

УДК 612.826

ФИЗИОЛОГИЯ

В. Л. Городнов, член-корреспондент АН Армянской ССР В. В. Фанарджян

Корковые синаптические входы нейронов красного ядра

(Представлено 30/X 1978)

Основные афферентные входы в красное ядро (КЯ) представлены волокнами из промежуточного ядра мозжечка и сенсомоторной области коры мозга. Первые устанавливают синаптические контакты на соматической мембране рубральных нейронов (^{1,2}), вторые оканчиваются на отдаленных дендритах нейронов КЯ (^{3,4}). Электрофизиологический анализ указанных проекций показал, что дистальный синаптический вход благодаря кабельным свойствам дендритов обуславливает более медленное временное течение дендритных возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП) (⁵⁻⁷) по сравнению с соматическими ВПСП (⁸⁻¹⁰); имеется существенное различие в значении этих двух входов для процессов нейронной интеграции.

Морфологическими методами обнаружено, что нисходящие волокна в КЯ возникают и из других областей коры мозга (¹¹). Среди них особое внимание привлекает проекция из ассоциативного поля теменной коры (^{12,13}) — области, непосредственно участвующей в программировании двигательного поведения. Настоящая работа посвящена электрофизиологическому исследованию указанной проекции. В ней проведен анализ синаптических потенциалов, возникающих в нейронах КЯ на раздражение ассоциативной теменной области коры, сенсомоторной коры мозга и промежуточного ядра мозжечка.

Опыты проводились на взрослых кошках, наркотизированных нембуталом (40 мг/кг внутривенно). Доступ к КЯ осуществляли через обнаженную поверхность гиппокампа. Потенциалы отводили внутриклеточно стеклянными электродами, заполненными 3М хлоридом калия или 2М цитратом калия. Микроэлектрод вводился в КЯ под латеральным углом в 15° (¹⁴). Раздражающие биполярные металлические электроды (расстояние между кончиками 1,5 мм) вводили по две пары в моторную, соматосенсорную области, в переднюю супрасильвиеву извилину и в передний отдел средней супрасильвиевой извилины (ассоциативная область) ислатерального полушария коры мозга. Электроды погружали в кору мозга на глубину 2,0–2,5 мм от ее по-

верхности. Пару раздражающих биполярных электродов вводили в контралатеральное промежуточное ядро мозжечка. Идентификацию рубро-спинальных нейронов осуществляли посредством их антидромного возбуждения при стимуляции контралатерального рубро-спинального тракта на уровне второго шейного сегмента (C_2) спинного мозга.

Всего был зарегистрирован 161 нейрон; из них 119 были идентифицированы как рубро-спинальные. Одиночное раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка вызывало в нейронах КЯ ВПСИ, которые характеризовались крутой фазой восхождения (0,7—2,6 мсек; в среднем 1,27 мсек; $n=41$) и общей длительностью не более 7,0—30,0 мсек (в среднем 12,1 мсек) (рис. 1, A_1). Скрытый период возникновения ВПСИ колебался в пределах 0,7—1,5 мсек (в среднем

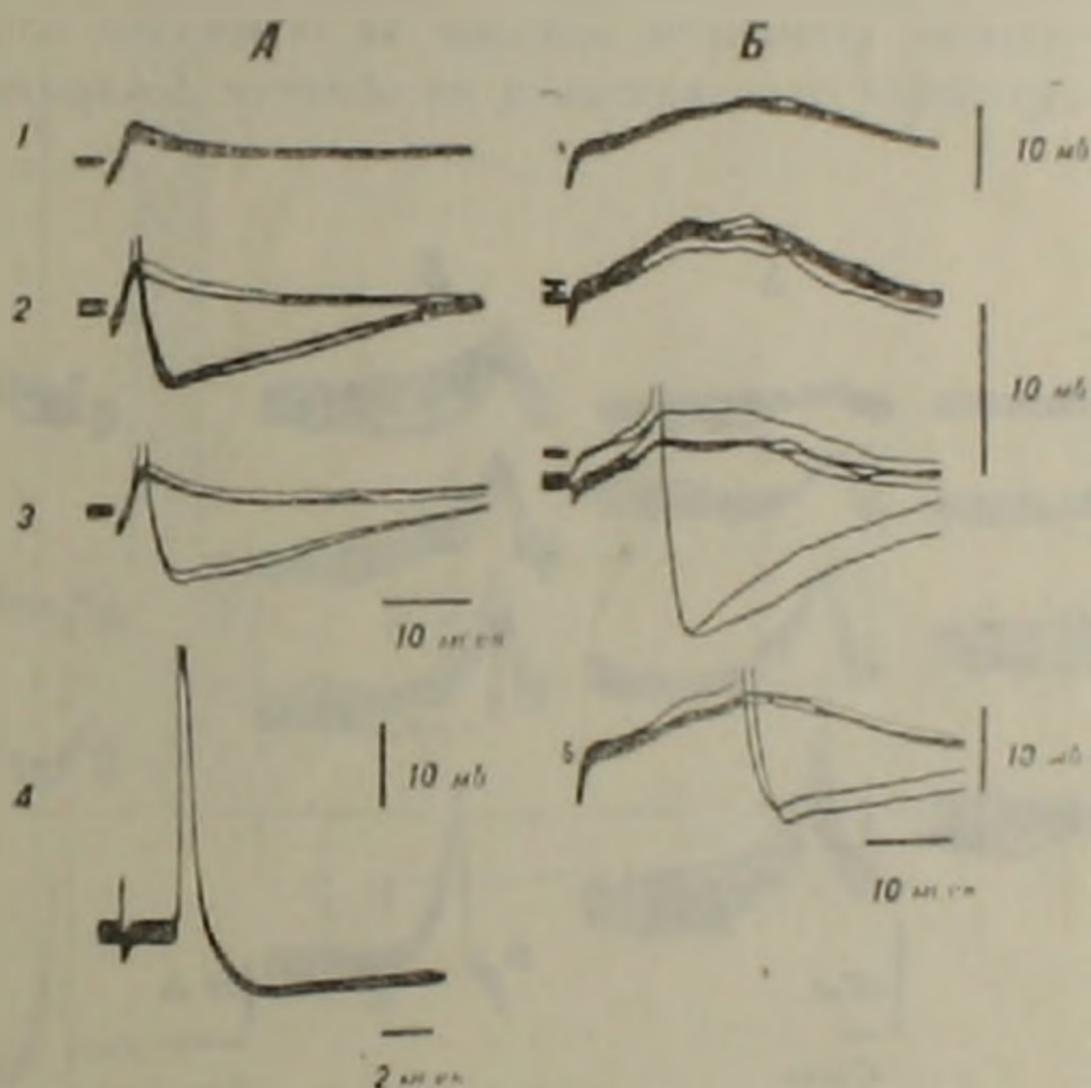


Рис. 1. Возбуждающие постсинаптические потенциалы и потенциалы действия рубро-спинального нейрона, вызванные раздражением промежуточного ядра мозжечка (A) и сенсомоторной области коры мозга (B). Сверху вниз—усиление интенсивности раздражения, приводящее к генерации потенциалов действия. A_4 —антидромный потенциал действия нейрона на стимуляцию C_2 сегмента. Все потенциалы, представленные на этом рисунке, а также на рис. 2, зарегистрированы при многократном наложении пробегов луча. Использовался усилитель постоянного тока

0,91 мсек; $n=40$). Если учесть, что время синаптической задержки для указанных ВПСИ охватывает 0,48—0,5 мсек ($n=14$), то следует признать их моносинаптическое происхождение. Усиление раздражения приводило к увеличению амплитуды мембранной деполяризации без изменения ее временного течения и к генерации практически во всех исследованных нейронах потенциалов действия, которые разрушали ВПСИ, возникая со скрытым периодом 1,0—3,5 мсек (в среднем 1,78 мсек; $n=40$) (рис. 1, $A_{2,3}$).

Совершенно новыми характеристиками обладали ВПСП нейронов КЯ, возникающие на одиночное раздражение сенсомоторной области коры ипсилатерального полушария мозга. Они отличались медленным течением. Время восхождения ВПСП составляло 2,8—13,0 мсек (в среднем 6,8 мсек; $n=52$), общая длительность 12,0—40,0 мсек (в среднем 24,4 мсек). Скрытый период выявления ВПСП равнялся 1,8—7,0 мсек (в среднем 3,1 мсек; $n=52$) (рис. 1. $B_{1,2}$, $2B_{1-3}$, B_{1-3}), что говорило об их моно- и полисинаптическом происхождении, поскольку время проведения по кортико-рубральным волокнам охватывает в среднем 1,5 мсек (⁵). При достижении ВПСП критического уровня часто возникали потенциалы действия (рис. 1. B_{3-4} , $2B_4$, B_3), ранний скрытый период выявления которых колебался в пределах 5,0—15,0 мсек (в среднем 9,6 мсек). Имеется основание полагать, что последние триггеруются начальным сегментом нейрона на основании электротонического распространения деполяризации из области дендритной мембраны (^{5,6,10}).

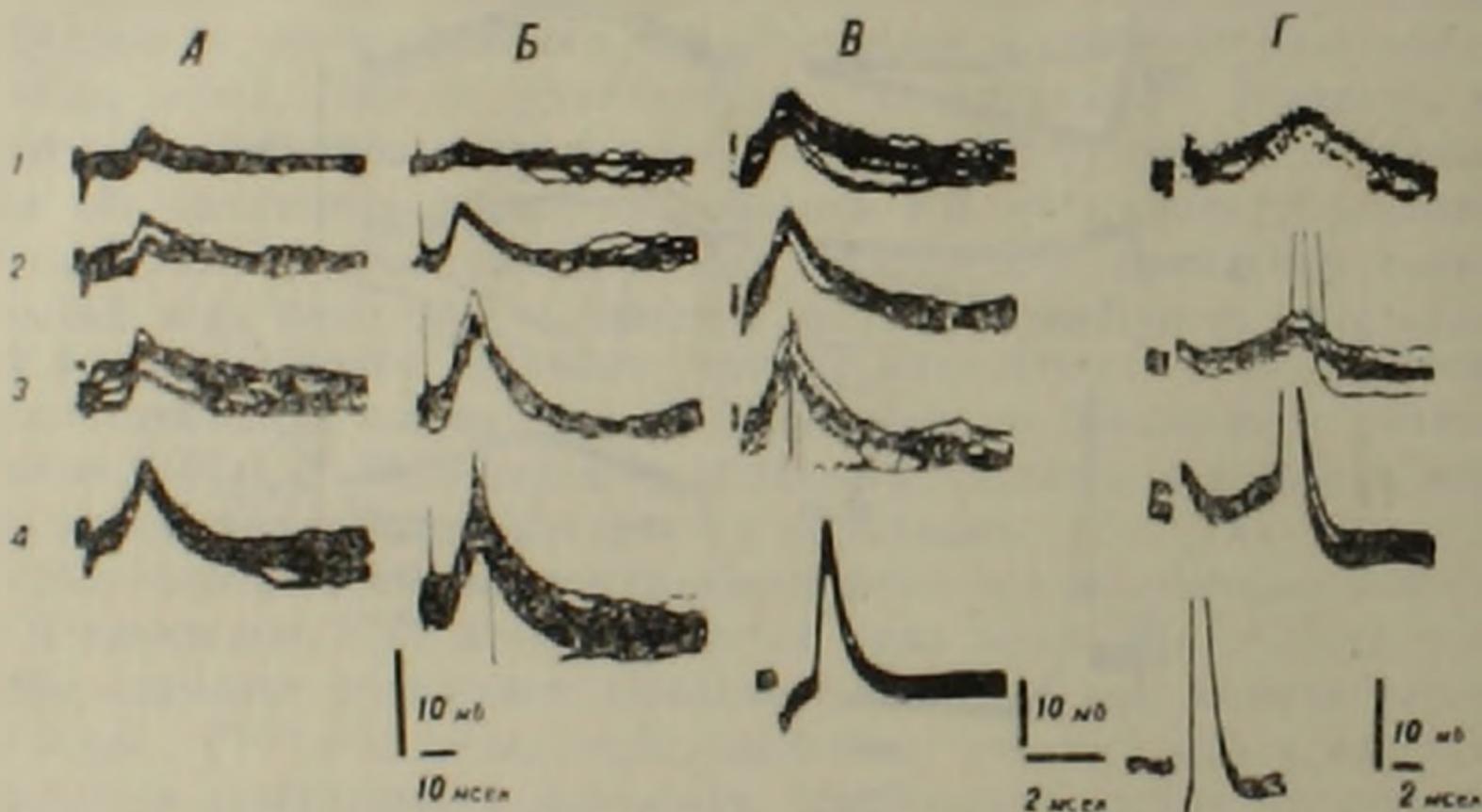


Рис 2. Постсинаптические потенциалы и потенциалы действия двух рубро-спинальных нейронов (А—В и Г) при раздражении ассоциативной (А, Г), соматосенсорной (Б) и моторной (В) областей коры мозга. Сверху вниз—усиление интенсивности раздражения. Видна генерация потенциалов действия B_4 , G_4 —антидромные потенциалы действия соответствующих нейронов на стимуляцию S_2 .

Нанесение одиночного раздражения на ассоциативную темную область коры мозга также вызывало ВПСП в нейронах КЯ. Амплитуда указанных ВПСП достигала максимума за 3,8—7,0 мсек (в среднем 4,88 мсек $n=7$) и составляла 1,2—4,5 мВ (в среднем 2,4 мВ); общая длительность равнялась 12,0—25,0 мсек (в среднем 17,1 мсек) (рис. 2.А). Скрытый период ВПСП охватывал 2,0—7,0 мсек (в среднем 3,18 мсек), что указывало на то, что часть этих потенциалов имела моносинаптическое происхождение. При увеличении силы раздражения

наблюдалась генерация потенциалов действия через 4,0–7,0 мсек после нанесения стимула (рис. 2,Г).

В настоящее время получило электрофизиологическое обоснование положение о наличии четкой зависимости длительности восходящей фазы постсинаптического потенциала от места локализации вызывающего его синапса на сома-дендритной мембране нейрона (15,16). Анализ с этой точки зрения характеристик исследованных нами ВПСП показал, что ВПСП, вызванные раздражением ассоциативной коры занимают как бы промежуточное место среди постсинаптических реак-

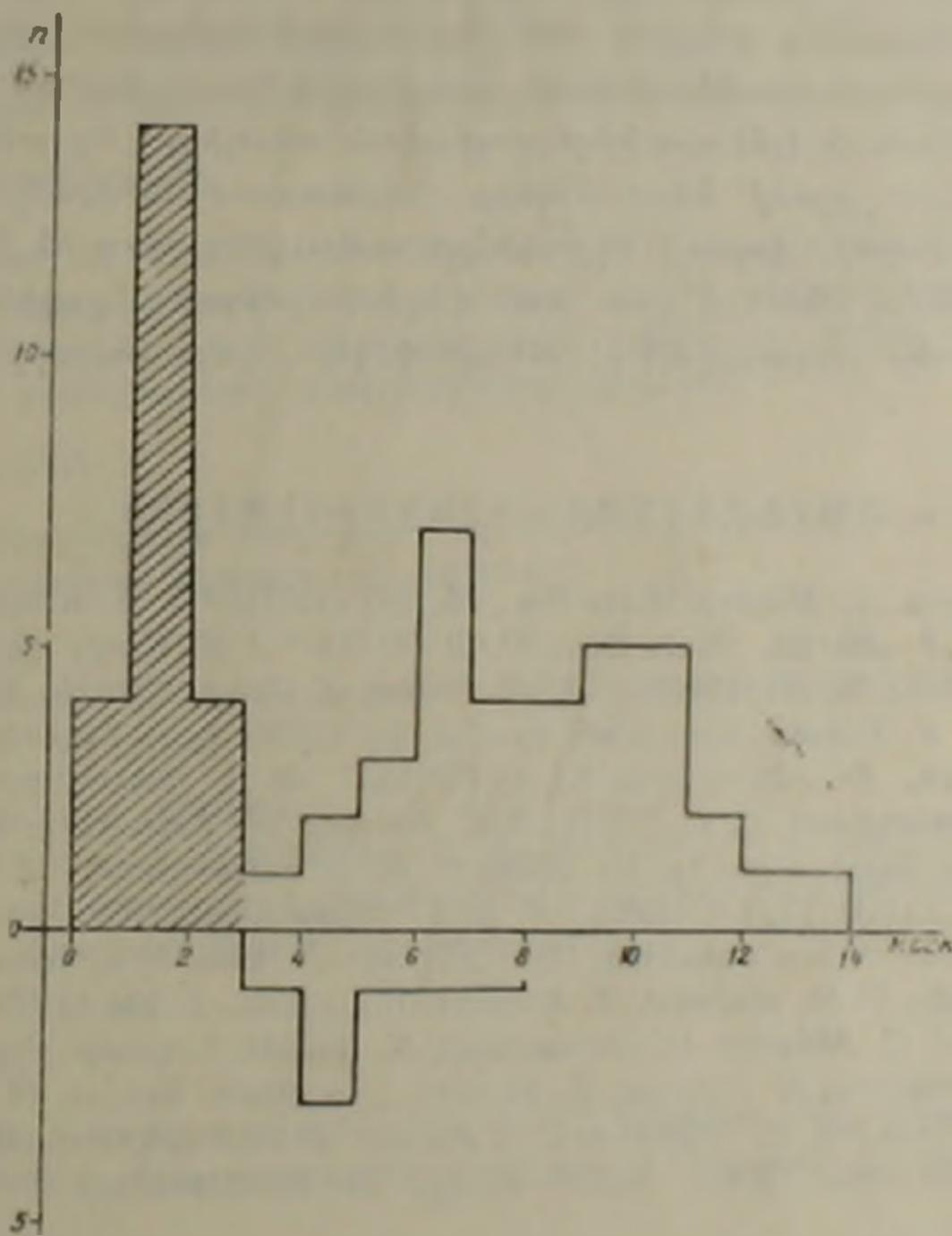


Рис. 3. Гистограмма распределения времени восхождения возбуждающих постсинаптических потенциалов нейронов красного ядра, вызванных раздражением промежуточного ядра мозжечка (отмечено штриховкой), ассоциативной (ниже оси абсцисс) и сенсомоторной (выше оси абсцисс) областей коры мозга. По оси абсцисс—время, мсек; по оси ординат—количество нейронов, n

ций, возникающих на стимуляцию промежуточного ядра мозжечка и сенсомоторной области коры мозга (рис. 3). Это дает основание полагать, что волокна из теменной ассоциативной области коры мозга устанавливают синаптические контакты на более проксимальных частях сома-дендритной мембраны нейронов КЯ, чем аксоны кортико-руб- ральных нейронов, расположенных в сенсомоторной области коры мозга.

Կարմիր կորիզի նեյրոնների կեղևային սինապտիկ մուտներ

Նեմբուրալով անզգայացված կառուցների մոտ միկրոլիկարոզային ներ-
բրջիչային գրանցման մեթոդի օգնությամբ հետազոտվել են կարմիր կորիզի
նեյրոնների սինապտիկ մուտերը ի պատասխան ուղեղիկի միջանկյալ կորի-
զի. ուղեղի զգայաշարժիչ և ասսոցիատիվ զազաթային շրջանների գրգռմանը:
Ցույց է տրվել, որ վերը նշված շրջանների գրգռման հետևանքով կարմիր կո-
րիզի կարմիր-կորիզ-օգնուղեղային նեյրոններում ժազում են գրգիչ հետա-
նապտիկ պատենցիալներ տարրեր մամանակային և ամպլիտուդային բնութ-
գրերով: Կատարվել է կարմիր կորիզի վրա ուղեղի ասսոցիատիվ զազաթային
կեղևի պրոնիցիաների էլեկտրաֆիզիոլոգիական անալիզը: Ծզրակացություն է
տրվել, որ նշված շրջանի ներվաթելերը հաստատում են իրենց սինապտիկ
կենտակտները կարմիր կորիզի նեյրոնների սոմա-դենդրիտային թազանթների
առավել պրոքսիմալ մասերի վրա, թան կեղև-կարմիր կորիզային նեյրոնների
աքսոնները, որոնք տեղադրված են ուղեղի կեղևի զգայա-շարժիչ շրջանում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ

¹ Y. Nakamura, N. Mizuno, Brain Res., 35, 283 (1971). ² J. S. King, R. M. Dom, J. B. Connor, G. P. Martin, Brain Res., 52, 61 (1973). ³ J. S. King, G. P. Martin J. B. Connor, Brain Res., 38, 251, (1972). ⁴ L. T. Brown, J. Comp. Neurol., 134, 149 (1974). ⁵ N. Tsukahara, K. Kosaka, Exp. Brain Res., 5, 102 (1968). ⁶ N. Tsukahara, F. Murakami, H. Hultborn, Exp. Brain Res., 23, 49 (1975). ⁷ В. В. Фанарджян, Д. С. Саркисян, Нейрофизиология, 3, 43 (1971). ⁸ К. Toyama, N. Tsukahara, K. Kosaka, K. Matsunami, Exp. Brain Res., 11, 187 (1970). ⁹ В. В. Фанарджян, Д. С. Саркисян, Физиолог. журн. СССР, 55, 121 (1969). ¹⁰ В. В. Фанарджян, О нейронной организации дифференциальных систем мозга, Изд. „Наука“, Л. 1975. ¹¹ E. Rinovik, Exp. Neurol., 12, 278 (1965). ¹² M. Mabuchi, T. Kusama, Brain Res., 2, 254 (1966). ¹³ N. Mizuno, K. Morizaki, C. Akimoto, R. Matsushima, K. Sasaki, J. Comp. Neurol., 147, 511 (1973). ¹⁴ N. Tsukahara, K. Toyama, K. Kosaka, Exp. Brain Res., 1, 18 (1967). ¹⁵ N. Tsukahara, H. Hultborn, F. Murakami, Y. Fujito, J. Neurophysiol., 38, 1359 (1975). ¹⁶ W. Rall, In Neuronal Theory and Modeling, 73-96, Standford, Standford Univ. Press, 1964.

