

# Характеристика спино-бульбо-спинального рефлекса при патологии центральной нервной системы

Д.м.н. Н.Г. СТАРОСЕЛЬЦЕВА

## Characteristics of spino-bulbar-spinal reflex in central nervous system pathology

N.G. STAROSEL'TSEVA

Казанская государственная медицинская академия

**Ключевые слова:** спино-бульбо-спинальный рефлекс, патология, нейрон.

**Key words:** spino-bulbar-spinal reflex, pathology, neuron.

Спино-бульбо-спинальный (СБС) рефлекс, или рефлекс вздрагивания, полисинаптический рефлекс, длинно-петлевой рефлекс, startle reflex — это разряд, генерируемый мотонейронами при раздражении соматических и висцеральных афферентов, он состоит из двух компонентов — раннего, или низкопорогового и позднего, или высокопорогового, замыкающихся соответственно через ретикулярную формацию (РФ) моста и продолговатого мозга [6, 16—18, 22—25]. Этот рефлекс ипсилатерален стимуляции соматического нерва [24].

РФ среднего мозга представлена нейронами клинообразного и глубокого мезэнцефалического ядер. Основными ядерными образованиями РФ моста являются: ретикулооральное и ретикулокаудальное ядра. В продолговатом мозге, на уровне перекреста пирамид, в латеральной области РФ выделяют ретикулярные дорсальное и вентральное ядра, ростральнее лежат ретикулярное перикеллюлярное и латеральное ядра. Медиальная область РФ продолговатого мозга представлена ретикулярным парамедианным ядром, которое переходит в ретикулярное гигантоклеточное ядро. Вдоль средней линии продолговатого мозга и моста обнаружены скопления нервных клеток, названные ядрами шва. В среднем мозге к ним примыкают ядра центрального серого вещества, располагающиеся вокруг сильвиева водопровода [1—3, 18, 23].

Нейроны медиальной РФ продолговатого мозга активируются при адекватной стимуляции рецепторов различных классов и электрическом раздражении нервов соматосенсорных и висцеральных систем (57% нейронов активируются ноцицептивными раздражителями), в меньшей степени импульсами слуховой и зрительной систем [4]. Этот класс нейронов относится к высокопороговым.

Нейроны РФ моста легко активируются афферентными импульсами из зрительной, слуховой, вестибулярной, а также сенсомоторной систем и являются низкопорого-

выми [10]. Источниками информации от спинного мозга являются спиноретикулярные нейроны, которые активируются сенсорными стимулами болевой и неболевой модальности [8]. Такие волокна входят в ствол мозга дорсальным пучком, оканчивающимся на нейронах медиальной РФ продолговатого мозга и моста в латеральном ретикулярном ядре, и вентролатеральным пучком, оканчивающимся на нейронах РФ среднего мозга [2, 5]. Пути проводников неболевой модальности распределены более дорсально, чем высокопороговых афферентов болевой модальности (в дорсо-, вентролатеральном и вентральном канатиках) [1, 7].

Обнаружены полисинаптические связи нейронов бульбарной РФ с проприоспинальными нейронами спинного мозга, оказывающими преимущественно тоническое подавляющее действие на них, и в то же время потенцирующий эффект на СБС-рефлекс. Необходимо подчеркнуть, что одновременное развитие процессов возбуждения и подавления является результатом не изменения возбудимости мотонейронов (общее звено обоих рефлексов), а изменения ретикулоспинальных влияний на рефлекторную передачу в спинальных путях к мотонейронам. Приведенные данные подкрепляют концепцию А. Lundberg и соавт. [11—14], согласно которой основной принцип надсегментарного управления спинальной активностью заключается в нисходящем контроле активности интернейронов сегментарных рефлекторных дуг.

Один из вариантов генерации СБС-рефлекса — миоклонус. СБС-рефлекс при этом состоянии реализуется быстрыми путями, обусловленный повышенной активацией стретч-рефлекса, в противоположность возникновению ответа с такими же электрофизиологическими характеристиками при периферической стимуляции соматических нервов [19, 20]. Миоклонус, возможно, опосредуется механизмами, участвующими и в генерации СБС-рефлекса [21].

Таким образом, электрофизиологические показатели СБС-рефлекса, как одного из видов стимуляционных методов, могут рассматриваться как коррелят функциональной активности сенсомоторной системы стволового уровня [9], которая изменяется при различных видах патологии ЦНС. Ниже мы приводим обобщение данных, касающихся разных заболеваний, которые представлены по сравнению с нормой.

#### Нейрофизиологическая характеристика СБС-рефлекса в норме

Анализ изучаемого нейрофизиологического феномена, полученный у 137 здоровых добровольцев в результате регистрации СБС-рефлекторной активности, показал, что СБС-рефлекс состоит из двух компонентов (рефлекторных ответов): раннего, низкопорогового, — R2 и позднего, высокопорогового, — R1. Ответ, регистрируемый с трапецевидной мышцы поверхностными электродами, возникает при гомолатеральной электрической стимуляции локтевого нерва.

Тестирующий стимул электрического раздражения локтевого нерва интенсивностью, сопоставимой с одно- и двукратной величиной супрамаксимальной стимуляции, вызывает ранний компонент СБС-рефлекса (латентность 90,6 мс и длительность 43,5 мс). Этот ответ имеет несколько фаз, растянут по форме, имеет небольшую амплитуду. Основным электрофизиологическим свойством ответа является нестабильность проявления, быстрое подавление при увеличении интенсивности раздражения. В норме отмечается у 5—10% испытуемых.

При высокой интенсивности стимуляции (более 30 мА) эффект ингибиции раннего ответа сопровождается появлением позднего рефлекторного компонента ответа с латентностью, однако меньшей низкопорогового компонента (латентность — 47,1 мс и длительность — 54,5 мс). Высокопороговый компонент в подавляющем большинстве случаев (85,7%) имеет двухфазную форму в виде позитивно-негативного отклонения большой амплитуды (рис. 1). На рис. 2 курсор установлен для оценки нейрофизиологических показателей низкопорогового компонента.

По нашим наблюдениям, существуют три варианта СБС-рефлекторной активности: гипо- (10%), нормо- (80%) и гиперрефлекторный (10%). Дифференциальными нейрофизиологическими показателями, по которым осуществляется такое разделение, являются пороговая интенсивность стимуляции и паттерн ответа (количество фаз, амплитуда, длительность).

Гипорефлекторный вариант СБС-рефлекса представлен небольшой (до 200 мкВ) амплитудой R1-компонента, появляющейся при интенсивности стимуляции более 40 мА. Сенсибилизирующие методические приемы (увеличение частоты стимуляции и интенсивности) не способствовали облегчению проявляемости ответа. Гиперрефлекторный вариант характеризовался низким (до 20 мА) порогом возникновения ответа с количеством фаз более 3, увеличенной длительностью, средним показателем амплитуды более 400 мкВ. Норморефлекторный вариант характеризовался пороговой интенсивностью стимуляции 30—40 мА (до 50 мА), двухфазной формой потенциала. Основным нейрофизиологическим свойством СБС-рефлекса является непостоянство проявления (габитуация) самого ответа. Этот факт был отмечен у испытуемых всех вариантов.

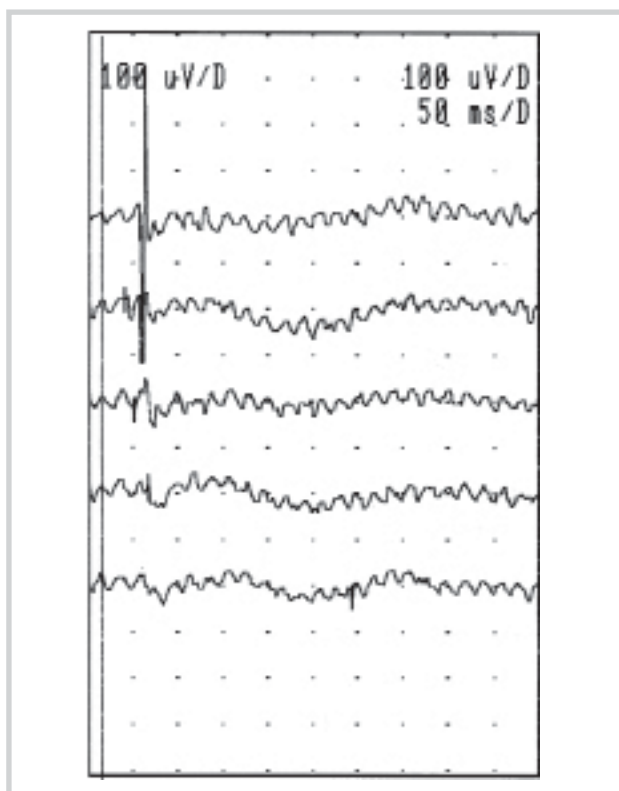


Рис. 1. СБС-рефлекс в норме, высокопороговый компонент.

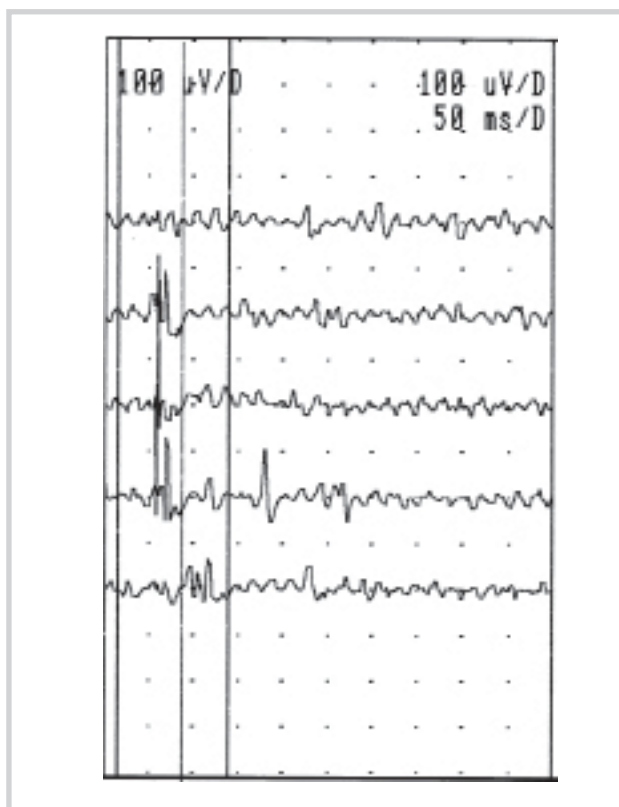


Рис. 2. СБС-рефлекс в норме, низкопороговый компонент (отмечен курсором).

Рефлекторная активность при гетеронимной стимуляции локтевого нерва не возникает. Таким образом, аф-

ферентная часть рефлекса и реализующая часть не перекрещиваются.

### СБС-рефлекс при синдроме Уильямсона

Регистрация рефлекторной активности в клинике избирательного поражения путей глубокой чувствительности верхней конечности сосудистого генеза (синдром Уильямсона) на стороне поражения обнаружила гиперрефлекторную активность, проявляющуюся в увеличении количества ответов (R1—R3), отсутствии закономерности стабильного проявления (рис. 3). Пороговая интенсивность стимуляции (6—7 мА) сравнима с таковой для регистрации Н-рефлекса (для М-ответа мышцы, отводящей V палец кисти, супрамаксимальная интенсивность составляет 12 мА). Для синдрома Уильямсона характерно увеличение доли ответов рефлекторной активности с большей латентностью, а ответ с латентностью 54 мс (R1-норма), хотя и возникает, но с небольшой по величине амплитудой. Ответы синхронные, с резко выраженной тенденцией стабильности к воспроизведению («расторможенность»). Таким образом, сохранность путей глубокой чувствительности оказывает тормозящее действие на систему генерации СБС-рефлекса.

### СБС-рефлекс при спиноцеребеллярной атаксии

Картина облегчения генерации низкопорогового СБС-рефлекторного ответа при невысокой интенсивности стимуляции отмечена также в клинике поздней пирамидно-мозжечковой дегенерации (рис. 4).

В клинике патологии спиноцеребеллярных путей с грубой пирамидной недостаточностью обнаружен выраженный рефлекторный низкопороговый компонент (67% случаев) при интенсивности стимуляции 9,8 мА (сравнимой с таковой для регистрации М-ответа — небольшая интенсивность) с латентностью 43,1 мс и длительностью 111 мс.

Гиперрефлекторная активность в виде расторможенного низкопорогового компонента (небольшая интенсивность стимуляции), проявившаяся при небольших интенсивностях стимуляции, свидетельствует о сегментарной гипервозбудимости, расторможенности Ia-афферентной импульсации. При этом не страдает рецепторная часть и проведение сенсорного импульса до псевдоуниполярного нейрона, сохраняется возможность сегментарной коррекции и реализации антагонистических взаимоотношений афферентной импульсации, вызванной высокопороговыми проводниками на сегментарном уровне. Дальнейшее проведение соответствующей информации невозможно ввиду органического дефекта: высокопороговый компонент рефлекторной активности не генерируется. Этот вариант сегментарного взаимодействия достигает крайнего выражения при снижении достаточного уровня проприоцептивной импульсации при органическом дефекте, поскольку в норме только в 10% случаев СБС-активность проявляется низкопороговым компонентом.

Наблюдения СБС-рефлекса при различных формах мозжечковых дегенераций (синдром Джозефа-Мачадо, атаксия Пьера—Мари) показали отсутствие рефлекторной активности. Мигательный рефлекс сохраняется у этой группы больных (анатомическая сохранность мостового уровня реализации мигательного рефлекса и, возможно, низкопорогового компонента СБС-рефлекторной системы). Не исключено, что в данном случае отсутствие

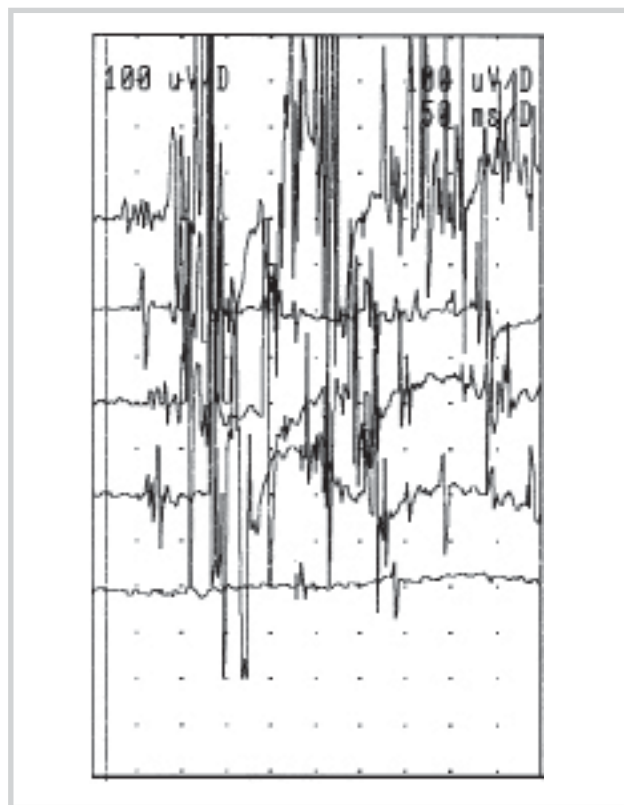


Рис. 3. СБС-рефлекс при синдроме Уильямсона (пороговая интенсивность стимуляции 6 мА).

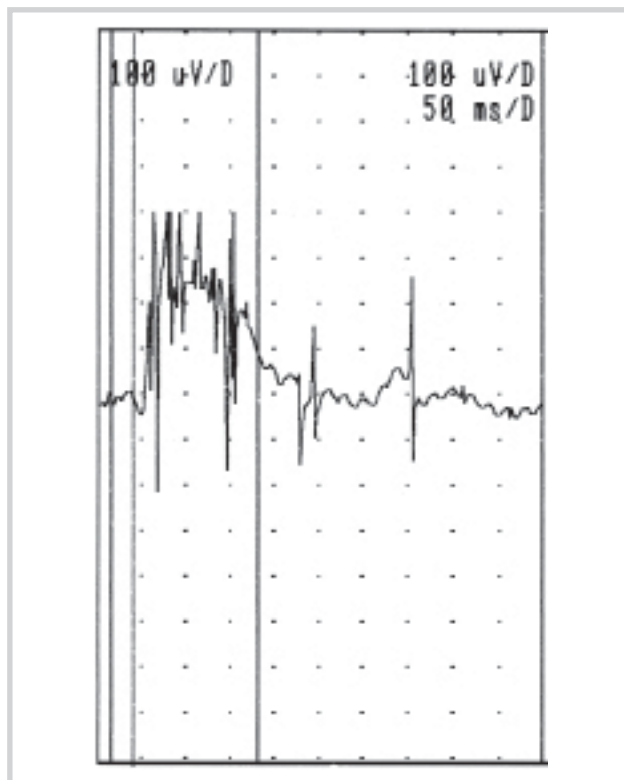


Рис. 4. СБС-рефлекторная активность при поздней пирамидно-мозжечковой дегенерации.

путей реализации (спиноцеребеллярные пути) является анатомической причиной отсутствия СБС-рефлексов.

### СБС-рефлекс при сирингомиелии

СБС-рефлекторная активность изучалась при поражении поверхностной чувствительности у больных сирингомиелией С8-Th4. Характерной особенностью рефлекторной полисинаптической активности при сниженном потоке чувствительности поверхностной и болевой модальностей являлась также выраженная экспрессия, проявляемость высокопорогового ответа, заключающаяся в увеличении длительности компонента R1. Также отчетливо проявлялись дополнительные рефлекторные ответы, однако паттерн сохранялся (рис. 5).

Дефицит поверхностной чувствительности проявлялся дополнительной СБС-рефлекторной активностью в виде большого количества одно- и двухфазных пиков на деполяризационной волне, что характеризуется как серия потенциалов концевых пластинок или повышенная электровозбудимость сегментарного аппарата. СБС-рефлекс регистрировался при поражении всех видов чувствительности (как поверхностной, так и глубокой на уровне С2-Th4 справа). Ответ зарегистрирован с латентностью 223 мс и длительностью 133,4 мс (рис. 6). Таким образом, СБС-рефлекс регистрировался на стороне нарушения поверхностной и глубокой видов чувствительности. Вероятно, в данном случае афферентные проводники представлены спиноретикулярными путями и проводниками неосознанного глубокого чувства.

### СБС-рефлекс при рассеянном склерозе

Изучение СБС-рефлекса проводилось у больных с рассеянным склерозом (РС) с различным сочетанием вовлеченных анатомических структур в патологический симптомокомплекс. Например, у больных преимущественно с синдромом динамической атаксии СБС-рефлекс не претерпел выраженных изменений ни в пороге интенсивности, ни во времени возникновения рефлекторного ответа, ни в форме.

СБС-рефлекторная активность у больных РС с преобладанием симптома равномерного диффузного снижения мышечного тонуса не проявляется ни в верхних, ни в нижних конечностях. Однако формируется Н-рефлекс верхних конечностей и F-волна (электрофизиологические характеристики этих рефлексов были в пределах нормы). Таким образом, система СБС-активности не связана функционально с сегментарной функциональной единицей. Возможно, воздействие реализующей супраспинальной СБС-рефлекторной системы происходит непосредственно на мотонейрон. Ответственным за способность генерировать СБС-активность, вероятно, является мозжечок, осуществляющий тоническое активирующее воздействие на систему (рис. 7).

Другая группа изменений рефлекторной активности наблюдалась в виде патологии движения, которая отражает непосредственно слабость церебеллярного контроля над процессом организации движения, и проявляется в виде интенционного тремора и мимоподания при проведении координаторных проб. Проявления вестибулотонических реакций были минимальны. Изменения СБС-рефлекса выражались в виде увеличения количества компонентов, кроме обычно выявляемых в норме R1 и R2, увеличения их амплитуды и длительности (рис. 8). Складывается впечатление, что рефлекторная активность напоминает произвольную, прерванную изоэлектрическим периодом, так называемым

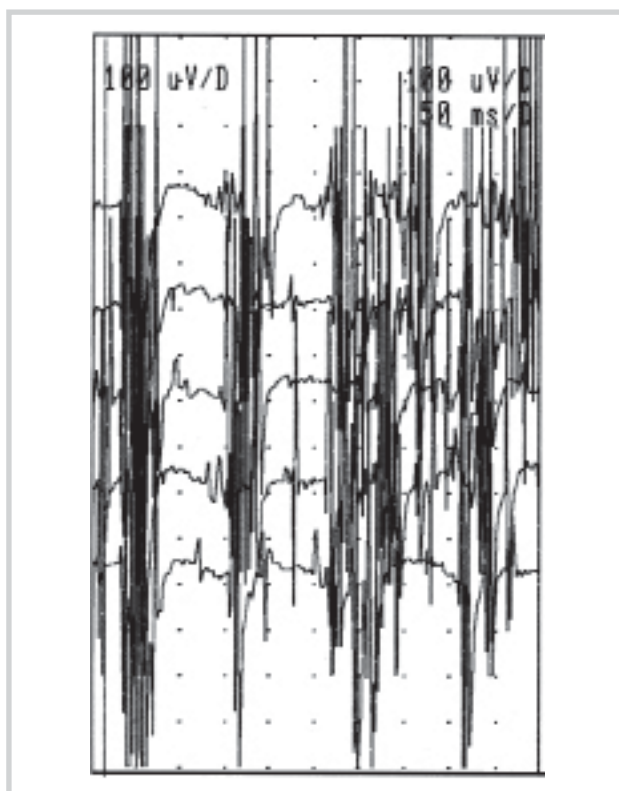


Рис. 5. СБС-рефлекторная активность при сирингомиелии С8-Th4.

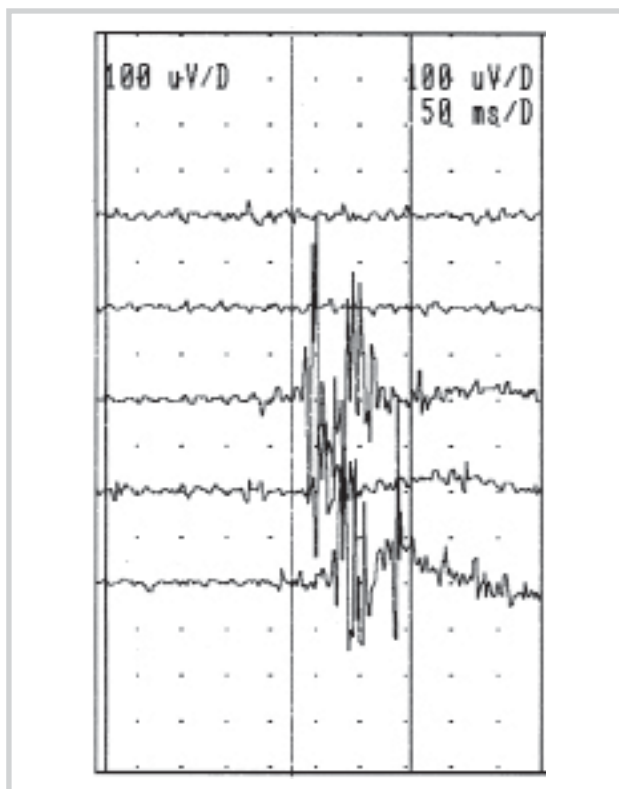


Рис. 6. СБС-рефлекс у больной сирингомиелией (описание в тексте).

периодом молчания произвольной активности в 35% случаев (рис. 8).



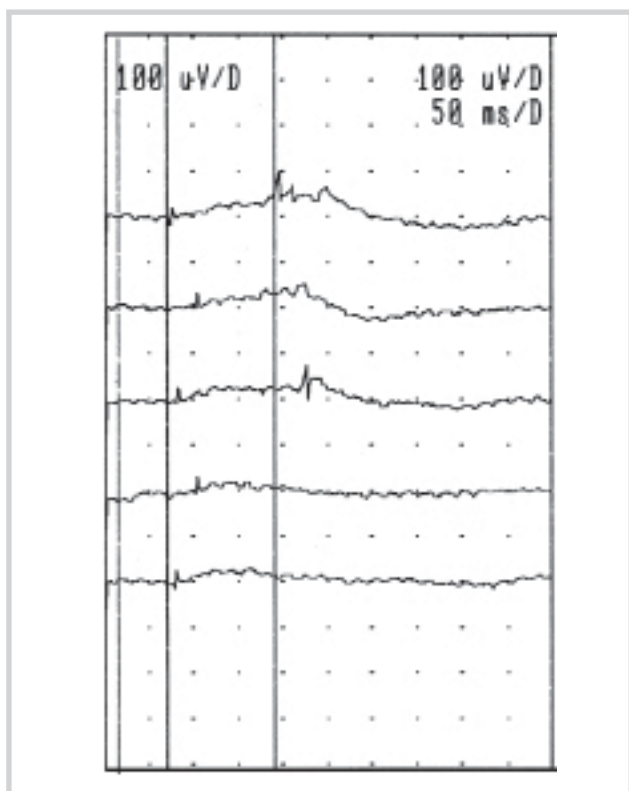


Рис. 7. Отсутствие СБС-рефлекторной активности в клинике синдрома гипотонии у больных РС.

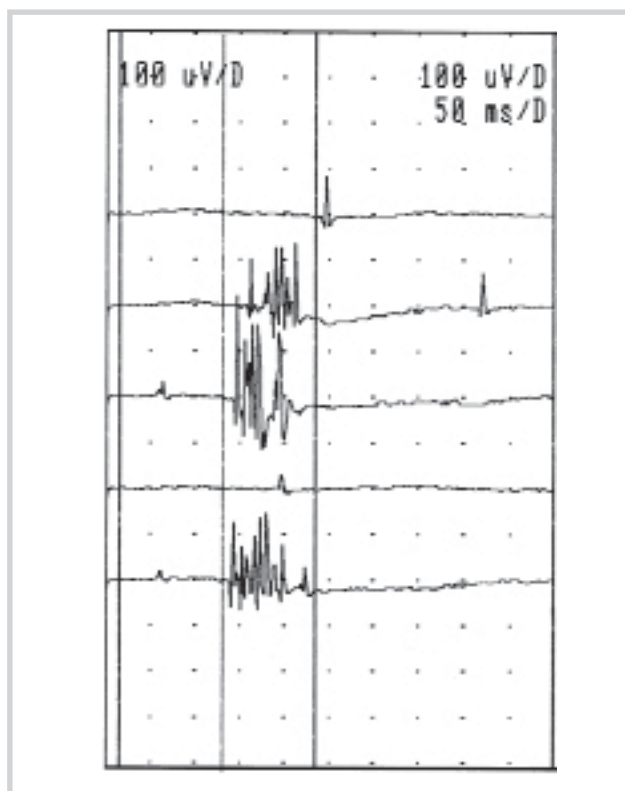


Рис. 9. СБС-рефлекторная активность при синдроме псевдобульбарного паралича.

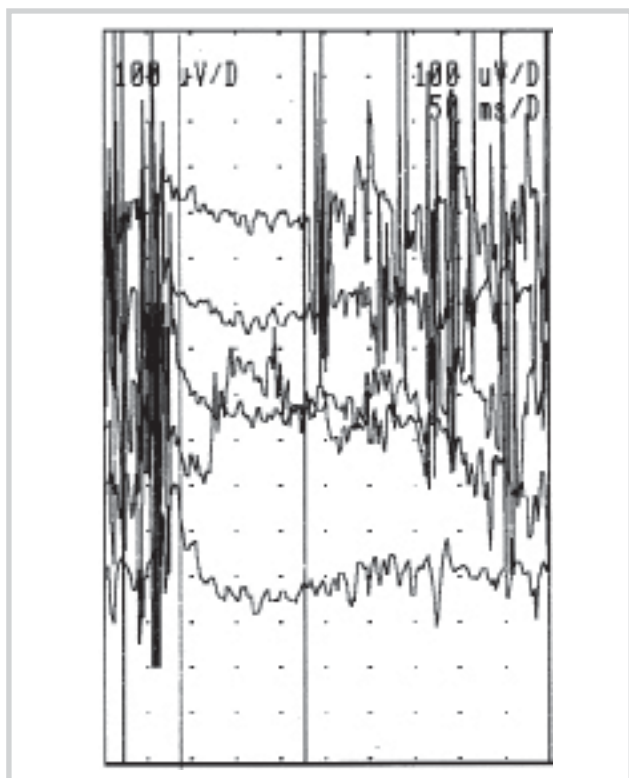


Рис. 8. СБС-рефлекторная активность синдрома динамической атаки у больных РС.

Таким образом, зарегистрировано 3 типа СБС-рефлекторной активности при различных клинических проявлениях РС.

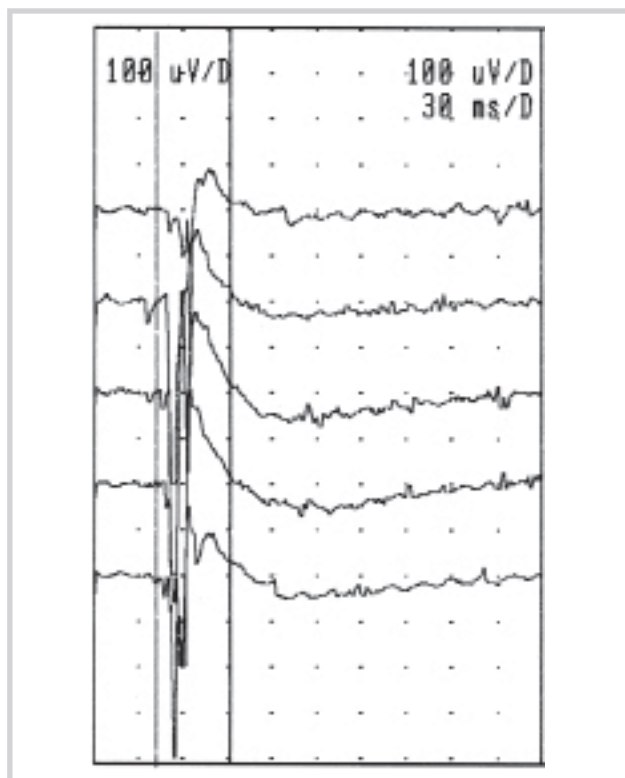


Рис. 10. Нормальный СБС-рефлекс при прогрессирующей надъядерной офтальмоплегии.

#### СБС-рефлекс при поражении среднего мозга

Обследовали больных с псевдобульбарным параличом и прогрессирующей надъядерной офтальмоплегией

(синдром Стила—Ричардсона—Ольшевского). Эти данные отражены на рис. 9 и 10.

При исследовании СБС-рефлекса при псевдобульбарном синдроме он возникал с латентностью 133,3 мс и длительностью 102,6 мс, что свидетельствует об изменении его электрофизиологических свойств (увеличение латентности и длительности ответа), связанным с органическим дефектом на уровне продолговатого мозга. Необходимо отметить отсутствие мигательного рефлекса при псевдобульбарном параличе (объективных признаков нарушения иннервации V, VII пар черепномозговых нервов не наблюдалось).

СБС-рефлекс не изменяет свои характеристики при прогрессирующей надъядерной офтальмоплегии, входящей в синдром развернутого прогрессирующего надъядерного паралича, что свидетельствует о сохранности эф-

фекторного звена, находящегося ниже верхних холмиков четверохолмия. Параметры мигательного рефлекса при этой патологии также практически не изменяются.

Не исключено, что относительная сохранность электрофизиологических показателей рефлекторной активности при синдроме Стила—Ричардсона—Ольшевского отражает анатомическую сохранность генерирующих рефлекторный ответ структур продолговатого мозга и моста от уровня ядер VI пары (блоковый нерв) до ядер X пары (блуждающий нерв). Возможно, отсутствие патологии тригеминофасциальной системы объясняет сохранность мигательного рефлекса. Учитывая большую величину латентности СБС-рефлекса при синдроме псевдобульбарного паралича, можно предположить облегчающий характер корковой иннервации на систему СБС-рефлекторной активности в норме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гокин А.П., Словачек М. Ретикулярные структуры и ретикуло-спинальные пути, участвующие в инициации и торможении спино-бульбоспинальной активности. *Нейрофизиология* 1976; 8: 4: 373—383.
2. Гокин А.П. Функциональные характеристики и топография спинальных проводящих путей низко- и высокопороговых рефлексов вздрагивания. *Нейрофизиология* 1986; 18: 4: 486—496.
3. Гокин А.П., Карпущина М.В., Лиманский Ю.П. Влияние стимуляции центрального серого вещества на низко- и высокопороговые рефлексы вздрагивания. *Нейрофизиология* 1989; 21: 1: 71—78.
4. Лиманский Ю.П. Синаптические изменения потенциала покоя отдельных нейронов ретикулярной формации продолговатого мозга. *Физиологический журн СССР* 1962; 48: 2: 126—133.
5. Пилявский А.И., Булгакова Н.В., Штраусс П. Ретикулярные пути передачи кортикофугальной импульсации. *Нейрофизиология* 1969; 3: 5: 491.
6. Преображенский Н.Н., Беженару И.С., Гокин А.П. и др. Синаптическая активация промежуточных нейронов грудного отдела спинного мозга ретикуло-спинальными путями. *Нейрофизиология* 1972; 4: 6: 566—578.
7. Duda P., Pavlasek J. Localization of intraspinal longitudinal systems participating in the spreading of viscerosomatic activity. *Physiol Bohemoslov* 1977; 26: 2: 149—157.
8. Haber L.H., Moore B.D., Willis W.D. Electrophysiological response properties of spinoreticular neurons in the monkey. *J Comp Neurol* 1982; 207: 1: 75—84.
9. Hara Y., Nakaya H., Ally A., Kondo H. Effects of central nervous stimulants on spino-bulbo-spinal reflex potentials in cats. *J Vet Med Sci* 1997; 59: 10: 911—915.
10. Hardy S.G.P., Haigler H.S., Leichnetz G.R. Paralemniscal reticular formation: response of cells to noxious stimulus. *Brain Res* 1983; 267: 1: 217—223.
11. Lundberg A. Convergence and inhibitory action on interneurons in the spinal cord. *Forum in Med Sci (Los Angeles)* 1969; 231—265.
12. Lundberg A. The significance of segmental spinal mechanisms in motor control. In: *Symposial papers, 4th Internat. Biophys. Congr. Moscow 1972*; 1—13.
13. Lundberg A., Vyklicky L. Brain stem control of reflex paths to primary afferents. *Acta Physiol Scand* 1963; Suppl 213: 91.
14. Lundberg A., Vyklicky L. Inhibition of transmission to primary afferents by electrical stimulation of the brain stem. *Arch Ital Biol* 1966; 104: 1: 86.
15. Nokura K., Yamamoto H., Ohsawa H., Miyata E. Expiration-like movement and spino-bulbo-spinal reflex in a patient with apnetic coma caused by anoxic encephalopathy. *Rinsho Shinkeigaku* 1997; 37: 10: 876—880.
16. Oliveras J.L., Woda A., Guibaud G. et al. Inhibition of the jaw opening reflex by electrical stimulation of the periaqueductal gray matter in the awake unrestrained cat. *Brain Res* 1974; 22: 4: 429—439.
17. Pavlasek J., Duda P. The relation of activity of postsynaptic elements in the spinal cord to propriospinal and spino-bulbosplinal reflexes. *Physiol Bohemoslov* 1971; 20: 398.
18. Pilyavsky A.I. Characteristic of fast and slow corticobulbar fibers projections to reticulospinal neurons. *Brain Res* 1975; 8: 1: 49.
19. Rothwell J.C. Brainstem myoclonus. *Clin Neurosci* 1995; 96: 3: 4: 214—218.
20. Rothwell P., Villagra R., Donders R., Warlow C.P. The role of carotid atherosclerosis in the aetiology of ischaemic stroke. *111d Int. World Stroke Congress. Yth Eur. Stroke. Conf. 1—4.09.1996. Munich 1996*; 11.
21. Shibasaki H., Kakigi R., Oda K., Masukawa S. Somatosensory and acoustic brain stem reflex myoclonus. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1988; 51: 4: 572—575.
22. Shimamura M., Akert K. Peripheral nervous relation of propriospinal and spino-bulbosplinal reflex system. *Jap J Physiol* 1965; 15: 6: 577—589.
23. Shimamura M., Aoki M. Effects of spino-bulbosplinal reflex volleys on flexor motoneurons of hindlimb in the cat. *Brain Res* 1969; 16: 333—349.
24. Shimamura M., Kogure I., Igusa Y. Ascending spinal tracts of the spino-bulbosplinal reflex in cats. *Jap J Physiol* 1976; 26: 577.
25. Shimamura M., Livingston R.B. Longitudinal conduction system serving spinal and brain-stem coordination. *J Neurophysiol* 1963; 26: 2: 258—272.