

УДК 612.815

С. Г. Ефанова, Г. Е. Коропова, О. А. Шугуров

О ВЛИЯНИИ СТИМУЛЯЦИИ СОМАТИЧЕСКИХ АФФЕРЕНТОВ НА ПОТЕНЦИАЛЫ ДОРСАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВЫЗВАННЫЕ РАЗДРАЖЕНИЕМ ЧРЕВНОГО НЕРВА

Происхождению и динамике потенциала дорсальной поверхности (ПДП) спинного мозга посвящены работы многих исследователей [8—11, 13—15]. В большинстве из них рассмотрены изменения ПДП, зарегистрированных в области пояснично-крестцового утолщения спинного мозга [5—7 и др.]. Получены данные [1, 4, 16] о взаимодействии между импульсацией, поступающей в спинной мозг по соматическим и висцеральным афферентам, причем внимание исследователей было обращено и на ПДП, вызванные активацией симпатической цепочки или чревного нерва. Это естественно, так как о характере взаимодействия между нервными импульсами различного происхождения можно, в известной мере, судить по соответствующим спинномозговым потенциалам. Такими потенциалами, в частности, являются ПДП. Тем не менее, если «соматические ПДП» изучены сейчас более или менее полно (силовые отношения, динамика потенциалов при использовании кондиционирующих стимулов различной силы, амплитудно-частотные зависимости и т. п. [2, 3, 5—9], то этого нельзя сказать о «висцеральных ПДП». Мы изучали влияния одиночных кондиционирующих стимулов, наносимых на различные соматические нервы и на ПДП, вызванные одиночными тестирующими раздражениями чревного нерва.

Методика исследований

Опыты проведены на 14 спинальных и наркотизированных гексеналом (50 мг/кг) или нембуталом (15 мг/кг) и хлоралозой (45 мг/кг) кошках. Для отведения соматических и висцеральных ПДП ламинэктомия производилась в L_7-S_1 и $Th_{10}-Th_{12}$ сегментах спинного мозга. Препарировали соматические (*n. n. peroneus communis, peroneus superficialis, tibialis, suralis*), а также (*n. splanchnicus*). Электрические раздражения регулируемой амплитуды длительностью 50—150 мкс подводили к раздражающим электродам от радиочастотного выхода электронного стимулятора ГЭФИ-3-6У. Задержку тестирующего стимула по отношению к кондиционирующему изменяли от 0 до 5000 мс. Усиленные посредством УБП-2-03 биопотенциалы, отведенные серебряным шариковым электродом, регистрировали с помощью фотопроставки с экрана осциллографа С1-18. Температуру тела животного поддерживали на постоянном, нормальном уровне. Мозг и ванночки, в которых находились раздражающие электроды, заливали теплым вазелиновым маслом. Опыты начинали через 2—3 ч после операционной подготовки животного.

Результаты исследований

Как показали опыты, нанесение одиночного (силой 2,5—4 порога (П), по отношению к порогу наиболее возбудимых волокон гр. А α) кондиционирующего стимула на смешанный (*n. peroneus communis*) нерв приводит к угнетению всех компонентов потенциала дорсальной

поверхности, отводимого в Th_{12} сегменте, вызванного также одиночным стимулом, нанесенным на чревной нерв. Такой ПДП имеет более простую форму, по сравнению с тем, который можно зарегистрировать в пояснично-крестцовом утолщении спинного мозга в ответ на раздражение соматических (например, *n. peroneus communis* или *n. tibialis* [9—16] афферентов).

Как следует из рис. 1, А, «висцеральный ПДП» (вызванный стимулом силой 3,8 П) состоит, в основном, из двух частей: негативного (N)

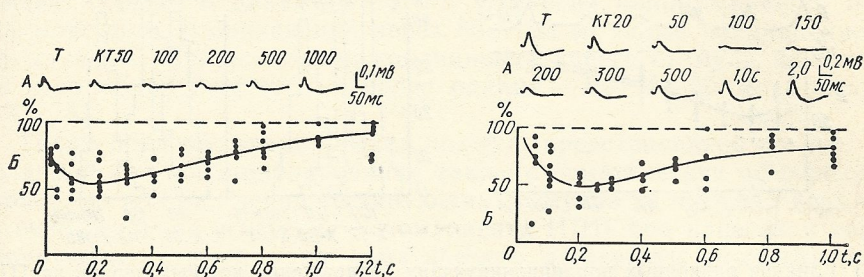


Рис. 1. Изменения ПДП, вызванного одиночным раздражением чревного нерва при нанесении кондиционирующих стимулов на *n. peroneus communis*.

А — осциллограммы типичного опыта, Б — график средних данных 12 опытов. Т — ПДП, зарегистрированный в Th_{12} сегменте в ответ на одиночное раздражение чревного нерва силой 3,8 П. Цифры — интервал времени между кондиционирующим и тестирующим стимулами. По горизонтالي — интервал в с, по вертикали — амплитуда N компонента «висцерального ПДП» в %.

Рис. 2. Изменения ПДП, вызванного одиночным раздражением чревного нерва при нанесении кондиционирующих стимулов на *n. tibialis*.

А — изменение ПДП при одиночном раздражении чревного нерва (4,3 П) кондиционированием силой 2,6 П. Отведение в Th_{12} сегменте. Б — график изменения R -волны ПДП по средним данным 13 опытов. Обозначения см. рис. 1.

компонента, амплитуда которого составляет 0,15—0,3 мВ, а длительность 20—40 мс, и позитивной волны, длительность которой достигает сотен мс. Этот ПДП близок к описанному другими авторами, когда одиночные раздражения наносили на симпатическую цепочку [16]. Из рис. 1 А видно, что оба указанные компонента «висцерального ПДП» угнетаются в течение длительного (до 1000 мс) времени с максимумом на 100—200 мс. Угнетение обнаруживается уже на 15—20 мс, так как амплитуда негативного компонента при этих интервалах составляет 70—80% исходной величины. При максимуме снижения амплитуда негативного компонента составляла всего 40—70%. (рис. 1, Б).

Такая же динамика снижения амплитуды N компонента и R -волны «висцерального» ПДП обнаруживается и при нанесении одиночных кондиционирующих стимулов на другой смешанный афферентный нерв (*n. tibialis*), рис. 2. Здесь использовали кондиционирующий стимул в 3 П, а тестирующий — 3,8 П. Максимум эффекта угнетения обнаруживался приблизительно в том же временном интервале, глубина угнетения при этом практически не отличалась от наблюдаемой при использовании для кондиционирования нерва (*n. peroneus communis*). Аналогично изменяется и амплитуда позитивной волны ПДП (рис. 2, Б).

Дальнейшие опыты были проведены при использовании для кондиционирования кожных нервов (*n. n. peroneus superficialis, suralis*). Данные, полученные при нанесении кондиционирующих стимулов на эти нервы, приведены на рис. 3. На упомянутые соматические нервы (осциллограммы рис. 3, А, Б) наносили раздражения силой 2,8 П. Тестирующие стимулы (3,9 П) наносили на чревной нерв. Снижение амплитуды N компонента и позитивной волны до 50—60% исходной обнаруживалось на 50 мс. Такое же снижение показывает и позитивная волна

«висцерального» ПДП. В следующей группе опытов использовали многократную регистрацию потенциалов. На каждом из выбранных интервалов (150 и 800 мс) производили 144 регистрации. Одиночные или парные раздражения наносили через каждые 20 с в следующем порядке: тестирующее, при интервале 150, 800 мс тестирующее и т. д. Данные, полученные при нанесении кондиционирующих раздражений (п. п.

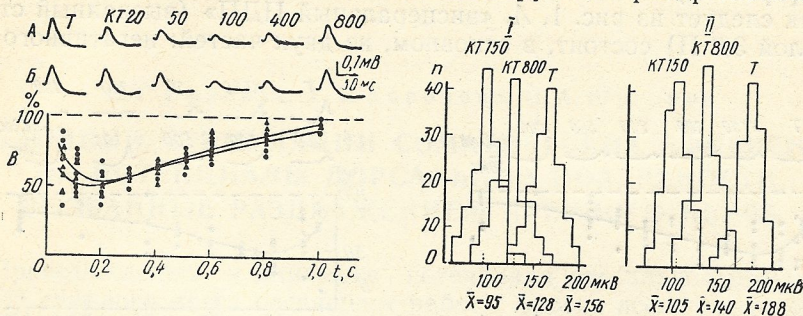


Рис. 3. Влияние одиночных кондиционирующих раздражений кожных нервов на ПДП, вызванный одиночными раздражениями чревного нерва.

T — ответы на одиночное тестирующее раздражение чревного нерва (3,9 П). Кондиционирующие раздражения силой 2,8 П наносили на п. *peroneus superficialis* (A) и п. *suralis* (B). B — график изменений N компонента ПДП при кондиционировании раздражением п. *peroneus superficialis* (построен по данным 14 опытов).

Рис. 4. Амплитудные гистограммы N компонента ПДП, полученные при нанесении кондиционирующих раздражений на кожные нервы.

Гистограммы построены по 144 регистрациям каждая. По горизонтали — амплитуда N компонента в мкВ, по вертикали — число повторений потенциалов данной амплитуды. Здесь же приведены средние значения ($\bar{X}$) амплитуды N компонента для каждой гистограммы.

peroneus superficialis, suralis), представлены в виде амплитудных гистограмм (рис. 4), где видно смещение гистограмм, полученных при кондиционировании, в сторону меньших амплитуд по сравнению с гистограммой для ответов на одиночные тестирующие раздражения. Средние значения амплитуды ($\bar{X}$), приведенные на этом рисунке, подтверждают длительность угнетения «висцерального» ПДП в результате предварительной стимуляции кожных нервов.

Обсуждение результатов исследований

Обращаясь к ПДП, вызванным одиночными раздражениями (п. *splanchnicus*), нужно отметить их относительно простую форму, по сравнению с наблюдаемыми в пояснично-крестцовом утолщении спинного мозга при стимуляции соматических афферентов.

Потенциал дорсальной поверхности, вызванный одиночными, умеренными по силе раздражениями (1,8—2,2 П) соматического нерва, возникает после небольшого латентного периода (2,5—3,5 мс) и начинается с положительно-отрицательного быстрого компонента (афферентный пик), за которым следуют негативные компоненты (N_1 , N_2 , N_3) сопровождающиеся позитивной волной [5, 6, 8, 10, 11, 13]. Как и в других работах [16], «висцеральный» ПДП имеет довольно большой латентный период, а его негативный компонент по своим параметрам (амплитуда, длительность, крутизна нарастания) подобен второму негативному (N_2) компоненту «соматического» ПДП. Аналогичными потенциалам, полученным при раздражении чревного нерва, являются «соматические» ПДП, вызванные в условиях блокирования проведения в наиболее низкороговых афферентах гр. Aβ (рис. 1, A). Подобные потенциалы легко получить, применяя известный метод анодного блока

импульсов [17]. При таких опытах «соматический» ПДП имел лишь негативный компонент, соответствующий N_2 компоненту «полноценного» ПДП, за которым следовала позитивная волна [7, 8].

Характерно, что если кондиционирующее одиночное раздражение наносить на один из афферентных нервов (например, *n. tibialis*), в котором с помощью поляризации блокировано проведение в наиболее низкопороговых афферентных волокнах, то N_1 компонент ПДП, вызванного тестирующим залпом, также угнетается в течение длительного времени. Однако в динамике этого угнетения обнаруживается лишь один максимум, возникающий через 80—120 мс после кондиционирующего стимула. При нанесении кондиционирующего стимула на интактный нерв обнаруживается и более ранний — на 15—30 мс максимум [2, 3, 7, 8].

Таким образом, эта динамика подобна представленной на рис. 1, 3, вызванной при кондиционировании также с соматических афферентных волокон, но при нанесении тестирующих стимулов на чревной нерв. Достаточно глубокое угнетение N компонента ПДП при нанесении кондиционирующих стимулов на соматические афференты подтверждается гистограммами на рис. 4, из которого следует, что при кондиционировании (*n. peroneus superficialis*) амплитуда N компонента ПДП, вызванного через 150 мс после предварительного раздражения, равна 60 и через 800 мс — 80% исходной величины.

При нанесении кондиционирующих стимулов на (*n. suralis*) в указанных интервалах амплитуда N компонента составляет 55 и 75% соответственно.

Как отмечалось, исследование динамики «соматических ПДП» показало, что в торможении N_1 компонента этого потенциала обнаруживается два максимума: ранний — при интервале 15—30 мс, и более поздний, соответствующий интервалам времени, при которых амплитуда «висцерального ПДП» максимально снижается. На основании этих данных сделано заключение о возможности существования двух деполяризующих систем, одна из которых активируется более низкопороговыми (гр. Аβ), а другая — относительно высокопороговыми (гр. Аγδ) афферентами, [2, 5, 6, 8]. Анализируя результаты исследований, можно предположить, что снижение амплитуды N компонента, показанное в описанных опытах, может быть обусловлено пресинаптическими процессами и что существование одного лишь максимума пресинаптического торможения свидетельствует о возможности конвергенции на терминалях афферентов потоков импульсов, вызывающих ДПА лишь от одной деполяризующей системы. Таким образом, в данном случае можно предположить существование аксо-аксонных связей на терминалях висцерального нерва (*n. splanchnicus*) с деполяризующей системой, активируемой относительно высокопороговыми афферентами гр. Аγδ. Такое предположение находит оправдание в том, что, как было показано предшествующими исследованиями [16], висцеральные импульсы конвергируют на тех же интернейронах, которые принимают импульсацию относительно высокопороговых (гр. Аγδ) афферентов. Это подтверждается окклюзией N компонента, вызванной стимуляцией симпатической цепочки и N компонента, вызванной раздражением соматических кожных нервов. Вполне возможно, что подобные взаимоотношения могут наблюдаться не только при поступлении к интернейронам возбуждающей импульсации от разных соматических источников, но и когда тормозные импульсы, идущие по афферентам данной группы, вызывают соответствующий тормозный эффект в аналогичных афферентах. Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективно

пресинаптическое торможение импульсов в волокнах данной модальности осуществляется импульсацией в аналогичных афферентах [9, 12]. В итоге можно сделать заключение о возможности тормозных пресинаптических влияний соматических афферентов на импульсацию, поступающую в спинной мозг по висцеральным нервам.

Л и т е р а т у р а

1. Ефанова С. Г., Шугуров О. А. Об изменениях потенциалов задних корешков спинного мозга под влиянием раздражения чревного нерва. Научн. доклады высшей школы (Биол. науки), 1975, № 1, с. 25—29.
2. Корогод С. М. Материалы к характеристике тормозных процессов, развивающихся на входе спинного мозга: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.—Днепропетровск, 1975.
3. Корогод С. М., Шугуров О. А. Об изменениях антидромных ответов афферентных нервов под влиянием кондиционирующих раздражений относительно высокопороговых афферентов. Науч. доклады высшей школы (Биол. науки), 1975, № 4, с. 34—38.
4. Костюк П. Г., Преображенский Н. Н. Механизмы интеграции висцеральных и соматических афферентных сигналов.—Л.: Наука, 1975.—222 с.
5. Моцный П. Е., Мурзин А. Б., Шугуров О. А. О механизмах угнетения первого негативного компонента потенциала дорсальной поверхности спинного мозга при повторной стимуляции периферического нерва. Научн. доклады высшей школы (Биол. науки), 1967, № 9, с. 49—53.
6. Моцный П. Е., Мурзин А. Б., Стадник С. А., Флоров А. К., Шугуров О. А. О характере изменения второго негативного компонента потенциала дорсальной поверхности спинного мозга под влиянием одиночных и ритмических кондиционирующих раздражений. Научн. доклады высшей школы (Биол. науки), 1967, № 11, с. 37—42.
7. Моцный П. Е., Толкачева Е. М., Шугуров О. А. О пресинаптическом торможении сегментарных вставочных нейронов.—Нейрофизиология, 1972, 5, № 1, с. 75—81.
8. Шугуров О. А. Об изменениях N_1 компонента потенциала дорсальной поверхности спинного мозга под влиянием кондиционирующих раздражений различной силы. Научн. доклады высшей школы (Биол. науки), 1971, № 6, с. 45—52.
9. Экклс Дж. Физиология синапсов.—М.: Мир, 1966.—395 с.
10. Barron D. H., Matthews B. H. C. The interpretation of the potential changes in the spinal cord.—J. Physiol. (L), 1938, 92, p. 276—321.
11. Bernhard C. G. The cord dorsum potentials in relation to peripheral source of afferent stimulation.—Cold. Spr. Harb. symp. quant. Biol., 1952, 17, p. 221—232.
12. Eccles J. C., Schmidt R. F., Willis W. D. Depolarization of central terminals of group Ib afferent fibres of muscle.—J. Neurophysiol., 1963, 26, p. 1—27.
13. Gasser H. S., Graham H. T. Potential produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots.—Am. J. Physiol., 1933, 103, N 2, p. 303—320.
14. Huges J., Gasser H. Some properties of the cord potentials evoked by a single afferent volley.—Amer. J. Physiol., 1934, 108, p. 295—306.
15. Huges Y., Mc Couch G., Stewart W. Cord potentials in the spinal cat.—Amer. J. Physiol., 1937, 118, p. 411—421.
16. Selzer M., Spenser W. A. Convergence of visceral and cutaneous afferent pathways in the lumbar spinal cord.—Brain. Res. 1969, 14, p. 331—348.
17. Wall P. D. Presynaptic control of impulses at the first central synapse in cutaneous pathway.—Physiol. of spinal neurons, 1964, 12, p. 92—118.

Днепропетровский университет:
Днепропетровский медицинский институт

Поступила в редакцию
22.V 1978 г.

S. G. Yefanova, G. E. Koropova, O. A. Shugurov

AFFERENT SOMATIC STIMULATING INFLUENCE ON DORSAL SURFACE POTENTIALS CAUSED BY IRRITATION OF TRUNCUS CELIACUS

Summary

The inhibition dynamics was studied for «visceral DSP» caused by irritation of truncus celiacus resulted from preliminary stimulation of somatic afferents. Because of the likeness between the inhibition dynamics of the «visceral DSP» negative component and the second negative component of «somatic DSP», an assumption is made on the convergence of visceral and somatic impulses received by relatively high threshold afferents to the same interneurons and also on the possibility of an inhibitory presynaptic influence produced by somatic afferents on impulsation received by the spinal cord via visceral nerves.