

Основы ИВЛ



ОСНОВЫ ИВЛ

Горячев А.С.
Савин И. А.



Отделение реанимации
НИИ им. Н.Н. Бурденко

Отделение реанимации
и интенсивной терапии
НИИ нейрохирургии
им. академика Н.Н. Бурденко

www.nsicu.ru



НИИ Нейрохирургии
им. Бурденко РАМН



Горячев А.С.



Савин И.А.

Аннотация

Если Вы врач-реаниматолог, не можете ответить, что значат: «паттерн ИВЛ», «способ согласования вдохов», «способ управления вдохом», «управляемый параметр», «временные интервалы дыхательного цикла», «фазы дыхательного цикла», «фазовые переменные», «условные переменные» и «принцип управления», как работает триггер аппарата ИВЛ и как происходит переключение с вдоха на выдох – эта книга для Вас. Мы постоянно сталкиваемся с тем, что одинаковые режимы ИВЛ на разных аппаратах имеют разные названия и, нередко разные режимы ИВЛ названы одинаково или почти одинаково.

Цель этой книги, – рассказать, как наши коллеги, врачи-реаниматологи, во всём мире договорились классифицировать режимы ИВЛ. Автором классификации является профессор Кливлендского университета Роберт Чатбурн (Robert L. Chatburn).

Эта классификация режимов ИВЛ утверждена на согласительной конференции по аппаратам ИВЛ (Consensus statement on the

essentials of mechanical ventilators) Американской ассоциации по респираторной терапии и опубликована в 2001 году в 46 томе журнала «Respiratory Care» на стр. 604-621 под заголовком «A new system for understanding modes of mechanical ventilation».

Книга поможет понять, чем отличаются 6 вариантов режима «IMV» на аппаратах фирмы Dräger. Являются ли синонимами названия режимов: «BIPAP», «Duo-PAP», «ARPV/ Biphasic», «BiVENT», «Bilevel», «SPAP», «APRV», «Intermittent CPAP», «CPAP with release»? В книге описано 28 режимов созданных на основе способа согласования вдохов CMV. Как лаконично описать режим ИВЛ, чтобы его нельзя было спутать с другим и Вас поняли коллеги во всём мире? Авторы книги приводят описание всех известных им режимов ИВЛ – более шестидесяти.

Книга богато иллюстрирована и сопровождается англо-русским словарем респираторных терминов, что поможет Вам читать научную литературу и инструкции к аппаратам ИВЛ в оригинале.

Книгу написали А.С. Горячев и И.А. Савин – врачи реаниматологи высшей категории отделения реанимации НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.

Электронная книга - «Основы ИВЛ» и полный текст в формате PDF в свободном доступе на сайте www.nsicu.ru.

Издательство «Медиздат»

Москва 2009

ISBN 978-5-902943-10-5

В течение одного вдоха нет места сомнению,

– есть только путь!

Ямамото Цунетомо

(«Сокрытое в листве»)

Введение

Сколько в мире режимов ИВЛ? Можно ли разобраться в этом многообразии? Кажется, вот, выучил все режимы, а фирмы в погоне за коммерческим успехом создали новое поколение аппаратов и опять назвали одно и то же разными терминами. Не волнуйтесь коллеги, у нас есть вдох и выдох, а остальное – частности. Разберёмся.

Прежде всего, о терминах: нам кажется бессмысленным выдумывать переводные русскоязычные термины, когда есть оригинальные, – английские. Более того, всегда есть опасность, что кто-нибудь решит, что он точнее раскрыл смысл термина, например, вместо привычного РЕЕР или ПДКВ вдруг возникает «положительное конечное экспираторное давление». Вот на флоте никому ведь не придет в голову переводить такие термины как мичман (midshipman – средний корабельный человек) или боцман (boat's man – корабельный человек), я думаю, большинство боцманов даже и не догадываются, как переводится на великий и могучий русский язык их непростая должность, а служба идет. Итак, режимы мы будем называть английскими именами.

В мире много разных аппаратов ИВЛ и у каждого аппарата несколько режимов вентиляции. Производители этой замечательной техники весьма часто одни и те же режимы называют по-разному, но случается, что разные вещи называют почти одинаково.

Цель этой книги, – рассказать, как наши коллеги, врачи-реаниматологи, во всём мире договорились классифицировать режимы ИВЛ. Автором этой классификации является профессор Кливлендского университета Роберт Чатбурн (Robert L. Chatburn).

Эта классификация режимов ИВЛ впервые опубликована в 1991 [Respir Care; 36(9):1123-1155], затем, повторно, 1992 году в 37 томе

того же журнала «Respiratory Care» в рамках результатов согласительной конференции по аппаратам ИВЛ (Consensus statement on the essentials of mechanical ventilators) Американской ассоциации по респираторной терапии (American Association for Respiratory Care) стр.1026-1044. В 2001 году в 46 томе того же журнала на стр. 604-621 под заголовком «A new system for understanding modes of mechanical ventilation» опубликован финальный вариант этой классификации. Эта классификация режимов ИВЛ подробно описана и разобрана в трёх книгах из списка литературы [2, 4, 7].

Другие авторы, являющиеся признанными авторитетами в вопросах ИВЛ [1, 3, 5, 6], в своих руководствах применяют эту классификацию, отсылая читателя к первоисточнику.

В нашей книге мы используем общепринятую английскую терминологию, чтобы избежать путаницы, неизбежно возникающей при переводе. Мы надеемся, что книга поможет нашим коллегам читать медицинскую литературу в оригинале. Все английские термины мы перевели, объяснили и прокомментировали. Для затравки скажем, чтобы описать режим ИВЛ нужно:

1. назвать паттерн дыхания
2. указать принцип управления
3. описать особенности вентиляционной стратегии.

Как это сделать, вы узнаете из книги.

Часть I

Основа взаимопонимания
авторов и читателей

1.1. Самая простая классификация аппаратов ИВЛ (или о чём speech)

NPV аппараты ИВЛ, создающие отрицательное давление вокруг грудной клетки пациента для обеспечения вдоха.

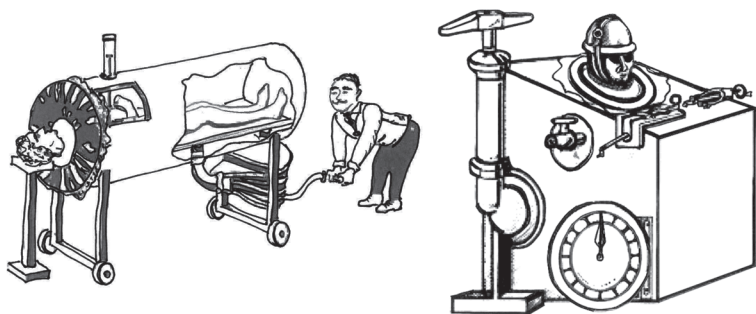
HFV аппараты ИВЛ, вдвухающие воздух в легкие с частотой более 60 циклов в минуту.

PPV аппараты ИВЛ, вдвухающие воздух в легкие с частотой не более 60 циклов в минуту.

PPV(positive pressure ventilation), NPV(negative pressure ventilation) и вообще откуда дует ветер

В английском языке слова, обозначающие дыхание и ветер, звучат почти одинаково это **breeze** (бриз) и **breathe** (дышать). В обоих случаях воздух из зоны высокого давления перемещается в зону низкого давления. Учёные, изучающие дыхание, договорились принять атмосферное давление (**pressure**) за ноль (0 - **zero**). Если ниже атмосферного, – отрицательное (**negative**), а если выше, – положительное (**positive**). Когда мы дышим самостоятельно, вдыхая, мы создаём отрицательное давление в дыхательных путях, а выдыхая, – положительное. Кто не понял, сделайте несколько дыхательных упражнений. Полость грудной клетки расширяется, давление воздуха в дыхательных путях становится ниже атмосферного, – происходит вдох, при выдохе – наоборот. Таким образом, самостоятельное дыхание, – это **NPV (negative pressure ventilation)** поскольку на вдохе давление воздуха в дыхательных путях ниже атмосферного. Существуют аппараты ИВЛ **NPV**. Это большой герметичный сундук, из которого торчит голова пациента. Чтобы состоялся вдох, давление в сундуке должно упасть ниже атмосферного, вызвав расширение грудной клетки. Довольно физиологично, но весьма громоздко.





Аппараты ИВЛ NPV типа «Iron lung»



HFV (high frequency ventilation) – высокочастотная ИВЛ в природе используется хищниками, которые не умеют потеть, например, собаками. При этом типе дыхания объем одного вдоха меньше мёртвого пространства. Этот тип дыхания по-английски называется **panting**. Газообмен происходит за счет непрерывного перемешивания воздуха. Легкие выполняют роль радиатора и испарителя, позволяя хищнику, одетому в меховую

шубу, не погибнуть от теплового шока. По мере того, как технические задачи, связанные с адекватным увлажнением и согреванием дыхательной смеси аппаратов ВЧИВЛ (**HFV**), находят решение, эти замечательные машины занимают достойное место в клинике. Более к аппаратам ИВЛ **HFV** на страницах этого руководства мы не вернёмся.

Те аппараты ИВЛ, которые мы применяем в операционной и в реанимационном зале, используют принцип **PPV (positive pressure ventilation)**, поскольку давление воздуха в дыхательных путях пациента на вдохе выше атмосферного. Если в конце выдоха давление снижается до уровня атмосферного, – это **ZEEP (zero end expiratory**

pressure или нулевое давление конца выдоха). Если в конце выдоха давление не снижается до уровня атмосферного, – это **PEEP (positive end expiratory pressure)** или ПДКВ (положительное давление конца выдоха). Кстати, давление в дыхательных путях измеряют в сантиметрах водного столба (см H₂O) и в миллибарах (mbar или мбар).

1 миллибар=0,9806379 см водного столба.

1.2. Респираторная механика – необходимый минимум

– Какие параметры вдоха и выдоха измеряет аппарат ИВЛ?

Время (time),

объём (volume),

поток (flow),

давление (pressure).

Время (time)

– Что такое ВРЕМЯ?

Время – это мера длительности и последовательности явлений

На графиках давления, потока и объёма время бежит по горизонтальной оси «Х». Измеряется в секундах, минутах, часах. С позиций респираторной механики нас интересует длительность вдоха и выдоха, поскольку произведение потокового времени вдоха (**Inspiratory flow time**) на поток равно объёму вдоха, а произведение потокового времени выдоха (**Expiratory flow time**) на поток равно объёму выдоха.

Временные интервалы дыхательного цикла (их четыре)

Что такое «вдох – inspiration» и «выдох – expiration»?

Вдох это вход воздуха в легкие. Длится до начала выдоха. Выдох – это выход воздуха из легких. Длится до начала вдоха. Иными словами, вдох считается с момента начала поступления воздуха в дыхательные пути и длится до начала выдоха, а выдох – с момента начала изгнания воздуха из дыхательных путей и длится до начала вдоха.

Эксперты делят вдох на две части.

Inspiratory time = Inspiratory flow time + Inspiratory pause

Inspiratory flow time – временной интервал, когда в легкие поступает воздух.

Что такое «инспираторная пауза» (**inspiratory pause** или **inspiratory hold**)?

Это временной интервал, когда клапан вдоха уже закрыт, а клапан выдоха еще не открыт. Хотя в это время поступления воздуха в легкие не происходит, инспираторная пауза является частью времени вдоха. Так договорились. Инспираторная пауза возникает, когда заданный объем уже доставлен, а время вдоха ещё не истекло. Для спонтанного дыхания – это задержка дыхания на высоте вдоха. Задержка дыхания на высоте вдоха широко практикуется индийскими йогами и другими специалистами по дыхательной гимнастике. В некоторых режимах ИВЛ инспираторная пауза отсутствует.

Для аппарата ИВЛ PPV выдох **expiratory time** – это временной интервал от момента открытия клапана выдоха до начала следующего вдоха. Эксперты делят выдох на две части.

Expiratory time = Expiratory flow time + Expiratory pause.

Expiratory flow time – временной интервал, когда воздух выходит из легких.

Что такое «экспираторная пауза» (**expiratory pause** или **expiratory hold**)?

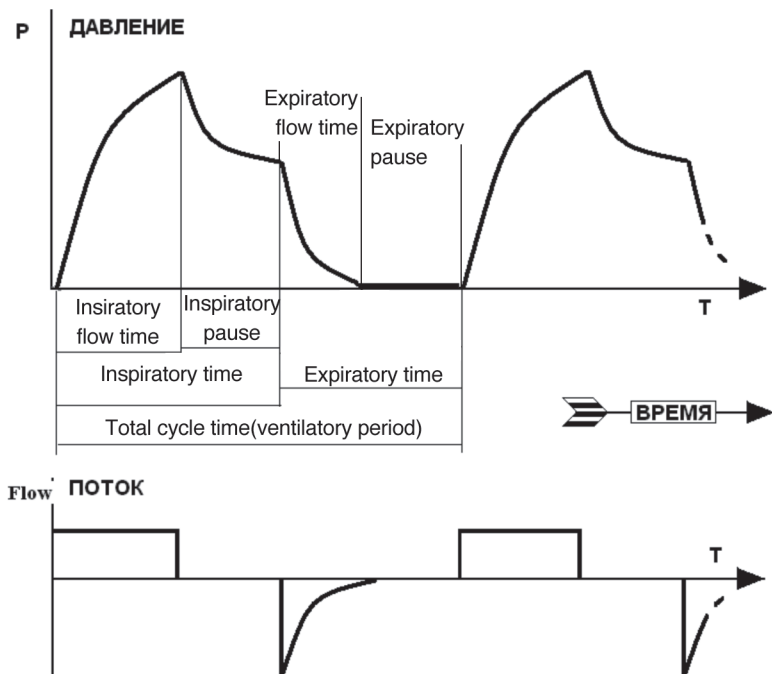
Это временной интервал, когда поток воздуха из легких уже не поступает, а вдох ещё не начался. Если мы имеем дело с «умным» аппаратом ИВЛ, мы обязаны сообщить ему сколько времени, по нашему мнению, может длиться экспираторная пауза. Если время экспираторной паузы истекло, а вдох не начался, «умный» аппарат ИВЛ объявляет тревогу (**alarm**) и начинает спасать пациента, поскольку считает, что произошло апноэ (**apnoe**). Включается опция **Apnoe ven-**

tilation. В некоторых режимах ИВЛ экспираторная пауза отсутствует.
Total cycle time – время дыхательного цикла складывается из времени вдоха и времени выдоха.

$$\text{Total cycle time (Ventilatory period)} = \text{Inspiratory time} + \text{Expiratory time}$$

ИЛИ

$$\text{Total cycle time} = \text{Inspiratory flow time} + \text{Inspiratory pause} + \text{Expiratory flow time} + \text{Expiratory pause}$$



Этот фрагмент убедительно демонстрирует трудности перевода:

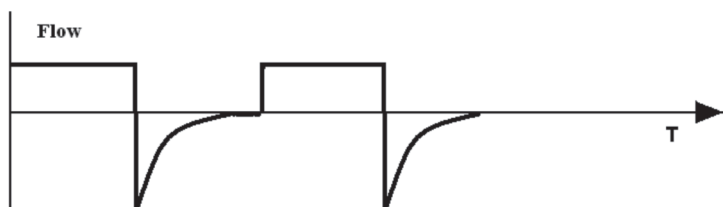
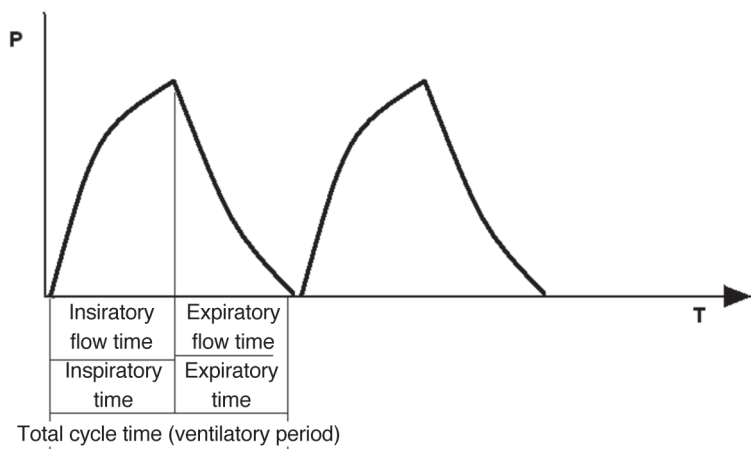
1. **Expiratory pause** и **Inspiratory pause** вообще не переводят, а просто пишут эти термины кириллицей. Мы используем буквальный перевод, – **задержка вдоха и выдоха**.

2. Для **Inspiratory flow time** и **Expiratory flow time** в русском языке нет удобных терминов.

3. Когда мы говорим «вдох» – приходится уточнять: – это **Inspiratory time** или **Inspiratory flow time**.

Для обозначения **Inspiratory flow time** и **Expiratory flow time** мы будем

использовать термины *поток* и *поток* *вдох* и *выдох*.



Инспираторная и/или экспираторная паузы могут отсутствовать.

Объём (volume)

– *Что такое ОБЪЁМ?*

Некоторые наши курсанты отвечают: «Объём — это количество вещества».

Для несжимаемых (твёрдых и жидких) веществ это верно, а для газов не всегда.

Пример:

Вам принесли баллон с кислородом, ёмкостью (объёмом) 3л, — а сколько в нём кислорода? Ну конечно, нужно измерить давление, и тогда, оценив степень сжатия газа и ожидаемый расход, можно сказать, надолго ли его хватит.

Механика – наука точная, поэтому прежде всего,

Объём – это мера пространства.

И, тем не менее, в условиях спонтанного дыхания и ИВЛ при нормальном атмосферном давлении мы используем единицы объема для оценки количества газа. Сжатием можно пренебречь.* В респираторной механике объёмы измеряют в литрах или миллилитрах.

Для описания объёмов используются три слова

1. Пространство (**space**).
2. Ёмкость (**capacity**).
3. Объём (**volume**).

Объёмы и пространства в респираторной механике.

Дыхательный объём (V_t) по-английски **Tidal volume** – это величина одного обычного вдоха или выдоха.

Минутный объём (MV) – по-английски **Minute volume** – это сумма дыхательных объёмов за минуту. Если все дыхательные объёмы в течение минуты равны, можно просто умножить дыхательный объём на частоту дыханий.

Мертвое пространство (DS) по-английски **Dead** space** – это суммарный объём воздухоносных путей (зона дыхательной системы, где нет газообмена).

*Когда дыхание происходит под давлением выше атмосферного (барокамера, глобоководные аквалангисты и т.д.), сжатием газов пренебрегать нельзя, поскольку меняются их физические свойства, в частности растворимость в воде. В результате – кислородное опьянение и кесонная болезнь.

В высокогорных условиях при низком атмосферном давлении здоровый спортсмен-альпинист с нормальным уровнем гемоглобина в крови испытывает гипоксию, несмотря на то, что дышит глубже и чаще (дыхательный и минутный объёмы увеличены).

**второе значение слова dead – бездыханный

Объемы, исследуемые при спирометрии

Дыхательный объём (V_T) по-английски **Tidal volume** – это величина одного обычного вдоха или выдоха.

Резервный объём вдоха – РОВд (IRV) по-английски **Inspired reserve volume** – это объём максимального вдоха по завершении обычного вдоха.

Ёмкость вдоха – ЕВ (IC) по-английски **Inspiratory capacity** – это объём максимального вдоха после обычного выдоха.

$$IC = TLC - FRC$$

или

$$IC = V_T + IRV$$

Общая ёмкость лёгких – ОЕЛ (TLC) по-английски **Total lung capacity** – это объём воздуха в лёгких по завершении максимального вдоха.

Остаточный объём – ОО (RV) по-английски **Residual volume** – это объём воздуха в лёгких по завершении максимального выдоха.

Жизненная ёмкость лёгких – ЖЕЛ (VC) по-английски **Volume capacity** – это объём вдоха после максимального выдоха.

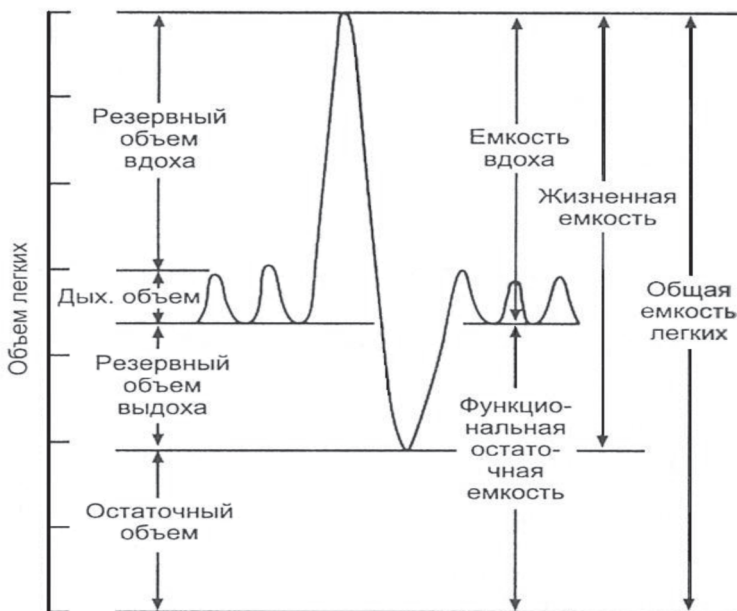
$$VC = TLC - RV$$

Функциональная остаточная ёмкость – ФОЕ (FRC) по-английски **Functional residual capacity** – это объём воздуха в лёгких по завершении обычного выдоха.

$$FRC = TLC - IC$$

Резервный объём выдоха – РОВыд (ERV) по-английски **Expired reserve volume** – это объём максимального выдоха по завершении обычного выдоха.

$$ERV = FRC - RV$$



Поток (flow)

– *Что такое ПОТОК?*

– «Объемная скорость» – точное определение, удобное для оценки работы насосов и трубопроводов, но для респираторной механики больше подходит:

Поток – это скорость изменения объёма

В респираторной механике поток (\dot{V}) измеряют в литрах в минуту.

Примеры:

Поток(\dot{V}) = 60л/мин, Длительность вдоха(T_i) = 1сек(1/60мин),

Дыхательный объём (V_T) = ?

Решение: $\dot{V} \times T_i = V_T$

Ответ: 1л

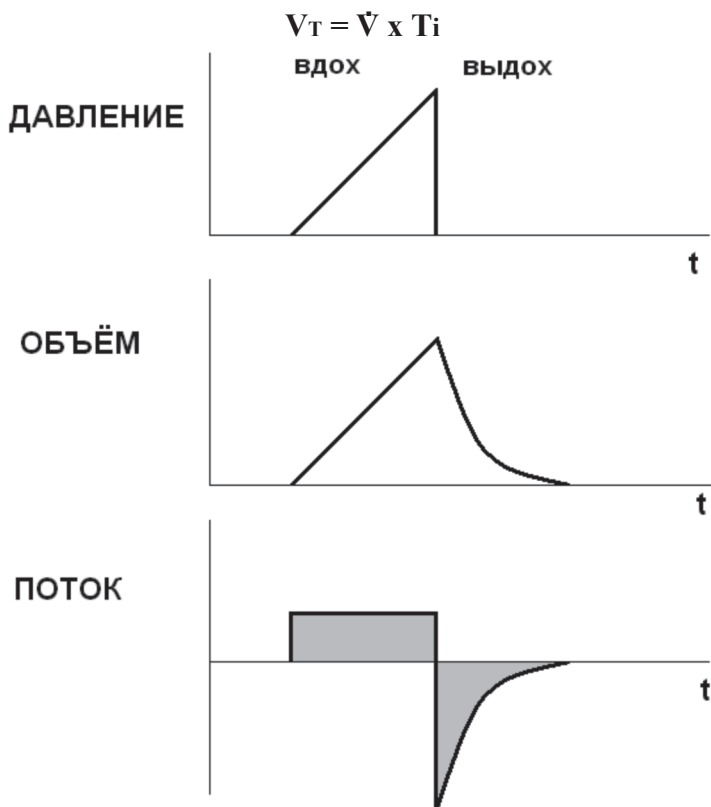
Поток(\dot{V}) = 60л/мин, Дыхательный объём(V_T) = 1л,

Длительность вдоха(T_i) = ?

Решение: $V_T / \dot{V} = T_i$

Ответ: 1сек(1/60мин)

Объём – это произведение потока на время вдоха или площадь под кривой потока.



Это представление о взаимоотношении потока и объема используется при описании режимов вентиляции.

Давление (pressure)

-- *Что такое ДАВЛЕНИЕ?*

Давление(pressure) – это сила, приложенная к единице площади

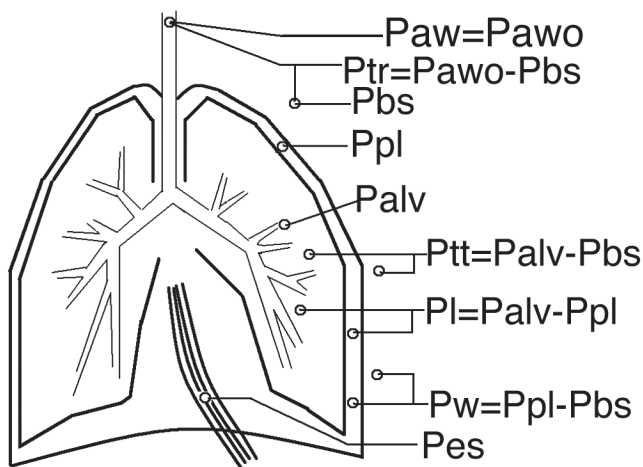
Давление в дыхательных путях измеряют в сантиметрах водного столба (см H₂O) и в миллибарах (mbar или мбар). 1 миллибар=0,9806379 см водного столба.

(Бар (греч.βάρος — тяжесть) — внесистемная единица измерения давления, равная 10^5 Н/м² (ГОСТ 7664-61) или 10^6 дин/см² (в системе СГС).)

Значения давлений в разных зонах дыхательной системы и градиенты (gradient) давления

По определению давление – это сила, которая уже нашла себе применение, – она (эта сила) давит на площадь и ничего никуда не перемещает. Грамотный доктор знает, что вздох, ветер, и даже ураган, создается разностью давлений или градиентом (gradient).

Например: в баллоне газ под давлением 100 атмосфер. Ну и что, стоит себе баллон и никого не трогает. Газ в баллоне спокойно себе давит на площадь внутренней поверхности баллона и ни на что не отвлекается. А если открыть? Возникнет градиент (gradient), который и создаёт ветер.



Давления:

P_{aw} – давление в дыхательных путях

P_{bs} - давление на поверхности тела

P_{pl} - плевральное давление

P_{alv} - альвеолярное давление

P_{es} - пищеводное давление

Градиенты:

P_{tr} -трансреспирационное давление $P_{tr} = P_{aw} - P_{bs}$

P_{tt} -трансторакальное давление $P_{tt} = P_{alv} - P_{bs}$

P_l -транспульмональное давление $P_l = P_{alv} - P_{pl}$

P_w -трансмуральное давление $P_w = P_{pl} - P_{bs}$

(Легко запомнить: если использована приставка «транс» – речь идёт о градиенте).

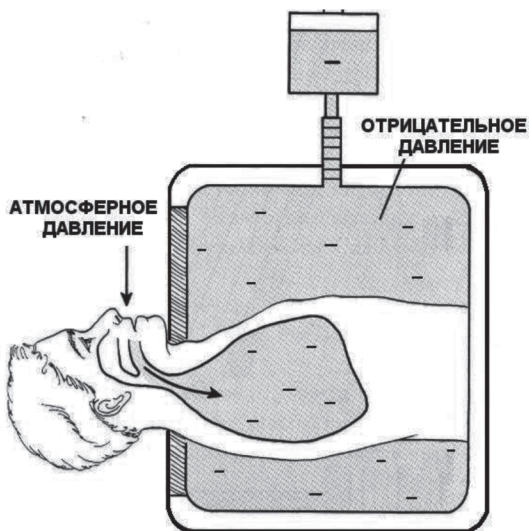
Главной движущей силой, позволяющей сделать вдох, является разность давлений на входе в дыхательные пути (P_{aw} - pressure airway opening) и давление в том месте, где дыхательные пути заканчиваются – то есть в альвеолах (P_{alv}). Проблема в том, что в альвеолах технически сложно померить давление. Поэтому для оценки дыхательного усилия на спонтанном дыхании оценивают градиент между пищеводным давлением (P_{es}), при соблюдении условий измерения

оно равно плевральному (P_{pl}), и давлением на входе в дыхательные пути (P_{awo}).

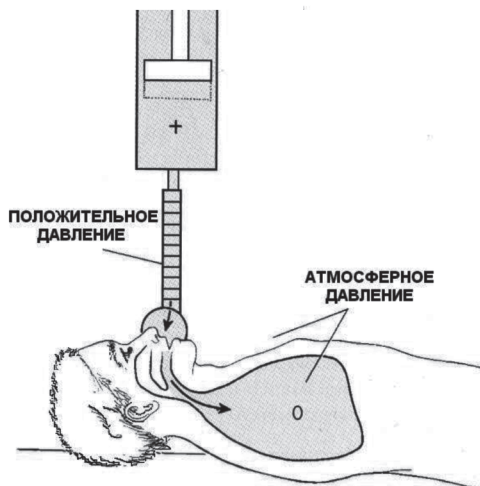
При управлении аппаратом ИВЛ наиболее доступным и информативным является градиент между давлением в дыхательных путях (P_{aw}) и давлением на поверхности тела (P_{bs} - pressure body surface). Этот градиент (P_{tr}) называется «транспираторное давление», и вот как он создается:

1. При NPV P_{awo} соответствует атмосферному, то есть ноль, а P_{bs} становится отрицательным в результате работы аппарата.

Аппарат ИВЛ NPV типа «Kirassa»



2. При PPV Давление на поверхности тела (P_{bs}) равно нулю, то есть соответствует атмосферному, а P_{awo} выше атмосферного, то есть положительное.



Как видите, ни один из методов ИВЛ не соответствует полностью спонтанному дыханию, но если оценивать воздействие на венозный возврат и лимфоотток аппараты ИВЛ NPV типа «Kirassa» кажутся более физиологичными. Аппараты ИВЛ NPV типа «Iron lung», создавая отрицательное давление над всей поверхностью тела, снижают венозный возврат и, соответственно, сердечный выброс.

Без Ньютона здесь не обойтись.

Исаак Ньютон



Давление (**pressure**) – это сила, с которой ткани лёгких и грудной клетки противодействуют вводимому объёму, или, иными словами, сила, с которой аппарат ИВЛ преодолевает сопротивление дыхательных путей, эластическую тягу лёгких и мышечно-связочных структур грудной клетки (по третьему за-

кону Ньютона это одно и то же поскольку «сила действия равна силе противодействия»).

Equation of Motion уравнение сил, или третий закон Ньютона для системы «аппарат ИВЛ – пациент»

В том случае, если аппарат ИВЛ осуществляет вдох синхронно с дыхательной попыткой пациента, давление, создаваемое аппаратом ИВЛ (**Pvent**), суммируется с мышечным усилием пациента (**Pmus**) (левая часть уравнения) для преодоления упругости лёгких и грудной клетки (**elastance**) и сопротивления (**resistance**) потоку воздуха в дыхательных путях (правая часть уравнения).

$$P_{mus} + P_{vent} = P_{elastic} + P_{resistive}$$

(давление измеряют в миллибарах)

$$P_{elastic} = E \times V$$

(произведение упругости на объём)

$$\text{Presistive} = R \times \dot{V}$$

(произведение сопротивления на поток)

соответственно

$$P_{\text{mus}} + P_{\text{vent}} = E \times V + R \times \dot{V}$$

$$P_{\text{mus}}(\text{мбар}) + P_{\text{vent}}(\text{мбар}) = E(\text{мбар/мл}) \times V(\text{мл}) + R(\text{мбар/л/мин}) \times \dot{V}(\text{л/мин})$$

Заодно вспомним, размерность **E - elastance** (упругость) показывает на сколько миллибар возрастает давление в резервуаре на вводимую единицу объёма (**мбар/мл**); **R - resistance** сопротивление потоку воздуха проходящему через дыхательные пути (**мбар/л/мин**).

*Ну и для чего нам пригодится это **Equation of Motion** (уравнение сил)?*

Понимание уравнения сил позволяет нам делать три вещи:

Во-первых, любой аппарат ИВЛ **PPV** может управлять одно-моментно только одним из изменяемых параметров входящих в это уравнение. Эти изменяемые параметры – давление объём и поток. Поэтому существуют три способа управления вдохом: **pressure control, volume control, или flow control**. Реализация варианта вдоха зависит от конструкции аппарата ИВЛ и выбранного режима ИВЛ.

Во-вторых, на основе уравнения сил созданы интеллектуальные программы, благодаря которым аппарат рассчитывает показатели респираторной механики (например.: **compliance** (растяжимость), **resistance** (сопротивление) и **time constant** (постоянная времени «**τ**»).

В-третьих, без понимания уравнения сил не понять такие режимы вентиляции как “**proportional assist**”, “**automatic tube compensation**”, и “**adaptive support**”.

Главные расчетные параметры респираторной механики resistance, elastance, compliance

1. Сопротивление дыхательных путей (airway resistance)

Сокращенное обозначение – R_{aw} .

Размерность – $\text{смH}_2\text{O}/\text{Л}/\text{сек}$ или $\text{мбар}/\text{мл}/\text{сек}$

Норма для здорового человека – $0,6\text{--}2,4 \text{ смH}_2\text{O}/\text{Л}/\text{сек}$.

Физический смысл данного показателя говорит, каким должен быть градиент давлений (нагнетающее давление) в данной системе, чтобы обеспечить поток 1 литр в секунду. Современному аппарату ИВЛ несложно рассчитать **резистанс (airway resistance)**, у него есть датчики давления и потока – разделил давление на поток, и готов результат.

Для расчета **резистанс** аппарат ИВЛ делит разность (градиент) максимального давления вдоха (PIP) и давления плато вдоха (P_{plateau}) на поток (\dot{V}).

$$R_{aw} = (PIP - P_{\text{plateau}}) / \dot{V}$$

– Что и чему сопротивляется?

Респираторная механика рассматривает сопротивление дыхательных путей воздушному потоку. Сопротивление (**airway resistance**) зависит от длины, диаметра и проходимости дыхательных путей, эндотрахеальной трубки и дыхательного контура аппарата ИВЛ. Сопротивление потоку возрастает, в частности, если происходит накопление и задержка мокроты в дыхательных путях, на стенках эндотрахеальной трубки, скопление конденсата в шлангах дыхательного контура или деформация (перегиб) любой из трубок. Сопротивление дыхательных путей растёт при всех хронических и острых обструктивных заболеваниях лёгких, приводящих к уменьшению диаметра воздухоносных путей. В соответствии с законом Гагена-Пуазеля при уменьшении диаметра трубки вдвое для обеспечения того же потока градиент давлений, создающий этот поток (нагнетающее давление), должен быть увеличен в 16 раз.

Важно иметь в виду, что сопротивление всей системы определяется зоной максимального сопротивления (самым узким местом). Устра-

нение этого препятствия (например, удаление инородного тела из дыхательных путей, устранение стеноза трахеи или интубация при остром отёке гортани) позволяет нормализовать условия вентиляции легких. Термин **резистанс** широко используется российскими реаниматологами как существительное мужского рода. Смысл термина соответствует мировым стандартам.

Важно помнить, что:

1. Аппарат ИВЛ может измерить **резистанс** только в условиях принудительной вентиляции у релаксированного пациента.
2. Когда мы говорим о **резистанс** (R_{aw} или сопротивлении дыхательных путей) мы анализируем обструктивные проблемы преимущественно связанные с состоянием проходимости дыхательных путей.
3. Чем больше поток, тем выше **резистанс**.

2. Упругость (elastance) и податливость (compliance)

Прежде всего, следует знать, это строго противоположные понятия и **$elastance = 1/compliance$** . Смысл понятия «упругость» подразумевает способность физического тела при деформации сохранять прилагаемое усилие, а при восстановлении формы – возвращать это усилие. Наиболее наглядно это свойство проявляется у стальных пружин или резиновых изделий. Специалисты по ИВЛ при настройке и тестировании аппаратов в качестве модели легких используют резиновый мешок. Упругость дыхательной системы обозначается символом **Е**. Размерность упругости **мбар/мл**, это означает: на сколько миллибар следует поднять давление в системе, чтобы объём увеличился на 1 мл. Данный термин широко используется в работах по физиологии дыхания, а специалисты по ИВЛ пользуются понятием обратным «упругости» – это «растяжимость» (**compliance**) (иногда говорят «податливость»).

– Почему? – Самое простое объяснение:

– На мониторах аппаратов ИВЛ выводится **compliance**, вот мы им и пользуемся.

Термин **комплаинс (compliance)** используется как существи-

тельное мужского рода российскими реаниматологами так же часто, как и **резистанс** (всегда когда монитор аппарата ИВЛ показывает эти параметры).

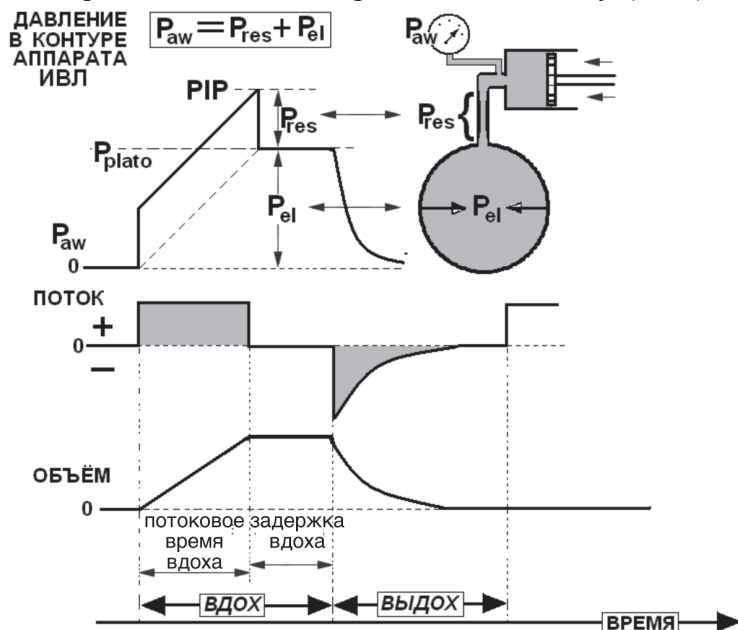
Размерность **комплайнса** – **мл/мбар** показывает, на сколько миллилитров увеличивается объём при повышении давления на 1 миллибар.

В реальной клинической ситуации у пациента на ИВЛ измеряют **комплайнс** респираторной системы – то есть легких и грудной клетки вместе. Для обозначения **комплайнс** используют символы: **Crs** (compliance respiratory system) – **комплайнс** дыхательной системы и **Cst** (compliance static) – **комплайнс** статический, это синонимы. Для того, чтобы рассчитать статический **комплайнс**, аппарат ИВЛ делит дыхательный объём на давление в момент инспираторной паузы (нет потока – нет **резистанс**).

$$Cst = V_T / (P_{plateau} - PEEP)$$

Норма **Cst** (**комплайнса** статического) – **60-100мл/мбар**

Приводимая ниже схема показывает, как на основе двухкомпонентной модели рассчитывается сопротивление потоку (**Raw**), статиче-



ский комплайнс (**Cst**) и упругость (**elastance**) дыхательной системы.

Важно иметь в виду, что измерения выполняются у релаксированного пациента в условиях ИВЛ, управляемой по объёму с переключением на выдох по времени. Это значит, что после того, как объём доставлен, на высоте вдоха клапаны вдоха и выдоха закрыты. В этот момент измеряется давление плато.

Важно помнить, что:

1. Аппарат ИВЛ может измерить **Cst** (**комплаинс** статический) только в условиях принудительной вентиляции у релаксированного пациента во время инспираторной паузы.
2. Когда мы говорим о статическом **комплаинсе** (**Cst**, **Crs** или растяжимости респираторной системы), мы анализируем рестриктивные проблемы преимущественно связанные с состоянием легочной паренхимы.

Философское резюме можно выразить двусмысленным утверждением:

Поток создаёт давление

Обе трактовки соответствуют действительности, то есть: во-первых, поток создаётся градиентом давлений, а во-вторых, когда поток наталкивается на препятствие (сопротивление дыхательных путей), давление увеличивается. Кажущаяся речевая небрежность, когда вместо «градиент давлений» мы говорим «давление», рождается из клинической реальности: все датчики давления расположены со стороны дыхательного контура аппарата ИВЛ. Для того, чтобы измерить давление в трахее и рассчитать градиент, необходимо остановить поток и дождаться выравнивания давления с обоих концов эндотрахеальной трубки. Поэтому в практике обычно мы пользуемся показателями давления в дыхательном контуре аппарата ИВЛ.

По эту сторону эндотрахеальной трубки для обеспечения вдоха объёмом $X_{мл}$ за время $Y_{сек}$ мы можем повышать давление вдоха (и соответственно градиент) на сколько у нас хватит здравого смысла и клинического опыта, поскольку возможности аппарата

ИВЛ огромны.

По ту сторону эндотрахеальной трубки у нас находится пациент, и у него для обеспечения выдоха объёмом $X_{\text{мл}}$ за время $Y_{\text{сек}}$ есть только сила упругости легких и грудной клетки и сила его дыхательной мускулатуры (если он не релаксирован). Возможности пациента создавать поток выдоха ограничены. Как мы уже предупреждали, «поток – это скорость изменения объёма», поэтому для обеспечения эффективного выдоха *нужно предоставить пациенту время*.

Постоянная времени (τ)

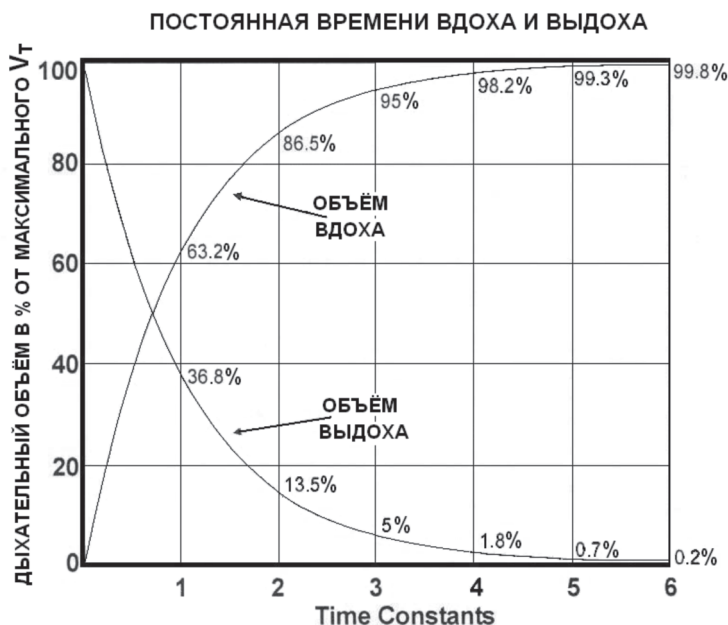
Так в отечественных руководствах по физиологии дыхания называется **Time constant**. Это произведение **комплайнс** на **резистанс**.

$$\tau = C_{\text{st}} \times R_{\text{aw}}$$

вот такая формула. Размерность постоянной времени, естественно секунды. Действительно, ведь мы умножаем **мл/мбар** на **мбар/мл/сек**. Постоянная времени отражает одновременно эластические свойства дыхательной системы и сопротивление дыхательных путей. У разных людей τ разная. Понять физический смысл данной константы легче, начав с выдоха. Представим себе, завершён вдох, – начат выдох. Под действием эластических сил дыхательной системы воздух выталкивается из лёгких, преодолевая сопротивление дыхательных путей.

Сколько времени займёт пассивный выдох?

– Постоянную времени умножить на пять ($\tau \times 5$). Так устроены легкие человека. Если аппарат ИВЛ обеспечивает вдох, создавая постоянное давление в дыхательных путях, то у релаксированного пациента максимальный для данного давления дыхательный объём будет доставлен за то же время ($\tau \times 5$).



Данный график показывает зависимость процентной величины дыхательного объема от времени при постоянном давлении вдоха или пассивном выдохе.

При выдохе по истечении времени τ пациент успевает выдохнуть 63% дыхательного объема, за время 2τ – 87%, а за время 3τ – 95% дыхательного объема. При входе с постоянным давлением аналогичная картина.

Практическое значение постоянной времени:

Если время, предоставляемое пациенту для выдоха $< 5\tau$, то после каждого вдоха часть дыхательного объема будет задерживаться в легких пациента.

Максимальный дыхательный объем при входе с постоянным давлением поступит за время 5τ .

При математическом анализе графика кривой объема выдоха расчет



постоянной времени позволяет судить о **комплайнс** и **резистанс**.

Данный график показывает, как современный аппарат ИВЛ рассчитывает постоянную времени.

Бывает, что статический комплайнс рассчитать невозможно, т. к. для этого должна отсутствовать спонтанная дыхательная активность и необходимо измерить давление плато. Если разделить дыхательный объём на максимальное давление, получим еще один расчётный показатель, отражающий **комплайнс** и **резистанс**.

Разные авторы используют разные имена, но мы должны знать, что это синонимы:

$$\begin{aligned} C_D &= \text{Dynamic Characteristic} = \text{Dynamic effective compliance} \\ &= \text{Dynamic compliance.} \\ C_D &= V_T / (PIP - PEEP) \end{aligned}$$

Больше всего сбивает с толку название — «**динамический комплайнс**», поскольку измерение происходит при неостановленном потоке и, следовательно, данный показатель включает и **комплайнс**, и **резистанс**. Нам больше нравится название

«динамическая характеристика».

Когда этот показатель снижается, это значит, что либо понизился **комплайнс**, либо возрос **резистанс**, либо и то и другое. (Или нарушается проходимость дыхательных путей, или снижается податливость легких.) Однако если одновременно с **динамической характеристикой** мы оцениваем по кривой выдоха **постоянную времени**, мы знаем ответ.

Если постоянная времени растёт, это обструктивный процесс, а если уменьшается, значит лёгкие стали менее податливы. (пневмония?, интерстициальный отек?...)

1.3. Повреждение легких при ИВЛ

Старики говорили нам: «Посадите пациента на ИВЛ, а потом не снимите». В чём-то они правы, ИВЛ может повреждать легкие. В настоящее время проблеме VILI (ventilator induced lung injury) посвящено большое количество исследований. Наши земляки расшифровывают VILI как вентилятор индуцированное повреждение легких. Обсудим, какие варианты повреждения легких известны при ИВЛ.

1. Неадекватное увлажнение.
2. Баротравма.
3. Волюмтравма.
4. Ателектотравма.
5. Биотравма.
6. Токсичность кислорода.

Увлажнение

Для того, чтобы предметно говорить об увлажнении, напомним определения физического понятия влажности. **Абсолютная влажность** (АВ) – это количество водяного пара, содержащегося в единице объёма газа (единица измерения – мг/л). **Максимальная абсолютная влажность** (МАВ) – это максимальное количество (мг/л) водяного пара для данной температуры газа или емкость газа для паров воды при данной температуре. Чем выше температура газа, тем больше максимальная абсолютная влажность. Насыщение газа водяным паром больше МАВ невозможно – происходит конденсация влаги в виде тумана и росы.

Соотношение максимальной абсолютной влажности и температуры воздуха										
Температура С°	15	20	30	31	32	33	34	35	36	37
Макс. абсолютная влажность мг/л	13	17	30	32	34	36	38	40	42	44

Относительная влажность (ОВ) – это отношение реальной абсолютной влажности газа к максимальной абсолютной влажности для данной температуры газа, выраженное в процентах ($AB/MAB \times 100\%$)

Соотношение максимальной абсолютной влажности и температуры воздуха			
	Медицинские газы (кислород)	Атмосферный воздух	Воздух в легих
Температура С°	15	20	37
Относительная влажность %	2	50	100
Абсолютная влажность мг/л	0.5	12	44

Уздорового человека при дыхании через нос происходит согревание воздуха до 37°С и увлажнение до 100% относительной влажности, что соответствует 44мг/л абсолютной влажности. Ежедневные потери здорового человека при самостоятельном дыхании через нос составляют приблизительно 250мл воды и 350ккал тепла в сутки. Важно отметить, что испарение происходит со слизистой оболочки носа и верхних дыхательных путей.

Мерцательный эпителий трахеи и бронхов представлен преимущественно цилиарными клетками (cilia – ресничка). Каждая такая клетка имеет 200-250 ресничек, которые колеблются с частотой 15/сек, непрерывно изгоняя бронхиальный секрет из дыхательных путей. Бронхиальный секрет продуцируют бокаловидные клетки эпителия и бронхиальные железы. Мерцательный эпителий трахеи и бронхов может эффективно работать только при нормальной вязкости бронхиального секрета.

В современных руководствах по ИВЛ [3, 4, 9, 10] вместо привычного термина увлажнение используется понятие «кондиционирование дыхательной смеси». Кондиционирование включает в себя очистку (фильтрацию), согревание и увлажнение дыхательной смеси.

Избыточное увлажнение приводит к конденсации влаги и разжижению секрета, - изгнание такого секрета требует большего количества движений ресничек.

Недостаток увлажнения дыхательной смеси приведёт повышению нагрузки на бронхиальные железы, избыточной потере воды - до 800мл и энергии - до 500ккал в сутки. При этом в отличие от нормальной физиологической ситуации, когда согревание и увлажнение вдыхаемого воздуха происходит в полости носа, - у интубированного или трахеостомированного пациента испарение происходит со слизистой оболочки трахеи и бронхов, что приводит к повышению вязкости бронхиального секрета. При достижении критического уровня вязкости ресничные клетки оказываются не в состоянии удалять секрет из дыхательных путей. После этого ресничные клетки утрачивают реснички. Очевидно, что нарушение эвакуации мокроты приводит к росту частоты воспалительных осложнений. Повреждение реснитчатого эпителия выявляются уже через 10 минут вентиляции сухим газом. Процесс восстановления ресничек длительный и энергозатратный. Длительность восстановления зависит от большого количества факторов и в каждом случае индивидуальна, но в среднем занимает 2-3 недели после восстановления влажности и нормальной температуры дыхательной смеси.

Важно отметить, что после того, как резервы увлажнения с поверхности трахеи и бронхов исчерпаны, и неувлажненный воздух достигает альвеол, начинается испарение с поверхности альвеол и происходит повреждение сурфактанта.

Вязкая мокрота налипает на стенки интубационной или трахеостомической трубки, сужая её просвет вплоть до полной обтурации.

Таким образом, идеальное решение задачи кондиционирования дыхательной смеси выглядит так:

В ТРАХЕЮ ПАЦИЕНТА ДОЛЖНА ПОСТУПАТЬ ОЧИЩЕННАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ 100% ВЛАЖНОСТИ НАГРЕТАЯ ДО 37°С.

Очевидно, холодные увлажнители барботажного и пульверизаторного типа не обеспечивают достаточного увлажнения и не согревают дыхательную смесь.

К сожалению, на основании собственного опыта и авторитетного мнения классиков [3, 4, 5, 7, 10] мы вынуждены отметить, что тепло-влажносберегающие фильтры для ИВЛ при великолепной фильтрации (в том числе антибактериальной) не обеспечивают необходимого увлажнения.

Долгое время лучшими были нагревательные увлажнители типа «Venett» (аппараты ИВЛ Drager), где в закрытой емкости с большой поверхностью испарения автоматически поддерживается нужная температура воды. Недостатком этих увлажнителей является то, что при движении по шлангу дыхательного контура к пациенту дыхательная смесь несколько охлаждается, а влага конденсируется на стенках шлангов.

В настоящее время лучшими являются увлажнители – обогреватели, где в дополнение к емкости испарителя в шлангах проложен нагревающий провод. Благодаря системе автоматического поддержания температуры, получающей информацию из трех точек дыхательного контура, удаётся добиться оптимального увлажнения и согревания дыхательной смеси и избежать выпадения конденсата в дыхательном контуре (увлажнители Fisher&Pyker).

При спонтанном дыхании для уменьшения потерь тепла и влаги на трахеостомическую трубку необходимо надевать тепло-влажносберегающий фильтр («искусственный нос»), который достаточно эффективно кондиционирует дыхательную смесь, не ограничивая свободы пациента. Очень важно следить за проходимостью искусственного носа, который может забиваться слизью при кашле.

Приводим наиболее простую шкалу оценки вязкости бронхиального секрета:

1. Жидкий – после аспирации мокроты санационный катетер чист.
2. Умеренно вязкий – после аспирации мокроты санационный катетер сразу очищается при промывании водой.
3. Вязкий – после аспирации мокроты санационный катетер трудно отмыть от мокроты.

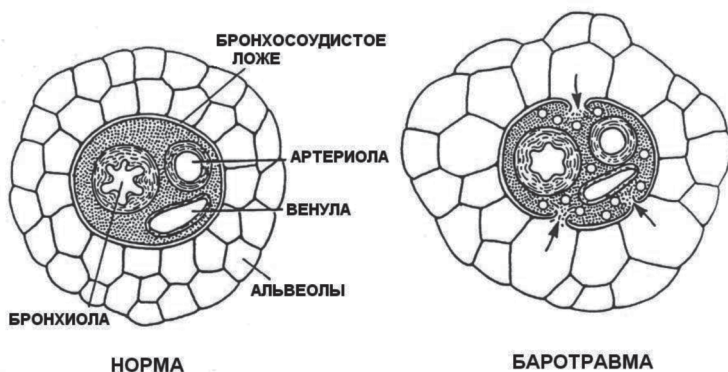
Баротравма

Баротравма – это разрыв тканей легких или бронхов в ходе ИВЛ. Дословный перевод – повреждение давлением.

Последствия разрыва → пневмоторакс или пневмомедиастенум → выключение части легких из газообмена и смещение средостения → гипоксия и нарушения гемодинамики → угроза жизни пациента.

Наиболее часто при ИВЛ баротравма происходит в зонах где альвеолы прилежат к бронхосудистому ложу.

Приведённая ниже иллюстрация взята из работы Maunder R J, Pierson D J, Hudson L D Subcutaneous and mediastinal emphysema: pathophysiology, diagnosis and management. *Arch Intern Med* 1984;144:1447-1453.



Какие силы могут разорвать лёгкие пациента?

В разделе «Респираторная механика» мы предупреждали, что любое перемещение воздуха (ветер, ураган, вдох и выдох) возможно только за счет градиента давлений. Градиент давлений, критическое повышение которого может привести разрыву лёгких, называется – «Транспульмональный градиент давлений или **Transpulmonary pressure gradient**» Общепринятое сокращение – **Pl**. Транспульмональный градиент давлений составляет разность между альвеолярным и плевральным давлениями $Pl = P_{alv} - P_{pl}$. Для краткости обычно используют термин «транспульмональное давление». (Если используется приставка «транс-» речь идёт о градиенте.)

Почему в барокамере, где создаётся давление в несколько атмосфер, не происходит разрыва легких?

Как ухитряется не погибнуть от пневмоторакса глубоководный водолаз? (Страшно сказать под каким давлением происходит вдох на глубине 10 метров, - на 1000смH₂O выше атмосферного давления!)

Когда трубач дудит в свою трубу давление в дыхательных путях достигает 150 мбар много раз за концерт, а лёгкие не рвутся. Почему?

На все эти вопросы ответ один: «Величина транспульмонального градиента давлений мала». В примерах с барокамерой и водолазом внешнее давление на грудную стенку и переднюю брюшную стенку уравнивает давление в дыхательных путях и опасный градиент не возникает. Трубач сам создаёт давление за счёт усилия брюшного пресса и дыхательной мускулатуры и в тот момент, когда он дудит, лёгкие испытывают нагрузку на сжатие, а не на разрыв. Величина транспульмонального градиента давлений у трубача тоже мала и не опасна.

Практический вывод: **Мы обязаны учитывать комплайнс (податливость) и/или ригидность (жесткость) грудной клетки и всей дыхательной системы, чтобы адекватно проводить ИВЛ и не ранить пациента.** В ряде клинических ситуаций, у пациента с массивной, ригидной грудной клеткой только ИВЛ с высоким давлением позволит добиться адекватной вентиляции. В том случае, если податливость грудной клетки высокая, то при настройке режима ИВЛ

следует защитить пациента от баротравмы, установив безопасный предел давления.

Волюмотравма

Дословный перевод – повреждение объёмом. Не порвали, а растянули. Как это получилось? Не было критического подъёма давления, однако потихонечку, аккуратненько в легкие было введено избыточное количество воздуха. Количество большее, чем лёгкие могут принять без повреждения. Альвеолы растянуты (перевод слова stretch), то есть повреждено большое количество альвеолярных мембран. Повреждение альвеолярных мембран приводит к повышению их проницаемости, накоплению внесосудистой воды в легких и выделению факторов системной воспалительной реакции (System inflammatory response syndrome SIRS). В 1988 году Дрейфус [Dreyfuss et al *Am Rev Respir Dis* 1988; 137:1159-1164] опубликовал результаты экспериментальной работы, выполненной на крысах. ИВЛ проводилась с высоким давлением. В контрольной группе выполнялось тугое бинтование грудной клетки. В экспериментальной группе не выполнялось. При ИВЛ с одинаковым давлением в обеих группах у животных с забинтованной грудной клеткой дыхательный объём не превышал физиологическую норму. В результате, в экспериментальной группе содержание внесосудистой воды в легких было в 3,5 раза больше, чем в контрольной. Основной вывод этой работы гласил: «При ИВЛ растяжение лёгких является критическим повреждающим фактором». **«Lung stretch is the critical variable.»**

Ателектотравма

Впервые описана в экспериментальной работе в 1974 году [Webb H H, Tierney D Experimental pulmonary edema due to positive pressure ventilation with high inflation pressures, protection by positive end-expiratory pressure. - *Am Rev Respir Dis* 1974;110:556-565]

На фоне недостаточного или избыточного увлажнения, нару-

шенной эвакуации бронхиального секрета, воспалительных изменений меняется качество сурфактанта и эластические свойства легких. В результате, при полном выдохе часть альвеол слипается, то есть возникают ателектазы. При вдохе альвеолы вновь разлепляются. Этот феномен соответствует крепитации, выявляемой в экссудативные фазы острой пневмонии. В том случае, если в ходе ИВЛ в течение каждого дыхательного цикла происходит слипание и разлипание альвеол, возникает тяжелое повреждение легких. При слипании пневмоцитов, находящихся на противоположных стенках альвеолы, между оболочками этих клеток оказывается тонкий слой жидкости. При разлипании и раскрытии альвеолы между оболочками клеток возникает «мостик» из альвеолярного секрета. В тот момент, когда «мостик» рвётся высвобождается энергия и происходит разрыв клеточной стенки. Если за две минуты пневмоцит не успевает восстановить оболочку, он погибает. Обнажается альвеолярная мембрана. Повышается проницаемость альвеолярно-капиллярной стенки, и запускается механизм ответа на повреждение. То есть, привлечение макрофагов и выделение медиаторов воспаления. Одним словом – SIRS. **Основной способ профилактики ателектотравмы - ИВЛ с использованием РЕЕР.**

Биотравма

Биотравма – это повреждение легких факторами, вырабатываемыми собственным организмом. Биотравма легких наблюдается при сепсисе, шоке любой этиологии, тяжёлой травме и синдроме длительного сдавления (crash-syndrome), синдроме ДВС и иных состояниях, когда в венозном русле высока концентрация микроагрегатов, факторов системной воспалительной реакции и/или бактериальных токсинов. В этих ситуациях легкие выступают в роли фильтра, органа выделения и утилизации токсических продуктов. В настоящее время термину «шоковое легкое» соответствуют термины «ОПЛ острое повреждение легких» (ALI acute lung injury) и «ОРДС острый респираторный дистресс синдром» (ARDS acute respiratory

distress syndrome).

Биотравма в контексте вентилятор индуцированного повреждения легких (VILI) –это выделение факторов системной воспалительной реакции в кровь и альвеолы на фоне агрессивной ИВЛ. Таким образом, агрессивная ИВЛ повреждает легкие не только за счет механического воздействия, но и как фактор провоцирующий выброс биологически активных веществ. Замыкается порочный круг. Формируется полиорганная недостаточность, усугубляются метаболические нарушения.

Токсичность кислорода

Токсичность кислорода была доказана в эксперименте на животных. При дыхании чистым кислородом смерть лабораторных животных наступала в сроки от 48 до 72 часов. Считается, что дыхание кислородом в высоких концентрациях приводит к формированию свободных радикалов. Эти свободные радикалы являются главным повреждающим фактором. У лабораторных животных, погибших при дыхании чистым кислородом, выявлялись повреждения легких идентичные ОПЛ. Здоровые добровольцы в эксперименте дышали чистым кислородом 24 часа. В результате, выявлены явления бронхита и воспалительные изменения в легких. Очевидно, что устойчивость человека к токсическому и повреждающему действию кислорода выше, чем у лабораторных животных. Есть лабораторные данные о том, что введение бактериального эндотоксина, воспалительных медиаторов и применение сублетальных концентраций кислорода ($\leq 85\%$) защищает легкие от дальнейшего повреждения при ингаляции кислорода.

Таким образом многое еще не ясно. Общие рекомендации сводятся к следующему:

1. Во всех ситуациях, когда завершена необходимая ИВЛ 100% кислородом (транспортировка, санация, периоды нестабильного состояния и т. д.), следует стремиться снижать концентрацию кислорода в дыхательной смеси.
2. Относительно безопасной считается концентрация кисло-

рода в дыхательной смеси $\leq 60\%$.

3. Для большинства клинических ситуаций достижение P_{aO_2} от 60 до 80mmHg является достаточным уровнем.

4. Большинство клиницистов в ситуации выбора между гипоксемией или $F_{iO_2} > 60\%$ повышают концентрацию кислорода в дыхательной смеси.

Часть II

Основы классификации
режимов ИВЛ
Американской ассоциации
по респираторной терапии

2.1. Вступление ко второй части

Warning! Будьте внимательны!

Вы столкнетесь с одинаковыми названиями для разных понятий

Это:

1. Способ управления вдохом

2. Вариант согласования вдохов

3. Название режима ИВЛ

Названия способов управления вдохом: по объему **Volume controlled ventilation (VCV)** и по давлению **Pressure controlled ventilation (PCV)**.

Названия вариантов согласования вдохов: если все вдохи принудительные, – это **CMV (continuous mandatory ventilation)**, если все вдохи самостоятельные, – это **CSV (continuous spontaneous ventilation)**, если принудительные вдохи чередуются с самостоятельными, – это **IMV (intermittent mandatory ventilation)**.

Названия режимов ИВЛ.

Производители аппаратов ИВЛ нередко выбирают или придумывают для режимов вентиляции новые красивые названия или аббревиатуры. Часто для названия режимов используют часть полного названия, например, только способ согласования вдохов, и получается просто «**CMV**» или «**IMV**», или способ управления вдохом «**Volume controlled ventilation (VCV)**» или «**Pressure controlled ventilation (PCV)**». Чтобы не возникало путаницы, говоря о коммерческих названиях режимов ИВЛ, мы используем слово «имя», и помещаем имя данное разработчиками и производителями в кавычки.

По английски:

Управление – Control

Согласование вдохов - Breath Sequence

Режим ИВЛ - Mode

Чтобы Вам не запутаться, на страницах нашей книги имена режимов ИВЛ всегда в кавычках (например: «IPPV», «PSV», «Assist control», «PCV», «CMV»). Все остальные понятия – без кавычек.

Если сейчас что-то неясно, это хорошо, по мере прочтения второй части всё встанет по местам, только будьте внимательны – режимы ИВЛ всегда в кавычках.

Основные положения, обсуждаемые во второй части книги:

2.2 Как аппарат ИВЛ делает вдох и какие существуют способы правления вдохом.

2.3 Фазы дыхательного цикла и логика переключения аппарата ИВЛ.

2.4 Что такое trigger, или как аппарат ИВЛ начинает вдох.

2.5 Что такое предельные параметры вдоха. (Limit variable).

2.6 Как аппарат ИВЛ переключается с вдоха на выдох.

2.7 РЕЕР, СРАР и Baseline.

2.8 Почувствуйте разницу между *фазовыми* и *управляемыми* переменными.

2.9 Выяснение отношений между *фазовыми* и *управляемыми* переменными.

2.10 Паттерны ИВЛ.

2.11 Способ согласования вдохов CMV.

2.12 Способ согласования вдохов CSV.

2.13 Способ согласования вдохов IMV.

2.14 Использование принципа обратной связи в управлении аппаратом ИВЛ.

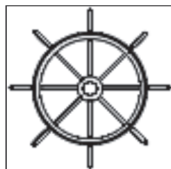
2.15 Эволюция логических систем управления аппаратом ИВЛ.

2.16 Стратегия управления вдохом Control Strategy.

2.2. Управление вдохом (Control) и управляемая переменная (Control Variable)

Абсолютно необходимое вступление о трудностях перевода*

Что значит «control»?



Контроль?! Ничего подобного! В переводе с английского «**control**» означает никакой не контроль, а управление. И «**control panel**» – это не приборная доска, а пульт управления, и «**to control the plane**» – это не контролировать полет самолета из диспетчерской, а управлять самолетом, сидя за штурвалом. Не верите, – посмотрите в словаре. В описании режимов ИВЛ «**control variable**» – это управляемая переменная или управляемый параметр. Вот так.

«Control»

с английского на русский переводится как:

«Управление»

Какие параметры описывают вдох аппарата ИВЛ?

1. Объем (volume).

2. Поток (flow).

3. Давление (pressure)

Важно понимать, что описывая вдох, мониторируя взаимодействие аппарата и пациента и внося коррективы, мы должны знать и анализировать все эти параметры, а изменять в каждый момент времени

*Владимир Львович Кассиль, Маргарита Александровна Выжигина и Геннадий Сегеевич Лескин в своей книге «Искусственная и вспомогательная вентиляция легких» (М., 2004) на стр 115 говорят следующее: «Мы возражаем против появившихся в последние годы терминов “ИВЛ с контролируемым объемом” или “объемно-контролируемая ИВЛ”. Русское слово “контролировать” означает “осуществлять контроль или надзор”, а английский глагол “to control” в данном контексте — “управлять”. Строго говоря, “ИВЛ с контролируемым объемом” означает, что респиратор снабжен волюметром [Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. — М., 1997. — С.292].»

можем только один из трёх, но, как только мы меняем один параметр, меняются два других. *

Примеры:

Мы увеличили объём вдоха. Во-первых, это возможно сделать или, увеличив поток, или время вдоха, или и то, и другое; во-вторых возрастает давление.

Мы увеличили поток – возрастает объём и давление.

Мы увеличили давление – возрастает объём и поток.

Мы увеличили потоковое время вдоха – возрастает объём и давление.

Как аппарат ИВЛ выполняет свою главную миссию – управляет вдохом?

Control – управление параметрами вдоха.

Control Variable – управляемая переменная или управляемый параметр.

В аппаратах ИВЛ существует программа, управляющая параметрами вдоха, – **Control**.

Тот параметр, которым управляет **Control**, называются **Control Variable** – управляемая переменная или управляемый параметр – это или объём вдоха – **Tidal volume**, или давление, обеспечивающее вдох, – **Inspiratory pressure**, или поток вдоха – **Inspiratory flow**. Способ управления аппаратом ИВЛ называют в зависимости от того, каким из параметров (**Control Variable**) мы управляем.

Volume controlled ventilation (VCV) – способом управления является изменение дыхательного объёма (**Tidal volume**).

Flow controlled ventilation (FCV) – способом управления является изменение потока (**Inspiratory flow**).

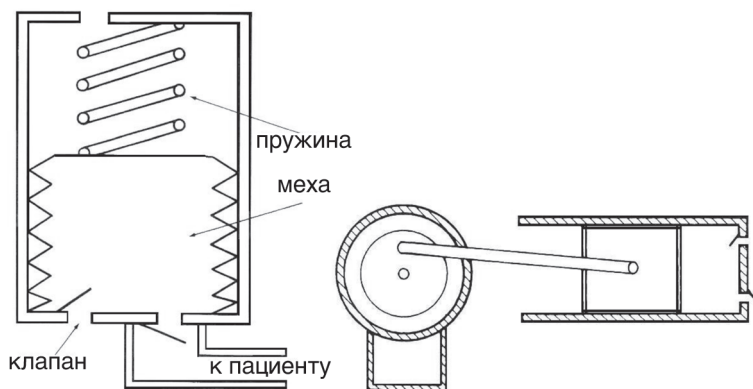
Pressure controlled ventilation (PCV) – способом управления является изменение давления (**Pressure**), времени вдоха (**Inspiratory flow time**).

*О времени поговорим отдельно, в данном рассуждении важно понимать, что объём – это произведение потока на Время и, меняя объём, мы меняем один или оба из этих параметров.

Dual controlled ventilation – так называют «интеллектуальные» программы управления, когда, например, для получения заданного объёма аппарат, работающий в режиме **PCV**, меняет давление и длительность вдоха. Существуют «интеллектуальные» программы, которые пытаются перенастроить аппарат за время одного вдоха, и программы, выполняющие перенастройку за несколько вдохов.

Volume controlled ventilation (VCV) Управление объёмом

Это самый старинный, традиционный способ искусственной вентиляции легких. Сохранились рисунки и гравюры девятнадцатого века, изображающие мехá, типа кузнечных, специально изготовленных и применявшихся для спасения человеческих жизней. Большинство аппаратов ИВЛ старшего поколения в качестве устройства доставляющего вдох пациенту, имели мехá или цилиндр с поршнем.



Современные аппараты ИВЛ для дозирования и доставки дыхательного объёма (**Tidal volume**) имеют более сложные устройства с электронным управлением, но без ущерба для понимания основных принципов можно представить себе большой цилиндр с поршнем, наподобие шприца Жане.

Flow controlled ventilation (FCV)**Управление потоком**

Каждое утро, умываясь, вы открываете водопроводный кран и регулируете поток (**Flow**). Принцип управления потоком в аппарате ИВЛ такой же, только кран очень точный, имеет электронное управление и называется «клапан вдоха». Теперь представьте, что вы наполняете стакан: из крана идет поток, но, пока стакан наполнится, пройдет некоторое время. Как мы уже говорили, поток – это скорость изменения объема. Для того, чтобы поток (**Flow**) превратился в дыхательный объем (**Tidal volume**), мы должны умножить его на время (**Inspiratory flow time**).

Объединение понятий VCV и FCV

Практика ИВЛ привела потребителей и производителей аппаратов к убеждению о нецелесообразности разделения понятий **VCV** и **FCV** вот почему:

Объем и поток жестко связаны. Объем – это произведение потока на время вдоха.

$$V_T = \dot{V} \times T_i$$

Поскольку одним потоком параметры вдоха задать невозможно, при управлении «по потоку» всегда задаётся время вдоха. Получается объем. И, наоборот, никакой аппарат ИВЛ не «впихивает» в пациента дыхательный объем мгновенно. Аппарат ИВЛ – это вам не граната. А если объем входит в легкие постепенно, – значит есть поток и время вдоха. Для удобства пользователя эти два варианта управления объединены в понятие «управление вдохом по объёму» – **Volume controlled ventilation (VCV или VC)**. Сейчас мы говорим только о способе управления вдохом, а не о режимах ИВЛ.

Pressure controlled ventilation (PCVилиPC)**Управление давлением**

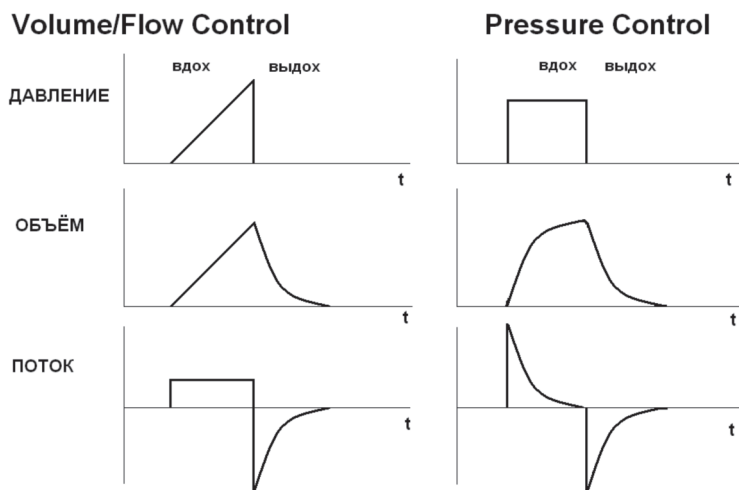
Когда аппарат ИВЛ управляет вдохом «по давлению», он реагирует на показания манометра и открывает клапан вдоха настолько нужно для поддержания заданного давления в контуре аппарата ИВЛ. При таком способе управления вдохом дыхательный объём (**Tidal volume**) будет зависеть от величины давления и от времени вдоха с одной стороны и от **Resistance** и **Compliance** (сопротивления дыхательных путей и податливости легких и грудной клетки) – с другой. Важно помнить, что при окклюзии или перегибе интубационной трубки, аппарат ИВЛ будет честно создавать заданное давление, а потока не будет, и вдоха не случится.

Сравним**Volume controlled ventilation****и****Pressure controlled ventilation**

При **Volume controlled ventilation(VCV)** аппарат ИВЛ, не смотря ни на какие обструктивные и рестриктивные изменения в респираторной системе, за установленное время вдует в легкие пациента заданный объём (**Tidal volume**). Графические отображения вдоха при управлении потоком и при управлении объёмом одинаковые. При **VCV** есть угроза критического повышения давления в дыхательной системе.

При **Pressure controlled ventilation (PCV)** аппарат ИВЛ в течение времени вдоха (**Inspiratory flow time**) поддерживает заданное давление в дыхательных путях и не беспокоится о том, какой дыхательный объём (**Tidal volume**) был доставлен пациенту. При **PCV** мы рискуем недодать минутный объём вентиляции в случае повышении резистанс и/или снижения комплайнс.

Сравним графики потока давления и объёма при разных способах управления вдохом PCV и VCV



Давление (Pressure)

Если аппарат ИВЛ управляет давлением, форма графика давления остаётся неизменной. При изменениях в дыхательной системе (изменения резистанс и комплаинс) будут меняться графики объёма и потока.

Объём (Volume)

Если аппарат ИВЛ управляет объёмом, форма графиков объёма и потока остаётся неизменной. При изменениях в дыхательной системе (изменения резистанс и комплаинс) будет меняться график давления.

Управление объёмом вдоха осуществляется или степенью сжатия мехов, или амплитудой смещения поршня, или опосредованно через управление потоком.

Поток (Flow)

Если аппарат ИВЛ управляет потоком, форма графиков объёма и потока остаётся неизменной. При изменениях в дыхательной системе (изменения резистанс и комплаинс) будет меняться график давления.

Управление потоком осуществляется использованием приспособлений регулирующих поток от простых флоуметров до сложных клапанов вдоха с электронным управлением. Управляя потоком, мы опосредованно управляем объёмом вдоха.

Время (Time)

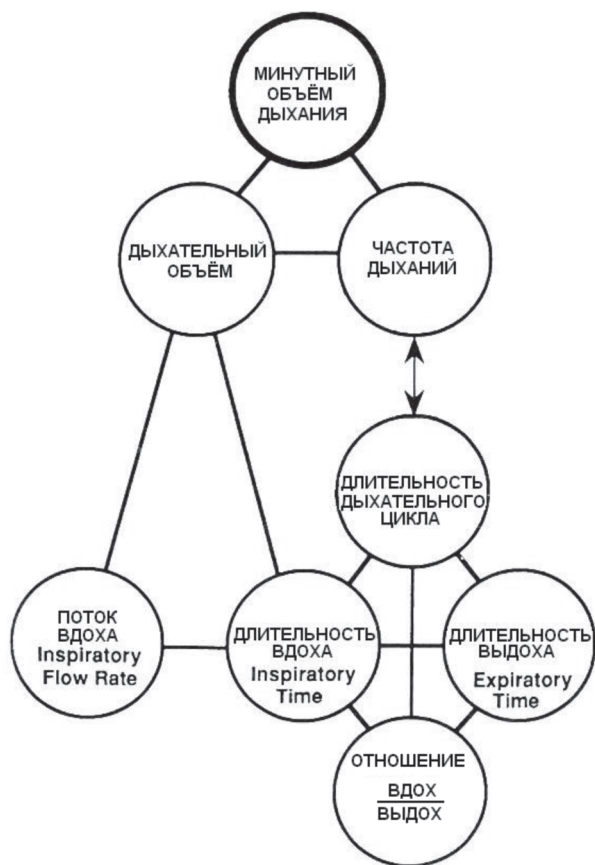
Чтобы классификация была полной, необходимо упомянуть аппараты ИВЛ, которые называются **Time-controller**. Это очень простые транспортные аппараты, у которых регулируется только частота дыханий и длительность вдоха.

Объём минутной вентиляции при управлении по объёму и по давлению.

Две диаграммы помогут Вам зрительно представить различия между Volume controlled ventilation (VCV) и Pressure controlled ventilation (PCV).

При проведении ИВЛ важно обеспечить объём минутной вентиляции.

Все предельно просто: при управлении по объёму аппарату ИВЛ приказано доставить дыхательный объём, – он выполняет. Проблема возникает, если при этом аппарат ИВЛ будет создавать опасное давление в дыхательных путях. Современные аппараты ИВЛ могут защищать пациента от баротравмы и при этом доставлять предписанный объём. Для этого включают опцию Pressure limit, другое название – P_{max} . Как работает эта опция, мы расскажем в разделе «Предельные параметры вдоха (Limit variable)».



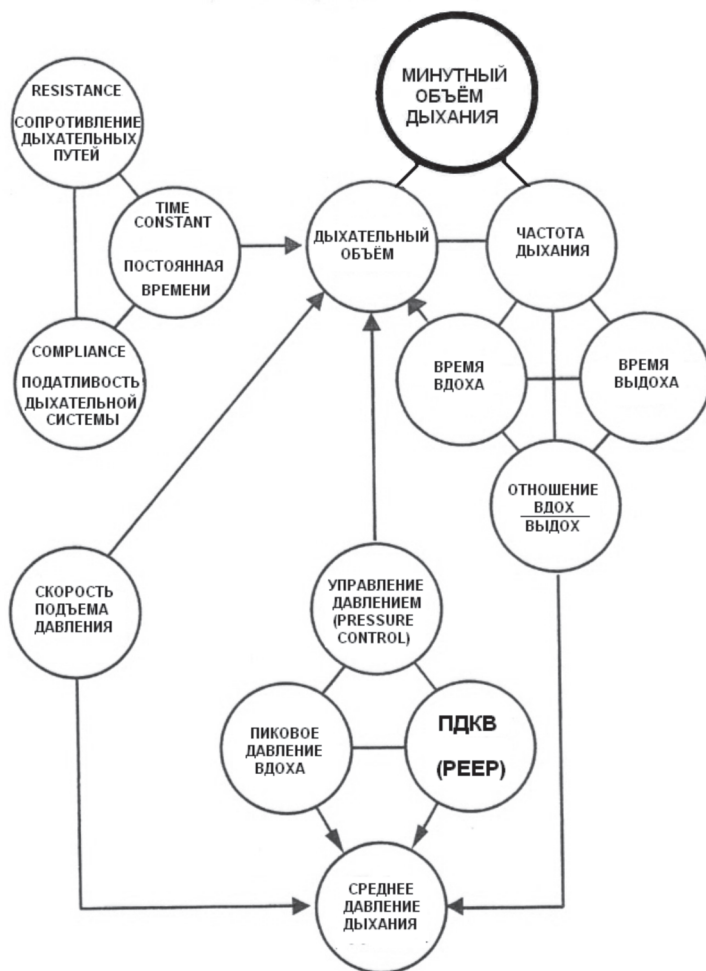
В любом случае минутный объём дыхания – это произведение дыхательного объёма на частоту.

$$\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$$

Частота дыханий всегда определяется суммарной длительностью вдоха и выдоха или длительностью дыхательного цикла.

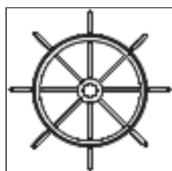
При управлении по объёму (Volume controlled) дыхательный объём задаётся напрямую, или как произведение потока на время.

При управлении по давлению (Pressure controlled) частота дыханий определяется теми же параметрами, что и при VCV. Дыхательный объём, как и при VCV – это площадь под кривой потока или произведение потока на время вдоха.

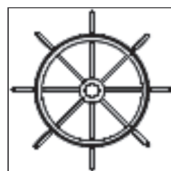


Главное различие между PCV и VCV состоит в том, что при VCV сразу устанавливаются характеристики потока (форма: прямоугольная или нисходящая, и величина потока), а при PCV аппарат ИВЛ «играет» потоком, удерживая постоянное давление.

Таким образом, при изменении сопротивления дыхательных путей (resistance) и/или податливости дыхательной системы (compliance), поток меняется. Соответственно, меняется и дыхательный объём.



Двойное управление Dual Control



«Если нельзя, но очень хочется, то можно...» Прежде, чем рассказывать, как конструкторы аппаратов ИВЛ нашли решение задачи, казавшейся неразрешимой, освежим пройденный материал.

Управление вдохом по объёму *Преимущества и недостатки VC*

Первые аппараты ИВЛ управлялись по объёму. Для инженеров-пневматиков и врачей было проще представить себе поршень в цилиндре, как в шприце или поршневом двигателе, или меха, как у гармони или аккордеона. Спирометрия, как наука, на начальных этапах своего развития наиболее точно измеряла и изучала объёмы. Точное измерение потоков, сопротивления и давления при дыхании появилось позже. Способ управления по объёму удобен для врача тем, что установив ДО и МОД, в ряде случаев мы можем надеяться, что адекватно заместили утраченную функцию дыхания.

Недостатки управления по объёму:

При управлении по объёму (VC) возможны только принудительные – **Mandatory** вдохи.

Сложно синхронизировать работу аппарата ИВЛ с дыхательной активностью пациента.

При управлении по объёму (VC) баротравма и волюмотравма встречаются чаще, чем при PC.

Врачу удобно, а каково пациенту?

В результате анализа осложнений ИВЛ, подтвержденного результатами экспериментальных работ, VC изменился. Современные аппараты ИВЛ дают возможность врачу при настройке режимов, использующих управление по объёму (VC), устанавливать напрямую или опосредованно поток, давление и время вдоха, что позволяет сде-

лать вдох более мягким и нежным. Областью применения **VC** остаются клинические ситуации, когда спонтанная дыхательная активность пациента подавлена. (Применение миорелаксантов в анестезиологии, повреждение дыхательного центра в стволе мозга, паралич дыхательной мускулатуры и т. д.).

Управление вдохом по давлению Преимущества и недостатки PC

Аппараты ИВЛ, управляемые по давлению, впервые появились в педиатрии. Это произошло потому, что приспособлений, точно измеряющих количество воздуха, доставляемого маленькому пациенту, не было. Необходимо учитывать сжатие воздуха в контуре аппарата ИВЛ, комплайнс шлангов, величину мертвого пространства коннектора и интубационной трубки и т.д. Поэтому, для ИВЛ у детей использовали управление по давлению и просто смотрели, как в момент вдоха расширяется грудная клетка, и анализировали газовый состав крови и аускультативную картину. Фиксировались показания манометра и волнометра, но все понимали, что эти данные описывают события по эту сторону от интубационной трубки. Основным, а иногда и единственным прибором, подсказывающим врачу, в какую сторону крутить ручки управления аппарата ИВЛ, был манометр. Накопление клинического опыта доказало, что **PC** безопаснее **VC**, поскольку способ управления аппаратом ИВЛ заставляет врача думать, в первую очередь, о том, под каким давлением воздух будет входить в легкие и за какой промежуток времени (в отличие от **PC** при **VC** врач вначале думает о ДО и МОД, а потом смотрит, как это получилось).

Достоинства управления по давлению (**PC**):

1. Большая защищенность пациента от баротравмы и волномотравмы.
2. При управлении по давлению (**PC**) возможны спонтанные (**Spontaneous**) вдохи.
3. При управлении по давлению (**PC**) возможна синхронизация работы аппарата ИВЛ с любой спонтанной дыхательной активностью пациента.

Недостатки управления по давлению (РС):

1. Изменение респираторной механики пациента меняет качество ИВЛ и требует изменения параметров вентиляции.
2. Поскольку при РС главная задача аппарата ИВЛ – создавать давление в дыхательном контуре, контроль (в русском смысле этого слова) величины ДО и МОД осуществляет врач, проводящий ИВЛ.

Двойное управление в принципе невозможно. Представьте себе автомобиль, у которого два руля и два шофера, – ерунда. В кабине больших самолетов у первого и второго пилотов есть свой штурвал и пульт управления, но управляют они по очереди. Тем не менее, опытный врач-реаниматолог, имея в распоряжении современный аппарат ИВЛ с возможностями регулирования длительности вдоха, потока и давления осуществляя ИВЛ по давлению (РС), обеспечивает необходимый пациенту дыхательный объем, а при ИВЛ по объему (VC) не допускает опасного подъема давления в дыхательных путях. Как мы можем менять величину дыхательного объема, если используется управление по давлению (РС)? Очень просто, дыхательный объем равен произведению потока на время, поэтому, увеличивая длительность вдоха, мы увеличиваем дыхательный объем до тех пор, пока есть поток*. Другой способ увеличить дыхательный объем – изменить поток. Поток, как мы уже говорили, по закону Гагена-Пуазеля, определяется градиентом давлений. Для респираторной системы – это транспульмональный градиент. Таким образом, повышая давление на входе, мы увеличиваем поток и, в результате, за то же время вдоха вводим больший объем. Если используется управление по объему (VC), уменьшив поток, но увеличив время вдоха, можно доставить пациенту тот же дыхательный объем, создавая меньшее давление в дыхательных путях.

*Поток прекратится в двух случаях. Во-первых, если градиент давления, создающий поток, равен нулю, т.е. упругое сопротивление легких и грудной клетки равно усилию аппарата, производящего вдох (давление есть, а потока нет). Это значит, что дыхательный объем больше не увеличивается. Во-вторых, если аппарат сам прекратил создавать поток, например, переключился на выдох.

Поскольку поток создает давление, уменьшение потока приведет к снижению давления на вдохе.

Задача конструкторов состояла в том, чтобы научить умный аппарат ИВЛ действовать так же, как опытный доктор.

Аппарат ИВЛ, имеющий бортовой компьютер и соответствующие программы управления, в соответствии с установленным врачом целевым дыхательным объемом (ЦДО – target tidal volume) в разрешенных пределах увеличивает давление и, соответственно, поток на вдохе.

Существуют программы, которые для достижения ЦДО увеличивают время вдоха (обычно – не более, чем до трех секунд).

Большинство режимов, использующих способ **Dual Control**, начинают вдох как РС, а интеллектуальная программа аппарата ИВЛ стремится достичь целевой дыхательный объем, повышая давление на вдохе, поток или длительность вдоха в разрешенных границах. Если это невозможно, аппарат включает тревогу.

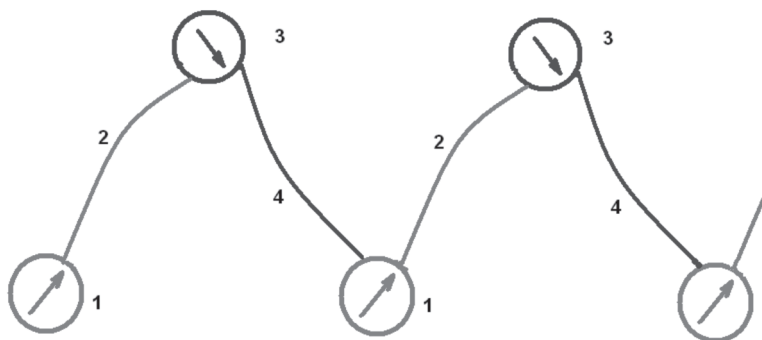
2.3. Фазы дыхательного цикла и логика переключения аппарата ИВЛ

Внимание! – Фазы дыхательного цикла и временные интервалы дыхательного цикла – это разные понятия. Временные интервалы описаны в первой части, в начале главы «Респираторная механика».

Дыхательный цикл считается от начала одного вдоха до начала следующего. При ИВЛ, по предложению **Mushin M, et al.(1980г)**, цикл делят на четыре фазы:

[Mushin M, et al. Automatic Ventilation of the Lungs. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1980; 162-166]

1. Переключение с выдоха на вдох (включение вдоха).
2. Вдох.
3. Переключение с вдоха на выдох.
4. Выдох.



В каждой из фаз срабатывает определённая программа аппарата ИВЛ.

1. Программа или логическая схема, включающая вдох называется **Trigger**.

2. Опция, которая определяет максимальное значение потока, давления и/или объёма, называется **Limit***.

3. Программа, выполняющая переключение с вдоха на выдох, называется **Cycle****.

4. Программа, управляющая параметрами выдоха, называется **Baseline**.

Как аппарат ИВЛ узнаёт, что пора включать очередную программу?

– Он непрерывно регистрирует ряд параметров и при достижении предустановленного (**preset**) порогового (**threshold**) значения включает соответствующую программу. Именно эти параметры (время, поток, давление и объём), на которые реагируют управляющие программы аппарата ИВЛ, называются **Phase Variables** – фазовыми переменными.

Phase Variables – Фазовые переменные

Phase Variables – фазовыми переменными называют **время, поток, давление и объём**, когда эти параметры используются управляющими программами аппарата ИВЛ в качестве сигнала к действию. О каждой из фазовых переменных мы поговорим подробно ниже.

Необходимое пояснение

*Что значит **preset**?*

Preset – заранее установленный, заданный.

Программа или логическая схема аппарата ИВЛ срабатывает только тогда, когда нужная фазовая переменная достигает заданной величины (**preset time, preset flow, preset pressure, preset volume**). **Preset value** (заданная величина) в логических схемах, управляющих действиями аппарата ИВЛ, является синонимом **threshold value** (пороговая величина). Часто используют просто **threshold** (например **threshold pressure** вместо **threshold value of pressure**).

* Здесь важно не запутаться: **Limit** не переключает с вдоха на выдох (эту задачу выполняет **Cycle**) и не связан с системой тревог.

** **Cycle** на языке специалистов по ИВЛ имеет два значения. Когда это слово используется в выражении **Total cycle time**, оно переводится как дыхательный цикл и эквивалентно понятию **Ventilatory period**. Когда мы встречаем выражение **Cycle from inspiration to expiration** или **Cycle of** – это переключение с вдоха на выдох.

И ничего тут не поделаешь.

Время как фазовая переменная

В большинстве аппаратов ИВЛ есть таймер (**timer**) – управляющие часы, как в стиральной машине или в микроволновой печи. Если мы установили частоту дыханий 12 в минуту, каждые 5 секунд аппарат будет начинать очередной вдох. Если мы установили длительность вдоха 1 секунду, то через секунду после начала вдоха произойдет переключение с вдоха на выдох.

Давление как фазовая переменная

Падение давления в дыхательном контуре может использоваться как сигнал для включения аппаратного вдоха в ответ на дыхательную попытку пациента. Достижение предписанного давления может использоваться как сигнал переключения с вдоха на выдох.

Объём как фазовая переменная

Наиболее часто используется как сигнал переключения с вдоха на выдох, когда пациенту доставлен предписанный дыхательный объём.

Поток как фазовая переменная

Изменение потока может использоваться как сигнал для включения аппаратного вдоха в ответ на дыхательную попытку пациента. Уменьшение потока на вдохе может использоваться как сигнал для переключения с вдоха на выдох. Произведение потока на время – это объём.

Управляемая переменная

Управляемая переменная (**Control variable**) указывает на способ управления вдохом. Аппарат ИВЛ управляет вдохом или создавая давление в дыхательных путях, или вдувая объём, или управляя потоком. Таков логический принцип работы аппарата ИВЛ. В каждый момент времени он управляет чем-то одним, хотя, конечно, при описании каждого вдоха даются как минимум время, поток, давление и объём.

Для тех, кто читает слишком быстро: **поток, давление и объём** могут быть и управляемой переменной (**Control variable**) и фазовыми переменными (**Phase Variables**), а в некоторых режимах и тем, и другим одновременно. Вы же можете быть одновременно, человеком и гражданином.

2.4. Что такое trigger (триггер), или как аппарат ИВЛ узнаёт, что пора начать вдох?



Слово **trigger** переводится как спусковой крючок, пусковое устройство, пусковое реле, запуск. Для аппарата ИВЛ – это пусковая схема, включающая вдох. В настоящее время для включения вдоха могут быть использованы различные параметры:

1. Время.
2. Давление.
3. Поток.
4. Объём.
5. Электрический импульс проходящий по диафрагмальному

нерву.

6. Сигнал с внутрипищеводного датчика давления.

7. Сигнал получаемый за счёт изменения импеданса (электрического сопротивления) грудной клетки при начале вдоха и т.д.

По-английски параметр, используемый для срабатывания триггера, называется **trigger variable**.

Нам кажется забавным представить **trigger** в виде маленького робота по имени *Триггер* внутри аппарата ИВЛ. Для работы у *Триггера* есть часы-таймер и приборная доска, на которую приходит информация с датчиков объёма, давления, потока и дублируются сигналы, идущие по N.frenicus к диафрагме. В зависимости от поставленной задачи *Триггер* включит вдох аппарата ИВЛ в ответ на один из сигналов.

– Когда аппарат ИВЛ навязывает пациенту частоту дыхания?

– Когда у *Триггера* в распоряжении **только** часы-таймер.

Time trigger – самый старый «классический» способ работы *Триггера* – по часам (вдох включается, когда время пришло). Так работает *Триггер* при глубокой анестезии в условиях мышечной релаксации, при заболеваниях, приводящих к выключению дыхательной

мускулатуры, или если по другому не умеет (на старинных аппаратах ИВЛ середины прошлого века). В тех случаях, когда пациент в состоянии совершить попытку вдоха и делает это в собственном ритме, возникает конфликт между человеком и аппаратом – десинхронизация. На чьей стороне будет врач? Если нужно продолжать ИВЛ в прежнем режиме в силу терапевтических стратегий (например, у пациента столбняк или эпилепсия) или если аппарат ИВЛ по-другому не умеет, врач «выключает» пациента.

Если сработал Time trigger – значит вдох начал аппарат ИВЛ

Все остальные способы триггирования – это отклик аппарата ИВЛ на инспираторную попытку пациента.

– *Когда пациент инициирует аппаратный вдох?*

– *Когда Триггеру предписано отвечать на инспираторную попытку, а пациент может подать сигнал, понятный Триггеру.*

Если Триггер аппарата ИВЛ оснащен всем необходимым, мы можем приказывать ему включать вдох в ответ на дыхательную попытку пациента, то есть реагировать на сигналы с датчиков объёма, давления или потока.

Pressure trigger – Триггер срабатывает на падение давления в дыхательном контуре аппарата ИВЛ (эта опция есть на многих современных аппаратах ИВЛ).

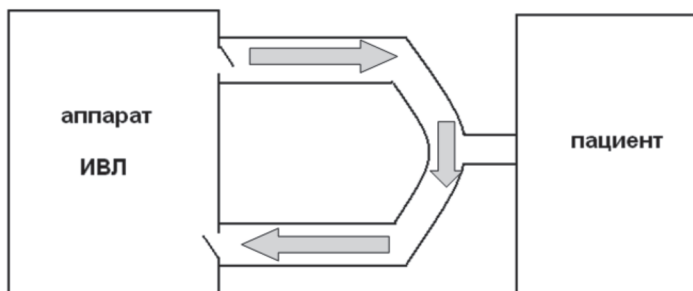
Volume trigger – Триггер срабатывает на прохождение заданного объёма в дыхательные пути пациента. (Используется на аппарате Dräger Babylog, сенсор датчика располагается максимально близко к дыхательным путям пациента. По мнению конструкторов аппарата, такой способ позволяет добиться наиболее чёткой работы Триггера).

Flow trigger – Триггер срабатывает на изменение потока через дыхательный контур пациента.

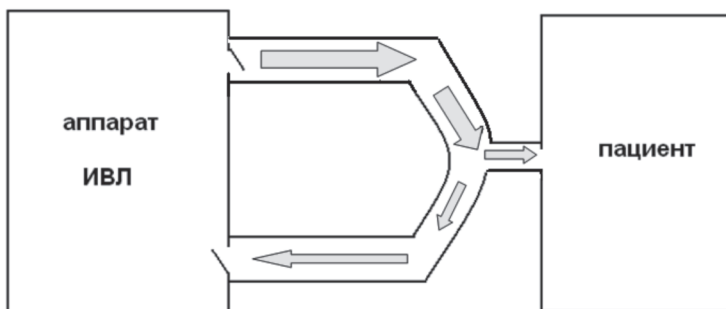
– *Какой такой поток через дыхательный контур до начала вдоха?*

Что такое flow by?

Flow by – это поток, текущий рядом. Современные аппараты ИВЛ «умеют» так управлять клапанами вдоха и выдоха одновременно, что во время экспираторной паузы поток воздуха протекает мимо коннектора, соединяющего шланги аппарата с пациентом, не производя вдоха.



Как только пациент делает инспираторную попытку поток меняется, срабатывает датчик потока и включается *Триггер*.



Flow trigger в настоящее время пользуется заслуженным уважением и любовью у врачей и пациентов, но есть Триггера́ и по-круче.

Фирма «MAQUET» разработала и уже вышла на мировой рынок медоборудования с аппаратом ИВЛ, который оснащён системой, распознающей нервный импульс, проходящий по диафрагмальному нерву к диафрагме. Датчик-электрод заключён в стенке

желудочного зонда и соединён тонким проводом с блоком управления аппарата ИВЛ. Таким образом, аппарат ИВЛ начинает вдох в ответ на сигнал, исходящий непосредственно из дыхательного центра. Такой способ позволяет добиться максимальной синхронизации аппарата ИВЛ с пациентом, поскольку все остальные триггеры срабатывают в ответ на сокращение дыхательной мускулатуры. Данная система называется NAVA (Neurally Adjusted Ventilatory Assist).

Включение аппаратного вдоха по любым параметрам может предполагать использование таймера как резервного сигнала. В этом случае до включения вдоха по расписанию выделяется «временное окно», когда Триггер готов включить вдох в ответ на изменение объёма, давления, потока или сигнала с диафрагмального нерва (как будет предписано). Если сигнал не поступил или не распознан, Триггер включит вдох по таймеру.

Резюме

Все способы включения вдоха делятся на две группы:

1. Вдох начинает аппарат ИВЛ – в эту группу входит единственный способ – «по времени» **Time trigger**, синонимом является выражение **Machine triggering**.
2. Все остальные способы включения вдоха – это ответ на инспираторную попытку пациента. Общее название для второй группы – **Patient triggering**.

2.5. Предельные параметры вдоха (Limit variable)

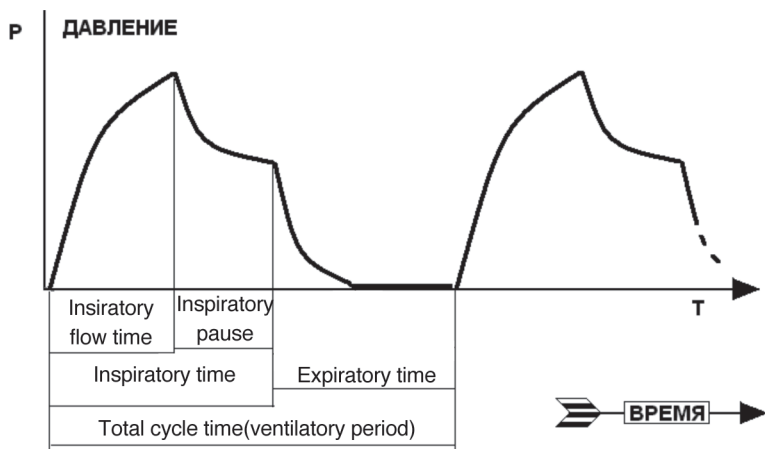


Лимит (предел) означает установление максимальной величины параметра во время вдоха. **Limit variable** – параметр с устанавливаемой максимальной величиной во время вдоха. Этими параметрами могут быть **давление, поток и объём**. После достижения предельного установленного значения вдох продолжается. Есть режимы ИВЛ, позволяющие установить предельное значение для всех этих параметров на каждый вдох (опция Pmax или PLV на аппаратах Dräger).

Очень важно понимать, что после достижения предельного (Limit) значения вдох не прекращается.

Может возникнуть вопрос: «Как может продолжаться вдох после того, как дыхательный объём доставлен полностью и поток воздуха в дыхательные пути остановлен?»

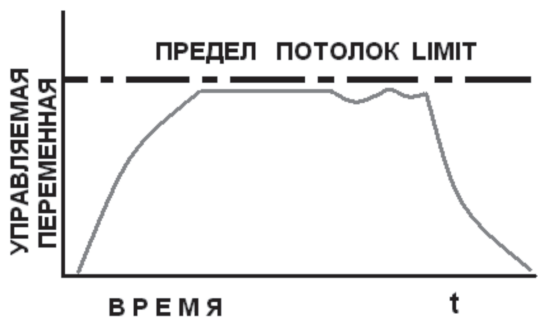
Для аппарата ИВЛ время вдоха (**inspiratory time**) – это временной интервал от момента открытия клапана вдоха до открытия клапана выдоха. Эксперты делят вдох на две части. **Inspiratory time = Inspiratory flow time + Inspiratory pause**.



Inspiratory flow time – временной интервал, когда в легкие поступает воздух.

Инспираторная пауза (**inspiratory pause** или **inspiratory hold**) – это временной интервал, когда клапан вдоха уже закрыт, а клапан выдоха еще не открыт. Хотя в это время поступления воздуха в легкие не происходит, инспираторная пауза является частью времени вдоха. Инспираторная пауза возникает, когда заданный объем уже доставлен, а время вдоха ещё не истекло.

Если применить метафору: предел (Limit) – как потолок в коридоре. Вы можете, как угодно двигаться по коридору, а выше потолка не прыгнешь.



Время не может входить в группу **Limit variables** по определению, поскольку, если установить предельное значение времени вдоха, – достижение этого значения будет приводить к прекращению вдоха и переключению на выдох. Это значит, что время длительности вдоха будет работать как **Cycle variable**, следующая фазовая переменная.



Продолжая метафору с коридором: **давление, поток и объём** располагаются вдоль коридора, и поэтому из них можно строить потолок (Limit), а **время** располагается поперек – из него можно сделать только порог (Threshold).



Если вы управляете автомобилем и видите знак «ограничение скорости 60 км» – это значит, вам установили Limit (предел) скорости, но вы продолжаете движение.

Когда вы доехали до железнодорожного переезда и видите, что шлагбаум закрыт, а из дороги поднялся металлический барьер – Threshold (порог), вы переключаете свой автомобиль из состояния движения в состояние покоя.

Многих сбивает с толку речевой штамп «лимит времени», однако, если человек говорит: «У меня лимит времени», это означает, что через определенный отрезок времени он должен переключиться на другое занятие. Если аппарату ИВЛ установить длительность времени вдоха, то по истечении этого времени он переключится на выдох. Для того, чтобы не было путаницы, термин *лимит (Limit)* или *предел* в отношении временных интервалов использовать не нужно.

Врачи часто путают понятия «Limit» и «Cycle». Глагол **Cycle** означает: «прекратить вдох и начать выдох». **Limit** не прекращает вдоха, а устанавливает верхнюю границу для давления, потока или объёма.

Эта путаница в понятиях Limit и Cycle обусловлена тем, что производители аппаратов ИВЛ нередко используют термин Limit (предел) вместо Threshold (порог) при описании работы Alarms (тревог) по давлению и времени, когда достижение порогового значения приводит к срабатыванию тревоги и переключению на выдох.

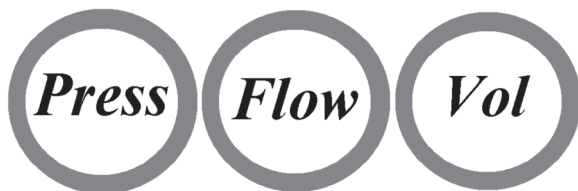
Во время вдоха одновременно работают две программы – Control и Limit.

Программа Control управляет объёмом, потоком или давлением и

Предельные параметры вдоха (Limit variable)

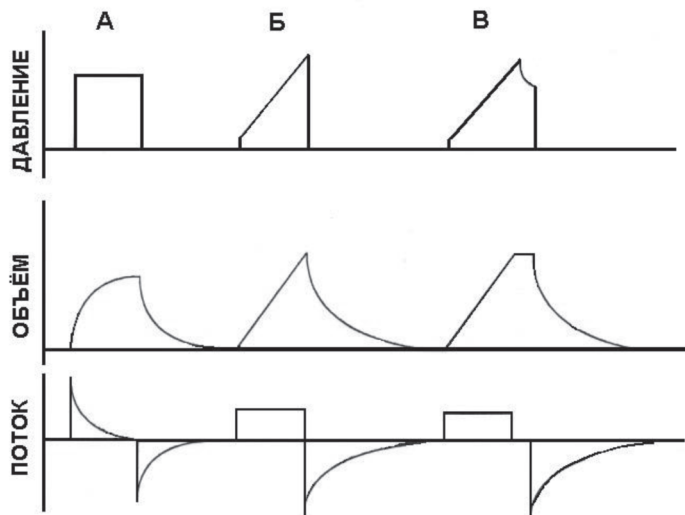
осуществляет вдох.

Программа Limit ограничивает параметры вдоха: **давление, поток и объём.**



Существует ещё одна сложность, связанная с pressure limits. У многих аппаратов ИВЛ pressure limits для принудительных вдохов устанавливается относительно атмосферного давления, а для вспомогательных – относительно PEEP или Baseline.

Примеры:



А – Установлен предел давления (Pressure limited); переключение на выдох по времени (Time cycled) [пределы объема и потока не установлены]

Б – Установлен предел потока (Flow limited); переключение на выдох по объёму (Volume cycled) [пределы объема и давления не установлены]

В – Установлен предел потока (Flow limited) и установлен предел объёма (Volume limited); переключение на выдох по времени (Time cycled) [предел давления не установлен]

2.6. Программа, выполняющая переключение с вдоха на выдох – Cycle* и Cycle Variables – параметры, используемые для переключения с вдоха на выдох.



Cycle Variables – это фазовые переменные, которые используются как сигнал для переключения аппарата ИВЛ с вдоха на выдох. Ими могут быть **время, поток, давление** или **объём**. Фаза вдоха заканчивается, когда величина параметра, избранного в качестве **Cycle Variable**, достигает предустановленного (**Preset**) или порогового (**Threshold**) значения.

Pressure Cycling – переключение с вдоха на выдох «по давлению»

Когда аппарат ИВЛ переключается с вдоха на выдох «по давлению», это означает, что вдох будет продолжаться до тех пор, пока давление не достигнет установленного порогового значения. Как только датчик давления аппарата ИВЛ регистрирует пороговое значение, аппарат переключается на выдох.

Система тревог аппарата ИВЛ, не допускающая подъёма давления в дыхательных путях выше установленного порога, выполняет «аварийное» переключение на выдох.

Volume Cycling – переключение с вдоха на выдох «по объёму»

Вдох будет продолжаться до тех пор, пока объём, заданный аппарату, при настройке параметров ИВЛ, не пройдёт через управляющий клапан вдоха. Как только заданный объём доставлен пациенту, поток воздуха останавливается, и начинается выдох. В том случае, если после прекращения инспираторного потока не начинается выдох, это значит, что аппарат ИВЛ делает инспираторную паузу. Наличие инспираторной паузы всегда говорит о том, что переключение с вдоха на выдох выполняется «по времени».

*To **cycle** means to end inspiration. A cycle variable always ends inspiration. Глагол **cycle** значит прекратить вдох. Cycle variable – следует понимать, как параметр, прекращающий вдох. [Robert L.Chatburn «Fundamentals of Mechanical Ventilation» p.31]

Flow Cycling – переключение с вдоха на выдох «по потоку»

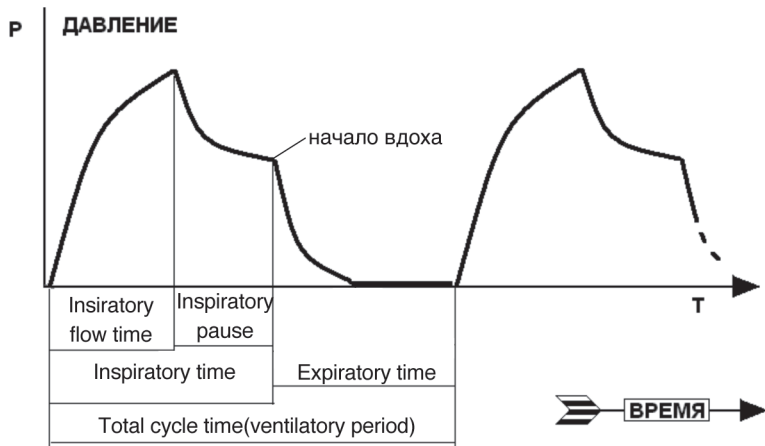
Вдох будет продолжаться до тех пор, пока поток не снизится до установленного порогового значения. Инспираторный поток будет прекращён, и начнётся выдох. Наиболее часто переключение с вдоха на выдох «по потоку» (**Flow Cycling**) используется в режиме «Pressure support». В этом режиме параметр, управляющий вдохом, – давление (Pressure), и аппарат ИВЛ создаёт поток, обеспечивающий предписанное давление. Соответственно, поток начинается с высоких значений и снижается по экспоненте. Переключение с вдоха на выдох выполняется при значительном снижении потока. (Создатели аппаратов ИВЛ обычно устанавливают порог переключения с вдоха на выдох «по потоку» 25% от максимального или пикового). Порог переключения с вдоха на выдох «по потоку» выше нуля устанавливают для того, чтобы не допустить несоразмерного удлинения времени вдоха. Это позволяет избежать десинхронизации. На некоторых моделях аппаратов ИВЛ предусмотрена возможность коррекции порогового значения потока.

Time Cycling – переключение с вдоха на выдох «по времени»

При Time Cycling выдох начинается сразу после того, как истекло **Inspiratory time** или «время вдоха».

В том случае, когда дыхательный объём доставлен пациенту до истечения времени вдоха, **Inspiratory time** состоит из двух временных отрезков: **Inspiratory flow time** и **Inspiratory pause**.

Inspiratory flow time – это та часть времени вдоха, когда происходит вдувание воздуха в легкие пациента, то есть аппарат ИВЛ создаёт поток. Назовем этот отрезок времени «потокое время вдоха» **Inspiratory pause** или **Inspiratory hold time** в отечественной литературе называют «инспираторная пауза».



Inspiratory time = Inspiratory flow time + Inspiratory pause

Кто выполняет переключение с вдоха на выдох – аппарат ИВЛ или пациент?

При **Time Cycling** и **Volume Cycling** переключение с вдоха на выдох всегда выполняет аппарат ИВЛ. Эти способы переключения на выдох объединены в группу **Machine Cycling**.

При **Pressure Cycling** и **Flow Cycling** в том случае, если дыхательная мускулатура пациента участвует в дыхании, пациент может увеличить или сократить время вдоха меняя поток или давление. Но даже, если дыхательная мускулатура не работает, аппарат ИВЛ выполняет переключение с вдоха на выдох с учетом респираторной механики пациента. Эти способы переключения на выдох объединены в группу **Patient Cycling**.

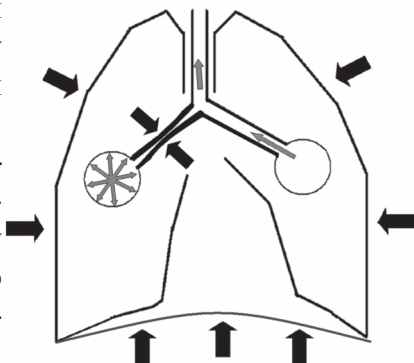
2.7. PEEP, CPAP и Baseline

Что такое PEEP (positive end expiratory pressure), и для чего оно нужно?

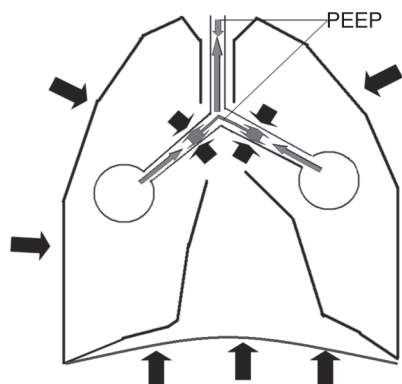


PEEP (ПДКВ - положительное давление конца выдоха) было придумано для борьбы с ЭЗДП (экспираторное закрытие дыхательных путей) по-английски **Air trapping** (дословно – воздушная ловушка).

У пациентов с ХОБЛ (хроническая обструктивная болезнь легких, или COPD – chronic obstructive pulmonary disease, просвет бронхов уменьшается за счет отека слизистой оболочки. При выдохе мышечное усилие дыхательной мускулатуры через ткань легких передается на внешнюю стенку бронха, ещё больше уменьшая его просвет. Часть бронхиол, не имеющих каркаса из хрящевых полуколец, пережимается полностью. Воздух не выдыхается, а запирается в легких, как ловушке (происходит Air trapping). Последствия – нарушения газообмена и перерастяжение (**hyperinflation**) альвеол.



Было замечено, что индийские йоги и другие специалисты по



дыхательной гимнастике при лечении пациентов с бронхиальной астмой широко практикуют медленный выдох с сопротивлением (например с вокализацией, когда на выдохе пациент поёт «и-и-и-и» или «у-у-у-у», или выдыхает через трубку, опущенную в воду). Таким образом, внутри бронхиол создается давление, поддерживающее

их проходимость. В современных аппаратах ИВЛ **PEEP** создается с помощью регулируемого или даже управляемого клапана выдоха.

В дальнейшем выяснилось, что у **PEEP** может быть ещё одно применение:

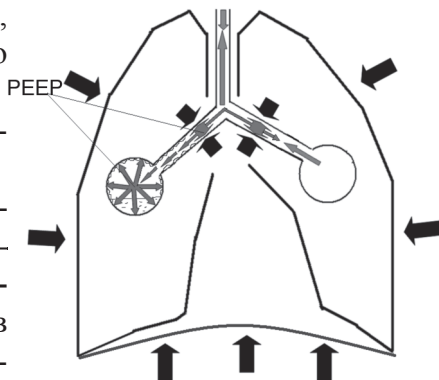
Recruitment (мобилизация спавшихся альвеол).

При ОРДС (острый респираторный дистресс-синдром, **ARDS – acute respiratory distress syndrome**) часть альвеол находится в «слипшемся» состоянии и не участвует в газообмене. Это слипание происходит из-за нарушения

свойств легочного сурфактанта и патологической экссудации в просвет альвеол. **Recruitment** – это такой маневр управления аппаратом ИВЛ, при котором за счет правильного подбора давления на вдохе, длительности вдоха и повышения **PEEP** добиваются расправления слипшихся альвеол. После завершения **Recruitment maneuver** (маневр мобилизации альвеол) для поддержания альвеол в расправленном состоянии, ИВЛ продолжается с использованием **PEEP**.

АутоПДКВ (**AutoPEEP Intrinsic PEEP**) возникает, когда настройки аппарата ИВЛ (частота дыханий, объём и длительность вдоха) не соответствуют возможностям пациента. В этом случае пациент до начала нового вдоха не успевает выдохнуть весь воздух предыдущего вдоха. Соответственно давление в конце выдоха (**end expiratory pressure**) оказывается значительно более **positive**, чем хотелось бы. Когда сформировалось представление об АутоПДКВ (**Auto PEEP, Intrinsic PEEP** или **iPEEP**), договорились под понятием **PEEP** понимать то давление, которое создает в конце выдоха аппарат ИВЛ, а для обозначения суммарного ПДКВ введен термин **Total PEEP**.

Total PEEP=AutoPEEP+PEEP

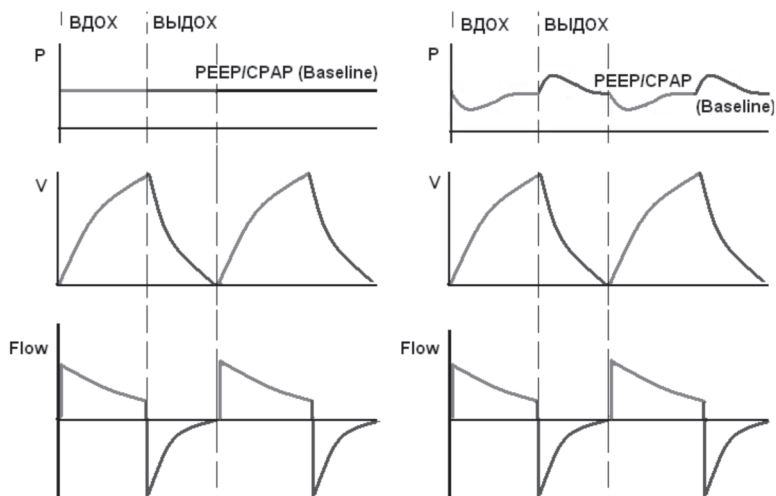


АутоПДКВ в англоязычной литературе может быть названо:
Inadvertent РЕЕР – непреднамеренное ПДКВ,
Intrinsic РЕЕР – внутреннее ПДКВ,
Inherent РЕЕР – естественное ПДКВ,
Endogenous РЕЕР – эндогенное ПДКВ,
Occult РЕЕР – скрытое ПДКВ,
Dynamic РЕЕР – динамическое ПДКВ.

На современных аппаратах ИВЛ существует специальный тест или программа для определения величины **AutoРЕЕР**. ПДКВ (**РЕЕР**) измеряют в сантиметрах водного столба (см H₂O) и в миллибарах (mbar или мбар). 1 миллибар = 0,9806379 см водного столба.

В настоящее время существует большое количество приспособлений для респираторной терапии и создания **РЕЕР**, не являющихся аппаратами ИВЛ (например: дыхательная маска с пружинным клапаном).

РЕЕР – это опция, которая встраивается в различные режимы ИВЛ. **CPAP constant positive airway pressure** (постоянное положительное давление в дыхательных путях). В данной опции **constant** следует понимать как физический или математический термин: «всегда одинаковый». Умный аппарат ИВЛ PPV при включении этой опции, виртуозно «играя» клапанами вдоха и выдоха, будет поддерживать в дыхательном контуре постоянное одинаковое давление. Логика управления опцией **CPAP** работает в соответствии с сигналами с датчика давления. Если пациент вдыхает, клапан вдоха приоткрывается настолько необходимо, чтобы поддержать давление на заданном уровне. При выдохе, в соответствии с управляющей командой, приоткрывается клапан выдоха, чтобы выпустить из дыхательного контура избыточный воздух.



На рисунке А представлен идеальный график давления при **CPAP**. В реальной клинической ситуации аппарат ИВЛ не успевает мгновенно среагировать на вдох и выдох пациента – рисунок Б. Обратите внимание на то, что во время вдоха отмечается небольшое снижение давления, а во время выдоха – повышение.

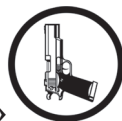
В том случае, если опцией **CPAP** дополнен какой-либо режим ИВЛ, более правильно называть её **Baseline pressure**, поскольку во время аппаратного вдоха **pressure**(давление) уже не **constant**.

Baseline pressure или просто **Baseline** на панели управления аппарата ИВЛ обычно, по традиции, обозначается как **PEEP/CPAP** и является тем заданным уровнем давления в дыхательном контуре, которое аппарат будет поддерживать в интервалах между дыхательными циклами. Понятие **Baseline pressure**, по современным представлениям, наиболее адекватно определяет данную опцию аппарата ИВЛ, но важно знать, что принцип управления для **PEEP**, **CPAP** и **Baseline** одинаков. На графике давления – это один и тот же сегмент на оси «X», и, по сути дела, мы можем рассматривать **PEEP**, **CPAP** и **Baseline** как синонимы. В том случае, если **PEEP=0**, это **ZEER** (**zero end expiratory pressure**), и **Baseline** соответствует атмосферному давлению.

2.8. Почувствуйте разницу (отличия программ работающих во время дыхательного цикла).

Почувствуйте разницу между фазовыми и управляемыми переменными:

Программы или логические схемы «Trigger»



и

«Cycle»



, используют **время, поток, давление и объём** как сигнал к действию. Это программы-переключатели.

Программы или логические схемы «Limit»



и

«Baseline»



обеспечивают соблюдение заданных границ. Это программы-пограничники.



Программа «Control»

, управляющая вдохом использует **время, поток, давление или объём** как средство для достижения поставленной цели. Это программа-исполнитель.

Этапный эпикриз:

Программа «**Trigger**»



включает программу «**Control**»



Программа «**Control**»



управляет вдохом.

Программа «**Limit**»



устанавливает границы.

Программа «**Cycle**»



завершает вдох и начинает выдох.

Программа «**Baseline**»



поддерживает нижний уровень давления на выдохе.

2.9. Выяснение отношений между фазовыми и управляемыми переменными

Как показывает наш опыт, с пониманием того, как работает триггер, ни у кого проблем не возникает. Понять, в каких клинических ситуациях **РЕЕР**, **CPAP** и **Baseline** являются синонимами – тоже не сложно. Для того, чтобы понять, какие параметры в программах «**Control**», «**Limit**» и «**Cycle**» могут сочетаться, а какие нет – придется потратить время.

Volume controlled ventilation (VCV) означает, что после того, как триггер включил вдох, аппарат ИВЛ должен вдохнуть в легкие пациента предписанный объем воздуха.

Предельные параметры вдоха (**Limit variables**) при **Volume controlled ventilation**.

1. По определению, установив объём вдоха, мы установили **Volume limit** (предельный объём вдоха). Аппарат ИВЛ, управляющий вдохом «по объёму», не может дать больше, чем приказано.

2. Мы можем установить предельное значение потока (**Flow limit**), но при этом обязаны помнить, что объём – это произведение потока на время вдоха ($V_T = \dot{V} \times T_i$). Если при данном потоке за установленное время вдоха доставить предписанный объем нельзя, аппарат предупредит нас «**Invalid setting**» (неверные установки). Необходимо или увеличить поток, или время вдоха, или и то, и другое.

3. Мы можем установить предельное значение давления (**Pressure limit**). Если за установленное время вдоха, не превышая **Pressure limit**, аппарат доставить предписанный объем не может – включится тревога: «**Volume not delivered**» или «**Low tidal volume**», призывая нас поднять предел давления или увеличить время

вдоха.

4. Существует принципиальная возможность установить пределы потока и давления одновременно, но следует понимать, что в каждый момент времени будет работать только один из двух, в зависимости от установок. Второй предел будет «на всякий случай».

– По каким параметрам при данном способе управления вдохом (VCV) может состояться переключение с вдоха на выдох (Cycle)?

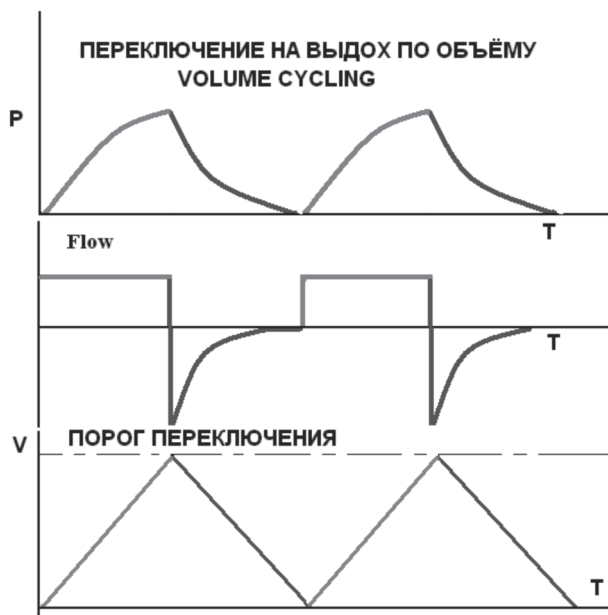
– Этих способов только два:

1. Volume controlled, Volume cycled ventilation.

2. Volume controlled, Time cycled ventilation.

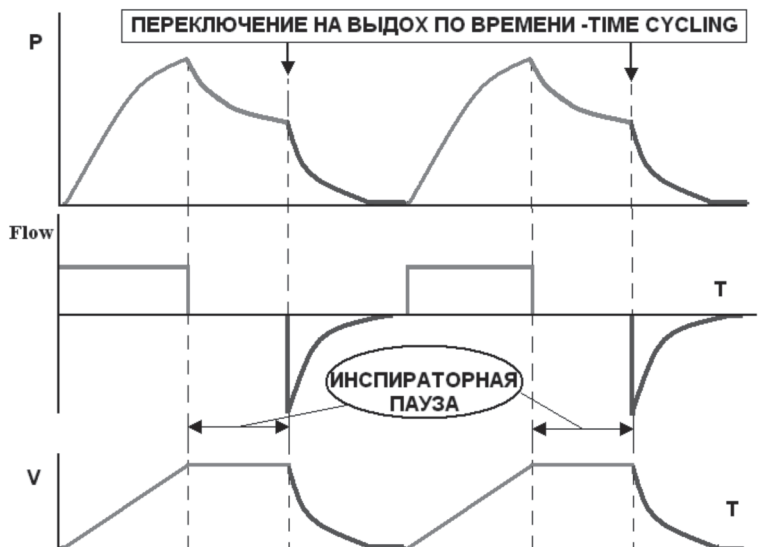
Volume controlled, Volume cycled ventilation

Этот способ предполагает, что сразу после того, как пациенту доставлен дыхательный объём, аппарат ИВЛ переключается на выдох.



Volume controlled, Time cycled ventilation

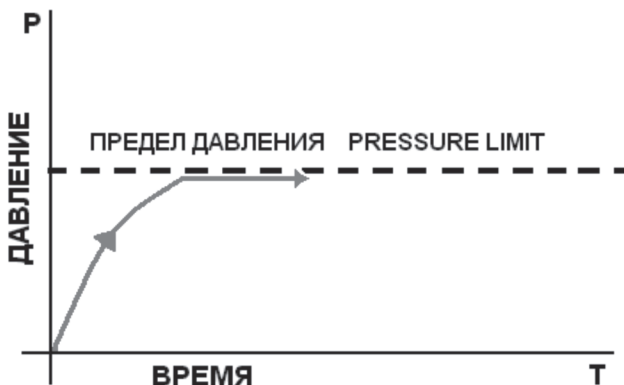
Этот способ предполагает, что после того, как пациенту доставлен дыхательный объём, аппарат ИВЛ выдерживает паузу (**Inspiratory pause**) и переключается на выдох только после того, как закончилось время вдоха (**Inspiratory time**).



При **Volume controlled ventilation** переключение с вдоха на выдох всегда выполняется аппаратом ИВЛ (**Machine cycling**)

Pressure controlled ventilation (PCV)

означает, что после того, как триггер включил вдох, аппарат ИВЛ будет создавать предписанное давление в дыхательных путях.



При данном способе управления задавать предел давления нет смысла, поскольку аппарат ИВЛ уже строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Задать предельное значение потока тоже технически сложно, поскольку аппарат ИВЛ должен маневрировать потоком, чтобы создать необходимое давление. Если предел выше потребностей, то он никак не проявится, а если ниже необходимого – аппарат не сможет выполнить поставленную задачу и скажет: «Invalid setting» (неверные установки). А что, если задать предел объема? Если задать предел объема при способе управления вдохом **Pressure controlled ventilation**, то, как только заданный объем доставлен, поток прекратится. Если инспираторная попытка пациента не завершена, аппарат ИВЛ не сможет поддерживать предписанное давление в дыхательных путях. Опять «Invalid setting».

Таким образом при способе управления вдохом **Pressure controlled ventilation** предельные значения вообще не устанавливаются, а предельное значение давления равно давлению вдоха по определению (таков закон природы).

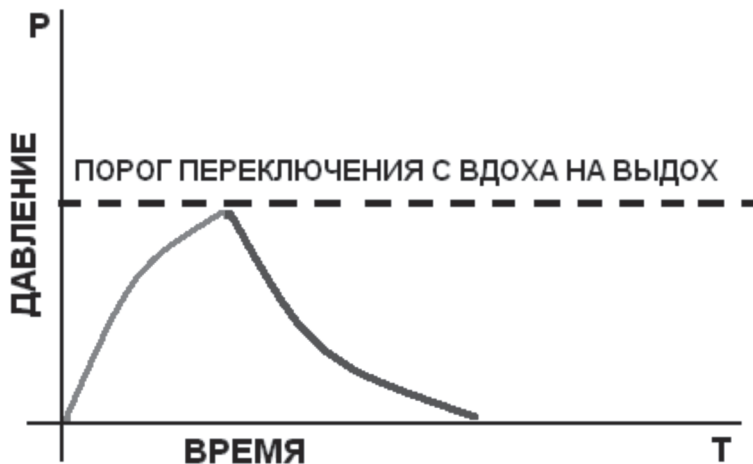
– По каким параметрам при данном способе управления вдохом может состояться переключение с вдоха на выдох (**Cycle**)?

– Возможны три варианта:

1. **Pressure controlled, Pressure cycled ventilation.**
2. **Pressure controlled, Flow cycled ventilation.**
3. **Pressure controlled, Time cycled ventilation.**

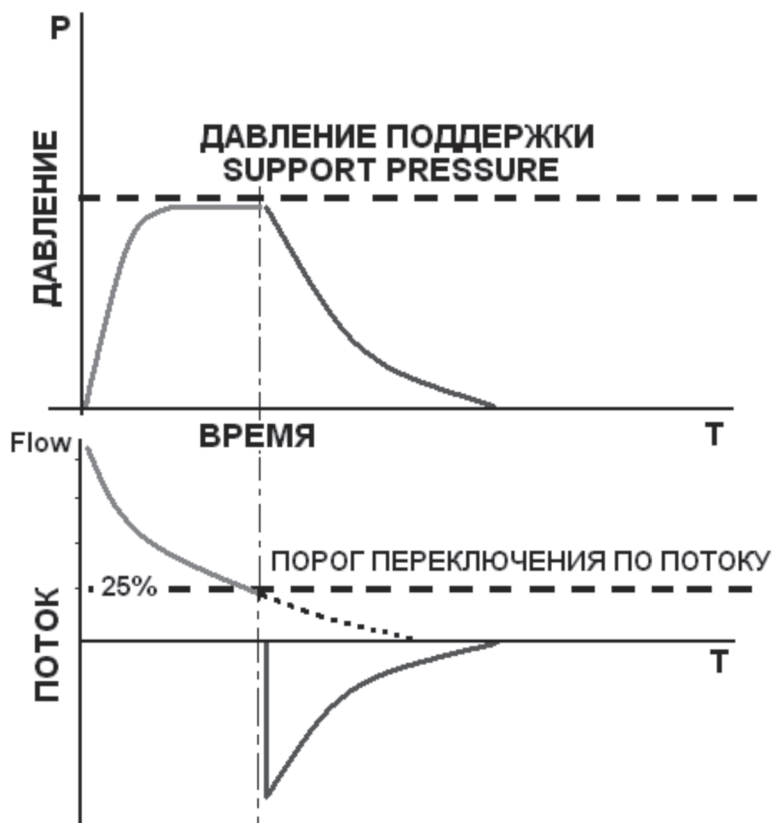
Возможность сочетания **Pressure controlled, Volume cycled ventilation** мы тоже обсудим.

1. Pressure controlled, Pressure cycled ventilation



При начале вдоха аппарат ИВЛ начинает повышать давление в дыхательных путях, а при достижении уровня давления, соответствующего **Cycling pressure**, переключается на выдох. Это сочетание способа управления вдохом и способа переключения с вдоха на выдох для краткости обычно называют **Pressure cycled ventilation**. Наши соотечественники говорят: «Пресс-циклическая вентиляция».

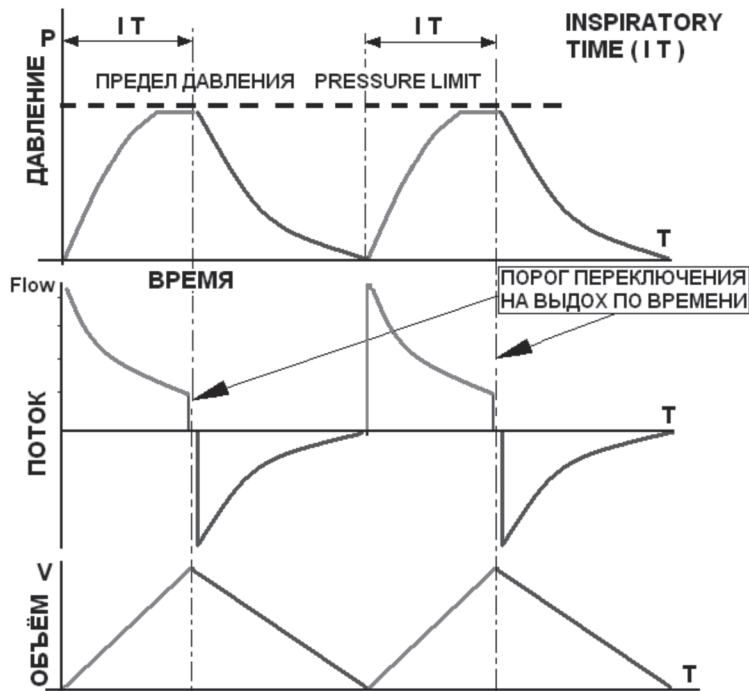
2. Pressure controlled, Flow cycled ventilation



При начале вдоха аппарат ИВЛ повышает давление в дыхательных путях до предписанного уровня и удерживает давление до тех пор, пока поток не снизится до уровня, соответствующего **Cycling flow**. Обычно это 25% от максимального, но существуют аппараты ИВЛ, позволяющие установить значение потока, переключающего с вдоха на выдох вручную.

3. Pressure controlled, Time cycled ventilation

При начале вдоха аппарат ИВЛ повышает давление в дыхательных путях до предписанного уровня и удерживает давление до окончания времени вдоха (**inspiratory time**), после чего переключается на выдох.



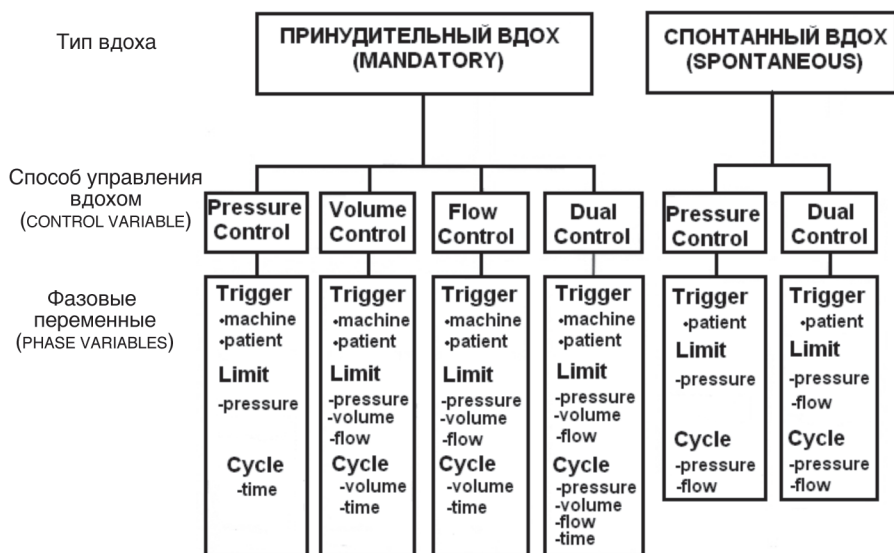
Теоретически возможность сочетания **Pressure controlled, Volume cycled ventilation** существует, но такое сочетание опасно. В том случае, если у данного пациента при заданном давлении невозможно доставить предписанный объём (ригидная грудная клетка или выраженный пневмосклероз) то переключения с вдоха на выдох не произойдёт. Если **Cycling volume** (объём переключения с вдоха на выдох) будет меньше потребности пациента, возникнет десинхронизация.

Для тех, кто любит схемы, приводим с небольшими изменениями диаграмму Роберта Чатбурна. Для полной ясности нужно добавить, что для специалиста по ИВЛ вдохи могут быть только двух типов: **Mandatory** и **spontaneous**.

Mandatory переводится как заказанный, предписанный. В отечественной литературе используется слово «принудительный». Mandatory Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был либо начат аппаратом ИВЛ, либо завершен аппаратом ИВЛ или и начат, и завершен аппаратом ИВЛ.

Spontaneous переводится как самостоятельный. Spontaneous Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был инициирован дыхательной попыткой пациента и завершен при попытке пациента начать выдох.

Данная схема показывает, какие фазовые переменные могут сочетаться с разными способами управления вдохом. Обратите внимание, что при управлении «по объёму» и «по потоку» набор фазовых переменных одинаковый. Спонтанных вдохов с управлением «по объёму» не существует.



2.10. Паттерны ИВЛ Ventilatry (Breathing*) Patterns (их как минимум восемь)

Pattern – это слово «переводится» как стереотип (Stereotype), шаблон (Schablone), модель (Model). «Переводится» в кавычках, потому что не переводится; мы предложили вам английские и немецкие синонимы, смысл которых общеизвестен.

Паттерн ИВЛ складывается из варианта согласования вдохов и способов управления вдохами **Breath Sequence+Control Variable**

Типы вдохов Breath types (их два)

Прежде чем говорить о вариантах согласования вдохов, отметим: для специалиста по ИВЛ вдохи могут быть только двух типов. **Mandatory** и **spontaneous**.

Mandatory переводится как заказанный, предписанный. В отечественной литературе используется слово принудительный. Mandatory Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был либо начат аппаратом ИВЛ, либо завершён аппаратом ИВЛ, или и начат, и завершён аппаратом ИВЛ.

Spontaneous переводится как самостоятельный. Spontaneous Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был инициирован дыхательной попыткой пациента и завершён, при попытке пациента начать выдох.

Мы знаем, что при способе управления **Volume controlled ventilation** все вдохи принудительные (Mandatory Breath), поскольку переключение с вдоха на выдох возможно только по времени или объёму.

* **Breathing Pattern** – термин «дыхательный паттерн» используется как для описания дыхательной активности пациента, так и для описания взаимодействия аппарата и пациента. **Ventilatry Pattern** в ряде ситуаций является синонимом **Breathing Pattern**. Поскольку в нашей книге речь идёт об ИВЛ, мы используем термин **Ventilatry Pattern** (Паттерн ИВЛ) и подразумеваем под этим понятием **вариант согласования вдохов плюс способ управления вдохами**, как предложено в классификации режимов ИВЛ Американской ассоциации по респираторной терапии.

При способе управления вдохом **Pressure controlled ventilation** в том случае, если время использовано программами «**Trigger**» или «**Cycle**» в качестве фазовой переменной (сигнала к действию), то вдох принудительный. Во всех остальных случаях вдох – спонтанный.

Согласование вдохов **Breath Sequence**

(возможно только три варианта согласования)

Если все вдохи принудительные – это **CMV*** (continuous mandatory ventilation)

Если все вдохи самостоятельные – это **CSV**(continuous spontaneous ventilation)

Если принудительные вдохи чередуются с самостоятельными – это **IMV**(intermittent mandatory ventilation)

При варианте согласования **CMV** может быть использован любой способ управления вдохом: Volume controlled, Pressure controlled или Dual controlled.

При варианте согласования **CSV** могут быть использованы только два способа управления вдохом: Pressure controlled или Dual controlled. **CSV** может быть вообще без управления вдохом – когда задан только уровень Baseline (PEEP/CPAP)

При описании дыхательного паттерна с вариантом согласования **IMV** принято указывать только способы управления принудительными вдохами

Итак, паттерн ИВЛ складывается из способа управления вдохом и варианта согласования вдохов.

*Аббревиатура **CMV** используется так давно, что сегодня имеет уже четыре варианта расшифровки, которые, по-существу, являются синонимами. Это:

- 1) **controlled mechanical ventilation** [6].
- 2) **controlled mandatory ventilation** [1].
- 3) **continuous mandatory ventilation** [2, 4, 6, 7].
- 4) **continuous mechanical ventilation** [6].

Восемь паттернов ИВЛ:

VC-CMV	Volume controlled continuous mandatory ventilation
PC-CMV	Pressure controlled continuous mandatory ventilation
DC-CMV	Dual controlled continuous mandatory ventilation

VC-IMV	Volume controlled intermittent mandatory ventilation
PC-IMV	Pressure controlled intermittent mandatory ventilation
DC-IMV	Dual controlled intermittent mandatory ventilation

PC-CSV	Pressure controlled continuous spontaneous ventilation
DC-CSV	Dual controlled continuous spontaneous ventilation

На данном этапе изучения классификации режимов вентиляции при описании режима мы можем указать паттерн ИВЛ, фазовые переменные для **Trigger, Limit, Cycle** и значение **Baseline**.

2.11. Под знаком CMV

Определение:

CMV (continuous mandatory ventilation) – это вариант согласования вдохов, при котором все вдохи **mandatory (принудительные)**.

Mandatory Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был либо начат аппаратом ИВЛ, либо завершен аппаратом ИВЛ или и начат, и завершен аппаратом ИВЛ. Управление вдохом при данном способе согласования может осуществляться по объёму (Volume control ventilation, VCV, VC), по давлению (Pressure control ventilation, PCV, PC) и с аппаратным переключением с управления по давлению на управление по объёму (Dual control ventilation, DCV, DC).

Итак, при согласовании вдохов CMV возможны три способа управления вдохом: VC, PC и DC.

Получаются три паттерна ИВЛ (**Ventilatory Patterns**). Паттерн ИВЛ складывается из варианта согласования вдохов и способа управления вдохами **Breath Sequence+Control Variable**.

VC-CMV Volume controlled continuous mandatory ventilation

PC-CMV Pressure controlled continuous mandatory ventilation

DC-CMV Dual controlled continuous mandatory ventilation

Какие триггеры могут быть использованы при CMV?

При всех паттернах CMV обязательно предусмотрено использование триггера, срабатывающего по времени (Time trigger). Как мы уже говорили: Time trigger – это Machine trigger, если вдох начинается по сигналу таймера, он начат аппаратом ИВЛ. Для лучшей синхронизации работы аппарата ИВЛ с дыхательной активностью пациента Time trigger может быть дополнен любым другим триггером, реагирующим на дыхательную попытку пациента (Patient trigger). Управляющая программа аппарата ИВЛ выделяет «временное окно» до включения Time trigger, когда может сработать Patient trigger. Если пациент сумел инициировать вдох, – Time trigger отдыхает. Если пациент не сумел сам инициировать вдох, – вдох включит Time trigger.

Если CMV оснащено Machine trigger + Patient trigger, то перед

аббревиатурой CMV ставят assisted (буква «a» или «A») или synchronized (буква «S»). A/C означает Assisted Control Mechanical Ventilation, обычно для краткости используют название «Assist Control».

Фирма Dräger, давая имена режимам, использующим способ согласования вдохов CMV, использует аббревиатуру IPPV – Intermittent Positive Pressure Ventilation. Если перед IPPV стоит «a» или «S», это значит, что Time trigger дополнен триггером, отвечающим на дыхательную попытку пациента (Patient trigger).

Будьте готовы к тому, что создатели аппаратов ИВЛ уверены в том, что вы знаете: «Volume controlled ventilation может быть только mandatory», поэтому вместо VC-CMV они напишут VCV или VC. При использовании дыхательного паттерна VC-CMV могут быть два способа переключения с вдоха на выдох: по объёму (Volume Cycling) и по времени (Time Cycling). При Volume Cycling выдох будет начинаться сразу после того, как дыхательный объём доставлен, а при Time Cycling выдох будет начинаться после того, как истечет установленное время вдоха (**inspiratory time**). Выдох во всех режимах происходит пассивно под действием эластических сил легочной ткани грудной клетки и диафрагмы. Давление в дыхательных путях снизится до уровня PEEP или Baseline. И данном случае – это синонимы.

При использовании паттерна ИВЛ PC-CMV переключение с вдоха на выдох может осуществляться только по времени (Time Cycling). Volume Cycling превратит PC в VC или DC, а Flow Cycling или Pressure Cycling превратит CMV в CSV.

DC-CMV. При данном паттерне аппарат ИВЛ управляя вдохом по давлению, имеет задачу доставить пациенту целевой дыхательный объём (target tidal volume) и в разрешенных границах может менять давление, длительность вдоха или поток, переключаясь на выдох по объёму или по времени.

2.12. Под знаком CSV

Определение:

CSV (continuous spontaneous ventilation) – это вариант согласования вдохов, при котором все вдохи spontaneous (самостоятельные).

Spontaneous Breath на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был инициирован дыхательной попыткой пациента и завершён при попытке пациента начать выдох.

Начнём с наиболее простого. Есть пациент на ИВЛ, а нам нужно оценить его способность дышать самостоятельно. Современный аппарат ИВЛ может позволить пациенту дышать самостоятельно, поддерживая давление в дыхательных путях на уровне атмосферного. В этом случае аппарат лишь компенсирует сопротивление шлангов дыхательного контура и подаёт пациенту согретый и увлажнённый воздух. Обычно эту возможность аппарата ИВЛ используют для мониторинга спонтанного дыхания пациента. Можно оценить дыхательный объём, частоту дыханий и минутный объём дыхания. Запись трендов позволит оценить утомляемость пациента, а правильно установленные границы тревог предупредят нежелательные последствия. В данном случае не включён никакой режим ИВЛ. Тем не менее, это вариант согласования вдохов **CSV**.

CPAP. Наши соотечественники говорят: «Пациент дышит в CPAP». В отличие от вышеописанного способа, аппарат ИВЛ поддерживает постоянное положительное давление в дыхательных путях (**CPAP – constant positive airway pressure**) и больше ничего не делает. Часть специалистов не считают **CPAP** режимом ИВЛ, поскольку аппарат ИВЛ не управляет вдохом. Однако сказать, что аппарат ничего не делает нельзя – аппарат управляет давлением, удерживая его на одном уровне (Pressure control). Поскольку при **CPAP** все вдохи самостоятельные (spontaneous), это тоже **CSV**. Таким образом, паттерн ИВЛ для **CPAP – PC-CSV** (Pressure controlled continuous spontaneous ventilation).

Управление вдохом при способе согласования **CSV** может

осуществляться по давлению (Pressure controlled ventilation, PCV PC) или с аппаратным переключением с управления по давлению на управление по потоку (Dual control ventilation, DCV, DC).

Итак, при согласовании вдохов CSV возможны два способа управления вдохом: PC и DC.

Получаются два паттерна ИВЛ (**Ventilatory Patterns**). Паттерн ИВЛ складывается из варианта согласования вдохов и способа управления вдохами **Breath Sequence+Control Variable**.

PC-CSV Pressure controlled continuous spontaneous ventilation

DC-CSV Dual controlled continuous spontaneous ventilation

Какие триггеры могут быть использованы при CSV?

При всех паттернах CSV может быть использован любой триггер, кроме триггера, срабатывающего по времени (Time trigger). Как мы уже говорили: Time trigger – это Machine trigger. Если вдох начинается по сигналу таймера, он начат аппаратом ИВЛ, и вдох, по определению, будет принудительным. Все остальные триггеры реагируют на дыхательную попытку пациента (Patient trigger) и не изменяют паттерн дыхания.

При использовании паттерна ИВЛ PC-CSV переключение с вдоха на выдох (Cycle) может осуществляться по потоку (Flow Cycling) или по давлению (Pressure Cycling). Переключение по времени (Time Cycling) или по объёму (Volume Cycling) превратит CSV в CMV.

DC-CSV. При данном паттерне аппарат ИВЛ, управляя вдохом по давлению, имеет задачу доставить пациенту целевой дыхательный объём (target tidal volume) и в разрешенных границах может менять давление или поток, переключаясь на выдох по потоку (Flow Cycling) или по давлению (Pressure Cycling).

Выдох во всех режимах происходит пассивно под действием эластических сил легочной ткани грудной клетки и диафрагмы. Давление в дыхательных путях снизится до уровня РЕЕР или Baseline, в данном случае это синонимы.

Приведем три наиболее распространенных названия режимов ИВЛ, созданных на основе PC-CSV.

1. **Pressure controlled, Pressure cycled ventilation.**

Для включения аппаратной поддержки вдоха может быть использован любой Patient trigger. Аппарат ИВЛ начинает повышать давление в дыхательных путях, а при достижении уровня давления, соответствующего **Cycling pressure**, переключается на выдох. Это сочетание способа управления вдохом и способа переключения с вдоха на выдох для краткости обычно называют «**Pressure cycled ventilation**». Наши соотечественники говорят: «Пресс-циклическая вентиляция».

2. **Pressure controlled, Flow cycled ventilation.**

Для включения аппаратной поддержки вдоха может быть использован любой Patient trigger. Аппарат ИВЛ повышает давление в дыхательных путях до предписанного уровня и удерживает давление до тех пор, пока поток не снизится до уровня, соответствующего **Cycling flow**. Обычно это 25% от максимального, но существуют аппараты ИВЛ, позволяющие установить значение потока, переключающего с вдоха на выдох вручную. Большинство производителей аппаратов ИВЛ этот режим называют «**Pressure Support Ventilation (PSV)**» «вспомогательная вентиляция с поддержкой давлением». Наши соотечественники говорят: «Прешсапорт»
Фирма Dräger этот режим называет «**Assisted Spontaneous Breathing (ASB)**» «спонтанное дыхание с поддержкой». Наши соотечественники говорят: «Аэсбэ»

2.13. Под знаком IMV

Определение:

IMV (intermittent mandatory ventilation) – перемежающаяся принудительная вентиляция – это вариант согласования вдохов, при котором принудительные вдохи чередуются с самостоятельными.

При этом варианте согласования принудительные (mandatory) вдохи выполняются по расписанию, как при **CMV**, а самостоятельные или спонтанные (spontaneous) вдохи пациент делает в интервалах между принудительными, как при **CSV**. Можно сказать, что **IMV**, – это вариант, позволивший вписать **CSV** в **CMV**. Это потребовало первое слово названия **CMV** «continuous» (постоянный) заменить на «intermittent» (перемежающийся).

Универсальность **IMV**:

Если установить частоту принудительных вдохов = 0, **IMV** превращается в **CSV**.

Если у пациента нет спонтанной дыхательной активности, **IMV** превращается в **CMV**. То же самое происходит, если триггер аппарата ИВЛ не распознаёт дыхательные попытки пациента.

Какие триггеры могут быть использованы при **IMV**?

Для принудительных вдохов при всех паттернах **IMV** обязательно предусмотрено использование триггера, срабатывающего, по времени (Time trigger). Как мы уже говорили: Time trigger – это Machine trigger. Если вдох начинается по сигналу таймера, то он начат аппаратом ИВЛ. Для лучшей синхронизации работы аппарата ИВЛ с дыхательной активностью пациента Time trigger может быть дополнен любым другим триггером, реагирующим на дыхательную попытку пациента (Patient trigger). Управляющая программа аппарата ИВЛ выделяет «временное окно» до включения Time trigger, когда может сработать Patient trigger. В этом случае перед аббревиатурой **IMV** стоит буква «S» (synchronized) – получается **SIMV**. Если пациент сумел инициировать вдох, Time trigger отдыхает. Если пациент не

сумел сам инициировать вдох, то вдох включит аппарат ИВЛ (Time trigger).

SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation) – синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция.

Для полного описания режимов, использующих согласование вдохов **IMV**, нужно раздельно представить параметры принудительных и спонтанных вдохов.

Начнем с характеристики вариантов принудительных (mandatory) вдохов **IMV**, которая не отличается от **CMV. Mandatory Breath** на языке специалистов по ИВЛ означает, что вдох был либо начат аппаратом ИВЛ, либо завершен аппаратом ИВЛ или и начат, и завершен аппаратом ИВЛ. Управление вдохом при данном способе согласования может осуществляться по объёму (Volume control ventilation, VCV, VC), по давлению (Pressure control ventilation, PCV, PC) и с аппаратным переключением с управления по давлению на управление по объёму (Dual control ventilation, DCV, DC)

Итак, при **IMV** возможны три способа управления принудительным вдохом: VC, PC и DC.

В результате для принудительных вдохов при **IMV** может быть использован один из трёх паттернов ИВЛ (**Ventilatory Patterns**). Паттерн ИВЛ складывается из варианта согласования вдохов и способа управления вдохами **Breath Sequence+Control Variable**.

VC-IMV	Volume controlled intermittent mandatory ventilation
PC-IMV	Pressure controlled intermittent mandatory ventilation
DC-IMV	Dual controlled intermittent mandatory ventilation

Между принудительными (mandatory) вдохами пациент делает спонтанные (spontaneous) вдохи, то есть используется **CSV**. С любым из трех паттернов **IMV** возможно использование любого варианта **CSV**. Это **CPAP**, **PC-CSV** и **DC-CSV**.

Теоретически возможно девять вариантов сочетаний.

VC-IMV + CPAP

VC-IMV + PC-CSV

VC-IMV + DC-CSV

PC-IMV + CPAP

PC-IMV + PC-CSV

PC-IMV + DC-CSV

DC-IMV + CPAP

DC-IMV + PC-CSV

DC-IMV + DC-CSV

Если разделить **IMV** (используется только Time trigger) и **SIMV** (используется Time trigger + Patient trigger), то количество возможных сочетаний возрастет до восемнадцати. Только, пожалуйста, не пытайтесь выучить это наизусть. Достаточно понять принцип.

В рамках **CSV** для включения аппаратной поддержки вдоха может быть использован любой Patient trigger

При использовании паттерна ИВЛ **VC-IMV** могут быть два способа переключения с вдоха на выдох: по объёму (Volume Cycling) и по времени (Time Cycling). При Volume Cycling выдох будет начинаться сразу после того, как дыхательный объём доставлен, а при Time Cycling выдох будет начинаться после того, как истечет установленное время вдоха (**inspiratory time**). Выдох во всех режимах происходит пассивно, под действием эластических сил легочной ткани грудной клетки и диафрагмы. Давление в дыхательных путях снизится до уровня РЕЕР или Baseline. В данном случае – это синонимы.

При использовании паттерна ИВЛ **PC-IMV** переключение с вдоха на выдох может осуществляться только по времени (Time Cycling).

DC-IMV. При данном паттерне аппарат ИВЛ, управляя вдохом по давлению, имеет задачу доставить пациенту целевой дыхательный объём (target tidal volume) и в разрешенных границах может менять давление, длительность вдоха или поток, переключаясь на выдох по объему или по времени.

При спонтанных вдохах (**CSV**) переключение с вдоха на выдох (Cycle) может осуществляться по потоку (Flow Cycling) или по давлению (Pressure Cycling).

2.14. Использование принципа обратной связи в управлении аппаратом ИВЛ

При чтении зарубежных книг и статей, посвященных ИВЛ, можно встретить термины со словом **loop**:

1. **Open loop control.**

2. **Closed loop control.**

3. **Double loop “dual” control.**

Прежде всего, отметим, что специалисты по ИВЛ слово **loop** используют в значении замкнутая цепь, схема, система обратной связи.

Open loop control – это самые простые и дешёвые транспортные аппараты ИВЛ без какой-либо обратной связи.

Closed loop control – основная масса аппаратов ИВЛ и режимов вентиляции. Если установлено давление вдоха при управлении по давлению, аппарат ИВЛ обеспечит заданное давление вдоха. Если установлен дыхательный объём при управлении по объёму, аппарат ИВЛ обеспечит доставку установленного дыхательного объёма.

Double loop “dual” control – означает, что аппарат ИВЛ решает две задачи в рамках одного режима ИВЛ, например, при управлении по давлению аппарат ИВЛ не только обеспечивает заданное давление вдоха, но и стремится доставить целевой дыхательный объём.

2.15. Эволюция логических систем (принципов) управления аппаратом ИВЛ

Базовая концепция управления аппаратом ИВЛ с использованием обратной связи в настоящее время представлена пятью различными принципами управления:

- 1. Setpoint control.**
- 2. Auto-setpoint control.**
- 3. Servo control.**
- 4. Adaptive control.**
- 5. Optimal control.**

На основе этих принципов (способов или систем) управления создано несколько десятков будто бы различных режимов вентиляции. Разобравшись в том, как работает каждый из этих принципов управления, мы понимаем, что многие из кажущихся различий не существенны, и ряд экзотических названий режимов является лишь маркетинговым приемом производителей аппаратов ИВЛ. Классификация принципов управления позволит нам понимать и использовать клинические возможности различных аппаратов ИВЛ.

1. Setpoint Control.

Setpoint – это слово состоит из двух – Set и point – и означает «установить точки» или «установить параметры». Сущность данного принципа управления состоит в том, что врач устанавливает параметры ИВЛ (например: дыхательный объём, или поток и длительность вдоха, или предел давления на вдохе и т.д.), и аппарат ИВЛ строго выдерживает установки (Setpoint). Все современные аппараты ИВЛ, работающие по принципу обратной связи, обязательно имеют на вооружении несколько режимов ИВЛ, использующих принцип Setpoint Control. Можно метафорически сказать, что девиз принципа управления Setpoint Control: «точное выполнение приказа».

2. Auto-Setpoint Control.

Auto-Setpoint Control – следующая ступень в эволюции прин-

ципов управления аппаратом ИВЛ. Принцип Auto-Setpoint Control имеет логическую схему выбора между (управлением) вдохом по давлению или по потоку (pressure-controlled или flow-controlled) в соответствии с предписанными (установленными) параметрами вентиляции. Вдох может начаться, как pressure control, и автоматически переключиться на flow-controlled. Например, в аппарате Bird при использовании режима «volume-assured pressure-control support» («VAPS»). Или, наоборот, как происходит в режиме «Pmax» или «PLV» аппарата Dräger – вдох начинается, как flow-controlled, а завершаться может, как pressure-controlled. Девиз принципа управления Auto-Setpoint Control – «выполнение приказа доступными средствами (в течение одного вдоха)». Режимы, использующие принцип управления Auto-Setpoint Control: «Pressure Limited Ventilation» (Dräger Evita 4), «Pressure Augment» (Bear 1000), «Volume Assured Pressure Support» (Bird 8400ST).

3. Servo Control.

Если принцип setpoint control предполагает на выходе обеспечивать те параметры вентиляции, которые были установлены врачом. Например, установлен дыхательный объём 600мл – аппарат будет вдвухать в пациента объём 600мл на каждый вдох, или установлено давление на вдохе 25мбар – аппарат будет поддерживать давление на вдохе 25мбар. Принцип Servo Control изменяет параметры вентиляции в соответствии с меняющимися вводными. Принцип Servo Control был разработан и впервые внедрен во время Второй Мировой войны на флоте для стрельбы по движущимся целям с использованием радарного наведения. Принцип управления Servo Control позволил создать режим «proportional-assist». В данном режиме аппарат ИВЛ использует скорость изменения потока для определения потребности пациента в уровне оптимальной респираторной поддержки. Чем больше усилие пациента на вдохе, тем больше аппаратная поддержка. Таким образом, аппарат ИВЛ компенсирует избыточную нагрузку на дыхательную мускулатуру, снижая её до нормальных значений. Принцип управления Servo Control использован при создании опции «Automatic Tube Compensation» (Dräger Evita

4). Девиз принципа управления Servo Control – «изменение параметра ИВЛ в соответствии с изменением потребности пациента (в течение одного вдоха)».

4. Adaptive Control.

Принцип управления Adaptive Control разрешает аппарату ИВЛ автоматически изменять один из заданных параметров вентиляции для достижения выбранного врачом приоритетного параметра. Один из первых режимов, использующий принцип управления Adaptive Control – «Pressure-Regulated Volume Control» (Siemens Servo 300). Принцип управления Adaptive Control является следующим эволюционным шагом, поскольку даёт возможность аппарату устанавливать и менять параметры ИВЛ самостоятельно. Если Auto-Setpoint Control отвечает на изменение выбранного параметра в течение одного вдоха, Adaptive Control использует другой принцип обратной связи, и автоматическая коррекция параметров ИВЛ происходит между вдохами. Этот принцип обратной связи для коррекции параметров вентиляции оценивает дыхательный объём и комплайнс. Таким образом, работа аппарата ИВЛ адаптируется к меняющейся легочной механике пациента (если снижается комплайнс, увеличивается давление на вдохе). Несмотря на различные коммерческие названия режимов, Adaptive Control – это принцип управления, предписывающий аппарату ИВЛ, менять предел давления (pressure limit) для того, чтобы доставить пациенту предписанный дыхательный объём. За несколько вдохов, постепенно повышая давление, аппарат стремится изменить параметры вентиляции так, чтобы обеспечить выполнение поставленной задачи. Задача – это установленный врачом целевой дыхательный объём (operator-set target tidal volume). В том случае, если аппарату ИВЛ не удаётся доставлять целевой дыхательный объём (operator-set target tidal volume), повышая давление на вдохе в допустимых пределах, срабатывает сигнализация. При использовании принципа управления Adaptive Control врач ставит аппарату ИВЛ задачу и определяет границы, за которые нельзя выходить. Главное отличие между Auto-Setpoint Control и Adaptive Control состоит в том, что Auto-Setpoint Control изменяет

параметры в течение одного вдоха, а Adaptive Control в интервалах между вдохами и помимо дыхательного объёма учитывает изменения респираторной механики пациента. Коммерческие названия режимов использующих принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CMV: «Pressure-Regulated Volume Control» (Siemens Servo 300), «Autoflow» (Dräger Evita 4), «VC+» (PB-840), «Volume targeted pressure control» «VTPC» (Newport e500), «Adaptive pressure ventilation» «APV» (Hamilton Galileo); с паттерном ИВЛ DC-CSV: «Volume Support» «VS» (Siemens 300, Servo-i, Inspiration e-Vent и PB-840) «Volume targeted pressure support» «VTPS» (Newport e500)

5. Optimal Control

Принцип управления **Optimal Control** на сегодняшний день наиболее «интеллектуальный». Этот принцип представлен на аппарате ИВЛ Hamilton Galileo в режиме «Adaptive Support». После введения данных об идеальном весе тела пациента компьютер данного аппарата ИВЛ использует математическую модель для расчёта оптимальных параметров вентиляции, максимально снижающих работу дыхания. Компьютер подбирает дыхательный объём и частоту дыханий, чтобы получить нужный пациенту объём минутной вентиляции. В этом режиме каждый вдох управляем по давлению (pressure-controlled) и имеет ограничение максимального давления на вдохе (pressure-limited). Осуществляя ИВЛ, аппарат анализирует респираторную механику пациента и вносит поправки в параметры вентиляции между вдохами.

2.16. Стратегия управления вдохом Control Strategy

Фазовые переменные Phase Variables.

Итак, мы показали, что детальность описания ИВЛ может быть разной, в зависимости от того, как и с кем мы обсуждаем особенности режимов. Чтобы дать исчерпывающую характеристику режиму ИВЛ, нужно описать особенности стратегии управления этого режима. Прежде всего, нужно указать паттерн ИВЛ, и какая фазовая переменная используется каждой из программ управления. Например: **VC-CMV, Flow triggered + Time triggered, Pressure limited, Volume limited, Time cycled**.

В основе любого режима лежит паттерн ИВЛ (способ управления вдохом + вариант согласования вдохов), но при варианте согласования вдохов **IMV** характеристики спонтанных и принудительных вдохов отличаются. Значит, для описания режимов **IMV** нужно описать оба типа вдохов. Например, аппарат ИВЛ может выполнять принудительные вдохи **volume controlled, time triggered, flow limited, volume cycled**, перемежающиеся со спонтанными **pressure controlled, pressure triggered, pressure limited, flow cycled**. Каждый тип вдохов имеет свой набор фазовых переменных.

Итак, после того, как названы фазовые переменные (давление, объём, поток и время) при описании операционной логики управления режимом ИВЛ может потребоваться описание параметров, являющихся условными переменными.

Логика управления (Operational Logic)

На языке программистов команда, предписывающая компьютеру принять решение или сделать выбор из нескольких возможностей, называется «оператор». Отсюда термин **Operational Logic** (операционная логика или логика управления). Основным оператором, управляющим аппаратом ИВЛ, является команда «if-then» («если...то...»). Для того, чтобы программа могла сработать, необходимо задать условие. Этим условием является величина какого-либо параметра. Этот параметр называется «условной переменной» (**conditional variable**). В качестве условной переменной могут быть использованы давление, объём, поток и время или их производные,

например, минутный объём дыхания. Если (if) значение условной переменной достигает установленной величины (preset value), то (then) аппарат ИВЛ совершает предписанное действие. Например, **если** установленный временной интервал между «вздохами» истек, **то** аппарат ИВЛ делает очередной «вдох» (sigh – периодическое раздувание легких). Другой пример это переключение между спонтанными (patient-triggered) и принудительными (machine-triggered) вдохами при **IMV**. В этих примерах условной переменной является время.

Полная спецификация

Чтобы описать режим ИВЛ нужно назвать:

- паттерн ИВЛ, состоящий из способа управления вдохом и варианта согласования вдохов
- указать принцип управления режимом ИВЛ (1.setpoint control, 2.auto-setpoint control, 3.servo control, 4.adaptive control, 5.optimal control)
- особенности вентиляционной стратегии для принудительных и спонтанных вдохов (фазовые переменные, условные переменные и операционная логика)

Полное описание помогает нам различать режимы ИВЛ, которые на графиках мониторов выглядят одинаково, и подсказывает, какие параметры мы должны установить при настройке режима ИВЛ. Например «**Pressure Support**» (для любого аппарата ИВЛ) - это PC-CSV, при котором врач настраивает только чувствительность триггера (trigger variable) и предел давления (limit variable). Режим «**Volume Support**» (Siemens 300) – это DC-CSV на графиках монитора не отличается от «**Pressure Support**», но при настройке режима кроме чувствительности триггера и предела давления врач должен установить дыхательный объём (условная переменная).

Полное описание фазовых переменных и операционной логики позволяет увидеть, чем отличаются режимы ИВЛ с почти одинаковыми названиями. Например, на аппарате «Bear 1000» режим «**Assist Control**» это **VC-CMV**, а «**Assist Control + Pressure Augment**» это **DC-IMV**. У этих двух режимов отличаются и паттерн дыхания, и фазовые переменные, и операционная логика. Точно также

описание фазовых переменных и операционной логики позволяет понять, чем отличаются четыре режима на основе паттерна **DC-IMV** у аппарата «Dräger Evita 4».

Часть III

Имена режимов ИВЛ
и их характеристики

3.1. Warning! Предупреждение!

Уважаемые коллеги!

Материал, изложенный в третьей части книги, опирается на понятия и определения, данные во второй части.

Если Вы не можете ответить, что значат: «паттерн ИВЛ», «способ согласования вдохов», «способ управления вдохом», «управляемый параметр», «временные интервалы дыхательного цикла», «фазы дыхательного цикла», «фазовые переменные», «условные переменные» и «принцип управления», дальше читать не стоит. Мы настоятельно рекомендуем Вам вернуться ко второй части и восполнить недостающие знания. Иначе возникнет путаница, и цель книги не будет достигнута.

3.2. Имена режимов вентиляции и терминологическая путаница

На языке специалистов по ИВЛ, режим вентиляции называют словом **mode**. По классификации, рекомендованной Американской ассоциацией по респираторной терапии (American Association for Respiratory Care), чтобы описать режим ИВЛ нужно: 1 назвать паттерн ИВЛ, 2 указать принцип управления и 3 описать особенности вентиляционной стратегии. Но этой классификации придерживаются не все.

Во-первых, никто не обязан использовать только эту классификацию. Нет такого закона.

Во-вторых, на панели управления аппарата ИВЛ мало места.

В-третьих, режим ИВЛ всегда устанавливается с помощью нескольких переключателей.

В-четвертых, производители аппаратов ИВЛ нередко выбирают или придумывают для режимов вентиляции новые красивые названия или аббревиатуры.

Часто для названия режимов используют часть полного названия, например, только способ согласования вдохов и получается просто «**CMV**» или «**IMV**» или способ управления вдохом «**Volume controlled ventilation (VCV)**» или «**Pressure controlled ventilation (PCV)**». Чтобы не возникало путаницы, говоря о коммерческих названиях режимов ИВЛ, мы используем слово «имя», и помещаем имя, данное разработчиками и производителями, в кавычки.

Поясняем с помощью метафоры: всем известный Карл Иванович Шустерлинг при получении почтовой посылки указывает полное имя, место жительства, серию и номер паспорта; жена зовёт его «Мой Карлик», а товарищи по работе «Иваныч»

Очевидно, что для адекватной настройки аппарата ИВЛ врачу необходимо ясное представление всех особенностей каждого режима вентиляции.

Напомним, по классификации Американской ассоциации мы

выделяем:

8 паттернов ИВЛ (**VC-CMV, PC-CMV, DC-CMV, VC-IMV, PC-IMV, DC-IMV, PC-CSV, DC-CSV**), и 5 принципов управления (**1.setpoint control, 2.auto-setpoint control, 3.servo control, 4.adaptive control, 5.optimal control**).

Описание особенностей вентиляционной стратегии требует указать фазовые и условные переменные, используемые данным режимом для спонтанных и для принудительных вдохов.

Чтобы Вам не запутаться, на страницах нашей книги имена режимов ИВЛ всегда в кавычках (например: «IPPV», «PSV», «Assist control», «PCV», «CMV»).

Все остальные понятия – без кавычек.

3.3. «CPAP», «Continuous Positive Airway Pressure»

Тайна имени:

Постоянное положительное давление в дыхательных путях.

Определение понятия:

«CPAP» - это режим спонтанной вентиляции, при котором аппарат ИВЛ поддерживает постоянное давление в дыхательных путях (имя режима точно описывает его сущность).

Описание режима:

Врач устанавливает уровень положительного давления в дыхательных путях, а аппарат ИВЛ поддерживает в дыхательном контуре постоянное, одинаковое давление, управляя потоком с помощью клапанов вдоха и выдоха. «CPAP» работает в соответствии с сигналами датчика давления. Если пациент вдыхает, клапан вдоха приоткрывается насколько необходимо, чтобы поддержать давление на заданном уровне. При выдохе, в соответствии с управляющей командой, приоткрывается клапан выдоха, чтобы выпустить из дыхательного контура избыточный воздух.

1. **Паттерн ИВЛ:** PC-CSV Pressure controlled continuous spontaneous ventilation

2. **Управляемый параметр:** давление (Pressure controlled ventilation). Аппарат ИВЛ не управляет вдохом пациента, но поддерживает в дыхательном контуре постоянный уровень давления.

3. Фазовые переменные:

3.1. **Триггер** срабатывает по давлению.

3.2. **Предельные параметры вдоха (Limit variable).**

В режиме «CPAP» задаётся предельное значение давления (Pressure limit), которое совпадает с уровнем PEEP (Baseline pressure).

3.3. **Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variable)** срабатывает по давлению.

4. **Выдох.** Параметры выдоха определяются уровнем PEEP (Baseline pressure), совпадающим с уровнем CPAP.

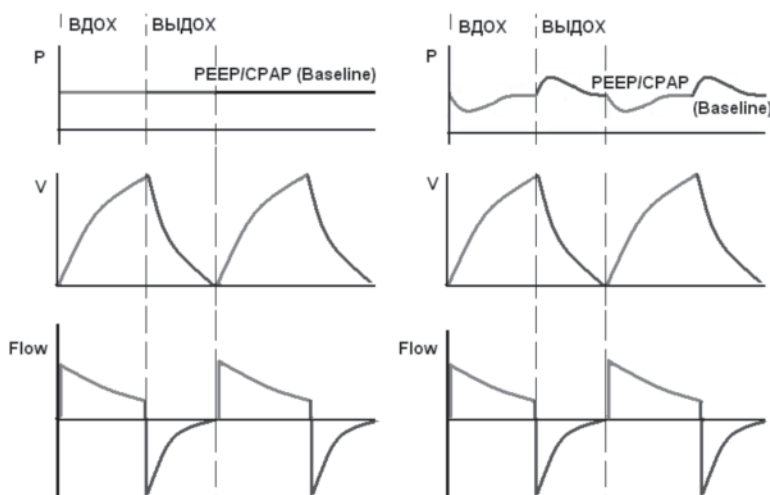
5. **Условные переменные и логика управления.** В режиме

«СРАР» условных переменных нет. Логика управления опцией СРАР работает в соответствии с сигналами с датчика давления. Если пациент вдыхает, клапан вдоха приоткрывается, насколько необходимо, чтобы поддержать давление на заданном уровне. При выдохе, в соответствии с управляющей командой, приоткрывается клапан выдоха, чтобы выпустить из дыхательного контура избыточный воздух.

6. Принцип управления - setpoint

Другие имена режима:

1. «Positive end-expiratory pressure» («PEEP»).
2. «End-expiratory pressure» («EEP»).
3. «Inspiratory positive airway pressure» («IPAP»).
4. «Expiratory positive airway pressure» («EPAP»).
5. «Continuous distending pressure» («CDP»).
6. «Continuous positive pressure breathing» («CPPB»)



На рисунке А представлен идеальный график давления при СРАР. В реальной клинической ситуации аппарат ИВЛ не успевает мгновенно среагировать на вдох и выдох пациента – рисунок Б. Обратите внимание на то, что во время вдоха отмечается небольшое снижение давления, а во время выдоха – повышение.

«Spontaneous»

Если baseline pressure равно 0 (соответствует атмосферному давлению), режим «CPAP» называют **«Spontaneous», «Spontaneous mode»**.

При данном способе настройки аппарата ИВЛ никакой искусственной вентиляции нет. Пациент дышит самостоятельно, аппарат ИВЛ лишь компенсирует сопротивление шлангов дыхательного контура и подаёт пациенту согретый и увлажнённый воздух. Обычно эту возможность аппарата ИВЛ используют для мониторинга спонтанного дыхания пациента, для принятия решения о прекращении респираторной поддержки. Можно оценить дыхательный объём, частоту дыханий и минутный объём дыхания. Запись трендов позволит оценить утомляемость пациента, а правильно установленные границы тревог предупредят нежелательные последствия.

Необходимая ремарка. На некоторых аппаратах ИВЛ (например «РВ 7200») режим «PSV» устанавливается после включения «CPAP». На панели управления аппарата горит светодиод, показывающий, что активизирован «CPAP». Если не заметить сигнал светодиода «Pressure support on», можно подумать, что пациент уже переведен на спонтанное дыхание.

Резюме: В настоящее время режим «CPAP» высоко ценится врачами за возможность удерживать альвеолы в расправленном состоянии и предотвращать формирование ателектазов. При неинвазивной вентиляции «CPAP» осуществляют через маску, шлем или назальные катетеры. «CPAP» применяется при лечении ОРДС новорожденных, хронической обструктивной болезни легких и в послеоперационном лечении тучных пациентов после абдоминальной хирургии. Для этой задачи выпускаются специальные аппараты с единственным режимом вентиляции («CPAP») и возможностью подавать пациенту согретую, увлажнённую смесь воздуха с кислородом.

3.4. «CMV», «Continuous mandatory ventilation»

Тайна имени:

Аббревиатура «CMV» в настоящее время имеет четыре варианта расшифровки:

- continuous mechanical ventilation.
- continuous mandatory ventilation.
- controlled mechanical ventilation.
- controlled mandatory ventilation.

Во всех случаях смысл один: «Все вдохи принудительные». В данном случае фирмы-производители в качестве имени режима ИВЛ использовали название способа согласования вдохов.

Определение понятия:

«CMV» – это режим ИВЛ, при котором все вдохи принудительные (mandatory) и выполняются с заданной частотой. Способ управления по объёму(volume controlled) или по давлению(pressure controlled)

Описание режимов «CMV»*:

1. **Паттерны ИВЛ** VC-CMV** (Volume controlled continuous mandatory ventilation) и **PC-CMV** (Pressure controlled continuous mandatory ventilation)

2. **Управляемые параметры** уже указаны выше, - для режима «CMV» это объём (Volume controlled ventilation) или давление (Pressure controlled ventilation).

3. Фазовые переменные:**3.1. Триггер.**

Во всех случаях режим «CMV» имеет time-trigger – аппарат ИВЛ будет делать вдохи по расписанию. Во многих аппаратах ИВЛ в режиме «CMV» есть дополнительный patient trigger, то есть пациент может сам инициировать вдох. Чаще всего это flow-trigger или pressure-trigger. Для работы

*Это не опечатка под именем «CMV» скрывается несколько режимов.

Паттерн **DC-CMV (Dual controlled continuous mandatory ventilation) рассмотрим при описании режимов с двойным управлением.

patient trigger выделяется временное окно до включения вдоха по расписанию. Вдох, инициированный пациентом, называют assisted breath. Этот вдох не отличается по длительности, объёму и давлению от mandatory breath. Некоторые фирмы-производители вариант режима «CMV» с возможностью patient trigger называют или «Assisted controlled mechanical ventilation», или «Assist-control ventilation», или «A-C», или «A/C». Другие фирмы, несмотря на наличие patient trigger оставляют имя «CMV».

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable).

При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются.

При управлении вдохом по объёму, установив объём вдоха, мы установили Volume limit (предельный объём вдоха). Аппарат ИВЛ, управляющий вдохом «по объёму», не может дать больше, чем приказано.

Есть аппараты ИВЛ, позволяющие при управлении вдохом по объёму установить предельное значение давления (Pressure limit или Pmax). Если за установленное время вдоха, не превышая Pressure limit, аппарат доставить предписанный объём не может, включится тревога: «Volume not delivered» или «Low tidal volume», призывая нас поднять предел давления или увеличить время вдоха.

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables).

При управлении вдохом по давлению (Pressure controlled continuous mandatory ventilation) переключение выполняется по времени (Time Cycling)

При управлении вдохом по объёму переключение выполняется по времени (Time Cycling) или по объёму (Volume Cycling)

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР и заданным временем выдоха(expiratory time)

5. Условные переменные и логика управления.

Для режима «CMV» это:

1) **временное окно**, когда patient trigger активирован,
2) **чувствительность** patient trigger. Если (*if*) аппарат ИВЛ распознал дыхательную попытку пациента – то (*then*) включается вдох. Если (*if*) аппарат ИВЛ не распознал дыхательную попытку пациента – то (*then*) вдох включается по расписанию(time-trigger).

6. Принцип управления - setpoint

Другие имена режимов «CMV»:

1. «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)
4. «Control mode»
5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («A/C»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV») («A-C»)
9. «Assisted mechanical ventilation» («AMV»)
10. «Volume controlled ventilation» («VCV»)
11. «Volume control» («VC»)
12. «Volume control assist control»
13. «Volume cycled assist control»
14. «Ventilation + patient trigger»
15. «Assist/control +pressure control»
16. «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
17. «Pressure controlled ventilation + assist»
18. «Pressure control» («PC»)
19. «Pressure control assist control»
20. «Time cycled assist control»
21. «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)

Если постараться, можно найти ещё варианты.

О чём говорит имя?

1. Если использовано слово «assist» или «assisted», используется time-trigger + patient trigger.

2. Если использовано слово «volume», аппарат ИВЛ управляет вдохом по объёму.

3. Если использовано слово «pressure», аппарат ИВЛ управляет вдохом по давлению. Имя «IPPV» исключение, – это режим управляемый по объёму.

Большого по имени режима сказать невозможно.

Резюме:

1. Что общего между перечисленными режимами? Все вдохи одинаковые с позиции оценки управляемых параметров (длительность вдоха и объём или давление вдоха).

2. В чем различие этих режимов? Во-первых, в способе управления вдохом (Pressure controlled или Volume controlled), во-вторых, есть ли patient trigger, и если есть, то какой, в-третьих для Volume controlled возможны два способа переключения на выдох – по времени (Time Cycling) или по объёму (Volume Cycling). Получается, что за большим количеством имён скрыты четыре режима.

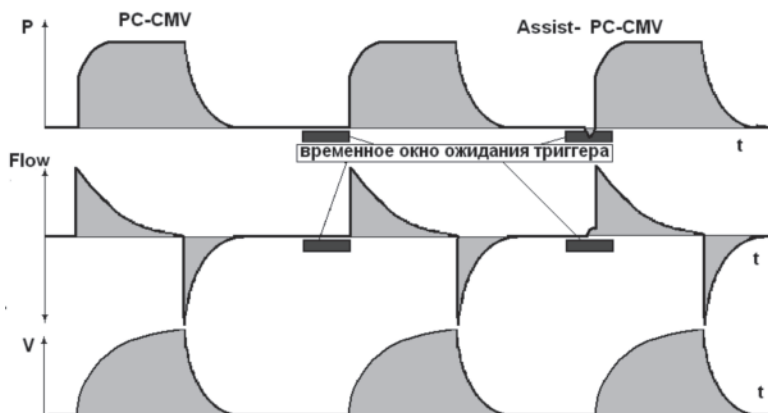
3. Таким образом, сказать: «Проводится ИВЛ в режиме CMV» не достаточно, нужны уточнения.

4. Что делать? Взять в руки manual (руководство пользователя) к Вашему аппарату ИВЛ и установить доподлинно, какой у данного режима: Trigger, Control, Limit и Cycle.

Ниже мы покажем два режима ИВЛ, каждый из которых имеет более десяти имен. Обратите внимание, что режимы с разными способами управления вдохом могут иметь одинаковые имена.

Пример № 1:

**Вариант режима ИВЛ с паттерном PC-CMV
(Pressure controlled continuous mandatory ventilation).**



Первый и второй вдохи включены «по расписанию» – time-trigger. Третий вдох включен в ответ на дыхательную попытку пациента (patient trigger). Первый и второй вдохи mandatory (принудительные), третий вдох – assisted (вспомогательный). Обратите внимание: «mandatory» от «assisted» отличается только триггером. Поток, давление, объём и время у этих вдохов одинаковые. Переключение с вдоха на выдох по времени (Time Cycling).

Этому режиму фирмы-производители дают следующие имена:

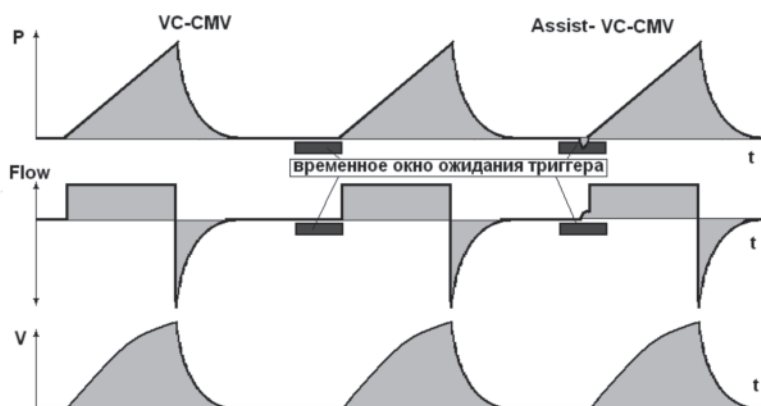
1. «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)
4. «Control mode»
5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («A/C»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV»)(«A-C»)
9. «Ventilation + patient trigger»
10. «Assist/control +pressure control»

11. «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
12. «Pressure controlled ventilation + assist»
13. «Pressure control» («PC»)
14. «Pressure control assist control»
15. «Time cycled assist control»

наверняка есть ещё варианты.

Пример № 2:

**Вариант режима ИВЛ с паттерном VC-CMV
(Volume controlled continuous mandatory ventilation).**



В данном примере переключение на выдох происходит по объему (Volume Cycling). Первый и второй вдохи включены «по расписанию» – time-trigger. Третий вдох включен в ответ на дыхательную попытку пациента (patient trigger). Как и в первом примере, первый и второй вдохи – mandatory (принудительные), третий вдох – assisted (вспомогательный). Обратите внимание: «mandatory» от «assisted» отличается только триггером. Поток, давление, объем и время у этих вдохов одинаковые.

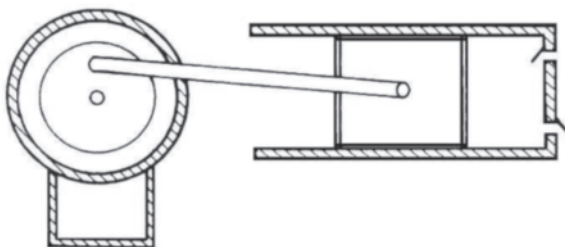
Этому режиму фирмы-производители дают следующие имена:

1. «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)

4. «Control mode»
5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («A/C»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV») («A-C»)
9. «Volume controlled ventilation» («VCV»)
10. «Volume control» («VC»)
11. «Volume control assist control»
12. «Volume cycled assist control» («VC-CMV»)
13. «Ventilation + patient trigger»
14. «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)

Не надейтесь, наверняка есть еще имена для этого режима.

Во втором примере представлены графики давления и объёма при VCV с постоянным потоком. То есть поток в течение всего времени вдоха не меняется. Для наглядности представим себе, как поршень движется в цилиндре с постоянной скоростью. График потока в этом случае имеет форму прямоугольника (square).

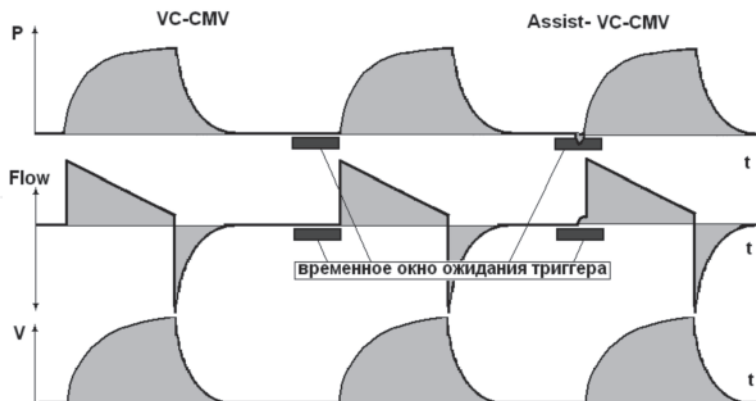


Пример № 3:

Как зависит давление в дыхательных путях от формы кривой потока?

Современные аппараты ИВЛ с системой создания потока более сложной, чем поршень в цилиндре, могут обеспечивать ИВЛ с управлением по объёму с убывающей формой кривой потока. Эта форма

кривой потока похожа на кривую потока при «PCV». По-английски такая форма кривой потока называется «descending ramp flow waveform». Посмотрите, как при этом меняются кривые давления и объёма



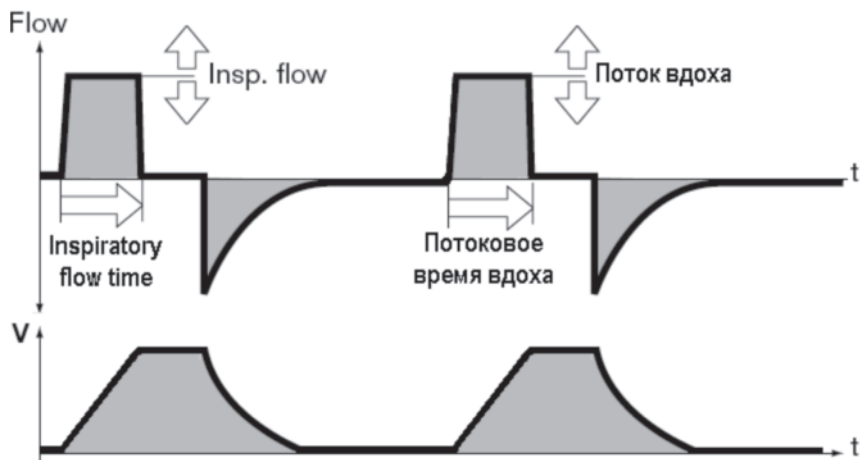
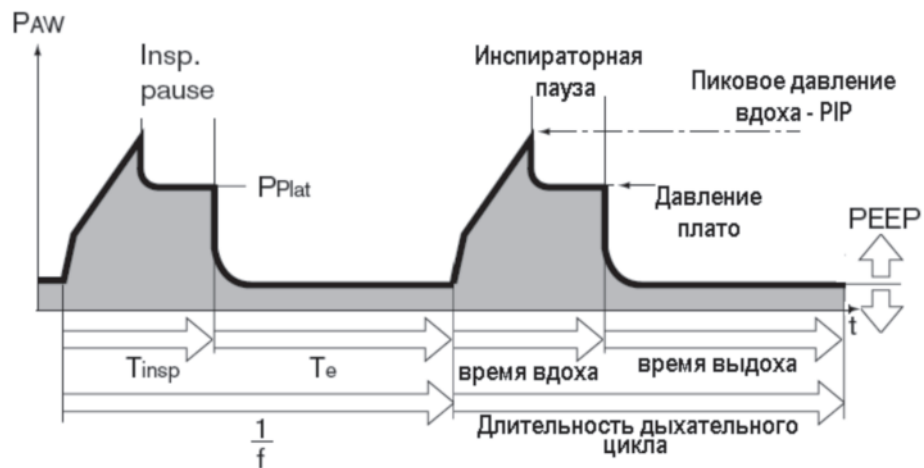
Вы видите, что в результате изменения кривой потока, изменились кривые давления и объёма. Этот вариант VCV на самом деле, управляем по потоку (flow control), но во второй части книги мы предупреждали что, поскольку объём — это произведение потока на время вдоха, способы управления вдохом по объёму и по потоку объединены под понятием VCV (volume control ventilation). В результате применения убывающего потока при том же дыхательном объёме, что и в примере № 2, пиковое давление в дыхательных путях (PIP) ниже, а среднее давление в дыхательных путях (MAP) выше. Обратите внимание, что все кривые стали похожи на PCV (пример № 1). То, что при данной модификации VCV начальная величина потока больше, чем при постоянном потоке не опасно, поскольку максимальное значение потока приходится на начало вдоха («пустые лёгкие»), а по мере заполнения лёгких поток снижается. Такое соотношение потока и объёма вполне физиологично и не приводит к опасному повышению давления в дыхательных путях.

Пример № 4:

**«Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV») и
«Pressure limited ventilation»**

Имя «IPPV» использует фирма **Dräger** для режима ИВЛ с паттерном **VC-CMV** (Volume controlled continuous mandatory ventilation) и переключением на выдох по времени (Time Cycling). Представленная Вам схема соответствует схемам из инструкций к аппаратам серии «Evita». Второй вдох на нашей схеме не отличается от первого, только пояснения переведены на русский язык.

На схеме видно, что давление в дыхательных путях повышается, пока аппарат ИВЛ не доставит дыхательный объём. После того, как дыхательный объём доставлен, поток останавливается. Выдох начнётся только после того, как закончится *время вдоха* (T_{insp}). В этот момент открывается клапан выдоха. Таким образом, *время вдоха* делится на два отрезка – это *потокосное время вдоха* и *инспираторная пауза*. Это представление о двух составляющих *времени вдоха* важно, чтобы понять, как работает опция «P_{max}» или «Pressure limit».

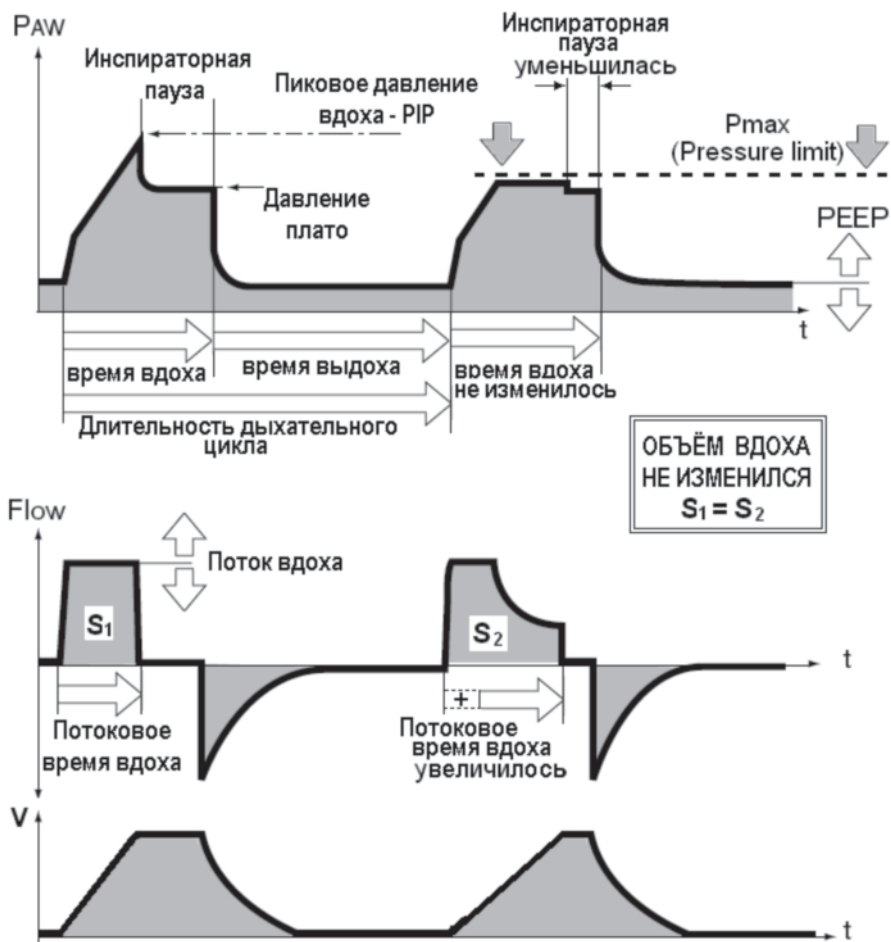


«Pressure limited ventilation»**на основе режима «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)**

Этот вариант CMV относится к группе режимов **Dual Control Within a Breath**. Принцип управления – autosetpoint.

Напомним, способ управления вдохом Volume control обеспечивает доставку предписанного дыхательного объема. Для аппарата ИВЛ дыхательный объем – это цель (target). Давление в дыхательных путях зависит от сопротивления потоку (resistance) и податливости (compliance), а объем – это произведение потока на время. Аппарату ИВЛ поставлена задача: доставить дыхательный объем, не превышая Pressure limit. Единственное решение - уменьшить поток и увеличить *потоковое время вдоха*. В результате, сокращается *инспираторная пауза*, но *время вдоха* не меняется. Дыхательный объем не меняется, на схеме это площадь под кривой потока, $S_1=S_2$.

Первый вдох на приведенной схеме – это типичный вдох «IPPV» – «Time-triggered, time-cycled, volume controlled CMV». Во время второго вдоха включена опция Pmax или Pressure limit. Теперь, аппарат ИВЛ, достигнув давления Pmax, вынужден уменьшить (но не прекратить) поток. Для того, чтобы доставить тот же дыхательный объем при уменьшенном потоке, аппарат ИВЛ увеличивает потоковое время вдоха. Потоковое время вдоха увеличивается за счёт уменьшения инспираторной паузы, а длительность вдоха при этом не меняется. Полное имя режима «IPPV» с включенной опцией Pmax – «Time-triggered, time-cycled, pressure limited dual controlled CMV».



3.5. «Inverse Ratio Ventilation», «IRV»

Тайна имени:

Обратное отношение длительности вдоха и выдоха.

Определение понятия:

«IRV» – это режим принудительной вентиляции, при котором продолжительность вдоха больше продолжительности выдоха, все вдохи принудительные (mandatory) и доставляются с заданной частотой. Обычно под «IRV» понимают соотношение вдоха к выдоху от 1:1 до 4:1. «IRV» – это «CMV» с обратным отношением длительности вдоха и выдоха. Существуют два варианта «IRV»: с управлением по объёму и по потоку.

Описание режима.

1. **Паттерны ИВЛ VC-CMV** (Volume controlled continuous mandatory ventilation) и **PC-CMV** (Pressure controlled continuous mandatory ventilation).

2. **Управляемые параметры** уже указаны выше – для режима «IRV» – это объём (Volume controlled ventilation) или давление (Pressure controlled ventilation).

3. Фазовые переменные:**3.1. Триггер.**

Описание полностью совпадает с «CMV» Во всех случаях режим «CMV» имеет time-trigger – аппарат ИВЛ будет делать вдохи по расписанию. Во многих аппаратах ИВЛ в режиме «CMV» есть дополнительный patient trigger, то есть пациент может сам инициировать вдох. Чаще всего – это flow-trigger или pressure-trigger. Для работы patient trigger выделяется временное окно до включения вдоха по расписанию. Вдох, инициированный пациентом, называют assisted breath. Этот вдох не отличается по длительности, объёму и давлению от mandatory breath. Некоторые фирмы-производители вариант режима «CMV» с возможностью patient trigger называют или «Assisted controlled mechanical ventilation», или «Assist-control ventilation», или «A-C», или «A/C». Другие фирмы, не

смотря на наличие patient trigger, оставляют имя «CMV».

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable).

Описание полностью совпадает с «CMV».

При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются.

При управлении вдохом по объёму, установив объём вдоха, мы установили Volume limit (предельный объём вдоха). Аппарат ИВЛ, управляющий вдохом «по объёму», не может дать больше, чем приказано. При управлении вдохом по объёму, можно установить предельное значение давления (Pressure limit)

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables).

При любом способе управления вдохом для «IRV» переключение на выдох выполняется только по времени (Time Cycling).

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР и заданным временем выдоха (expiratory time).

5. Условные переменные и логика управления.

Те же, что для режима «CMV»: это временное окно, когда patient trigger активирован и его чувствительность. Если (if) аппарат ИВЛ распознал дыхательную попытку пациента – то (then) включается вдох. Если (if) аппарат ИВЛ не распознал дыхательную попытку пациента – то (then) вдох включается по расписанию (time-trigger).

6. Принцип управления - setpoint

Другие имена режима

1. «Pressure Control Inverse Ratio Ventilation» («PCIRV»)
2. «Inverse Ratio Pressure Control Ventilation» («IRPCV»)
3. «Volume Control Inverse Ratio Ventilation» («VCIRV»)

Резюме:

«Volume Control Inverse Ratio Ventilation» («VCIRV») трудно адаптировать к дыхательной активности пациента, требуется гипервентиляция для её подавления или дополнительная седация.

Наиболее часто применяется режим «Pressure Control Inverse Ratio Ventilation» («PCIRV»).

3.6. «Pressure cycled ventilation»

Тайна имени:

Режим с переключением с вдоха на выдох при достижении порогового уровня давления.

Определение понятия:

При начале вдоха аппарат ИВЛ начинает повышать давление в дыхательных путях, а при достижении уровня давления, соответствующего **Cycling pressure** переключается на выдох.

Описание режима.

1. **Паттерн ИВЛ – PC-CSV** (Pressure controlled continuous spontaneous ventilation).

2. **Управляемый параметр** для режима «**Pressure cycled ventilation**» единственный - это давление (Pressure controlled ventilation)

3. **Фазовые переменные:**

3.1. **Триггер.**

В режиме «**Pressure cycled ventilation**» всегда используется только patient trigger, то есть пациент сам начинает вдох. Чаще всего это pressure-trigger.

3.2. **Предельные параметры вдоха (Limit variable).**

При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются

3.3. **Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables).** В режиме «**Pressure cycled ventilation**» переключение с вдоха на выдох выполняется по давлению

4. **Выдох.**

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. **Условных переменных нет**

6. **Принцип управления - setpoint**

Другие имена режима

«Пресс-циклическая вентиляция»

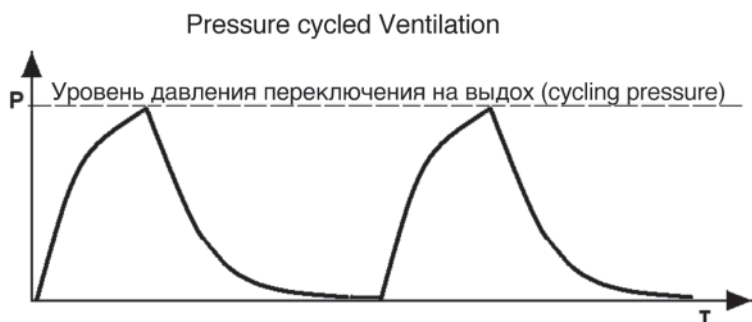
Отличие от режимов «CPAP» и «Spontaneous»:

В этих режимах во время вдоха давление в дыхательных путях остается на уровне baseline pressure. При «**Pressure cycled ventilation**» во время вдоха аппарат ИВЛ поднимает давление в дыхательных путях до предписанного уровня и сразу переключается на выдох.

Отличие от режима «Pressure support ventilation»:

В режиме «**PSV**» переключение с вдоха на выдох выполняется «по потоку» (flow cycling), поэтому при том же уровне давления на входе при «**PSV**» выше среднее давление вдоха, вдох длиннее, а на графике давления есть плато.

График давления



3.7. «Pressure support ventilation» «PSV»

Тайна имени:

Вентиляция с поддержкой давлением. Слово «поддержка» (support) означает, что аппарат ИВЛ поддерживает спонтанный вдох пациента.

Определение понятия:

В режиме «PSV» аппарат ИВЛ в ответ на дыхательную попытку пациента поднимает давление в дыхательном контуре до предписанного уровня, поддерживает давление вдоха на заданном уровне в течение всего вдоха и переключается на выдох при уменьшении потока до установленного уровня. В режиме «PSV» все вдохи спонтанные (начаты и завершены пациентом).

Описание режима

1. **Паттерн ИВЛ:** PC-CSV Pressure controlled continuous spontaneous ventilation.

2. **Управляемый параметр** для режима «PSV» единственный – это давление (Pressure controlled ventilation)

3. **Фазовые переменные.**

3.1. Триггер.

В режиме «PSV» всегда используется только patient trigger, то есть пациент сам начинает вдох. Чаще всего это flow-trigger или pressure-trigger. На аппарате Dräger Babylog используется volume trigger.

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable).

При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются.

3.3. **Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables).** В режиме «PSV» переключение с вдоха на выдох выполняется «по потоку» (flow cycling). Поток начинается с высоких значений и снижается по экспоненте. Переключение

с вдоха на выдох происходит при значительном снижении потока. Обычно порог переключения с вдоха на выдох составляет 25% от максимального потока. Создатели аппаратов ИВЛ устанавливают порог переключения с вдоха на выдох «по потоку» выше нуля для того, чтобы не допустить несоразмерного удлинения времени вдоха. Это позволяет избежать десинхронизации. На некоторых моделях аппаратов ИВЛ предусмотрена возможность коррекции порогового значения потока.

Дополнительные параметры переключения на выдох – это время и давление. Это сделано для безопасности пациента. В большинстве случаев эти параметры прописаны в программном обеспечении аппарата ИВЛ и при настройке режима устанавливаются автоматически. При «PSV» максимальное возможное время вдоха обычно не превышает 3 секунды. Это позволяет аппарату ИВЛ переключаться на выдох если критерий переключения по потоку не работает. При значительных утечках (масочная ИВЛ или трубки без герметизирующих манжеток) порог переключения по потоку может быть доведен до 5 L/min и труднодостижим. Переключение по давлению происходит, если давление в дыхательном контуре превысит установленный уровень поддержки на 1,5 мбар

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. Условные переменные.

Условными переменными являются дополнительные параметры переключения на выдох

6. Принцип управления - setpoint

Другие имена режима:

1. «Inspiratory assist» («IA»).
2. «Inspiratory pressure support» («IPS»).
3. «Spontaneous pressure support» («SPS»).
4. «Inspiratory flow assist» («IFA»).
5. «Assisted spontaneous breathing» («ASB»)

Необходимая ремарка.

На некоторых аппаратах ИВЛ (например «PB7200») режим «PSV» устанавливается после включения «CPAP». На панели управления аппарата горит светодиод, показывающий, что активизирован «CPAP». Если не заметить сигнал светодиода «Pressure support on», можно подумать, что пациент уже переведен на спонтанное дыхание.

Резюме:

Таким образом, в режиме «PSV» частота дыханий, длительность вдоха и дыхательный объём определяются дыхательной активностью пациента. По определению все вдохи в режиме «PSV» самостоятельные (spontaneous), однако, поскольку инспираторное давление выше уровня baseline pressure, все вдохи выполняются с поддержкой давлением (pressure supported).

Отличие от режима «CPAP»:

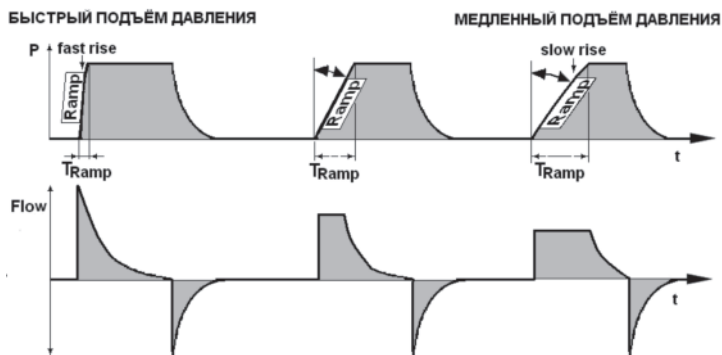
В «CPAP» во время вдоха давление в дыхательных путях остается на уровне baseline pressure. При «PSV» во время вдоха аппарат ИВЛ поднимает давление в дыхательных путях до предписанного уровня и поддерживает до начала выдоха.

Пример № 1:**«PSV» на аппаратах фирмы Dräger называется
«Assisted spontaneous breathing» («ASB»)**

1. Устанавливают уровень «CPAP». Это значит, что если инспираторная попытка пациента слабая и не распознана триггером аппарата ИВЛ, вдох будет происходить как в «CPAP».
2. Устанавливают уровень давления поддержки вдоха. (PASB) То есть, до какого уровня аппарат ИВЛ поднимет давление в дыхательных путях пациента, когда сработает триггер.
3. Устанавливают чувствительность Flow-trigger (поточкового триггера).
4. На аппаратах серии EVITA есть дополнительный триггер, срабатывающий по объёму (для взрослых – 25 мл для детей 12мл). Чувствительность этого триггера постоянная, он включен в

управляющую программу.

5. Устанавливают скорость достижения уровня давления поддержки (От 64 миллисекунд до 2 секунд.). По-английски называется **Time ramp*** или **Tramp**. Чем выше скорость (меньше время), тем круче график давления. Если установлена высокая скорость подъёма, аппарат ИВЛ начинает поддержку вдоха высоким пиковым потоком. Для того, чтобы скорость подъёма давления была небольшой, а график давления пологим, аппарат ИВЛ для поддержки вдоха использует меньший поток.



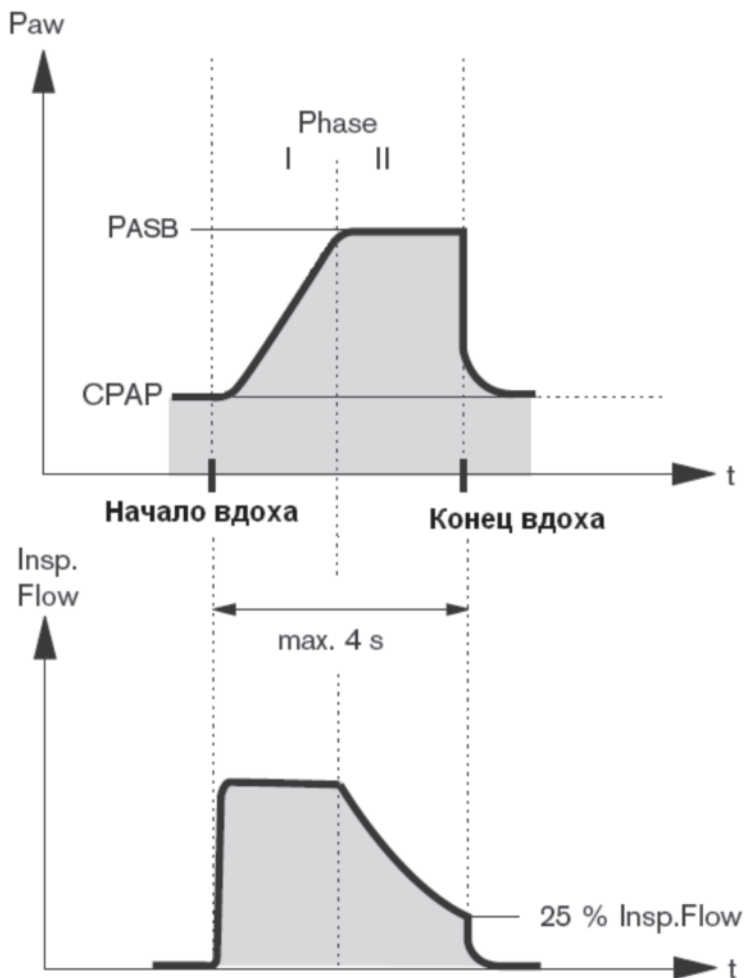
Соответственно, чем меньше поток, тем большее усилие прикладывает пациент, чтобы вдохнуть тот же объём. Быстрое достижение предписанного уровня давления поддержки называется **fast rise**, а медленное — **slow rise**.

6. На аппаратах ИВЛ серии EVITA поток задается автоматически в соответствии с установленным временем **Tramp** и инспираторным усилием пациента.

7. Для тренировки дыхательной мускулатуры пациента в ходе подготовки к прекращению ИВЛ используют постепенное снижение давления поддержки и увеличение **Tramp**.

*Перевод английского слова **ramp** — наклонная плоскость соединяющая две горизонтальные поверхности. При рассмотрении графиков давления этот термин используют для названия наклонного отрезка. На представленном графике давления **Ramp** — это отрезок кривой, описывающей изменение давления при переходе с нижнего уровня давления на верхний.

Приводимая ниже схема из инструкции к аппаратам ИВЛ серии EVITA показывает условное деление вдоха на две фазы. В первой фазе достигается давление поддержки, а во второй поддержка длится до снижения потока до 25%. Длительность первой фазы - **Tramp**.



8. Поддержка вдоха прекращается и начинается выдох:

- когда поток снижается до 25% от максимального
- если время вдоха превысит 4сек
- если пациент сам начнёт выдох

второй и третий способы прекращения вдоха «аварийные», и при их трехкратном повторении включается тревога. При правильных настройках режима и хорошей синхронизации переключение на выдох выполняется по потоку.

Пример № 2:

«Pressure support ventilation» на аппаратах Servo-i и Servo-s фирмы MAQUET.

На аппаратах Servo-i и Servo-s фирмы MAQUET этот режим называется «PSV» «Pressure support ventilation», как на большинстве современных аппаратов ИВЛ.

На панели управления аппарата обозначен как «**Pressure support/CPAP**»

1. Устанавливают уровень «РЕЕР».
2. Устанавливают уровень давления поддержки вдоха от уровня РЕЕР. (PS above РЕЕР) То есть, до какого уровня аппарат ИВЛ поднимет давление в дыхательных путях пациента, когда сработает триггер.
3. Устанавливают чувствительность триггера. Производители аппаратов Servo-i и Servo-s рекомендуют Flow-trigger (поточковый триггер). На этих аппаратах устанавливают чувствительность потокового триггера в процентах от базового потока (flow by). Предусмотрена возможность использования триггера срабатывающего по давлению, чувствительность в см H₂O.
4. Устанавливают скорость достижения уровня давления поддержки. По английски называется **Inspiratory rise time**. Чем выше скорость (меньше время), тем круче график давления.

Если установлена высокая скорость подъёма, аппарат ИВЛ начинает поддержку вдоха высоким пиковым потоком. Для того чтобы скорость подъёма давления была меньше увеличивают **Inspiratory rise time** (время достижения уровня давления поддержки). Как и в предыдущем примере, врач задаёт аппарату временной отрезок в секундах*, а аппарат сам устанавливает величину потока для выполнения поставленной задачи.

5. Поддержка вдоха прекращается и начинается выдох:

- когда поток снижается до заданного уровня в процентах от максимального
- если время вдоха превысит 2,5 сек для взрослых и 1,5 сек для детей
- если давление на входе превысит границу alarm (тревога)
- если давление на входе превысит заданное давление поддержки на 3 см H₂O или 10% от максимальной величины потока
- если пациент сам начнёт выдох

Все способы прекращения вдоха, кроме первого «аварийные». При правильных настройках режима и хорошей синхронизации переключение на выдох выполняется по потоку. На этих аппаратах ИВЛ величина потока для переключения на выдох в процентах от максимального может быть установлена от 70% до 10%. При настройке «по умолчанию» аппарат задаёт 30%.

* **Inspiratory rise time** на аппаратах **Servo** задаётся в сек в режимах «**Pressure support/CPAP**», «**Volume support**» и «**Bi-vent**», а в «**PCV**» как % от длительности дыхательного цикла.

Пример № 3:

**Режим «Pressure support ventilation»
на аппаратах «Puritan Bennet»**

Аппарат ИВЛ «Puritan Bennet 7200» - ветеран, работающий во многих клиниках, хотя уже снят с производства. Режим **«Pressure support ventilation»** можно активировать как дополнительную опцию при включённом режиме «CPAP». Давление поддержки включается через **pressure trigger** или **flow trigger**. Переключение на выдох происходит при снижении потока до 5 л/мин. Врач может настраивать только чувствительность триггера, величину давления поддержки и PEEP.

На аппаратах ИВЛ «Puritan Bennet» 740, 760 и 840 **«Pressure support ventilation»** представлен на панели управления как отдельный режим. Триггеры – **pressure** и **flow**. Скорость перехода с уровня PEEP на уровень давления поддержки задаётся с помощью коэффициента или множителя (factor), выраженного в процентах. По-английски называется PS Rise Time Factor или Flow acceleration factor (ускорение потока). Главное запомнить, чем больше этот коэффициент, тем круче подъём кривой давления. Выбор от 1% до 100%. При настройке режима аппарат предлагает выбрать 50%. В инструкции к «РВ-840» на русском языке этот коэффициент назван так: *«процент времени роста»*. Тоже красиво. Переключение на выдох можно задать при снижении потока от 1% до 80% от максимального. Аппарат предлагает выбрать 25%.

Резюме:

Режим ИВЛ **«PSV»** хорошо переносится пациентами. Широко используется в ходе прекращения респираторной поддержки (weaning). Важно помнить, что если режим настроен хорошо, пациент получает **целевой дыхательный объём**.

Если не изменить настройки режима, когда активность пациента растёт и инспираторное усилие увеличивается, аппарат будет оказывать избыточную поддержку, что может приводить к неоправданному увеличению дыхательного объёма. Следствием будет гипер-

вентиляция и угнетение дыхательного центра.

Уровень поддержки должен быть увеличен, когда пациент утомляется и инспираторное усилие снижается, и если растёт сопротивление дыхательных путей или снижается комплайнс.

Правильная установка уровня тревог по дыхательному и минутному объёмам позволит вовремя выполнить коррекцию настроек режима.

Важно! Для безопасной ИВЛ в режиме «PS» у пациента должна быть сохранной функция дыхательного центра! Поскольку мы должны быть готовы к ухудшению состояния, не пренебрегайте опцией «apное ventilation»!

3.8. «Intermittent Mandatory Ventilation», «IMV» и «Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation», «SIMV»

Тайна имени «Intermittent Mandatory Ventilation»:

«перемежающаяся принудительная вентиляция» – это вариант согласования вдохов, при котором принудительные вдохи чередуются с самостоятельными. В данном случае фирмы-производители в качестве имени режима ИВЛ использовали название способа согласования вдохов.

Определение понятия:

«Intermittent mandatory ventilation» («IMV») – это режим ИВЛ, при котором аппарат выполняет принудительные (mandatory) вдохи с предписанной частотой, как при «CMV», а в интервалах между принудительными вдохами пациент может дышать самостоятельно. Режим «IMV» позволяет вписать спонтанное дыхание в «CMV». Это потребовало первое слово названия «CMV» «continuous» (постоянный) заменить на «intermittent» (перемежающийся).

Описание режимов.

1. Паттерны ИВЛ.

Для того, чтобы описание режима «IMV» было полным, указывают паттерны принудительных и спонтанных вдохов, в результате четыре варианта:

- VC-IMV + CPAP
- VC-IMV + PC-CSV
- PC-IMV + CPAP
- PC-IMV + PC-CSV

2. Управляемые параметры.

Способ управления для *принудительных вдохов* – по объёму (volume controlled) или по давлению (pressure controlled).

Способ управления для *спонтанных вдохов* – по давлению (pressure controlled), как при «Pressure support ventilation» или как при «CPAP», когда аппарат ИВЛ не повышает

давление в дыхательных путях при вдохе, а поддерживает на постоянном уровне, соответствующем PEEP (Baseline pressure) .

3. Фазовые переменные.

3.1. Триггер.

Для принудительных (mandatory) вдохов в режиме «IMV» используется time-trigger – аппарат ИВЛ делает вдохи по расписанию. В том случае, если для принудительных (mandatory) вдохов есть дополнительный patient trigger, и пациент может сам инициировать вдох, перед аббревиатурой IMV стоит буква «S» (synchronized), - получается «SIMV». Об этом режиме ниже.

Для спонтанных вдохов всегда используется только patient trigger, то есть пациент сам начинает вдох.

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable).

Для принудительных вдохов:

При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, то есть предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются.

При управлении вдохом по объёму, установив объём вдоха, мы установили Volume limit (предельный объём вдоха). Аппарат ИВЛ, управляющий вдохом «по объёму» не может дать больше, чем приказано. Современные аппараты ИВЛ при управлении вдохом по объёму, позволяют установить предельное значение давления (Pressure limit или Pmax).

При спонтанных вдохах управление выполняется только по давлению и аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, таким образом предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы для спонтанных вдохов не устанавливаются.

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables).

Для принудительных вдохов:

При управлении вдохом по давлению переключение выполняется по времени (Time Cycling).

При управлении вдохом по объёму переключение выполняется по времени (Time Cycling) или по объёму (Volume Cycling).

Для спонтанных вдохов переключение с вдоха на выдох выполняется по потоку (flow cycling) или по давлению (pressure cycling).

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. Условные переменные и логика управления.

Условной переменной является время, определяющее переключение между спонтанными (patient-triggered) и принудительными (machine-triggered) вдохами.

6. Принцип управления – setpoint.

Другие имена режима

«Intermittent demand ventilation» («IDV»)

Резюме: В результате использования спонтанных и принудительных вдохов в одном режиме вентиляции появилась возможность плавно переходить из «CMV» в «Pressure support ventilation» и в «CPAP».

«IMV» – это универсальный режим вентиляции, способный трансформироваться в «CMV», в «Pressure support ventilation» и в «CPAP».

Если у пациента нет спонтанной дыхательной активности, «IMV» превращается в «CMV». То же самое происходит, если триггер аппарата ИВЛ не распознаёт дыхательные попытки пациента.

Если установить частоту принудительных вдохов = 0, «IMV» превращается в «Pressure support ventilation», если отменить поддержку вдохов («pressure support off»), то в «CPAP».

«Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation» («SIMV»)**Тайна имени:**

«Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция» – это вариант согласования вдохов, при котором принудительные вдохи чередуются с самостоятельными. «Синхронизированная» – значит, что принудительные вдохи включаются в ответ на дыхательную попытку пациента.

Определение понятия:

«Synchronized Intermittent mandatory ventilation» («SIMV») – это режим ИВЛ при котором аппарат выполняет принудительные (mandatory) вдохи с предписанной частотой, как при «CMV», а в интервалах между принудительными вдохами пациент может дышать самостоятельно. Режим «SIMV» позволяет вписать спонтанное дыхание в «CMV». Это потребовало заменить слово «continuous» (постоянный) на «intermittent» (перемежающийся). «SIMV» отличается от «IMV» тем, что для принудительных вдохов есть дополнительный patient trigger, то есть пациент может сам инициировать принудительный (mandatory) вдох. Для включения принудительного вдоха с помощью patient trigger выделяется временное окно перед включением вдоха по расписанию. В режиме «SIMV» в том случае, если инспираторное усилие пациента «попадает в окно», аппарат ИВЛ делает принудительный вдох в ответ на дыхательную попытку пациента. Если «в окно ничего не попадает», аппарат ИВЛ делает принудительный вдох по расписанию. Если инспираторное усилие пациента «не попадает в окно», аппарат ИВЛ даёт пациенту возможность сделать спонтанный вдох. В настоящее время все современные аппараты ИВЛ имеют режим «SIMV», классический «IMV» можно встретить только на неонатальных аппаратах ИВЛ.

Описание режимов.**1. Паттерны ИВЛ.**

В «SIMV» те же, что и в «IMV». Для того, чтобы описание режима было полным, для «SIMV» указывают паттерны принудительных и спонтанных вдохов, в результате четыре варианта.

- VC-IMV + CPAP
- VC-IMV + PC-CSV
- PC-IMV + CPAP
- PC-IMV + PC-CSV

2. Управляемые параметры в «SIMV» те же, что и в «IMV».

Способ управления для *принудительных вдохов* – по объёму (volume controlled) или по давлению (pressure controlled).

Способ управления для *спонтанных вдохов*, – по давлению (pressure controlled), как при «Pressure support ventilation» или как при «CPAP», когда аппарат ИВЛ не повышает давление в дыхательных путях при вдохе, а поддерживает на постоянном уровне, соответствующем PEEP (Baseline pressure) .

3. Фазовые переменные

3.1. Триггер:

Для *принудительных* (mandatory) вдохов в режиме «SIMV» используется time-trigger – аппарат ИВЛ делает вдохи по расписанию. Кроме того, для *принудительных* (mandatory) вдохов есть дополнительный patient trigger, и пациент может сам инициировать вдох. Patient trigger для *принудительных* вдохов активен только в короткий временной интервал («временное окно»), перед включением вдоха по расписанию.

Для *спонтанных вдохов* всегда используется только patient trigger, то есть пациент сам начинает вдох.

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable) в «SIMV» те же, что и в «IMV»

Для *принудительных вдохов*: При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях, то есть предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются.

При управлении вдохом по объёму, установив объём вдоха, мы установили Volume limit (предельный объём вдоха).

Аппарат ИВЛ, управляющий вдохом «по объёму», не может дать больше, чем приказано. Современные аппараты ИВЛ при управлении вдохом по объёму, позволяют установить предельное значение давления (Pressure limit или Pmax)

При спонтанных вдохах управление выполняется только по давлению, и аппарат ИВЛ строго выдерживает предписанное давление в дыхательных путях. Таким образом предел давления уже задан по факту применения данного способа управления вдохом. Другие пределы *для спонтанных вдохов* не устанавливаются.

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables) в «SIMV» такое же, как и в «IMV».

Для принудительных вдохов:

При управлении вдохом по давлению переключение выполняется по времени (Time Cycling).

При управлении вдохом по объёму переключение выполняется по времени (Time Cycling) или по объёму (Volume Cycling).

Для спонтанных вдохов переключение с вдоха на выдох выполняется по потоку (flow cycling) или по давлению (pressure cycling).

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. Условные переменные и логика управления.

Условной переменной является время определяющее: 1) какой вдох последует за инспираторной попыткой пациента спонтанный или принудительный, 2) переключение между спонтанными (patient-triggered) и принудительными (machine-triggered) вдохами.

6. Принцип управления – setpoint.

Другие имена режима

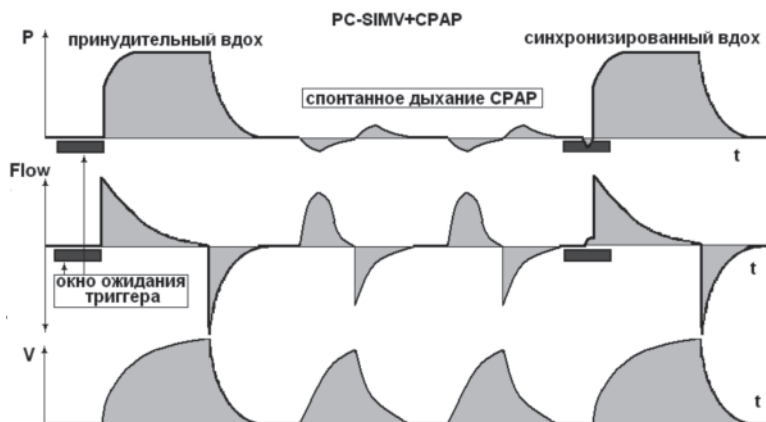
«Intermittent demand ventilation» («IDV»)

«Intermittent mandatory ventilation» («IMV»), иногда фирмы-производители не пишут букву «S»

Резюме: По нашему мнению, режим «SIMV» – настоящий шедевр в

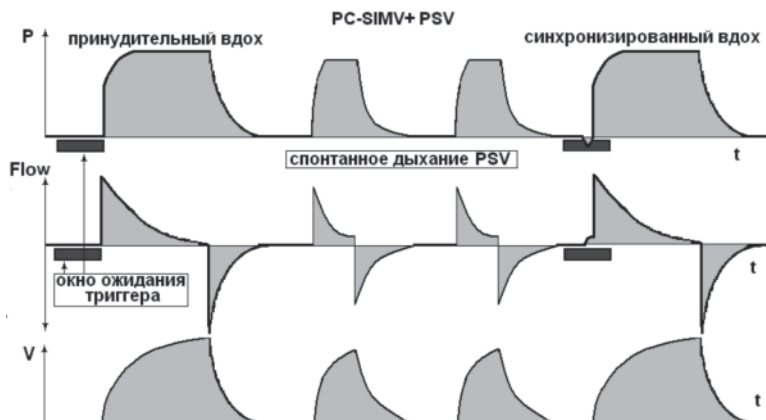
искусстве вентиляции легких. Если бы нам (авторам пособия) сказали: «В вашем отделении реанимации теперь будут аппараты ИВЛ с единственным режимом вентиляции». Мы бы ответили: «Если это «SIMV» – мы согласны!». Действительно, универсальность этого режима, включающего в себя «CMV» «PSV» и «CPAP», позволяет осуществлять любой уровень респираторной поддержки и синхронизировать работу аппарата ИВЛ с дыхательной активностью пациента.

Пример №1:



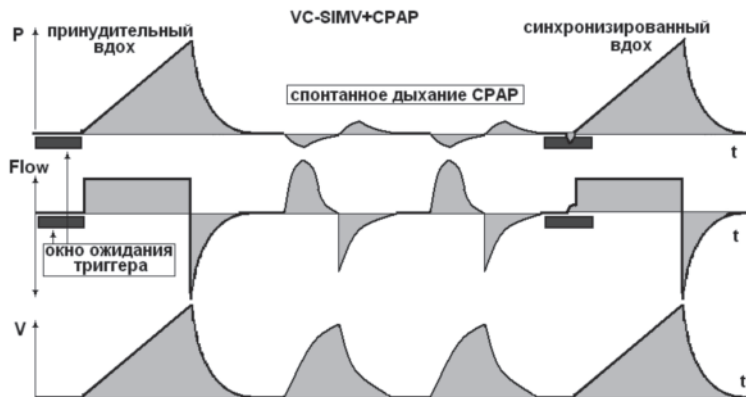
Принудительные (mandatory) вдохи выполняются с заданной частотой (по расписанию). Способ управления вдохом – по давлению (pressure control). Переключение на выдох – по времени (time cycling). Если дыхательная попытка пациента совпадает со временем принудительного вдоха, этот вдох называют синхронизированным или вспомогательным (assisted). Вдохи mandatory и assisted (synchronized) отличаются только триггером. Необходимо понимать, что вспомогательный (assisted или synchronized) вдох, по длительности, форме кривых и способу переключения на выдох является принудительным (mandatory). В данном примере между принудительными вдохами пациент дышит в CPAP.

Пример №2 :



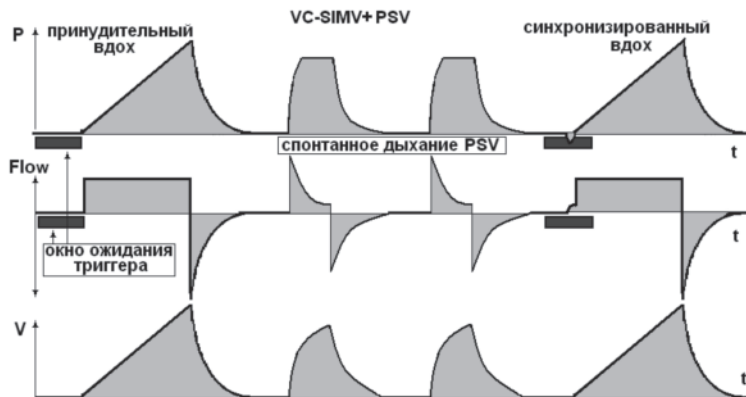
Принудительные (mandatory) вдохи выполняются с заданной частотой (по расписанию). Способ управления вдохом – по давлению (pressure control). Переключение на выдох – по времени (time cycling). Если дыхательная попытка пациента совпадает со временем принудительного вдоха, этот вдох называют синхронизированным или вспомогательным (assisted). Вдохи mandatory и assisted отличаются только триггером. Необходимо понимать, что вспомогательный (assisted или synchronized) вдох по длительности, форме кривых и способу переключения на выдох является принудительным (mandatory). В данном примере между принудительными вдохами пациент дышит в «PSV». Принудительные (mandatory) вдохи отличаются от вдохов «PSV» давлением, потоком, объемом и способом переключения на выдох. В «PSV» переключение на выдох – по потоку. При рассмотрении этого режима SIMV главное не путать support и assist.

Пример №3:



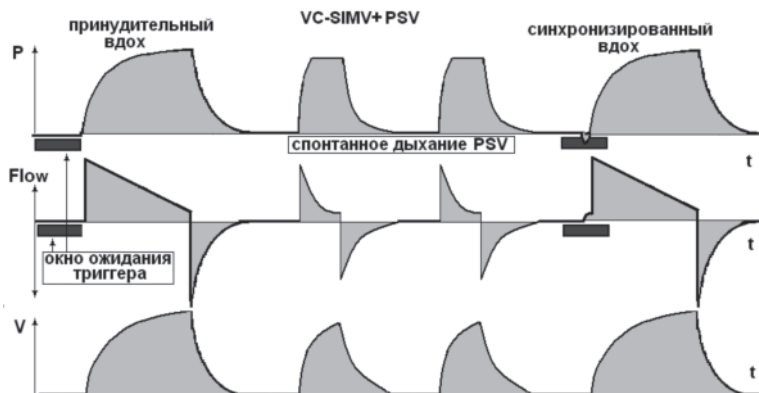
Принудительные (mandatory) вдохи выполняются с заданной частотой (по расписанию). Способ управления вдохом – по объёму (volume control). Переключение на выдох – по объёму (volume cycling). Если дыхательная попытка пациента совпадает со временем принудительного вдоха, этот вдох называют синхронизированным или вспомогательным (assisted или synchronized). Вдохи mandatory и assisted отличаются только триггером. Необходимо понимать, что вспомогательный (assisted или synchronized) вдох, по времени, форме кривых и способу переключения на выдох является принудительным (mandatory). В данном примере между принудительными вдохами пациент дышит в CPAP.

Пример № 4:



Принудительные (mandatory) вдохи выполняются с заданной частотой (по расписанию). Способ управления вдохом – по объёму (volume control). Переключение на выдох – по объёму (volume cycling). Если дыхательная попытка пациента совпадает со временем принудительного вдоха, этот вдох называют синхронизированным или вспомогательным (assisted или synchronized). Вдохи mandatory и assisted отличаются только триггером. Необходимо понимать, что вспомогательный (assisted или synchronized) вдох по длительности, форме кривых и способу переключения на выдох является принудительным (mandatory). В данном примере между принудительными вдохами пациент дышит в «PSV». Принудительные (mandatory) вдохи отличаются от вдохов «PSV» давлением, потоком, объёмом и способом переключения на выдох. В «PSV» переключение на выдох по потоку. Особенностью этого варианта SIMV является то, что принудительные вдохи управляемы по объёму, а вдохи «PSV» – по давлению. При рассмотрении этого режима SIMV главное не путать support и assist.

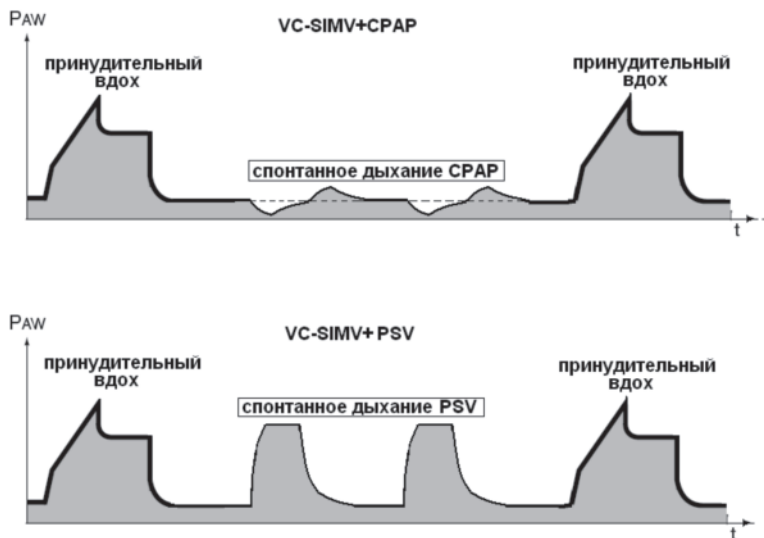
Пример № 5:



Все, как в примере № 4, но изменилась форма кривой потока для принудительных, синхронизированных вдохов (нисходящий тип вместо прямоугольного). В результате, получили вариант VC-SIMV+PSV, по своим параметрам очень похожий на PC-SIMV+PSV (пример № 2).

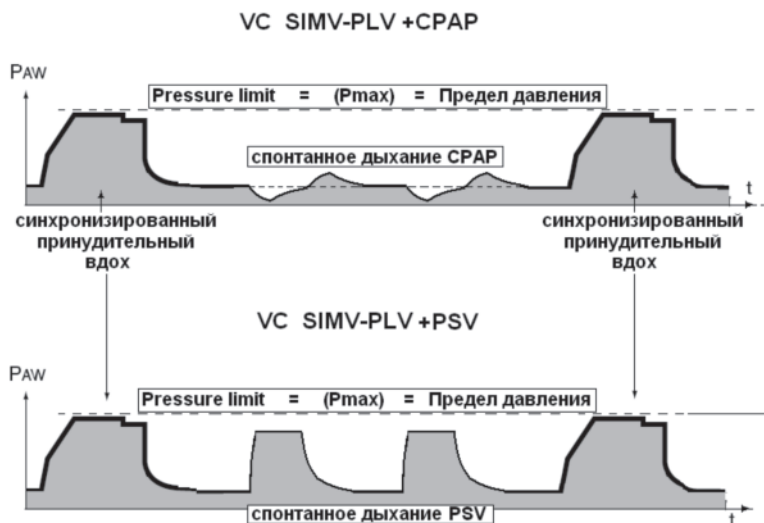
Пример № 6:

Приводим четыре варианта «SIMV», доступные на аппарате **EVITA-4 Dräger.**



Принудительные вдохи управляемы по объёму (VC) переключение на выдох по времени (time-cycle). Спонтанные вдохи в первом случае «CPAP», во втором «PSV».

Когда включена опция **Pmax** или **Pressure limited ventilation**, возникают еще два варианта «SIMV»:



Включение опции «AutoFlow» добавляет еще два варианта «SIMV». Об «AutoFlow» отдельная глава впереди.

3.9. Спонтанное дыхание на двух уровнях давления.

Эта и три последующие главы расскажут о режимах ИВЛ, обеспечивающих возможность спонтанного дыхания поочередно на двух уровнях постоянного давления в дыхательных путях. В названии есть внутреннее противоречие: если давление в дыхательных путях постоянное, по определению, оно должно поддерживаться на одном уровне. Противоречие разрешает *время*. При настройке этих режимов задаются два уровня постоянного давления и два последовательно чередующихся временных интервала. Режимы, описанные в этом разделе книги, отличаются друг от друга:

Соотношением длительности интервалов, когда используется верхний и нижний уровни давления.

Степенью поддержки спонтанного дыхания пациента.

Наличием синхронизации работы аппарата ИВЛ с дыхательной активностью пациента.

Помимо принципиальных отличий этих режимов, на количество названий повлияла брендовая политика фирм-производителей аппаратов ИВЛ. Фирма «Respironics», специализирующаяся на выпуске аппаратов для неинвазивной ИВЛ для домашнего использования, зарегистрировала название режима ИВЛ «BiPAP» («Bilevel positive airway pressure»). По существу «BiPAP» это «PSV» с РЕЕР. Особенностью «BiPAP» от фирмы «Respironics» является уникальная система триггера и переключения с вдоха на выдох. (www.respironics.com). Естественно, представители фирмы зарегистрировали авторство на свою великолепную разработку. В это же время фирма Dräger уже представляла на мировом рынке аппараты ИВЛ серии «Evita» оснащенные режимом «BiPAP» («Biphasic positive airway pressure»). В результате, фирма Dräger тоже зарегистрировала права на своё название режима. После этого остальные фирмы-производители аппаратов ИВЛ выпускают на мировой рынок двухуровневые режимы под разными названиями. Общим достоянием осталась только аббревиатура «APRV» («Airway pressure release ventilation»).

Имена этих режимов:

1) имена, принадлежащие фирмам:

1.1. «Biphasic positive airway pressure» («BIPAP») Dräger

1.2 «Duo-PAP» Hamilton Galileo

1.3 «ARPV/ Biphasic» Viasys Avea

1.4 «BiVENT» «Bi-vent» MAQUET Servo-s, Servo-i

1.5 «Bilevel» Puritan Bennett 840

1.6 «SPAP» E-Vent Inspiration LS

2) имена, доступные всем:

2.1 «Airway pressure release ventilation» («APRV»)

2.2 «Intermittent CPAP».

2.3 «CPAP with release».

Warning! Предупреждение!

Похожие названия – разные режимы ИВЛ.

Фирма Respironics, специализирующаяся на выпуске аппаратов для неинвазивной ИВЛ для домашнего использования, тоже использует аббревиатуру БИПАП. От названия режима фирмы Dräger [www.draeger-medical.com] отличается только написание второй буквы: «BIPAP» («Biphasic positive airway pressure») у фирмы Dräger и «BiPAP» («Bilevel positive airway pressure») у фирмы Respironics [www.respironics.com]. Название режима ИВЛ «VPAP» («Variable positive airway pressure»), по существу очень похожего на «BiPAP» принадлежит фирме ResMed [www.resmed.com] также выпускающей аппараты для неинвазивной ИВЛ и лечения синдрома апноэ во сне. Следует помнить, для обозначения верхнего и нижнего уровней давления на аппаратах для неинвазивной ИВЛ используются те же аббревиатуры, что при установке режимов с двумя уровнями СРСР. Это IPAP (inspiratory positive airway pressure) и EPAP (expiratory positive airway pressure).

История вопроса: «BIPAP», «APRV» и «BiPAP».

«BIPAP». Первое описание режима «BIPAP» («Biphasic positive airway pressure»), как режима ИВЛ на основе переключения между двумя уровнями СРАР сделано профессором Н. Benzer в 1988

году, а с 1989 года фирма Dräger выпускает аппараты ИВЛ серии «Evita», оснащенные этим режимом. Название режима «BIPAP» является зарегистрированной торговой маркой фирмы Dräger. Главной задачей разработчиков этого режима было сохранение спонтанной дыхательной активности пациента на ИВЛ и адаптация работы аппарата к пациенту без использования седации. В результате был создан режим ИВЛ, который можно описать как PC-CMV (Pressure controlled continuous mandatory ventilation) с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла.

«APRV». С 1987 года публикуются результаты использования нового режима ИВЛ «APRV» («Airway pressure release ventilation»). Эти работы выполнены J.Downs и M.Stock в США в содружестве с европейской группой H.Benzer. Целью работы было сохранить достоинства режимов с удлинённой фазой вдоха («IR-PCV»), улучшив адаптацию работы аппарата ИВЛ к пациенту. То есть, при применении «APRV» удаётся удерживать лёгкие пациента в максимально «открытом» состоянии без использования седации. Как и при создании режима «BIPAP», ключом к решению этой задачи было сохранение спонтанной дыхательной активности у пациента на ИВЛ. В настоящее время вполне корректное определение «APRV» – это «IR-PCV» («Inverse Ratio Pressure Control Ventilation») с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла.

Резюме по поводу «BIPAP» и «APRV»:

«APRV» - это вариант «BIPAP» с соотношением длительности фазы **CPAP high** к длительности фазы **CPAP low** 1:1 и больше.

«BiPAP» «BiPAP» («Bilevel positive airway pressure») от фирмы Respironics [www.respironics.com]. Хочется сказать: «В огороде бузина, а в Киеве дядька». До 1989 на рынке простых аппаратов для проведения неинвазивной ИВЛ в домашних условиях при лечении ХОБЛ и sleep апное были представлены устройства создающие CPAP. Соответственно аббревиатура «CPAP» в это время была известна и понятна широкому кругу пациентов и их родственников. В 1989 году фирма «Respironics» первой вышла на рынок аппаратов неинвазивной ИВЛ для домашнего использования со своим вариантом «PSV» через дыхательную маску. Исходя из задач внедрения на

рынок нового продукта, используя сформировавшийся спрос на «CPAP», название «BiPAP» («Bilevel positive airway pressure») было зарегистрировано как авторская собственность фирмы «Respironics».

3.10. «BIPAP» «Biphasic positive airway pressure» от фирмы Dräger

Тайна имени:

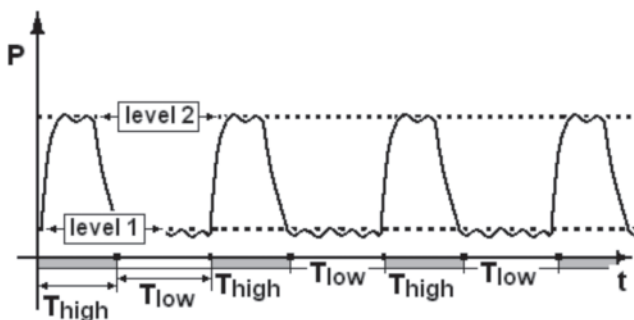
Двухфазное положительное давление в дыхательных путях. Происходит чередование фазы высокого давления в дыхательных путях с фазой низкого давления.

Определение понятия:

В руководствах от фирмы Dräger обычно даются сразу два определения:

- 1.«BIPAP» – это режим спонтанной вентиляции на двух уровнях CPAP с переключением с одного уровня давления на другой через заданные временные интервалы.
2. «BIPAP» – это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами – спонтанное дыхание, совмещенное со стандартным режимом «PCV».

В настоящее время существует несколько модификаций режима, однако, общим является то, что заданы два уровня (level) постоянного давления: верхний уровень (CPAP high) и нижний (CPAP low), и два временных интервала (фазы) (time high и time low). Другое название временных интервалов – inspiratory time и expiratory time.



Названия нижнего уровня CPAP

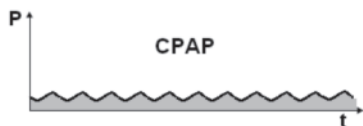
- «CPAP low»
- «PEEP/CPAP»
- «Baseline pressure»
- «Positive end-expiratory pressure» («PEEP»).
- «End-expiratory pressure» («EEP»).
- «Expiratory positive airway pressure» («EPAP»).

Названия верхнего уровня CPAP

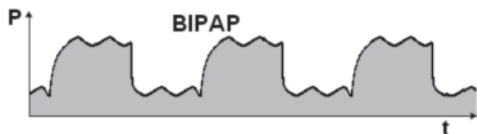
- «CPAP high»
- «Inspiratory positive airway pressure» («IPAP»).

Использование термина «inspiratory time» в качестве названия фазы «time high» и «expiratory time» вместо «time low» многих сбивает с толку, поскольку во время каждой фазы может состояться несколько самостоятельных вдохов и выдохов. Мы считаем термины «time high» и «time low» наиболее корректными, однако, просим быть готовыми к тому, что многие авторы используют «inspiratory time» и «expiratory time».

Сравните «CPAP» и «BIPAP».



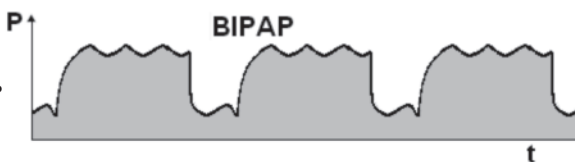
Представьте себе: установлен уровень CPAP. Через короткий отрезок времени врач меняет уровень давления, затем возвращается к исходному уровню и делает эти переключения с определённой периодичностью. Две чередующихся фазы и два уровня давления. В режиме «BIPAP» эти переключения делает аппарат ИВЛ.



В режиме «BIPAP» спонтанное дыхание возможно на обоих уровнях давления. В зависимости от задачи и клинической ситуации, врач меняет длительность и соотношение фаз, и уровни давления.

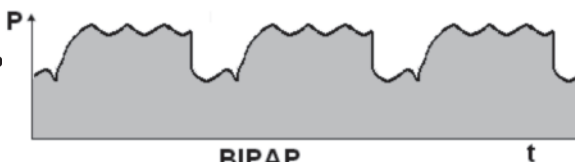
Например, так:

Увеличена длительность фазы «CPAP high».



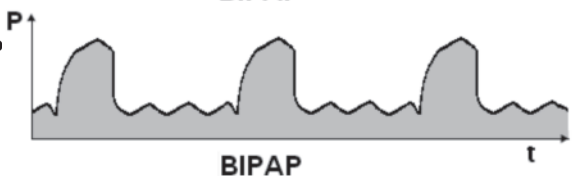
Или так:

Увеличен уровень «CPAP low».



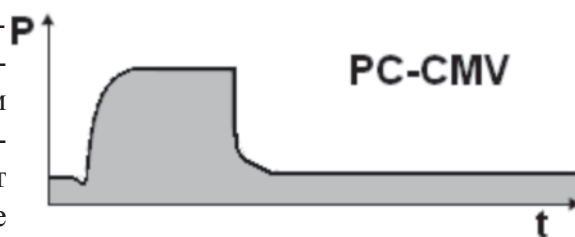
Или так:

Укорочена фаза «CPAP high».

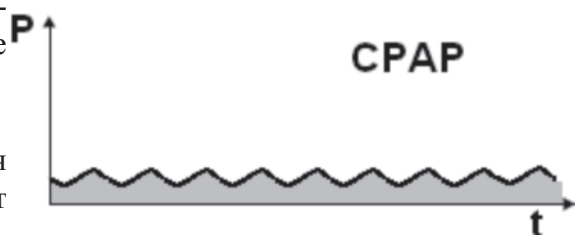


Универсальность режима «BIPAP»

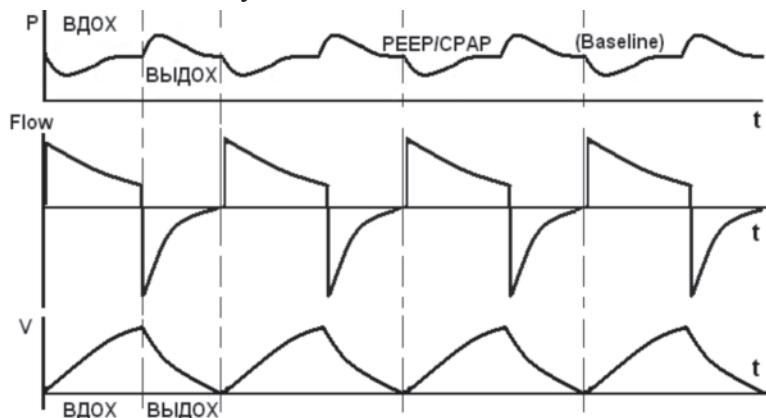
Если максимально упростить задачу, можно сказать, что при любом режиме PPV вдох происходит, когда аппарат ИВЛ повышает давление в дыхательных путях. Например, как при Pressure controlled ventilation.



Исключением является «CPAP». Когда пациент



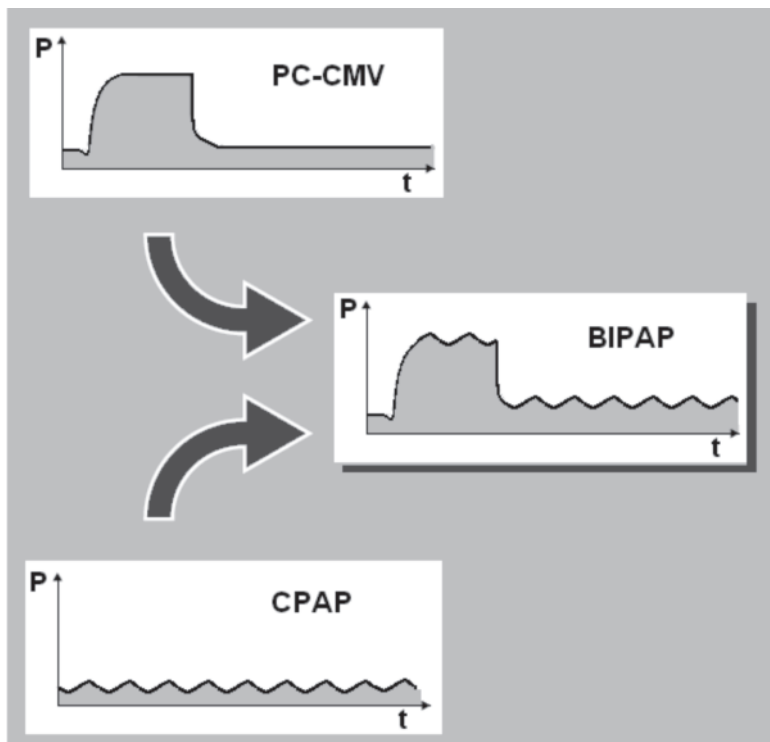
делает спонтанный вдох, он создаёт отрицательное давление в грудной клетке, а аппарат ИВЛ поддерживает предписанный уровень давления в дыхательных путях.



Активный клапан выдоха

Создание режима «BIPAP» стало возможно после внедрения в практику ИВЛ «активного клапана выдоха» (Active expiratory valve). Этот клапан отличается от простого клапана выдоха, работающего по принципу да/нет (или открыт, или закрыт). Активный клапан выдоха с электронным управлением позволяет пациенту дышать спонтанно на любом уровне CPAP. Система управления клапаном, меняя сопротивление выдоху, обеспечивает постоянное предписанное давление в дыхательных путях в течение всего заданного временного интервала.

Схема, приведенная ниже, показывает, как «BIPAP» объединяет в себе свойства принудительной ИВЛ с управлением по давлению и возможность спонтанного дыхания в режиме «CPAP».



Таким образом, режим «BIPAP» может всё: от полного замещения функции внешнего дыхания до минимальной поддержки спонтанного дыхания.

Если у пациента полностью отсутствует дыхательная активность, «BIPAP» неотличим от PC-CMV.

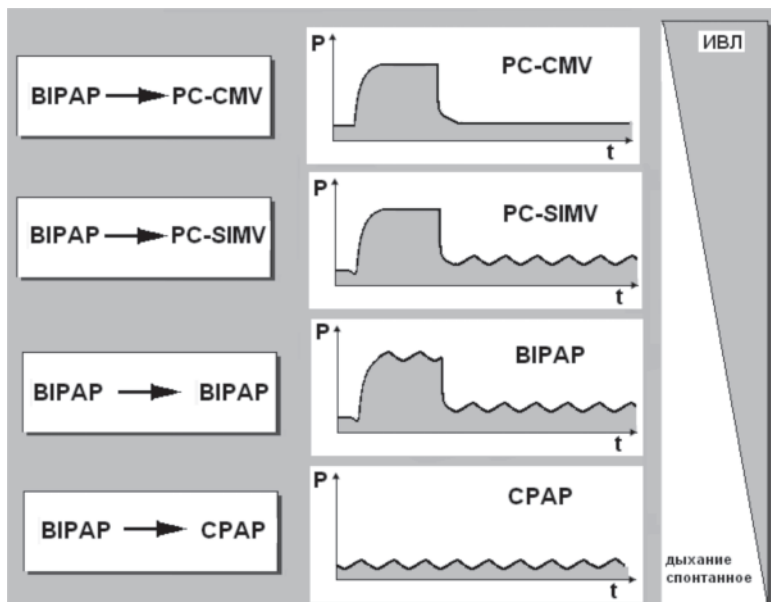
Если при этом time high, больше чем time low, «BIPAP» превращается в «IR-PCV», поскольку вдох длиннее выдоха.

Если пациент сохраняет спонтанное дыхание только на нижнем уровне давления, «BIPAP» неотличим от PC-SIMV+CPAP.

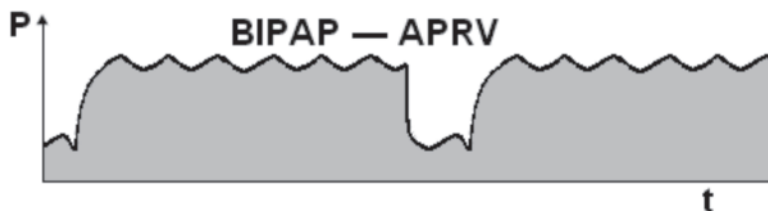
Если пациент сохраняет спонтанное дыхание и на верхнем и

на нижнем уровне давления, «BIPAP» показывает свое истинное лицо.

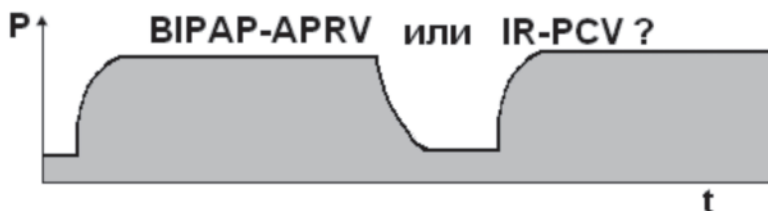
Если установить одинаковое значение верхнего и нижнего давления, «BIPAP» превращается в «CPAP».



Вариантом «BIPAP» является режим «APRV», «Airway pressure release ventilation». В этом режиме длительность фазы inspiratory time или time high превышает длительность фазы выдоха (expiratory time или time low).

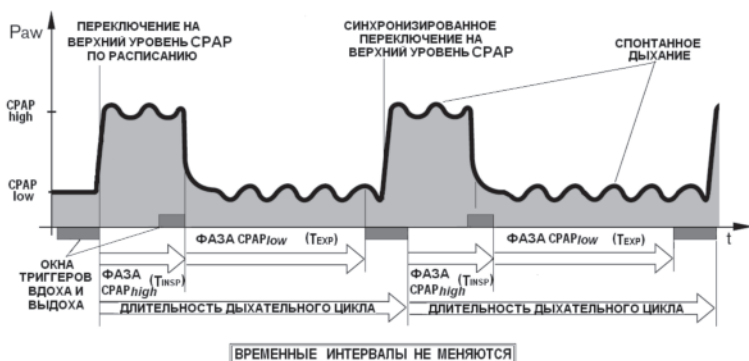


Если у пациента подавлена дыхательная активность, на графике этот режим не отличим от «IR-PCV», «Inverse Ratio Pressure Control Ventilation»



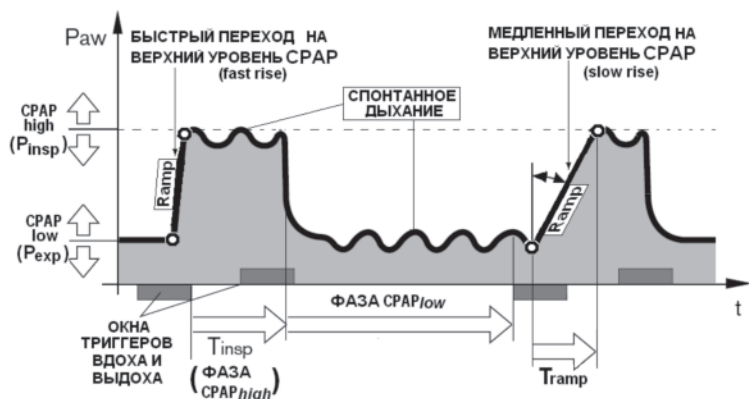
Для того, чтобы предотвратить конфликт пациента с аппаратом ИВЛ, режим «ВІРАР» был дополнен возможностью синхронизации переключения между уровнями СРАР с дыхательной активностью пациента. Современная модификация режима «ВІРАР» от фирмы **Dräger** имеет два триггера. Один триггер синхронизирует переключение с нижнего уровня на верхний, а второй – с верхнего на нижний. Для работы каждого триггера выделено своё временное окно. Первый конфликт пациента с аппаратом ИВЛ может возникнуть при переходе с нижнего уровня СРАР на верхний, если пациент в этот момент делает выдох. Представьте себе, пациент выдыхает, а аппарат ИВЛ в этот момент повышает давление в дыхательных путях. У пациента, из-за невозможности выдохнуть, может возникнуть паника. Триггер вдоха обеспечивает переход с нижнего уровня на верхний синхронно с вдохом пациента. Второй конфликт может возникнуть при переходе с верхнего уровня на нижний, если снижение давления в дыхательных путях произойдет в момент вдоха пациента. Этот вариант десинхронизации переносится тяжелее, чем первый и субъективно воспринимается, как удушье. Триггер выдоха обеспечивает переход с верхнего уровня на нижний синхронно с выдохом пациента.

Частота переключений между двумя уровнями не меняется, потому что окна синхронизации не смещаются во времени. Таким образом, все временные интервалы остаются постоянными.



Изменение скорости перехода с уровня $CPAP_{low}$ на уровень $CPAP_{high}$

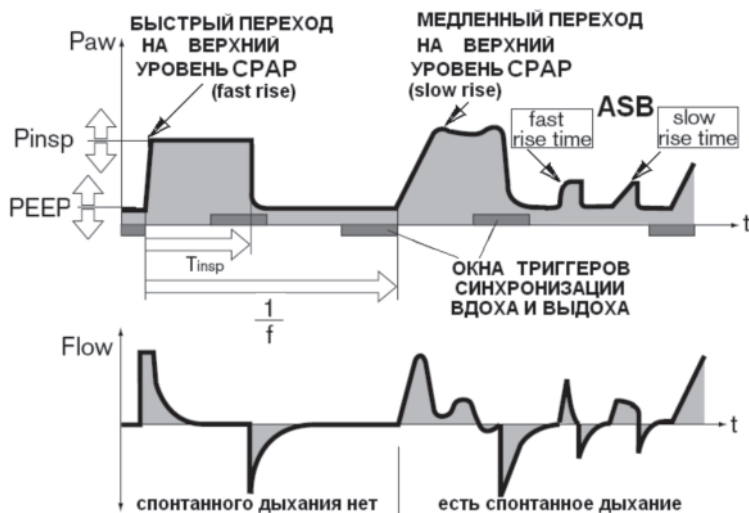
Перевод английского слова **ramp** – наклонная плоскость, соединяющая две горизонтальные поверхности. При рассмотрении графиков давления, потока или объема этот термин используют для названия наклонного отрезка. На представленном ниже графике давления **Ramp** – это отрезок кривой, описывающей изменение давления при переходе с нижнего уровня на верхний.



Скорость перехода с уровня **CPAP low** на уровень **CPAP high** определяется временем **Tramp (ramp time)**, другое название этого временного интервала - **Rise time**. Чем больше **Tramp**, тем более плавно аппарат ИВЛ переходит с уровня **CPAP low** на уровень **CPAP high**. Длительность **Tramp** не может превышать **Tinsp** (длительность фазы CPAP high).

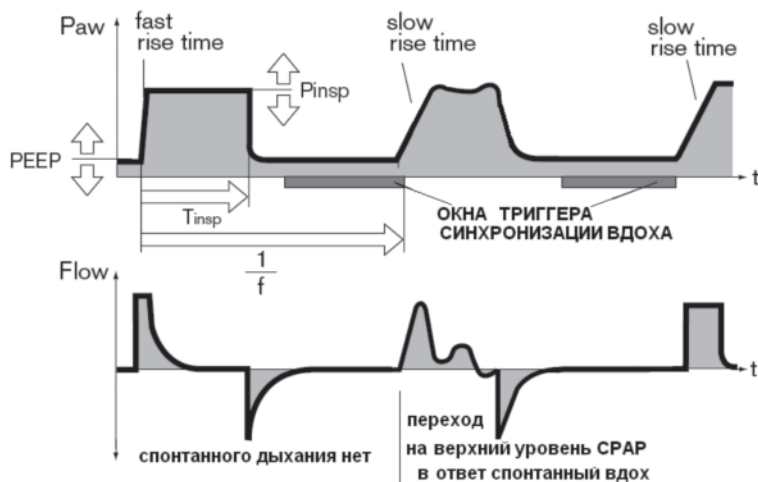
BiPAP+ASB

Напомним, что «ASB» («Assisted Spontaneous Breathing») – это название режима «PSV» («Pressure support ventilation») на аппаратах фирмы **Dräger**. При данной модификации **BiPAP** те спонтанные вдохи пациента на уровне **CPAP low**, которые не попадут во временное окно триггера, включающего переход на уровень **CPAP high**, будут поддержаны давлением по типу «ASB».



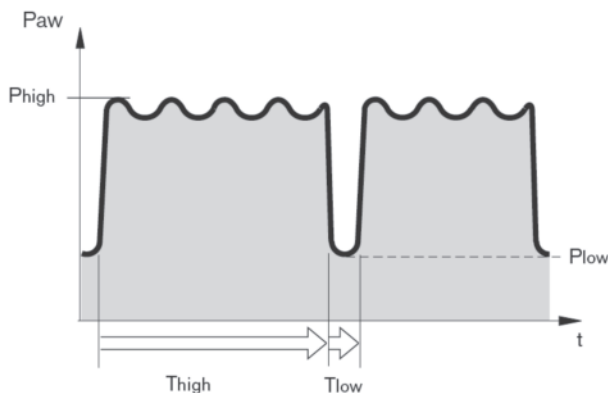
«BIPAP-Assist»

При этой модификации **BIPAP** любая попытка вдоха на нижнем уровне (в данном случае это **PEEP** или **Baseline**) приведёт к переходу на верхний уровень (**CPAP high**). На верхнем уровне в течение фазы **Time high** возможно спонтанное дыхание **CPAP**. Переход с верхнего уровня давления на нижний происходит по окончании фазы **Thigh (T_{insp})** без синхронизации с выдохом пациента. Если пациент не делает попытки вдоха на нижнем уровне давления, переход на верхний уровень произойдёт при закрытии временного окна триггера вдоха (по окончании фазы **Time low**).



«APRV» «Airway Pressure Release Ventilation»

Формальный перевод – «ИВЛ с помощью снижения (дословно освобождения) давления». По существу – это вариант «BIPAP» с длинной фазой **time high** и короткой фазой **time low**.



Спонтанное дыхание происходит на верхнем уровне СРАР. Через заданные временные интервалы происходит кратковременное снижение давления до уровня РЕЕР. Этот режим ИВЛ разработан для пациентов с нарушенными вентиляционными свойствами лёгких. Во время фазы низкого давления (Time low, Tlow) в областях лёгких с сохранными вентиляционными свойствами происходит выдох. Участки лёгких с нарушенной проходимостью бронхов успевают выдохнуть лишь часть воздуха и остаются расправленными («открытыми»). Таким образом, удаётся улучшить вентиляционно-перфузионные соотношения у пациентов с нарушенным газообменом. В этом режиме возможно менять скорость перехода с нижнего уровня давления на верхний (ramp). При этом время перехода с нижнего уровня давления на верхний (rise time, ramp time) не может превысить Thigh (фаза верхнего уровня давления). У данного варианта «APRV» нет синхронизации переключений между уровнями давления с дыхательной активностью пациента.

3.11. «BiLevel» на аппарате Puritan Bennet 840

Этот режим очень похож на «BIPAP» от фирмы Dräger. Главное отличие в том, что в режиме «BIPAP» опция «PSV» работает только с уровня PEEP *low*, а в «BiLevel» поддержка спонтанного дыхания возможна с двух уровней (PEEP *low* и PEEP *high*).

Тайна имени:

ИВЛ с использованием двух уровней давления в дыхательных путях. Точно также, как и в «BIPAP», происходит чередование фазы высокого давления в дыхательных путях с фазой низкого давления.

Определение понятия:

Два определения почти дословно совпадают с определениями для режима «BIPAP» от фирмы Dräger.

1. «BiLevel» – это режим спонтанной вентиляции на двух уровнях PEEP с переключением с одного уровня давления на другой через заданные временные интервалы.

2. «BiLevel» – это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами, спонтанное дыхание, совмещенное со стандартным режимом «PCV». При этом на каждом уровне давления спонтанные вдохи могут быть поддержаны давлением («BiLevel»+ «PSV»).

В режиме «BiLevel» заданы два уровня (level) постоянного давления: верхний уровень (PEEP *high*) и нижний (PEEP *low*), и два временных интервала – фазы (time *high* и time *low*).

Аппарат позволяет устанавливать длительность фазы time *high* и частоту переходов между PEEP *high* и PEEP *low*. Возможно соотношение inverse ratio, в этом случае режим «BiLevel» соответствует «APRV».

Скорость перехода с уровня PEEP *low* на уровень давления PEEP *high* задаётся с помощью коэффициента или множителя (factor), выраженного в процентах. По-английски называется PS Rise Time Factor или Flow acceleration factor (ускорение потока). Главное запомнить, чем больше этот коэффициент, тем круче подъём кривой давления. Выбор от 1% до 100%. При настройке режима аппарат предлагает выбрать 50%. В инструкции к «PB-840» на русском языке

этот коэффициент назван так: «процент времени роста». Точно также, как в режимах «Pressure support ventilation» и «Pressure control ventilation».

Для того, чтобы предотвратить конфликт пациента с аппаратом ИВЛ, режим «BiLevel», как и «BIPAP», был дополнен возможностью синхронизации переключения между уровнями давления с дыхательной активностью пациента. Режим «BiLevel», как и «BIPAP» имеет два триггера. Один триггер синхронизирует переключение с нижнего уровня на верхний, а второй – с верхнего на нижний. Для работы каждого триггера выделено своё временное окно.

Первый конфликт пациента с аппаратом ИВЛ может возникнуть при переходе с нижнего уровня РЕЕР/CPAP на верхний, если пациент в этот момент делает выдох. Представьте себе, пациент выдыхает, а аппарат ИВЛ в этот момент повышает давление в дыхательных путях. У пациента, из-за невозможности выдохнуть, может возникнуть паника. Триггер вдоха обеспечивает переход с нижнего уровня на верхний синхронно с вдохом пациента.

Второй конфликт может возникнуть при переходе с верхнего уровня на нижний, если снижение давления в дыхательных путях произойдёт в момент вдоха пациента. Этот вариант десинхронизации переносится тяжелее, чем первый и субъективно воспринимается, как удушье. Триггер выдоха обеспечивает переход с верхнего уровня на нижний синхронно с выдохом пациента.



Отличие режима «**BiLevel**» от «**BiPAP**» в том, что в «**BiPAP**» частота переключений между уровнями постоянна, а в «**BiLevel**» может увеличиваться при высокой дыхательной активности пациента.

Уровень поддержки спонтанного дыхания задаётся от нижнего уровня PEEP. Если уровень поддержки спонтанного дыхания не превышает PEEP *high*, «**PSV**» включается только с нижнего уровня.



Если уровень поддержки спонтанного дыхания выше PEEP *high*, «**PSV**» включается с двух уровней. Уровень давления поддержки устанавливается от PEEP *low* и одинаков независимо от того, с какого уровня инициирован спонтанный вдох.



Режим «**Duo-PAP/APRV**» на аппарате «**Hamilton Galileo**» очень похож на «**BiLevel**» на аппарате **Puritan Bennet 840**

Режим «**SPAP**» «**Spontaneous Positive Airway Pressure**» на аппаратах ИВЛ «**Inspiration**» фирмы **e-Vent** отличается от «**BiLevel**» на аппарате **Puritan Bennet 840** тем, что уровень поддержки давлением устанавливается раздельно для **P-high** и **P-low**, как в режиме «**Bi-Vent**» на аппарате **Servo-I** фирмы **MAQUET**.

3.12. «Bi-Vent» на аппарате Servo-I фирмы MAQUET

Этот режим очень похож на «BIPAP» от фирмы Dräger. Главное отличие в том, что в режиме «BIPAP» опция «PSV» работает только с уровня PEEP *low*, а в «Bi-Vent» поддержка спонтанного дыхания возможна с двух уровней (PEEP и P *high*).

Тайна имени:

ИВЛ с использованием двух уровней давления в дыхательных путях. Точно так же, как и в «BIPAP» происходит чередование фазы высокого давления в дыхательных путях с фазой низкого давления.

Определение понятия:

Определение почти дословно совпадают с определением для режима «BIPAP» от фирмы Dräger.

«Bi-Vent» – это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами, спонтанное дыхание, совмещенное со стандартным режимом «PCV». При этом на каждом уровне давления спонтанные вдохи могут быть поддержаны давлением («Bi-Vent»+ «PSV»).

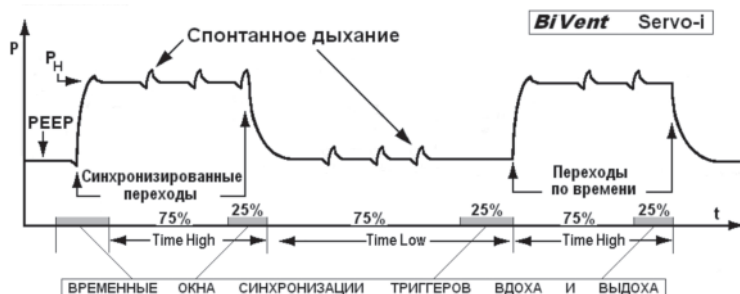
В режиме «Bi-Vent» заданы два уровня (level) постоянного давления: верхний уровень (P *high*) и нижний (PEEP), и два временных интервала – фазы (time high и time PEEP).

Аппарат позволяет устанавливать длительность фазы time high (T high) и длительность фазы time PEEP (T PEEP). Частоту переходов между PEEP и P *high* не задают. Частота переключений получается как частное от деления минуты на длительность дыхательного цикла. $f = 1\text{min}/(T_{\text{high}} + T_{\text{PEEP}})$. Возможно соотношение inverse ratio. В этом случае режим «Bi-Vent» соответствует «APRV».

Устанавливают скорость достижения уровня давления P *high*. По английски называется **Inspiratory rise time**. Чем выше скорость (меньше время), тем круче график давления. Если установлена высокая скорость подъёма, аппарат ИВЛ выполняет переход на уровень давления P *high* высоким пиковым потоком. Для того, чтобы скорость подъёма давления была меньше увеличивают **Inspiratory rise time** (время достижения уровня давления P *high*). Как и в режиме «BIPAP» (Dräger), врач задает аппарату временной отрезок в секун-

дах, а аппарат сам устанавливает величину потока для выполнения поставленной задачи.

Для того, чтобы предотвратить конфликт пациента с аппаратом ИВЛ, режим «**Bi-Vent**», как и «**ВІРАР**», был дополнен возможностью синхронизации переключения между уровнями давления с дыхательной активностью пациента.



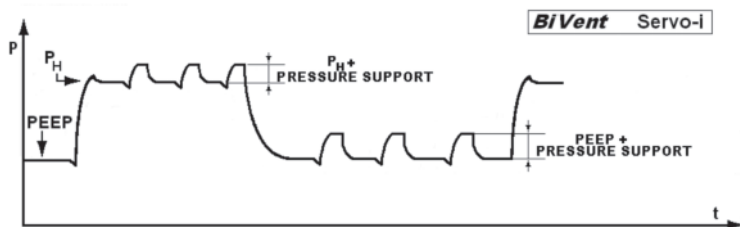
Режим «**Bi-Vent**» как и «**ВІРАР**» имеет два триггера. Один триггер синхронизирует переключение с нижнего уровня (PEEP) на верхний (P_{high}), а второй — с верхнего (P_{high}) на нижний (PEEP). Для работы каждого триггера выделено своё временное окно. Оба временных окна составляют по 25% от длительности интервалов T_{PEEP} и T_{high} . Окно триггера переключающего на верхний уровень давления расположено в конце отрезка T_{PEEP} , а окно триггера переключающего на нижний уровень давления расположено в конце интервала T_{high} .

Первый конфликт пациента с аппаратом ИВЛ может возникнуть при переходе с нижнего уровня на верхний, если пациент в этот момент делает выдох. Представьте себе, пациент выдыхает, а аппарат ИВЛ в этот момент повышает давление в дыхательных путях. У пациента, из-за невозможности выдохнуть, может возникнуть паника. Триггер вдоха обеспечивает переход с нижнего уровня на верхний синхронно с повышением давления в дыхательных путях пациента.

Второй конфликт может возникнуть при переходе с верхнего уровня на нижний, если снижение давления в дыхательных путях произойдёт в момент вдоха пациента. Этот вариант десинхронизации переносится тяжелее, чем первый, и субъективно воспринимается,

как удушье. Триггер выдоха обеспечивает переход с верхнего уровня на нижний синхронно с выдохом пациента.

На каждом уровне давления возможна поддержка дыхательной активности пациента по типу «PSV». Величина поддержки давлением для уровней *P high* и PEEP задаётся независимо.



3.13. «Mandatory minute ventilation» («MMV»)

Тайна имени:

Заданная (заказанная) минутная вентиляция.

Определение понятия:

«MMV» – это режим ИВЛ, при котором пациент дышит самостоятельно в «PSV», а аппарат ИВЛ каждые 20 секунд рассчитывает объём минутной вентиляции. Если пациент не может обеспечить заказанный (целевой) МОД (target minute volume), аппарат ИВЛ увеличивает поддержку. Существуют два варианта поддержки для достижения целевого МОД:

1. Аппарат ИВЛ увеличивает давление поддержки «PSV» (аппарат ИВЛ «Hamilton Veolar»).

2. Между спонтанными вдохами «PSV» аппарат ИВЛ добавляет необходимое количество принудительных вдохов, управляемых по объёму (Bear 5, Dräger –аппараты серии «Evita»).

Описание режимов.

До тех пор, пока пациент самостоятельно обеспечивает достижение целевого МОД (target minute volume), оба варианта «MMV» неотличимы. Это спонтанное дыхание с поддержкой давлением, или «PSV». Как только аппарат ИВЛ выявляет, что пациент не может обеспечить заказанный (целевой) МОД (target minute volume), начинаются различия:

- «MMV» на аппарате «Hamilton Veolar» увеличивает давление поддержки «PSV». По существу, сохраняются все свойства режима «PSV». При этом пациент должен инициировать каждый вдох. В том случае, если частота спонтанных дыханий упадет ниже критического уровня включается тревога поскольку аппарат не может обеспечить целевой МОД (аппарат «Hamilton Veolar» в настоящее время снят с производства.)

- «MMV» от фирмы Dräger: если пациент не может обеспечить целевой МОД, аппарат добавляет принудительные (mandatory) вдохи, управляемые по объёму. Таким образом,

режим «PSV» превращается в «IMV». Количество спонтанных PSV-вдохов определяются дыхательной активностью пациента, а количество принудительных вдохов рассчитывает аппарат ИВЛ.

1. Паттерн ИВЛ «MMV» от фирмы Dräger

VC-SIMV+ «PSV» В зависимости от того, какова спонтанная дыхательная активность пациента меняется соотношение спонтанных и принудительных вдохов. Если дыхательная активность пациента высока, режим превращается в «PSV» с паттерном PC-CSV. Если дыхательная активность пациента отсутствует, режим превращается в «CMV» с паттерном VC-CMV.

Поскольку мы говорим об аппаратах фирмы Dräger, напомним, что на этих аппаратах вместо имени режима «CMV» использовано «IPPV», а вместо имени режима «PSV» использовано «ASB».

2. Управляемые параметры

Спонтанные вдохи управляемы по давлению – PC. Принудительные вдохи управляемы по объёму – VC.

3. Фазовые переменные

3.1. Триггер.

Для спонтанных вдохов используется Flow trigger (поточковый триггер). Для принудительных Time trigger как основной и Flow trigger как дополнительный. Для потокового триггера принудительных вдохов выделяются временные окна.

3.2. Предельные параметры вдоха (Limit variable).

Для спонтанных вдохов – давление. Для принудительных – вдохов объём.

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables). Для спонтанных вдохов – поток. Для принудительных вдохов – время.

4. Выдох.

Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. Условные переменные и логика управления.

Целевой (заказанный) Минутный объём дыхания (целевой МОД) или **target minute volume**. Если целевой МОД при спонтанном

дыхании не достигнут, аппарат ИВЛ добавляет принудительные вдохи.

6. Принцип управления – Adaptive Control

Другие имена режима

«Minimum minute volume» «MMV».

«Augmented minute volume» «AMV».

«Extended mandatory minute ventilation» «EMMV».

Резюме:

Этот режим не улавливает ситуацию, когда утомлённый пациент переходит на частое поверхностное дыхание (rapid shallow breathing), если МОД остаётся больше *целевого МОД*. При этом будет вентилироваться преимущественно мертвое пространство и нарастать гипоксия. Чтобы не допустить этого, устанавливают тревоги по частоте дыхания и дыхательному объёму. Для пациентов с повреждением ствола мозга и/или синдромом sleep apное режим позволяет максимально сохранить спонтанное дыхание и работает хорошо. Т.е. весьма ценен для нейрореанимации.

3.14. Вступление к описаниям режимов с двойным управлением (Dual Control).

Существует несколько вариантов двойного управления.

1. В течение одного вдоха (**Dual Control Within a Breath**). При создании этих режимов использован принцип управления – Autosetpoint. **Аппарат выполняет коррекцию параметров ИВЛ во время вдоха.**

Режимы, использующие принцип управления Auto-Setpoint Control: «Pressure Limited Ventilation» «PLV» (Drager Evita 4), «Pressure Augment» (Bear 1000), «Volume Assured Pressure Support» «VAPS» (Bird 8400ST). Эти режимы используют способ согласования вдохов CMV, то есть все вдохи принудительные (mandatory). Паттерн ИВЛ - DC-CMV.

2. С коррекцией параметров ИВЛ от вдоха к вдоху (**Dual Control Breath-to-Breath**). При создании этих режимов использован принцип управления – Adaptive Control. **Аппарат анализирует состоявшийся вдох и выполняет коррекцию параметров ИВЛ между вдохами.** На основе этого принципа созданы режимы спонтанной вентиляции с паттерном ИВЛ DC-CSV и принудительной вентиляции с паттерном DC-CMV.

Коммерческие названия режимов, использующих принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CSV: «Volume Support» «VS» (Siemens 300, Servo-i, Inspiration e-Vent и PB-840), «Volume targeted pressure support» «VTPS» (Newport e500). Универсальное некоммерческое описательное название этих режимов – **Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Flow-Cycled Ventilation.**

Коммерческие названия режимов, использующих принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CMV: «Pressure-Regulated Volume Control» (Siemens Servo 300, Servo-i), «Autoflow» (Drager Evita 4), «VC+» (PB-840),

«Volume targeted pressure control» «VTPC» (Newport e500), «Adaptive pressure ventilation» «APV» (Hamilton Galileo). Универсальное некоммерческое описательное название этих режимов – **Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Time-Cycled Ventilation.**

«Volume Ventilation Plus», «VV+» – «Вентиляция по объёму плюс» на аппарате Puritan Bennett 840

Внимание! Warning!

Данный термин не является именем режима ИВЛ. Это название использовано в качестве общего названия для двух режимов «VC+» и «VS». Термин «VV+» в описаниях и инструкциях к аппарату Puritan Bennett 840 заменяет термин **Dual Control Breath-to-Breath Volume-targeted Ventilation.** Смысл работы аппарата в том, что и в «VC+», и в «VS», дыхательный объём, доставляемый пациенту, сравнивается с **целевым дыхательный объёмом**, а во время следующего вдоха выполняется коррекция давления вдоха (support pressure или inspiratory pressure).

«Volume Ventilation Plus» не предполагает автоматического переключения принудительного и спонтанного типов ИВЛ.

3.15. Двойное управление в течение вдоха – Dual Control Within a Breath

Задача в том, чтобы при изменениях комплайенса и/или резистанса в течение одного вдоха аппарат успел скорректировать настройки режима ИВЛ и все-таки доставить целевой дыхательный объём, не превышая заданный уровень давления.

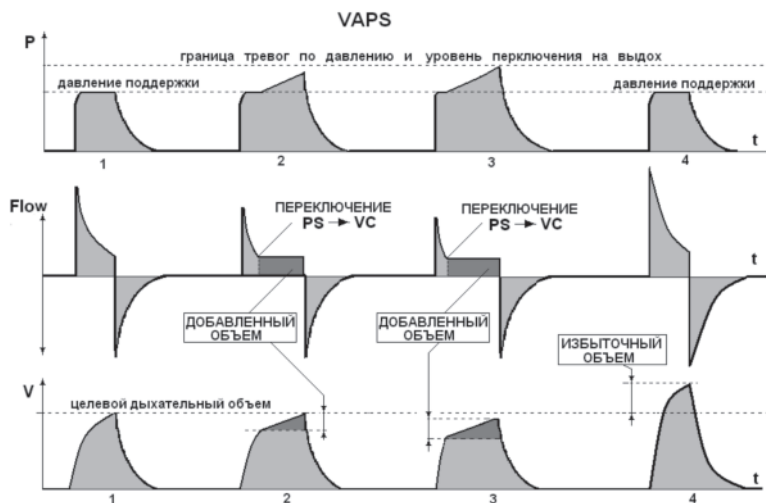
Возможны два варианта:

1. «Volume-assured pressure support», «VAPS» другое название этого режима **«Pressure augmentation», «PA»**. Этот режим есть на аппаратах ИВЛ **Bird 8400ST** и **Bear 1000**.

Принцип работы режима **«VAPS»**.

При настройке режима задаётся давление поддержки (support pressure), целевой дыхательный объём (target tidal volume) и граница тревог по давлению (она же является уровнем «аварийного» переключения на выдох). Кроме того, задается уровень *потока поддержки*. Это величина потока, при достижении которой, аппарат ИВЛ принимает решение переключиться на выдох или начать управление вдохом по объёму.

Вдох начинается в ответ на инспираторную попытку пациента, как в режиме **«PSV»** с заданным уровнем давления поддержки. Аппарат ИВЛ измеряет доставленный пациенту дыхательный объем. Если к моменту снижения потока до уровня *потока поддержки* пациент не получил целевой дыхательный объём, аппарат продолжит вдох с управлением по объёму постоянным потоком и доставит недостающее количество дыхательной смеси.



На данной схеме первый вдох в режиме «VAPS» неотличим от вдоха в «PSV». Во втором вдохе пациенту не был доставлен целевой дыхательный объем до момента, когда поток снизился до уровня *потока поддержки*, и аппарат продолжил вдох с управлением по объёму постоянным потоком и добавил недостающий объём. Третий вдох похож на второй, но при попытке аппарата добавить недостающий объём давление достигло границы тревог, и аппарат переключился на выдох. Задача не выполнена – целевой дыхательный объем не доставлен. Четвертый вдох показывает, что если у пациента повышается комплайнс или инспираторное усилие, аппарат доставляет дыхательный объем, превышающий целевой. Задача вновь не выполнена.

2. «Pressure limited ventilation» на основе режима «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV») на аппаратах фирмы Dräger. Подробно описан в главе «CMV». Суть двойного управления в том, что задается предел давления. Вдох управляем по объёму. При снижении комплайнс и/или повышении резистанс аппарат уменьшает поток, но увеличивает потоковое время вдоха. Таким образом, не превышая заданный уровень давления, аппарат ИВЛ доставляет целевой дыхательный объем.

Резюме:

Мы показали два режима, относящихся к группе **Dual Control Within a Breath**. При создании этих режимов использован принцип управления – autosetpoint. Подход к решению задачи в этих режимах различный.

В режиме «VAPS» сначала включается вдох с заданным уровнем давления поддержки, а потом добавляется недостающий объём. Режим «VAPS» довольно часто не справляется с задачей, если состояние пациента не стабильно: то недодаёт, то завывает объём, как показано во время вдохов 3 и 4. В результате, на новых моделях аппаратов ИВЛ режима «VAPS» нет.

В «PLV» аппарат находит отрезок времени, за который может доставить целевой дыхательный объём, не превышая предписанного давления. Этот режим показал себя надёжным и удобным и пользуется заслуженным успехом у врачей, работающих с аппаратами фирмы Dräger.

3.16. «Volume Support», «VS»

Большинство специалистов не рискуют переводить это название – очень легко потерять смысл. Не рискнём и мы. Это имя использовано на аппаратах ИВЛ Siemens 300, Servo-i, Inspiration e-Vent и PB-840

Тайна имени:

Этот режим создан на основе «**Pressure support ventilation**» или «**PSV**». Особенность состоит в том, что уровень давления поддержки (support pressure) устанавливает не врач. Это делает аппарат ИВЛ на основе заданного врачом целевого дыхательного объёма (target tidal volume). Полное имя режима могло бы звучать как: «ИВЛ с поддержкой давлением для достижения целевого дыхательного объёма» или «***Volume targeted pressure support ventilation***». Из пяти слов выбрали два, – получилось кратко.

Определение понятия:

«**Volume Support**» – режим вентиляции на основе «**Pressure support ventilation**», в котором аппарат ИВЛ задаёт уровень давления поддержки для доставки целевого дыхательного объёма.

Описание режима:

1. **Паттерн ИВЛ:** DC-CSV Dual controlled continuous spontaneous ventilation

2. **Управляемый параметры** – это объём и давление. Для режима «**VS**» - объём устанавливается врачом, а давление задаёт аппарат ИВЛ. (Dual controlled ventilation)

3. Фазовые переменные

1. **Триггер:** В режиме «**VS**» всегда используется только patient trigger, то есть пациент сам начинает вдох. Чаще всего это flow-trigger или pressure-trigger.

2. **Предельные параметры вдоха (Limit variable):** При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго поддерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного спо-

соба управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются

3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables):

В режиме «VS» переключение с вдоха на выдох выполняется «по потоку» (flow cycling). Поток начинается с высоких значений и снижается по экспоненте. Переключение с вдоха на выдох происходит при значительном снижении потока. Обычно порог переключения с вдоха на выдох устанавливают 25-30% от максимального потока. Порог переключения с вдоха на выдох «по потоку» устанавливают выше нуля для того, чтобы не допустить несоразмерного удлинения времени вдоха. Это позволяет избежать десинхронизации. На всех моделях аппаратов ИВЛ, оснащённых режимом «VS», предусмотрена возможность коррекции порогового значения потока.

4. **Выдох:** Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

5. **Условные переменные и логика управления.**

Условная переменная – **целевой дыхательный объём (target tidal volume).**

Врач задаёт чувствительность триггера вдоха, порог переключения на выдох, РЕЕР, границы тревог, скорость достижения уровня давления поддержки – всё, как в режиме «PSV». Основным отличием от «PSV» является то, что вместо уровня давления поддержки задаётся **целевой дыхательный объём.**

При включении «VS» все вдохи инициируются пациентом. Аппарат ИВЛ **Servo-i** подбирает давление поддержки, начиная с 10смH₂O от уровня РЕЕР (above РЕЕР). Оценивает легочную механику и устанавливает давление поддержки, необходимое для доставки **дыхательного объёма** в течение трёх первых вдохов. Во время первых установочных вдохов давление поддержки может повышаться с шагом до 20смH₂O.

Аппарат ИВЛ постоянно измеряет доставленный дыхательный объём и в разрешённых границах корректирует давление. После запуска режима «VS» давление изменяется не более, чем на 3смH₂O за каждый последующий вдох. Аппарат ИВЛ может повышать давление поддержки до уровня: **верхняя граница тревог по давлению**

минус 5смH₂O. На других моделях аппаратов ИВЛ установочные параметры несколько отличаются, но принцип работы тот же.

6. Принцип управления – Adaptive Control

Другие имена режима

«Volume targeted pressure support», «VTPS » Newport e500

Резюме:

Если режим настроен хорошо, пациент всегда получает **целевой дыхательный объём**. Когда активность пациента растёт и инспираторное усилие увеличивается, аппарат уменьшает поддержку и позволяет пациенту «потренировать дыхательную мускулатуру».

Когда пациент утомляется и инспираторное усилие снижается, аппарат увеличивает поддержку. Если растёт сопротивление дыхательных путей или снижается комплайнс, аппарат увеличивает поддержку. Следует не забывать, что при развитии болевого синдрома или возникновении панической атаки меняется глубина и ритм дыхания. В этом случае возможностей режима «VS» недостаточно и необходимо вмешательство врача.

Важно! Для безопасной ИВЛ в режиме «VS» у пациента должна быть сохранной функция дыхательного центра! Поскольку мы должны быть готовы к ухудшению состояния, не пренебрегайте опцией «apное ventilation»!

3.17. «Pressure-regulated volume control», «PRVC»

– Управление объёмом путем регулировки давления

Тайна имени:

Этот режим создан на основе «**Pressure control ventilation**» или «**PCV**». Особенность состоит в том, что уровень давления вдоха (inspiratory pressure) устанавливает не врач. Это делает аппарат ИВЛ на основе заданного врачом целевого дыхательного объёма (target tidal volume).

Определение понятия:

«**PRVC**» – режим вентиляции на основе «**Pressure control ventilation**», в котором аппарат ИВЛ задаёт уровень давления вдоха для доставки целевого дыхательного объёма.

Описание режима:

1. **Паттерн ИВЛ: DC-CMV** Dual controlled continuous mandatory ventilation

2. **Управляемый параметр**ы – это объём и давление. Для режима «**PRVC**» объём устанавливается врачом, а давление задаёт аппарат ИВЛ. (Dual controlled ventilation)

3. Фазовые переменные

3.1. **Триггер:** Режим «**PRVC**» имеет time-trigger – аппарат ИВЛ будет делать вдохи по расписанию. В режиме «**PRVC**» есть дополнительный patient trigger, то есть пациент может сам инициировать вдох. Чаще всего – это flow-trigger или pressure-trigger. Для работы patient trigger выделяется временное окно до включения вдоха по расписанию. Вдох, инициированный пациентом, называют assisted breath. Этот вдох не отличается по длительности, объёму и давлению от mandatory breath.

3.2. **Предельные параметры вдоха (Limit variable):** При управлении вдохом по давлению аппарат ИВЛ строго придерживает предписанное давление в дыхательных путях, т.е. предел давления уже задан по факту применения данного спо-

соба управления вдохом. Другие пределы не устанавливаются. Целевой дыхательный объём (target tidal volume) в данном режиме не является пределом, и может быть превышен. Коррекция параметров произойдёт во время следующего вдоха.

3.3. Переключение с вдоха на выдох (Cycle Variables): Переключение выполняется по времени (Time Cycling)

4. Выдох Параметры выдоха определяются уровнем РЕЕР.

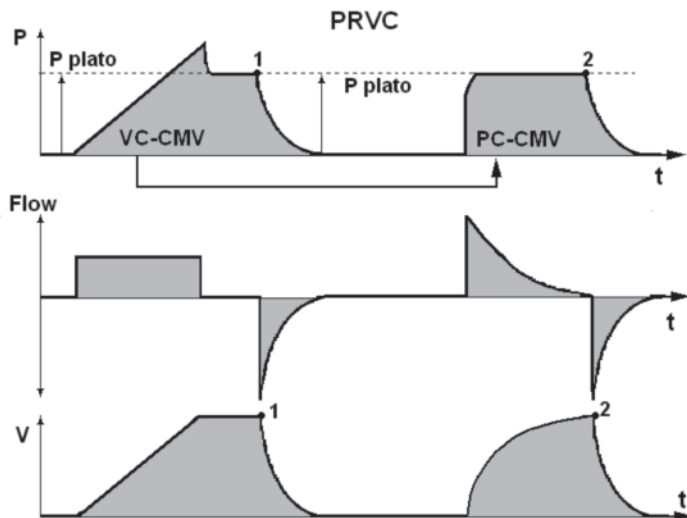
5. Условные переменные и логика управления.

Условная переменная – **целевой дыхательный объём (target tidal volume)**.

Врач задаёт чувствительность триггера вдоха, время вдоха, РЕЕР, границы тревог, скорость достижения уровня давления вдоха – всё, как в режиме «PCV» на основе дыхательного паттерна РС-СМV. Основным отличием от «PCV» является то, что вместо уровня давления вдоха (inspiratory pressure) задаётся **целевой дыхательный объём (target tidal volume)**.

Общеизвестна шутка разработчиков этого режима: «Врач будет думать, что проводит ИВЛ в режиме «VCV», а это уже «PCV». При включении «PRVC» первый вдох выполняется, как управляемый по объёму с переключением на выдох по времени. После того, как дыхательный объём доставлен, аппарат ИВЛ делает паузу и при остановленном потоке измеряет давление плато. На основе полученного результата аппарат делает настройку режима «PRVC». Теперь аппарат знает, на каком уровне должно быть давление к концу PCV-вдоха, чтобы доставить **целевой дыхательный объём**. Действительно, для одних и тех же легких при остановленном потоке одинаковым уровням давления будут соответствовать одинаковые объёмы, независимо от способа управления вдохом. После того, как аппарат начал ИВЛ в режиме «PRVC», он постоянно измеряет доставленный дыхательный объём и в разрешённых границах корректирует давление. После запуска режима «PRVC» аппарат может изменять давление вдоха не более, чем на 3смH₂O за каждый последующий вдох. Аппарат ИВЛ может повышать давление поддержки до уровня: верхней границы тревог по давлению минус 5смH₂O.

На представленной схеме показаны первый и второй вдохи в режиме «PRVC», первый вдох – «тестирующий». Второй вдох управляем по давлению с переключением на выдох по времени (как



в «PCV»). Поскольку на графике давления точки 1 и 2 на одном уровне, а поток в эти моменты времени отсутствует, объём на нижнем графике в точках 1 и 2 одинаковый.

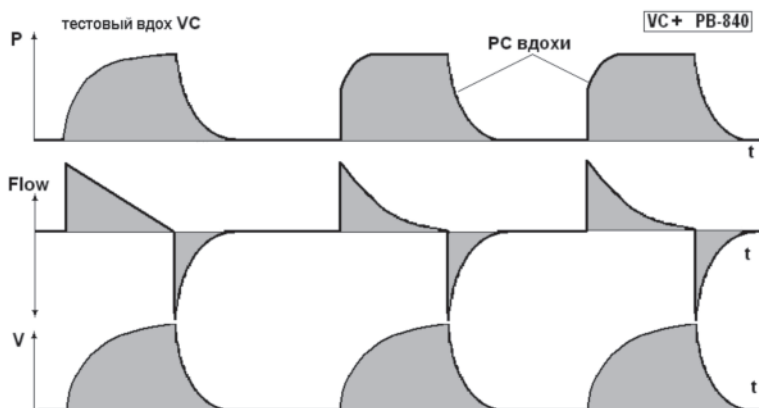
6. Принцип управления - Adaptive Control

Другие имена режима:

1. «Volume targeted pressure control» «VTPC» (Newport e500).
2. «Pressure-regulated volume control» «PRVC» (Siemens 300, Servo-I, Avea Viasys, Inspiration e-Vent).
3. «Adaptive pressure ventilation» «APV» (Hamilton Galileo).
4. «AutoFlow» на аппаратах ИВЛ фирмы Dräger Evita-2dura, Evita-4, Evita-XL.
5. «Volume control+» «VC+» (PB-840).

Особенности режима «VC+» на аппарате РВ-840

Особенностью режима «VC+» на аппарате **РВ-840** является то, что тестовый вдох, управляемый по объёму, выполняется с использованием убывающего потока (на графике потока прямоугольный треугольник гипотенузой назад; основание треугольника – время вдоха, а площадь – дыхательный объём). Выполнив тестовый вдох, аппарат узнает, какой уровень давления вдоха (inspiratory pressure) нужно использовать, чтобы доставить **целевой дыхательный объём**.



Кроме того, при включении режима «VC+» начинает работать активный клапан выдоха (active expiratory valve). Таким образом предотвращается конфликт пациента с аппаратом ИВЛ, если во время принудительного вдоха у пациента возникнет дыхательная активность. Как работает активный клапан выдоха с электронным управлением, мы рассказали в главе «**BIPAP**». В результате применения активного клапана выдоха режим «VC+» стал похож на режим «**BIPAP Assist**» от фирмы **Dräger**.

Резюме:

Если режим настроен хорошо, пациент всегда получает **целевой дыхательный объём** при минимальном давлении вдоха. Поскольку использован паттерн дыхания **DC-CMV**, частота принудительных вдохов определена, и минутный объём гарантирован. Основные отличия от режима «**VS**» – это заданная частота дыханий и способ переключения на выдох. В «**PRVC**» – по времени, а в «**VS**» – по потоку. На основе описанного выше способа управления принудительным вдохом существуют режимы «**SIMV**» на всех названных выше аппаратах кроме **Siemens 300**. Возможно, использовать три варианта «**SIMV**» в зависимости от того, какой тип спонтанного дыхания будет предложен между принудительными вдохами – «**CPAP**», «**PS**» или «**VS**».

Как и в режиме «**VS**», когда активность пациента растёт и инспираторное усилие увеличивается, аппарат уменьшает поддержку и позволяет пациенту «потренировать дыхательную мускулатуру».

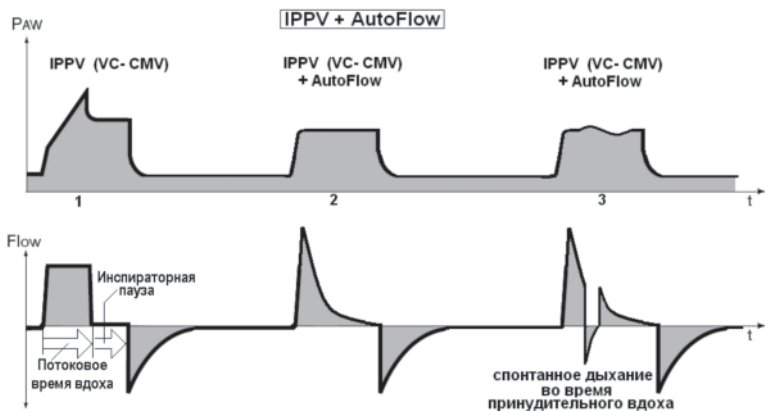
Когда пациент утомляется, и инспираторное усилие снижается, аппарат увеличивает поддержку. Если растёт сопротивление дыхательных путей или снижается комплайнс, аппарат увеличивает поддержку.

3.18. «AutoFlow»

Это название зарегистрировано как бренд и собственность фирмы Dräger.

«AutoFlow» – это опция, изменяющая параметры принудительных вдохов в режимах «IPPV», «SIMV», «MMV». Эта опция есть на аппаратах ИВЛ фирмы Dräger Evita-2dura, Evita-4, Evita-XL. Иначе говоря, эта опция превращает принудительные вдохи в этих режимах во вдохи, аналогичные «PRVC». В данном случае мы используем понятие опция, поскольку фирма-производитель использует привычные названия режимов с прибавлением «AutoFlow». Мы должны понимать, что это уже другие режимы, поскольку способ управления вдохом поменялся с VC на DC.

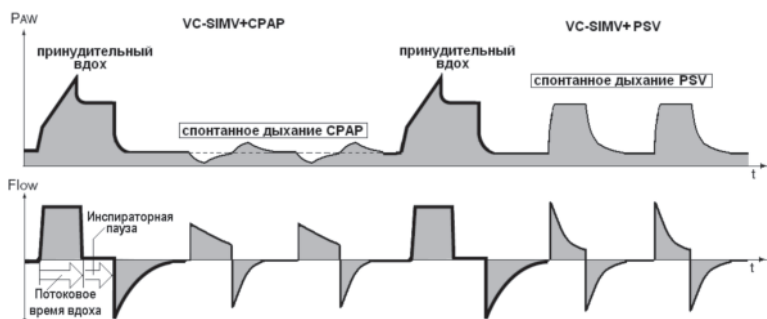
В базовой модификации в этих режимах принудительные вдохи выполняются, как управляемые по объёму с постоянным потоком (на графиках прямоугольной формы) и переключением на выдох по времени. На схеме это вдох №1.



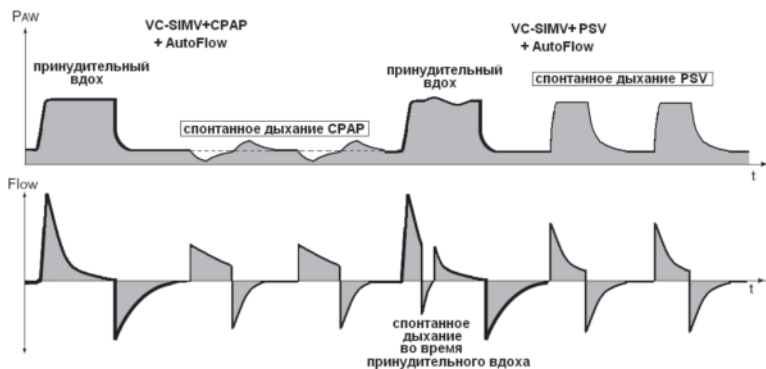
При включении опции «AutoFlow» (вдохи №2 и №3) аппарат ИВЛ рассчитывает необходимую величину потока и динамику его изменений, чтобы доставить пациенту целевой дыхательный объем (target tidal volume), создавая при этом минимальное достаточное давление в дыхательных путях. Аппарат ИВЛ измеряет доставлен-

ный дыхательный объём и при необходимости меняет давление вдоха (inspiratory pressure) так, чтобы доставить пациенту целевой дыхательный объём во время следующего вдоха. Для каждого следующего вдоха давление поддержки меняется не более, чем на 3 см H₂O. Как и в «**PLV**», общее время вдоха не меняется, однако, потоковое время вдоха увеличивается максимально, а инспираторная пауза исчезает. По сравнению с «**PLV**», «**AutoFlow**» имеет два преимущества: во-первых, аппарат ИВЛ сам определяет минимальное и достаточное давление вдоха, во-вторых, использование **активного клапана выдоха** с электронным управлением устраняет конфликт пациента с аппаратом при попытке спонтанно дышать во время принудительного вдоха (на схеме вдох №3). На высоте аппаратного вдоха пациент может безболезненно вдохнуть, выдохнуть или кашлянуть. Принцип управления **активным клапаном выдоха** тот же, что и в «**BiPAP**».

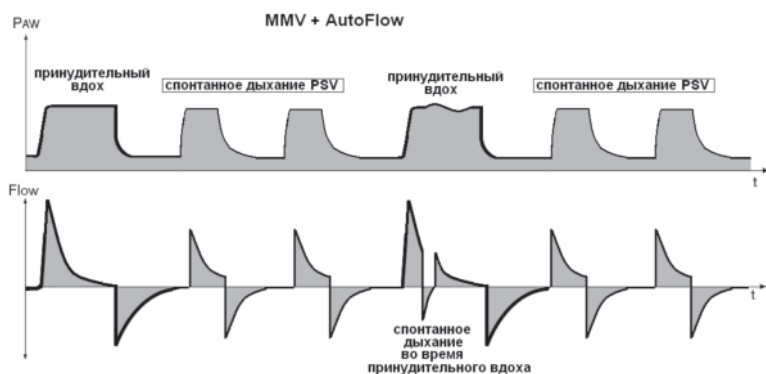
В том случае, если опция «**AutoFlow**» дополняет режимы «**SIMV**» или «**MMV**», модификации подвергнутся только принудительные (mandatory) вдохи. Посмотрите на схеме: «**SIMV**» до включения опции «**AutoFlow**»



«SIMV» после включения опции «AutoFlow»



На графиках режим «MMV» неотличим от «VC-SIMV+PSV».



В «AutoFlow» аппарат ИВЛ выполняет задачу, управляя потоком. В «AutoFlow» сохранены все достоинства «PLV». При этом аппарат постоянно определяет минимальное достаточное давление для доставки целевого дыхательного объема. Важным дополнением является использование **активного клапана выдоха**. Это позволяет уменьшать седацию и быстрее переводить пациента на спонтанное дыхание. В ряде клинических ситуаций на графиках дисплея режимы с включенной опцией «AutoFlow» неотличимы от «BIPAP». Таковы законы эволюции, и плывущий пингвин похож на дельфина.

3.19. «AutoMode»

Можно перевести как «автоматический режим».

Тайна имени: «AutoMode» режим, включающий в себя два режима и производящий автоматическое переключение в обе стороны в зависимости от дыхательной активности пациента. В одном режиме все вдохи принудительные (CMV), а во втором все вдохи спонтанные (CSV). На аппарате **Servo-i** фирмы MAQUET возможны три варианта режима «AutoMode»:

1. «VCV» ↔ «VS»

2 «PCV» ↔ «PS»

3 «PRVC» ↔ «VS»

Переключения происходят так:

Если пациент исходно дышит в одном из спонтанных режимов («PS» или «VS»), и возникает апноэ, через заданный интервал (от 7 до 12 сек) аппарат переходит на соответствующий вариант принудительной вентиляции («VCV», «PCV» или «PRVC»). Логика переключения здесь та же, что и при включении опции Apnoe ventilation. Когда уровень дыхательной активности пациента восстановится настолько, что он сможет инициировать 10 вдохов, аппарат **Servo-i** предоставляет пациенту 7 секунд, чтобы перейти в «PS» или «VS» в соответствии с настройками режима «AutoMode».

Ни один из вариантов «SIMV» не может быть встроен в «AutoMode». Это значит, что «AutoMode» на отрезке времени между переключениями позволяет пациенту или только спонтанные вдохи, или только принудительные (mandatory).

«AutoMode» на разных моделях аппаратов ИВЛ несколько отличаются, например, на аппарате **Inspiration** фирмы **e-Vent** длительность апноэ, включающего принудительную вентиляцию от 3 до 60 секунд, а для переключения с принудительного на спонтанный режим достаточно 2 вдоха.

На аппарате **Inspiration** есть четыре варианта сочетания режимов при настройке «**AutoMode**»:

1. «VCV» ↔ «VS»
- 2 «PRVC» ↔ «VS»
- 3 «PCV» ↔ «PS»
- 4 «PCV» ↔ «CPAP»

Режим «**AutoMode**» в настоящее время доступен на аппаратах: **Siemens 300A, Servo-i MAQUET, Inspiration** фирмы **e-Vent**.

3.20. «Proportional assist ventilation» «PAV» или «Proportional pressure support» «PPS»

Пропорциональная поддержка давлением.

Режим, доступный на аппаратах фирмы Dräger серии Evita, PB-840, «Vision» фирмы Respirationics.

Режим ИВЛ создан на основе режима «**Pressure support ventilation**» «**PSV**». Как и «**PSV**», этот режим управляем по давлению, вдох включается пациентом, а переключение на выдох выполняется по потоку (pressure controlled, patient triggered, pressure limited, and flow cycled). Отличие в том, что давление поддержки (support pressure) для каждого вдоха устанавливает аппарат ИВЛ, исходя из результатов флоуметрии начала вдоха. Главная цель создателей режима была сделать поддержку, адекватной потребностям пациента. Для создания режима «**PAV**» был использован логический принцип управления Servo Control. Принцип Servo Control изменяет параметры вентиляции в соответствии с меняющимися вводными. В данном режиме аппарат ИВЛ использует скорость изменения потока и начальный объём вдоха для определения потребности пациента в уровне респираторной поддержки. Чем больше усилие пациента на вдохе, тем больше аппаратная поддержка. Таким образом, аппарат ИВЛ компенсирует избыточную нагрузку на дыхательную мускулатуру, снижая её до нормальных значений.

Режим «**PAV**» относится к режимам, управляемым по давлению (pressure controled), то есть аппарат ИВЛ управляет вдохом, создавая в контуре аппарата ИВЛ давление поддержки (support pressure). В режиме «**PAV**» всё, как в «**PSV**», кроме уровня давления поддержки.

Врач ставит аппарату задачу из двух составляющих: поддержка *объёма* и поддержка *потока* в процентах от показателей вдоха пациента, а в результате аппарат рассчитывает *давление* поддержки. Чтобы оценить свойства вдоха пациента, аппарат анализирует результаты флоуметрии. Для определения необходимого уровня давления поддержки аппарат сопоставляет и обрабатывает 6 вводных

параметров.

– Свойства вдоха пациента:

- 1) скорость изменения потока
- 2) начальный объём вдоха

– Свойства дыхательной системы пациента:

- 3) резистанс
- 4) комплайнс

– Задачи поставленные врачом:

- 5) %VA (%volume assist) процент поддержки объёма
- 6) %FA (%flow assist) процент поддержки потока

Задача решается в том случае, если аппарат знает резистанс и комплайнс дыхательной системы пациента.

Предположим аппарат регистрирует слабый вдох пациента.

Возможные причины:

1. Пациенту достаточно такого вдоха.
2. Низкий комплайнс.
3. Высокий резистанс.
4. Пациент устал.

Из четырёх причин режим «PAV» рассматривает только три первых варианта. Если данные о комплайнс и резистанс не соответствуют реальной ситуации, аппарат сделает ошибку.

Когда аппарат регистрирует энергичное начало вдоха пациента возможно, что:

1. Пациент реализует потребность в улучшении газообмена.
2. Снизился резистанс.
3. Увеличился комплайнс.

И в этом случае ошибки в определении комплайнс и резистанс приведут к неадекватной ИВЛ.

Таким образом, для того, чтобы хорошо настроить режим «PAV», врач должен подобрать оптимальный процент поддержки объёма и процент поддержки потока (это делается поэтапно, методом проб и ошибок). Измерить комплайнс и резистанс можно только у релаксированного пациента в режиме принудительной ИВЛ с использованием инспираторной паузы, а «PAV» – это режим поддержки спонтанного дыхания. Поэтому используются расчетные показатели.

Всё так непросто...

Самыми опасными ошибками режима «PAV» являются:

1. Уменьшение или отказ от поддержки давлением утомлённого, ослабленного пациента. Такова логика режима: чем меньше инспираторная попытка, тем меньше поддержка, и наоборот. Название режима честно сообщает нам об операционной логике. Пропорциональная поддержка давлением или «**Proportional pressure support**».

2. На фоне снижения резистанс или повышения комплайнс зарегистрировав увеличение потока и объёма во время инспираторной попытки пациента, аппарат может очень сильно «вдуть» пациенту.

При использовании режима «PAV» очень важно выставлять параметры «арное ventilaton» и границы тревог по давлению, дыхательному и минутному объёмам вентиляции.

Резюме: Великолепная концепция режима ИВЛ, которую довольно трудно воплотить в жизнь. Автор-разработчик режима «PAV» Magdy Younes [7] говорит, что во многих ситуациях для того, чтобы правильно настроить этот режим нужно быть экспертом в ИВЛ.

3.21. «NAVA», «Neurally Adjusted Ventilatory Assist»

Режим, доступный на аппаратах **Servo-i** фирмы «**MAQUET**». Режим ИВЛ создан на основе режима «**Pressure support ventilation**» «**PSV**».

Два существенных отличия от «**PSV**»: 1) уникальный триггер, 2) способ изменения давления поддержки (support pressure).

Аппарат ИВЛ оснащён системой, распознающей нервный импульс, проходящий по диафрагмальному нерву к диафрагме. Датчик-электрод заключён в стенке желудочного зонда и соединён тонким проводом с блоком управления аппарата ИВЛ. Таким образом, аппарат ИВЛ начинает вдох в ответ на сигнал, исходящий непосредственно из дыхательного центра. Электрический импульс регистрируется, когда приказ на вдох, идущий из дыхательного центра по диафрагмальному нерву, распространяется на диафрагму. Компьютер аппарата ИВЛ отделяет нужный сигнал от других электрических импульсов, в частности, от электрической активности сердца. Величина сигнала оценивается аппаратом ИВЛ в микровольтах. Уровень давления поддержки (support pressure) аппарат ИВЛ выбирает пропорционально величине электрического импульса, генерируемого дыхательным центром.

Для того, чтобы настроить режим «**NAVA**», сначала настраивают параметры «**PSV**», как описано в главе «**Pressure support ventilation**», пример №2. Затем устанавливают специальный желудочный зонд, оснащенный датчиком-электродом, и выполняют калибровку сигнала на вдох, получаемого с диафрагмального нерва, используя монитор аппарата ИВЛ. После получения стабильного сигнала на экране монитора устанавливают чувствительность электрического триггера. После этого устанавливают уровень поддержки давлением – в см H₂O на один микровольт сигнала (NAVA Level). Можно установить уровень поддержки от 0 до 30см H₂O на 1 микровольт. Таким образом, на каждый вдох пациент получает поддержку пропорциональную запросу дыхательного центра. При включении режима «**NAVA**» триггер по потоку не отменяется.

Используется принцип «come first – served first»: обслуживаем того, кто пришёл первым. Разработчики режима понимают, что зонд с датчиком-электродом может сместиться.

Помимо управления вдохом система «**NAVA**» на аппарате **Servo-i** позволяет мониторировать активность дыхательного центра и сопоставлять её работой аппарата в любом режиме ИВЛ.

Резюме:

1. Режим «**NAVA**» оснащен самым *быстрым* триггером. Действительно, чтобы сработал любой другой patient trigger, должно состояться сокращение дыхательной мускулатуры, и начаться вдох пациента. В этом случае аппарат ИВЛ оказывает поддержку «вдогонку» уже начавшемуся вдоху. Триггер режима «**NAVA**» начинает поддержку вдоха одновременно с началом сокращения дыхательных мышц пациента.

2. Режим «**NAVA**» оснащен самым *чувствительным* триггером. Если пациент ослаблен или страдает миастенией, полинейропатией и т.д., он не всегда может создать изменение потока или отрицательное давление, чтобы инициировать вдох. Триггер режима «**NAVA**» реагирует не на давление или поток, а на электрический импульс. Сигнал дыхательного центра распознаётся аппаратом ИВЛ, даже если сокращение дыхательной мускулатуры настолько мало, что не создаёт значимых изменений потока, давления или объёма.

3. Режим «**NAVA**» согласует работу аппарата ИВЛ с дыхательной потребностью пациента. В этом режиме блестяще реализована конструктивная идея режима «**PPS**» или «**PAV**», поскольку поддержка вдоха пропорциональна сигналу дыхательного центра.

4. Мониторинг функции дыхательного центра в любом режиме ИВЛ представляет большую ценность для оценки состояния ствола головного мозга и системы ауторегуляции гомеостаза.

3.22. Smartcare/PS

Smartcare/PS – это компьютерная программа, устанавливаемая на аппаратах ИВЛ Evita-XL фирмы Dräger, для управления режимом «ASB» («PSV») в ходе снижения респираторной поддержки и прекращения ИВЛ. Цель этой программы: постепенно и безопасно снизить поддержку до уровня, с которого можно успешно экстубировать пациента.

При активизации этой программы в компьютер аппарата ИВЛ вводятся данные о пациенте: вес тела, длина и диаметр интубационной трубки, информация о наличии ХОБЛ и о наличии неврологических расстройств. Evita-XL анализирует частоту дыханий, дыхательный объём и EtCO₂, квалифицирует состояние пациента и корректирует давление поддержки вдоха. Если аппарат устанавливает, что пациент стабильно и адекватно дышит на очередном уровне поддержки, он уменьшает давление поддержки вдоха. Если аппарат устанавливает, что пациенту недостаточно оказываемой поддержки, он повышает давление вдоха. То есть аппарат выполняет работу врача. Преимущество программы **SMARTCARE/PS** в том, что оценка состояния пациента и адекватности ИВЛ выполняется каждые 2 мин. При необходимости по результатам оценки вносятся поправки в параметры режима ИВЛ каждые 5 мин. Если бы эту работу выполнял врач, то он должен был бы постоянно находиться у постели больного. Очевидно, что недостаток респираторной поддержки приводит к утомлению пациента и ухудшает его состояние, а избыточная поддержка неоправданно увеличивает длительность ИВЛ. **SMARTCARE/PS** позволяет избежать этих осложнений. После того, как аппарат ИВЛ установил, что пациент стабильно дышит на минимальном уровне поддержки, он выдаёт сообщение о готовности пациента к экстубации.

Программа **SMARTCARE/PS** разработана для прекращения респираторной поддержки у пациента после стабилизации состояния. Для успешной работы программы необходимы следующие условия:

- Инвазивная ИВЛ (интубация или трахеостомия)
- Стабильная гемодинамика.
- Устойчивая дыхательная активность, способность триггировать аппаратный вдох.
- Уровень седации не должен влиять на дыхательную активность пациента.
- Ремиссия ХОБЛ.
- Отсутствие неврологического заболевания нарушающего нормальную дыхательную активность.
- Ремиссия паренхиматозного заболевания легких и отсутствие грубых вентиляционно-перфузионных нарушений.
- Стабильно нормализованное КОС.
- Отсутствие лихорадки.

Резюме: Прежде всего, следует помнить, что ответственность за принятие решения лежит на лечащем враче. Накопленный на сегодня мировой опыт применения программы **SMARTCARE/PS** говорит о её высокой эффективности при соблюдении показаний для её применения [www.draeger-medical.com].

3.23. «Adaptive support ventilation», «ASV», Адаптивная поддерживающая вентиляция.

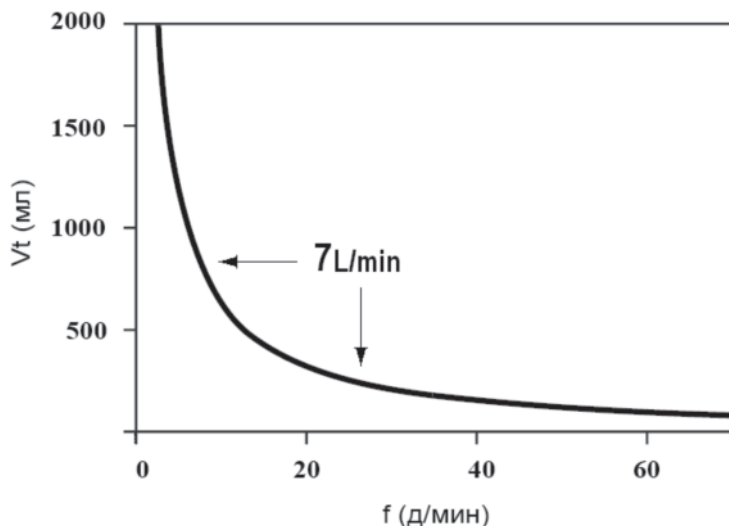
Этот режим есть на аппаратах ИВЛ Hamilton Galileo Gold и Hamilton-G 5. Название режима не отражает его сущности. Цель (target) режима «**ASV**» – обеспечить заданный объём минутной вентиляции (как в режиме «**MMV**»), но не допустить развития частого поверхностного дыхания (rapid shallow breathing). Для достижения этой цели аппарат выполняет принудительные вдохи и поддерживает спонтанные вдохи пациента, как в режиме «**SIMV**». Соотношение числа принудительных и спонтанных вдохов режим «**ASV**» устанавливает в зависимости от дыхательной активности пациента. Кроме того, аппарат выполняет коррекцию параметров принудительных и спонтанных вдохов от вдоха к вдоху (**Dual Control Breath-to-Breath**), как в режимах «**PRVC**» и «**VS**». То есть аппарат меняет уровень давления поддержки так, чтобы во время каждого вдоха доставлять целевой дыхательный объём.

Логика управления в режиме «**ASV**» требует решения двух задач:

- 1) обеспечить целевой объём минутной вентиляции;
- 2) дыхательный объём и частота дыханий должны быть физиологичны для данного пациента.

Избыточный дыхательный объём может быть травмирующим фактором, особенно для поврежденных легких, а недостаточный дыхательный объём приведёт к преимущественной вентиляции мертвого пространства. Соответственно, для заданного объёма минутной вентиляции с маленьким дыхательным объёмом будет связана высокая частота дыханий, а с избыточным дыхательным объёмом – малая частота дыханий. Кроме того, при увеличении частоты дыханий уменьшается время выдоха. Для каждого объёма минутной вентиляции существует определенный набор сочетаний дыхательного объёма и частоты дыханий.

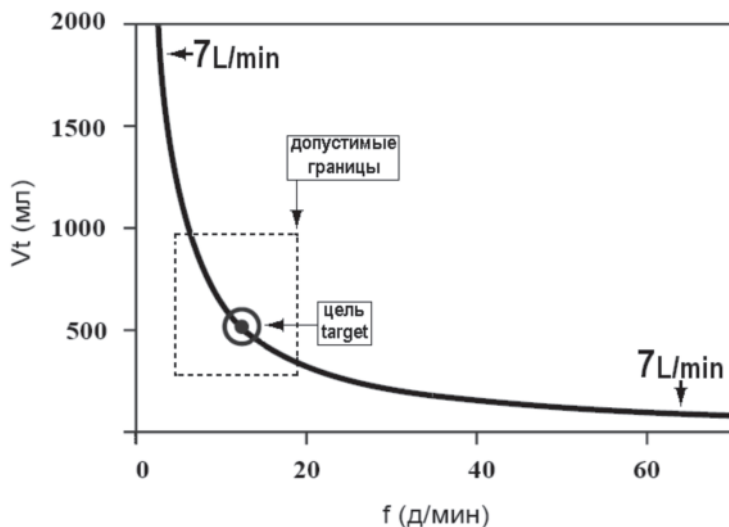
На приведенном ниже графике показана зависимость дыхательного объема от частоты дыханий при минутной вентиляции семь литров.



Скорость выдоха определяется упругостью (**elastance**) дыхательной системы и сопротивлением (**resistance**) дыхательных путей. Аппарат ИВЛ Hamilton Galileo Gold в режиме «ASV» выбирает частоту дыханий таким образом, чтобы за время выдоха пациент успевал освободить легкие для следующего вдоха.

Аппарат рассчитывает комплайнс и резистанс, анализируя характеристики изменений давления на вдохе и на выдохе. В качестве промежуточных показателей для расчетов используется **Time constant** (постоянная времени выдоха или CRexp) и **Dynamic Characteristic** (динамическая характеристика, **CD**, другое название – динамический комплайнс). Подробно об этом в первой части книги, в главе «Респираторная механика».

Когда врач ставит задачу аппарату «Hamilton Galileo Gold» для ИВЛ в режиме «ASV», графически это можно представить так.



При создании режима «ASV» были использованы идеи двух вариантов режима «MMV»:

- 1) поддержка слабых вдохов давлением («Hamilton Veolar»)
- 2) добавление принудительных вдохов («Evita» Dräger).

Уровень давления поддержки аппарат рассчитывает, сравнивая объем состоявшегося вдоха с целевым дыхательным объемом (target tidal volume). Целевой дыхательный объем – это частное от деления минутного объема вентиляции на оптимальную частоту дыханий.

Представим себе работу аппарата ИВЛ Hamilton Galileo Gold в режиме «ASV».

1. Если ИВЛ начинается у пациента с угнетенной дыхательной активностью, режим будет похож на «PRVC» или, иначе говоря – **Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Time-Cycled Ventilation**. Главное отличие в том, что аппарату задан не целевой дыхательный объем и частота дыханий, а минутный объем вентиляции, при этом оптимальную частоту

дыханий аппарат находит сам. В данном случае паттерн ИВЛ DC-CMV.

2. Когда у пациента начинает восстанавливаться дыхательная активность, режим похож на «**DC-SIMV**». При этом принудительные вдохи выполняются в «**PRVC**» (**Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Time-Cycled Ventilation**), а спонтанные в «**VS**» (**Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Flow-Cycled Ventilation**). Теперь паттерн ИВЛ DC-IMV. Несмотря на изменение паттерна ИВЛ, аппарат стремится сохранять минутный объем вентиляции и оптимальную частоту дыханий.

3. Когда дыхательная активность восстановилась настолько, что пациент инициирует нормальное количество вдохов режим «**ASV**» становится похож на «**VS**» (**Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Flow-Cycled Ventilation**). Паттерн ИВЛ меняется на DC-CSV. Аппарат ИВЛ продолжает поддерживать минутный объем вентиляции и оптимальную частоту дыханий. Отличие от «**VS**» на данном этапе в том, что аппарат на основе постоянной оценки респираторной механики и дыхательной активности пациента последовательно уменьшает респираторную поддержку и готовит пациента к прекращению ИВЛ.

4. Если на любом этапе отмечается отрицательная динамика состояния респираторной механики или угнетение дыхательной активности, режим «**ASV**» увеличивает респираторную поддержку.

Вместо резюме приводим дословную цитату из «Руководства пользователя на русском языке» к аппарату Hamilton Galileo Gold:

«Вопреки возможным ожиданиям «**ASV**» не исключает необходимость врача или клинициста. Однако режим «**ASV**» минимизирует работу по трудоемкой настройке и перенастройке аппарата. Сам по себе режим «**ASV**» не принимает клинических решений. «**ASV**» выполняет команду врача, заданную в самом общем виде, и только врач

может изменить команду. Эта команда может быть схематично представлена в следующем виде, где модифицируемые части выделены жирным шрифтом:

- поддерживать **установленную заранее минутную вентиляцию**,
- принимать в расчет спонтанное дыхание,
- предотвращать тахипноэ,
- предотвращать АвтоРЕЕР,
- предотвращать избыточную вентиляцию мертвого пространства,
- обеспечить полноценную вентиляцию при апноэ или слабom дыхательном усилии,
- передавать управление пациенту при достаточной дыхательной активности,
- и при этом не поднимать давление плато выше уровня **(верхней границы давления минус 10 смH₂O)»**

P.S. Руководство пользователя к аппарату Hamilton Galileo Gold хорошо написано и понятно переведено, когда Вам купят этот великолепный аппарат, почитаете с удовольствием.

3.24. Опции

Понятием опции мы называем функции аппарата, которые можно встраивать в режимы ИВЛ. Это ПДКВ («**PEEP**»), вздох («**Sigh**»), компенсация сопротивления трубки («**Automatic tube compensation**»), «**Apnoe ventilation**» (переход на принудительную вентиляцию при возникновении апноэ), «**PLV**» или «**Pmax**» и «**AutoFlow**» на аппаратах ИВЛ фирмы Dräger Evita-2dura, Evita-4, Evita-XL. Границы между понятиями *режим ИВЛ* и *опция* в отношении «**PLV**» и «**AutoFlow**» нечёткие

1. «**PEEP**», «**Positive end-expiratory pressure**», «**ПДКВ**»

Тайна имени:

Положительное давление в конце выдоха, или конечное экспираторное давление. **Определение понятия:**

«**PEEP**», или «**Baseline pressure**» – нижний уровень давления в дыхательных путях. «**PEEP**» – это не режим ИВЛ, это опция, дополняющая любой из режимов, определяющая нижний предел давления в дыхательных путях. Термин «**Baseline pressure**» более точно отражает суть явления. Это уровень давления в дыхательных путях, с которого начинается вдох и заканчивается выдох.

Данная опция есть на всех современных аппаратах ИВЛ, мы подробно описали её в разделе «Респираторная механика».

2. Вздох «Sigh**»** в настоящее время существуют два варианта этой опции.

«Классическим» считается вариант вздоха, который моделирует особенности спонтанного дыхания, когда на фоне однотипных вдохов человек с периодичностью 2-3 раза в минуту делает глубокий вдох. Такие вздохи, например, можно встраивать в большинство режимов на аппаратах «**Inspiration**» фирмы **e-Vent** и «**Galileo**» фирмы **Hamilton**.

Инженеры фирмы Dräger отказались от попытки моделировать спонтанное дыхание. При включении опции «**Sigh**» на аппаратах этой фирмы через заданные временные интервалы в течение 3х вдохов

РЕЕР увеличивается в два раза, а затем возвращается к прежнему уровню.

3. **«Apnoe ventilation»** (переход на принудительную вентиляцию при возникновении апноэ). Эта опция срабатывает одновременно с включением тревоги **«Apnoe!»**, и аппарат ИВЛ включает режим принудительной вентиляции с заранее установленными параметрами.

4. Опция **«PLV»** описана в главе **«Двойное управление в течение вдоха»**. Эта опция превращает способ управления вдохом VC (по объёму) в DC (двойное управление) для принудительных (mandatory) вдохов в режимах **«CMV»** и **«SIMV»**. В **«PLV»** аппарат находит отрезок времени, за который может доставить целевой дыхательный объем, не превышая предписанного давления. Эта опция показала себя надежной и удобной и пользуется заслуженным успехом у врачей, работающих с аппаратами фирмы Dräger.

5. При включении опции **«AutoFlow»** аппараты ИВЛ серии Evita меняют способ управления вдохом VC (по объёму) в DC (двойное управление) для принудительных (mandatory) вдохов в режимах **«CMV»**, **«SIMV»** и **«MMV»**. В отличие от **«PLV»** коррекция давления вдоха (inspiratory pressure) происходит последовательно в течение нескольких вдохов.

Аппарат ИВЛ доставляет целевой дыхательный объем, не превышая предписанного давления, управляя потоком. В **«AutoFlow»** сохранены все достоинства **«PLV»**, при этом аппарат постоянно определяет минимальное достаточное давление для доставки целевого дыхательного объема. Важным дополнением является использование **активного клапана выдоха**. Это позволяет уменьшать седацию и быстрее переводить пациента на спонтанное дыхание.

6. Компенсация сопротивления трубки **«Automatic tube compensation»**, **«ATC»** (Dräger и Viasys Avea), **«Tubing compensation»**, **«TC»** на аппарате PB-840 и **«Tube resistance compensation»** (Hamilton Galileo и Hamilton Raphael).

Эта опция построена на основе принципа управления Servo Control.

Задача данной опции – внесение поправок в работу аппарата ИВЛ, чтобы скомпенсировать сопротивление потоку дыхательной смеси, возникающее при прохождении через интубационную или трахеостомическую трубку. Действительно, диаметр трубки меньше диаметра трахеи. Следовательно, сопротивление трубки выше, чем сопротивление трахеи. Авторы данной опции исходили из предположения, что было бы здорово сопротивление трубки скомпенсировать, как, если бы дыхательный контур аппарата ИВЛ пристыковывался прямо к трахее. Программное обеспечение «АТС» является довольно сложной математической разработкой, поскольку сопротивление потоку определяется не только диаметром и длиной трубки, но и величиной потока. Поток, в свою очередь, в большинстве режимов ИВЛ в течение вдоха и выдоха изменяется и притом нелинейно! Для того, чтобы скомпенсировать сопротивление потоку на вдохе, опять же используется поток, а на выдохе – снижение давления. Обычно авторы-разработчики приводят ряд красивых формул и графиков. Не в силах сдержать восторг от этой опции заметим: она может быть полезна при использовании длинных трубок относительно малого диаметра и/или у ослабленных больных.

Важно иметь в виду, что сопротивление верхних дыхательных путей у спонтанно дышащего взрослого **выше** сопротивления интубационной или трахеостомической трубки стандартных размеров*. То есть в стандартной ситуации экстубация – это увеличение работы дыхания.

Если мы готовим пациента к экстубации, применение опции «АТС» может сыграть негативную роль. Поскольку применение опции «АТС» снижает нагрузку на дыхательную мускулатуру паци-

*Для сомневающихся приводим ссылку на три авторитетные публикации, имеющиеся в свободном доступе в интернете на сайтах указанных журналов.[Ishaya AM, Nathan SD, Belman MJ **Work of breathing after extubation** *Chest*, 1995; 107, 204-209; Davis K, Campbell R S., Johannigman J A, Valente J F, Branson R D. **Changes in Respiratory Mechanics After Tracheostomy** *Arch Surg*.1999;134:59-62; Diehl J-L, Atrous S, Touchard D, Lemaire F, Brochard L **Changes in the Work of Breathing Induced by Tracheotomy in Ventilator-dependent Patients** *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1999; 159 (2): 383-388.]

ента, резкое увеличение работы дыхания при экстубации может оказаться непереносимым для пациента. Оценку готовности пациента к экстубации рекомендуется выполнять в «CPAP», или в «PSV» с минимальной поддержкой, отключив опцию «ATC».

3.25. Заключение

В начале книги мы обещали, что разобраться в классификации режимов ИВЛ нетрудно. Пора выполнять обещанное. Мы предлагаем все режимы разделить на четыре группы. Группы сформированы на основе способов согласования вдохов (Breath Sequence).

1. Группа режимов на основе CMV.
2. Группа режимов на основе CSV.
3. Группа режимов на основе IMV.
4. Группа режимов на основе VIPAP.

Первая группа режимов сформирована на основе способа согласования вдохов **CMV**, и может быть уложена в такую коробочку. На коробке мы указали способ согласования вдохов, способ управления вдохом и часть названий режимов ИВЛ.



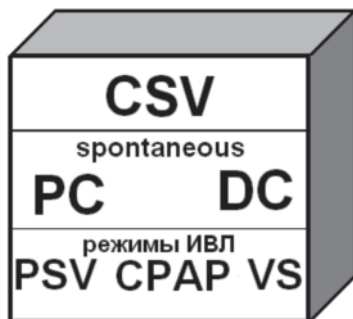
Характеристика позволившая объединить эти режимы – это способ согласования вдохов – breath sequence CMV. Эта большая группа состоит из трёх подгрупп. Подгруппы получаются при разделении режимов по способу управления вдохом – PC, VC и DC (по давлению, по объёму и двойное управление).

В этой коробке лежат:

1. «Controlled mandatory ventilation» («CMV»)
2. «Continuous mechanical ventilation» («CMV»)
3. «Controlled mechanical ventilation» («CMV»)
4. «Control mode»

5. «Continuous mandatory ventilation + assist»
6. «Assist control» («AC»)
7. «Assist/control» («A/C»)
8. «Assist-control ventilation» («ACV») («A-C»)
9. «Assisted mechanical ventilation» («AMV»)
10. «Assisted controled mechanical ventilation»
11. «Assist control mechanical ventilation»
12. «Volume controlled ventilation» («VCV»)
13. «Volume control» («VC»)
14. «Volume control assist control»
15. «Volume cycled assist control»
16. «Ventilation + patient trigger»
17. «Assist/control +pressure control»
18. «Pressure controlled ventilation» («PCV»)
19. «Pressure controlled ventilation + assist»
20. «Pressure control» («PC»)
21. «Pressure control assist control»
22. «Time cycled assist control»
23. «Intermittent positive pressure ventilation» («IPPV»)
24. «Pressure-regulated volume control» «PRVC»
25. «Volume targeted pressure control» «VTPC»
26. «Adaptive pressure ventilation» «APV»
27. «IPPV-AutoFlow»
28. «Volume control+» «VC+»

Вторая группа режимов может быть уложена в такую коробочку. На ней мы опять указали способ согласования вдохов, — это CSV, способ управления вдохом и три основных режима ИВЛ относящихся к режимам спонтанной вентиляции.



В данной группе режимов ИВЛ общей характеристикой является спонтанное дыхание. Каждый вдох начат и завершен пациентом.

К этой группе режимов отнесены:

1. «Pressure cycled ventilation»

2. Другие имена режима «CPAP»

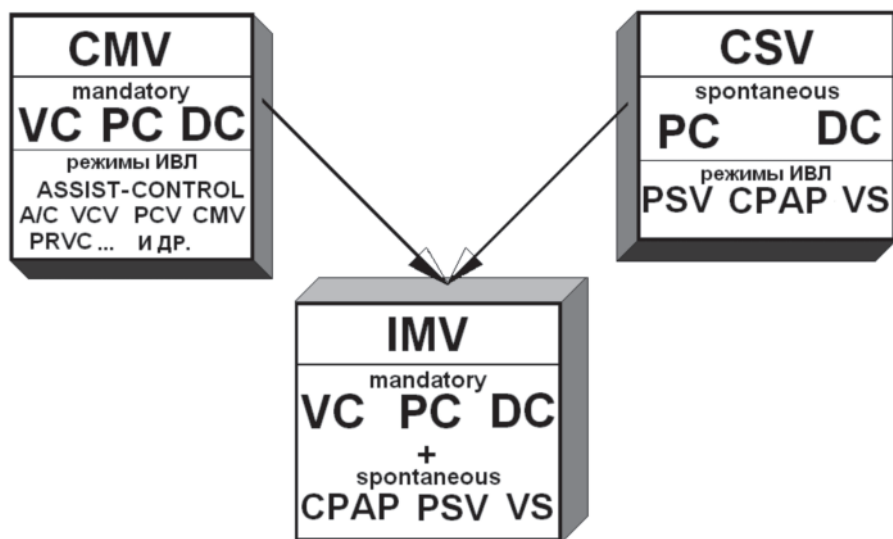
- «Positive end-expiratory pressure» («PEEP»).
- «End-expiratory pressure» («EEP»).
- «Expiratory positive airway pressure» («EPAP»).
- «Continuous distending pressure» («CDP»).
- «Continuous positive pressure breathing» («CPPB»)

3. Другие имена режима «Pressure support ventilation» «PSV»

- «Inspiratory assist» («IA»).
- «Inspiratory pressure support» («IPS»).
- «Spontaneous pressure support» («SPS»).
- «Inspiratory flow assist» («IFA»).
- «Assisted spontaneous breathing» («ASB»)

**4. Режимы спонтанной вентиляции с двойным управлением
«Volume targeted pressure support», «VTPS», «Volume Support», «VS»**

Третья группа режимов – IMV, получена в результате гибридизации CMV и CSV. В этой группе спонтанные вдохи чередуются с принудительными.



Для полного описания режимов, использующих согласование вдохов **IMV**, нужно отдельно представить параметры принудительных и спонтанных вдохов.

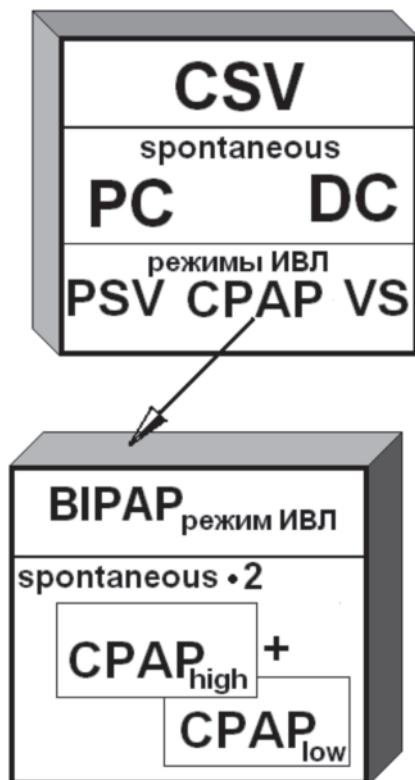
Если учитывать только возможные способы управления вдохом получаются уже девять вариантов сочетаний:

1. VC-IMV + CPAP
2. VC-IMV + PC-CSV
3. VC-IMV + DC-CSV
4. PC-IMV + CPAP
5. PC-IMV + PC-CSV
6. PC-IMV + DC-CSV
7. DC-IMV + CPAP
8. DC-IMV + PC-CSV
9. DC-IMV + DC-CSV

Если давать исчерпывающую характеристику режиму, нужно ещё указать, какие используются триггеры, способы переключения на выдох и какие параметры вдоха ограничены (trigger, cycle и limit).

Четвёртая группа режимов – это режимы спонтанного дыхания с периодическим переключением с одного уровня СРАР на другой.

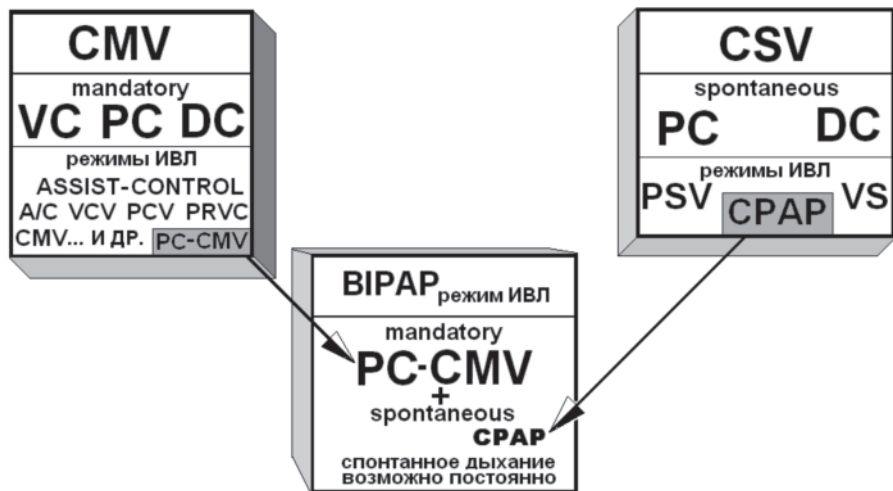
Существуют два равноценных определения этого режима.



1.«BiPAP» – это режим спонтанной вентиляции на двух уровнях СРАР с переключением с одного уровня давления на другой через заданные временные интервалы.

Пациент дышит спонтанно, а аппарат ИВЛ не нарушая спонтанный ритм дыхания пациента переходит с одного уровня СРАР на другой.

2. «BIPAP» – это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами, спонтанное дыхание, совмещенное со стандартным режимом «PCV».



Приводим имена режимов на основе двух уровней CPAP:

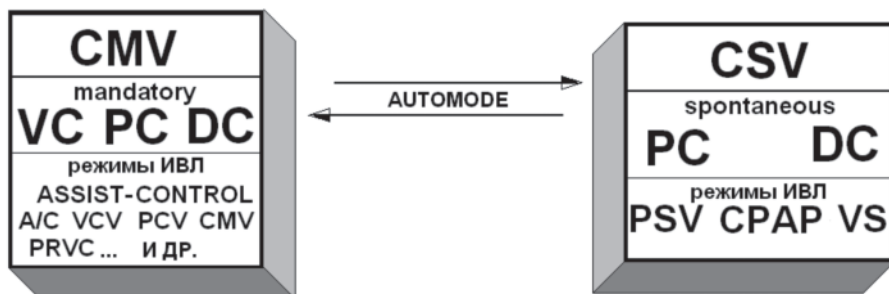
1 имена, принадлежащие фирмам

- 1.1. «Biphasic positive airway pressure» («BIPAP») Dräger
- 1.2 «Duo-PAP» Hamilton Galileo
- 1.3 «ARPV/ Biphasic» Viasys Avea
- 1.4 «BiVENT» «Bi-vent» MAQUET Servo-s, Servo-i
- 1.5 «Bilevel» Puritan Bennett 840
- 1.6 «SPAP» E-Vent Inspiration LS

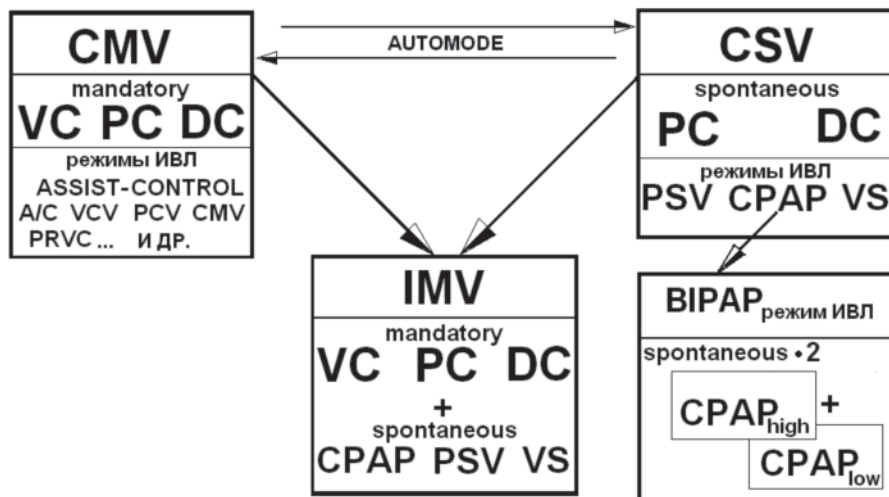
2 имена, доступные всем

- 2.1 «Airway pressure release ventilation» («APRV»)
- 2.2 «Intermittent CPAP».
- 2.3 «CPAP with release».

Остаётся только режим «Automode», который является автоматическим переключением из CMV в CSV и обратно.



И, наконец, схема ради которой написана эта глава:



Внимательный читатель может спросить: А как же «Smart-care» и «Adaptive support ventilation»?

«Smartcare» – это вариант PSV, а «Adaptive support ventilation» – это вариант IMV. Всё дело в тонкостях. В ИВЛ мелочей нет.

Вот и всё.

Электронная книга - «Основы ИВЛ» и полный текст в формате PDF в свободном доступе на сайте www.nsicu.ru.

Словарь

А

Absolute humidity – абсолютная влажность (АВ) – это количество водяного пара, содержащегося в единице объёма газа, единица измерения - мг/л (подробно в гл 1.3 стр. 33).

Active expiratory valve - активный клапан выдоха. Активный клапан выдоха с электронным управлением позволяет пациенту дышать спонтанно на любом уровне СРАР. Система управления клапаном, меняя сопротивление выдоху, обеспечивает постоянное предписанное давление в дыхательных путях в течение всего заданного временного интервала. стр. 164

Adaptive Control – принцип управления, при котором аппарат ИВЛ сопоставляет доставленный дыхательный объём и целевой дыхательный объём (operator-set target tidal volume). На основе результатов сопоставления вносятся поправки в управление по-давлению во время следующего вдоха. Принцип управления **Adaptive Control** использован при создании режимов с общим названием **Dual Control Breath-to-Breath** (подробно в гл 2.15, 3.14, 3.16, 3.17. стр. 106, 181, 188, 191).

Air trapping (дословно – воздушная ловушка) – ЭЗДП, экспираторное закрытие дыхательных путей (подробно в гл 2.7. стр. 77).

«APV», «**Adaptive pressure ventilation**» – режим ИВЛ на аппарате **Hamilton Galileo** аналог «PRVC» (подробно в гл 3.17. стр. 191).

«APRV», «**Airway Pressure Release Ventilation**» – ИВЛ с помощью снижения (дословно освобождения) давления. Вариант «BIPAP» с длинной фазой **time high** и короткой фазой **time low** (подробно в гл 3.10. стр. 171).

«ARPV/Biphasic» – режим ИВЛ на аппарате **Viasys Avea**. ИВЛ с возможностью спонтанного дыхания на двух уровнях давления в дыха-

тельных путях. Точно также как и в **«BIPAP»** происходит чередование фазы высокого давления в дыхательных путях с фазой низкого давления (подробно в гл 3.10. стр. 158, 161).

«ASB», «Assisted spontaneous breathing» – синоним **«PSV»** (подробно в гл 3.7. стр. 138)

«Assist control» («AC») – синоним **«CMV»** (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«Assist/control» («A/C») – синоним **«CMV»** (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«Assist-control ventilation» («ACV») («A-C») – синоним **«CMV»** (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«Assisted mechanical ventilation» («AMV») – синоним **«CMV»** (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«Assist/control +pressure control» – синоним **«CMV»** (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«ASV» «Adaptive support ventilation» – адаптивная поддерживающая вентиляция.

Этот режим есть на аппарате ИВЛ Hamilton Galileo. Цель (target) режима **«ASV»** – обеспечить заданный объем минутной вентиляции (как в режиме **«MMV»**), но не допустить развития частого поверхностного дыхания (rapid shallow breathing). Для достижения этой цели аппарат, выполняет принудительные вдохи и поддерживает спонтанные вдохи пациента, как в режиме **«SIMV»**. Соотношение числа принудительных и спонтанных вдохов режим **«ASV»** устанавливает в зависимости от дыхательной активности пациента. Кроме того, аппарат выполняет коррекцию параметров принудительных и спонтанных вдохов от вдоха к вдоху (**Dual Control Breath-to-Breath**), как в режимах **«PRVC»** и **«VS»**. Т.е. аппарат ме-

няет уровень давления поддержки так, чтобы во время каждого вдоха доставлять целевой дыхательный объем (подробно в гл 3.23. стр. 206).

Atelectrauma – ателектотравма возникает, если при полном выдохе часть альвеол слипается, то есть возникают ателектазы, а при вдохе альвеолы вновь разлепляются. Этот феномен соответствует крепитации, выявляемой в экссудативные фазы острой пневмонии. В том случае, если в ходе ИВЛ в течение каждого дыхательного цикла происходит слипание и разлипание альвеол, возникает тяжелое повреждение легких (подробно в гл 1.3 стр. 39).

«**Augmented minute volume**», «**AMV**» – режим ИВЛ синоним «**Mandatory minute ventilation**» (подробно в гл 3.13. стр. 178).

«**AutoFlow**» – режим ИВЛ на аппаратах ИВЛ фирмы Dräger Evita-2dura, Evita-4, Evita-XL, аналог «**PRVC**». В некоторых руководствах «**AutoFlow**» описывается как опция, изменяющая параметры принудительных вдохов в режимах «**IPPV**», «**SIMV**», «**MMV**». Иначе говоря, эта опция превращает принудительные вдохи в этих режимах во вдохи, аналогичные «**PRVC**». Понятие опция используется, поскольку фирма-производитель использует привычные названия режимов с прибавлением «**AutoFlow**», например: «**IPPV- AutoFlow**». Мы должны понимать, что это уже другие режимы, поскольку способ управления вдохом поменялся с VC на DC (подробно в гл 3.17. и 3.18. стр. 186).

«**AutoMode**» режим, включающий в себя два режима и производящий автоматическое переключение в обе стороны в зависимости от дыхательной активности пациента. В одном режиме все вдохи принудительные (CMV), а во втором все вдохи спонтанные (CSV) (подробно в гл 3.19. стр. 197).

AutoPEEP – АутоПДКВ (**AutoPEEP**, **Intrinsic PEEP**) возникает когда настройки аппарата ИВЛ (частота дыханий, объем и длительность вдоха) не соответствуют возможностям пациента. В этом слу-

чае пациент до начала нового вдоха не успевает выдохнуть весь воздух предыдущего вдоха. Соответственно, давление в конце выдоха (**end expiratory pressure**) оказывается выше, чем задано настройками аппарата. **AutoPEEP** – это разница между **Total PEEP** и **PEEP**, установленным в настройках режима ИВЛ. Синонимы: **Inadvertent PEEP** – непреднамеренное ПДКВ, **Intrinsic PEEP** – внутреннее ПДКВ, **Inherent PEEP** – естественное ПДКВ, **Endogenous PEEP** – эндогенное ПДКВ, **Occult PEEP** – скрытое ПДКВ, **Dynamic PEEP** – динамическое ПДКВ (подробно в гл 2.7. стр. 78).

Auto-Setpoint Control – принцип управления, при котором аппарат ИВЛ в течение одного вдоха в ответ на изменение комплайнс и/или резистанс меняет параметры для того, чтобы доставить целевой дыхательный объём, не выходя за границы предписанного давления. Режимы «VAPS» и «PLV» (подробно в гл 2.15. и 3.15. стр. 96).

В

Barotrauma – баротравма – это разрыв тканей легких или бронхов в ходе ИВЛ. Дословный перевод – повреждение давлением. Баротравмы могут приводить к формированию пневмоторакса, пневмомедиастенума и подкожной эмфиземы (подробно в гл 1.3 стр. 40).

Baseline pressure, или просто **Baseline** на панели управления аппарата ИВЛ обычно, по традиции, обозначается как **PEEP/CPAP** и является тем заданным уровнем давления в дыхательном контуре, которое аппарат будет поддерживать в интервалах между дыхательными циклами. Понятие **Baseline pressure**, по современным представлениям, наиболее адекватно определяет данную опцию аппарата ИВЛ, но важно знать, что принцип управления для **PEEP**, **CPAP** и **Baseline** одинаков (подробно в гл 2.7. стр. 77).

«**BiLevel**» – режим ИВЛ на аппарате **Puritan Bennet 840**. Этот режим очень похож на «**BiPAP**» от фирмы Dräger. Главное отличие в том, что в режиме «**BiPAP**» опция «**PSV**» работает только с уровня **PEEP**

low, а в «**BiLevel**» поддержка спонтанного дыхания возможна с двух уровней (PEEP *low* и PEEP *high*)

1. «**BiLevel**» - это режим спонтанной вентиляции на двух уровнях РЕЕР с переключением с одного уровня давления на другой через заданные временные интервалы.

2. «**BiLevel**» - это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами, спонтанное дыхание, совмещенное со стандартным режимом «PCV». При этом на каждом уровне давления спонтанные вдохи могут быть поддержаны давлением («**BiLevel**»+ «**PSV**») (подробно в гл 3.11. стр. 172).

«**BIPAP**», «**Biphasic positive airway pressure**» – режим ИВЛ на аппаратах фирмы **Dräger**

1.«**BIPAP**» - это режим спонтанной вентиляции на двух уровнях СРАР с переключением с одного уровня давления на другой через заданные временные интервалы.

2. «**BIPAP**» - это «Pressure control ventilation» с возможностью спонтанного дыхания в течение всего дыхательного цикла. Иными словами – спонтанное дыхание совмещенное со стандартным режимом «PCV» (подробно в гл 3.10. стр. 161).

«**BIPAPAssist**» – режим ИВЛ на аппаратах фирмы **Dräger** отличается то классического «**BIPAP**» тем, что в инспираторная попытка на нижнем уровне СРАР всегда включает переход на верхний уровень СРАР (подробно в гл 3.10. стр. 170).

«**BiPAP**» – режим на аппаратах фирмы «**Respironics**» для неинвазивной ИВЛ, вариант режима «**PSV**» через дыхательную маску. (подробно в гл 3.9 стр. 158 - История вопроса: «**BIPAP**», «**APRV**» и «**BiPAP**»).

«**Bi-Vent**» – режим ИВЛ на аппарате **Servo-I** фирмы **MAQUET**. Этот режим очень похож на «**BIPAP**» от фирмы **Dräger**. Главное от-

личие в том, что в режиме «**BIPAP**» опция «**PSV**» работает только с уровня PEEP *low*, а в «**Bi-Vent**» поддержка спонтанного дыхания возможна с двух уровней (PEEP и P *high*) (подробно в гл 3.12. стр. 175).

Breath Sequence – согласование вдохов. Этот термин говорит о соотношении спонтанных и принудительных вдохов в данном режиме ИВЛ. Известны три способа согласования вдохов – это CMV, CSV и IMV (подробно в гл 2.10. стр. 92).

С

Capacity – ёмкость. В респираторной механике используется в значении «объём», например: **Total lung capacity (TLC)** – **Общая ёмкость лёгких (ОЕЛ)** – это объём воздуха в лёгких по завершении максимального вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

CDP (Continuous distending pressure) – синоним CPAP.

Closed loop control – основная масса аппаратов ИВЛ и режимов вентиляции. Если установлено давление вдоха при управлении по давлению – аппарат ИВЛ обеспечит заданное давление вдоха, если установлен дыхательный объём при управлении по объёму – аппарат ИВЛ обеспечит доставку установленного дыхательного объёма. (стр. 103)

CMV (continuous mandatory ventilation) – это вариант согласования вдохов, при котором все вдохи принудительные (**mandatory**) (подробно в гл 2.11. стр. 94). Этот же термин используется как название режимов ИВЛ (подробно в гл 3.4. стр. 119). В нашей книге имя режима ИВЛ всегда в кавычках («IMV», «PSV», «CMV», «IPPV», «ASB» и т. д.).

«**CMV**» – варианты расшифровки аббревиатуры: «Continuous mandatory ventilation», «Controlled mandatory ventilation», «Continuous me-

chanical ventilation», «Controlled mechanical ventilation», все варианты расшифровки – синонимы. В тех случаях, когда «CMV» – имя режима ИВЛ пишем в кавычках, а когда это вариант согласования вдохов, без кавычек (подробно в гл 2.11. стр. 94 и 3.4. стр. 119).

«Control mode» – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4. стр. 113).

«Continuous mandatory ventilation + assist» – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4. стр. 113).

Compliance (Cst) – комплайнс, растяжимость, податливость.

Размерность **комплаинса - мл/мбар** показывает, на сколько миллилитров увеличивается объём при повышении давления на 1 миллибар. Комплайнс дыхательной системы характеризует растяжимость легких и грудной клетки. Комплайнс – величина обратная упругости **compliance = 1/ elastance** (подробно в гл 1.2 стр. 26).

Control – управление. В респираторной механике и англоязычной литературе по ИВЛ, Control – управление параметрами вдоха (подробно в гл 2.2 стр. 48).

Control Variable – управляемая переменная или управляемый параметр. В течение одного вдоха управляемым параметром может быть или объём, или поток, или давление. Исключение режим «VAPS», но и при этом режиме сначала выполняется управление вдохом по давлению, а при необходимости происходит переключение на управление по объёму. Т.е. в каждый момент времени аппарат ИВЛ управляет только одним параметром (подробно в гл 2.2 стр. 48).

CPAP (constant positive airway pressure) – постоянное положительное давление в дыхательных путях. Умный аппарат ИВЛ при включении этой опции, виртуозно «играя» клапанами вдоха и выдоха, будет поддерживать в дыхательном контуре постоянное, одинаковое давление (подробно в гл 2.7. стр. 79 и 3.3.).

CSV (continuous spontaneous ventilation) – это вариант согласования

вдохов, при котором все вдохи самостоятельные (**spontaneous**) (подробно в гл 2.12. стр. 96).

Cycle – переключение аппарата ИВЛ с вдоха на выдох (подробно в гл 2.6. стр. 74).

CPPB (Continuous positive pressure breathing) – синоним **CPAP**.

Cycle Variables – это фазовые переменные, которые используются для переключения аппарата ИВЛ с вдоха на выдох. Это может быть **время, поток, давление** или **объём**. Фаза вдоха заканчивается, когда величина параметра избранного в качестве **Cycle Variable** достигает предустановленного (**Preset**) или порогового (**Threshold**) значения (подробно в гл 2.6. стр. 74).

D

Dead space (DS) – мертвое пространство – это суммарный объём воздухоносных путей (зона дыхательной системы, где нет газообмена (второе значение слова *dead* – бездыханный) (подробно в гл 1.2 стр. 16).

Dual controlled ventilation – так называют «интеллектуальные» программы управления, когда, например, для получения заданного объёма аппарат, работающий в режиме **PCV**, меняет давление и длительность вдоха. Существуют «интеллектуальные» программы, которые перенастраивающие аппарат за время одного вдоха и программы, выполняющие перенастройку за несколько вдохов (подробно в гл 2.2 стр. 57 и в гл 3.14 стр. 181).

«**Duo-PAP/APRV**» – режим ИВЛ на аппарате «**Hamilton Galileo**» очень похож на «**BiLevel**» на аппарате **Puritan Bennet 840** (подробно в гл 3.9. стр. 158 и в гл 3.11 стр. 174).

Double loop “dual” control – аппарат ИВЛ решает две задачи в рамках одного режима ИВЛ например: при управлении по давлению аппарат ИВЛ не только обеспечивает заданное давление вдоха, но и

стремится доставить целевой дыхательный объём. (Стр. 103)

Dual Control Within a Breath – автоматическая коррекция параметров ИВЛ во время каждого вдоха. Режимы «PLV» (Drager Evita 4) и «VAPS» (Bird 8400ST). При создании этих режимов использован принцип управления Autosetpoint (подробно в гл 3.15. стр. 183).

Dual Control Breath-to-Breath. Аппарат анализирует состоявшийся вдох и выполняет коррекцию параметров ИВЛ между вдохами. При создании этих режимов использован принцип управления Adaptive Control.

Коммерческие названия режимов, использующих принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CSV: «**Volume Support**», «**VS**» (Siemens 300, Servo-i, Inspiration e-Vent и PB-840); «**Volume targeted pressure support**», «**VTPS** » (Newport e500). Универсальное некоммерческое описательное название этих режимов – **Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Flow-Cycled Ventilation.**

Коммерческие названия режимов, использующих принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CMV: «**Pressure-Regulated Volume Control**» (Siemens Servo 300, Servo-i); «**Autoflow**» (Drager Evita 4); «**VC+**» (PB-840); «**Volume targeted pressure control**», «**VTPC**» (Newport e500); «**Adaptive pressure ventilation**», «**APV**» (Hamilton Galileo). Универсальное некоммерческое описательное название этих режимов – **Dual Control Breath-to-Breath-Pressure-Limited, Time-Cycled Ventilation** (подробно в гл 3.14. стр. 181-182).

Dynamic Characteristic (C_D) – динамическая характеристика рассчитывается на вдохе по достижении максимального давления в дыхательных путях при неостановленном потоке $C_D = V_T / (PIP - PEEP)$. Данный показатель включает и **комплаинс**, и **резистанс**. Синонимы: **Dynamic effective compliance** и **Dynamic compliance** возможен перевод «динамический комплаинс» (подробно в гл 1.2 стр. 131).

Dynamic compliance = Dynamic Characteristic

Dynamic effective compliance = Dynamic Characteristic

Dynamic PEEP – динамическое ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7. стр. 78).

Е

EEP (End-expiratory pressure) – синоним **PEEP** (стр. 78)

Elastance (E) – упругость – физический термин, характеризующий способность противодействовать приложенной силе и возвращать приложенную энергию сжатия или растяжения. Используется для описания свойств пружин и резин. Упругость дыхательной системы – это сумма упругостей легких и грудной клетки. Размерность упругости **мбар/мл**.

Упругость – величина обратная податливости **elastance = 1/compliance** (подробно в гл 1.2 стр. 26).

Endogenous PEEP – эндогенное ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7. стр. 78).

Equation of Motion – уравнение сил, или третий закон Ньютона. (стр. 23)

EPAP (Expiratory positive airway pressure) – синоним **PEEP** (стр. 77)

Expiratory time время выдоха – складывается из **Expiratory flow time** и **Expiratory pause** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Expiratory pause – задержка выдоха синоним **Expiratory hold** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Expiratory hold – задержка выдоха синоним **Expiratory pause** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Expiratory flow time потоковое время выдоха. (подробно в гл 1.2 стр. 13)

Expired reserve volume (ERV) – Резервный объём выдоха – РОвыд – это объём максимального выдоха по завершении обычного выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 13).

«**Extended mandatory minute ventilation**», «**EMMV**» – режим ИВЛ синоним «**Mandatory minute ventilation**» (подробно в гл 3.13 стр. 178).

F

Flow – Поток – это скорость изменения объёма (подробно в гл 1.2 стр. 18).

Flow acceleration – ускорение потока, часто, для краткости, используется вместо «**Flow acceleration factor**» (стр. 135)

Flow acceleration factor – коэффициент ускорения потока, измеряется в процентах, от 0 до 100%, чем выше коэффициент (**factor**), тем быстрее переход с уровня РЕЕР на уровень высокого давления в режимах ИВЛ с управлением по давлению (подробно в гл 3.11. стр. 135).

Flow by – базовый поток – это поток, текущий рядом. Современные аппараты ИВЛ «умеют» так управлять клапанами вдоха и выдоха одновременно, что во время экспираторной паузы поток воздуха протекает мимо коннектора, соединяющего шланги аппарата с пациентом не производя вдоха (подробно в гл 2.4. стр. 67).

Flow controlled ventilation (FCV) – способом управления вдохом является изменение потока (**Inspiratory flow**) (подробно в гл 2.2 стр. 51).

Flow Cycling – переключение с вдоха на выдох «по потоку».

Вдох будет продолжаться до тех пор, пока поток не снизится до установленного порогового значения. После того, как будет прекращён вдох, начнётся выдох (подробно в гл 2.6. стр. 75).

Flow trigger – потоковый триггер. Триггер срабатывает на изменение потока через дыхательный контур пациента (подробно в гл 2.4. стр. 66).

Functional residual capacity (FRC) – Функциональная остаточная ёмкость – ФОЕ – это объём воздуха в лёгких по завершении обычного выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

G

Gradient – градиент – физический термин, обозначающий разность показателей в двух точках измерения в одной системе. Например, градиент между давлением в дыхательных путях и давлением на поверхности тела называется «транспираторное давление». Более корректно было бы сказать транспираторный градиент давлений, но такова сложившаяся терминология. Во всех случаях, когда использована приставка «транс» речь идёт о градиенте (подробно в гл 1.2 стр. 20).

H

HFV (high frequency ventilation) – высокочастотная ИВЛ – частота вдохов больше 60 в минуту. Дыхательный объём может быть меньше объёма мёртвого пространства. Газообмен происходит за счёт диффузии (подробно в гл 1.1 стр. 10).

I

«**IDV**», «**Intermittent demand ventilation**» – режим ИВЛ, аналогичный «**IMV**». (стр. 137)

IMV (intermittent mandatory ventilation) – перемежающаяся принудительная вентиляция – это вариант согласования вдохов, при котором принудительные вдохи чередуются с самостоятельными (подробно в гл 2.13. стр. 91). Этот же термин используется как название режимов ИВЛ (подробно в гл 3.8. стр. 137). В нашей книге имя режима ИВЛ всегда в кавычках («IMV», «PSV», «CMV», «IPPV», «ASB»).

Inspiratory capacity (IC) – Ёмкость вдоха – **ЕВ** – это объём максимального вдоха после обычного выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

Inspiratory hold – задержка вдоха синоним **Inspiratory pause** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Inspiratory flow time – потоковое время вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Inspiratory time – время вдоха складывается из **Inspiratory flow time** и **Inspiratory pause** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Inspiratory pause – задержка вдоха синоним **Inspiratory hold** (подробно в гл 1.2 стр. 13).

Inspired reserve volume (IRV) – Резервный объём вдоха – **РОВд** – это объём максимального вдоха по завершении обычного вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

Inadvertent PEEP – непреднамеренное ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7 стр. 78).

Intrinsic PEEP – внутреннее ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7 стр. 78).

Inherent PEEP – естественное ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7 стр. 78).

«**Inspiratory assist**» («**IA**») – синоним «**PSV**» (подробно в гл 3.7. стр. 139).

«**Inspiratory pressure support**» («**IPS**») – синоним «**PSV**» (подробно в гл 3.7. стр. 139).

«**Inspiratory flow assist**» («**IFA**») – синоним «**PSV**» (подробно в гл 3.7. стр. 139).

Iron lung - «железные лёгкие» - аппарат ИБЛ, **NPV**, создающий отрицательное давление над поверхностью всего тела пациента в момент вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 9).

«**IRPCV**», «**Inverse Ratio Pressure Control Ventilation**» – синоним «**IRV**» (подробно в гл 3.5 стр. 131).

«**IPPV**» «**Intermittent positive pressure ventilation**» – синоним «**CMV**» (подробно в гл 3.4 стр. 127).

«**IRV**», «**Inverse Ratio Ventilation**» – это режим принудительной вентиляции, при котором продолжительность вдоха больше продолжительности выдоха. Все вдохи принудительные (mandatory) и доставляются с заданной частотой. Обычно под «**IRV**» понимают соотношение вдоха к выдоху от 1:1 до 4:1. «**IRV**» - это «**CMV**» с обратным отношением длительности вдоха и выдоха. Существуют два варианта «**IRV**»: с управлением по объёму и по потоку (подробно в гл 3.5 стр. 131).

К

Kirassa – «кираса» - аппарат ИБЛ, **NPV**, создающий отрицательное давление над поверхностью грудной клетки пациента в момент вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 22).

L

Limit – лимит (предел) максимальная величина параметра во время вдоха (подробно в гл 2.5 стр. 69).

Limit variable – параметр с устанавливаемой максимальной величиной во время вдоха. Этими параметрами могут быть **давление, поток и объём** (подробно в гл 2.5 стр. 69).

M

Machine trigger. В эту группу входит единственный способ включения вдоха – **Time trigger**. Т.е. **Time trigger** является синонимом **Machine trigger**. Вдох начинает аппарат ИВЛ по времени или по расписанию (подробно в гл 2.4 стр. 68).

Mandatory переводится как заказанный, предписанный. В отечественной литературе используется слово принудительный (подробно в гл 2.10 стр. 91).

Mandatory Breath – принудительный вдох. Это означает, что вдох был либо начат аппаратом ИВЛ, либо завершен аппаратом ИВЛ или и начат, и завершен аппаратом ИВЛ (подробно в гл 2.10. и 2.11 стр. 91 и стр. 94).

«**Mandatory minute ventilation**», «**MMV**» – это режим ИВЛ при котором пациент дышит самостоятельно в «PSV», а аппарат ИВЛ каждые 20 секунд рассчитывает объём минутной вентиляции. Если пациент не может обеспечить заказанный (целевой) МОД (target minute volume), аппарат ИВЛ увеличивает поддержку (подробно в гл 3.13 стр. 178).

Maximum capacity – максимальная абсолютная влажность (МАВ) – это максимальное количество (мг/л) водяного пара для данной температуры газа или емкость газа для паров воды при данной температуре (подробно в гл 1.3 стр. 33).

Minute volume (MV) – Минутный объём – это сумма дыхательных объёмов за минуту. Если все дыхательные объёмы в течение минуты равны, можно просто умножить дыхательный объём на частоту дыханий (подробно в гл 1.2 стр. 16).

«**Minimum minute volume**» «**MMV**» – режим ИВЛ, синоним «**Mandatory minute ventilation**» (подробно в гл 3.13 стр. 178).

Millibar – 1 миллибар=0,9806379 см водного столба.

N

«**NAVA**», «**Neurally Adjusted Ventilatory Assist**» – режим, доступный на аппаратах **Servo-i** фирмы «**MAQUET**». Аппарат ИВЛ оснащён системой, распознающей нервный импульс, проходящий по диафрагмальному нерву к диафрагме. Датчик-электрод заключён в стенке желудочного зонда и соединён тонким проводом с блоком управления аппарата ИВЛ. Таким образом, аппарат ИВЛ начинает вдох в ответ на сигнал, исходящий непосредственно из дыхательного центра. Электрический импульс регистрируется, когда приказ на вдох, идущий из дыхательного центра по диафрагмальному нерву, распространяется на диафрагму (подробно в гл 3.21 стр. 202).

NPV (negative pressure ventilation) – ИВЛ осуществляемая за счёт создания отрицательного давления над поверхностью тела пациента в момент вдоха («кираса», «железные лёгкие») (подробно в гл 1.1 стр. 9).

О

Occult PEEP – скрытое ПДКВ, синоним **AutoPEEP** (подробно в гл 2.7 стр. 78).

Open loop control – это самые простые и дешёвые транспортные аппараты ИВЛ без какой-либо обратной связи. (стр. 103)

Optimal Control – принцип управления, при котором аппарат ИВЛ подбирает оптимальный дыхательный объём и частоту дыханий, чтобы получить нужный пациенту объём минутной вентиляции. Для решения этой задачи постоянно вносятся поправки в управление по давлению. При угнетении дыхательной активности пациента аппарат добавляет принудительные вдохи. Этот принцип управления использован при создании режима «Adaptive Support» в аппарате ИВЛ Hamilton Galileo (подробно в гл 2.15, 3.23 стр. 107, 206).

Р

«**PA**» «**Pressure augmentation**» – режим ИВЛ на аппарате **Bear 1000**. аналог «**VAPS**» (подробно в гл 3.15 стр. 182).

Palv – **alveolar pressure** - альвеолярное давление (давление в альвеолах) (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Patient trigger. В эту группу входят все кроме **Time trigger** способы включения вдоха в ответ на инспираторную попытку пациента (подробно в гл 2.4 стр. 68).

Pattern – паттерн. Это слово «переводится» как стереотип (Stereotype), шаблон (Schablone), модель (Model). «Переводится» в кавычках, потому что не переводится; мы предложили вам английские и немецкие синонимы смысл которых общеизвестен. В нашей книге использовано понятие паттерн ИВЛ – **Ventilatory Pattern** (подробно в гл 2.10 стр. 91).

«PAV», «**Proportional assist ventilation**» – Пропорциональная поддержка давлением. Режим ИВЛ, изменяющий поддержку вдоха пациента прямопропорционально к величине инспираторного усилия. Аналог «PPS» (подробно в гл 3.20 стр. 199).

Paw – airway pressure – давление в дыхательных путях. Синоним **Pawo** (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Pawo – pressure airway opening – давление в дыхательных путях. Синоним **Paw** (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Pbs – body surface pressure - давление на поверхности тела. (стр. 21)

«PCIRV», «**Pressure Control Inverse Ratio Ventilation**» – синоним «IRV» (подробно в гл 3.5 стр. 131).

PEEP – ПДКВ – положительное давление конца выдоха (подробно в гл 2.7 стр. 77).

Pes – esophageal pressure – пищеводное давление (давление в пищеводе) (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Phase Variables – фазовыми переменными называют **время, поток, давление и объём**, когда эти параметры используются управляющими программами аппарата ИВЛ в качестве сигнала к действию (подробно в гл 2.3 стр. 61).

PI – Transpulmonal pressure – транспульмональное давление $PI = P_{alv} - P_{pl}$ (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Ppl – pleural pressure – плевральное давление (давление в полости плевры) (подробно в гл 1.2 стр. 21).

«PPS», «**Proportional pressure support**» – Пропорциональная поддержка давлением. Режим ИВЛ изменяющий поддержку вдоха пациента прямопропорционально к величине инспираторного усилия. Аналог «PAV» (подробно в гл 3.20 стр. 199).

PPV (positive pressure ventilation) – способ ИВЛ, при котором на вдохе давление воздуха в дыхательных путях пациента выше атмосферного (подробно в гл 1.1 стр. 9).

Preset – заранее установленный, заданный. Программа или логическая схема аппарата ИВЛ срабатывает только тогда, когда нужная фазовая переменная достигает заданной величины (***preset time, preset flow, preset pressure, preset volume***). **Preset value** (заданная величина) в логических схемах, управляющих действиями аппарата ИВЛ является синонимом **threshold value** (подробно в гл 2.3 стр. 62).

Pressure – **давление** – это сила, приложенная к единице площади (подробно в гл 1.2 стр. 20).

Pressure controlled ventilation (PCV) – способ управления вдохом за счёт изменения давления (подробно в гл 2.2 стр. 52).

«**Pressure controlled ventilation**» («**PCV**») – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

«**Pressure controlled ventilation + assist**» – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

«**Pressure control**» («**PC**») – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

«**Pressure control assist control**» – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

Pressure Cycling – переключение с вдоха на выдох «по давлению». Когда аппарат ИВЛ переключается с вдоха на выдох «по давлению».

нию», это значит, что вдох будет продолжаться до тех пор, пока давление не достигнет установленного порогового значения. Как только датчик давления аппарата ИВЛ регистрирует пороговое значение, аппарат переключается на выдох (подробно в гл 2.6 стр. 74).

«**Pressure cycled ventilation**» – Режим с переключением с вдоха на выдох при достижении порогового уровня давления (подробно в гл 3.6 стр. 134).

«**Pressure support ventilation**», «**PSV**» – вентиляция с поддержкой давлением, режим спонтанной ИВЛ. Для начала вдоха может быть использован любой **patient trigger**. Переключение на выдох по потоку (подробно в гл 3.7 стр. 136).

Pressure trigger – Триггер по давлению. Триггер срабатывает на падение давления в дыхательном контуре аппарата ИВЛ (подробно в гл 2.4 стр. 66).

«**PRVC**», «**Pressure-regulated volume control**» – режим вентиляции на основе «**Pressure control ventilation**» или «**PCV**» особенность состоит в том, что уровень давления вдоха (inspiratory pressure) устанавливает аппарат ИВЛ на основе заданного врачом целевого дыхательного объема (target tidal volume). При создании режима использован принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CMV. Этот режим есть на аппаратах ИВЛ **Siemens 300, Servo-I, Avea Viasys, Inspiration e-Vent** (подробно в гл 3.17 стр. 189).

P_{tr} – **Transrespiratory pressure** – трансреспираторное давление $P_{tr} = P_{aw} - P_{bs}$ (подробно в гл 1.2 стр. 21).

P_{tt} – **Transthoracic pressure** – трансторакальное давление $P_{tt} = P_{alv} - P_{bs}$ (подробно в гл 1.2 стр. 21).

Pw – Transmural pressure – трансмуральное давление $P_w = P_{pl} - P_{bs}$ (подробно в гл 1.2 стр. 21).

R

Ramp – это отрезок кривой, не параллельный оси икс на графике, например: отрезок кривой описывающей изменение давления при переходе с нижнего уровня на верхний. Обычное значение слова **ramp** – наклонная плоскость соединяющая две горизонтальные поверхности. (стр. 139, 168)

Recruitment (Recruitment maneuver) – мобилизация (мобилизация спавшихся альвеол) – использование **PEEP** и динамики давления вдоха для расправления ателектазированных участков легочной ткани (подробно в гл 2.7 стр. 78).

Relative humidity – относительная влажность (ОВ) – это отношение реальной абсолютной влажности газа к максимальной абсолютной влажности для данной температуры газа, выраженное в процентах $(AB/MAB \times 100\%)$ (подробно в гл 1.3 стр. 34).

Residual volume (RV) – Остаточный объём – ОО – это объём воздуха в лёгких по завершении максимального выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

Resistance (Raw) (airway resistance) – резистанс – сопротивление дыхательных путей потоку дыхательной смеси. Размерность – $\text{смH}_2\text{O/Л/сек}$ или мбар/мл/сек (подробно в гл 1.2 стр. 25).

S

«SIMV» («synchronized intermittent mandatory ventilation») – синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция.

Этот термин используется, как название режимов ИВЛ, использующих способ согласования вдохов **IMV**, поэтому кроме главы 2.13(стр. 99) – везде в кавычках – «**SIMV**» (подробно в гл 3.8 стр. 137).

Space – пространство. В респираторной механике используется в значении «объём» например: **Dead space (DS) Мертвое пространство** – это суммарный объём воздухоносных путей (зона дыхательной системы, где нет газообмена) (подробно в гл 1.2 стр. 16).

Setpoint Control – принцип управления, при котором аппарат ИВЛ строго выдерживает установленные параметры режима. Например, дыхательный объём или поток и длительность вдоха, или предел давления на вдохе и т.д. (подробно в гл 2.15 стр. 104).

Servo Control – принцип управления, при котором аппарат ИВЛ вносит поправки в управление потоком на вдохе. В опции «Automatic Tube Compensation» компенсируется сопротивление эндотрахеальной трубки, а в режиме «Proportional Assist Ventilation» аппарат ИВЛ оказывает поддержку вдоха пропорционально инспираторному усилию пациента. Принцип **Servo Control** использован в режимах «ATC» и «PAV» (подробно в гл 2.15. и 3.20. стр. 105, 199).

Smartcare/PS – это компьютерная программа устанавливаемая на аппаратах ИВЛ Evita-XL фирмы Dräger для управления режимом «ASB» («PSV») в ходе снижения респираторной поддержки и прекращения ИВЛ. Цель этой программы – постепенно и безопасно снизить поддержку до уровня, с которого можно успешно экстубировать пациента (подробно в гл 3.22 стр. 204).

«**SPAP**», «**Spontaneous Positive Airway Pressure**» – режим ИВЛ на аппаратах ИВЛ «**Ispiration**» фирмы e-Vent отличается от «**BiLevel**» на аппарате **Puritan Bennet 840** тем, что уровень поддержки давлением устанавливается раздельно для **P-high** и **P-low** (подробно в гл 3.11 стр. 174).

Spontaneous переводится как самостоятельный (подробно в гл 2.10 стр. 91).

Spontaneous Breath – спонтанный (самостоятельный) вдох. Это означает, что вдох был инициирован дыхательной попыткой пациента и завершен при попытке пациента начать выдох (подробно в гл 2.10. и 2.12 стр. 91,96).

«**Spontaneous pressure support**» («SPS») – синоним «PSV» (подробно в гл 3.7. стр. 136).

T

Tidal volume (V_T) – **Дыхательный объём** – это величина одного обычного вдоха или выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 16).

Time – время – мера длительности и последовательности явлений (подробно в гл 1.2 стр. 12).

Time constant (τ) – постоянная времени. Это произведение **комплаинс** на **резистанс**.

$$\tau = Cst \times Raw$$

Размерность постоянной времени – секунды. Показывает, как комплаинс и резистанс в совокупности влияют на скорость пассивного выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 29).

«**Time cycled assist control**» – синоним «CMV» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

Time Cycling – переключение с вдоха на выдох «по времени». При Time Cycling выдох начинается сразу после того как истекло **Inspiratory time** или «время вдоха» (подробно в гл 2.6 стр. 75).

Total cycle time (Ventilatory period) – общее время дыхательного цикла складывается из времени вдоха (**Inspiratory time**) и времени

выдоха (**Expiratory time**) (подробно в гл 1.2 стр. 14).

Total lung capacity (TLC) – **Общая ёмкость лёгких – ОЕЛ** – это объём воздуха в лёгких по завершении максимального вдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

Total PEEP – суммарное ПДКВ, или ПДКВ получаемое при измерении давления в дыхательных путях во время паузы выдоха (**Expiratory hold**). **Total PEEP=AutoPEEP+PEEP** (подробно в гл 2.7 стр. 78).

Threshold – порог. **Threshold value** – пороговая величина. Часто используют просто **threshold** (например **threshold pressure** вместо **threshold value of pressure**) (подробно в гл 2.3 стр. 62).

Trigger переводится, как спусковой крючок, пусковое устройство, пусковое реле, запуск. Для аппарата ИВЛ – это пусковая схема включающая вдох (подробно в гл 2.4 стр. 65).

Trigger Variables – фазовые переменные, которые используются в качестве сигнала для срабатывания триггера и включения вдоха. В зависимости от настроек режима ИВЛ ими могут быть **время, поток, давление** и **объём** (подробно в гл 2.4 стр. 65).

V

«**VAPS**», «**Volume-assured pressure support**» – режим ИВЛ на аппарате **Bird 8400ST** аналог «**РА**» (подробно в гл 3.15 стр. 183).

«**VC+**» «**Volume control+**» – режим ИВЛ на аппарате **PB-840** аналог «**PRVC**» (подробно в гл 3.17 стр. 192).

«**Ventilation + patient trigger**» – синоним «**CMV**» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

Ventilatory Pattern – Паттерн ИВЛ складывается из варианта со-

гласования вдохов и способов управления вдохами **Breath Sequence+Control Variable** (подробно в гл 2.10 стр. 91).

Ventilatory period общее время дыхательного цикла синоним **Total cycle time** (подробно в гл 1.2 стр. 14).

Volume – Объём – это мера пространства. Для описания объёмов используются три слова: 1 Пространство (**space**), 2 Ёмкость (**capacity**), 3 Объём (**volume**) (подробно в гл 1.2 стр. 16).

Volume capacity (VC) – Жизненная ёмкость лёгких – ЖЕЛ – это объём вдоха после максимального выдоха (подробно в гл 1.2 стр. 17).

Volume Cycling – переключение с вдоха на выдох «по объёму».

Вдох будет продолжаться до тех пор, пока объём, заданный аппарату ИВЛ при настройке параметров ИВЛ, не пройдёт через управляющий клапан вдоха. Как только заданный объём доставлен пациенту, поток воздуха останавливается, и начинается выдох (подробно в гл 2.6 стр. 74).

Volume controlled ventilation (VCV) – способом управления является изменение дыхательного объёма (**Tidal volume**) (подробно в гл 2.2 стр. 50).

Volume trigger – Триггер по объёму. Триггер срабатывает на прохождение заданного объёма в дыхательные пути пациента (подробно в гл 2.4 стр. 66).

«**Volume controlled ventilation**» («**VCV**») – синоним «**CMV**» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

«**Volume control**» («**VC**») – синоним «**CMV**» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

«**Volume control assist control**» – синоним «**CMV**» (подробно в гл

3.4 стр. 113).

«**Volume cycled assist control**» – синоним «**CMV**» (подробно в гл 3.4 стр. 113).

Volutrauma – волюмотравма – повреждение объёмом (не порвали, а растянули). **Hyperinflation** – гиперинфляция альвеол – основной механизм волюмотравмы. Повреждение альвеолярных мембран приводит к повышению их проницаемости, накоплению внесосудистой воды в легких и выделению факторов системной воспалительной реакции (подробно в гл 1.3 стр. 39).

«**VV+**» «**Volume Ventilation Plus**» – «**Вентиляция по объёму плюс**» Данный термин не является именем режима ИВЛ. Это название использовано в качестве общего названия для двух режимов: «**VC+**» и «**VS**». Термин «**VV+**» в описаниях и инструкциях к аппарату Puritan Bennett 840 заменяет термин **Dual Control Breath-to-Breath Volume-targeted Ventilation**. Смысл работы аппарата в том, что и в «**VC+**», и в «**VS**» дыхательный объём, доставляемый пациенту сравнивается с целевым дыхательный объёмом, а во время следующего вдоха выполняется коррекция давления вдоха.

«**VS**» «**Volume Support**» – режим вентиляции на основе «**Pressure support ventilation**», в котором аппарат ИВЛ задаёт уровень давления поддержки для доставки целевого дыхательного объёма. При создании режима использован принцип управления Adaptive Control с паттерном ИВЛ DC-CSV. Этот режим есть на аппаратах ИВЛ **Siemens 300, Servo-i, Inspiration e-Vent и PB-840** (подробно в гл 3.16 стр. 188).

«**VTPS**», «**Volume targeted pressure support**» – режим ИВЛ на аппарате **Newport e500** аналог «**VS**» (подробно в гл 3.16 стр. 188).

«**VTPC**» «**Volume targeted pressure control**» – режим ИВЛ на аппарате **Newport e500** аналог «**PRVC**» (подробно в гл 3.17 стр. 191)

«Volume Control Inverse Ratio Ventilation» («VCIRV») – синоним «IRV» (подробно в гл 3.5 стр. 131).

Z

ZEEP zero end expiratory pressure – нулевое давление конца выдоха. В конце выдоха давление снижается до уровня атмосферного (подробно в гл 2.7 стр. 72).

Литература:

- Chang D W** Clinical Application of Mechanical Ventilation by David W. Chang 3d Edition 2006
- Chatburn R L** Fundamentals of Mechanical Ventilation: A Short Course on the Theory and Application of Mechanical Ventilators by Robert L. Chatburn 2nd Edition 2004
- Hess D R & Kacmarek R M** Essentials of Mechanical Ventilation by Dean R. Hess and Robert M. Kacmarek 2nd Edition 2002
- MacIntyre N R & Branson R D** Mechanical Ventilation by Neil R. MacIntyre and Richard D. Branson 2nd Edition 2008
- Papadakos P J & Lachmann B** Mechanical Ventilation: Clinical Applications and Pathophysiology by Peter J. Papadakos and B. Lachmann 2008
- Pilbeam S P** Mechanical Ventilation: Physiological and Clinical Applications (Mechanical Ventilation) by Susan P. Pilbeam and J. M. Cairo 4-th Edition 2006.
- Tobin M J** Principles and Practice of Mechanical Ventilation, by Martin J. Tobin 2nd Edition 2006
- Гриппи М** Патофизиология легких (перевод с английского) «Бином» М. 1997
- Кассиль В Л, Выжигина М А, Лескин Г С** Искусственная и вспомогательная вентиляция легких — М., 2004
- Сатишур О Е** Механическая вентиляция легких – М., 2006

Оглавление:

0.1. Введение.....	5
1.0 .Часть первая (основа взаимопонимания авторов и читателей) ..	8
1.1. Самая простая классификация аппаратов ИВЛ (или о чём speech).....	9
1.2. Респираторная механика – необходимый минимум	12
1.3. Повреждение легких при ИВЛ.....	33
2.0. Часть вторая (основы классификации режимов ИВЛ)	44
2.1. Вступление ко второй части книги.....	45
2.2. Управление вдохом (Control) и управляемая переменная (Control Variable).....	48
2.3. Фазы дыхательного цикла и логика переключения аппарата ИВЛ.....	61
3.4. Что такое trigger (триггер), или как аппарат ИВЛ узнаёт, что пора начать вдох?.....	65
2.5. Предельные параметры вдоха (Limit variable).....	69
2.6. Программа, выполняющая переключение с вдоха на выдох – Cycle.....	74
2.7. РЕЕР, СРАР и Baseline.....	77
2.8. Почувствуйте разницу (отличия программ работающих во время дыхательного цикла).....	81
2.9. Выяснение отношений между фазовыми и управляемыми переменными.....	83
2.10. Паттерны ИВЛ Ventilatory Patterns.....	91
2.11. Под знаком CMV.....	94
2.12. Под знаком CSV.....	96
2.13. Под знаком IMV.....	99
2.14. Использование принципа обратной связи в управлении аппаратом ИВЛ.....	103
2.15. Эволюция логических систем (принципов) управления аппаратом ИВЛ.....	104
2.16. Стратегия управления вдохом Control Strategy.....	108
Часть третья (имена режимов ИВЛ и характеристики).....	112
3.1. Внимание! Warning!.....	113

3.2.Режимы вентиляции и терминологическая путаница.....	114
3.3.CPAP.....	116
3.4.CMV.....	119
3.5.Inverse Ratio Ventilation.....	131
3.6.Pressure cycled ventilation.....	134
3.7.Pressure Support Ventilation.....	136
3.8.Intermittent Mandatory Ventilation + SIMV.....	145
3.9.Спонтанное дыхание на двух уровнях давления.....	157
3.10.Biphasic positive airway pressure (BIPAP).....	161
3.11.BiLevel.....	172
3.12.Bivent.....	175
3.13.Mandatory minute ventilation.....	178
3.14.Вступление к описаниям режимов с двойным управлением (Dual Control).....	181
3.15.Двойное управление в течение вдоха Dual control within a breath.....	183
3.16.Volume Support.....	186
3.17.PRVC.....	189
3.18.AutoFlow.....	194
3.19.Automode.....	197
3.20 Proportional assist ventilation или Proportional pressure support.....	199
3.21.NAVA.....	202
3.22.Smartcare PS.....	204
3.23.Adaptive support.....	206
3.24.Опции.....	211
3.25.Заключение.....	215
3.26.Словарь.....	225
3.26.Список литературы.....	251

Если Вы врач-реаниматолог, не можете ответить, что значат: «паттерн ИВЛ», «способ согласования вдохов», «способ управления вдохом», «управляемый параметр», «временные интервалы дыхательного цикла», «фазы дыхательного цикла», «фазовые переменные», «условные переменные» и «принцип управления», как работает триггер аппарата ИВЛ и как происходит переключение с вдоха на выдох – эта книга для Вас.

Мы постоянно сталкиваемся с тем, что одинаковые режимы ИВЛ на разных аппаратах имеют разные названия и, нередко разные режимы ИВЛ названы одинаково или почти одинаково.

Цель этой книги, – рассказать, как наши коллеги, врачи-реаниматологи, во всём мире договорились классифицировать режимы ИВЛ. Автором классификации является профессор Кливлендского университета Роберт Чатбурн (Robert L. Chatburn).

Эта классификация режимов ИВЛ утверждена на согласительной конференции по аппаратам ИВЛ (Consensus statement on the essentials of mechanical ventilators) Американской ассоциации по респираторной терапии и опубликована в 2001 году в 46 томе журнала «Respiratory Care» на стр. 604-621 под заголовком «A new system for understanding modes of mechanical ventilation».

Книга поможет понять, чем отличаются 6 вариантов режима «IMV» на аппаратах фирмы Dräger. Являются ли синонимами названия режимов: «BIPAP», «Duo-PAP», «ARPV/ Biphasic», «BiVENT», «Bilevel», «SPAP», «APRV», «Intermittent CPAP», «CPAP with release»? В книге описано 28 режимов созданных на основе способа согласования вдохов CMV. Как лаконично описать режим ИВЛ, чтобы его нельзя было спутать с другим и Вас поняли коллеги во всём мире? Авторы книги приводят описание всех известных им режимов ИВЛ – более шестидесяти.

Книга богато иллюстрирована и сопровождается англо-русским словарем респираторных терминов, что поможет Вам читать научную литературу и инструкции к аппаратам ИВЛ в оригинале.

Книгу написали А.С. Горячев и И.А. Савин – врачи реаниматологи высшей категории отделения реанимации НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.

Электронная книга - «Основы ИВЛ» и полный текст в формате PDF в свободном доступе на сайте www.nsicu.ru.

ISBN 978-5-902943-10-5



9 785902 943105