

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.827:612.82

Академик НАН Армении В. В. Фанарджян, Л. Р. Манвелян, В. И. Погосян,
В. А. Закарян, Э. Ю. Арутюнян

**Функциональная организация вестибулярных афферентных и
спинальных входов в вестибулярные ядра лягушки**

(Представлено 18/II 1997)

Комплекс вестибулярных ядер (КВЯ) представляет центральные структуры, которые интегрируют сигналы, поступающие из лабиринта, мозжечка, спинного мозга и ретикулярной формации, и распределяют свое влияние на различные двигательные центры. Благодаря этому осуществляется регуляция равновесия тела, его ориентация в трехмерном пространстве и модификация мышечного тонуса (1). Для лучшего понимания деятельности КВЯ является важным исследование функциональных отношений в системе вестибулярный аппарат — бульбарный КВЯ, а также вестибуло-спинальных взаимосвязей (2). В то время как у млекопитающих эти вопросы получили достаточно широкое освещение (3-6), они нуждаются в более систематическом исследовании у низших позвоночных, таких как лягушка (7-9).

В настоящей работе проведено электрофизиологическое исследование фокальных, полевых потенциалов КВЯ, возникающих на посылки из вестибулярного нерва и спинного мозга. Эксперименты выполнялись на разработанном в лаборатории перфузируемом препарате взрослой лягушки *Rana Ridibunda*. Животное наркотизировалось MS-222 (0,2 г на 1 кг веса, внутривентрально), перфузия осуществлялась через сердце раствором Рингера (10), насыщенным карбогеном (98% O₂ и 2% CO₂). Посредством краниотомии обнажалась область вестибулярных ядер и дорсальная поверхность спинного мозга. Тщательно выделялись передняя и задняя ветви вестибулярного нерва. После хирургического вмешательства животное иммобилизовалось раствором дитилина (50 мг на 1 кг веса). Биполярные стимулирующие электроды накладывались на перед-

ную ветвь VIII нерва, а также вводились в дорсо-вентральном направлении в шейный и грудной отделы спинного мозга. Отведение электрических потенциалов из КВЯ осуществлялось с помощью стеклянных микропипеток (диаметр кончика около 2 мкм), заполненных 3 М раствором лимоннокислого калия. Запись и обработка электрических потенциалов осуществлялись с использованием компьютера, в который вводились и сохранялись преобразованные в цифровые сигналы осциллограммы каждого пробега луча. Статистический и графический анализ производился при помощи двух компьютерных программ, разработанных в лаборатории, и программы MS Excel 7.0.

Электрическое раздражение передней ветви вестибулярного нерва вызывало афферентный потенциал поля в ипсилатеральном КВЯ, который состоял из двух компонентов, известных в литературе как N_0 и N_1 (рис. 1,Б) (7-10). Первый, равный, компонент (N_0) представлял быстрое двухфазное положительно-отрицательное, более часто монофазное отрицательное отклонение, отражающее синхронизированную активность афферентных волокон (пресинаптический потенциал). N_0 мог следовать двойному удару активации при коротких интервалах с незначительным уменьшением его амплитуды; N_0 увеличивался в амплитуде в латеральных областях ствола мозга, т.е. в поле, где нервные волокна вступают в мозг.

Второй компонент (N_1) состоял из моносинаптического, отрицательного потенциала поля, который представлял постсинаптическую деполяризацию центральных вестибулярных нейронов. Область отведения указанных потенциалов охватывала поле, расположенное на уровне входа VIII нерва и распространяющееся каудально на 1,5-2,0 см. Медιο-латеральная протяженность поля достигала 300-400 мкм латеральнее дорсальной верхушки ствола мозга. Центральная часть этого поля (рис. 1,А) характеризовалась более выраженной вызванной активностью, которая постепенно уменьшалась каудальнее и медиальнее. Область больших и постоянно выявляемых вестибулярно-вызванных потенциалов в общих чертах соответствовала морфологически показанной локализации КВЯ (11).

Соответствие с морфологическими данными имелось и при дорсо-вентральном обследовании КВЯ. При углублении отводящего электрода увеличивалась амплитуда афферентного вестибулярного полевого потенциала, достигая максимума, как правило, на глубине 400-600 мкм от поверхности ствола мозга. Затем при дальнейшем углублении электрода регистрируемый потенциал начинал быстро

уменьшаться в амплитуде. Однако во многих случаях вестибулярно-вызванные потенциалы могли быть зарегистрированы и из более глубоко расположенных точек.

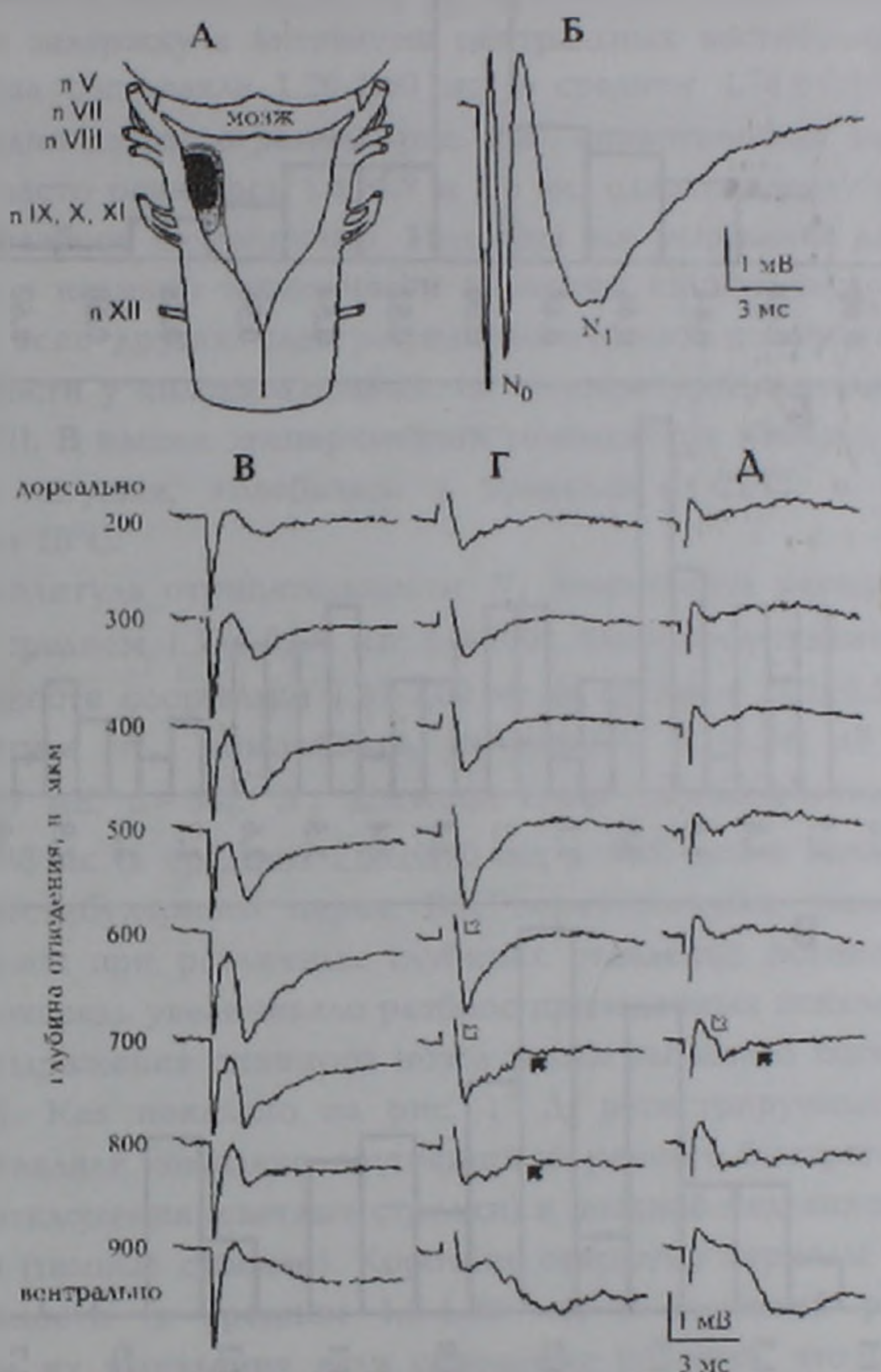


Рис. 1. Фокальные потенциалы КВЯ, вызванные раздражением ипсилатерально-го вестибулярного нерва (Б,В) и спинного мозга (Г,Д): А — область отведения вестибулярно-вызванных потенциалов в продолговатом мозге лягушки (затемнено, соответственно величине вызванных потенциалов); Б — фокальный потенциал на раздражение вестибулярного нерва в КВЯ с двумя последовательными негативными компонентами (N_0 , N_1); В-Д — регистрация потенциалов на раздражение вестибулярного нерва (В), шейного (Г) и грудного (Д) отделов спинного мозга на различных глубинах КВЯ. Глубина отведения показана в цифрах (мкм). На Г и Д светлые стрелки указывают на антидромные, темные стрелки — на синаптические фокальные потенциалы.

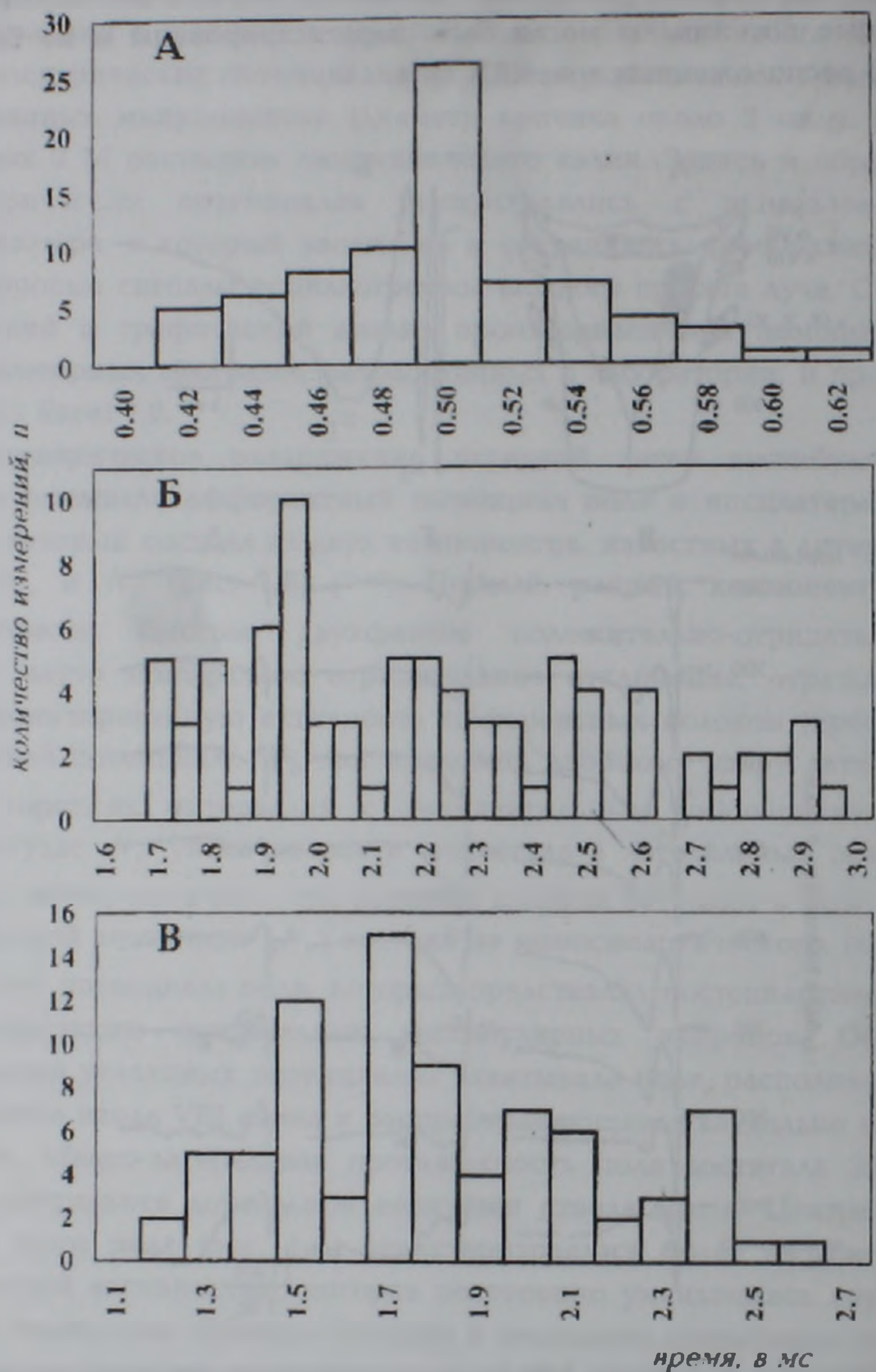


Рис. 2. Характеристики основных компонентов фокальных потенциалов, вызванных на раздражение вестибулярного нерва. Представлены гистограммы распределения скрытых периодов N_0 (А), N_1 (Б) и величины синаптической задержки (В).

Скрытые периоды возникновения N_0 компонента колебались в пределах 0,41-0,61 мс (в среднем $0,49 \pm 0,04$ мс; $n=78$) (рис. 2,А). N_1 отрицательность характеризовалась скрытым периодом в 1,66-2,92 мс

(в среднем $2,18 \pm 0,35$ мс; $n=82$) (рис. 2,Б). Как правило, скрытые периоды отмеченных двух компонентов (N_0 и N_1) имели тенденцию к увеличению при их регистрации из более глубоких структур.

Разность между N_1 и N_0 компонентами представляла синаптическую задержку в активации центральных вестибулярных нейронов. Она составляла 1,20-1,60 мс (в среднем $1,76 \pm 0,33$ мс; $n=82$). Как видно из гистограммы (рис. 2,В), синаптическая задержка наиболее часто равнялась 1,5, 1,7 и 1,8 мс, однако наряду с этим отмечался разброс ее величины. Имеются все основания для предположения о наличии зависимости величины синаптической задержки, как и всех других электрофизиологических показателей нервной активности у холоднокровных, от температуры окружающей среды (см. (12)). В наших экспериментах температура камеры, где располагалась лягушка, колебалась в пределах 11-22°C, в большинстве случаев 18°C.

Амплитуда отрицательности N_1 компонента равнялась 0,23-3,91 мВ (в среднем $1,33 \pm 0,66$ мВ; $n=100$). Фаза восхождения этой отрицательности составляла 1,02-3,89 мс (в среднем $2,21 \pm 0,54$ мс; $n=92$). Амплитуда N_0 компонента измерялась 0,1-4,34 мВ (в среднем $1,3 \pm 0,97$ мВ; $n=98$). N_0 достигал своей пиковой величины спустя 0,77-1,58 мс (в среднем $1,08 \pm 0,20$ мс; $n=95$) после начала раздражения вестибулярного нерва. Все перечисленные показатели были измерены при различных глубинах отведения потенциалов, что в свою очередь увеличивало разброс приведенных показателей.

Раздражение спинного мозга также вызывало потенциалы поля в КВЯ. Как показано на рис. 1,Г,Д, регистрируемые потенциалы представляли комплекс, состоящий из раннего быстрого отрицательного отклонения (светлые стрелки) и поздней медленной негативной волны (темные стрелки). Короткие открытые периоды ранней отрицательности (в среднем 1,2-1,32 мс) и короткий рефрактерный период их выявления дали основание полагать, что они представляют антидромный полевой потенциал вестибулоспинальных нейронов (?). Как правило, глубинный профиль антидромных ответов соответствовал таковому вестибулярного афферентного потенциала на стимуляцию VIII нерва (рис. 1,В-Д). Медленная негативность представляла синаптически вызванный потенциал поля. Ее латенция в среднем составляла 2,61-2,68 мс, и она, как правило, возникала в более глубоких точках отведения активности. Выяснение природы отмеченных синаптических потенциалов представляет значительный интерес. Оно связано с определением вентральной границы КВЯ и с

проведением четкой дифференцировки между вестибулярными и ретикулярными нейронами, которые способны активизироваться при стимуляции одних и тех же участков спинного мозга.

Институт физиологии им. Л.А.Орбели НАН Армении

Հայաստանի ԳԱԱ ակադեմիկոս Վ. Բ. ՖԱՆԱՐՋՅԱՆ, Լ. Ռ. ՄՈՆՎԵԼՅԱՆ,

Վ. Հ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Վ. Լ. ՋԱՔԱՐՅԱՆ, Է. ՅՈՒ ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Գորտի անդամատակային կորիզում անդամատակային աֆերենտ և ողնուղեղային մուտքերի ֆունկցիոնալ կապմավորումը

Աշխատանքում ներկայացված է անդամատակային նյարդի և ողնուղեղի գրգռման ազդեցությունը գորտի անդամատակային կորիզի նեյրոնների ֆոկալ ակտիվության վրա: Ցույց է տրված, որ իպսիլատերալ նյարդի գրգռումը անդամատակային կորիզներում առաջացնում է երկբաղադրիչ բացասական պոտենցիալ, որի վաղ բաղադրիչն արտացոլում է նախասինապսային նյարդաթելերի ակտիվությունը, իսկ ուշ բաղադրիչը ներկայացնում է անդամատակային նեյրոնների սինապսային ակտիվությունը: Երկբաղադրիչային բնույթի պոտենցիալները անդամատակային կորիզներում առաջանում են նաև ողնուղեղի գրգռման ժամանակ: Ավելի վաղ կարճ գաղտնի շրջանով բաղադրիչը ներկայացնում է անդամատակ-ողնուղեղային նեյրոնների անտիդրոմ, իսկ ավելի ուշ բաղադրիչը՝ նրանց սինապտիկ ակտիվությունը:

ЛИТЕРАТУРА – ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ V.J.Wilson, G.Melville Jones, Mammalian Vestibular Physiology, Plenum Press, N.Y., London, 1979. ² А.Бродак, Ф.Вальберг, О.Помпеано, Вестибулярные ядра, М.-Л., Наука, 1962. ³ R.H.Schor, Vestibulospinal Control of posture and locomotion, Elsevier, Amsterdam, p.77-81, 1988. ⁴ V.V.Fanardjian, V.A.Sarkisian, Vestibulospinal Control of posture and locomotion, Elsevier, Amsterdam, p.45-60, 1988. ⁵ V.V.Fanardjian, V.A.Sarkisian, Neuroscience, v.21, p.135-142 (1988). ⁶ M.Ito, The Cerebellum and Neural Control, Raven Press, N.Y., 1984. ⁷ W.Precht, A.Richter, S.Ozawa e.a., Exp. Brain Res., v.19, p.377-393 (1974). ⁸ A.W.Kunkel, M.Dieringer, J. Comp. Physiol. A, v.174, p.621-632 (1994). ⁹ N.Dieringer, Prog. In Neurobiology, v.46, p.97-129 (1995). ¹⁰ S.L.Cochran, P.Kasik, W.Precht, Synapse, v.1, p.102-123 (1987). ¹¹ C.Matesz, Neuroscience, v.4, p.2061-2071 (1979). ¹² H.Straka, N.Dieringer, Europ. J. Neuroscience, vol. 5, p. 251-260 (1993).