

15. Слонин А. Д. Физиология терморегуляции и термическая адаптация с/х животных. М.—Л., 1966.
16. Сытинский И. А. Гамма-аминомасляная кислота—медиатор торможения. Л., 1977.
17. Яичников И. К. Физиол. ж. СССР, 63, 10, 1398, 1973.
18. Юджин Робертс. Ж. эволюц. биохим. и физиол., 9, 5, 445, 1973.
19. Romanowski W. Acad. poton. Sci. Ser. Biol., 7, 83, 1959.
20. Sawyer C. K., Everett W., Green J. C. J. of Comp. neurology, 101, 3, 801, 1954.

«Биолог. ж. Армении», т. 35, № 6, 1982.

УДК 612.826.5:822

К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ОСОБЕННОСТЯМ МОЗЖЕЧКОВО-РУБРАЛЬНЫХ СИНАПСОВ

В. Л. ГОРОДНОВ, В. В. ФАНАРДЖЯН

Методом внутриклеточной регистрации активности рубро-спинальных нейронов исследовались особенности «унитарных» ВПСП, возникающих на раздражение промежуточного ядра мозжечка. Показана моносинаптическая природа указанных потенциалов. Анализ фазы восхождения и полуширины «унитарных» ВПСП дает основание полагать об их соматической локализации. Установлено облегчение в мозжечково-рубральных синапсах при парной стимуляции промежуточного ядра мозжечка. Предполагается постсинаптический механизм возникновения указанного облегчения.

Ключевые слова: рубро-спинальные нейроны, интерпозито-рубральные синапсы, мозжечок.

Одним из основных источников афферентации красного ядра является контралатеральное промежуточное ядро мозжечка [5, 7]. Показано, что стимуляция его приводит к моносинаптическому возбуждению рубро-спинальных нейронов [2, 12, 14] и, благодаря наличию постоянного разряда пресекционных нейронов промежуточного ядра мозжечка, оказывает тоническое деполяризующее влияние на нейронные элементы красного ядра [12]. Исследование мозжечково(интерпозито)-рубральных синапсов обнаружило, что они локализируются на соматической мембране нейронов красного ядра [3, 10, 14] и генерируемые этими синапсами возбуждающие постсинаптические потенциалы (ВПСП) обладают уникальными особенностями, проявляющимися в их незначительном облегчении или подавлении при нанесении пары стимулов или тетаническом раздражении [11]. В то же время исследование организации коркового синаптического входа к рубро-спинальным нейронам показало, что этот вход отличается от мозжечкового как по своей пространственной локализации на мембране тех же нейронов (синапсы этого входа расположены на дистальных дендритах) [2, 4, 6, 14], так и по своим функциональным свойствам, что проявляется в значительном облегчении при парном и частотном раздражении сенсомоторной области коры мозга [13].

Настоящая работа посвящена дальнейшему электрофизиологическому исследованию особенностей передачи в мозжечково-рубральных

синапсах с использованием методов регистрации «унитарных» или «минимальных» постсинаптических потенциалов (ПСП). Регистрация таких ПСП в последнее время все чаще применяется в нейрофизиологическом эксперименте и является перспективным методом анализа межнейрональных связей. Раздражение одного волокна или минимального количества афферентных элементов и анализ характеристик, вызванных таким раздражением ПСП, позволяет дать точную качественную и количественную оценку характера синаптической связи, пространственной организации соответствующих синапсов на соматодендритной мембране исследуемого нейрона, выявить особенности функциональных механизмов изучаемых проекций, квантовые характеристики синаптической передачи, механизмы мембранной и синаптической пластичности и многие другие [1, 8, 9].

Материал и методика. Эксперименты проводились на взрослых кошках, анестезированных нембуталом. Подход к красному ядру осуществлялся путем отсоса узкого канала мозговой ткани до обнажения верхних бугров четверохолмия. Микроэлектрод вводился под латеро-медиальным углом в 15° по стереотаксическим координатам в каудальную часть красного ядра. Для внутриклеточного отведения использовались стеклянные заточенные микроэлектроды с сопротивлением до 10 МОМ, заполненные 3М раствором КСl. Идентификация рубро-спинальных нейронов осуществлялась при их антидромной активации в результате раздражения рубро-спинального тракта на уровне S_2 спинного мозга. Стимуляция контралатерального промежуточного ядра мозжечка проводилась биполярными вольфрамовыми электродами с межэлектродным расстоянием в 1,5 мм. Длительность стимула составляла 0,01—0,1 мс, а сила стимула для вызова «унитарных» ВПСП колебалась от 10 до 80 мкА. Локализация раздражающих электродов контролировалась гистологически.

Результаты и обсуждение. На одиночное раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка в рубро-спинальных нейронах возникали ВПСП. Подбиралась минимальная фиксированная интенсивность стимула, на которую выявлялись ВПСП по закону «все или ничего», с флюктуацией амплитуды и с частым выпадением реакции. Небольшое уменьшение силы раздражения приводило к исчезновению ответа. Такие деполяризационные реакции нами рассматривались как «унитарные» или «минимальные» ВПСП. Всего было зарегистрировано 92 нейрона. Настоящее сообщение включает анализ ВПСП 18 нейронов. На рис. 1 (А, Б) представлен пример записи «унитарных» ВПСП в рубро-спинальном нейроне. Регистрация проведена в непрерывном (А) и ждущем (Б) режимах. Скрытый период возникновения ВПСП, измеряемый от артефакта раздражения до основания последнего, колебался в пределах 0,85—1,45 мс и в среднем равнялся 1,18 мс. ВПСП предшествовал двухфазный положительно-отрицательный пик, представляющий пресинаптический залп импульсов. Пресинаптический пик не исчезал после выхода микроэлектрода из клетки и регистрировался в составе потенциала поля. Скрытый период, измеряемый от момента перехода положительного отклонения в отрицательное в пресинаптическом пике до основания ВПСП, равнялся 0,36—0,65 мс (в среднем 0,48 мс) и представлял время синаптической задержки. Вычитание последнего из общего скрытого периода позволило определить время прохождения нервного импульса от контралатерального промежуточного

ядра мозжечка до красного ядра. Оно составило в среднем 0,65 мс, что говорит об отсутствии второго синапса на пути и, следовательно, о моносинаптическом происхождении регистрируемых ВПСП. Амплитуда «унитарных» ВПСП колебалась в пределах 0,27—1,48 мВ (в среднем

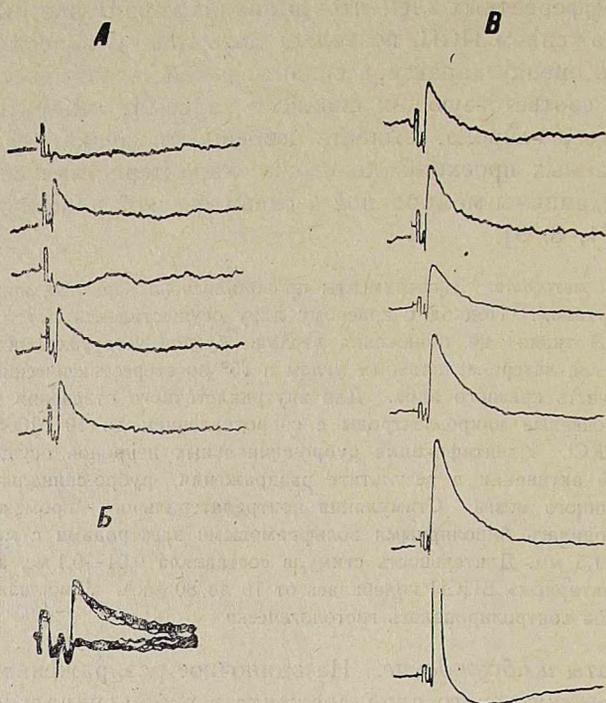


Рис. 1. Возбудительные постсинаптические потенциалы (ВПСП) рубро-спинального нейрона на раздражение промежуточного ядра мозжечка. А. «Унитарные» ВПСП, зарегистрированные при фиксированной силе стимуляции. Непрерывный режим записи. Б. То же самое в ждущем режиме записи. В. ВПСП в том же нейроне при увеличении силы стимуляции. Калибровка: 0,5 мВ, 1,0 мс.

0,8 мВ), они характеризовались быстрой фазой восхождения в 0,6—1,4 мс (в среднем 0,85 мс). Полуширина их, т. е. длительность, измеренная на уровне половины амплитуды, равнялась 1,5—4,8 мс (в среднем 3,5 мс). Последние два показателя свидетельствуют о соматической локализации мозжечково-рубральных синапсов [2, 11, 14]. При увеличении силы стимуляции амплитуда ВПСП увеличивалась, достигала критического значения и происходило генерирование потенциала действия, что видно на рис. 1 В

У 10 рубро-спинальных нейронов исследовалась модификация синаптической передачи методом парной стимуляции. У всех исследованных нейронов наблюдалось облегчение второго ВПСП. На рис. 2 А показан эффект парной стимуляции промежуточного ядра мозжечка на примере одного рубро-спинального нейрона. На рис. 2 Б представлен график зависимости амплитуды второго ВПСП от межстимульного интервала. За 100% принята амплитуда первого ВПСП. Как видно из

графика, максимальное облегчение наблюдается при интервале между стимулами в 3,0 мс. У того же нейрона парное испытание осуществлялось и при регистрации «унитарных» ВПСП, что также показало облегчение синаптической передачи (рис. 2В). У всех исследованных нейронов облегчение «унитарного» ВПСП на второй стимул находилось в за-

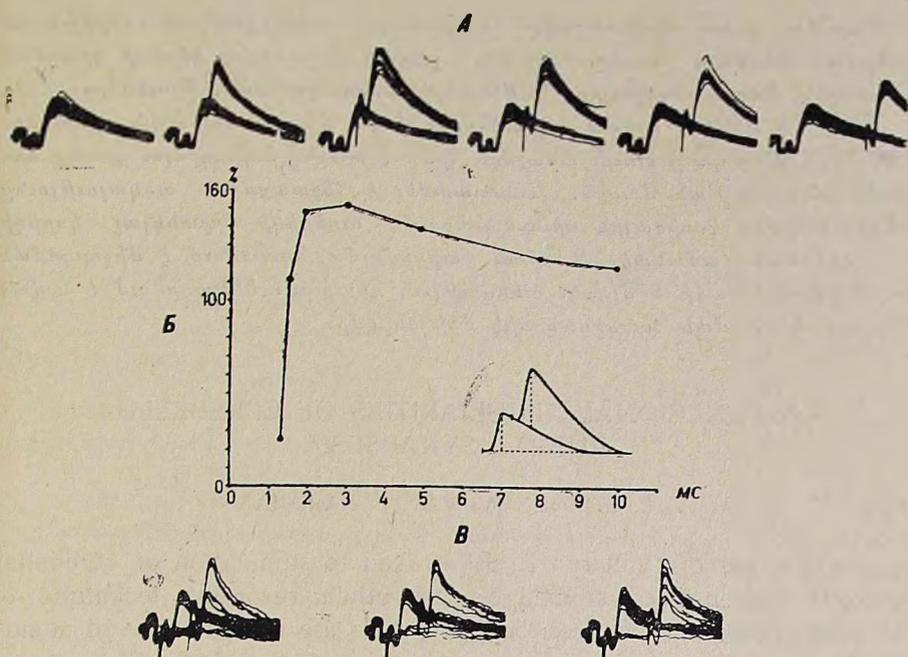


Рис. 2. Облегчение ВПСП в рубро-спинальном нейроне при парной стимуляции промежуточного ядра мозжечка. А. Парное испытание в рубро-спинальном нейроне. Б. График зависимости амплитуды второго ВПСП от межстимульного интервала. По оси ординат—амплитуда второго ВПСП, % по отношению к первому ВПСП, по оси абсцисс—межстимульный интервал, мс. В. Парное испытание в том же нейроне на «унитарном» ВПСП. Калибровка: 0,5 мВ, 1,0 мс.

висимости от эффекта первого стимула. Увеличение амплитуды второго ВПСП всегда происходило только в том случае, когда он возникал на деполяризационном сдвиге первого. В случае отсутствия ВПСП на первый стимул, амплитуда его на второй стимул не превышала контрольного уровня, т. е. была идентична амплитуде первого ВПСП. Отмеченное дает основание полагать о постсинаптическом механизме происхождения наблюдаемого облегчения.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
АН Армянской ССР

Поступило 5.II 1982 г.

ՌԻՂԵՂԻԿ-ԿԱՐՄԻՐ ԿՈՐԻՉԱՅԻՆ ՍԻՆԱՊՍԵՐԻ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Վ. Լ. ԳՈՐՈԴՆՈՎ, Վ. Վ. ՖԱՆԱՐՋՅԱՆ

Կարմիր կորիզ-ողնուղեղային նեյրոնների ակտիվության ներբջջային գրանցման մեթոդով հետազոտվել են ուղեղիկի միջանկյալ կիթիզի գրգռման հետևանքով ծագող «ունիտար» ԴՀՄՊ-ների առանձնահատկությունները:

Յույց է տրվում նշված պոտենցիալների միասինապայային բնույթը: ԴՀՄՊ-ների վերընթաց փուլի անալիզը հիմք է տալիս ենթադրելու դրանց սոմատիկ տեղակայման մասին: Հաստատվել է հեշտացման առկայությունը ուղեղիկ-կարմիր կորիզային սինապսներում՝ ուղեղիկի միջանկյալ կորիզի զույգ գրգռման ժամանակ: Դրդման մաքսիմումը նկատվում է միջգրգռման ժամանակահատվածի 3 մ/վրկ. տեղում: Ենթադրվում է նշված հեշտացման ծագման հետսինապտիկ մեխանիզմը:

ON FUNCTIONAL PECULIARITIES OF CEREBELLO-
RUBRAL SYNAPSES

V. L. GORODNOV, V. V. FANARDJIAN

Peculiarities of "unitary" EPSP evoked to stimulation of cerebellar interposital nucleus were studied by intracellular recording technique of rubrospinal neurons. The described potentials are shown to be of mono-synaptic type. Analysis of the rise phase and half-width of "unitary" EPSP suggest their somatic localization. Facilitation in cerebello-rubral synaptic transmission to paired stimulation of cerebellar interposital nucleus is found to take place. Maximum facilitation is observed at the interval of 3,0 ms between the impulses. The described facilitation is supposed to be of postsynaptic origin.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Воронин Л. Л. Успехи физиолог. наук, 11, 19, 1980.
2. Фанарджян В. В. О нейронной организации эфферентных систем мозжечка. М., 1975.
3. Фанарджян В. В., Саркисян Д. С. Докл. АН Армянской ССР, 47, 251, 1968.
4. Фанарджян В. В., Саркисян Д. С. Физиолог. ж. СССР, 55, 121, 1969.
5. Angaut F., Bowsher D. Nature, 208, 1002, 1965.
6. Brown L. T. J. Comp. Neurol., 154, 149, 1974.
7. Jansen J., Janseu Jr. J. J. Comp. Neurol., 102, 607, 1965.
8. Kandel E. R., Spenser W. A. Physiol. Rev., 48, 65, 1968.
9. Kuno M. Physiol. Rev., 51, 647, 1971.
10. Nakamura Y., Mizuno N. Brain Res., 35, 283, 1971.
11. Toyama K., Tsukahara N., Kosaka K., Matsunami K. Exp. Brain Res., 11, 187, 1970.
12. Toyama K., Tsukahara N., Udo M. Exp. Brain Res., 4, 292, 1968.
13. Tsukahara N., Kosaka K. Exp. Brain Res., 5, 102, 1968.
14. Tsukahara N., Toyama K., Kosaka K. Exp. Brain Res., 4, 18, 1967.