

УДК 612.827.+612.826.8

ФИЗИОЛОГИЯ

О. П. Косоян, А. О. Бантикян

Электрофизиологический анализ нейронов собственных ядер моста, проецирующихся в мозжечок

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

Согласно современным представлениям предмозжечковые образования являются важными интегративными центрами, принимающими непосредственное участие в программировании движений и реализации моторной памяти (^{1,2}). К таким образованиям относятся собственные ядра варолиевого моста. Если к настоящему времени достаточно подробно изучены электрофизиологические особенности кортико-понтинной передачи (^{3,4}), то второе звено кортико-пonto-мозжечковой системы нуждается в дальнейшем изучении.

Имеется ряд морфологических исследований, посвященных проекции собственных ядер моста на кору мозжечка (⁵⁻⁷); наряду с этим остается спорным вопрос о проецировании нейронов моста к центральным ядрам мозжечка (⁸⁻¹⁰). Большой интерес представляет также исследование обратных связей из ядер мозжечка к нейронам моста для уточнения роли собственных ядер моста в осуществлении циркуляции импульсов в пределах стволо-мозжечкового круга (^{2,11}). В настоящей работе проведен анализ особенностей активации нейронов медиального собственного ядра моста (Pontin gray medialis, PGM) на раздражение центральных ядер мозжечка, его средней и верхней ножек.

Опыты выполняли на 22 взрослых кошках, наркотизированных нембуталом (40—50 мг/кг, внутривенно). Использовали вентральный подход к структурам варолиев моста (³). Раздражающие вольфрамовые биполярные электроды вводили стереотаксически в контралатеральные центральные ядра мозжечка, в его верхнюю и среднюю ножки. Внутриклеточное отведение активности нейронов PGM осуществляли с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных 3 М раствором хлористого калия или 2 М раствором цитрата калия. Метки кончиков отводящих и раздражающих электродов производили электролитически и их местоположение определяли на гистологических срезах, окрашенных метиленовой синью.

Была зарегистрирована активность 74 нейронов PGM. Все они идентифицировались как эфферентные ponto-мозжечковые нейроны на основании их антидромной активации. Антидромные потенциалы действия (ПД) указанных нейронов характеризовались коротким скрытым периодом выявления, который не изменялся при разной силе и частоте раздражения; коротким рефрактерным периодом; отсут-

ствием медленного препотенциала предшествующего ПД и способностью воспроизводить полные ПД при высокой частоте раздражения до 500 Гц (рис. 1, А, Б).

Из всех зарегистрированных нейронов 37 отвечали антидромным

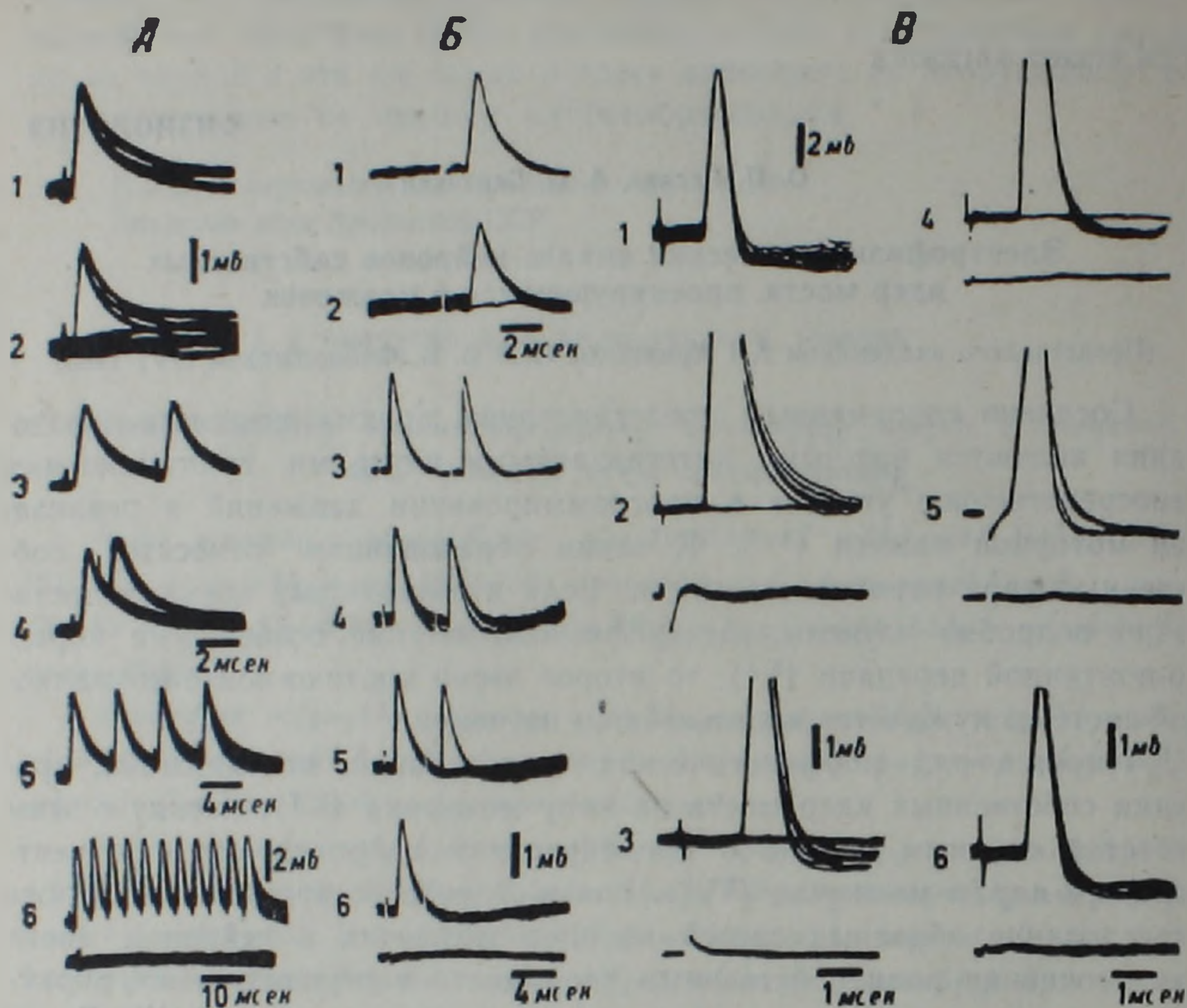


Рис. 1. Антидромная активация понто-мозжечковых нейронов, вызванная раздражением структур мозжечка. А, Б и В—три разных нейрона. А—стимуляция средней ножки мозжечка одиночными надпороговыми (1), строго пороговыми (2) импульсами, двойными импульсами с разными интервалами (3, 4) и частотой импульсов в 250 (5) и 300 Гц (6). Нижняя запись на А, 6 потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки. Б—стимуляция зубчатого ядра мозжечка одиночными надпороговыми (1), строго пороговыми импульсами, двойными импульсами с разными интервалами (3—6). Нижняя запись на Б, 6—потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки. В—стимуляция одиночными импульсами средней (1, 2), верхней (3) ножек мозжечка, его фастигиального (4), промежуточного (5) и зубчатого (6) ядер. Нижняя запись на В, 2—6—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

ПД на раздражение средней ножки мозжечка. Скрытый период ответов исчислялся 0,15—1,6 мс; на гистограмме они распределялись бимодально с пиками в пределах 0,2—0,5 и 0,7—0,8 мс (рис. 2, А). На много меньшее количество нейронов (17 клеток) реагировало на раздражение верхней ножки мозжечка (рис. 2, Б), очевидно, указывая на то, что этот путь в меньшей степени используется для проведения импульсов от РГМ в мозжечок. Скрытые периоды зарегистрированных ответов составляли 0,3—1,0 мс. При испытании раздражения центральных ядер мозжечка наибольшее количество нейронов РГМ реагировало на стимуляцию зубчатого ядра мозжечка (41 клетка).

Скрытые периоды ответов колебались в пределах 0,2—1,4 мс, пик частоты распределения приходился на 0,3—0,5 мс (рис. 2, В). На раздражение промежуточного ядра мозжечка антидромные ПД со скрытым периодом 0,2—1,0 мс были зарегистрированы у 27 нейронов;

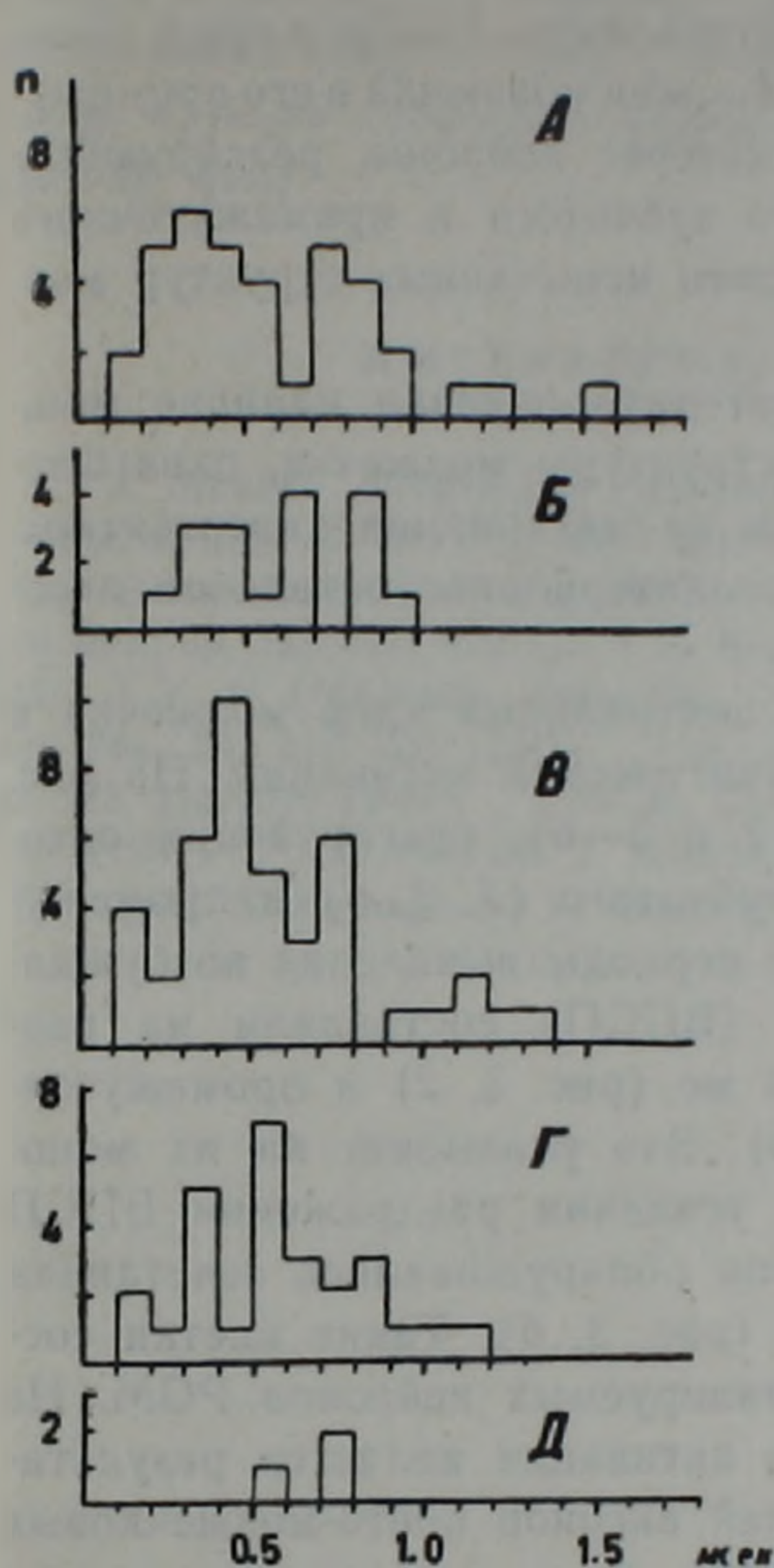


Рис. 2. Гистограммы распределения скрытых периодов антидромных потенциалов действия нейронов медиального собственного ядра моста, вызванных раздражением средней (А), верхней (Б) ножек мозжечка, его зубчатого (В), промежуточного (Г) и фастигиального (Д) ядер.

По оси абсцисс время в мс; по оси ординат—количество нейронов,



Рис. 3. Синаптическая активация нейронов медиального собственного ядра моста, вызванная раздражением структур мозжечка. Зарегистрированы активность двух нейронов (1—2 и 3—6), ВПСП и ортодромные ПД на раздражение зубчатого ядра мозжечка (1, 2), антидромный ПД на стимуляцию средней ножки мозжечка (3), ВПСП и ортодромные ПД на раздражение промежуточного ядра мозжечка (4, 5), одновременная антидромная и ортодромная активация PGM на стимуляцию зубчатого ядра мозжечка (6). Нижняя запись на 2, 3, 5, 6 потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки

только три нейрона PGM отвечали на раздражение фастигиального ядра мозжечка (скрытый период ответа 0,5—0,8 мс) (рис. 2, Д).

Было показано, что определенное число исследованных нейронов

могло быть антидромно активировано из разных структур мозжечка, что говорит о наличии коллатерального ветвления аксонов указанных нейронов (рис. 1, В). Так, 16,6% из всех 74 исследованных нейронов могло быть антидромно активировано при раздражении средней и верхней ножек мозжечка. 15,3% нейронов реагировали на раздражение обеих ножек мозжечка и его зубчатого ядра. 12,5% клеток было зарегистрировано при стимуляции обеих ножек мозжечка и его промежуточного ядра. Представляют большой интерес нейроны, реагирующие на раздражение ножек мозжечка и его зубчатого и промежуточного ядер (6,2%) или на стимуляцию всех пяти испытанных структур мозжечка (3,4%).

Таким образом, представленный материал показал наличие мощной эфферентной проекции из RGM в структуры мозжечка, охватывающей все его центральные ядра. Одним из механизмов дивергентности исследованной проекции является коллатеральное ветвление аксонов эфферентных нейронов.

У 19 нейронов RGM раздражение центральных ядер мозжечка и его верхней ножки приводило к их синаптической активации. На рис. 3 показаны примеры двух нейронов (1, 2 и 3—6), реагирующих ортодромной активацией на раздражение зубчатого (1, 2, 6) и промежуточного (4, 5) ядер мозжечка. Скрытые периоды выявления возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП) составляли на раздражение зубчатого ядра мозжечка 1,8 мс (рис. 3, 2) и промежуточного ядра мозжечка 1,3 мс (рис. 3, 5). Это указывает на их моно- или дисинаптическую активацию. При усилении раздражения ВПСП легко переходили в ПД. У части клеток обнаруживались сочетанная регистрация орто- и антидромных ПД (рис. 3, 6). Такие клетки составляли 73,7% из всех ортодромно активируемых нейронов RGM. Не исключена возможность, что указанная активация является результатом вовлечения возвратных коллатералей аксонов понто-мозжечковых нейронов. У 21% исследованных нейронов было показано наличие конвергенции афферентных входов из двух ядер мозжечка. Из них 15,8% ортодромно активировались на раздражение промежуточного и зубчатого ядер, а 5,2% на раздражение промежуточного и фастигиального ядер.

Приведенный материал показал наличие двусторонней связи между RGM и структурами мозжечка. На примере некоторых нейронов было обнаружено, что такая связь может быть ответственна за реверберацию возбуждения в пределах стволо-мозжечкового круга (2).

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Հ. Պ. ՔՈՍՈՅԱՆ, Ա. Հ. ԲԱՆՏԻՎՅԱՆ

Ուղեղիկ ուղվագծվող կամրջա-ուղեղիկային նեյրոնների
էլեկտրաֆիզիոլոգիական վերլուծությունը

Կատունների մոտ, սուր փորձի պայմաններում, վարոլյան կամրջի միջային սեփական կորիզի նեյրոնների ակտիվությունը հետադոտվել է միկրոէլեկտրոդային ներթշջային արտածման մեթոդով: Հակընթաց պոտենցիալ-

ների գրանցումը ցույց է տվել, որ նշված նեյրոնները լայնորեն ուրվագծվում են ուղեղիկի ատամնավոր, միջակա և ֆաստիգիալ կորիզների վրա՝ նրա միջին և վերին ոտիկների միջոցով, որը ապահովվում է կենտրոնախույս նեյրոնների աքսոնների կողմնային ճյուղավորմամբ: Կամրջի նեյրոնների սինապտիկ ակտիվացումը ուղեղիկի կենտրոնական կորիզների և վերին ոտիկների գրգռման դեպքում հիմք է տալիս ենթադրելու, որ ուղեղիկի և Վարոլյան կամրջի միջային սեփական կորիզի նեյրոնների միջև գոյություն ունի երկկողմանի կապ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ J. Bloedel, Progress in Neurobiology, v. 2, 16--68 (1973). ² G. I. Allen, N. Tsukahara, Physiol. Rev., 54, 957--1006 (1974). ³ G. I. Allen, H. Korn, T. Oshima e. a., Exp. Brain Res., 24, 15--36 (1975). ⁴ G. I. Allen, T. Oshima, K. Toyama, Exp. Brain Res., 29, 123--137 (1977). ⁵ A. Brodal, J. Jansen, J. Comp. Neurol., 84, 31--118 (1946). ⁶ Y. H. Hoddevik, Brain Res., 95, 291--307 (1975). ⁷ Y. H. Hoddevik, Exp. Brain Res., 30, 511--526 (1977). ⁸ R. A. McCrea, G. A. Bishop, S. T. Kitai, Brain Res., 122, 215--228 (1977). ⁹ N. M. Gerrit, J. Voogd, Acta morph. neerl-scand., 19, 56--57 (1981). ¹⁰ E. Dietrich, J. Bjaalle, P. Brodal, Brain Res., 259, 127--131 (1983). ¹¹ K. Sasaki, S. Kawaguchi, T. Shimono e. a., Brain Res., 20, 425--428 (1970).