

УДК 612.827 612.822.3

ФИЗИОЛОГИЯ

А. О. Бантикян, О. П. Косоян

К электрофизиологическим особенностям нейронов ретикулярного ядра покрышки моста

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. В. Фанарджяном 8/VI 1983)

Для выяснения сложных механизмов кортико-мозжечковых взаимоотношений, обеспечивающих разнообразные двигательные процессы, были подвергнуты анализу особенности активности нейронов коры больших полушарий, мозжечка и ядер ствола мозга. Было показано, что строго координированное функциональное взаимодействие коры больших полушарий и мозжечка во многом достигается благодаря деятельности предмозжечковых структур, которые будучи связанными, иногда двусторонне, с мозжечком, получают также и корковые сигналы (¹⁻²). В этом отношении уникальную роль играет ретикулярное ядро покрышки моста Бехтерева, эфферентные нейроны которого проецируются только в структуры мозжечка, через его среднюю ножку (³⁻⁶). Рядом морфологических работ показано, что ретикуло-пonto-мозжечковые нейроны, проецирующиеся в мозжечок, дают обильные аксонные коллатерали в центральные ядра мозжечка (⁷⁻¹⁰). Показано наличие также обратной проекции из центральных ядер мозжечка в ядро Бехтерева (¹¹⁻¹⁴). Наряду с этим недостаточно исследованы функциональные характеристики указанных связей. В настоящей работе проведен электрофизиологический анализ проекции эфферентных нейронов ядра Бехтерева в структуры мозжечка.

Опыты проводили на 38 взрослых кошках, наркотизированных нембуталом (40—50 мг/кг, внутривенно). Для отведения активности нейронов ядра Бехтерева использовали вентральный подход к стволу мозга. Раздражающие вольфрамовые биполярные электроды стереотаксически вводили в контралатеральные центральные ядра мозжечка (промежуточное, зубчатое и фастигиальное ядра), в верхнюю и среднюю ножки мозжечка. Внутриклеточное отведение активности отдельных нейронов ядра Бехтерева осуществляли с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных 3 М раствором хлористого калия или 2 М раствором цитрата калия. После каждого эксперимента производили метку пунктов отведения и раздражения и местоположение кончиков электродов контролировали гистологически.

Была зарегистрирована активность 266 нейронов. Из них 202 нейрона могли быть антидромно активированы на раздражение структур мозжечка. У 91 нейрона антидромные потенциалы действия (ПД) со скрытым периодом 0,15—1,4 мс (рис. 2, А) были отведены на стимуляцию средней ножки мозжечка. В отличие от нейронов медиального собственного ядра моста большое количество нейронов ядра Бехтере-

ва (51 клетка) отвечало антидромно также и на раздражение верхней ножки мозжечка. У 36 нейронов антидромные ПД со скрытым периодом 0,2—1,7 мс возникали только на стимуляцию верхней ножки мозжечка (рис. 2, Б).

Раздражение центральных ядер мозжечка также приводило к антидромной активации нейронов ядра Бехтерева. Так, на рис. 1, А по-

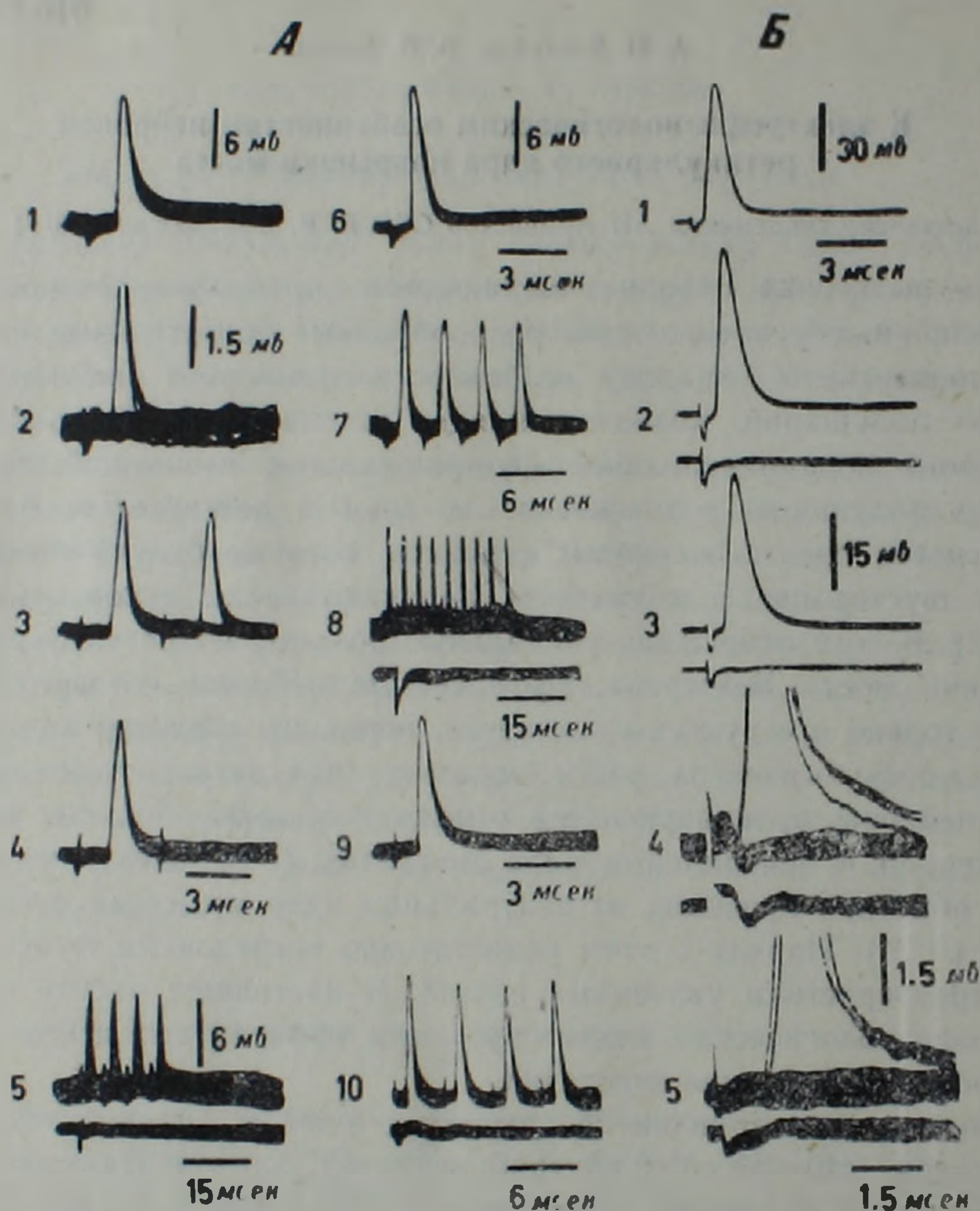


Рис. 1. Антидромная активация нейронов ядра Бехтерева, вызванная раздражением структур мозжечка. А и Б—два разных нейрона. А, 1—5—стимуляция верхней ножки мозжечка одиночным надпороговым (1), строго пороговыми (2) импульсами, двойными импульсами с разными интервалами (3, 4) и импульсами частотой в 300 Гц (5). А, 6—8—стимуляция промежуточного ядра мозжечка надпороговыми импульсами (6), импульсами частотой в 250 (7) и 400 (8) Гц. А, 9—10—стимуляция зубчатого ядра мозжечка одиночным надпороговым импульсом (9) и импульсами частотой в 250 Гц (10). Нижняя запись на А, 5, 8, 10—потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки. Б—стимуляция одиночными импульсами верхней (1), средней (2) ножек мозжечка, его зубчатого, промежуточного и фастигиального ядер. Нижняя запись на Б, 2—5—потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки.

Здесь и на рис. 3 потенциалы зарегистрированы при наложении 5—40 пробегов луча с частотой 1—5 Гц. Использовался усилитель постоянного тока

казан антидромно активируемый нейрон на раздражение верхней ножки мозжечка, его зубчатого и промежуточного ядер. Зарегистрированные ПД были оценены как антидромные, поскольку они характеризовались следующими особенностями: 1) коротким и фиксированным скрытым периодом; 2) отсутствием каких-либо синаптических потенциалов; 3) коротким рефрактерным периодом (в среднем 0,7—0,8 мс) на парное раздражение и 4) способностью воспроизводить ПД при частоте стимуляции порядка 300—500 Гц.

На рис. 1, Б дан пример антидромной активации другого нейрона ядра Бехтерева на раздражение верхней и средней ножек мозжечка, его промежуточного, зубчатого и фастигиального ядер. Вышеприведенные критерии и в этом случае служили основой для антидромной идентификации. Стимуляция зубчатого ядра мозжечка вызывала антидромную активацию у 61 нейрона ядра Бехтерева. Возникающие ПД выявлялись со скрытым периодом 0,15—1,2 мс (рис. 2, А). При испы-

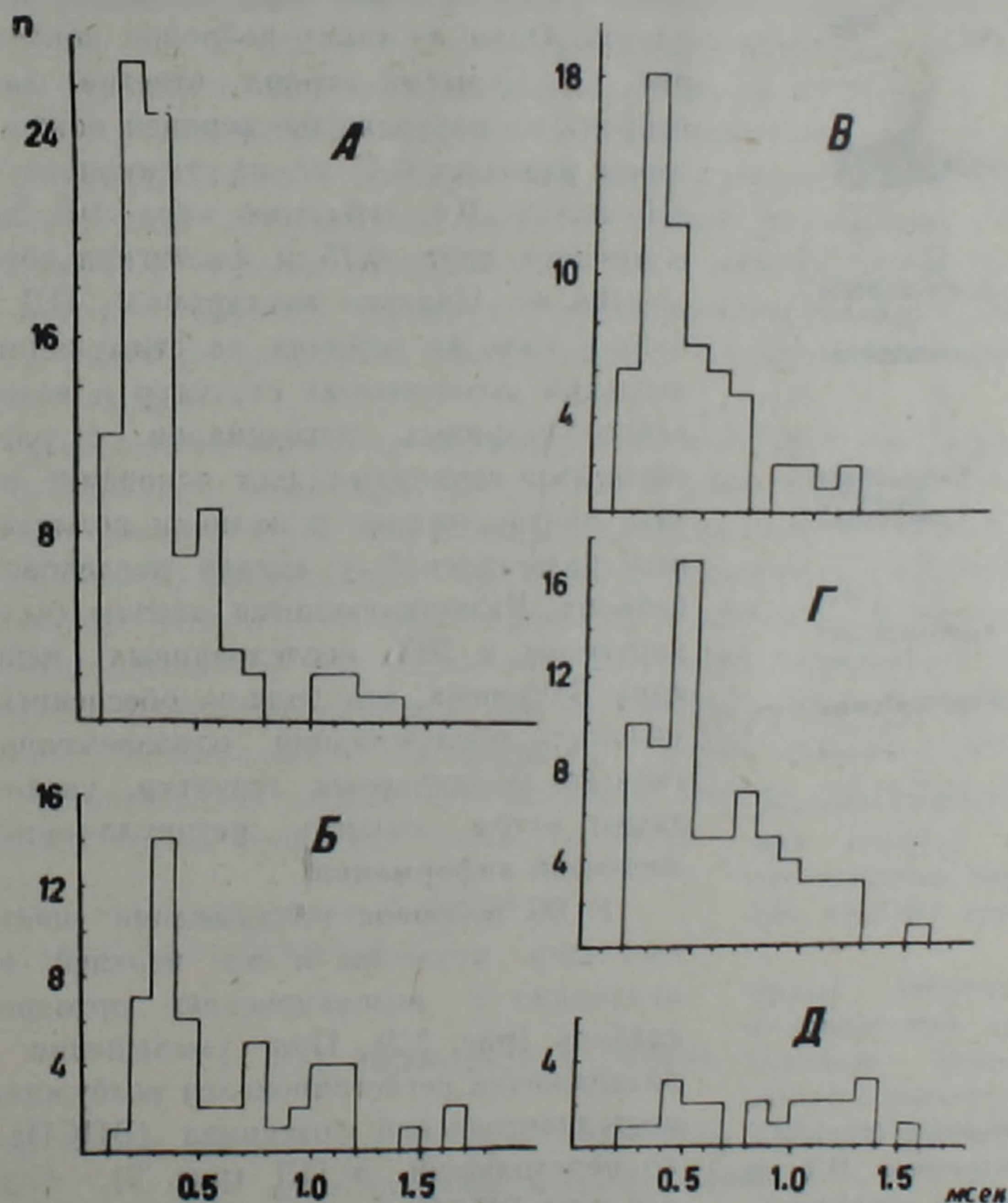


Рис. 2. Гистограммы распределения скрытых периодов антидромных потенциалов действия нейронов ядра Бехтерева, вызванных раздражением средней (А), верхней (Б) ножек мозжечка, его зубчатого (В), промежуточного (Г) и фастигиального (Д) ядер.

По оси абсцисс время в мс; по оси ординат—количество нейронов (n)

тании центральных ядер мозжечка наибольшее количество нейронов реагировало на раздражение промежуточного ядра мозжечка (72 клетки). Скрытые периоды ответов колебались в пределах 0,25—1,6 мс (рис. 2, Г). Только 22 нейрона отвечали антидромной активацией на раздражение фастигиального ядра мозжечка (скрытый период ответов составлял 0,2—1,6 мс) (рис. 2, Д).

Было показано, что часть исследованных нейронов могла быть антидромно активирована из разных структур мозжечка. Так, 17,3% из 202 исследованных нейронов антидромно активировались при раздражении средней и верхней ножек мозжечка. 9,8% нейронов реагировали на

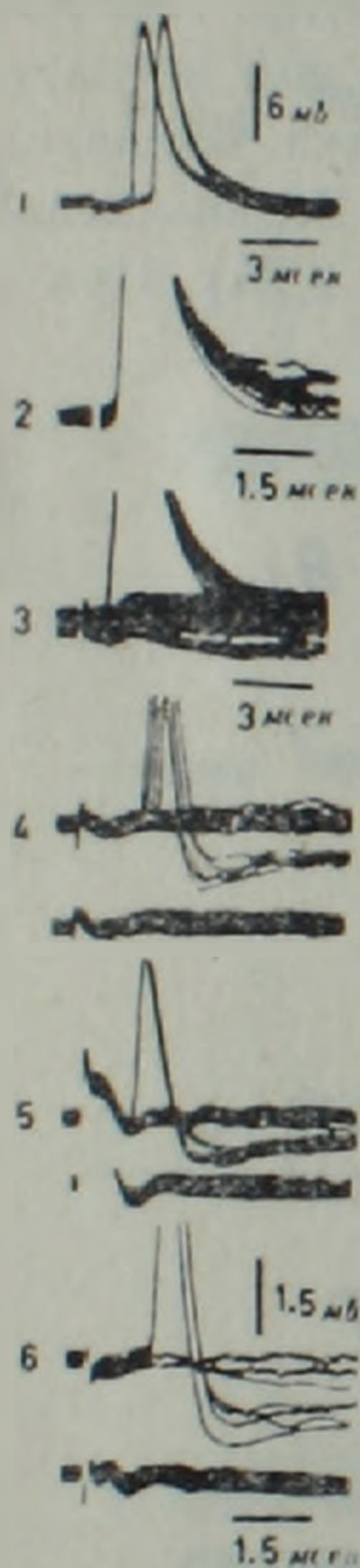


Рис. 3. Синаптическая активация нейронов ядра Бехтерева, вызванная раздражением структур мозжечка.

Конкурентное взаимодействие антидромной и ортодромной активации на раздражение зубчатого ядра мозжечка (1). ВПСП и ортодромные ПД на раздражение промежуточного ядра мозжечка (2, 3 и 6), фастигиального (4) и зубчатого ядра мозжечка (5). Нижняя запись на 3—6 потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки

раздражение обеих ножек мозжечка, его зубчатого и промежуточного ядер. Интерес представляют те нейроны ядра Бехтерева, которые реагировали на стимуляцию всех пяти испытанных структур мозжечка. Они составляли 4,9% исследованных нейронов, или 10 клеток. Один из таких нейронов показан на рис. 1, Б. Скрытый период ответов данного нейрона на раздражение верхней ножки мозжечка равнялся 0,45 мс, на стимуляцию средней ножки—0,4, зубчатого ядра—0,5, промежуточного ядра—0,75 и фастигиального ядра—0,8 мс. Наличие антидромных ПД у одного и того же нейрона на стимуляцию нескольких мозжечковых структур и возникновение указанных потенциалов с разными скрытыми периодами дает основание высказать предположение о наличии коллатеральных разветвлений у аксона исследованного нейрона. Разветвляющиеся аксоны были обнаружены у 50% исследованных нейронов ядра Бехтерева, что должно обеспечить возможность обслуживания одновременно несколько мозжечковых структур, увеличивая таким путем емкость ретикуло-пonto-мозжечковой информации.

У 96 нейронов раздражение центральных ядер мозжечка и его верхней ножки приводило к возникновению ортодромных спайков (рис. 3, 2). При уменьшении силы раздражения регистрировался возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП), легко переходящий в ПД (рис. 3). Скрытые периоды ВПСП у данного нейрона при раздражении промежуточного ядра мозжечка равнялись 0,8—0,9 мс, фастигиального ядра—1,2 и зубчатого ядра—1,1 мс. Полученный материал позволяет предположить, что зарегистрированные ВПСП имели моносинаптическую природу.

Ортодромная активация нейронов ядра Бехтерева наблюдалась у 48 клеток на стимуляцию зубчатого ядра мозжечка, 37 клеток — верхней ножки мозжечка, 14 — промежуточного и 7 — фастигиального ядер мозжечка. Заслуживает внимания тот факт, что в 21% случаев в нейронах ядра Бехтерева имела место их ортодромная активация при раздражении промежуточного и зубчатого ядер мозжечка, 14,9% нейронов отвечали синаптической активацией на раздражение промежуточного и фастигиального ядер мозжечка; 13,9% клеток реагировали ортодромной активацией на раздражение зубчатого и фастигиального ядер, а в 12,6% случаев в нейронах ядра Бехтерева имела место их ортодромная активация при раздражении верхней ножки мозжечка и его промежуточного, зубчатого, фастигиального ядер, что указывает на выраженные конвергентные свойства мозжечково-понтинного входа.

У 32 нейронов ядра Бехтерева стимуляция верхней ножки мозжечка и его центральных ядер привела к сочетанной анти- и ортодромной активации. Как правило это наблюдалось при изменении силы раздражения. Пример такого типа активации приведен на рис. 3, 1. Изменение силы раздражения приводит к конкурентному взаимодействию между антидромным и ортодромным возбуждением. Это свидетельствует о наличии двусторонней связи не только на ядерном (^{2,7}), но и на нейронном уровне между мозжечком и ядром Бехтерева. Такая связь должна служить структурно-функциональной основой для описанной ранее реверберации импульсации в пределах понто-мозжечкового круга (²).

Приведенный материал показал, что ретикуло-пonto-мозжечковая система обладает высокими емкостными и информационными возможностями, демонстрируя выраженные дивергентные свойства аксонов ретикуло-пonto-мозжечковых нейронов и большую конвергенцию синаптических входов на те же нейроны из различных структур мозжечка. Было показано, что мозжечково-петальная информация из ядра Бехтерева может передаваться как по средней, так и верхней ножке мозжечка, и установлено на нейронном уровне наличие реципрокной двусторонней связи между центральными ядрами мозжечка и ретикулярным ядром покрышки моста Бехтерева.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели

Академии наук Армянской ССР

Ա. Հ. ԲԱՆՏԻՎՅԱՆ, Հ. Պ. ԳՈՍՈՅԱՆ

Կամրջի ծածկի ցանցածն գոյացության նեյրոնների էլեկտրաֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունների մասին

Ներկայացված նյութը ցույց է տալիս, որ ցանցային-կամրջա-ուղեղիկային համակարգն օժտված է մեծ տարողունակությամբ և ինֆորմատիվ հնարավորություններով: Այն դրսևորում է նեյրոնների արտահայտված տարամիտում, միաժամանակ ցանցային-կամրջա-ուղեղիկային նույն նեյրոնների նկատմամբ առկա է սինապտիկ մուտքերի լայն համամի-

տում: Ցույց է տրվել, որ Բեխտերևի կորիզը օգտակործում է ուղեղիկի վերին ոտիկը կենտրոնախույս ազդանշանների հաղորդման համար: Հայտնաբերվել է ուղեղիկի կենտրոնական կորիզների և Բեխտերևի կորիզի միջև նեյրոնային մակարդակով իրադրոծվող երկուստեք կապը:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ J. Bloedel, Progress in Neurobiology, v. 2, 1—68 (1973). ² G. I. Allen, N. Tsukahara, Physiol. Rev., 54, 957—1006 (1974). ³ A. Brodal, J. Jansen, J. Comp. Neurol., 84, 1, 31—118 (1946). ⁴ S. T. Kitai, J. D. Koesis, T. Kiyohara, Exp. Brain Res., 24, 195—309 (1976). ⁵ M. Yamamoto, Neuroscience, 12, 25—34 (1979). ⁶ D. G. Rugg, M. Wisendanger, Physiol., 9, 147, 745—757 (1975). ⁷ H. M. Gerrit, S. Voogd, Neurosci Lett., suppl—1, 145 (1978). ⁸ Y. H. Hoddevik, Anat. Embryol., 153, 227—242 (1978). ⁹ J. J. L. Van de Vant, J. Voogd, Acta morph. neurol-scand., 19, 61—62 (1981). ¹⁰ M. Gerrit, J. Voogd, Acta morph. neurol-scand., 19, 56—57 (1981). ¹¹ A. Brodal, A. M. Lacerda, J. Destombes e. a., Exp. Brain Res., 16, 140—160 (1972). ¹² A. Brodal, G. Szikla, Brain Res., 39, 337—351 (1972). ¹³ F. Walberg, O. Pompeiano, L. E. Westrum e. a., J. Comp. Neurol., 119, 187—199 (1962). ¹⁴ W. Tsukahara, T. Bando, Brain Res., 33, 233—237 (1971).

