эти ритмы наиболее устойчивы и сохраняются в течение жизни организма.

• **Десинхроноз.** При резком изменении ритмов внешней среды происходит рассогласование циркадианных ритмов отдельных функций организма и возникает десинхроноз. Среди факторов, приводящих к десинхронозу, называют смену временных поясов (трансмеридианные перелеты, переезды на значительные расстояния в широтном направлении); устойчивое рассогласование по фазе с местными датчиками ритма «сон – бодрствование» (учеба во вторую и третью смены), частичное или полное исключение географических датчиков времени (условия Арктики, Антарктики); воздействие различных стрессоров, среди которых могут быть патогенные микробы, болевые или физические раздражители, психическое или усиленное умственное напряжение.

Перестройка биоритмов обнаруживается также и под влиянием неблагоприятных условий, первично не связанных с трансформацией ритмов и приводящих к развитию десинхроноза лишь вторично. Такой эффект имеет, например, утомление.

• **Циркадианные ритмы.** Учебная деятельность оказывает существенное влияние на систему циркадианных ритмов ребенка. *В. А. Доскин* (1989) изучал их на школьниках 10–11 лет. Так, акрофаза циркадианного ритма температуры тела в дни отдыха приходилась на интервал времени 12.30–16.30, акрофаза частоты сердечных сокращений (ЧСС) выявлялась большую часть года в 12.30, акрофаза диастолического давления (ДД) – в 16.30, акрофаза систолического (СД) – в 20 ч. Циркадианный ритм умственной работоспособности в дни отдыха детей имел четкую во все сезоны года акрофазу в 10.30.

Под влиянием учебной деятельности фазы циркадианных ритмов и их соотношения у отдельных функций менялись. Учеба приводила к инверсии циркадианного ритма ЧСС в часы занятий со смещением его акрофазы на 20 ч. Акрофаза циркадианного ритма систолического давления на протяжении учебного года становилась преобладающей в 12.30. Акрофаза ДД утратила свою относительную стабильность: в разные сезоны года она приходилась на различные часы дня, а в сентябре отмечался двухфазный характер дневной кривой этой функции.

Акрофаза циркадианного ритма умственной работоспособности у школьников от начала к концу года сместилась по шкале времени влево и приходилась в сентябре на 16.30, в январе – на 10.30, в апреле – на 8.30.

Иными словами, указанные изменения акрофазы ритма умственной работоспособности, т. е. ее увеличивающееся смещение влево при противоположном сдвиге акрофазы ритма ЧСС вправо наряду с нарушением стабильности фазы циркадианных ритмов остальных функций сердечно-сосудистой системы позволяют констатировать десинхронизирующее влияние учебной деятельности школьников на систему циркадианных ритмов их организма.

Исследователи предполагают, что признаки десинхроноза у учащихся были обусловлены не только объемом учебной нагрузки, но и нерациональной учебно-воспитательной работой (гиподинамия, неправильно составленное расписание уроков, нарушение режима дня).

При изучении основных видов (учебной и трудовой) деятельности детей установлено, что степень и характер изменений биоритмов во многом обусловлены утомлением.

У таких учащихся было отмечено достоверно большее снижение индекса колеблемости ЧСС, уменьшение этого показателя для СД и увеличение для ДД, что приводило к резкому снижению индекса для пульсового давления. Следовательно, учебное утомление сопровождалось неблагоприятной перестройкой регуляции гемодинамики, проявлялось выраженным извращением фазовой структуры циркадианных ритмов ЧСС, нарушением регуляции сосудистого тонуса итонуса прекапилляров.

Помимо учебной нагрузки, на циркадианные ритмы у детей большое влияние оказывают телевидение и радио, работа культурно-бытовых учреждений, искусственное удлинение светового дня, которые расширяют границы бодрствования. Частые изменения привычной временной среды, связанные с трансмеридианными перемещениями школьников во время каникул, спортивных соревнований и экскурсий, также влияют на циркадианные ритмы.

У подростков разница во времени в 1 ч практически не вызывает неблагоприятных изменений в состоянии организма. Сдвиги на 2 ч приводят к появлению расстройства сна, нарушению аппетита, быстрой утомляемости и ухудшению самочувствия. Увеличение временного сдвига на 3 ч характеризуется достоверным ростом жалоб подростков на нарушение сна. Частота остальных расстройств статистически не отличается от аналогичных цифр, зарегистрированных при 2-часовой разнице.

Более длительные временные сдвиги обусловливают прогрессирование субъективных расстройств. При сдвигах в 3–4 ч впервые обнаруживаются отклонения периода околосуточного ритма от 24 ч, что свидетельствует о существенных изменениях в циркадианной системе. Более выраженные сдвиги в 5 ч приводят к существенной деформации биоритмических характеристик.

Выраженное десинхронизирующее влияние оказывает и процесс реадаптации подростков к месту постоянного жительства после обратного перелета. На 1-е сутки после возвращения наблюдается снижение работоспособности, ухудшение самочувствия. Реадаптация сопровождается повышением температуры тела во вторую половину дня, что свидетельствует о выраженных эрготропных реакциях. Это, по всей видимости, служит

основной причиной расстройства сна, затрудняя засыпание подростков из-за относительно высокого уровня бодрствования. Небольшой временной сдвиг (1–2 ч) переносится легко, и процесс реадаптации составляет 1–2 суток. Когда же сдвиг превышает 3 ч, процесс реадаптации более длителен. Но через 5 дней отрицательных изменений уже не обнаруживают. Таким образом, было установлено, что допустимым (без особого ущерба для здоровья) является одночасовой сдвиг.

Определение устойчивости растущего организма к перестройке ритмов и границ их допустимых перестроек используют в профессиональном отборе. При этом анализируют взаимообусловленность различных ритмов, выявляют слабые и сильные звенья системы временной организации подростка.

В настоящее время разрабатываются системы мероприятий по биоритмологической оптимизации основных видов деятельности детей и подростков. Они направлены в первую очередь на защиту самого важного звена временной организации растущего организма – циркадианной системы. Для повышения уровня работоспособности, увеличения сопротивляемости утомлению, а также для сохранения активного бодрствования главным биоритмологическим принципом рациональной организации деятельности ребенка является совмещение ритмов работоспособности и физиологических функций как между собой, так и с часами работы.

Актуальным является изучение адаптационной динамики биологических ритмов в критические периоды биологического и социального развития организма детей и подростков. Здесь усилия сосредоточены на поиске хронобиологических средств профилактики заболеваний. Проводятся исследования по выявлению связи ритмических процессов с конституцией организма в зависимости от состояния здоровья, биологического возраста, физического развития и различных социальных факторов. В последнее время встает вопрос изучения возможностей управления биологическими ритмами детского организма и связанной с этим коррекции начальных стадий десинхроноза, вызванного влиянием различных факторов окружающей среды.

6.3. Адаптация детского организма к климатогеографическим регионам

6.3.1. Адаптация ребенка к условиям высоких широт

Климатические условия Севера – одни из самых тяжелых для проживания и адаптации детского организма. Дискомфортные температурные, световые условия, недостаточность ультрафиолета, сильные ветры, резкие перепады давления существенным образом сказываются на функциональном состоянии растущего организма. Значительное снижение двигательной активности в зимний период сказывается на детях в виде интенсивного увеличения массы тела.

• **Влияние холода.** Среди этого многообразия факторов, воздействующих на ребенка в районе высоких широт, наибольшее внимание уделяется холоду, как основному экстремальному фактору. У детей относительная (по отношению к внутреннему объему) поверхность тела больше, чем у взрослых, и соответственно потери тепла у них относительно более выражены. Поэтому дети быстрее охлаждаются и гораздо чувствительнее к температурным колебаниям. Это вызывает напряжение систем терморегуляции и, как следствие, повышение основного обмена.

Удовлетворение потребности в энергии, восстановление температурного гомеостаза обеспечивается у детей за счет расщепления АТФ, т. е. используется наиболее лабильный путь освобождения энергии. Однако использование АТФ для обогрева организма – слишком дорогое средство. Длительное повторное охлаждение сопровождается нарастанием свободного (нефосфорилирующего) окисления. Поток электронов в дыхательной цепи митохондрий оказывается не связанным ресинтезом АДФ в АТФ. Возникающий вследствие этого дефицит АТФ и КФ сочетается с выделением энергии в виде тепла, необходимого для сохранения температуры и жизни ребенка. Дефицит макроэргов и увеличение потенциала фосфорилирования ведет к адаптации генетического аппарата клетки, увеличению биосинтеза нуклеиновых кислот и белков и к нарастанию мощности системы митохондрий на единицу массы ткани. Последнее, по мнению *Ф. З. Меерсона,* обеспечивает долговременную адаптацию к холоду.

Следует отметить, что изменения в клетке соответствуют сдвигам, которые возникают при адаптации к гипоксии или физической нагрузке.

В процессе приспособления к холоду одним из мощных нейрогуморальных регуляторов является повышение активности симпатоадреналовой системы. Под влиянием катехоламинов ткани усиленно потребляют кислород, а происходящее разобщение дыхания и фосфорилирования ведет к увеличенному образованию тепла.

• **Солнечная радиация.** Особенно чувствителен детский организм к дефициту солнечной радиации и неравномерному распределению ее в течение года. У детей развивается недостаточность витамина D и нарушается фосфорно-кальциевый обмен, ведущий к изменению нервно-мышечной возбудимости и повреждению скелета, особенно у детей до 1 года.

Необычный световой режим в период полярного дня приводит к нарушению соотношения процессов возбуждения и торможения в ЦНС с соответствующими изменениями соматических реакций. Извращаются биологические ритмы. Математический анализ ЭКГ показал, что у детей с измененным циркадианным ритмом во все сезоны года отчетливо выражены медленные волны сердечного ритма, которые в полярную ночь дополняются усилением проявления дыхательных волн. То есть выявленные подкорковые влияния на регуляцию циркадианного ритма в полярную ночь сопровождаются напряжением парасимпатической регуляции.

Физиологические аспекты адаптации.

Дыхательная система

Функция дыхания у детей в районе высоких широт осложнена, поскольку слизистая оболочка верхних дыхательных путей в зимнее время года почти постоянно подвергается раздражающему воздействию холодного и сухого воздуха. В крупных городах это дополняется загрязнением атмосферы. В сильные морозы дети мало бывают на улице, но поражение дыхательных путей у них отмечается очень часто. Это связано с привычкой дышать ртом, более частым, чем у взрослых, дыханием и соответственно большим охлаждением слизистых оболочек.

Реакция (pH) носовой слизи у детей на Севере несколько смещена в щелочную сторону, составляя в среднем 7,9–8,0 при pH 7,2–7,8 у детей умеренной зоны. Повышение щелочности слизи соответствует характерному набуханию слизистой оболочки. Это следует, видимо, связывать с изменением тонуса кровеносных сосудов носа.

Подтверждением последнего служат данные о более высокой температуре слизистой оболочки нижней раковины (27,0 °С) у детей Заполярья. Температура слизистой оболочки средней носовой раковины (28,8 °С) тоже несколько выше у детей на Севере, но температура глотки не отличается от соответствующего показателя детей умеренной зоны. Не удалось отметить какой-либо разницы в температуре слизистой оболочки носовых раковин и глотки в зависимости от срока проживания детей в высоких широтах.

Параметры внешнего дыхания у детей на Севере также подвергаются ряду изменений под влиянием неблагоприятных экологических факторов. Большинство авторов пишут о синдроме «полярной одышки», но не дают ему единого объяснения. Действительно, в сильный ветер (скорость более 10 м/с) затрудняется дыхание, особенно трудно осуществлять выдох. Изменения дыхания связывают с угнетающим действием полярной ночи и недостатком ультрафиолетовой радиации на дыхательный центр, вегетативные функции организма, с гиповитаминозом, застоем крови в печени. По мнению *И. С. Кандрора,* эти сдвиги не имеют приспособительного значения. Напротив, другие исследователи рассматривают изменения функции внешнего дыхания как адаптационные изменения в «борьбе за кислород». Они выражаются в сезонных повышениях минутного объема дыхания (МОД), увеличении кислородной емкости крови и замедлении скорости кровотока. Коэффициент использования кислорода ($КИ_{o2}$) при этом снижен. Последнее свидетельствует о меньшей эффективности дыхания, снижении его экономичности.

Увеличение МОД, особенно значительное в период полярной ночи (на 20–30 %), отражает, по-видимому, повышенные потребности организма ребенка в кислороде в условиях Севера. МОД хорошо отражает функциональную недостаточность аппарата внешнего дыхания и системы кровообращения. При первых же признаках дыхательной недостаточности МОД увеличивается как за счет углубления, так и за счет учащения дыхания. У детей возрастание МОД чаще идет путем увеличения частоты дыхания, при этом нарастает удельный вес «мертвого» пространства и снижается вентиляция альвеол. Гипервентиляция при поверхностном дыхании неблагоприятна.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) соответствует уровню физического развития человека и в нормальных условиях является довольно стабильной величиной. У детей на Севере величина ЖЕЛ отчетливо превышала показатели по умеренной зоне. В возрасте от 10 до 13 лет ЖЕЛ нарастала у мальчиков с 2000 до 2800 $см^3$ и у девочек с 1800 до 2600 $см^3$, что соответствовало высокому уровню и гармоничности физического развития детей. В период полярной ночи объем ЖЕЛ снижался на 5-10 %. Отмечались также умеренные (в пределах физиологических величин) колебания уровня МОД, максимальной вентиляции легких, $КИ_{o2}$. Длительность проживания детей в Заполярье существенно не отразилась на функции внешнего дыхания.

А. П. Авцын совместно с сотрудниками выявил отчетливые морфологические изменения в легких, которые проявлялись в увеличении альвеолярной поверхности, расширении и некотором укорочении капиллярных сегментов, повышении кровенаполнения легких. Авторы указывают на приспособительный характер морфологической перестройки легких, напоминающий адаптацию к гипоксии в горах.

Повышенные энергетические затраты и флюктуация содержания кислорода в атмосфере Заполярья создают определенные трудности в обеспечении кислородом. Эти трудности усугубляются в сухую погоду. В средней климатической зоне человек находится в помещении около 70 % времени, а в городах на Крайнем Севере – более 90 %. Особенно много времени проводят дети в помещении в холодный период года. Расчеты

показали, что в воздухе закрытого помещения весовое содержание кислорода меньше, чем в атмосферном, на 10–15 % зимой и на 0,5–5% летом. Уменьшение весового содержания кислорода у большинства детей вызывает ухудшение самочувствия, вялость, апатию, головную боль, сонливость, капризничание и другие проявления гипоксии.

Сердечно-сосудистая система

Адаптация организма к северным условиям проявляется также некоторым увеличением МОК и сердечного индекса. Тенденция к такому гиперкинетическому типу кровообращения позволяет транспортировать большее количество кислорода. Поскольку при этом несколько замедляется скорость кровотока в капиллярах, то создаются условия для большего поглощения кислорода и возрастает коэффициент его утилизации тканями. Понижение скорости кровотока в зоне микроциркуляции приводит к накоплению в этом участке углекислоты и недоокисленных продуктов метаболизма, в присутствии которых уменьшается сродство гемоглобина к кислороду, что способствует более легкой отдаче кислорода тканям.

Изменение крутизны кривой диссоциации оксигемоглобина следует рассматривать как приспособительную реакцию организма в борьбе за кислород. При большей крутизне кривой диссоциации HbO_2 обеспечивается лучшее снабжение тканей кислородом, так как при том же pO_2, имеющемся в тканях, отдача O_2 происходит легче.

Сердечно-сосудистая система находится в тесной связи с деятельностью аппарата внешнего дыхания, обеспечивая транспорт кислорода, питательных веществ и выведение метаболитов. Повышение на Севере основного обмена, нарастание энергетических затрат организма, снижение концентрации кислорода в атмосфере – все это вызывает соответствующие изменения всех параметров кровообращения.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) у детей в Заполярье несколько больше, чем в умеренных широтах. У школьников 7-13 лет была выявлена синусовая тахикардия – пульс превышает 110 ударов в минуту, что на 3–5 ударов больше соответствующих возрастно-половых нормативов.

Климат Севера оказывает гипертензивное влияние на сосудистый тонус школьников. Диастолическое давление имеет отчетливую тенденцию к умеренному нарастанию от младшего к среднему школьному возрасту в обеих половых группах. Его средние цифры оказались на 2–7 мм рт. ст. выше, чем у детей соответствующих возрастов в Москве. Систолическое давление отчетливо нарастает с увеличением возраста детей, у девочек оно больше, чем у мальчиков. В целом оно на 2–8 мм рт. ст. ниже, чем в Москве. Пульсовое давление с увеличением возраста детей умеренно нарастает, у девочек оно несколько больше, но существенно не отличается от показателей средних широт.

Минутный объем сердца (МОС) у детей 7 лет в Заполярье высок и составляет почти 3 л/мин (на 3-12 % больше), что указывает на высокий уровень их метаболизма и напряжение процессов гемодинамики.

Периферическое сопротивление, обусловленное тонусом гладких мышц прекапилляров, способствует также вместе с сердечным выбросом поддержанию постоянства среднего динамического давления. Относительную величину периферического сопротивления, отнесенную к поверхности тела, называют удельным периферическим сопротивлением (УПС). У здорового человека в условиях основного обмена эта величина довольно постоянна. У детей Заполярья происходит отчетливое

нарастание УПСФ (фактического), что совпадает с разной динамикой величины МОС в сравниваемых группах.

Сезонные колебания гемодинамических показателей отражают адаптивную реакцию организма на комплекс сезонных изменений в природе и отмечаются многими исследователями в различных климатических зонах. Однако эти работы выполнены в основном на взрослых. У детей сезонные биоритмы изучены мало.

В сезонной динамике наибольшую контрастность основные параметры кровообращения имели в весенний и осенний периоды года. В мае у девочек и мальчиков отмечены самые низкие цифры ЧСС и всех показателей артериального давления. На низких величинах находилось пульсовое давление, и соответственно уменьшенными оказались МОС и сердечный индекс, т. е. интенсивность кровоснабжения тканей и органов была менее значительной, чем в другие периоды года. Удельное периферическое сопротивление кровеносных сосудов несколько повышено, но в большей степени, чем это должно было бы быть в ответ на уменьшение МОС. Выявленные сдвиги являются, несомненно, адаптационными и развились в ответ на резкие изменения гелио-, геофизических и метеорологических условий в весенний период, когда резко возрастают инсоляция, длительность дня, температура воздуха, физическая активность детей (после долгих месяцев гипокинезии). О напряжении деятельности сердечно-сосудистой системы в это время свидетельствует также увеличение частоты неблагоприятных типов ее саморегуляции (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Типы саморегуляции сердечно-сосудистой системы в разные сезоны года, % *(по: Ж. Ж. Раппопорт, 1979)*

Указанное изменение параметров гемодинамики является, очевидно, общей закономерностью, свойственной детям в весенний период года. В Красноярске энергетически невыгодные для организма типы саморегуляции аппарата кровообращения были отмечены у 39,2 % детей весной и существенно реже осенью – в 28,5 % случаев, еще более резкая разница выявлена у норильских детей, среди которых благоприятный (смешанный) тип саморегуляции весной имели только 14 % обследованных. У большинства был выражен сердечный тип, у более 1/4 детей отмечен наименее выгодный вариант – сосудистый тип саморегуляции.

Таким образом, выявленные однонаправленные изменения деятельности сердечно-сосудистой системы дают основание считать, что адаптационная перестройка этой системы в весеннее время года в Заполярье протекает со снижением ее функциональных возможностей, ухудшением типа саморегуляции, истощением резервов и падением работоспособности детей. То есть в конечном счете организм ребенка оказывается в меньшей степени приспособленным к данной экологической ситуации.

В последующие летние месяцы во всех возрастно-половых группах детей отмечалось непрерывное повышение гемодинамических показателей: в июне увеличиваются ЧСС, артериальное давление, МОС. Соответственно снижается периферическое сопротивление (фактическое), увеличивается частота благоприятных

реакций аппарата кровообращения на нагрузку (в августе отмечалась максимальная частота – 70–85 %).

В октябре дети на Крайнем Севере находятся в довольно сложных условиях, так как в это время происходит психологическая и функциональная реадаптация их к школе, а также реадаптация к экологическим условиям Заполярья, поскольку 2/3 детей проводят летние каникулы на юге или в средних широтах. Видимо, поэтому в октябре у всех детей отмечаются наиболее значительные изменения в деятельности аппарата кровообращения: увеличивается величина ЧСС, повышается до максимальных цифр (в сравнении с другими периодами года) систолическое, диастолическое, среднее артериальное давление и МОС. На высоком уровне остается сердечный индекс. О снижении адекватности вегетативной регуляции говорит также уменьшение частоты благоприятных реакций (41,0-47,8 %) в ответ на физическую нагрузку.

Следовательно, адаптация детей в ее остром периоде сопровождается выраженным напряжением деятельности аппарата кровообращения и его регуляторных механизмов.

Исследования, проведенные в декабре (в разгар полярной ночи), выявили очередные сдвиги, вызванные помимо прочего также и резким уменьшением двигательной активности детей. В декабре отмечено некоторое урежение ЧСС, снижение в сравнении с предыдущим периодом артериального давления, уменьшение МОС и СИ, тенденция к повышению УПСФ. Частота благоприятных реакций на физическую нагрузку у мальчиков снизилась до 40,0 %, но особенно резкое снижение произошло у девочек – до 16,7 % случаев. Следовательно, адаптационная перестройка деятельности гемодинамики в соответствии с изменяющимися условиями жизни привела не только к количественным сдвигам ее параметров, но и к уменьшению ее способности к адекватной функции при дополнительной физической нагрузке.

Таким образом, комплекс исследований свидетельствует о принципиально нормальных онтогенетических процессах морфологического и функционального созревания кардиореспираторной системы у детей в Заполярье. Все наблюдаемые сдвиги, отражающие приспособление организма детей в экстремальных условиях, не выходят за физиологические границы и по своему значению могут рассматриваться как адаптивные.

Пищеварение и питание

Дети коренных национальностей Севера в грудном и раннем возрасте мало отличаются по показателям физического развития от своих сверстников средней полосы. В дальнейшем намечается их отставание в росте. В школьном возрасте, несмотря на невысокий рост, дети-аборигены имеют крепкое телосложение – широкую грудную клетку, хорошо развитые скелет и мышечную систему. Кожные покровы у них, как правило, суховаты, что связывают с дефицитом витамина С.

Традиционное питание детей коренных национальностей отличается однообразием, но полностью удовлетворяет потребности растущего организма в пластическом и энергетическом материале. Основное место в их пищевом балансе занимают продукты животного происхождения. Жиры и белки животного происхождения наиболее полно покрывают большие энергетические затраты в условиях низких температур. Углеводы играют гораздо меньшую роль в пищевом рационе и представлены в основном дикорастущими ягодами. Недостатком традиционного питания является отсутствие или ограниченность овощей и фруктов – основных источников витамина С, минеральных

солей и микроэлементов. Отрицательное значение имеет и сыроедение, которое хотя и обеспечивает организм витаминами, но служит источником глистной инвазии.

Преимущественно белковая пища является одним из ведущих факторов относительного повышения содержания глобулиновых фракций в сыворотке крови у детей-северян и имеет большое значение в формировании высокой иммунологической реактивности организма.

Половое развитие

Исследования показали, что половое развитие у школьников, постоянно живущих за Полярным кругом, несколько замедленно, но постепенно выравнивается (у девушек быстрее) и заканчивается к 14–16 годам у девушек и к 17 – у юношей. В целом физическое и умственное развитие детей коренного населения высоких широт происходит нормально.

6.3.2. Адаптация детей к пустынной зоне

Пустынная (аридная) зона, как известно, характеризуется сухим климатом с высокими температурами воздуха (+55…+57 °С летом и +10…-15 °С зимой) и малым количеством атмосферных осадков. В пустынях на человеческий организм оказывает влияние комплекс факторов, таких как высокая температура, ультрафиолетовое и тепловое излучение, очень сухой воздух, к чему добавляется ветер с пылью. Детскому организму приходится адаптироваться к этим нелегким условиям, поддерживая гомеостаз организма. При попадании детей средних широт в аридную зону происходят существенные изменения в функциональном состоянии многих систем организма. Возбуждение симпатического отдела вегетативной нервной системы, возникающее при действии высокой температуры на организм, вызывает сужение почечных сосудов и, как следствие, уменьшение почечного кровотока и скорости клубочковой фильтрации. В результате выделительная функция почек снижается.

Не адаптированные к жаре дети в первые дни теряют 10–20 г солей с потом и мочой, но после 4–6 недель адаптации солевые потери уменьшаются до 2–3 г в день.

При высокой температуре окружающей среды у детей наблюдается учащение дыхания и увеличение легочной вентиляции, в основном за счет глубины дыхания.

Уменьшение кровоснабжения желудочно-кишечного тракта, вызванное перераспределением крови к кожным сосудам при повышении температуры тела, ведет к снижению секреторной, всасывательной и моторной функции органов пищеварения, понижению аппетита.

Таким образом, у неадаптированных детей во многих системах происходят значительные функциональные сдвиги, которые обеспечивают им успешную адаптацию к условиям аридной зоны. Исследователями установлено, что эти дети по физическому и функциональному развитию часто превосходят детей коренных жителей.

Адаптация детей-иммигрантов.

Сердечно-сосудистая система

Высокая температура воздуха, действующая на не адаптированного к жаре ребенка, вызывает фазные изменения артериального давления. Уже при небольшом увеличении температуры тела *(первая фаза)* снижается систолическое (СД) и диастолическое давление (ДД). Основной причиной снижения диастолического давления является уменьшение общего периферического сопротивления сосудов, а также уменьшение объема плазмы и циркулирующей крови в результате потери жидкости с потом. Снижение диастолического давления начинается при температуре воздуха, равной +28 °С. Наиболее значимо общее периферическое сопротивление сосудов снижается при повышении температуры тела до +38 °С, составляя 40–55 % от исходной величины. Дальнейшее повышение температуры тела *(вторая фаза),* напротив, может характеризоваться повышением общего периферического сопротивления сосудов и диастолического давления при выраженном снижении систолического давления. Снижение СД является следствием понижения ударного объема сердца. Система крови отвечает на перегревание организма значительными изменениями. Тучные клетки и базофильные лейкоциты реагируют у неадаптированных детей на повышение температуры крови быстрой дегрануляцией, секретируя в кровь гепарин и гистамин.

Адаптация детей-аборигенов. При исследовании влияния жаркого климата на функциональное состояние организма жителей пустынь изучают в первую очередь терморегуляцию организма, показателем которой является температура тела. Было показано, что у детей коренного населения в возрасте 4–6, 7–8, 12–14 лет температура находится в пределах 36,4-36,6 °С. Относительно высокие (хотя и не выходящие из указанных пределов) величины температуры тела наблюдаются у детей более младшего возраста.

Данные о химической терморегуляции были получены при исследовании газообмена и величин энергетических затрат. Результаты исследования убеждают в том, что среднегодовой уровень основного обмена у детей коренного населения в возрасте 12–14 лет не отличается от стандартов более чем на 5 %. В то же время у детей младшего возраста основной обмен оказался значительно пониженным по сравнению с теми же стандартами. У девочек это уменьшение было выражено вдвое сильнее, чем у мальчиков. Такого рода уменьшение основного обмена особенно характерно для детей в возрасте 4–6 и 7–8 лет. У подростков 12–14 лет наблюдалось незначительное понижение среднегодового уровня основного обмена, причинами которого являются высокая температура окружающей среды, угнетающая окислительные процессы в тканях внутренних органов, низкая калорийность питания и слабое развитие мышечной системы.

Водный обмен у жителей пустынь адаптирован к большим объемам испаряемой жидкости. У детей местного населения он в полтора раза выше, чем у детей средней полосы, живущих в тех же районах.

Максимальное артериальное давление у детей аридной зоны находится на более низком уровне, чем у жителей средней полосы. Наиболее низкие величины зарегистрированы у детей 4–6 и 7–8 лет, т. е. в том же возрасте, когда происходило снижение величины основного обмена, отмечался повышенный уровень потоотделения, кожной температуры и температуры тела.

Минимальное давление у местных мальчиков в возрасте 12–14 лет было выше, чем у девочек (на 2,2 мм рт. ст.). Учитывая адекватность общего функционирования системы терморегуляции, надо признать, что низкий уровень максимального и минимального давления в аридных условиях не является выражением функциональной слабости сердечно-сосудистой системы.

Оценивая терморегуляционное значение отмеченных возрастных сдвигов физиологических функций, нужно отметить, что и по характеристике внешнего дыхания дошкольники и младшие школьники имеют более высокую частоту дыхания, чем это характерно для умеренной климатической зоны.

6.3.3. Адаптация детского организма к условиям тропиков

• **Терморегуляция.** Попадая в тропики, ребенок подвергается действию высокой температуры и влажности. Афферентное звено – терморецепторы в коже получают раздражение и сообщают об этом по спиноталамическому пути центральному звену. Гипоталамус подключает к работе эфферентное звено.

Деятельность эфферентного звена преследует одну цель – поддержание постоянной температуры тела, но разными путями:

1) снижением теплопродукции;

2) повышением теплоотдачи.

Снижение теплопродукции достигается за счет активации биохимических реакций с низким КПД (гликолиз, перекисное окисление липидов), что, в свою очередь, влечет за собой понижение основного обмена. У детей 4–6 лет в тропиках основной обмен снижается по сравнению со стандартными величинами примерно на 3 %, у детей 8-12 лет – примерно на 5 %. Они меньше двигаются, у них ослаблено внимание. Следует отметить, что данные реакции присущи ребенку только в начальной фазе адаптации. В дальнейшем активность к детям возвращается, но основной обмен продолжает оставаться низким, что является характерной чертой адаптации к тропикам.

Снижение основного обмена связывают с деятельностью щитовидной железы. Активность последней под воздействием высокой температуры угнетается, что обусловливает уменьшение выделения в кровь тиреоидных гормонов – тироксина и трииодтиронина, понижающих энергетический обмен вследствие уменьшения активного транспорта через клеточные мембраны ионов калия и натрия в почках, мышцах, печени, т. е. в главных органах теплообразования.

Снижение основного обмена может произойти также вследствие уменьшения аппетита и нежелания принимать жирную пищу. О причинах исчезновения аппетита будет сказано ниже.

Повышение теплоотдачи намного более выгодно для детского организма, чем снижение теплопродукции, так как последнее затрагивает более глубинные биохимические процессы.

Теплоотдача может происходить либо *излучением тепла,* либо за счет *испарения пота* с поверхности тела. Конвективное и радиационное излучение тепла при высоких температурах окружающей среды столь мало, что не играет большой роли. Ведущее положение в охлаждении тела при таких условиях занимает потоотделение. Но тут на первый план выступает осложняющий фактор – большая влажность.

С. А. Иосельсон указывает, что при высоких температурах повышение относительной влажности на 50 % соответствует подъему температуры еще на 5 °С. Известно, что высокая влажность препятствует испарению пота с поверхности тела. При

100 %-й влажности испарение будет равно нулю. Однако в мире практически нет таких мест, где постоянно поддерживался бы такой уровень влажности атмосферы, а значит, испарение пота все-таки возможно, хотя и в меньших количествах. И здесь определяющим фактором становится высокая температура. С повышением температуры увеличивается количество секретируемого пота. Дети-иммигранты начинают потеть при более низких температурах, чем дети-аборигены.

По данным *Я. Куно,* высокая интенсивность потения достигается за счет увеличения количества секретируемого пота имеющимися активными потовыми железами, если ребенок приехал в тропики после двухлетнего возраста, или же за счет вовлечения в работу новых желез, если ребенок младше.

Повышенное потоотделение в тропиках нарушает водно-солевой обмен. Вместе с потом из организма выводится большое количество хлоридов и некоторых других веществ. Вместе с тем детский организм, как никакой другой, нуждается в минеральных солях. Ему нужно почти в два раза больше железа, кальция, калия, фосфора, чем взрослому. Из-за этого ребенок более, чем взрослый, подвержен тепловому истощению вследствие большой потери минеральных веществ.

Постоянное воздействие высокой температуры и влажности приводит к уменьшению количества хлоридов в поте. Повышается уровень температуры окружающей среды, при котором начинается потение, т. е. происходит постепенная адаптация ребенка к тропическим условиям.

Адаптация детей-иммигрантов

Сердечно-сосудистая система

Интенсивному потению в детском организме способствует кровообращение. При повышении температуры и влажности кровь начинает выполнять одну из главных функций переноса тепла от внутренних органов к поверхности тела. Вследствие этого значительно увеличивается кожный кровоток и объем крови, циркулирующей по периферическим сосудам. Возрастает нагрузка на сердце, о чем свидетельствует увеличение сердцебиений у детей с 80 ударов в минуту до 95 при подъеме температуры на 6 °С. Вместе с этим наблюдается понижение артериального давления. В целом у детей отмечена более быстрая и интенсивная реакция кровообращения на изменение окружающих условий, чем у взрослых. По прошествии времени число сердечных сокращений снижается при остающемся неизменно низким артериальном давлении.

Желудочно-кишечный тракт

Одним из следствий увеличения тока крови по периферическим сосудам и соответственно ее оттока от внутренних органов является угнетение функции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Оно сопровождается уменьшением секреции соляной кислоты и пепсина (которая у детей и так невысока), атонией двигательного аппарата пищеварительного тракта. Вышеперечисленные факторы влекут за собой ухудшение перевариваемости пищи. *И. А. Кассирский* и *Н. М. Плотников* указывают на зависимость широкого распространения заболеваний, связанных с пониженной кислотностью в тропиках, от угнетающего действия высокой температуры и влажности. В данном случае адаптации будет способствовать переход на потребление и переваривание пищи в ночное время. Стимуляторами пищеварения могут служить такие приправы, как чеснок, лук,

красный перец. Это подтверждается тем, что в тропических условиях у детей повышается потребность в витаминах, остром и кислом.

Вегетативная нервная система

Существенное место в процессе адаптации принадлежит вегетативной нервной системе, которая является основным регулятором функций внутренних органов. Во многом успех адаптации детского организма к тропикам зависит от того, насколько адекватно реагирует вегетативная нервная система на изменение условий окружающей среды. Исследования показали, что выраженные адаптивные реакции вегетативной нервной системы протекают в течение 1,5 года. При этом большая нагрузка ложится на симпатический ее отдел по сравнению с парасимпатическим. Таким образом, процесс адаптации детского организма к условиям тропиков происходит постепенно и зависит от состояния вегетативной нервной системы.

Адаптация детей-аборигенов. Исследователи отмечают, что в различных климатогеографических зонах наблюдается единство возрастных изменений, но существуют различия в темпах этих изменений. По правилу Аллена, при продвижении с севера на юг имеет место увеличение линейных размеров тела и органов, что подтверждается морфосоматическими показателями жителей тропиков. Для них характерна незначительная жировая прослойка, уменьшение диаметра конечностей с увеличением их в длину. При обследовании детей и подростков наблюдается та же картина: отставание от европейских детей в весе по отношению к длине тела, в скорости изменения пропорций тела; опережение по соотношению поверхности тела. Следует также отметить, что отличие негроидов от европеоидов проявляется уже на сороковой неделе внутриутробной жизни.

Одной из выраженных адаптивных черт детей-аборигенов является снижение уровня основного обмена, которое отмечают большинство исследователей. Достоверную зависимость снижения обмена от высоких широт к низким *Т. И. Алексеева* (1977) объясняет тремя обстоятельствами:

1) *ультрафиолетовой радиацией,* которая влияет на ингибирование окислительных процессов, происходящих в организме;

2) уменьшением мышечной массы. Интенсивность уровня основного обмена определяется интенсивностью окислительно-восстановительных реакций в мышцах и печени, а так как мышечная масса у аборигенов снижена, то соответственно снижается уровень обмена;

3) преобладанием *углеводной диеты.* В результате исследований рациона питания этнических групп тропиков было выявлено преобладание в пище углеводов над жирами и животными белками, а также относительно низкая калорийность.

Ни один из трех перечисленных факторов, видимо, не является первостепенным. Именно действуя в комплексе, они достигают своего результата – снижения уровня основного обмена, которое влечет за собой понижение теплопродукции и в итоге более комфортную жизнь в тропиках.

Сердечно-сосудистая система

Системы кровообращения и крови в тропиках имеют ряд приспособительных особенностей. Кровь детей-аборигенов содержит большое количество гамма-глобулинов, что может быть объяснено двумя причинами.

Первая причина – нахождение в тропических районах большого количества инфекционных паразитов, вызывающих ответную реакцию организма, – повышение иммунитета. Еженедельное введение детям профилактических средств снижает содержание гамма-глобулина, но все равно их количество на 1/3 превышает количество у взрослого человека, живущего в умеренных широтах.

Вторая причина, возможно, – характерно высокое содержание гамма-глобулинов для жителей тропиков. Это доказывает тот факт, что в Каракасе (Венесуэла, Южная Америка), где малярия практически не распространена, уровень гамма-глобулинов остается высоким.

Общая закономерность, характерная для детей тропических областей, – это снижение артериального давления. Данный факт связывают с интенсивностью воздействия УФ-радиации. С увеличением воздействия снижается давление. Таким образом, можно сделать вывод, что артериальное давление имеет географическую зональность – общее повышение от экватора к полюсам.

На давление крови также влияет пигментация кожи и эффективность синтеза витамина D, что косвенно тоже зависит от ультрафиолетовой радиации. В цифровых значениях артериальное давление у жителей тропических областей Индии, Америки, Африки примерно на 20 мм рт. ст. ниже нормального давления жителей умеренных широт.

Потоотделение

При рассмотрении физиологии детей-аборигенов тропиков нельзя обойти стороной один из самых важных терморегуляционных процессов – потоотделение. Его особенностью в данных условиях является то, что дети-аборигены начинают потеть при более высоких температурах окружающей среды. Пот выделяется мельчайшими каплями, которые, смешиваясь с кожным салом, не стекают, а тут же испаряются, чем достигается более эффективное охлаждение кожи. Степень раздражения, необходимая для начала потения, свидетельствует о меньшей реактивности центра потоотделения, которая зависит от определенного механизма, угнетающего работу центра. Этот механизм полностью формируется у аборигенов к подростковому возрасту.

Большая интенсивность потения у жителей тропиков достигается за счет большого количества активных потовых желез, а не за счет повышения активности имеющихся желез, как это происходит у неадаптированных людей.

Интерес представляет и состав пота. Исследования показали в составе пота низкое содержание хлоридов, витаминов и других элементов. В процентном отношении у японца и филиппинца содержание хлоридов в поте 0,31 и 0,10 % соответственно, т. е. житель тропических широт примерно в три раза меньше теряет хлора, который является важным электролитом в организме.

• Относительно реакций других систем информации меньше. По-видимому, в остальном дети-аборигены тропиков не отличаются от детей умеренных широт. В литературе встречаются данные относительно более быстрого физического и полового

развития детей южных широт. *Н. М. Воронин* подтверждает данное положение, но при условии хорошего, полноценного питания. Однако, как было отмечено выше, страны тропической зоны зачастую малоразвиты, а значит, и детское питание там неполноценное. Видимо, в связи с этим дети, обследованные в Гвинее, Заире и Нигерии, были меньше европейских стандартов по весовым и ростовым показателям примерно на 10–20 %. Общий же процент новорожденных с низким весом составил 7,5 %.

Таким образом, отличительными чертами детей тропических популяций являются: отставание в формировании «широтных» пропорций тела; сниженный уровень основного обмена; пониженное артериальное давление; большое количество гамма-глобулинов в крови; большое количество активных потовых желез; более высокая критическая температура окружающей среды.

6.3.4. Адаптация детей к условиям высокогорья

На протяжении всей своей жизни человек постоянно попадает в условия измененного кислородного режима, испытывая кратковременные гипоксические состояния в момент рождения, длительного крика, приступов кашля, чрезмерного физического напряжения. Преходящие гипоксические состояния развиваются у детей в связи с перемещением на высоту, но с течением времени организм ребенка способен адаптироваться к этим условиям при помощи изменений в функционировании многих систем.

Адаптация детей-иммигрантов.

ЦНС

У детей, попавших в горы, на гипоксию в первую очередь реагирует ЦНС. Процесс торможения претерпевает изменения на высотах 2000–3000 м, а процесс возбуждения – начиная с высоты 4000 м.

У дошкольников на высоте 2000 м изменения высшей нервной деятельности (ВНД) были выражены мало: не выявлено нарушений величин условного, двигательного и мигательного рефлексов и их латентных периодов. Координация движений и работа II сигнальной системы сохранялись на том же уровне, что и при нормальном атмосферном давлении.

У подростков же наблюдались характерные изменения функционального состояния ЦНС. На высоте 2000 м, особенно в первые 2 дня, у большинства обследуемых обоего пола происходили значительные изменения ВНД, выражавшиеся в уменьшении величин условных рефлексов, увеличении их латентных периодов. По мере адаптации (на 10-15-й день) сила, подвижность и концентрация основных нервных процессов возрастала. Подъем на большую высоту после 20-дневной адаптации не вызывал уже таких значительных сдвигов ВНД, как в первые дни (А.З. Колчинская, 1964).

Дыхательная система

Большую роль в адаптации ребенка к гипоксическим условиям играет система дыхания.

У детей дошкольного возраста МОД и альвеолярная вентиляция увеличиваются на высотах 1000–3000 м незначительно. Так, на высоте 1000–2000 м МОД составляет 107–

108 %, на высоте 3000 м – 112–120 % от исходного. Это увеличение МОД происходит преимущественно за счет возрастания частоты дыхательных движений. Дыхательный объем при этом может даже и уменьшаться. Как известно, увеличение МОД за счет учащения дыхания – менее экономичный способ приспособления к недостатку кислорода, так как он сопровождается более слабым возрастанием альвеолярной вентиляции, что, в свою очередь, ведет к ухудшению газообмена между кровью и наружным воздухом. Но в то же время в детском возрасте определенную роль играет фактор, присущий только детскому дыханию. В условиях нормального снабжения O_2, благодаря частому и поверхностному характеру дыхания, значительной физиологической гипервентиляции и низкому использованию кислорода из каждого литра вдыхаемого воздуха, у детей младших возрастов в альвеолярном и вдыхаемом воздухе содержится большее количество O_2 и меньшее CO_2, чем у детей старших возрастов. Более высокое парциальное давление O_2 в альвеолярном воздухе способствует лучшей диффузии O_2 в кровь, что ведет к более полному насыщению гемоглобина кислородом. Определение респираторных газов в альвеолярном воздухе показало, что при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе у младших детей также сохраняются более высокие по сравнению со старшими относительная (на 1 кг веса и 1 $м^2$ поверхности тела) легочная и альвеолярная вентиляция, более высокое pO_2и более низкое pCO_2 в альвеолярном воздухе. Так, у детей pO_2 альвеолярного воздуха на высоте 2000 м составляет 100 мм рт. ст. При гипоксии сохранение более высокого парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе может играть важную роль, так как оно способствует лучшему насыщению артериальной крови кислородом и тем самым уменьшает гипоксемию. Лучшей диффузии кислорода из альвеол в кровь у детей способствует тонкость и нежность альвеолярно-капиллярных мембран.

У подростков на высотах 2000–4000 м недостаток кислорода вызывает усиление дыхания и возрастание МОД, которое обеспечивается увеличением дыхательного объема. На высоте 1000 м величина МОД составляет 100–108 %, 2000 м – 100–125 %, 3000 м – 90-130 %, 4000 м – 140 % от исходного. Следовательно, гипоксемия в подростковом возрасте выражена больше, чем у детей-дошкольников.

Сердечно-сосудистая система

Недостаток кислорода у детей и подростков сказывается на сердечно-сосудистой системе учащением сердечных сокращений и повышением систолического давления. На высоте 2000 м (на второй день пребывания) прирост ЧСС у детей составлял 17,9 % ± 2,7, у подростков – 15 % ± 1,8.

К числу приспособительных механизмов у детей дошкольного возраста можно отнести большее по сравнению с другими возрастами увеличение кислородной емкости крови за счет возрастания числа эритроцитов и количества гемоглобина (к 6-10-му дню пребывания на высоте 2000 м), что является компенсаторным приспособлением, направленным на увеличение доставки кислорода, а тем самым на улучшение артериализации крови в условиях умеренно выраженной гипоксии.

У детей и подростков в первые дни пребывания на высоте возникает несоответствие между потреблением и доставкой кислорода к тканям, которое выражается в увеличении кислородного запроса. Оно объясняется приведенными выше факторами – усилением работы сердца, дополнительным синтезом гемоглобина и образованием эритроцитов, возрастанием глубины и частоты дыхания, что требует увеличения расхода энергии. Высокая активность симпатоадреналовой системы в этот период также приводит к повышению энергетических затрат всеми тканями организма. Следовательно, в ранний

период пребывания на высоте 3000–4000 м организм расходует больше энергии, чем в нормальных условиях. Именно поэтому основной обмен повышен, причем чем больше высота, тем выше основной обмен.

Исследования *Т. А. Багдасаровой,* проведенные у детей в возрасте 8-16 лет, показали, что временная адаптация растущего организма к условиям среднегорья протекает фазно. Начальная фаза для большинства детей характеризуется учащением ритма сердечных сокращений и дыхательных движений, повышением артериального давления, нарастанием легочной вентиляции, повышением общего газообмена, нарастанием содержания гемоглобина, количества эритроцитов и ретикулоцитов крови. Примерно через 2 недели проявляется следующая фаза, в которой сглаживаются первоначальные реакции, но увеличивается глубина дыхания с урежением его и нарастанием жизненной емкости легких. Возрастает утилизация кислорода, повышается кроветворение. К концу месячного пребывания наступает фаза стабилизации функций, близкая к показателям постоянных жителей гор.

Адаптация детей-аборигенов. Гипоксическое состояние оказывает влияние на все процессы жизнедеятельности коренного населения на протяжении онтогенеза. Уже в последние 3 месяца беременности прирост массы плода в условиях высокогорья начинает отставать, несмотря на выраженное нарастание объема плаценты, поддерживающей необходимые режимы его оксигенации. Новорожденные горцы имеют меньший вес и рост, а темпы роста их впоследствии замедлены в сравнении со стандартами равнинной местности.

Половое созревание людей в горах сдвигается к 18–20 годам, а рост тела прекращается лишь к 25–30 годам.

У новорожденных детей в условиях высокогорья имеется повышенное количество эритроцитов, гемоглобина, ретикулоцитов и увеличена функция кроветворения по сравнению с детьми, родившимися на равнине. Однако по мере роста детей эти различия несколько сглаживаются.

Отличительной чертой организма детей высокогорья является высокое кровяное давление в легочных артериях – легочная гипертензия, нарастающая с высотой местности. У этих детей она выражена даже в большей мере, чем у взрослых. «Равнинные» и «высокогорные» дети рождаются с признаками легочной гипертензии, но у детей на равнине в течение 72 ч после рождения давление в малом круге нормализуется, а у детей горцев легочная гипертензия сохраняется, так как в условиях высокогорья мышечный слой легочных артериол фетального типа очень чувствителен к действию низкого парциального напряжения кислорода в крови.

В процессе развития у детей, постоянно живущих в горах, происходит увеличение объема легких, аэробной способности, снижение артериального давления, урежение пульса. Проявляется тенденция к пониженной свертываемости крови.

В результате следует отметить, что дети высокогорья имеют относительно высокий уровень приспособленности к недостатку кислорода.

Учитывая напряженность окислительных процессов у приезжих детей, относительно небольшой функциональный резерв органов дыхания и кроветворения, адаптацию детского организма к условиям высокогорья считают сложным и длительным процессом.

Глава 7. Социальные аспекты адаптации детей

7.1. Влияние антропогенных факторов на функциональное состояние организма ребенка

В последние десятилетия в связи с ростом напряжения экологической обстановки на детский организм ложится дополнительная нагрузка. Это обусловлено тем, что ребенок должен адаптироваться помимо природных еще и к антропогенным факторам среды. К ним относят все виды загрязнения: физическое (шумовое, электромагнитное, радиационное и т. п.); химическое, связанное с проникновением в воздух, почву и воду химических веществ до уровня, превышающего предельно допустимые концентрации; механическое, связанное с бытовыми и промышленными отходами.

7.1.1. Влияние шума

Шум, как физическое явление, представляет собой механические колебания упругой среды в диапазоне слышимых частот. Ухо человека может слышать только те колебания, частота которых составляет от 16 до 16 000 колебаний в секунду (Гц). Уровень шума измеряется в единицах, выражающих степень звукового давления, – децибелах (дБ). Шум в 20–30 дБ практически безвреден для растущего организма и составляет естественный звуковой фон, без которого невозможна жизнь. Шум в 130 дБ вызывает болевые ощущения, а достигнув 150 дБ, становится непереносимым.

Воздействие шума на организм ребенка двояко: специфическое и неспецифическое. Специфическое воздействие шума проявляется в повреждении органа слуха, точнее кортиевого органа, что приводит к развитию тугоухости и даже потере слуха.

Неспецифическое воздействие шума сопровождается функциональными изменениями, происходящими во многих системах организма. Через проводящие пути слуховой сенсорной системы шум действует на различные центры головного мозга ребенка, влияя на высшую нервную деятельность, нарушая равновесие процессов возбуждения и торможения, изменяя рефлекторные реакции. В результате громкости возникает раздражительность, беспокойство, нарушение сна, отвлечение внимания от обычных занятий. Шум вызывает возбуждение вестибулярного аппарата. При этом появляется головокружение, нарушается координация движений, а при нарастании до 130 дБ у детей могут возникать иллюзии. Шум оказывает вредное влияние на зрительную сенсорную систему. Чем больше его интенсивность, тем хуже ребенок видит и реагирует на происходящее.

При действии шума происходят сдвиги функционального состояния сердечно-сосудистой системы. У детей нарушается нормальное кровообращение. Даже несколько громко сказанных слов могут вызвать спазмы сосудов. Многочисленные исследования показали, что шум оказывает негативное воздействие на деятельность желез внутренней секреции, желудка и кишечника, вызывая в растущем организме патологические изменения.

7.1.2. Электромагнитные излучения

Широкое развитие компьютеров, телевидения, радиосвязи, радиолокации, расширение сети высоковольтных линий электропередачи, применение высокочастотной энергии в различных сферах хозяйства и в быту привело к значительному росту электромагнитных излучений в окружающей среде.

Действие электромагнитного поля на растущий организм зависит от его напряженности, продолжительности воздействия, частоты колебаний волн. Электромагнитные волны высоких и очень высоких частот дают больший биологический эффект.

Результаты обследования детей, проживающих в районах действия искусственных электромагнитных полей средне– и коротковолнового диапазона, позволяют говорить о неблагоприятных сдвигах, происходящих в системах организма.

Прежде всего это касается высшей нервной деятельности. У детей всех возрастных групп были выявлены нарушения условно-рефлекторных реакций, в частности достоверное снижение величин зрительно-моторных рефлексов и их латентных периодов. Ухудшилось качество внимания, понизилась умственная работоспособность. Полагают, что длительное пребывание детей в условиях электромагнитного поля может привести к нарушению взаимоотношения нервных процессов, их подвижности и силы.

Исследование сердечно-сосудистой системы свидетельствует о снижении функциональной способности сердца и нарушении нервно-вегетативного звена регуляции кровообращения.

Анализ картины крови у детей показал, что воздействие электромагнитных излучений сказалось на характере изменения лейкоцитарной формулы. Достоверно увеличилось общее количество нейтрофилов за счет как палочкоядерных, так и сегментированных клеток параллельно с нейтропенией. Характерны эозинофилия и моноцитоз. Обращает на себя внимание значительная базофилия.

Обнаруженные изменения лейкоцитов периферической крови указывают на значительные сдвиги иммунологической реактивности детей, находящихся в зоне электромагнитных полей.

Биохимические механизмы влияния электромагнитных излучений на уровне ЦНС включают изменения адренергических и холинергических процессов.

Анализ заболеваемости позволяет говорить о том, что вредному воздействию подвергаются прежде всего сердечно-сосудистая и нервная системы детей.

7.1.3. Действие радиации на ребенка

Радиация по своей природе вредна для жизни. Малые дозы облучения могут «запустить» не до конца еще установленную цепь событий, приводящую к генетическим повреждениям или раку. При больших дозах радиация может разрушать клетки, повреждать ткани органов и явиться причиной гибели организма. Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания, однако, появляются спустя много лет после облучения. Врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, могут проявиться лишь в следующем или в последующих поколениях: детей, внуков, более отдаленных потомков.

Чтобы вызвать острое поражение организма, дозы облучения должны превышать определенный уровень, но нет никаких оснований считать, что это правило действует в случае таких последствий, как рак или повреждение генетического аппарата. По крайней мере теоретически для этого достаточно самой малой дозы. Однако в то же самое время

никакая доза облучения не приводит к этим последствиям во всех случаях. Даже при относительно больших дозах облучения далеко не все люди обречены на болезни: действующие в организме репарационные механизмы обычно ликвидируют повреждения.

• Крайне чувствителен к радиации мозг плода, особенно если мать подвергается облучению между восьмой и пятнадцатой неделями беременности. В этот период у плода формируется кора головного мозга, и существует большой риск того, что в результате облучения матери (например, рентгеновскими лучами) родится умственно отсталый ребенок. Именно таким образом пострадали примерно 30 детей, облученных в период внутриутробного развития во время атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки.

Особенно велик риск заболевания раком при облучении плода. В некоторых работах сообщается, что детская смертность от рака больше среди тех детей, матери которых в период беременности подверглись воздействию рентгеновских лучей.

Изучение генетических последствий облучения связано с еще большими трудностями, чем в случае рака. Во-первых, очень мало известно о том, какие повреждения возникают в генетическом аппарате человека при облучении. Во-вторых, полное выявление всех наследственных дефектов происходит лишь на протяжении многих поколений. Около 10 % новорожденных имеют те или иные генетические дефекты, начиная от необременительных физических недостатков типа дальтонизма и кончая такими тяжелыми состояниями, как синдром Дауна и т. п.

Среди более чем 27 тыс. детей, родители которых получили относительно большие дозы во время атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, были обнаружены лишь две вероятные мутации, а среди примерно такого же числа детей, родители которых получили меньшие дозы, не отмечено ни одного такого случая.

Дети крайне чувствительны к действию радиации. Относительно небольшие дозы при облучении хрящевой ткани могут замедлить или вовсе остановить у них рост костей, что приводит к аномалиям развития скелета. Чем меньше возраст ребенка, тем сильнее подавляется рост костей. Суммарной дозы порядка 10 Гр, полученной в течение нескольких недель при ежедневном облучении, бывает достаточно, чтобы вызвать некоторые аномалии развития скелета. По-видимому, для такого действия радиации не существует никакого порогового эффекта. Оказалось также, что облучение мозга ребенка при лучевой терапии может вызвать изменения в его характере, привести к потере памяти, а у очень маленьких детей даже к слабоумию и идиотии. Кости и мозг взрослого человека способны выдержать гораздо большие дозы.

У детей, находящихся на территории, подверженной радионуклидному загрязнению, отмечается значительное снижение фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа. Вероятно, это является следствием влияния свободных радикалов на ферментные системы нейтрофилов.

При изучении биохимических показателей и состава периферической крови у детей, проживающих в районах с загрязнением Се-137, были отмечены нестабильность компонентов крови (лейкопения и лимфоцитоз). Имели место изменения гормонального статуса щитовидной железы, сдвиги метаболических процессов, связанных с участием натрия, калия, АТФ-азы и функционированием белков сыворотки крови.

Действие радиации на ребенка очень сложно прогнозируемо, а эффекты могут быть самыми неожиданными. В целом возрастные аспекты этого вопроса ввиду малого фактического материала разработаны мало.

7.1.4. Химическое загрязнение окружающей среды и его воздействие на растущий организм

Загрязнение окружающей среды химическими отходами прогрессирует с каждым годом. Поступая в воздух, воду и почву, в результате круговорота веществ в природе, эти отходы попадают в организм ребенка, вызывая не только адаптивные, но и патологические сдвиги. Основными химическими загрязнителями в наши дни являются автомобильный транспорт (49 %), топливная промышленность (сжигание топлива – 28 %) и промышленные процессы (13 %). Как правило, загрязнения воздуха в индустриально развитых странах обусловливаются пятью группами загрязнителей: оксидами углерода; оксидами азота (сгорание ископаемого топлива, автотранспорт, азотные удобрения); оксидами серы (сгорание угля и некоторых сортов нефти); летучими органическими соединениями (главным образом, углеводородами) и различными типами взвешенных частиц (особенно тонкие частицы ядовитых металлов и асбеста).

Вдыхание такого воздуха, естественно, сразу же сказывается на состоянии органов дыхания. Поступление его вызывает у детей повреждение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, увеличение их проницаемости, обсемененность миндалин патогенными микробами.

Повышенная проницаемость слизистых оболочек и недостаточность местного иммунитета создают условия для проникновения ксенобиотиков через органы дыхания непосредственно во внутреннюю среду организма детей.

Большинство авторов, изучающих повреждающее действие вредных факторов на неспецифическую резистентность организма, отмечают снижение ее основных показателей: бактерицидной активности кожи, фагоцитарной активности клеток, активности лизоцима крови и других биологических жидкостей.

• Интегральным критерием техногенного загрязнения окружающей среды может служить изменение гематологических показателей, особенно у детей раннего возраста. Степень увеличения эритропоэза и усиления гемоглобинсинтезирующей функции с возрастом у детей из более загрязненных территорий выражена меньше, чем у детей из благополучных районов. Значительное снижение концентрации гемоглобина в эритроците в процессе развития ребенка свидетельствует о скрытой анемизации детей. Недостаток кислорода в организме сначала приводит к разрушению эритроцитов, о чем свидетельствует увеличение процента их гемолиза в 1,47 раза у девочек и в 2,32 раза у мальчиков, который в среднем возрос с 1,31 ± 0,07 до 1,95 ± 0,28. В результате недостатка кислорода разрушается и гемоглобин, а усиление эритроцитоза является результатом несколько позже наступающей стимуляции костного мозга продуктами распада эритроцитов. Эритроцитоз можно считать проявлением защитно-компенсаторной реакции организма в ответ на воздействие различных загрязнений, ухудшающих функцию внешнего дыхания, что ведет, в свою очередь, к некоторому снижению снабжения крови и тканей кислородом, т. е. к развитию не резко выраженной, но все же существующей гипоксии. В то же время изложенная схема не исключает воздействия других агентов (в том числе химических) непосредственно на эритропоэтическую ткань. Эритроцитоз приводит, по-видимому, к идентичности средних величин содержания в крови

гемоглобина независимо от района проживания, так как с увеличением количества эритроцитов увеличивается и количество гемоглобина в цельной крови.

Многие ангидриды минеральных кислот и органические загрязнители раздражающего действия в первую очередь действуют на аэрогематический барьер в легочной ткани, вызывая, с одной стороны, механические нарушения путем разрушения сурфактанта, а с другой – ответную реакцию организма в виде пролиферативного воспаления и замещения пораженных участков соединительной тканью, что диагностируется как трахеит. Нарушение аэрогематического барьера приводит к непосредственному контакту крови с различными токсическими полютантами, т. е. может формироваться гемотропное, нейротропное или гепатотропное действие.

Исследования показали, что у детей, живущих в районах повышенной загрязненности атмосферного воздуха, отмечались отклонения в реактивности, исследуемой как на организменном и системном, так и на клеточном и субклеточном уровнях: выявлялись низкая лизоцимная активность слюны, повышенная хемилюминесцентная активность крови, низкий уровень насыщенности организма витаминами С и группы В. Под влиянием вредных воздействий у детей возникает дисбаланс показателей иммунной системы, вплоть до иммунодепрессии: изменение функциональной активности Т-лимфоцитов, дефект формирования Т-супрессоров; снижение содержания IgA в крови и секретах, повышение уровня IgE.

Отмечены определенные различия на уровне функционирования основных систем организма как по средним величинам, так и по распределению индивидуальных вариантов. Частота дыхания у детей всех возрастов, живущих в районах с высокой загрязненностью, была выше, чем в районах с более чистым воздухом (с высокой степенью достоверности различий для всех возрастов от 2 до 7 лет). При индивидуальном распределении детей по общепринятым средним величинам оказалось, что в загрязненных районах из детей 2–3 лет только 15,5 % имели средние величины частоты дыхания, у большинства же детей выявилось учащенное дыхание. В районах с более высоким уровнем загрязнения количество таких детей составило 69,8 %. Указанное состояние дыхательной системы свидетельствует о раздражении дыхательного центра, вызванном, по-видимому, химическим составом воздуха.

Значимое увеличение частоты дыхания (ЧД) вызывает пыль. Окислы азота несколько снижают функцию респираторной системы: ЧД, показатель бронхиальной проходимости (ПТМ). В отношении сердечно-сосудистой системы хлор, анилин незначительно увеличивают ударный объем сердца, а сажа, изопропиловый спирт вызывают его снижение. Однако наличие положительной связи концентрации сажи с диастолическим давлением (ДД) и отрицательной связи с систолическим (СД) и пульсовым давлением (ПД), ЧСС и ЧД являются неблагоприятным прогностическим признаком, указывающим на тенденцию к снижению функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. Окислы азота имеют значительную отрицательную связь почти со всеми изучаемыми показателями (особенно с ЧСС, ЧД, ПТМ I), что свидетельствует об угнетении компенсаторных процессов организма. Изопропиловый спирт действует на показатели гемодинамики двояко: выявлена положительная связь с ДД и отрицательная – с СД, ПД, ЧСС, что также является плохим прогностическим признаком для сердечно-сосудистой системы. У анилина и хлора отмечено двоякое действие: главным образом на ЧСС – угнетающее (отрицательная связь), на бронхиальную проходимость (ПТМ II) – стимулирующее (положительная связь). Фенол и сероводород снижают регуляторные процессы сердечно-сосудистой системы (СД, ДД, ПД), что наиболее характерно для веществ токсической природы.

Таким образом, все эти данные свидетельствуют о крайне неблагоприятном воздействии на организм ребенка атмосферных загрязнений.

7.1.5. Урбанизация и детский организм

Развитие индустриального общества сопровождалось интенсивными процессами урбанизации. Значительно усилилась миграция населения из сельской местности в города. Города начали разрастаться, превращаясь в огромные мегаполисы.

Город – это экосистема, созданная человеком. Ее отличительной особенностью является большая плотность населения и всевозрастающая нагрузка на среду обитания человека. Крупный город оказывает влияние на основные компоненты природной среды: атмосферу, воду, рельеф, климат, растительность. В городах изменены гравитационное, термическое, электрическое, магнитное поле Земли. Иными становятся условия питания подземных вод, их химический состав. Бич города – загрязнение.

Процессы урбанизации имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Создавая условия для разностороннего развития личности, город оказывает целый комплекс неблагоприятных воздействий на растущий организм.

В городских условиях человек с самого рождения оторван от природы.

Адаптивные реакции не успевают за темпом научно-технического прогресса и изменением среды обитания. В связи с этим большинство городских детей страдают синдромом большого города: отмечается рост гиподинамии, аллергических заболеваний, психическая неуравновешенность. Большую нагрузку испытывают все физиологические системы организма: нервная, сердечно-сосудистая, дыхательная, пищеварительная и т. д.

Естественная синхронизация светового дня и активности человека, присущая сельскому образу жизни, у детей-горожан нарушена и сдвинута в сторону темной части суток. Суточная десинхронизация физиологических процессов требует напряжения адаптационных механизмов, истощает приспособительные возможности.

Широко известно, что повышенная загрязненность атмосферы города отходами производства приводит к ослаблению физического развития детей, а нередко и к врожденным порокам развития.

Процессы урбанизации обусловили появление феномена акселерации, т. е. ускорения процессов роста и развития детей. Поскольку явление акселерации – панойкуменный процесс, то, естественно, он охватывает и сельские популяции. Но мера его проявления там значительно слабее, чем в условиях города.

Акселерация выражается в ускорении физического, полового и психического развития. Однако не ясно, следует ли рассматривать ее только как положительное явление. Последствия такой вспышки процессов роста и развития вряд ли могут быть исчислимы сроками жизни одного-двух поколений. Пока не ясно, как отразится этот процесс на репродуктивной способности, психических и социально-психологических свойствах личности, на характере приспособления к изменяющимся условиям среды. Причины акселерации неясны. Наиболее распространено мнение о том, что она обусловлена специфическим воздействием факторов городской жизни, таких как повышение калорийности питания, снижение физических нагрузок, усиление психоэмоционального напряжения.

Вряд ли стоит противопоставлять факторы, вызывающие акселерацию. Скорее всего, такое мощное явление может быть вызвано их совокупным действием. Судя по данным последних лет, во многих странах наблюдаются затухание акселерации и ее стабилизация. Это обстоятельство рождает предположение о каких-то пока еще непознанных механизмах и причинах акселерации.

Городское население отличается от сельского более крупными размерами тела, более развитым жировым компонентом и значительно большим процентом астенических и пикнических конституциональных типов. Это характерно не только для детских возрастов, но и для взрослого населения.

По-видимому, на изменение физического облика горожан повлиял комплекс факторов, характерных для современного города: изменение социально-экономического уровня жизни, увеличение психоэмоционального напряжения, расширение круга брачных связей за счет миграции в город сельского населения.

7.2. Адаптация детей к социальным факторам

Для понимания общих закономерностей адаптации важное значение имеют исследования приспособительных реакций организма детей и подростков в процессе их социализации. Приспособление организма ребенка к новым условиям социального существования, к новому режиму при поступлении в ясли, при переводе из яслей в детский сад, а из детского сада в школу сопровождается изменениями поведенческих реакций, расстройством сна, аппетита. Эти изменения, наблюдаемые во всех возрастных группах, укладываются в картину эмоционального стресса.

Эмоциональное напряжение, составляя основу структуры синдрома адаптации детей и выступая в роли мобилизующего фактора, вызывает последовательное включение приспособительных реакций разного уровня механизмов регуляции, интенсивность и продолжительность которых уменьшается с возрастом ребенка.

Детей раннего возраста, особенно 1-го и 2-го годов жизни, отличает наиболее генерализованная и продолжительная активация симпатоадреналовой и вегетативной нервной системы, а также системы гипофиз – надпочечники. У дошкольников интенсивность и продолжительность эмоционально-стрессовой реакции уменьшается. У многих первоклассников начальный период адаптации к школе протекает при активации лишь оперативных механизмов адаптации симпатоад-реналовой и вегетативной нервной системы, и только при длительных и интенсивных нагрузках подключаются стратегические механизмы, обеспечивающие более устойчивое приспособление школьников.

Приспособительные реакции, кроме количественных различий, имеют качественные особенности у детей разного возраста, которые существенно влияют на течение адаптации. Дети первых двух лет жизни адаптируются при наличии адренергических механизмов и большей централизации управления, о чем свидетельствует более выраженное увеличение у них экскреции адреналина. У детей 3-4-го годов жизни, на фоне уменьшения продолжительности, реакции адаптации протекают при активации и адренергических, и холинергических систем, а экскреция норадреналина преобладает над адреналином. Детей 5-го и 6-го года жизни характеризует более отчетливое преобладание симпатического отдела симпатоадреналовой системы над хромаффиновым, повышение в процессе адаптации активности автономного контура регуляции и влияния центрально-гуморальных механизмов. У первоклассников сдвиг

вегетативного гомеостаза отличается волнообразностью при меньшей, чем в предыдущих группах, централизации управления и активности адренергических механизмов.

Эффективность вегетативного обеспечения приспособительных реакций детей также имеет возрастные особенности. Степень вовлечения в них сердечно-сосудистой системы наибольшая у детей раннего возраста, особенно 1-го и 2-го годов жизни. Сдвиг показателей центрального (ударный объем, минутный объем крови, сердечный индекс, ЧСС) и периферического (периферическое сопротивление, все параметры артериального давления) кровообращения у них достигает соответственно 55,3 и 38,5 % от исходного уровня с длительным (до 70 дней) периодом восстановления и преобладанием сосудистого компонента реакции над сердечным. Увеличение МОК достигается ростом как УО, так и ЧСС. Устойчивость, эффективность реакции и резервные возможности сердечно-сосудистой системы в ответ на эмоциональный стресс у детей раннего возраста ограничены, на что указывает наличие почти у половины детей разнонаправленных, колебательных и неблагоприятных для адаптации типов индивидуального реагирования.

Результаты реоэнцефалографических исследований показали, что адаптация детей раннего возраста сопровождается наиболее выраженными и продолжительными изменениями мозговой гемодинамики. При значительном увеличении сосудистого тонуса, времени наполнения сосудов и замедленном венозном оттоке кровенаполнение мозга ухудшается, несмотря на небольшое повышение скорости притока крови в исследуемую область. Продолжительность этих сдвигов колеблется для разных показателей от 5 до 55 дней. Такая относительно неблагоприятная динамика показателей церебрального кровотока характерна в основном для детей 1-го и особенно 2-го года жизни. У 3-летних детей тонус мозговых сосудов в процессе адаптации почти не изменяется, в то время как пульсовой приток увеличивается при меньшей продолжительности сдвига (5-15 дней).

Адаптивные изменения мозгового кровообращения у школьников отличаются волнообразностью в течение учебного года. В начале адаптации к школе, в конце 3-й и 4-й четверти сосудистый тонус, количественные и скоростные параметры кровенаполнения мозга увеличиваются. В конце года значительно увеличивается межполушарная асимметрия за счет левого полушария, свидетельствуя об утомлении школьников.

Система местной защиты активно вовлекается в эмоционально-стрессовую реакцию у детей всех возрастных групп. Это касается неспецифических и гуморальных ее факторов. Лизоцим, как компонент местной неспецифической защиты, первым включается в нее. У 76,2 % детей раннего, 66,7 % дошкольного и у 38,3 % младшего школьного возраста активность слюны оказалась сниженной, главным образом за счет детей 1, 2 и 4-го годов жизни. Снижение лизоцимной активности слюны является одной из причин заболеваемости детей.

Таким образом, по мере роста и развития ребенка в результате улучшения качества и адекватности реакций, их устойчивости и возрастной перестройки структуры функциональных связей между органами и системами, надежность функциональной системы адаптации в целом повышается.

Резкое изменение поведенческих реакций наблюдается у детей при поступлении в школу, особенно если организация учебных занятий и режима продленного дня не отвечает требованиям гигиены. У школьников регистрируются неадекватные реакции и представления о своих способностях и возможностях, отрицательное отношение к учебной ситуации, к учителю, отклонения в психоневрологической сфере. К этим симптомам присоединяются снижение уровня гемоглобина и сдвиги в иммунной

реактивности. Отмечены сначала однократные, затем частые сдвиги в функционировании верхних дыхательных путей, приводящие к заболеваниям. Констатируется нарушение процессов роста и развития.

Результаты исследований показали, что роль средовых и генетических влияний в развитии таких показателей, как тотальные размеры тела и окружность головы, на разных этапах онтогенеза различна. Каждому показателю соответствует определенная динамика соотношений средовых и генетических воздействий. Например, в изменчивости длины тела, окружности грудной клетки и окружности головы увеличение влияния средовых факторов выявлено в возрасте 7–9 лет, массы тела – 4–6 и 10–12 лет. Длина тела как показатель зрелости организма имеет наибольшую диагностическую ценность в возрасте 4–6 и 10–15 лет.

Вариабельность высших кортикальных нейродинамических признаков в наибольшей степени определяется средовыми влияниями, среди которых важная роль принадлежит факторам социальным. Изучение процесса акселерации показало также, что в результате закрепления индивидуальных генетических изменений под влиянием ряда факторов на протяжении нескольких поколений образовались массовые изменения физического развития детей. Поскольку эти факторы средовые, главным образом социальные, то вытекает вывод, что именно социальная среда явилась источником и причиной изменений биологических свойств человека. Доказательством этого положения служат результаты многочисленных научных исследований, показавших, что акселерация в нашей стране носит всеобщий характер, несмотря на резкие различия в климатических условиях и на наличие различных национальных особенностей детей и подростков.

Установлена одинаковая степень сдвигов в сторону улучшения показателей физического развития независимо от социального положения родителей и климатических условий. Динамика работоспособности, адаптации и дезадаптации детей к учебной нагрузке и условиям ее организации взаимосвязана с рядом социальных факторов.

Образовательный ценз родителей, их квалификация, благополучие семьи сказываются на воспитании детей в семье, степени упорядоченности режима дня и проявляются у школьников I и II классов в подготовленности их к обучению, в беглости чтения, в качестве подготовки уроков, в успеваемости, особенно по общеобразовательным предметам.

Степень упорядоченности режима суток небезразлична для работоспособности учащихся. Длительные вечерние просмотры телепередач, сокращение установленных нормативов пребывания на воздухе и ночного сна препятствуют восстановлению, а еще более – упрочению работоспособности к утру последующего дня. Обучение в школе предъявляет к ребенку большие требования, с которыми он может справиться только в том случае, если его организм достиг необходимого уровня морфологического и функционального развития. Индивидуальные особенности интеллектуального развития и функционального состояния нервной системы обусловливают разную степень успеваемости учащихся. У неуспевающих учеников отмечается эмоциональная неуравновешенность, более низкий уровень интеллектуальной деятельности, пониженный тонус корковых систем. Анализ анамнестических данных показал, что причинами этого являются патогенные воздействия на ранних этапах онтогенетического развития, а также неблагоприятные социально-бытовые условия.

7.2.1. Детский организм и стресс

Условия обитания предъявляют к детскому организму все возрастающее количество стрессогенных факторов. Происходят глобальные изменения окружающей среды. Увеличивается темп жизни. Растет экологическое напряжение. Все это сказывается на условиях жизни ребенка, его семьи, всего общества в целом.

Несмотря на то что в науке стрессу в последнее время уделяется довольно пристальное внимание, возрастные его аспекты изучены сравнительно мало. Основное число исследований посвящено посттравматическому стрессу и последствиям заболеваний у детей.

Посттравматический стресс. В работах, посвященных посттравматическому стрессу, выделяют различные типы реакций на произошедшее событие: вытеснение; разграничение «Я» на «Я-реальное» и «Я-жертва»; фиксация на психотравмирующей ситуации; тревожность; эмоциональная лабильность; психопатические поведенческие реакции; замкнутость; ослабление социальных контактов; разочарование в людях и нравственных ценностях. Отмечается роль возраста ребенка в переживании травматического стресса. К характеристикам темперамента, обеспечивающим умение справляться со стрессом, относятся следующие: предсказуемость поведения; оптимизм; адаптируемость к изменениям; более высокий уровень достижений; более высокий порог восприятия травмирующего события и реакции на него. Анализ случаев посттравматического стрессового расстройства у детей, которые были жертвами или свидетелями психотравмирующих ситуаций (стихийные бедствия, агрессия со стороны человека), показал следующее: специфичной для детского переживания травматического события является травматическая игра (эквивалентная повторному переживанию травмы у взрослых). В травматической игре переиначиваются элементы события в повторяющейся безрадостной и стереотипной форме. В некоторых случаях переживание может вызвать раздвоение личности, возвращение к травмирующему опыту, галлюцинаторные переживания травмы.

Выделяют следующие **индивидуальные формы** реагирования на стресс:

а) **тормозной тип реагирования (пассивный),** для которого характерны симптомы: психологическая амнезия (у детей встречается утрата навыков и умений экспрессивной речи), стремление избегать напоминаний о травме, подавленность мыслей и чувств, а также избегание активности в ситуациях, напоминающих стрессогенную;

б) **патологическая психофизиологическая возбудимость,** которая проявляется в раздражительности, сверхнастороженности, повышенной пугливости, плохой концентрации внимания.

Чувствительность каждого ребенка к стрессогенному воздействию зависит от ряда факторов: генетических, конституциональных, типологических особенностей, жизненного опыта, уровня развития, а также от содержания и интенсивности события, вызывающего стресс. Эти факторы определяют величину психологических защитных ресурсов ребенка и его способность самостоятельно справиться с ситуацией.

Возрастные особенности реакции на стресс. В целом дети реагируют на психическую травму изменениями состояния сознания, межличностных отношений, импульсивного контроля поведения и изменением вегетативных функций. Тем не менее существуют различия в феноменологии, соответствующие фазе развития ребенка. Здесь условно выделяют три периода: дошкольный, школьный и юношеский.

1. **Дошкольный период.** Способность запоминать и в словесной форме воспроизводить травматический опыт у большинства детей формируется между 2,5 и 3 годами. До этого возраста дети также могут реагировать на психотравму, но симптомы эти неспецифичны и этиология их неясна. У 3-летнего ребенка будут проявляться личностные изменения, меняться игры и появляться страхи, связанные с травматизирующим событием. Воспоминания, как правило, отрывочные. При этом отдельные, короткие травмирующие события легче вспоминаются. Когда ребенок подрастает, он приукрашивает и перерабатывает свои воспоминания. Обычны их ассоциирования с последующими неприятными событиями.

Особенно беспомощны при столкновении с серьезной опасностью дошкольники. Им зачастую требуется серьезная помощь для восстановления душевного равновесия после психотравмирующих событий. Сталкиваясь лицом к лицу с опасностью, исходящей извне, они чувствуют себя беззащитными. Весь выбор маленького ребенка – это убежать или остаться, смотреть или нет, бодрствовать или уснуть. Все это лишь ограниченный набор действий пассивного наблюдателя, а не активного участника. Стрессовые реакции детей после четырех лет очень зависят от реакции родителей, от их видимой тревоги. Проявления этой тревоги усиливают собственную детскую беспомощность и беспокойство. Правда, дети старшего дошкольного возраста воображают в роли защитников своих старших братьев или родителей. Дошкольники чаще, чем дети других возрастных групп, реагируют на стресс подавленностью или даже психогенной немотой. Дети дошкольного возраста зачастую воспроизводят травмировавшее их событие в игре.

2. **Школьный возраст.** У детей школьного возраста наблюдается более широкий диапазон когнитивных, поведенческих и эмоциональных реакций. Дети этого возраста часто проявляют сужение познавательных способностей, наблюдаемое и у взрослых. Функциональные нарушения интеллекта отражаются в падении успеваемости. Причиной ухудшения способности ребенка концентрировать внимание могут быть травмирующие его воспоминания, то, что он пытается подавлять, спонтанно возникающие в сознании мысль, а также тревога и депрессия.

Школьники, в отличие от дошкольников, более не довольствуются ролью пассивных наблюдателей, но могут быть и участниками, хотя бы только в воображении. Воображаемые планы и действия отражают определенную неуязвимость этой возрастной группы, зачастую проявляясь в фантазиях о спасении потерпевшего в травмирующей ситуации.

Дети более старшего возраста много времени уделяют обсуждению деталей травматического события. Делая это, они как бы временно защищаются от тревоги и страха. Это может стать формой фиксации на травме, характеризующейся неэмоциональным, почти точным отчетом о ситуации, избавляющей от психотравмы. Иногда, наоборот, ребенок находится в состоянии повторяющихся приступов возбуждения, как бы в отношении надвигающейся опасности.

Школьники особенно чувствительны к развитию психосоматических симптомов, таких как желудочные боли и др. Они могут часто обращаться к медсестре при отсутствии у них психосоматических симптомов заболевания.

3. **Подростковый и юношеский возраст.** Проявление посттравматического стрессового расстройства у юношей и подростков напоминает эти проявления у взрослых. Чувство стыда и обиды травматизирует социальную позицию ребенка и приводит его к поискам новой социальной общности.

Травматизированная молодежь проходит через период вызывающего поведения, характеризующегося бездельем, нескромностью в сексуальном поведении, руганью и деликвентностью. Для них характерно поведение протеста, из-за которого они совершенно не воспринимают никаких авторитетов. Если им доступны автомобили и оружие, это в сочетании с низким импульсивным контролем, слабой способностью хладнокровно рассуждать и антисоциальным поведением может быть опасным для жизни.

В старших возрастных группах проявления детского посттравматического расстройства сходны с его проявлениями у взрослых. Тем не менее есть определенные различия, отражающие фундаментальные, хотя пока еще точно не выясненные нейрофизиологические различия между детьми и взрослыми. В отличие от взрослых, перенесших травматическое событие, дети обычно не вытесняют травм. Хотя для ребенка и трудно в эмоциональном отношении описывать детали произошедшего события, они дают его ясную и четкую оценку. Пока не сообщалось об амнезии отдельных эпизодов травмирующего события у детей, скорее всего эти явления у них очень редки. Живые, яркие воспоминания об этих событиях в детстве могут сохраняться у человека на протяжении многих лет с необычайной отчетливостью. Не отрицая психотравмирующего события и не забывая его, юноши вместе с тем и не жалуются на непроизвольную ретроспекцию (на то, что в сознании непроизвольно всплывают отдельные эпизоды травмирующего события).

Стрессорное действие болезни. В последние годы появились работы, посвященные стрессорным воздействиям заболеваний у детей. Болезнь – это всегда стресс. Исследование влияния предоперационного стресса на физиологические функции у детей и подростков показало, что в условиях эмоционального напряжения наиболее выражены реакции вегетативной сферы. Об этом можно было судить по динамике частоты сердечных сокращений и по изменениям в сердечных циклах. О нарушениях гомеостаза свидетельствовали, в частности, сдвиги, происходившие в терморегуляции. Отмечены возрастные и половые различия в вегетативном обеспечении адаптивного ответа детского организма на стрессовую ситуацию.

Стрессором может быть и хроническое заболевание. Оно значительно отличается от вышерассмотренного стрессора – психотравмирующего события. Хроническое заболевание лишено той внезапной ударной силы, что катастрофа или преступление, но значительно по длительности и непрерывности действия. Последствия хронических заболеваний у детей связаны с проблемами в обучении и в социальной адаптации. При этом у детей младшего школьного возраста ухудшается в основном учеба, а у более старших детей основные проблемы связаны с социальной адаптацией. Для юношей характерна большая социальная дезадаптация, чем для девушек. У больных детей формируется низкая самооценка, неуверенность в себе, склонность к одиночеству.

Помимо самой болезни, для больного ребенка стрессором может оказаться и сама процедура лечения.

Наличие в семье хронически больного ребенка создает трудности и проблемы не только для него самого, но и для всей семьи – родителей, здоровых братьев и сестер. Для решения этих проблем применяют разнообразные меры – например, семейную психотерапию, которая преимущественно используется и в реабилитации при посттравматическом стрессе.

7.2.2. Социальные факторы, негативно влияющие на детский организм

Различные социальные факторы, негативно влияющие на организм, – употребление родителями алкоголя, конфликты в семье, неполная семья (или наличие мачехи или отчима) и т. п. – вызывают у детей невропатические и астенические расстройства, неврозы и др. Показано, что курение матери ассоциируется с изменением функционального состояния органов дыхания детей раннего периода жизни. При обследовании 9-летних детей обнаружена прямая зависимость между курением родителей и степенью реактивности бронхов и кожной реакцией на аллергены у детей. Дети, рожденные от отцов, больных алкоголизмом, в школьном возрасте отличались от других детей повышенной импульсивностью, беспокойством, более выраженным вербальным дефицитом, они чаще обращались за помощью к школьному психологу и имели проблемы с успеваемостью. К 16 годам они хуже выполняли вокабулярный тест, наблюдалась более выраженная пониженная α-активность на ЭЭГ после нагрузки этанолом, снижение реакции на этанол. Эти дети характеризовались большей импульсивностью и агрессивностью.

Реакции детского организма на курение. Проведенные исследования показали, что вследствие незавершенности процессов морфо-функционального созревания органов и их систем у подростков курение вызывает более глубокие функциональные нарушения, нежели у взрослых курильщиков. В частности, значительно снижается способность к расширению легких и грудной клетки, изменяется интенсивность легочного газообмена, уменьшается проходимость дыхательных путей, что в конечном счете ведет к более частому заболеванию верхних дыхательных путей и легких. У детей даже с небольшим стажем курения (0,5–2 года) нарушаются механизмы регуляции дыхания, что особенно выражено при изменяющихся условиях среды. Повышается возбудимость дыхательного центра. Проявляются признаки меньшей зрелости периферических и центральных хеморецепторов, барорецепторов легких.

Реакции на курение кровеносных сосудов у подростков по характеру сравнимы с реакциями больных ишемической болезнью сердца. После выкуривания одной сигареты уже в течение первых минут наблюдается ухудшение кровоснабжения конъюнктивы глазного яблока. Поскольку в настоящее время принято считать, что микроциркуляция в конъюнктиве отражает состояние микроциркуляции во всем организме, можно говорить о неблагоприятном влиянии курения на микроциркуляцию во всех тканях и органах человека. Курение вызывает более глубокие изменения микроциркуляции у подростков 14–15 лет по сравнению со старшими. Это, по-видимому, связано с незавершенностью у них морфофункционального созревания микрососудов и несформированностью механизмов регуляции микроциркуляции.

У курящих школьников ухудшается кровоток в легких и головном мозге. Отмечается повышение систолического и диастолического давления, снижение ударного объема крови. В ответ на вдыхание табачного дыма при однократном курении со стороны сердечно-сосудистой системы наблюдается гипертоническая реакция.

Изучение нейрофизиологических особенностей воздействия курения на ЦНС детей дает представление о механизмах формирования никотиновой зависимости. Никотин активирует ЦНС, увеличивает селективность восприятия и повышает помехоустойчивость, подавляет неприятные эмоции и усиливает положительные. Однако отдаленные последствия влияния курения на ЦНС носят отрицательный характер. Они развиваются тем быстрее, чем моложе возраст курящего. Снижается умственная работоспособность, возникают неврозы и психопатии. По мнению психонейрофизиологов, особенно опасным возрастом, в котором начало курения быстро закрепляется, является возраст 11–12 лет. Специфика функционирования мозга на начальных стадиях полового

созревания обусловливает характерные для подростков особенности поведения, его неустойчивость, сниженный контроль за своими поступками. Именно в этот период появляется повышенная тяга к курению.

У курящих детей угнетается двигательная функция. С увеличением стажа курения от 3 до 7 лет существенно снижается быстрота выполнения определенного вида движений, что в конечном итоге сказывается и на характере выполнения более сложнокоординированных актов двигательной функции (ходьба, бег и т. п.). Снижается и уровень функционирования системы зрительного контроля двигательной функции. Снижение уровня быстроты, точности и координированности выполнения произвольных движений препятствует достижению высоких спортивных результатов, несмотря на значительное увеличение времени занятий.

Таким образом, курение отрицательно влияет на физиологические системы растущего организма. Нарушения функций этих систем тем значительнее, чем меньше возраст ребенка и длительнее стаж курения. Это связано с незавершенностью процессов роста и развития. Более высокая текущая заболеваемость среди курящих школьников сегодня обернется завтра ростом числа хронических больных.

Влияние алкоголя на детский организм. Алкоголь, попадая в организм ребенка или подростка, прежде всего проникает в кровь и мозг. Клетки головного мозга детей значительно богаче водой, чем у взрослых. Они очень быстро всасывают алкоголь. Вследствие незрелости нервных клеток и повышенной рефлекторной возбудимости коры больших полушарий, слабости тормозных процессов в ответ даже на небольшие дозы алкоголя у детей часто возникают тяжелые отравления, различные заболевания. Прием алкоголя ухудшает умственную деятельность, нарушает память. Страдает из-за этого мышление.

Высока чувствительность к алкоголю детей ослабленных, часто болеющих, особенно тех, которые имеют или перенесли в прошлом какие-либо поражения нервной системы, например родовую травму, сотрясение мозга, менингит, энцефалит. Алкоголь может отягощать последствия этих заболеваний.

Поражая в первую очередь нервную систему, алкоголь одновременно действует и на другие органы и ткани. Сердечно-сосудистая система в период роста и развития детей функционирует в условиях повышенной нагрузки. Сердце ребенка растет пропорционально его общему росту, т. е. наиболее интенсивно в раннем возрасте. При таком интенсивном росте волокна сердечной мышцы обильно снабжаются кровью и лимфой, что облегчает влияние на сердце различных токсических веществ, в том числе алкоголя. Под действием алкоголя учащаются сердечные сокращения, появляется одышка, могут возникнуть боли в области сердца. Алкоголь понижает содержание кислорода в крови, тем самым действует на сердечную мышцу, заставляя сердце ребенка работать в еще более напряженном ритме.

Значительные изменения происходят в сердечно-сосудистой системе у детей среднего школьного возраста (12–14 лет). В период полового созревания у мальчиков и девочек часто нарушается ритм сердечной деятельности. В 15–18 лет у подростков и юношей нередко наблюдаются функциональные нарушения сердечной деятельности, сопровождающиеся шумами, повышением кровяного давления, изменением сердечного ритма. Эти нарушения, как правило, носят временный характер, но они требуют рациональной организации труда, отдыха, питания подростков. При приеме спиртных напитков они усугубляются.

Дыхательная система в различные возрастные периоды у детей также имеет свои особенности. В дошкольном и младшем школьном возрасте наблюдается высокая возбудимость дыхательного центра. Даже непродолжительное напряжение, отрицательные эмоции ведут к быстрому нарушению ритма дыхательных движений. Употребление алкоголя детьми может привести к нарушению ритма дыхания и даже к его остановке. При частом употреблении спиртных напитков у детей могут раздражаться более нежные, чем у взрослых, слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Пары алкоголя, выделяющегося через легкие из крови, способствуют повреждению органов дыхания. Это может привести к воспалительным процессам в носоглотке, гортани, легких, бронхах, к развитию бронхита, пневмонии, которые у детей и подростков принимают более затяжной характер и плохо поддаются лечению.

Алкоголь вызывает у детей серьезные, необратимые заболевания органов пищеварения, печени, почек. Отличительной особенностью желудка и кишечника детей является повышенная проницаемость их стенок. Поэтому все токсические вещества, поступающие в желудок и кишечник, легко и быстро проникают в кровяное русло, затем в головной и спинной мозг, вызывая развитие тяжелых отравлений. Кроме того, у детей слизистые оболочки желудка и кишечника нежнее, чем у взрослых, и алкоголь сильнее раздражает их желудочно-кишечный тракт, что приводит к быстрому нарушению секреции желудочного сока и ферментов. При этом нарушаются усвоение питательных веществ, поступающих в желудочно-кишечный тракт, обменные процессы, и как следствие этого, рост и развитие ребенка. Употребление спиртных напитков способствует развитию у детей необратимых органических заболеваний желудка – гастритов, язв и злокачественных опухолей.

Несовершенна у растущего организма и деятельность печени. Этим объясняется ее быстрое поражение при многих интоксикациях. Печень принимает участие в углеводном и белковом обмене, в формировании иммунитета. При алкогольной интоксикации у ребенка возникает воспаление печени, она увеличивается.

В связи с более энергичными процессами обмена веществ в детском возрасте, в том числе и водного обмена, деятельность почек протекает более энергично и работа почек под влияниям алкоголя у детей нарушается значительно раньше и в большей степени, чем у взрослых. В почках развиваются явления склероза, могут обостриться хронические заболевания – нефрит, пиелонефрит.

К концу младшего школьного возраста (к 11 годам) усиливается деятельность половых желез. Глубокая перестройка эндокринной системы, рост половых желез, усиление активности щитовидной железы, надпочечников, задней доли гипофиза – все это наблюдается в возрасте 12–14 лет у мальчиков и девочек. Алкоголь поражает многие железы внутренней секреции, в первую очередь щитовидную железу, гипофиз, надпочечники, половые железы. У детей поражение этих желез ведет к необратимым изменениям в процессах роста и развития всего организма. На фоне алкогольной интоксикации могут развиться сахарный диабет и другие эндокринные заболевания. Особенно опасно употребление спиртных напитков в период полового созревания.

Социальных факторов, влияющих на ребенка, великое множество, и все они оказывают заметное, часто негативное, влияние на его функциональное состояние. В современном мире нагрузка этих факторов растет, и ее нельзя не учитывать в процессах воспитания и обучения.

Проблемы детской наркомании и токсикомании. В последнее время резко обострилась проблема наркомании и токсикомании. К наркомании относится употребление тех наркотических веществ и препаратов, которые включены в список наркотических лекарственных форм, утвержденный соответствующими приказами Министерства здравоохранения и соцразвития РФ.

Наркоманией называется группа заболеваний, которые проявляются влечением к постоянному приему в возрастающих количествах наркотических лекарственных средств и наркотических веществ вследствие стойкой психической и физической зависимости от них, развитием абстиненции при прекращении их приема.

Наркомания приводит к глубоким изменениям личности и другим расстройствам психики, а также к нарушениям функций внутренних органов. Наркомания представляет собой разновидность токсикомании.

Токсикомания – злоупотребление теми веществами, которые не входят в список наркотиков. Это различные химические, биологические, лекарственные вещества, которые вызывают привыкание и зависимость (снотворные, стимуляторы, психотропные, растворители, ряд других групп).

В большинстве случаев при токсикомании наблюдаются те же явления наркотической зависимости, что и при употреблении чисто наркотических средств, но степень выраженности их меньше, хотя в итоге они очень часто приводят к не меньшим нарушениям психического и физического здоровья. Одним из главных мотивов к употреблению наркотиков является желание получить приятное чувство, вызываемое посредством введения наркотического средства. К факторам, влияющим на развитие наркомании, можно отнести такие особенности характера, как слабость силы воли, переживание чувства собственной неполноценности, неумение устанавливать межличностные отношения и т. п.

В последние годы наркомания значительно «помолодела». Распределение потребителей наркотиков по возрасту представлено в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Распределение потребителей наркотиков по возрасту

Если употребление наркотиков посредством введения их в организм с помощью шприца, либо в качестве курения, может происходить в возрасте 14–15 лет и старше, то их использование путем вдыхания ядовитых для человека веществ может начаться уже в 7-8-летнем возрасте, т. е. в период обучения в начальной школе. Однако психологические предпосылки для начала потребления наркотиков формируются в основном в переходном возрасте.

Подростковый возраст имеет такие психологические особенности, как склонность к подражательству, повышенная внушаемость, подчиняемость групповому поведению, желание испытать на себе из чувства противоречия эффект действия того или иного вещества, которые делают наиболее вероятным развитие наркомании в этом возрасте.

• В подростковом возрасте наиболее актуальными являются не наркомания и токсикомания, а злоупотребление наркотиками и токсическими веществами, когда зависимость от них еще отсутствует. Такое явление назвали аддиктивным поведением (addictive behavior) – злоупотреблением различными веществами, изменяющими психическое состояние до того, как от них сформировалась физическая зависимость. Термин «аддиктивное поведение» указывает на то, что речь идет не о болезни, а о нарушениях поведения.

• **Пути развития аддиктивного поведения** (наиболее распространенные):

1) *полисубстантное аддиктивное поведение.* Подростки пробуют на себе действие различных токсических веществ. Впоследствии может быть выбрано наиболее понравившееся, но злоупотребление может быть остановлено и до такого выбора;

2) *моносубстантное аддиктивное поведение.* Подростки злоупотребляют только одним веществом. Чаще всего это обусловлено тем, что только к нему имеется доступ, но иногда подростки сознательно отказываются от других токсических веществ.

Впервые пробуют наркотики чаще всего в компаниях или под влиянием приятеля.

Этап поискового «полинаркотизма» наступает тогда, когда за первыми пробами следуют повторные. Обычно это происходит в компаниях, которые собираются не только для совместного злоупотребления. Психоактивные вещества в этих компаниях используются «для веселья», для обострения восприятия модной музыки, для сексуальной расторможенности и т. п. За пределами компании токсические вещества не употребляются.

• **Переход аддиктивного поведения в болезнь.** При этом молодой человек постепенно проходит следующие этапы:

1. Эйфория (эффект удовольствия, сдвига в психической и физической сфере). Она характерна не для всех наркотиков (преимущественно для морфия и опиума). По мере принятия наркотиков острота эйфории снижается, в таком случае требуется либо увеличение дозировок, либо учащение приемов.

2. Толерантность (способность переносить дозировки, многократно превышающие физиологические). При приеме наркотиков появляется форма постепенной толерантности токсического вещества, что связано с привыканием организма к действию одной и той же дозы наркотика, принимаемой неоднократно (постепенно организм реагирует слабее). Это также связано с работой печени, которая обладает способностью к нейтрализации и метаболизации наркотика.

3. Зависимость. Принято различать *физическую* и *психическую зависимость.* Повторный, а в некоторых случаях даже однократный прием наркотика вызывает один из первых признаков заболевания наркоманией – психическую зависимость, т. е. стремление объекта вновь пережить приятное самочувствие, которое ранее уже вызывалось действием данного наркотика. Сначала зависимость носит психический характер, а впоследствии приобретает физический, когда наркотик уже включился в обмен веществ и нормальное функционирование организма без него уже невозможно. Прием наркотиков на этом этапе необходим не столько для ощущения эйфории, сколько для восстановления физического состояния организма (теряемого при синдроме лишения наркотика).

Физическая зависимость, ярким выражением которой является ломка, при потреблении ряда наркотиков отсутствует, а вот психическая сопутствует любой наркомании и играет еще более важную роль. Об этом свидетельствуют, например, многочисленные случаи возвращения к наркотикам даже тех, кто сумел бросить, пройти ломку и много лет воздерживаться – от физической зависимости они освободились, а вот психическая стала для них пожизненной.

4. Абстиненция (синдром отнятия) приходит обычно спустя 12–18 ч. после прекращения принятия наркотика. Наркоман не может переносить состояние, доставляющее физические и психические страдания, которому сопутствуют сильнейшие спазмы внутренних органов и мышц, нарушенные функции желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы, повышенная секреция желез. Подобные проявления сопровождаются психическими симптомами: бессонницей, подавленностью, чувством тревоги и страха, приступами истерики, психомоторным возбуждением. Все помыслы человека в абстиненции только о том, чтобы любой ценой достать и ввести определенную дозу наркотика, быстро исправляющую это состояние.

• **Развитие наркомании** может идти двумя путями:

1) вследствие самостоятельного сознательного приема наркотиков самим человеком;

2) вследствие отравления ребенка, еще находящегося в утробе, путем злоупотребления наркотиками матерью до и во время беременности.

Потребление наркотических и токсических средств отрицательно влияет на внешний вид наркомана, ведет к преждевременному старению, подрывает здоровье, разрушает разум. Продолжительность жизни резко снижается. Наркоманиям и токсикоманиям сопутствуют различные болезни сердца, легких, желудка, печени, почек, крови, психические расстройства и т. д. Беспорядочные половые связи наркоманов способствуют распространению среди них венерических заболеваний, гомосексуализма, СПИДа. Потребление наркотиков, средств бытовой химии нередко переходит в отравление. Зарегистрированы многочисленные смертельные случаи среди лиц, злоупотребляющих наркотическими и токсическими средствами.

Детский организм гораздо менее устойчив к воздействию наркотиков, и его реакции намного сложнее, чем у взрослого человека. Недоступность дорогостоящих чистых наркотиков определяет выбор подростками тяжелодействующих дешевых одурманивающих средств, что отражается на течении наркомании и на характере последствий интоксикации. Начало болезни у детей, как правило, либо не определимо, либо синдромы смещены во времени относительно друг друга и последовательность их нарушена. Групповая наркотизация – полинаркомания, формирует особое влечение, на недифференцированном уровне, вызывая состояние «оглушения», что ведет к более сложным нарушениям и интоксикации. Малая роль эйфорического эффекта, служащего первым звеном в психическом привыкании и становлении влечения, ведет к замедлению наркотизации.

И наконец, синдром развития физической зависимости также плохо выражен, так как количество принимаемого препарата не дозируется и постоянно колеблется в зависимости от наличия денег у ребенка или группы сверстников и многих других факторов.

• **Действие наркотиков на системы органов.** Наркотики оказывают комплексное действие на растущий организм. В первую очередь они влияют на нервную систему ребенка, а именно на головной мозг. Разрушаются рецепторы и связи между нервными клетками. Группы нейронов, отвечающие за ощущение боли, повреждаются в наибольшей степени. Нарушения в работе нервной системы, контролирующей деятельность всего организма, приводят к серьезным сдвигам в работе органов и физиологических систем организма.

Еще одна из систем-регуляторов, подверженная влиянию наркотиков у детей, – это эндокринная система. Наркотики, воздействуя на гипофиз и другие железы внутренней секреции, контролируют выработку определенного количества гормонов, ответственных за разные процессы. Так, на первой стадии болезни у детей, принимающих наркотики, возникает соматическая патология. Дети выглядят либо на несколько лет моложе собственного возраста, либо у них проявляется что-то старческое. Нарушается структура волос, они становятся более ломкими, ногти слоятся и ломаются, меняется даже цвет кожи в зависимости от вида наркотика. В более старшем возрасте наблюдаются нарушения в половой системе подростков, а именно снижение выработки половых гормонов. Вследствие этого плохо развиваются вторичные половые признаки. У девушек нарушается менструальный цикл и снижается выработка гормона, ответственного за образование яйцеклеток и способствующего сохранению беременности.

Наиболее распространенным способом приема наркотиков у детей является курение марихуаны. Вдыхание наркотического дыма способствует слущиванию эпителия, нарушению выделения слизи, что изменяет функцию дыхания. Происходит нарушение процессов вентиляции легких. Органы дыхания тесно связаны с системой кровообращения и постоянством внутренней среды. В результате воздействия любых наркотиков наступает возбуждение в сердечно-сосудистой системе. При хроническом употреблении наркотиков у детей имеет место защелачивание организма. Наркотики изменяют строение и проницаемость мельчайших сосудов, где обычно происходит обмен кислорода и углекислого газа, а также усвоение питательных веществ. Резко падает артериальное давление. Нарушения обмена веществ в мышце сердца приводят к распаду в ней ткани и ее тяжелейшему поражению.

Наблюдаются также и специфические изменения. При употреблении кокаина блокируется передача импульсов с водителя сердечного ритма на сердечную мышцу, а если происходит попадание барбитуратов в артерию, то возникает спазм и возможен коллапс. Все эти воздействия могут привести к смерти ребенка в результате сердечной недостаточности.

У детей, употребляющих наркотики, обнаружены изменения продукции желудочного сока, вплоть до полного угнетения пищеварительных функций. Печень в несформировавшемся организме ребенка одна из первых принимает на себя удар наркотического дурмана. 90 % принятого наркотика обезвреживается в ней. В клетках печени исчезает важнейшее для углеводного обмена вещество – гликоген, и накапливается балласт жира. На смену обратимым нарушениям приходят необратимые – начинается дегенерация и гибель клеток.

Кожные покровы служат границей между организмом и окружающей средой. Функции их многогранны: через них выделяются продукты обмена веществ, они регулируют тепловой обмен. Наркотики, как известно, вводят через кожу любым шприцем в любых помещениях. Поэтому уже при первом взгляде на ребенка, употребляющего яд внутривенно, можно увидеть множество гнойничков – характерный

показатель распространения инфекции по всем органам и системам. Самое страшное из последствий – заражение СПИДом. Так, в России более 90 % всех заразившихся ВИЧ-инфекцией – это подростки и молодые люди, вводившие себе внутривенно наркотики.

Хроническая интоксикация при длительном злоупотреблении наркотиками и токсическими веществами может задерживать гармоническое физическое развитие. Даже допинги вроде анаболических стероидов, с одной стороны, вызывая развитие сильной мускулатуры, в то же время могут угнетать половое созревание вплоть до атрофии половых органов.

Неблагоприятное действие токсических веществ особенно сказывается на развитии, когда злоупотребление ими начинается в младшем и среднем подростковом возрасте – до 16 лет.

Подростки делаются менее сообразительными, медленнее и хуже ориентируются в окружающей обстановке, особенно в случаях, когда требуется быстрота реакции. Резко падает способность усваивать новый учебный материал – это служит нередкой причиной того, что подростки бросают учебу, категорически отказываются от занятий и даже сбегают из дома и интернатов. У одних при этом преобладают нарастающая пассивность, вялость, медлительность, склонность держаться в стороне от сверстников, искать уединения, проводя время в безделье. У других проявляются склонность к аффективным реакциям, злобность, драчливость, агрессия по малейшему поводу.

Психологическое обследование обнаруживает низкий интеллект. Но особенно выражены нарушения внимания – наблюдаются трудность сосредоточения, легкая отвлекаемость, неспособность долго удерживать внимание на чем-либо одном. Нарушается кратковременная память, как механическая, так и оперативная.

Отмечаются спонтанный нистагм, пошатывание в позе Ромберга, легкий мышечный тремор, повышение сухожильных и снижение брюшных рефлексов, стойкий красный дермографизм. Подростки жалуются на головные боли, плохой сон, головокружения, повышенную потливость, иногда отмечают, что стало укачивать в транспорте. Может появиться своеобразный симптом, свидетельствующий об изменениях нервной трофики – белые полоски на ногтях, нечто вроде «паспорта токсикомана». На ЭЭГ регистрируют умеренные диффузные изменения. Повышается «судорожная готовность».

При интоксикации бензином психоорганический синдром и токсическая энцефалопатия особенно выражены. То же наблюдается при хронической интоксикации толуолом и гораздо в меньшей степени при злоупотреблении пятновыводителями.

Резидуальные органические поражения головного мозга, предшествующие хронической интоксикации, облегчают формирование психоорганического синдрома и токсической энцефалопатии. Более чем у половины подростков в анамнезе были черепномозговые травмы различной степени, но развитие психоорганического синдрома началось только после хронической интоксикации ингалянтами (таким образом, можно сделать вывод, что злоупотребление ингалянтами способствует прогрессированию старых болезней и появлению и развитию новых). В 80 % отмечена задержка психомоторного развития в раннем детстве – дети позже обычного начинали ходить, говорить, долго не могли приобрести элементарные навыки самообслуживания, у них наблюдался энурез.

Для хронической интоксикации бензином характерно также поражение печени и почек. Может развиваться малокровие с лейкопенией.

При злоупотреблении пятновыводителями часто встречаются хронические бронхиты.

Отдаленные катамнезы свидетельствуют, что у тех, кто в подростковом возрасте злоупотреблял ингалянтами, в дальнейшем имеется высокий риск злокачественного течения хронического алкоголизма с быстрым развитием психической и физической зависимости от алкоголя и даже с психической деградацией.

К детской наркомании относятся не только дети, принимающие наркотики, но и дети, рожденные женщинами-наркоманками.

Современная генетика связывает влияние наркотического яда на половые клетки с воздействием непосредственно на наследственный аппарат – хромосомы. Проникая в половые клетки, уже готовые к оплодотворению, яд и продукты его распада реагируют с хранителями наследственных признаков – генами. Вызванные ядом сдвиги в строении генов изменяют обмен веществ и вызывают разнообразные повреждения, приводящие к врожденным детским уродствам. Так, человеческий эмбрион наиболее раним именно в первые дни и недели беременности, когда женщина может и не знать о наступившем зачатии. Даже минимальная доза наркотика вызывает у плода те или иные изменения. Дети, рожденные от таких матерей, обычно недоношенные, они маленького роста и часто имеют врожденные аномалии – пороки сердца, расщепления нёба и верхней губы. Кроме того, мать, принимающая наркотики, передает их с грудным молоком ребенку, тем самым формируя будущего наркомана, так как дети рождаются с соответствующей физиологической зависимостью.

Опасные вещества обычно медленно выводятся из детского организма, поскольку в его печени содержится мало ферментов, способных разрушить эти соединения. Так, употребление кокаина во время беременности может привести к выкидышу или преждевременным родам, а кроме этого, увеличивает риск возникновения синдрома внезапной смерти. У таких детей определяется слабость брюшной стенки, нарушение мочеотделения, искривление мочеиспускательного канала и почечных лоханок. Эти дети нежизнеспособны и погибают в первые дни после рождения. У наркоманок-морфинисток дети спустя несколько часов после рождения испытывают общее беспокойство, наблюдаются резкие движения конечностей, судорожные подергивания, беспрерывный крик, рвота и понос. А на второй-третий день наступает смерть. Для предотвращения летального исхода педиатры вынуждены давать ребенку в первые дни его жизни незначительные дозы наркотиков, постепенно снижая их и выводя его из состояния зависимости.

Таким образом, детская наркомания имеет ряд существенных отличий от взрослой. К сожалению, эта проблема до сих пор мало изучена. Неизвестно, как употребление наркотиков детьми отразится на их будущей взрослой жизни. Число детей, пробующих и потребляющих наркотики, растет с каждым годом. Этот факт обусловливает не только плохое здоровье современного, но и угрожающее состояние здоровья будущих поколений.

7.2.3. Адаптация детей к физическим нагрузкам

Изучение адаптивных возможностей детского организма к мышечной деятельности позволяет определить характер текущих изменений, происходящих в организме под

влиянием мышечной деятельности, прогнозировать возможные нарушения в состоянии здоровья и рационально организовывать процесс физического воспитания.

Актуальность проблемы адаптации организма детей к физическим нагрузкам определяется еще и тем, что нередко в практику физического воспитания детей переносятся принципы использования физических нагрузок, принятых у взрослых. Между тем в процессе возрастного развития, на каждом этапе онтогенеза меняется диапазон приспособляемости к физическим нагрузкам.

Изменение функционального состояния организма при физнагрузках проявляется в повышении возбудимости и лабильности ведущих для данной деятельности физиологических систем и в упрочении взаимодействия между этими системами. В зависимости от вида деятельности процессы адаптации и изменение функционального состояния происходят преимущественно в системах, наиболее активно участвующих в обеспечении выполняемых ребенком действий. Это изменение функционального состояния в конечном счете обеспечивает успешность обучения детей и подростков.

• С физиологической точки зрения динамика функционального состояния обеспечивается суммацией следов нервного возбуждения при многократном повторении однотипных действий. **Развитие работоспособности в процессе обучения** происходит в результате перехода от первой ко второй фазе парабиоза:

I фаза – при умеренной интенсивности повторяющихся раздражений происходит усвоение ритма и, как следствие, повышение возбудимости и лабильности;

II фаза – при интенсивности раздражений выше оптимального уровня происходит обратный процесс – снижение возбудимости и лабильности. Показатели работоспособности возрастают в период врабатывания и уменьшаются в период утомления.

Сердечно-сосудистая система – основное звено в транспортировке кислорода к работающим мышцам. Именно предельными возможностями повышения минутного объема крови (МОК), в первую очередь ударного объема крови (УО), ограничивается увеличение доставки тканям кислорода при мышечной работе. При этом механизмы внешнего и тканевого дыхания оказываются использованными еще не до конца. Показано, что приспособление системы кровообращения к мышечной работе происходит путем перераспределения крови между работающими и неработающими органами. Увеличиваются МОК и артериальное давление. В самом начале работы циклического характера при сокращении большой группы мышц в результате работы «мышечного насоса» увеличивается приток крови к сердцу. В связи с этим увеличивается частота и сила сердечных сокращений и соответственно возрастают УО и МОК. В работающих мышцах отмечается падение сосудистого тонуса, расширение сосудов, уменьшение сопротивления и увеличение кровотока, величина которого по современным представлениям определяется тремя основными факторами:

– местными вазодиляторными механизмами;

– работой мышечного насоса;

– препятствием току крови, создаваемым мышцами при сокращении.

Благодаря рефлекторным влияниям осуществляется регуляция просвета сосудов в неработающих областях, приводящая к перераспределению крови между органами. Имеются данные об отсутствии существенных различий в частоте пульса у детей при выполнении работы максимальной мощности. Если у 13-летних школьников частота пульса при достижении максимального потребления кислорода составляла 205 уд./мин, то у 14-15-летних – 200, а у 16-18-летних – 189 уд./мин.

При изучении переходных процессов от покоя к устойчивому состоянию при таких нагрузках, как бег, езда на велосипеде, отмечают более быстрое достижение максимальной для стандартной нагрузки ЧСС у младших школьников по сравнению со взрослыми. У детей способность к устойчивому поддержанию усиленных функций меньше, чем у взрослых. Интервал стабильности вегетативных функций ЧСС, ЧД, АД с возрастом (от 8 до 17 лет) увеличивается. В большей степени это зависит от неспособности организма ребенка функционировать при сдвигах гомеостаза. Однако данная способность нарастает с возрастом.

Для оценки у детей в ходе индивидуального развития реактивности вегетативных функций, в частности ЧСС при мышечной работе, представляет интерес концепция о потенциальной лабильности. Этот параметр связывает диапазон между естественным ритмом, в котором работает соответствующий орган или система органов, и максимально возможным. По мнению *И. А. Аршавского,* в результате повышения с возрастом тонуса вагуса происходит снижение интенсивности физиологических отправлений в условиях относительного покоя. Вместе с тем повышается максимально возможный ритм деятельности вегетативных систем. Отмеченное и определяет увеличение диапазона функциональных возможностей в ходе развития организма. Дети старших возрастных групп по сравнению с младшими обладают большей потенциальной лабильностью нервных механизмов, регулирующих кровообращение.

Многочисленными исследованиями показано увеличение с возрастом всех компонентов артериального давления (АД) – минимального, максимального и пульсового. При мышечной работе у детей школьного возраста наблюдается повышение максимального давления, снижение минимального. Среднее давление меняется незначительно. Выявлено, что чем старше дети, тем больше сдвиг показателей АД. Восстановление АД до исходных величин происходит тем быстрее, чем старше возраст. После физической нагрузки у детей отмечается появление феномена «бесконечного тона». Несмотря на частую констатацию этого явления, его механизм до сих пор не объяснен. Ряд исследователей расценивают такой тип реакций, как дистоничный, или дисрегуляторный.

Результаты изучения динамики потребления кислорода при выполнении нагрузок разной интенсивности свидетельствуют о том, что нагрузки, предельная продолжительность которых превышает 2,5 мин, обеспечиваются преимущественно аэробными процессами дыхания. При выполнении нагрузок, уравненных по интенсивности, эффективность кислородно-транспортной системы организма повышается с возрастом детей за счет снижения рабочего уровня ЧСС и ЧД.

Таким образом, физическая работоспособность во многом зависит у школьников от учебной деятельности и является показателем адаптации к этой деятельности.

7.2.4. Адаптация детей к умственным нагрузкам

ЦНС

В процессе адаптации к учебным нагрузкам, к умственной деятельности у детей происходят сдвиги в функциональном состоянии нервной системы. Это проявляется в изменении скорости условно-рефлекторных реакций, увеличении нарушений взаимодействия между первой и второй сигнальными системами. Функциональная асимметрия головного мозга оказывается связанной с изменениями отдельных звеньев и всей системы кровообращения. Показано, что у детей основной особенностью мозгового кровообращения является асимметрия полушарного пульсового кровотока, характер которого тесно связан с уровнем нервной активности полушарий головного мозга. Сопоставление измерений функционального состояния сердечно-сосудистой системы и степени асимметрии мозгового полушарного кровотока показало, что напряженное функционирование системы кровообращения в отдельные периоды учебного года сочетается с периодами резкого увеличения степени асимметрии.

Организм ребенка, адаптируясь к учебным нагрузкам, реагирует значительной перестройкой вегетативных функций. Причем отмечаются проявления долгосрочной адаптации, возрастающие от класса к классу. Установлено, что под влиянием учебной нагрузки возникают закономерные изменения сердечного ритма, дыхания, температуры тела, а характер и интенсивность этих изменений различны в разные периоды года.

Кровеносная система

Известно, что состав крови детей – в достаточной степени чувствительный и точный показатель протекающих в организме физиологических процессов. Показано, что у большинства учащихся 8-12 лет к концу учебного года наблюдалось уменьшение количества эритроцитов в периферической крови. Общее число лейкоцитов у детей 10–12 лет и у девочек 15 лет под влиянием учебного дня нарастало за счет нейтрофилов и лимфоцитов. Скорость оседания эритроцитов у большинства учащихся 8-12 лет к концу учебного дня увеличивалась, менялась фосфатазная активность нейтрофилов, а также активность фибринстабилизирующего фактора.

Под влиянием учебной нагрузки определенным изменениям подвергалась коагуляционная способность крови: у большинства учащихся начальных классов к концу учебного дня время свертывания крови укорачивалось. К концу учебного года увеличивалась вязкость крови. В процессе адаптации исследования показали преимущественное увеличение количества гемоглобина и неизменность содержания эритроцитов в периферической крови учащихся.

Анализ индивидуальных данных гемодинамических показателей у детей выявил снижение сосудистого тонуса от начала к концу учебного года. В связи с этим артериальное давление в мае было ниже должных возрастных величин. Сниженными оказались УО и МОК, а повышенным – периферическое сопротивление. Этот комплекс гемодинамических реакций нельзя считать благоприятным и нужно расценивать как эффект утомления.

Дыхательная система

С возрастом существенно изменяется ритм дыхания, длительность дыхательного цикла, соотношение между фазами вдоха и выдоха, дыхательной паузой. Частый, не очень стабильный ритм дыхания, относительно одинаковое распределение времени дыхательного цикла между вдохом и выдохом, короткие паузы – таковы характеристики внешнего дыхания ребенка.

В процессе учебных занятий у младших школьников ЧД изменяется незначительно как в течение дня, так и на протяжении учебного года. Однако изменение вариабельности ЧД в течение года существенно. Так, у первоклассников коэффициент вариации наиболее высок (62,0 %) на первых неделях обучения и наиболее низок в конце первого полугодия (11–15 %). Продолжительность фаз дыхания и их соотношение меняются значительно больше, а их изменения связаны с видом учебной деятельности, порядковым номером урока, периодом учебного года. От 1 к 4 классу продолжительность дыхательного цикла (T_1) практически не изменяется, закономерно снижается продолжительность дыхательного движения (общая продолжительность вдоха и выдоха T_2). Снижение продолжительности T_2 при относительно стабильной продолжительности T_1 ведет к достоверному увеличению паузы.

В динамике дня – до занятий тип дыхания равномерный: почти равны продолжительность вдоха и выдоха, не отличаются продолжительность дыхательного движения и паузы. Дыхание в конце занятий характеризуется затяжным глубоким вдохом, более коротким резким выдохом и значительной паузой. Урежение и углубление дыхания, увеличение паузы между дыхательными движениями, когда по другим вегетативным показателям отмечаются начальные стадии утомления, можно объяснить принципом экономизации функции. При этом урежение ЧД не снижает, а, наоборот, повышает легочную вентиляцию.

Терморегуляция

Под влиянием учебного процесса происходят сдвиги терморегуляции, повышение от начала к концу учебного дня температуры открытых поверхностей тела. В период подготовки и сдачи экзаменов, когда умственная работа чрезвычайно интенсивна, наблюдались особенно значительные изменения температуры тела. Температура кожи меняется в зависимости от скорости кровотока, величины просвета артериол. Следовательно, повышение температуры тела связано с уменьшением количества функционирующих капилляров и объясняется напряжением регуляторных систем. На основании изучения динамики показателей у учащихся сделаны выводы о том, что под воздействием учебной нагрузки чаще проявляются сдвиги в сторону вегетососудистой дистонии (особенно в подростковом возрасте) или в сторону выраженного симпатоадреналового влияния.

Оценку нейрогуморальных реакций осуществляли по данным 17-ОКС (оксикортикостероидов). В начале учебного года особенно ярко проявлялось повышение его экскреции. Через месяц учебных занятий функциональное состояние коры надпочечников оставалось напряженным – присоединялась активация адренергических систем. К первому полугодию большинство показателей (норадреналин, глюкокортикоиды) нормализовалось, что свидетельствует о наступлении долговременной адаптации.

7.2.5. Воздействие телевизора и компьютера

В настоящее время телевидение стало обыденным явлением повседневной жизни.

Телевидению, как средству массовой информации, отводится ряд функций: образовательная, развлекательная, воспитательная, организующая и т. п. Практически каждая телепередача не просто разнообразит досуг, но и воздействует на интеллект, эмоции и чувства человека.

Исследования последних лет свидетельствуют об отрицательном влиянии телевидения на здоровье детей. Более всего при этом страдают нервная система, зрение и слух. Не только медики, но и наиболее внимательные родители замечают, что под воздействием зрелищ, которые ребенок изо дня в день смотрит по телевизору, в его поведении резче проступают раздражительность и апатия, он все чаще жалуется на усталость и головную боль.

Увлечение телевизором разрушает режим дня ребенка: резко сокращается время сна и пребывания на свежем воздухе. Недосыпание и кислородное голодание снижают сопротивляемость детского организма к различным заболеваниям, а каждое заболевание оказывает влияние на его защитные силы. Нередко при этом ухудшается память, ослабевает внимание. Успехи в учении даются все с большим трудом.

Увлечение телевидением таит реальную опасность нарушения семейной атмосферы, ослабляя эмоциональные связи между близкими людьми. В то непродолжительное время, когда семья собирается дома, включенный телевизор лишает людей возможности общаться между собой. В такой ситуации, просматривая одну передачу за другой, ребенок привыкает к роли пассивного наблюдателя со стороны. Подростка экранное действие нередко уводит от реального мира в мир грез, где все «легко и красиво». Телевизионные грезы начинают заменять ему реальные поступки, которые требуют проявления силы воли и настойчивости. Особенно страдают в этом случае робкие, застенчивые, неконтактные подростки. Им телевидение заменяет товарищей, собеседников, советчиков. Чем сильнее в семье такого ребенка взрослые увлечены телевизором, тем более одиноким он чувствует себя в родном доме.

За последнее время резко изменилась статистика детских заболеваний. Если раньше к врачам часто обращались с простудными заболеваниями, то сейчас почти у 100 % детей имеют место нарушения осанки. Подавляющее большинство детей – сутулые, с недостаточно развитой мышечной системой. На прием в поликлиники приходит «компьютерное поколение», выросшее у мониторов компьютеров и экранов телевизоров. В связи с этим возникла еще одна серьезная проблема – головная боль. У маленьких детей от перегрузок световыми эффектами развивается перенапряжение нервной системы, возникают другие недуги.

17 декабря 1997 года мировые информационные агентства распространили сообщение о загадочной «эпидемии эпилепсии», поразившей японских школьников. Дети почувствовали недомогание после просмотра мультфильма «Маленькие монстры». Специалисты считают, что причиной припадка могут быть быстрые мелькания цветных изображений в одной из сцен.

Подобные явления известны ученым давно и даже получили специальное название – **фотоэпилепсия.**

Известно много случаев, когда дети теряли сознание от мелькания кадров в телевизоре с плохо синхронизированной картинкой или водя глазами по высокому потолку со световым орнаментом. С 80-х годов подобные явления наблюдались у посетителей дискотек и других мероприятий со световыми эффектами, а в 1992 году английские врачи описали случаи **«видеоигровой эпилепсии»,** т. е. припадков по типу эпилептического, возникающих у детей во время компьютерных игр.

Причиной фотоэпилепсии принято считать раздражение некоторых областей коры головного мозга, которое происходит под действием импульсов от зрительного

анализатора. Особенно сильно эффект проявляется, если частота световых вспышек близка к основным частотам биоэлектрической активности головного мозга. При совпадении частоты мельканий с частотой альфа-ритма (8-12 колебаний в секунду) или бета-ритма (до 28 Гц) у некоторых людей возникают пароксизмальные судорожные проявления с возможной потерей сознания.

Особенно заметны эти явления у детей. У ребенка еще не сформирована корковая ритмика и порог судорожной активности низок. Этот факт медики предлагают учитывать разработчикам компьютерных игр и различных зрительных эффектов.

Одним из мотивов приобретения домашнего компьютера для многих занятых родителей является обеспечение игрового досуга детей. При этом компьютер принимает на себя роль более активного развлекательного устройства, чем телевизор. Ведь, играя на компьютере, ребенок не просто сидит и смотрит, а активно взаимодействует, пусть даже с искусственным миром.

Психологические исследования, в том числе проведенные и в нашей стране, показали, что доминирующие на рынке коммерческие игры западного производства культивируют агрессивно-индивидуалистическую позицию, которая отражается на самосознании подростка. Сегодня, например, рынок наводнен агрессивными, так называемыми «черными» играми, в которых игрок набирает очки за насилие по отношению к «инопланетянам», за истребление гражданского населения в ходе военных действий.

Опасность роста трудностей адаптации к жизни в реальном мире нельзя недооценивать. Компьютерная игровая реальность упорядочена и гораздо более управляема ребенком, чем реальность живая. Она также менее опасна и дискомфортна, чем реальный мир. Воздействие подобных игр на впечатлительного ребенка может оказаться до определенной степени «шизофренирующим». Шум, взрывы, крики, «кровь», разливающаяся по экрану, – все это радует ребенка, так как создает впечатление собственного мнимого могущества, иллюзию победы над врагами. В этом случае интеллектуальный интерес к разгадыванию каких-то игровых загадок и головоломок уходит на второй план.

Еще одно негативное влияние компьютера – «видеозависимость». Врачи разных стран мира с тревогой констатируют: у детей, чрезмерно увлекающихся видеоиграми, быстро возникает устойчивая привычка и зависимость от них. Наличие такой «видеозависимости» медики Италии, например, отмечают у 70 % подростков в возрасте от 11 до 18 лет. Она выражается в том, что дети просто не представляют свою жизнь без того, чтобы не проводить перед экраном монитора по нескольку часов в день.

При всей увлекательности видеоигр, отмечают педиатры, привыкание подростков к такому виду проведения досуга таит в себе немало опасностей. Утомление глаз, вынужденных следить за стремительно меняющимися картинками, перенапряжение центральной нервной системы, вызванное чрезмерной и многочасовой концентрацией внимания, и другие последствия длительного сидения перед экраном, считают врачи, оказывают на детский организм пока еще недостаточно изученное, но однозначно отрицательное воздействие.

Кроме того, после постоянного пребывания в мире мнимой реальности, в которой подростки оказываются в роли лихих героев, им часто бывает трудно отделить себя от этих образов в реальной жизни. Именно в этом, предупреждают медики, нередко

заключаются причины безрассудного лихачества молодых людей за рулем автомобиля или мотоцикла, их чрезмерной агрессивности и жестокости в отношении своих сверстников и близких.

Кроме перечисленных опасностей, современные компьютеры являются мощным источником электромагнитного излучения. «Пора бить тревогу!» – таким категорическим заявлением доктор медицинских наук, профессор *Ю. Григорьев* открыл Первую российскую конференцию по проблемам электромагнитной безопасности человека. Он подчеркнул в своем докладе: «Традиционно при рассмотрении биологических эффектов от электромагнитного поля считалось, что основным механизмом воздействия является «тепловое» поражение тканей. Исходя из этого и разрабатывались стандарты безопасности. Однако в последнее время появляется все большее количество доказательств, что существуют другие пути взаимодействия электромагнитного поля и живого организма при интенсивности поля, недостаточной для теплового воздействия. В числе отдельных проявлений этих воздействий и раковые, и гормональные заболевания, и многое другое».

Изучением этой проблемы занялись медики, физиологи, химики, физики. А в 1994 году были начаты широкие исследования возможного влияния излучения компьютеров на здоровье в рамках европейского **проекта «Биомедицинские эффекты электромагнитных полей».**

Слишком продолжительное – по нескольку часов в день – сидение за персональным компьютером чревато возможными неприятностями со здоровьем, поскольку неблагоприятное воздействие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона – причем не тепловое, а информационное – на организм пока еще слишком мало изучено. Ученые и медики не остаются в стороне от этой проблемы. Уже сотни исследований были проведены для изучения воздействия искусственных электромагнитных полей на здоровье ребенка. Поначалу симптомы не казались опасными – утомляемость, головные боли, нарушение сна. Это посчитали не слишком дорогой ценой за право пользования электроприборами, компьютерами, сотовыми телефонами. Но дальнейшие исследования привели к менее оптимистическим выводам: снижение сопротивляемости организма к внешним воздействиям, изменение кровяного давления, нарушение работы нервной и иммунной системы, возникновение опухолей, развитие лейкемии и астении. Электромагнитное излучение влияет также на ДНК, вызывая мутации.

В идеале, чтобы сделать персональные компьютеры безопасными, при их производстве на внутреннюю поверхность корпуса монитора должен наноситься специальный экранирующий слой, снижающий электромагнитное излучение до фоновых значений. А поскольку очень многие из имеющихся сейчас в России мониторов представляют повышенную электромагнитную опасность, специалисты рекомендуют пользователям обязательно применять средства личной защиты – фильтры для экранов с их непременным заземлением и одежду из экранирующей ткани.

Но персональные компьютеры опасны не только для тех, кто сидит перед дисплеем. Их электромагнитное излучение равномерно распространяется во все стороны от монитора в радиусе от 1 до 2,5 м. Нужно всегда помнить об этом и стараться избегать опасных зон. Особенно важно учитывать данный «фактор риска» в школьных классах и правильно располагать компьютеры, чтобы ребенок не подвергался облучению сразу от нескольких машин.

Наконец, следует помнить, что особенно неблагоприятно электромагнитное излучение миллиметрового диапазона влияет на аллергиков и детей, страдающих сердечными заболеваниями. Имеются данные о нарушении ритма сердцебиений – вплоть до появления аритмии – при совпадении частоты следования электромагнитных импульсов с частотой сердечного цикла. Что же касается аллергиков, то у них может развиваться гиперчувствительность к электрическим полям.

Существует ряд элементарных требований к гигиене просмотра телепередач: достаточное расстояние от экрана до телезрителя (оно должно быть указано в техническом паспорте телевизора), дополнительная подсветка вечером и частичное затемнение днем, уровень громкости, не превышающий естественную потребность.

Для дошкольника время, проведенное у экрана телевизора, не должно превышать 1,5 ч в неделю (преимущественно выбирать дневные передачи), для младшего школьника – 3 ч, включая просмотры в выходные дни, для подростка – не более 5 ч. Старшеклассники сами регулируют свое время просмотра телепередач. Безусловно, желательно, чтобы из-за телевизора не страдали другие занятия: учеба, спорт, чтение художественной литературы, помощь по дому, общение с друзьями.

Электромагнитное излучение даже самых хорошо защищенных современных компьютерных мониторов – тяжелая нагрузка на несформировавшийся организм. Санитарно-гигиенические требования категоричны: не более 1 ч в день для подростков и старшеклассников и не более 30–40 мин для детей младшего школьного возраста. Для того чтобы обезопасить детей, остающихся дома, родители иногда прибегают к более строгим мерам: приходится просто уносить с собой соединительные кабели или пользоваться более изощренными ключами и паролями доступа к программе. Отдаленные последствия влияния компьютеров на детский организм пока еще мало изучены и почти неизвестны.

7.2.6. Психологические аспекты адаптации детей к школе

Психологическая адаптация является важнейшим компонентом адаптации в целом.

Поступление в школу – переломный момент в жизни ребенка, переход к новому образу жизни и условиям деятельности, новому положению в обществе, новым взаимоотношениям со взрослыми и сверстниками.

Психологическая готовность к обучению в школе является важнейшим итогом психического развития в период дошкольного детства.

• Переход от дошкольного возраста к младшему школьному иногда называют **малым кризисом.** Это переломный, критический возраст, которым открывается весь период школьных возрастов. *Л. С. Выготский* рассматривает психологический возраст как «новый тип строения личности и ее деятельности, те психические и социальные изменения, которые впервые возникают на данной возрастной ступени и которые в самом главном и основном определяют сознание ребенка, его отношение к среде, его внутреннюю и внешнюю жизнь, весь ход его развития в данный период».

• Понятие **«школьная зрелость»** психологи трактуют как достижение такой степени в развитии, когда ребенок становится способным принимать участие в школьном обучении, когда он овладевает умениями, знаниями, способностями и другими необходимыми для оптимального усвоения школьной программы поведенческими

характеристиками. В работах отечественных исследователей подчеркивается, что готовность к обучению в школе обусловлена многими факторами. У истоков такого подхода стоит *Л. И. Бонсович,* которая указывает, что готовность к обучению в школе складывается из определенного уровня развития мыслительной деятельности и познавательных интересов. Важной чертой подхода к проблеме готовности к обучению в школе является выделение в качестве ведущих, имеющих важное значение, мотивационной и социальной сферы личности. Это значит, что готовность к школе создают не технические умения, например умение читать, считать, а социальная зрелость ребенка.

• **Психологические признаки школьной зрелости:**

а) **в интеллектуальной сфере** – дифференцированность восприятия; направленная концентрация внимания; аналитическое мышление (способность к выделению основных признаков и связей между явлениями, способность следовать образцу, правилу, рациональный подход к действительности); логическое запоминание; определенный уровень развития познавательного интереса к тем заданиям, в которых результат может быть достигнут только ценой приложенного умственного усилия; интерес к новым знаниям; способность овладения на слух разговорной речью и речевыми правилами и способность понимания и применения символов вообще; развитие тонких движений руки и зрительно-двигательной координации;

б) **в эмоционально-мотивационной сфере** – достижение ребенком сравнительно хорошей эмоционально-волевой устойчивости (проявление им минимума импульсивных реакций) и развитие основ так называемой школьной мотивации;

в) **в социальной области** – зрелость потребностей ребенка, в частности потребности в общении с другими детьми, умение подчиняться интересам и правилам детской группы; способность исполнять социальную роль школьника как в ситуации школьного обучения, так и при взаимодействии со сверстниками.

Учебная деятельность школьника и по своему содержанию, и по организации резко отличается от привычных ребенку дошкольного возраста форм деятельности. Усвоение знаний становится единственной целью и выступает в чистом виде, не замаскированном игровой или продуктивной формой задания. Эти знания усваиваются детьми впрок, для будущего.

Как показывает опыт работы, наибольшие трудности в начальных классах испытывают дети, не умеющие связно, последовательно, ясно и четко излагать свои мысли, объяснять то или иное явление, правило, рассказывать об окружающем. Трудно в школе и тем ребятам, которым впервые в жизни приходится постигать истинный смысл слов «надо» и «нельзя».

Не менее важное условие подготовленности ребенка к школе – умение жить в коллективе, считаться с интересами окружающих людей. Если ребенок ссорится по пустякам, если не умеет правильно оценивать свое поведение, ему трудно привыкать к требованиям всего класса.

Умение ребенком правильно оценивать свои поступки, результаты своего труда также имеет большое значение. *Правильная самооценка* – адекватное отношение к своим возможностям, личным качествам характера, внешности – очень важное свойство

личности. Именно таким детям присущи бодрость, юмор, находчивость, общительность. А эти качества ценятся в любом коллективе.

Дети же с *повышенной самооценкой,* как правило, недостаточно строги к себе. Они-то и предъявляют повышенные требования к окружающим. А это мешает им установить ровные и доброжелательные отношения в коллективе.

Не меньшую тревогу вызывают те дети, у которых *самооценка занижена.* Они, как правило, робки, не уверены в своих силах. А это мешает учебе и становлению в коллективе.

Младший школьный возраст. В младшем школьном возрасте (от 6–7 до 11–12 лет) чем старше школьник, тем больше у него повышается точность восприятия и тонкость различения в области деятельности органов чувств – зрительного, слухового, двигательного и др.

Но при всей впечатлительности и любознательности младшего школьника его восприятие все-таки недостаточно еще организовано, нет еще необходимого умения целенаправленно смотреть и видеть, слушать и слышать и т. д.

Внимание младшего школьника определяется его непосредственным интересом (непроизвольное внимание). Волевое, произвольное внимание развито еще слабо. Очень трудно сосредоточить ребенка на чем-либо интересном для него. Внимание его легко отвлекается. Одной из важных задач школы является воспитание внимания школьника, особенно произвольного.

Память младшего школьника имеет преимущественно наглядно-образный характер. Школьник должен обогатить свою память научными знаниями, умением и навыками. Поэтому необходимо с самого начала школьной жизни приучить его к осмысленному запоминанию, ограничивая все больше и больше механическое запоминание.

Дети в этом возрасте легче запоминают конкретный, интересный, яркий материал – факты, движения, эпизоды, имена. Заучивание осуществляется у них обычно путем слушания и повторения (упражнения). Самостоятельное пользование при этом книгой и записями слабо выражены даже в старших классах начальной школы.

Мышление школьников развивается в единстве с развитием речи и постепенным овладением научными понятиями, в частности временными и пространственными на основе ознакомления детей с некоторыми существенными признаками предметов, явлений и овладения определенным кругом знаний о природе и обществе. Но мышление младших школьников имеет наглядный, предметный характер. Важную роль в процессе предметного мышления играют связи представлений по чисто внешнему сходству. Ребята склонны к фантазированию и превращению иногда трудового процесса в игру. Самоконтроль в усвоении и понимании у них развит очень слабо.

Все дети шестилетнего возраста испытывают трудности при адаптации к новым условиям обучения и воспитания. Они напряжены психологически – эффект неопределенности, связанный с совершенно новой жизнью в школе, вызывает тревогу и ощущение дискомфорта. Они напряжены физически – новый режим ломает прежние стереотипы. Это приводит к тому, что даже у хорошо воспитанного ребенка, который умеет соблюдать правила и живет в условиях твердого режима, изменится поведение,

ухудшится качество сна. Некоторые дети реагируют чрезвычайно остро на новую ситуацию в своей жизни. У них серьезно нарушается сон, аппетит, ухудшается состояние здоровья. У иных появляется возбудимость, раздражительность.

Перегрузки, которые испытывает младший школьник, приводят к утомлению.

Работоспособность – обладание способностью к работе – зависит от многих факторов. Здесь должна быть эмоциональная заинтересованность деятельностью. У ребенка должен быть интерес к конечному результату. Совершенно необходимо волевое усилие, а также участие внимания, мышления, памяти.

Напряжение всех психических процессов быстро утомляет детей, если у них нет интереса к деятельности. Воля шестилетнего малыша еще недостаточно развита. Поэтому он не может долго с помощью только волевых усилий организовать себя на выполнение задания учителя. Отсюда быстрая психическая утомляемость. Психическое утомление, необходимость тихо сидеть в соответствии со школьными правилами, которые лишают ребенка подвижности, приводит к физическому утомлению. Чем он младше, тем меньше его работоспособность, тем быстрее наступает утомление.

Психологическая напряженность проходит через полтора-два месяца. Если учитель и воспитатель спокойно и планомерно осуществляют режимные моменты, ребенок усваивает обязательные правила режима и его напряженность спадает. Режим и снятие психического напряжения стабилизируют и физическое самочувствие.

Конечно, есть ослабленные физически и психически дети. Они быстрее утомляются. Начинаются капризы, плаксивость. Такие дети часто болеют. Недомогание проявляется в постоянной раздражительности, в плаче по самому незначительному поводу. Эти дети требуют специального внимания учителя и воспитателя.

К проблемам, связанным с самим фактом поступления в школу, обычно относят:

1) трудности, связанные с новым режимом дня. Наиболее значимы они для детей, не посещавших детские дошкольные учреждения. И дело не в том, что таким детям трудно начать вовремя вставать, чтобы идти в школу, а в том, что у них чаще наблюдается отставание в развитии произвольной регуляции уровня поведения, организованности;

2) трудности адаптации ребенка к классному коллективу. И в этом случае они наиболее выражены у тех, кто не имел достаточного опыта пребывания в детских коллективах;

3) трудности, локализующиеся в области взаимоотношений с учителем;

4) трудности, обусловленные изменением домашней ситуации маленького человека.

Все эти проблемы являются отражением постепенного вхождения в новую социальную ситуацию развития: у ребенка появляются «режимные» обязанности – вовремя быть в школе, соблюдать расписание занятий, уделять время подготовке домашнего задания (оно есть почти во всех первых классах) даже в ущерб естественным потребностям в игре и отдыхе. Идет процесс адаптации к новому коллективу сверстников. Завязываются деловые и личностные отношения с учителем. Наконец, изменяется социальная позиция ребенка в семье – ему, как правило, выделяют особое место для

хранения школьных принадлежностей, школьной формы, для подготовки уроков; изменяется отношение к нему членов семьи.

• **Психогенная школьная дезадаптация.** Крайним проявлением указанных трудностей является школьная дезадаптация. Психогенная школьная дезадаптация (ПШД) определяется как «психогенное заболевание и психогенное формирование личности ребенка, нарушающие его субъективный и объективный статус в школе и в семье и затрудняющие учебно-воспитательный процесс». Поведенческие проявления осложнения взаимоотношений со сверстниками и учителем, нарушения дисциплины, отказы ходить в школу или угрозы это сделать настолько общеизвестны и, к сожалению, часты, что с определенной точки зрения делают ПШД «нормальной», хотя и отрицательной, возрастно-психологической характеристикой детей младшего школьного возраста. Об этом говорят и статистические данные: по мнению ряда детских психологов, от 5 до 20 % школьников нуждаются в психотерапевтической помощи в связи с ПШД.

Основные сферы проявления ПШД связаны с пространственно-временными отношениями (режим дня, так называемое «личное» пространство в семейной среде и пр.) и личностно-смысловыми (место в коллективе сверстников, взаимоотношения с братьями и сестрами, отношения с преподавателем и родителями) характеристиками деятельности и общения ребенка. Однако психологические проблемы этого возраста более тесно, хотя и более сложно, связаны с ведущей – учебной – деятельностью детей. Учебная деятельность, понимаемая, конечно, как социальная деятельность, наиболее полно реализующая возрастно-специфическую систему отношений ребенка, присутствует не только как «страдающая» сторона в анализе причин и проявлений ПШД, но и как возможный источник нарушений.

Средний школьный возраст. В среднем школьном возрасте (подростки от 11–12 до 14–15 лет) учащиеся 5, 6, 7 классов в своем психическом развитии поднимаются еще выше, стараясь самоопределиться, найти свое место в обществе, но часто переоценивают силы.

Восприятие под влиянием жизненного опыта подростка и обучения становится планомерным и организованным. Развивается избирательное, целенаправленное, подмечающее, анализирующее восприятие, т. е. наблюдательность, направленная на раскрытие причинно-следственных связей в явлениях.

Внимание подростка делается более устойчивым и увеличивается в объеме. Усиливается произвольное внимание. Он может сравнительно долго следить за рассказом учителя.

Память изменяется в направлении повышения осмысленного критического заучивания и запоминания требуемого материала. Подросток уже опирается на книгу и записи (развивается опосредованная память).

Мышление и речь становятся систематическими, последовательными, более зрелыми, критическими (больше к суждениям других). Подросток стремится давать правильные определения с указанием на назначение предмета; пытается давать логическое обоснование суждениям, хочет быть доказательным.

Самоконтроль в усвоении уже имеется, но самоконтроль в понимании еще недостаточно развит.

Определенные навыки умственного труда уже приобретены, но труд школьника-подростка состоит главным образом в упражнении и усвоении.

Словарный фонд подростка растет за счет усвоения им главным образом терминов из учебных предметов.

В связи с обучением алгебре, геометрии и усвоением общих понятий из других учебных предметов развивается отвлеченное мышление. Но мышление подростка в значительной мере еще конкретно. Однако у него уже наблюдаются поиски объяснения причин тех или других явлений за пределами непосредственно сейчас наблюдаемых фактов.

Он отличается также категоричностью суждений, повышенной эмоциональностью, нередко грубостью, увлекается тем или другим писателем, героем, той или другой отраслью знания, тем или другим видом искусства, спорта и т. д., при этом предмет своего увлечения он оценивает очень высоко.

Подростку доставляет большое удовольствие энергичное и успешное действие. Но он часто не учитывает своих реальных возможностей, делает нередко поспешные умозаключения без достаточных оснований и впадает в досадные противоречия с самим собой и окружающими.

К тому же в этот период начинает формироваться чувство взрослости, появляются новые притязания, формируется самооценка, идет бурное физическое развитие и становление биологической зрелости.

Все это происходит на фоне социальной беспомощности и бесправия, полной зависимости от родителей. Так как серьезные сдвиги в физическом и личностном развитии идут в неизменяющейся обстановке в семье и школе, претензии подростка на взрослость чреваты конфликтами с родителями и школой. Сохранение родителями прежних отношений к подростку либо приводит к подчинению подростка и формированию у него пассивной позиции в жизни и социальной неприспособленности, либо вызывает у него негативные реакции, противодействия требованиям родителей и школы, уход в свою компанию. При этом у подростков наблюдается сильная тяга к взрослой жизни, стремление подражать взрослым, что особенно проявляется в желаниях овладеть умениями взрослых (водить автомашину, мотоцикл, ходить на охоту, рыбалку, следить за своим внешним видом, пользоваться косметикой, курить и пр.).

В связи с бурным биологическим развитием и стремлением к самостоятельности у подростков возникают трудности и во взаимоотношениях со сверстниками. Подростковый возраст часто называют периодом диспропорций в развитии. В этом возрасте увеличивается внимание к себе, к своим физическим недостаткам, обостряется реакция на мнение окружающих, повышается чувство собственного достоинства и обидчивость. Физические недостатки часто преувеличиваются, отсюда попытки голодания или ограничений в еде с целью похудеть или, наоборот, переедание в надежде поправиться, усиленные занятия физическими упражнениями для приобретения силы ит.п.

Особенности физического развития могут быть причиной снижения у подростков самооценки и самоуважения, приводить к страху плохой оценки окружающими (обычно подростки считают, что взрослые относятся к ним плохо или хуже, чем они заслуживают). Действительно, значительные отклонения от «нормы» (слишком худые, полные, высокие, низкие, слабые и пр.) могут стать предметом насмешки со стороны других детей и

поводом для ущемленного самолюбия, чувства неполноценности, зависти к другим или стремлению быть первым в каких-то делах (учебе, спорте, искусстве и т. д.).

Подростки чаще начинают опираться на мнения своих сверстников. Если у младших школьников повышенная тревожность возникает при контактах с незнакомыми взрослыми, то у подростков напряженность и тревога выше в отношениях с родителями и сверстниками.

Старший школьный возраст. В старшем школьном возрасте (от 14–15 до 17–18 лет) в жизни учащихся 8, 9, 10 и 11 классов средней школы – в этом периоде ранней юности, в возрасте перспективных планов, мечтаний и дум о будущем самостоятельном пути в жизни – происходят весьма серьезные события.

Эти вехи в развитии юношей и девушек-старшеклассников определяют их общую моральную направленность, под влиянием которой успешно совершенствуются все психические процессы и свойства личности молодого человека.

Восприятие старшеклассников становится еще более глубоким, целенаправленным. Развивается систематическая наблюдательность, подчиненная их учебно-научным, общественным, производственно-трудовым интересам.

Произвольное внимание развивается сильнее, делается еще более устойчивым и избирательным.

Учащийся широко пользуется книгами, записями, планами, тезисами, конспектами, схемами. Изыскиваются более рациональные приемы заучивания и правильного воспроизведения по памяти.

Мышление приобретает систематический, логический характер. Развивается теоретическое и критическое мышление; строятся гипотезы; производится анализ и синтез понятий, суждений и фактов; делаются умозаключения или от частного к общему, или от общего к частному; приводятся доказательства и т. д. Повышается уровень абстрактного мышления.

Речь старшеклассников (устная или письменная) становится систематически и последовательно излагающей.

Развивается творческое воображение в области различных видов искусства и техники. Подростки любят споры, дискуссии, диспуты, отстаивая в них свое мнение, убеждения.

Самоконтроль достигается и в усвоении, и в понимании. Учащиеся уже владеют навыками умственного труда.

В среднем и старшем школьном возрасте организм достигает биологической половой зрелости. Этот период начинается у девушек и юношей в различные сроки. Он характеризуется бурным ростом всего организма с преобладанием влияния гормонов половых желез.

У девочек половое созревание начинается с 8–9 лет и заканчивается в 16–17 лет. Мальчики развиваются несколько позднее – с 10–11 лет, и окончательное половое созревание наступает у них в 18–19 лет (в отдельных случаях и позднее).

В результате происходящей в организме перестройки подросток становится более чувствительным, повышенно ранимым и возбудимым. У него появляются новые увлечения, интересы. По-новому воспринимаются окружающие явления, происходит и переоценка ценностей.

Современные дети развиваются во многих отношениях быстрее, чем их родители. В связи с этим на 2–3 года раньше, чем прежде, наступает половое созревание. Акселерация наблюдается не только в области физического, но и умственного развития. Однако специалистов волнует разрыв между биологической и социальной зрелостью молодежи, подвергшейся акселерации: биологическая зрелость наступает значительно раньше социальной. Подростки сегодня быстро созревают для половой жизни, к которой стремятся, но они долго не в состоянии самостоятельно существовать. Бесспорно, что ранние половые сношения или преждевременные браки (до 20 лет) ограничивают в большинстве случаев развитие личности и не являются хорошей основой для прочных отношений.

В период ранней юности продолжает расти стремление к самостоятельности и начинается активный поиск друзей среди своих сверстников. Однако родители стремятся сохранить существующую зависимость детей, оставить за собой последнее слово. Таким образом, нередко в семьях возникают мнимо ничтожные конфликты, касающиеся недостаточно высокой успеваемости в школе, не понравившихся родителям друзей или просто позднего прихода домой. Недостаточно высокая успеваемость в этот период обусловливается попытками перехода к независимости. Поэтому многие молодые люди проходят через периоды дезорганизации, реорганизации и консолидации своей личности. То, что это происходит одновременно с изменением в их физиологии и с улучшением способности правильно мыслить, еще более усложняет положение.

Однако резких скачков в снижении успеваемости старшеклассников не наблюдается. Даже наоборот: раньше созревая вследствие акселерации, они раньше ощущают необходимость в социальном признании и социальном утверждении своей личности, которую могут удовлетворить прежде всего в учебной деятельности. Старшеклассникам необходимо утверждать свою самостоятельность в поведении (право самостоятельно решать лично их касающиеся вопросы), в эмоциональной жизни (право иметь собственные привязанности, выбираемые независимо от родителей) и в морально-ценностной сфере (право на собственные взгляды). Самоутверждение в ранней юности – это противовес пускай не всегда реальной, но ощущаемой собственной слабости. Несмотря на усовершенствование физического и психического облика, формирование моральных идеалов и мировоззрения, изменений в социальном статусе не слишком много. Выбор в ранней юности совсем невелик – остаться учиться в школе, пойти учиться в колледж, техникум или устроиться на работу. Поэтому юноши и девушки продолжают в основном жить на средства родителей. Стремление жить по своим идеалам, а не подражать родителям может приводить к столкновению взглядов на жизнь и создавать конфликтные ситуации.

Трудности школьной адаптации данного периода также проявляются в снижении удельного веса близкого внутриколлективного общения (классного и школьного). Общая система межличностных нравственно-психологических отношений, которые охватывают весь класс, становится менее значимой, чем система избирательных отношений, основанных на взаимных симпатиях между отдельными членами. К тому же определенная часть старшеклассников (преимущественно юноши) входит в широкие общности сверстников, которые складываются в основном по территориальному принципу. Общество сверстников позволяет им почувствовать и наглядно ощутить свою

принадлежность к достаточно большой группе людей, причастность к ее нормам, ценностям и, таким образом, утвердить себя через эту похожесть на сверстников, похожесть во всем, вплоть до мелочей. В то же время общество сверстников дает юношам и девушкам возможность проявить свою отличность от других возрастных групп, свою непохожесть, особенность, утвердить себя через эту особенность.

• **Социальная адаптация к школе.** Итак, отдельные возрастные ступени в развитии детей не изолированы одна от другой, а представляют собой звенья единой цепи последовательно взаимосвязанных изменений. И по мере прохождения этих ступеней ребенок проходит в школе все стадии социальной адаптации, обретая навыки общения в коллективе, необходимые во взрослой жизни.

Выделяют три степени адаптации:

1) **легкая степень** – эти дети быстро осваиваются в школе, приобретают новых друзей, доброжелательны, хорошо справляются с заданиями;

2) **средняя степень** – период несоответствия их поведения требованиям школы затягивается: они не могут принять ситуацию обучения, общения с детьми и учителем, недостаточно адекватно реагируют на процесс обучения;

3) **тяжелая степень** – у этой группы детей социально-психологическая адаптация связана со значительными трудностями, у них резко проявляются отрицательные эмоции, негативное поведение, они не усваивают учебную программу.

Основным показателем трудности процесса адаптации к школе являются изменения в поведении детей. Это могут быть чрезмерная агрессивность, заторможенность, депрессия, чувство страха и нежелание учиться. Все изменения в поведении ребенка отражают особенности его адаптации к школе. Формирование адекватного поведения в коллективе, с учителем, при усвоении учебного материала служит критерием психологической адаптации учащихся.

7.2.7. Рациональная организация учебного процесса

Работоспособность учащихся во время учебного года зависит от того, насколько рационально построен учебный процесс. Это означает, что размеры учебной нагрузки на протяжении дня, недели и года, чередование уроков по предметам в течение дня и недели, смена различных видов деятельности, чередование труда и отдыха должны быть физиологически обоснованы.

• **Общая продолжительность учебной нагрузки** в рамках возрастных норм – непременное условие, способствующее сохранению устойчивого уровня работоспособности и повышению ее с возрастом. Четыре часа школьных занятий для детей 10–12 лет и пять часов для старших рассматриваются как дневной максимум. Для начальных же классов этот максимум составляет 2–3 ч.

Общая рекомендуемая недельная нагрузка, по данным разных исследователей, колеблется в пределах от 12–20 ч для первого года обучения, 23–24 – для второго-четвертого годов обучения, 26 – для пятого и 28 ч – для остальных лет обучения.

• **Работоспособность.** Анализ динамики работоспособности учащихся в течение учебного дня показывает, что в начальных классах она поддерживается на оптимальном

уровне на первых трех уроках, а в средних и старших – на четвертых и пятых. Шестые часы занятий проходят в условиях сниженной работоспособности. Отсюда рациональная сетка недельных учебных часов не должна превышать 24 ч в 1–4 классах и 30 ч в 5-11 классах.

В соответствии с особенностями динамики работоспособности организма ребенка во вторую половину дня регламентируется также и продолжительность самостоятельной учебной работы учащихся: 45 мин – для 1 класса, 1 ч – для 2 класса, 1,5 ч – для 3–4 классов, 2–2,5 ч – для 5–8 классов и до 3 ч – для 9-11 классов.

При чрезмерной общей дневной учебной нагрузке у школьников отмечается развитие в больших полушариях головного мозга фазовых состояний, которые держатся длительное время. Сокращение общей учебной нагрузки до 5–5,5 ч для практически здоровых детей 7–8 лет, 6,5 ч для детей 13–14 лет обеспечивает оптимальную возбудимость больших полушарий, быстро снимает фазовые состояния и является действенным профилактическим средством против утомления.

• **Оптимальная интеллектуальная нагрузка.** Исследования показали, что оптимальной даже для подростков 12–16 лет оказывается непрерывная умственная деятельность в течение 30 мин. Вследствие этого 35-минутная продолжительность урока считается наиболее приемлемой для учащихся 1–9 классов. Именно такая длительность умственной деятельности, сменяющаяся 5-минутными перерывами, позволяет отводить одному учебному предмету два смежных урока. Система использования двух смежных 35-минутных уроков для занятий по одному предмету позволяет к следующему дню готовить задания не по пяти-шести предметам, а только по трем. Это сокращает дневную нагрузку на ребенка.

Ограничение продолжительности периодов непрерывной учебной работы обеспечивает более высокий и постоянный на протяжении занятий уровень условнорефлекторной деятельности, умственной работоспособности, вегетативных функций и вегетативной реактивности ребенка. Преимущества такой организации сказываются на недельной и квартальной динамике работоспособности.

• **Отдых и смена деятельности.** Всякая работа должна прерываться отдыхом. Это одно из важных условий сохранения работоспособности организма. Исследования последних лет позволили установить наиболее целесообразное чередование перемен разной продолжительности в режиме учебных занятий.

При изучении трех вариантов чередования перемен: 10-20-20 мин, 10-20-10 мин и 10-10-20 мин наиболее благоприятное влияние на дневную динамику работоспособности школьников оказывал второй вариант (10-20-10 мин). Менее благоприятным оказывается вариант с двумя 20-минутными переменами – проявляется отчетливая потеря учащимися врабатываемости. Особенно отрицательно сказываются 20-минутные перемены, проходящие в шумных играх, на детях с легко возбудимой нервной системой.

Включение большой (20-минутной) перемены в начальной школе после третьего урока (вариант 10-10-20) является запоздалым и не обеспечивает желаемого подъема работоспособности организма.

Существенных различий в динамике работоспособности учащихся при 20-30-минутном отдыхе во время учебных занятий не отмечается. Поэтому имеются все основания для учащихся среднего и старшего школьного возраста при пятом и шестом

уроках предусматривать в режиме занятий две 20-минутные перемены: одну, между третьим и четвертым уроками, отводить завтраку, а вторую, между четвертым и пятым уроками, активному отдыху на воздухе.

Примечательно, что систематическое проведение перемен на воздухе оказывает большое оздоровительное влияние на организм школьников. Это проявляется в более высоком содержании гемоглобина в крови, в хорошей функциональной деятельности костного мозга, высокой иммунологической реактивности и закаленности. Повышение работоспособности и улучшение состояния здоровья благоприятно влияют на успеваемость. Так, среди школьников, которые систематически во время больших перемен активно отдыхали на воздухе, количество хороших и отличных отметок составило 58 %, а среди учащихся, постоянно проводивших перемены в помещении – 42 %.

Исследование динамики функционального состояния центральной нервной системы у школьников показывает, что есть предметы более легкие и более трудные. К числу предметов первой степени трудности относятся математика и физика. Вторым по степени трудности считают русский язык и литературу, третьим – иностранный язык. Остальные предметы относят к четвертой степени сложности.

Место трудных предметов в учебном дне существенно сказывается на динамике работоспособности. По мере отдаления этих уроков от начала занятий быстрее развивается утомление. Трудные предметы отнимают больше времени при подготовке домашних заданий.

Чередование различных видов деятельности в течение дня и недели дает большой эффект для сохранения работоспособности на относительно высоком уровне. Уроки физической культуры, ручного труда, работа на учебно-опытном участке являются качественно иной деятельностью по сравнению с общеобразовательными предметами.

В дни с уроками труда или физической культуры у большинства учащихся в конце занятий скрытый период условных реакций или не меняется, или несколько укорачивается по сравнению с исходными данными. Наибольший эффект труда и физической культуры отмечается в дни, когда эти уроки включены в расписание на третьем или четвертом часе занятий.

Переключение с одного вида деятельности на другой дает наиболее выраженный эффект тогда, когда работоспособность начинает снижаться и развивается утомление. Физиологический механизм этого явления, очевидно, тот же, что и активного отдыха. При этом улучшается функциональное состояние центральной нервной системы учащихся, что выражается в увеличении показателей умственной работоспособности, улучшении подвижности нервных процессов, нарастании времени ясного видения, повышении вегетативной реактивности. С этих позиций можно объяснить и крайне незначительные изменения работоспособности, когда новый вид деятельности включается на первых или последних часах занятий. В первом случае работоспособность учащихся достаточно высока и включение другого вида деятельности является преждевременным. Эффект переключения крайне незначителен и совсем не проявляется в конце занятий, так как непосредственно после переключающей деятельности следует 3-4-часовая умственная работа с большой статической нагрузкой. Запоздалым оказывается и переключение учащихся на другой вид деятельности на пятом-шестом часах занятий, т. е. в конце учебного дня. В этом случае утомление организма уже выражено значительно и для восстановления функциональной работоспособности клеток коры больших полушарий

головного мозга своеобразный «активный отдых», обеспечиваемый переключением деятельности, становится недостаточным.

Положительный эффект оказывает на учащихся и чередование различных видов деятельности в течение недели. Обычно к концу недели работоспособность школьников существенно снижается. Включение в среду или четверг «разгрузочных» дней способствует повышению работоспособности школьников в пятницу и субботу. При сравнении функционального состояния школьников с разгрузочным днем в середине недели и без него было выявлено, что количество фазовых реакций (неправильные ответы на условные раздражители) составило у первых в конце дня 5,14 % и в конце недели 5,3 %, а у вторых – соответственно 5,3 и 11,18 %. Более высокая работоспособность детей повышала эффективность их учебных занятий.

Успеваемость школьников при введении «разгрузочного дня» составила 3,8 балла, а без него – 3,6 балла.

Регулярное чередование учебных дней и дней, выделяемых для трудовой деятельности, создает предпосылки для более равномерного распределения учебной нагрузки. При чередовании учебной и трудовой деятельности более чем в 80 % случаев школьники занимаются дома каждый день. Если же неделя разделяется на учебную и трудовую половины, то 30 % учащихся в дни трудовой деятельности домашних заданий не готовят. Учебная нагрузка распределяется неравномерно, и включение двух дней трудовой деятельности в начале, середине или в конце недели не дает положительного эффекта.

Физкультурные паузы и производственная гимнастика в процессе учебной и трудовой деятельности предупреждают резкое снижение работоспособности, повышают эффективность выполняемой работы.

После физкультурных пауз, включенных в учебный процесс, улучшается функциональное состояние центральной нервной системы, что выражается в повышении подвижности нервных процессов, увеличении силы реакции, уменьшении срывов дифференцировки. Особенно выраженными оказываются эти положительные сдвиги в тех случаях, когда физкультурные паузы сочетаются с музыкальным сопровождением.

Наибольший эффект повышения работоспособности отмечается при включении физкультурных пауз у учащихся среднего школьного возраста на третьем уроке, а у старшеклассников на четвертом уроке.

Положительно влияют на организм учащихся физкультурные паузы в сочетании с дыхательными упражнениями. Они нормализуют учащенное беспорядочное дыхание, делая его медленным и ритмичным. При этом повышается уровень насыщения крови кислородом.

Общее повышение двигательной активности в течение дня и недели значительно повышает работоспособность школьников и их успеваемость по общеобразовательным предметам. Положительное влияние систематических занятий физкультурой и спортом проявляется в работе всех органов и систем организма. У школьников снижается заболеваемость. Это происходит не только благодаря совершенствованию терморегуляторных механизмов и потому быстрому приспособлению организма к резким температурным и атмосферным колебаниям. Под влиянием правильно организованных

занятий физической культурой, особенно на свежем воздухе, улучшается состав крови и повышается общая иммунологическая реактивность организма.

Таким образом, повышение двигательной активности учащихся путем использования в режиме дня гимнастики, физкультпауз, подвижных игр, увеличение числа уроков физической культуры и занятий спортом во внеклассное время являются мощным средством, которое содействует повышению работоспособности, отдаляет утомление, повышает функциональные возможности организма.

7.2.8. Профессиональная ориентация подростков

Отношение к профессиональному выбору можно рассматривать как фрагмент целостной организационной системы отношений индивида к окружающей среде, составляющих основу личности. В профессиональном труде человек реализует свои физические и психические возможности. Эффективность труда зависит от соответствия его индивидуальных особенностей определенным требованиям, предъявляемым профессией.

Имеется ряд факторов, определяющих успешность деятельности, которые можно объединить в три группы. Первая группа – особенности мотивационной направленности, вторая – знания и навыки работающего, приобретенные при обучении или деятельности. Третья группа – индивидуальные психофизиологические особенности человека. Сюда входят врожденные особенности, мало изменяющиеся под влиянием условий жизни, к которым относятся свойства нервной системы – сила, подвижность, динамичность, лабильность, уравновешенность процессов возбуждения и торможения в коре больших полушарий. Свойства нервной системы являются физиологической основой, на которой формируются и развиваются под влиянием условий среды индивидуальные особенности психики и поведения.

Профессиональная ориентация должна начинаться еще в школьном возрасте с правильного выбора профессии и в дальнейшем – вида производственной деятельности.

Профессиональная ориентация во все возрастные периоды представляет собой длительный процесс, связанный с получением, обработкой и интерпретацией большой по объему и разнообразной по содержанию информации. Быстрота и надежность обработки этой информации определяет эффективность системы профессионального ориентирования.

В работах отечественных и зарубежных авторов широко освещены различные аспекты профессиональной ориентации: социально-экономический, педагогический, психологический и медицинский.

Медико-психологический подход к этой проблеме определяется тем, что физическое и психическое здоровье является необходимым условием продуктивного труда. При нарушении психогигиенических условий ухудшается адаптация человека к социальной среде и его гармоническое развитие.

Первый профессиональный выбор приходится на один из самых сложных социально-биологических периодов жизни. Это период смены социальных ролей от детской зависимости к бытности взрослым, необходимость прогноза соответствия собственных психофизиологических особенностей, способностей и возможностей выбранной профессии, пубертатные физиологические сдвиги в организме и др. Указанные

факторы предъявляют особые требования к механизмам адаптации, и подросткам бывает трудно справляться с возникшими психическими перегрузками. Это может быть связано с неправильной самооценкой, неадекватным уровнем притязаний, эмоциональной незрелостью, ригидностью в межличностных отношениях, низким порогом фрустрации и т. п.

Для успешного профессионального самоопределения в молодом возрасте большое значение имеют социальные факторы, которые влияют на формирование социальных установок и профессиональной направленности (средства массовой информации, окружение, предварительная профориентация и др.).

Одной из основных задач профессиональной ориентации является определение психофизиологических особенностей подростков и выявление их соответствия требованиям той или иной профессии. В настоящее время критерии профессиональной пригодности подростков разрабатываются в двух направлениях. Это определение противопоказаний к различным профессиям для лиц, имеющих отклонения в состоянии здоровья, и разработка показаний к разным профессиям для здоровых. Ограничения профессиональной пригодности могут быть связаны с состоянием здоровья, с невозможностью или трудностью овладения профессией отдельными лицами из-за несоответствия их функциональных возможностей требованиям профессиональной деятельности, с нежеланием освоения той или иной профессии.

При выборе критериев пригодности к различным профессиям необходимо учитывать, что многие психофизиологические функции подростков находятся в стадии становления и поэтому могут развиваться и совершенствоваться под влиянием учебного и трудового процессов. Так, в период формирования организма происходят существенные изменения в структуре и деятельности нервной и эндокринной систем, опорно-двигательного аппарата.

В последние годы в Институте гигиены детей и подростков МЗ РФ проводятся исследования по определению критериев профессиональной пригодности для здоровых подростков, осваивающих различные профессии, в том числе профессию программиста. Эта профессия предъявляет особые требования к высшей нервной деятельности, особенно к взаимоотношению первой и второй сигнальных систем и последней с подкорковыми образованиями головного мозга. При обследовании учащихся 9-11 классов специализированной школы с математическим уклоном, где проводятся занятия по программированию, выявлено, что хорошо успевающие учащиеся успешно решают как конкретные, так и абстрактные задачи. Они легко переключаются с одного вида мышления на другой. У них отмечаются высокий тонус коры больших полушарий головного мозга, выраженный вегетативный компонент условного рефлекса, концентрация возбудительного и тормозного процессов, подвижность основных нервных процессов. Подростки, испытывающие трудности в обучении, не могут решать многие задачи абстрактного характера, а конкретные решают с трудом, плохо переключаются с одного вида деятельности на другой. У них наблюдаются более низкие: тонус коры головного мозга при плохо проявляющемся вегетативном компоненте условных рефлексов; способность к концентрации нервных процессов; подвижность нервных процессов, а также слабость тормозного процесса.

Подобные примеры свидетельствуют о том, что нужны поиски критериев высокой устойчивости и соответственно низкой чувствительности к действию конкретного комплекса профессионально-производственных условий. Такими критериями могут быть индивидуально-типологические различия как по основным свойствам нервной системы и

их сочетаниям, так и по характеру функционирования «обеспечивающих» систем. Для лиц умственного труда в первую очередь это будут показатели функций высшей нервной деятельности и висцеральных систем, поскольку при умственном труде для устойчивого функционирования организма необходима координация психофизиологических и вегетативных функций, а также слаженная работа регуляторного механизма.

Для профессионального отбора и ориентации подростков большое значение имеет и учет особенностей адаптивного поведения. Это обусловлено тем, что каждая профессия отличается не только уровнем и характером нагрузки, но и распределением ее в течение рабочего дня, темпом выполнения работы и т. п.

В настоящее время в работе по профессиональной ориентации молодежи пригодность к различным видам профессиональной деятельности определяется с помощью карт, анкет, опросников, интервьюирования. Большой популярностью пользуются компьютерные версии опросников. Так, **дифференциально-диагностический опросник** *Е. А. Климова* позволяет выявить в баллах (от 0 до 8) выраженность склонности к 5 сферам профессиональной деятельности: человек – природа, человек – техника, человек – человек, человек – знакомая система, человек – художественный образ.

Таким образом, правильная производственная ориентация молодежи, основанная на научных рекомендациях, является залогом успешной профессиональной деятельности и высокой работоспособности в будущем.

Заключение

Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен», – сказал *И. М. Сеченов* еще в конце XIX столетия.

Сейчас начало XXI столетия, а в школах и, что особенно трудно объяснимо, вузах до сих пор преподают общие закономерности функционирования организма человека без учета его реакций на изменения окружающей среды. Именно этой проблемой занимается экология человека.

Экологическая безграмотность населения может поставить человечество на грань выживания. Это положение становится особенно актуальным сейчас, когда условия обитания человека стремительно меняются. Происходят глобальные изменения окружающей среды. Увеличивается темп жизни, сопровождаясь стрессом. Растет экологическое напряжение. Все это не может не сказываться на состоянии и здоровье человека, резервах его организма.

Если современный человек будет знать о том, как его организм реагирует на те или иные факторы окружающей среды и их изменения, вряд ли он доведет до катастрофы. В противном случае человечество в самое ближайшее время окажется в условиях крупного экологического кризиса. Не надо, наверное, напоминать о настоящем положении дел (антропогенном загрязнении, техногенном смоге, озоновых дырах, глобальном потеплении климата и т. п.). Именно об этом говорят документы Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992), в которых был вынесен вердикт: дальнейшее развитие человечества по существующей «модели развития» ведет к краху мировой цивилизации.

Несмотря на то что в науке накоплен большой фактический материал, посвященный экологии человека, образовательные ее аспекты до сих пор остаются практически вне поля зрения. Сейчас как никогда остро стоит вопрос о преподавании в вузах предмета «Экология человека». Он направлен на формирование представлений о тесной взаимосвязи организма человека со средой обитания. Только таким образом можно обеспечить экологическую грамотность подрастающего поколения. Иначе эта информация останется достоянием узкого круга специалистов.

Однако ограничиваться только информацией о реакциях организма на изменение условий окружающей среды в рамках экологии человека недостаточно. Необходимо выработать мировоззренческие позиции на основе современных концепций естествознания.

В последнее время наметилась тенденция комплексного изучения человека на основе представления о нем как о природно-социальном существе, биологическая и социальная составляющие которого неразделимы. Такая установка отражена, в частности, в приоритетной академической программе исследований «Человек, наука, общество». И действительно, дуализм человеческого существа проявляется в биологическом и социальном аспектах его бытия, в физическом и духовном аспектах его существования. При этом, несмотря на разнообразие подходов к изучению человека, соблюдается принцип его целостности.

На формирование как классических, так и современных мировоззренческих научных концепций значительное влияние оказали философские идеи о неразрывной связи микрокосма (человека) и макрокосма (мирового целого или универсума). Представления о соотношении Человека и Абсолюта, имеющие глубинные античные и индоевропейские истоки, традиционно присутствуют в отечественной науке, философии, культуре. Они разрабатывались в рамках философии всеединства *В. С. Соловьевым, В. В. Розановым, Н. А. Бердяевым, П. А. Флоренским* и др. По образному выражению представителя духовно-культурного ренессанса *Н. К. Рериха:* «Человек – прежде всего обитатель космоса и только потом житель планеты Земля».

Эта мысль перекликается с философскими идеями космизма замечательных русских ученых, представителей естественнонаучной мысли *К. Э. Циолковского, В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского* и др., которые создали учение о месте и роли человечества в биосфере и космосе. С их точки зрения, во всем, что делается на Земле, надо видеть «планетное явление космического характера». Работы этих великих мыслителей в значительной степени послужили основой учения о ноосфере (сфере разума). По мысли *В. И. Вернадского,* «создание ноосферы из биосферы есть природное явление, более глубокое и мощное в своей основе, чем человеческая история».

В настоящее время последователи учения о ноосфере включают в это понятие духовно-интеллектуальные аспекты существования совокупности людей как живой системы, «целостности общечеловеческого организма». Изыскания в этой области подтверждают идею об информационном единстве человечества.

В конце XX столетия в отечественной науке стало формироваться мировоззрение, в соответствии с которым в основе мироздания лежит информация. Значительный вклад в это внесли современные исследования в области естественных наук, в частности представление о физическом вакууме как космическом фундаменте Вселенной. Особенности организации Вселенной, отражаемые в понятиях изотропности, самосогласованности и простоты, по мнению физиков-теоретиков, позволяют говорить о

Вселенной как о едином целом. Информационные концепции нашли подтверждение не только в современном естествознании, но и в общественных и в гуманитарных науках.

XXI век знаменуется вступлением человечества в новую – информационную – эпоху своего развития. Под влиянием информатизации всех сфер жизни общества формируется новая глобальная информационно-коммуникационная среда жизни, общения и производства, которая получила название инфосфера.

Подобное мировосприятие способствует восстановлению фундаментальных основ самосознания нашего народа и лежит в основании стратегии его выживания и развития перед угрозой экологического краха.

Литература

1. Авиационная медицина / Под ред. З. М. Рудного, П. В. Васильева, С. А. Гозулова. М.: Медицина, 1986.

2. *Агаджанян З. Б., Торшин В. И.* Экология человека. М.: Крук, 1994.

3. Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам. М.: Педагогика, 1982.

4. *Ажаев Б. З.* Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур. М.: Наука, 1979. Т. 38.

5. *Алексеева Т. И.* Адаптивные процессы в популяциях человека. М.: Изд-во МГУ, 1986.

6. *Алексеева Т. И.* Адаптация человека в различных экологических нишах земли. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998.

7. *Антропова М. В.* Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. М.: Просвещение, 1968.

8. *Антропова М. В.* Режим дня. Работоспособность и состояние здоровья школьников. М.: Просвещение, 1974.

9. *Аркелов Г. Г.* Учителям и родителям о психологии подростка. М.: Высшая школа, 1990.

10. *Аршавский И. А.* Очерки по возрастной физиологии. М.: Просвещение, 1967.

11. *Багдасарова Т. А.* О физиологии высотной адаптации детей в среднегорье Малого Кавказа. М.: Просвещение, 1981.

12. *Баевский С. М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979.

13. Биологические ритмы / Под ред. Ю. Ашофф. В 2 т. М.: Мир, 1984.

14. *Волович В. Г.* Академия выживания. М.: Толк, 1996.

15. *Волович В. Г.* Человек в экстремальных условиях природной среды. М.: Мысль, 1983.

16. *Воронин З. М.* Основы медицинской и биологической климатологии. М.: Медицина, 1981.

17. *Гора Е. П.* Влияние дыхания на функциональное состояние систем организма (сердечно-сосудистую систему и ЦНС). М.: Прометей, 1987.

18. *Гора Е. П.* Изменения функционального состояния систем организма (кардиореспираторной системы и ЦНС) при произвольном управлении дыханием. М.: Прометей, 1989.

19. *Гора Е. П.* Физиологические эффекты произвольного управления дыханием / Автореф. докт. дис. М., 1992.

20. *Гора Е. П.* Рекомендации по проведению комплекса дыхательных функциональных проб и дыхательной тренировки. М.: Прометей, 1993.

21. *Гора Е. П.* Экологическая физиология человека. В 2-х т. М.: ИНФРА-М, 1999.

22. *Гора Е. П.* Экология человека. Программа учебного курса для подготовки по специальности 032400 – биология. М.: Флинта; Наука, 2001.

23. *Гора Е. П.* О новой медико-биологической парадигме // Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики. 2002. № 11.

24. *Гуминский А. А.* Методы определения и пути повышения общей физической работоспособности детей школьного возраста. М.: Изд. МГПИ им. В. И. Ленина, 1984.

25. Действие гипербарической среды на организм человека и животных / Под ред. А. М. Генина. М.: Наука, 1980. (Проблемы космической биологии. Т. 39).

26. *Доскин В.* А., *Куинджи З. З.* Биологические ритмы растущего организма. М.: Медицина, 1989.

27. *Доскин В. А., Лаврентьева З. А.* Ритмы жизни. М.: Медицина, 1991.

28. *Дубинская И. Д.* Влияние состояния атмосферного воздуха на здоровье детей // Вестник АМН СССР. 1981. № 1.

29. *Жиронкин А. Г.* Кислород. Физиологическое и токсическое действие. Л.: Наука, 1972.

30. *Игнатьева Т. С.* Механизм действия антропогенных загрязнений воздушной среды на детский организм // Вестник РАМН. 1994. № 9.

31. *Казначеев В. П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980.

32. *Казначеев В. П.* Экология человека. М.: Наука, 1988.

33. *Каплан Е. Я.* и др. Оптимизация адаптивных процессов организма. М.: Наука, 1990.

34. *Кафарова Р. З.* Возрастные особенности терморегуляции и их сезонные изменения в условиях жаркого климата. М.: Просвещение, 1981.

35. *Кисляков Ю.* Я., *Бреслав И. С.* Дыхание, динамика газов и работоспособность при гипербарии. Л.: Наука, 1988.

36. *Коган А. Б.* Адаптация организма к изменяющимся условиям существования. Ростов н/Д., 1990.

37. *Колчинская А. З.* Кислородные режимы организма ребенка и подростка. Киев: Наукова думка, 1973.

38. *Колчинская А. З.* О возрастных особенностях реакции организма на недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе. Киев: Наукова думка, 1973.

39. Космическая биология и медицина / Под ред. В. И. Яздовского. М.: Наука, 1966.

40. *Кочеткова З. Т., Лесненко З. А.* Актуальные проблемы адаптации детей школьного возраста к умственным и физическим нагрузкам. Челябинск: Изд-во ЧГПИ, 1989.

41. *Кузнецова Т. Д.* Возрастные особенности дыхания детей и подростков. М.: Медицина, 1986.

42. *Кучер Т. В., Колпащикова И. Ф.* Медицинская география. М.: Просвещение, 1996.

43. *Лебедев В. И.* Личность в экстремальных условиях. М.: Изд-во политической литературы, 1989.

44. *Лопу-ова В. В.* Физиологические основы адаптации. Томск.: Изд-во Томского ун-та, 1982.

45. *Мазурин А. В., Григорьев К. И.* Метеопатология у детей. М.: Наука, 1990.

46. *Малкин В. Б. и др.* Острая и хроническая гипоксия. М.: Наука, 1977 (Проблемы космической биологии. Т. 35).

47. *Малкин В. Б., Гора Е. П.* Гипервентиляция. М.: Наука, 1990. (Проблемы космической биологии. Т. 70).

48. *Малкин В. Б., Гора Е. П.* Проблема адаптации к космическому полету // Авиакосмическая и экологическая медицина. Т. 30. 1996. № 6.

49. *Медведев В. И.* Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов. Л.: Наука, 1982.

50. *Меерсон Ф. З.* Адаптация, стресс и профилактика. М.: Наука, 1981.

51. *Моисеева З. И.* и др. Воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека. Л.: Наука, 1986. (Проблемы космической биологии. Т. 53).

52. *Муина В. С.* Детская психология. М.: Просвещение, 1985.

53. Основные механизмы адаптации человека. М.: Наука, 1993.

54. Основы космической биологии и медицины / Под ред. О. Г. Газенко, М. Кальвина. М.: Наука, 1975.

55. *Раппопорт Ж. Ж.* Адаптация ребенка на севере. Л.: Медицина, 1979.

56. Руководство по физиологии труда / Под ред. 3. М. Золиной. М.: Медицина, 1983.

57. *Савельева Е. В.* О влиянии смены климатических условий на организм подростков. М.: Просвещение, 1981.

58. *Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. М.: Медгиз, 1960.

59. *Сердюковская Г. З., Серенко А. Ф.* Биологические и социальные факторы в развитии ребенка // Вестник АМН СССР. 1981. № 1.

60. *Слоним А. Д.* Экологическая физиология животных. М.: Высшая школа, 1971.

61. Справочник по космической биологии и медицине / Под ред. А. И. Бурназяна, О. Г. Газенко. М.: Медицина, 1983.

62. *Тарасов В. В.* Экология человека в чрезвычайных ситуациях. М.: Изд-во МГУ, 1992.

63. *Тупицын И. О.* Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников. М.: Педагогика, 1985.

64. Физиология адаптационных процессов. М.: Наука, 1986.

65. *Холопов А. П.* Экология детства: социальные и медицинские проблемы. Новосибирск: Сибирь, 1994.

66. *Чижевский А. Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976.

67. *Шмальгаузен И. И.* Пути и закономерности эволюционного процесса // Избр. тр. М.: Наука, 1983.

68. Экологическая физиология человека. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям. Л.: Наука, 1980.

69. Экологическая физиология человека. Адаптация человека к экстремальным условиям среды. М.: Наука, 1979.

70. *Greksa Lawrence P.* Developmental responses to high-altitude hypoxia in children of European ancestry // Amer. J. Hum. Biol. 1990. V. 2. № 6.

71. *Lean G.* Radiation, doses, effects. Oxford Press, 1990.

72. *Pelech Z., Dolgner R.* Environmental pollution and school children. Zentrabl. Hyg. und Umweltmed. 1989. V. 189. № 1.

73. *Ronchetti R.* Passive smoking in childhood – tobacco smoke. Lung, 1990.

74. *Taylor B.* Prevention of pediatric pulmonary problems: the importance of maternal smoking. Lung, 1990.

Оглавление

- Введение
- Часть I. ОБЩИЙ КУРС ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
- Глава 1. Взаимодействие организма со средой обитания
- 1.1. Общие закономерности адаптации
- 1.1.1. Факторы воздействия окружающей среды
- 1.1.2. Физиологическая адаптация
- 1.1.3. Генотипическая и фенотипическая адаптация. Пределы адаптивных возможностей (норма реакции)
- 1.1.4. Адаптивные формы поведения
- 1.1.5. Неспецифические и специфические компоненты адаптации. Перекрестная адаптация
- 1.2. Механизмы адаптации
- 1.2.1. Фазовый характер адаптации. Нервные и гуморальные механизмы. Цена адаптации
- 1.3. Эффективность адаптации. Кратковременная и долговременная адаптация
- 1.3.1. Экологические аспекты заболеваний
- 1.3.2. Оценка эффективности адаптационных процессов
- 1.3.3. Методы увеличения эффективности адаптации
- 1.3.4. Зависимость адаптационных процессов от длительности проживания в измененных условиях среды
- 1.3.5. Аборигены. Физиологические механизмы их приспособления к среде. Адаптивные типы и среда
- Глава 2. Адаптация к природным и климатогеографическим условиям
- 2.1. Природные факторы и их воздействие на организм
- 2.1.1. Природная радиация. Магнитные поля
- 2.1.2. Метеорологические факторы и их влияние на организм
- 2.1.3. Метеопатология
- 2.2. Экологические аспекты хронобиологии
- 2.2.1. Биологические ритмы
- 2.2.2. Характеристики биоритмов
- 2.2.3. Классификация биоритмов
- 2.2.4. Циркадианные ритмы
- 2.2.5. Сезонные (цирканальные) ритмы
- 2.2.6. Влияние гелиогеофизических факторов на биоритмы человека
- 2.2.7. Адаптационная перестройка биологических ритмов

- 2.3. Общие вопросы адаптации организма человека к различным климатогеографическим регионам
- 2.3.1. Адаптация человека к условиям Арктики и Антарктики
- 2.3.2. Адаптация человека к пустынной (аридной) зоне
- 2.3.3. Адаптация человека к условиям тропической (юмидной) зоны
- 2.3.4. Адаптация человека к условиям высокогорья
- 2.3.5. Адаптация человека к условиям морского климата
- Глава 3. Адаптация человека к экстремальным условиям среды
- 3.1. Экстремальное состояние
- 3.2. Этапы адаптации
- 3.3. Психофизиологическая адаптация
- 3.4. Гравитация
- 3.4.1. Механизмы действия ускорений (перегрузок)
- 3.4.2. Реакции организма на невесомость
- 3.5. Влияние вибраций
- 3.6. Влияние длительных и интенсивных звуковых нагрузок
- 3.7. Острая гипоксия
- 3.7.1. Высотная болезнь
- 3.8. Высотные декомпрессионные расстройства
- 3.9. Физиологические реакции организма на избыток кислорода
- 3.10. Гиперкапния
- 3.11. Адаптация к условиям высоких и низких температур
- 3.12. Влияние электромагнитных излучений
- 3.13. Действие ионизирующих излучений
- 3.14. Адаптация человека к последствиям чрезвычайных ситуаций (катастроф)
- 3.15. Проблема адаптации человека к условиям авиакосмических полетов
- 3.15.1. Космическая биология и авиакосмическая медицина
- 3.15.2. Адаптация к космическим полетам
- 3.16. Влияние подводных погружений
- 3.16.1. Подводная биология и медицина
- 3.16.2. Биологические проблемы погружения
- 3.17. Искусственная газовая атмосфера
- Глава 4. Социальная адаптация
- 4.1. Адаптация к антропогенным факторам среды
- 4.2. Адаптация к городским и сельским условиям
- 4.3. Проблема стресса
- 4.3.1. Современные представления о механизмах стресса
- 4.3.2. Стрессовая устойчивость
- 4.3.3. Адаптация к стрессовым условиям
- 4.3.4. Способы предотвращения и снятия состояния стресса
- 4.4. Демографические процессы
- 4.5. Адаптация к различным видам трудовой деятельности. Характеристика основных типов работы
- 4.5.1. Физическая работа
- 4.5.2. Умственная работа
- 4.5.3. Утомление
- 4.6. Рациональная организация учебного и трудового процессов
- 4.7. Профессиональный отбор
- 4.8. Адаптация студентов к условиям обучения в вузе

- 4.9. Адаптация к различным видам профессиональной деятельности
- 4.9.1. Адаптация к профессиональной деятельности учителя
- 4.9.2. Адаптация к профессиональной деятельности врача
- 4.9.3. Адаптация к профессиональной деятельности предпринимателя
- 4.9.4. Адаптация к операторской деятельности
- 4.10. Психологические аспекты адаптации
- 4.10.1. Этапы психической адаптации и дезадаптации (рис. 4.4)
- Часть II. ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
- Глава 5. Общие закономерности адаптации организма ребенка
- 5.1. О механизмах адаптации детского организма
- 5.2. Фазовый характер адаптации
- 5.3. Особенности адаптивных процессов у детей
- Глава 6. Адаптация ребенка к различным природным и климатогеографическим условиям
- 6.1. Влияние природных факторов на развивающийся организм
- 6.2. Биологические ритмы растущего организма
- 6.3. Адаптация детского организма к климатогеографическим регионам
- 6.3.1. Адаптация ребенка к условиям высоких широт
- 6.3.2. Адаптация детей к пустынной зоне
- 6.3.3. Адаптация детского организма к условиям тропиков
- 6.3.4. Адаптация детей к условиям высокогорья
- Глава 7. Социальные аспекты адаптации детей
- 7.1. Влияние антропогенных факторов на функциональное состояние организма ребенка
- 7.1.1. Влияние шума
- 7.1.2. Электромагнитные излучения
- 7.1.3. Действие радиации на ребенка
- 7.1.4. Химическое загрязнение окружающей среды и его воздействие на растущий организм
- 7.1.5. Урбанизация и детский организм
- 7.2. Адаптация детей к социальным факторам
- 7.2.1. Детский организм и стресс
- 7.2.2. Социальные факторы, негативно влияющие на детский организм
- 7.2.3. Адаптация детей к физическим нагрузкам
- 7.2.4. Адаптация детей к умственным нагрузкам
- 7.2.5. Воздействие телевизора и компьютера
- 7.2.6. Психологические аспекты адаптации детей к школе
- 7.2.7. Рациональная организация учебного процесса
- 7.2.8. Профессиональная ориентация подростков
- Заключение
- Литература

- Реклама на сайте