

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ АКСОНОВ ВЕСТИБУЛО- И РЕТИКУЛОСПИНАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ ЛЯГУШКИ

Манвелян Л.Р.¹, Терзян Д.О.² Email: Manvelyan1158@scientifictext.ru

¹Манвелян Левон Рафаэлович – член-корреспондент Национальной академии наук Республики Армения, доктор биологических наук;

²Терзян Диана Ониковна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт физиологии им. Л.А. Орбели
Национальная академия наук Республики Армения,
г. Ереван, Республика Армения

Аннотация: на препарате перфузируемого мозга лягушки методом внутриклеточного отведения исследовалась скорость проведения аксонов нейронов вестибулярного ядерного комплекса (ВЯК) и медиальной ретикулярной формации (МРФ) в ответ на стимуляцию шейного (С) и поясничного (L) отделов спинного мозга. Раздражение С и L отделов спинного мозга приводило к антидромной активации вестибуло- и ретикулоспинальных нейронов. Расчитанные скорости проведения позволили разделить данные нейроны на быстрые и медленные. Приведены сравнительные данные по вышеотмеченным структурам.

Ключевые слова: вестибулярный ядерный комплекс, ретикулярная формация, спинной мозг.

COMPARATIVE ELECTROPHYSIOLOGICAL ANALYSIS OF THE SPEED OF HOLDING OF THE AXONS OF VESTIBULO- AND RETICULOSPINAL NEURONS IN THE FROG

Manvelyan L.R.¹, Terzyan D.O.²

¹Manvelyan Levon Rafaelovich - Corresponding member of National Academy of Sciences of Republic of Armenia, Doctor of Sciences in Biology;

²Terzyan Diana Onikovna – PhD in Biology, Researcher,
INSTITUTE OF PHYSIOLOGY AFT. L.A. ORBELI
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE,
YEREVAN, REPUBLIC OF ARMENIA

Abstract: on the perfused brain preparation in frog by the method of intracellular abduction in response to stimulation of the cervical (C) and lumbar (L) parts of the spinal cord we studied the speed of holding of the vestibular nuclear complex (VNC) and the medial reticular formation (MRF) neurons' axons. Irritation of the C and L parts of the spinal cord revealed the antidromic activation of the vestibulospinal and reticulospinal neurons. The calculated speeds allowed to divide these neurons into fast and slow. Comparative data on the above structures are given.

Keywords: vestibular nuclear complex, reticular formation, spinal cord.

УДК: 612.8.02

Управление движениями организма осуществляется координированным действием различных центров мозга, влияющих на мотонейроны. Среди существующих четвероногих у амфибий моторные структуры наименее дифференцированы. Вестибулярные ядра, обособляясь от ретикулярной формации, наряду с ретикуло-спинальным трактом, составляют одну из древних систем надсегментарного контроля [1, 2].

В данной работе приведены сравнительные результаты электрофизиологического исследования особенностей антидромной активации вестибуло- и ретикулоспинальных нейронов на стимуляцию шейного (cervicalis) и поясничного (lumbalis) отделов спинного мозга у озерной лягушки, на основе ранее проведенных экспериментов.

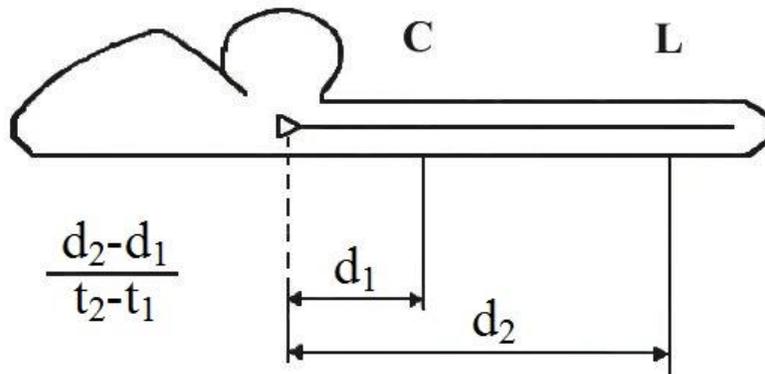


Рис. 1. Схематическое изображение измерения скорости проведения по волокнам вестибуло- и ретикулоспинальных трактов. d_1 , d_2 – расстояние между раздражающими электродами шейного (С) и поясничного (L) отделов спинного мозга; t_1 и t_2 – скрытые периоды антидромных ответов нейронов на стимуляция соответствующих отделов спинного мозга

Методы. Эксперименты проведены на озерных лягушках (*Rana ridibunda*) обоего пола по методике изолированного перфузируемого мозга [3]. Животные подвергались наркозу внутрибрюшинным введением 0.1-0.2% раствора MS-222 (0.2 г/кг). Электрическое раздражение передней ветви VIII нерва осуществлялось одиночными ударами постоянного тока (0.1-0.2 мс; 0.05-0.4 мА) серебряными всасывающими электродами. Биполярные вольфрамовые электроды прикладывались к вентральному канатику спинного мозга на уровне шейного (II пара спинномозговых нервов - cervicalis) и поясничного (VIII-X пары - lumbalis) утолщений (рис. 1.). Применялись те же параметры тока, что и в отношении передней ветви VIII нерва. С целью внутриклеточного отведения электрической активности нейронов ВЯК и МРФ использовались сточенные стеклянные микроэлектроды, заполненные раствором 2М KCL, с сопротивлением 15-20 МΩ. Проводился компьютерный анализ данных.

Результаты и обсуждение. Нейроны ВЯК и МРФ идентифицировались на основании возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП), возникающих в ответ на раздражение ипсилатерального вестибулярного нерва и их активации стимуляцией шейного и поясничного отделов спинного мозга.

При внутриклеточном отведении электрической активности вестибулярных нейронов на стимуляцию нерва возникал химически передаваемый моносинаптический ВПСП со скрытым периодом 1.5-2.96 мс. В случае ретикулярных нейронов скрытый период ВПСП был 2.22 – 6.82 мс. При стимуляции отделов спинного мозга возникали антидромные потенциалы действия с коротким и фиксированным скрытым периодом при различной интенсивности стимуляции. Они отличались короткой рефрактерностью и способностью воспроизводить высокочастотное раздражение (Рис. 2; 3).

Клетки, активируемые только при раздражении шейного отдела спинного мозга были обозначены С нейронами, а клетки, активируемые также и на стимуляцию поясничного отдела – L нейронами.

Скрытый период вестибулярных и ретикулярных С нейронов составлял 0.57-3.6 мс (в ср. 1.57 ± 1.69 мс; $n=121$) и 0.37-1.66 мс (в ср. 0.7 ± 0.22 мс; $n=105$) соответственно (Рис. 2. А 1, 2; Рис. 3А).

Скрытый период вестибулярных и ретикулярных L нейронов был 1.3-3.89 мс (в ср. 2.18 ± 2.25 мс; $n=94$) и 0.51-1.8 мс (в ср. 1.05 ± 0.3 мс; $n=123$) соответственно (Рис. 2. В 1, 2, Рис. 3. В).

Как показано, вестибуло- и ретикуло-спинальные нейроны активируются антидромно при стимуляции шейного и поясничного отделов спинного мозга (Рис. 2). Скорость проведения по их аксонам высчитывается как отношение $(d_2-d_1)/(t_2-t_1)$, где t_1 и t_2 величины скрытых периодов нейронов на раздражение шейного и поясничного отделов спинного мозга, а d_1 и d_2 – расстояние между местами введения микроэлектрода в ствол мозга и участками стимуляции С и L отделов (Рис.1.).

Расстояние между участками раздражения С и L отделов при исследовании вестибулоспинальных нейронов составляло 7-13 мм (в ср. 9.55 ± 9.66 мм; $n=97$). При исследовании ретикулоспинальных нейронов эта величина была 5-14 мм (в ср. 9.84 ± 1.44 ; $n=55$). Расстояние между местом введения микроэлектрода в мозг и местом стимуляции шейного отдела для вестибулоспинальных нейронов было 3.8-9.9 мм (в ср. 6.22 ± 6.34 мм; $n=125$). Соответствующий параметр в случае ретикулоспинальных нейронов составлял 3-6.9 мм (в ср. 4.63 ± 0.7 ; $n=211$).

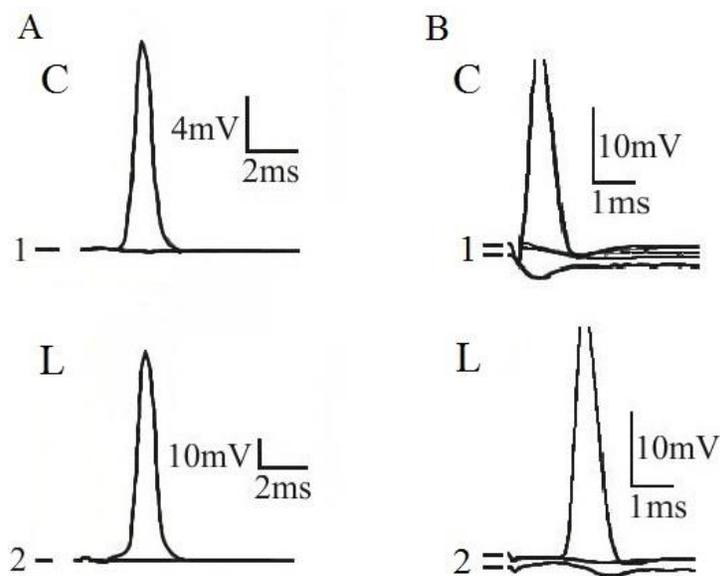


Рис. 2. Антидромная активация вестибуло- и ретикулоспинальных нейронов на стимуляцию шейного и поясничного отделов спинного мозга.

А 1, 2 – антидромная активация вестибулоспинальных С и L нейронов соответственно.

В 1, 2 – антидромная активация ретикулоспинальных С и L нейронов соответственно

Вычисленная скорость проведения для вестибулярных и ретикулярных L нейронов составляла 2.5-42.8 м/с (в ср. 15.84 ± 18.42 м/с; $n=108$) и 8-50 м/с (в ср. 24.47 ± 11.32 м/с; $n=100$) соответственно. При определении скорости проведения для тех же нейронов в отношении d_2/t_2 показало ее снижение [4, 5] (Рис. 1-3).

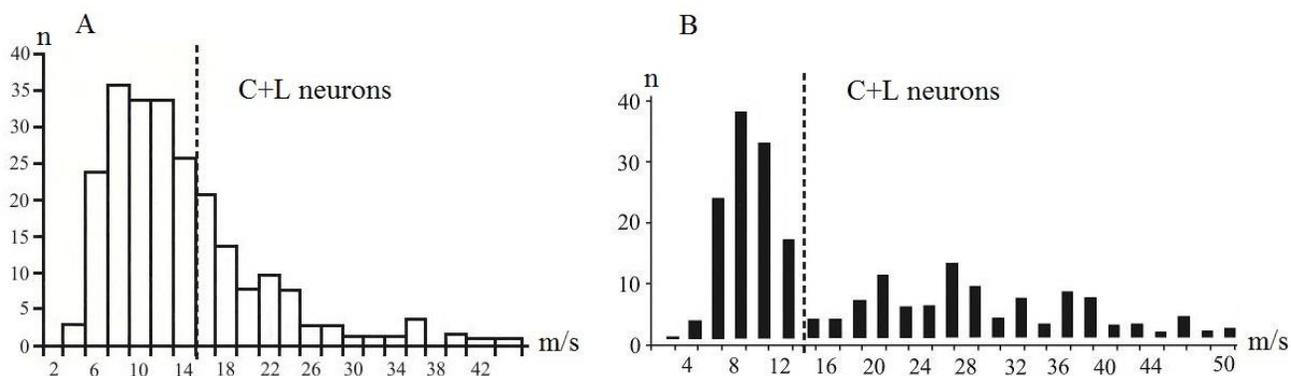


Рис. 3. Гистограммы распределения скоростей проведения по С и L нейронам лягушки.

А – вестибулоспинальные; В – ретикулоспинальные нейроны.

По оси абсцисс – скорости проведения; по оси ординат – количество нейронов

Данное снижение обусловлено следующими факторами:

- 1) наличие скрытого периода возникновения распространяющегося возбуждения под раздражающими электродами;
- 2) замедление скорости проведения при вхождении нервного импульса в сомату нейрона из-за снижения фактора надежности проведения в области начального сегмента и сома-дендритной мембраны;
- 3) удлинение пути прохождения нервного импульса из-за отклонения исследуемых трактовых волокон [6].

У лягушки использование вычисления d_2/t_2 занижает скорость проведения на 78%. В спинном мозге лягушки наблюдается отсутствие антидромной инвазии мотонейронов на стимуляцию переднего корешка. Область начального сегмента лягушки имеет более высокое сопротивление для генерации спайка, что может задерживать скорость распространения импульса. Учитывая указанные выше факторы, была определена скорость проведения для вестибулярных и ретикулярных С нейронов d_1/t_1 . Она составляла 3.6-23.5 (в ср.

10.67±11.54 м/с; n=128) м/с и 3.4-13.3 м/с (в ср. 7.44±2.07 м/с; n=96) соответственно. Общая скорость проведения для всех исследованных вестибулярных и ретикулярных С и L нейронов составила 2.5-42.8 м/с (в ср. 13.04±15.085 м/с; n=236) и 3.4-50 м/с (в ср. 16.12±11.83 м/с; n=196).

На основании скоростей аксонного проведения исследованные вестибулярные и ретикулярные нейроны были подразделены на медленные – до 14 м/с и быстрые – 15 м/с и выше. Медленные и быстрые вестибулярные и ретикулярные С и L нейроны регистрировались во всех областях ВЯК и МРФ. Более детальными подсчетами выявлено, что медленных С нейронов больше, чем быстрых, а количество медленных и быстрых L нейронов примерно одинаково [4, 5].

За счет большей скорости проведения нервного импульса по волокнам ретикулоспинальных нейронов по сравнению с вестибулоспинальными, происходит синхронизация их поступления к двигательным корешкам, регулирующим активность задних лап. Тем самым компенсируется более поздний приход вестибулярных импульсов к ретикулярным нейронам, чем к вестибулярным.

Аксоны вестибуло- и ретикулоспинальных нейронов лягушки моносинаптически контактируют с мотонейронами шейного и поясничного утолщений. Все вышеизложенное свидетельствует о важной роли данных нейронов в медиации вестибулярных и ретикулярных влияний на спинальные моторные механизмы.

Список литературы / References

1. *Ten Donkellar H.J.* Anurans in the Central Nervous System of Vertebrates (Nieuwenhuys R., Ten Donkellar H.J., Nicholson C.). // Springer, 1997. Vol. 2. P. 1151-1314.
2. *Matesz C., Kulik A., Bácskai T.* Ascending and Descending Projections of the Lateral-Vestibular Nucleus in the Frog *Rana esculenta*. // J. Comp. Neurol., 2002. V. 444. № 1. P. 115-128.
3. *Погосян В.И., Фанарджян В.В., Манвелян Л.Р.* Микроэлектродное исследование вестибулярных нейронов в изолированном перфузируемом мозгу лягушки *Rana ridibunda*. // Журн. Эвол. Биох и физиол., 1997. Т. 5. С. 164-173.
4. *Фанарджян В.В., Манвелян Л.Р., Насоян А. М.* Электрофизиологические особенности вестибулоспинальных нейронов лягушки. // ДАН, 2000. Т. 100. № 3. С. 296-301.
5. *Арутюнян Э.Ю., Манвелян Л.Р.* Электрофизиологические особенности ретикулоспинальных нейронов лягушки. // ДАН, 2004. Т. 104. № 3. С. 251-255.
6. *Ito M., Hongo T., Yoshida M., Okada Y., Obata K.* Antidromic and transsynaptic activation of Deiters' neurons induced from the spinal cord. // Jap. J. Physiol., 1964. V. 14. № 6. P.638-658.
7. *Манвелян Л.Р., Терзян Д.О., Маргарян А.В., Григорян М.Л.* Сравнительный электрофизиологический анализ мозжечкового контроля нейронов вестибулярного ядерного комплекса и медиальной ретикулярной формации лягушки. // Наука, техника и образование, 2018.