

● ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.826+612.831

В. А. Саркисян

Антидромные и синаптические реакции нейронов ядра Дейтерса на стимуляцию красного ядра

(Представлено академиком АН Армении В. В. Фанарджяном 31/VII 1991)

Латеральное вестибулярное ядро (ЛВЯ) Дейтерса является одной из важнейших структур ствола мозга в механизмах регуляции мышечного тонуса, поддержании равновесия и ориентации в пространстве (1-3). Красное ядро (КЯ) также широко участвует в регуляции движений (4-6). Показано, что ЛВЯ и КЯ обладают хорошо выраженной соматотопической организацией и посредством своих нисходящих систем—латерального вестибулоспинального (ВС) и руброспинального (РС) трактов регулируют деятельность экстензорных и флексорных мотонейронов, соответственно, (7-9). Другой важной особенностью организации этих нисходящих систем является наличие аксонных коллатералей их нейронных элементов, которые разветвляются на разных уровнях спинного мозга. Показано, что 50% ВС нейронов дают коллатерали к шейным и люмбальным сегментам спинного мозга (10); коллатерали 5% РС нейронов также достигают указанных спинальных уровней (5). Недавние эксперименты по инъекции пероксидазы хрена в ЛВЯ выявили прямые двусторонние проекции от КЯ ко всем частям ядра Дейтерса (11). В настоящей работе электрофизиологически показано наличие двусторонних вестибуло-рубральных связей. Выявлены моно-, олиго- и полисинаптическая природа влияний КЯ на ЛВЯ.

Эксперименты проведены на семи взрослых кошках массой 2,5—3,5 кг, наркотизированных нембуталом. КЯ контралатеральной стороны раздражалось биполярным вольфрамовым электродом. Электроды вводили в КЯ по следующим стереотаксическим координатам: L 2, H-3,5 и A 3,5 (12). ВС нейроны ядра Дейтерса идентифицировали по их антидромным потенциалам действия (ПД), возникающим в ответ на раздражение латерального ВС тракта. Стимуляцию нисходящего вестибулярного нерва осуществляли парой вольфрамовых электродов, введенных в овальное (катод) и круглое (анод) отверстия среднего уха. Стимуляцию производили прямоугольными толчками тока длительностью 0,1—0,5 мс напряжением 1—10 В и силой 0,1—0,15 мА. Отве-

ление активности отдельных нейронов ядра Дейтерса производили с помощью стеклянных микроэлектродов, заполненных раствором хлористого калия (3 моль/л) с сопротивлением 2—10 МОм. Локализацию кончиков раздражающих и регистрирующих электродов проверяли гистологически.

Произведено внутриклеточное отведение активности 74 нейронов ЛВЯ, реагирующих на стимуляцию КЯ. Одиночное раздражение КЯ в 50 нейронах ядра Дейтерса вызывало антидромные ПД (рис. 1, A5, B1, E1). Скрытый период возникновения антидромных ПД колебался в пределах 0,2—0,7 мс (в среднем $0,38 \pm 0,1$ мс, $n=50$; рис. 1, G). 17 из 50 нейронов ЛВЯ были идентифицированы как ВС. (рис. 1, A1, B1; E2, G, столбики с кружочками). Они характеризовались фиксированной латенцией при подпороговой (рис. 1, B1, E1) и надпороговой (рис. 1, A5, интенсивности стимуляции. При парной стимуляции с короткими интервалами они проявляли короткую рефрактерность (рис. 1, A2,3, A6,7). Антидромные ПД могли следовать высокочастотной стимуляции до 600—1000 имп/с (рис. 1, A8, A4). Среднее расстояние между КЯ и ЛВЯ составляло 12 мм, а расчетная скорость проведения вестибуло-руб-ральных волокон колебалась в пределах 17,1—60 м/с. Согласно данным предыдущих работ (^{7,13}), нейроны, дающие начало этим волокнам, могут быть отнесены к «быстрому» типу ВС нейронов. Среди антидромно активированной клеточной популяции семь нейронов были также ортодромно активированы стимуляцией ипсилатерального вестибулярного нерва. Четыре из них были возбуждены моносинаптически, что указывает на их принадлежность к вестибулярным нейронам «второго порядка» (¹⁴) (рис. 1, E3).

Стимуляция КЯ в 24 нейронах ядра Дейтерса вызывала ортодромные ПД (рис. 1, C1, D, F1). Они возникали со скрытым периодом 0,7—1,4 мс (в среднем $1 \pm 0,21$ мс, $n=24$; рис. 1, H). В некоторых нейронах ЛВЯ градуальное увеличение интенсивности стимуляции КЯ не влияло на величину латенции, что свидетельствует об их моно- или олигосинаптической природе (рис. 1, C1, D). Однако из-за низкого порога деполяризации ДД запись ВПСП нейронов ЛВЯ была затруднена. 8 из 24 ортодромно активированных нейронов были идентифицированы как ВС (рис. 1, C2, H, столбики с кружочками). Три клетки из этой популяции были ортодромно активированы также стимуляцией вестибулярного нерва (рис. 1, F2); одна из них являлась вестибулярным нейроном «второго порядка». Раздражение КЯ не вызывало тормозных реакций в нейронах ядра Дейтерса.

Результаты настоящей работы выявили, что подобно ряду структур ствола мозга (¹), КЯ также устанавливает двусторонние связи с ядром Дейтерса (рис. 2). Полисинаптические возбуждающие влияния КЯ на нейроны ядра Дейтерса могут быть реализованы через латеральное ретикулярное ядро (ЛРЯ), ядро лицевого нерва, нижней оливы или каудальное тройничное ядро (^{15, 16}). В этом случае КЯ подобно ЛРЯ функционально может рассматриваться как релейная станция при

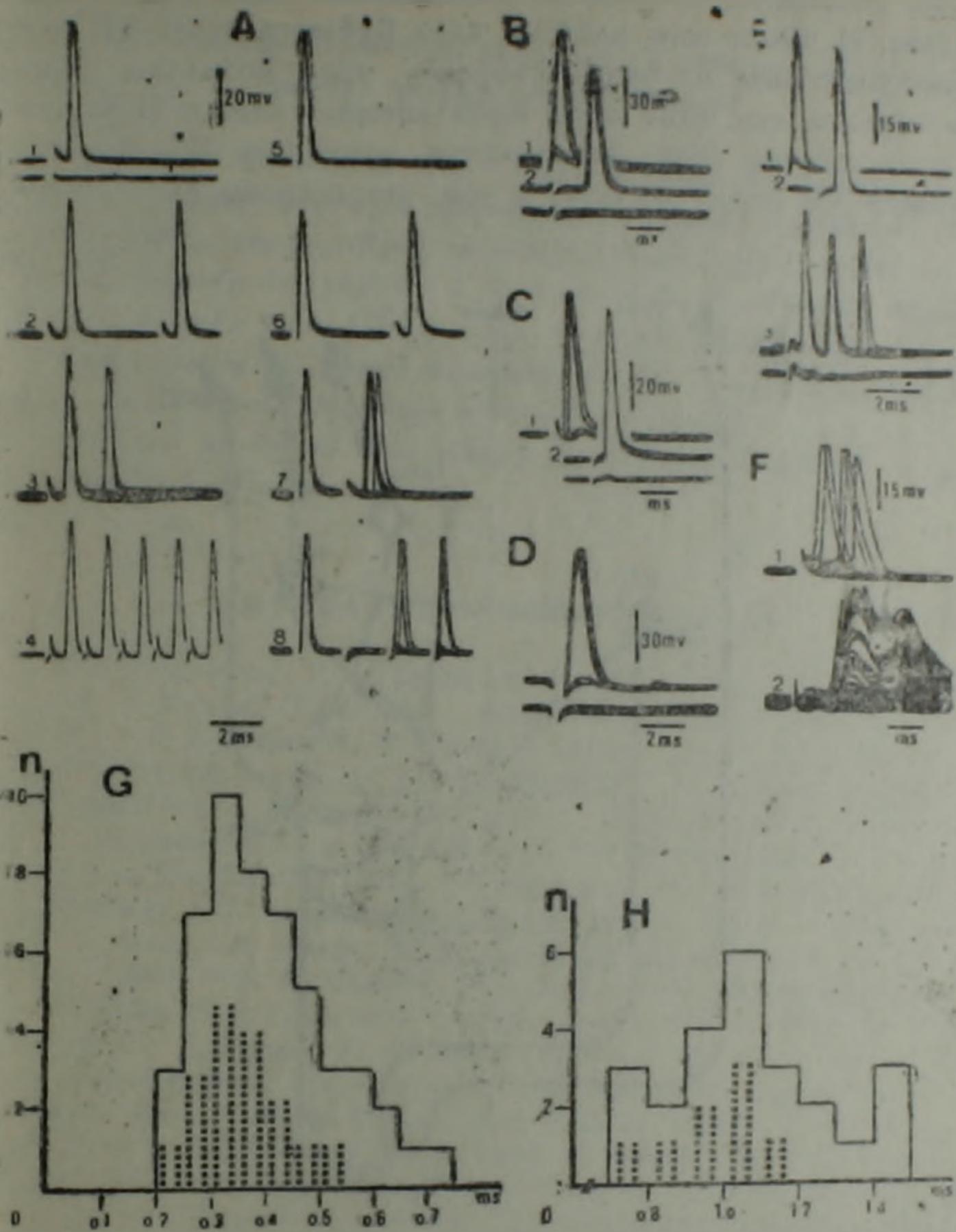


Рис. 1. Антидромная и синаптическая активация нейрона ЛВЯ стимуляцией КЯ. А5, В1, Е1 — антидромные ПД трех нейронов ЛВЯ, вызванные подпороговым (В1, Е1) и надпороговым (А5) раздражением КЯ. А1, В2, Е2 — антидромные ПД тех же нейронов, вызванные надпороговым раздражением латерального ВС тракта. А2, 3 и А6, 7 — эффекты парной стимуляции латерального ВС тракта и КЯ с укорочением межстимульного интервала, соответственно А4 и А8 — ПД при частотном раздражении до 850 (А4) и 600 (А8) имп/с. Е3 — ортодромный ПД кистки, вызванный раздражением вестибулярного нерва. С1, D, F1 — ортодромные ПД трех нейронов ЛВЯ в ответ на раздражение КЯ. F2 — ВПД, вызванный стимуляцией вестибулярного нерва. С2 — антидромный ПД на раздражение латерального ВС тракта. Нижние записи на А1, В–Е представляют экстраклеточный контроль. G и H — гистограммы распределения скрытых периодов антидромных (G) и ортодромных (H) ПД нейронов ядра Дейтерса. Столбики с кружочками представляют идентифицированные ВЛ-нейроны. абс. мс — время в мс, ордината — количество нейронов. Потенциалы зарегистрированы усилителем постоянного тока при наложении 5–10 пробегов луча, частота повторения 5 в 1 с.

передаче командных сигналов из двигательной коры в ядро Дейтерса (11, 12) (рис. 2). Более того, нейроны ядра Дейтерса через КЯ получают информацию также от промежуточного ядра мозжечка, проторая, таким образом, еще один путь, через который клетки Пуркинье действуют на нейроны ЛВЯ. Антидромная активация ВС нейронов при стимуляции КЯ свидетельствует о том, что нейроны ядра Дейтерса в

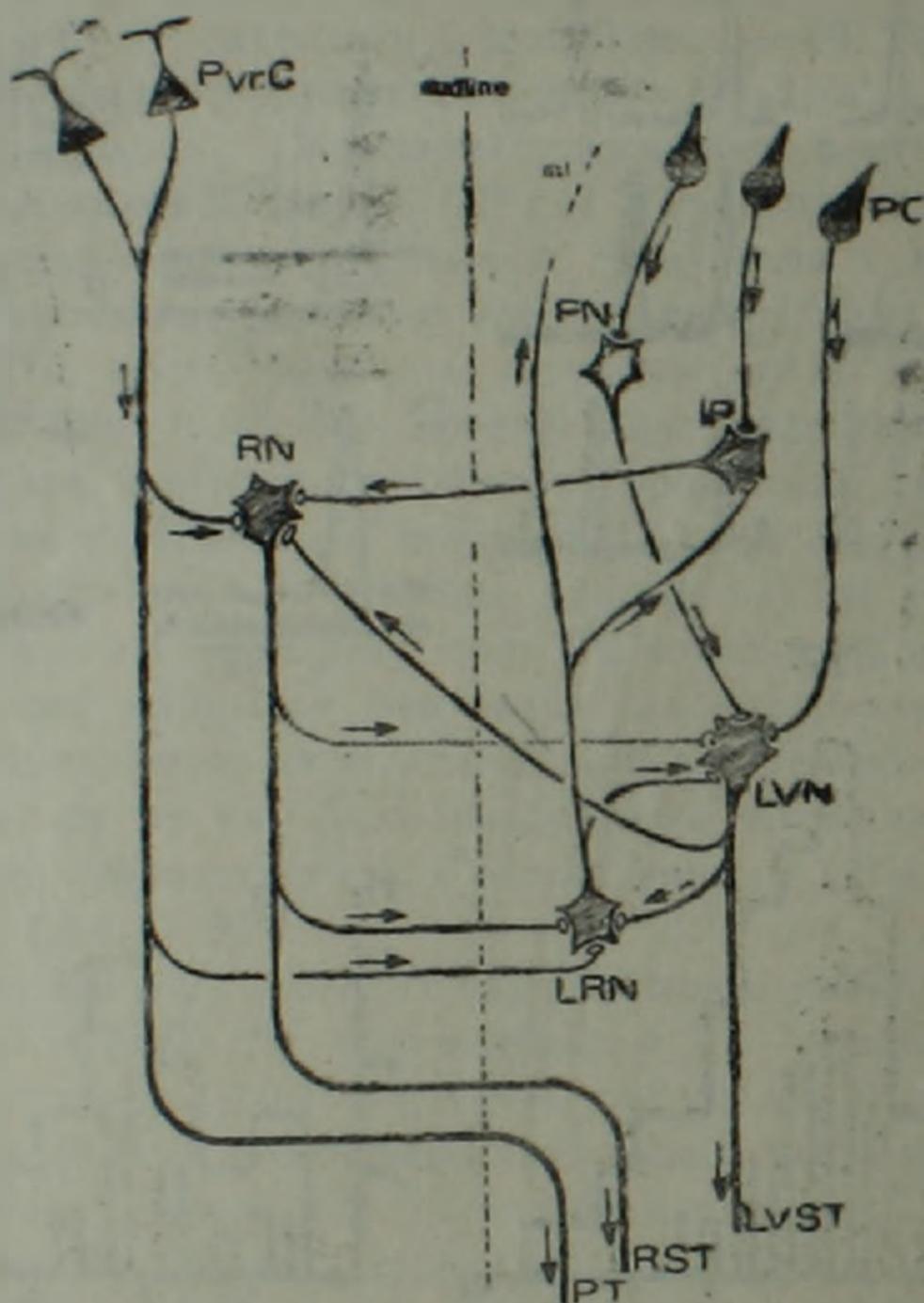


Рис. 2. Схематическое изображение взаимоотношений нейронов ядра Дейтерса с пирамидными нейронами коры мозга (Pvc C), клетками Пуркинье мозжечка (PC), фасцигальными (FN) и промежуточными (IP) нейронами и нейронами ЛВЯ. PT, RST и LVST — пирамидный рubroспинальный и латеральный ВС тракты соответственно, ml — моховидные волокна

свою очередь модифицируют активность рубральных нейронов. Известно, что КЯ и ЛВЯ являются важными центрами для контроля активности флексорных и экстензорных мышц (4, 10). Двусторонние отношения ЛВЯ с КЯ, возможно, обеспечивают координацию и корреляцию активности этих двух структур в процессе реализации вестибуло- и рubroспинальных двигательных рефлексов.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели Академии наук Армении

Դեյտեբույան կորիզի նեյրոնների նետրոնթաց և սինապսային ունակցիան
կարմիր կորիզի զրգման միջոցով

Անզգայացված կատունների մոտ ուսումնասիրվել են կարմիր կորիզից
հրահրված Դեյտեբույան կողմային վեստիբուլար կորիզի նեյրոնների հետըն-
թաց և ուղղընթաց գործողության պոտենցիալները: Ցույց է տրված, որ կար-
միր կորիզի զրգումը հանգեցնում է հիմնականում Դեյտեբույան նեյրոնների
հետընթաց, ինչպես նաև մոնո-, օլիգո- և բազմասինապսային ակտիվաց-
ման: Հայտնաբերվել են վեստիբուլատոլնուլեզային նեյրոնների ակսոնների
վերընթաց ճյուղավորումներ՝ ուղղված կարմիր կորիզին:

Քննարկվում են նշված հրևույթների յուրահատկություններն ու գործու-
նեության նշանակությունը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ V. V. Fanardjian, V. H. Sarkisian, Progress in Brain Res., v. 76, p. 45-60 (1988). ² V. J. Wilson, G. M. Jones, Mammalian vestibular physiology, Plenum, N. Y., (1975). ³ V. J. Wilson, B. W. Peterson, Physiol. Rev., v. 58, p. 80-105 (1978). ⁴ J. Masslon, Physiol. Rev., v. 14, p. 638-658 (1964). ⁵ Y. Shinoda, C. Ghez, A. Arnold, Exp. Brain Res., v. 30, p. 203-218 (1977). ⁶ A. Tsukihahara, V. H. Toyama, K. Kosaka, Experientia, v. 20, p. 632-633 (1964). ⁷ V. V. Fanardjian, V. H. Sarkisian, Neuroscience, v. 5, p. 551-558 (1980). ⁸ R. Nyberg-Hansen, A. Brodal, J. Anat., v. 98, p. 235-253 (1964). ⁹ O. Pompeiano, A. Brodal, J. Compl. Neurol., v. 108, p. 225-252 (1957). ¹⁰ C. Abzug, M. Maeda, B. W. Peterson et al. J. Physiol (Lond.), v. 243, p. 499-522 (1974). ¹¹ В. И. Погосян, В. В. Фанарджян, Нейр физиология, т. 2), с. 494-503 (1988). ¹² A. L. Berman, The Brain Stem of the Cat, Madison, Wisconsin, (1968). ¹³ Hi. Ito, T. Hongo, M. Yoshida et al., Jap. J. Physiol., v. 14, p. 639-658 (1964). ¹⁴ T. Akalke, Brain. Res., v. 18, p. 428-432 (1973). ¹⁵ G. Holstege, J. Tan, Behavioural Brain. Res., v. 28, p. 33-57 (1988). ¹⁶ S. B. Edwards, Brain Res., v. 48, p. 45-63 (1972). ¹⁷ P. Bruckmosser, M.-R. Hepp, M. Wiesendanger, Exp. Neurol., v. 26, p. 239-252 (1970). ¹⁸ P. Bruckmosser, M.-R. Hepp, M. Wiesendanger, Exp. Neurol., v. 27, p. 368-378 (1971). ¹⁹ V. J. Wilson, International Rev. Neurobiol., Acad. Press, v. 15, p. 27-81 (1972).