



НЕЙРОННЫЕ СИНЦИТИИ В ЭНТЕРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЕ FELIS CATUS

¹Марков И.И., ²Сотников О.С., ¹Маркова В.И., ³Бабаева Р.Э., ²Лукашин В.Г.

¹Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара; ²Институт физиологии имени И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия; ³Азербайджанский государственный медицинский университет, Баку, Республика Азербайджан, e-mail: morpholetter@yandex.ru

Для цитирования:

Марков И.И., Сотников О.С., Маркова В.И., Бабаева Р.Э., Лукашин В.Г. Нейронные синцитии в энтеральной нервной системе Felis catus. Морфологические ведомости. 2022;30(1):661. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(1\).661](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(1).661)

Резюме. Синцитиальные связи между нейритами с помощью электронной микроскопии обнаружены в нервной системе кошек, молодых свиней, а также в культуре ганглиев моллюска. Была установлена возможность выявления нервных синцитиев с помощью метода компьютерного демаскирования арборизаций межнейронных связей в нервной ткани головного мозга, однако для изучения энтеральной нервной системы этот метод не использовался. Цель исследования - анализ подслизистого и межмышечного вегетативных нервных сплетений кишечника домашней кошки Felis catus методом компьютерного демаскирования. Материалом для исследований послужили препараты тонкого и толстого кишечника. Все манипуляции с животными проведены с соблюдением Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях. Эксперименты проведены на половозрелых беспородных кошках (n=45). Для получения препаратов сосуды кишечника экспериментальных животных последовательно перфузировали растворами гидроксида бария, затем азотнокислого серебра и гидрохинона. После перфузии проводился забор препаратов кишечника и их фиксации. Полученные гистологические препараты (в том числе и ультрамикроскопические) исследованы методом демаскирования снижения разрешения цифровых изображений. В результате исследования впервые выявлены многочисленные дистантные синцитиальные анастомозы, соединяющие тела нейроцитов всех типов Догеля, установлены их свойства. Описаны распространенные множественные морфологические одно- и поливалентные кольцевые синцитиальные структуры. Их предполагаемая функции - встречное направление электрического и аксоплазменного токов. Прижизненной особенностью рефлекторного синцитиального аппарата энтеральной нервной системы является формирование многоэтажных замкнутых петлевидных контактов нервных волокон и клеток II типа Догеля с выраженными локальными и диффузными рецепторными ветвлениями. Таким образом, характерной особенностью энтеральной нервной системы является наличие многоклеточных связей нейроцитов в виде сети дистантных синцитиальных анастомозов. Эти анастомозы являются реальным доказательством ретикулярного принципа структурной организации вегетативных сплетений энтеральной нервной системы и ретикулярной концепции в целом.

Ключевые слова: нейронный синцитий; клетки Догеля II типа; энтеральная нервная система; кишечник; кошка

Статья поступила в редакцию 1 декабря 2021

Статья принята к публикации 26 января 2022

NEURONAL SYNCYTIA IN THE ENTERIC NERVOUS SYSTEM OF THE FELIS CATUS

¹Markov II, ²Sotnikov OS, ¹Markova VI, ³Babayeva RE, ²Lukashin VG

¹Private Medical University REAVIZ, Samara; ²Pavlov Institute of Physiology, Saint-Petersburg, Russia; ³Azerbaijan State Medical University, Baku, Republic of Azerbaijan, e-mail: morpholetter@yandex.ru

For the citation:

Markov II, Sotnikov OS, Markova VI, Babayeva RE, Lukashin VG. Neuronal syncytia in the enteric nervous system of the Felis catus. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological Newsletter. 2022;30(1):661. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(1\):661](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(1):661)

Summary. Syncytial connections between neurites were found using electron microscopy in the nervous system of cats, young pigs, as well as in the culture of mollusk ganglia cells. The possibility of detecting neural syncytia using the method of the unmasking of digital images of arborizations of interneuronal connections in the nervous tissue of the brain was established, but this method was not used to study of the enteric nervous system. The aim of the study was to analyze the submucosal and intermuscular autonomic nerve plexuses of the intestine of the domestic cat (Felis catus) by method of the unmasking of digital images. The material for the study was preparations of the small and large intestines. All manipulations with animals were carried out in compliance with Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union on the protection of animals used for scientific aims. The experiments were carried out on mature outbred cats (n=45). To obtain preparations, the intestinal vessels of experimental animals were sequentially perfused with solutions of barium hydroxide, then silver nitrate, and hydroquinone. After perfusion, intestinal preparations were taken and fixed. The obtained histological preparations (including ultramicroscopic ones) were studied by the method of unmasking of digital images (of the downscaling of the image resolution). As a result of the study, numerous distant syncytial anastomoses connecting the bodies of neurocytes of all types of Dogiel cells were revealed for the first time, and their properties were established. Widespread multiple morphological mono- and polyvalent ring syncytial structures were found. Their supposed function is the opposite direction of electric and axoplasmic flow. An in vivo feature of the reflex syncytial apparatus of the enteric nervous system is the formation of multi-tiered closed loop-like contacts of nerve fibers and type II Dogiel cells with pronounced local and diffuse receptor branches. Thus, a characteristic feature of the enteric nervous system is the presence of multicellular connections of neurocytes in the form of a network of distant syncytial anastomoses. These anastomoses are real proof of the reticular principle of the structural organization of the autonomic plexuses of the enteric nervous system and the reticular concept in general.

Key words: neuronal syncytium; Type II Dogiel cells; enteric nervous system; intestines; cat

Article received 01 December 2021

Article accepted 26 January 2021

Введение. «Если межклеточные нейрофибрилярные анастомозы..., мостики слияния... могут быть легко доказаны, они будут более серьезным возражением против теории нейрона (Ramon у Cajal, 1959, p. 133)», (цит. по [1]). Нейрональные синцитии являются обычными клеточными структурами, как и предполагается по закону Теодора Шванна [1]. Поэтому возник вопрос о возможности формирования синцитиальных межнейрональных перфорацией и в энтеральной нервной системе или так называемом «энтеральном мозге», обладающим более 200 миллионами нейронов, что значительно больше, чем в спинном мозге [2]. В современной нейроморфологической литературе интеграция в нервной системе ограничивается исследованием химических и электрических синапсов. Наличие синцитиальной связи нейронной теорией обычно не предполагается. Однако, исследование цитоплазматических контактов в нервной системе чрезвычайно важно, так как синцитии, подобно щелевым контактам, так же электропроницаемы, но при нулевом сопротивлении. Без синаптической задержки они проводят электричество в обе стороны после перфорации и обладают свободной проницаемостью мембран для крупных молекул и даже при слиянии смежных нервных клеток [3]. В работе с вегетативными нейронами энтеральной нервной системы мы, естественно, не можем касаться подробностей организации всей вегетативной нервной системы, анатомия и физиология которой изложены в трудах Лаврентьева [4], Ленглея [5], Хауликэ [6]. Однако, следует отметить, что о некоторых ее особенностях, касающихся предполагаемых синцитиальных свойств, в них все же упоминается. В интраплазматическом положении концевых веточек подошвы рецепторов кишечника в специальных рецепторных синцитиях глиальных клеток был уверен Лаврентьев [7]. Синцитиальные межнейрональные связи, вероятнее всего, являются основой как антидромной импульсации возбуждения Соковнина [8], так и аксон-рефлекса Ленглея [5]. О кольцевых нервных аппаратах писали Соловьева [9] и Милохин [10], но об их синцитиальной

природе авторы не подозревали. Вообще, в современной неврологии данные о межнейрональных синцитиях практически отсутствуют, как это и предполагает нейронная теория. Однако, нами, с помощью электронной микроскопии, естественные синцитиальные перфорации между нейритами были неоднократно обнаружены в интрамуральной нервной системе кошек, молодых свиней, а также в культуре ганглиев моллюска *Lymnaca Stagnalis* [11]. Нами установлено, что короткие волоконные нейронные комиссуры на самом деле являются дистантными синцитиальными анастомозами (далее – ДСА), содержащими полужидкий сократимый гель аксоплазмы, постоянно перемещающийся в противоположные стороны через два смежных удаленных синцития. Совершенно неожиданно для нас, на многочисленных иллюстрациях путаницы сложных арборизаций в монографиях Ramon у Cajal [12-13] с помощью метода компьютерного демаскирования была выявлена масса дву- и многоклеточных ДСА [14]. Это прямые доказательства реальности ретикулярной концепции Golgi в нервной системе [15]. Однако для того, чтобы доказать всеобщую реальность распространения синцитиев, мы считали необходимым исследовать нервные сплетения также и в энтеральной нервной системе.

Цель исследования: анализ подслизистого и межмышечного вегетативных нервных сплетений кишечника домашней кошки *Felis catus* методом компьютерного демаскирования для доказательства наличия синцитиальных связей нейроцитов в кишечнике.

Материалы и методы исследования. Для электронно-микроскопического исследования фрагменты различных отделов кишечника фиксировали в течение 1 часа в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида (Acros Organics, США), затем в 1%-ном растворе охлажденной OsO₄ (Sigma – Aldrich, Германия). После дегидратации ткань заливали в смесь аралдитов (Sigma). Срезы готовили на ультратоме LKB-5 (Швеция) и окрашивали по Рейнольдсу. Просмотр и фотосъемку проводили на

электронном микроскопе при напряжении 80 кВ.

Для светооптического исследования нервных сплетений пищевода, желудка и кишечника были использованы два метода импрегнации солями серебра: классический метод Бильшовского-Гросс [16] и универсальный метод элективного выявления аргирофильных структур [17]. Эксперименты проведены на половозрелых беспородных кошках (n=45), часть из которых (n=15) – в суправитальных условиях. Животным, находившимся под общей анестезией (препарат Zoletil-50, 1 мл 10% раствора на 1 кг массы), канюлировали брюшную аорту и перфузировали через нее 5% раствор глюкозы до появления в пересеченной воротной вене чистого перфузата. Далее перфузировали раствор гидроокиси бария, а затем 0,25% раствор азотнокислого серебра и 4% водный раствор гидрохинона. Через 3–5 минут после завершения перфузии, проводился забор исследуемого материала и фиксация его в 15% формалине, нейтрализованном тетраборнокислым натрием.

Оптимальный срок фиксации материала осуществляется эмпирически, путем пробной импрегнация замороженных срезов через каждые 2 суток. После фиксации стенка желудка и кишечника расслаивается, выделяется подслизистая основа и мышечно-серозная оболочка. Их фрагменты размером 4,0x6,0 см и толщиной до 300,0 мкм импрегнировали по методу Бильшовского-Гросс. После проведения стандартных манипуляций гистотехники тотальные препараты заключались в канадский бальзам по методу Кларка. Этим достигается максимальное просветление препаратов и создаются условия для получения высокоинформативных цветных микрофотографий. Все манипуляции с животными, содержание, эксперименты, эвтаназия, проводились в соответствии со статьями 9 и 11 498-ФЗ РФ от 27.12.2018г. и «Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях». На проведение морфологических экспериментов и на их дизайн было получено разрешение локального этического комитета Медицинского университета

«РЕАВИЗ» и Института физиологии имени И.П. Павлова РАН.

Для интерпретации цифровых изображений, полученных с препаратов, устранения множественных ветвлений нейритов, маскирующих сложность структурной организации нейрональных арборизаций (что, по мнению авторов, является главной причиной маскирования искомым нервных структур и поводом для дискуссии между сторонниками нейронной и ретикулярной теорий), использовали цифровой метод упрощения импрегнационной картины для демаскировки ее мелких и мельчайших деталей. Для этого, с помощью соответствующих программных инструментов усиливали контраст изображений и, таким образом, снижали их разрешение. В результате получали цифровые изображения только крупных и контрастных аргентофильных волокон, контактирующих с телами нейронов и между собой, которые являются нервными мостиками и синцитиальными контактами.

Результаты исследования и обсуждение. Исследования препаратов кишечника выявило в них несколько вариантов типичных межмембранных цитоплазматических синцитиев. Они обычно обнаруживаются на поперечных срезах в виде перфораций, ограниченных адгезированными парами мембран. Это свидетельствует об их возникновении на основе щелевых и плотных контактов (рис. 1).

На основании изучения этих препаратов легко представить, что синцитиальным перфорациям предшествует превращение двухслойных контактирующих аксолемм в слившиеся тонкие мембраны (щелевые и плотные контакты) с признаками их превращения в синцитий. Во всех отделах кишечника широкое распространение имеют соединительные толстые межнейронные мостики, которые называют дистантными парными синцитиальными анастомозами. Они нередко встречаются в микроганглиях кишечных сплетений, и хорошо заметны, так как часто являются широкими, короткими и утолщенными (рис. 2).

Ранее нами было показано, что в культуре ткани эти расширения живых подвижных нейронов могут, сближаясь,

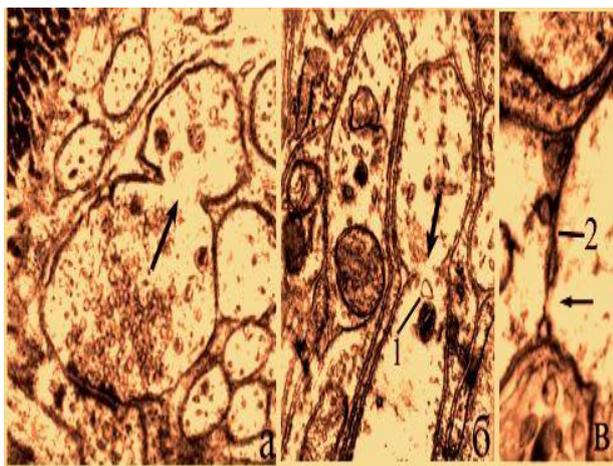


Рис. 1. Синцитиальные перфорации в межмышечном нервном сплетении тонкой кишки. Обозначения: а – крупный межволоконный синцитий; б – признаки формирующейся синцитиальной перфорации; в – разрушение мембранных контактов перед формированием перфорации; 1 – липидная вакуоль, остаток разрушенного плотного контакта билипидной мембраны; 2 – билипидная мембрана перед формированием синцития; стрелки – структурные этапы формирующихся и сформированных синцитиев. Электронные микрофото. Ув.: а, б – $\times 35000$, в – $\times 45000$.

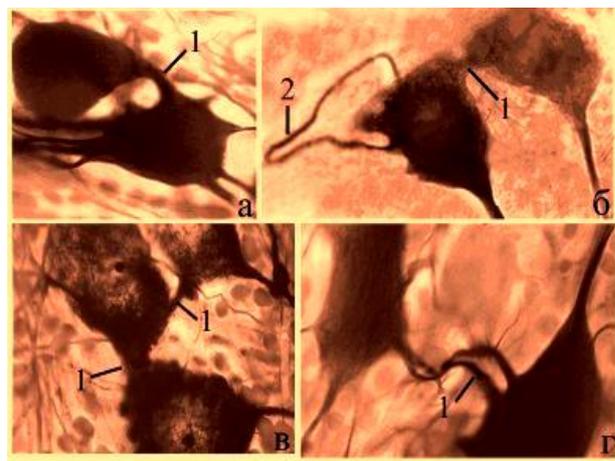


Рис. 2. Крупные, короткие синцитиальные анастомозы. Обозначения: а – межмышечное нервное сплетение толстой кишки; б – подслизистое нервное сплетение тонкой кишки кошки; в – межмышечное нервное сплетение тонкой кишки кошки; г – межмышечное нервное сплетение толстой кишки кошки; 1 – ДСА; 2 – синцитиальная аутопетля. Окр.: универсальным методом импрегнации. Ув.: $\times 400$.

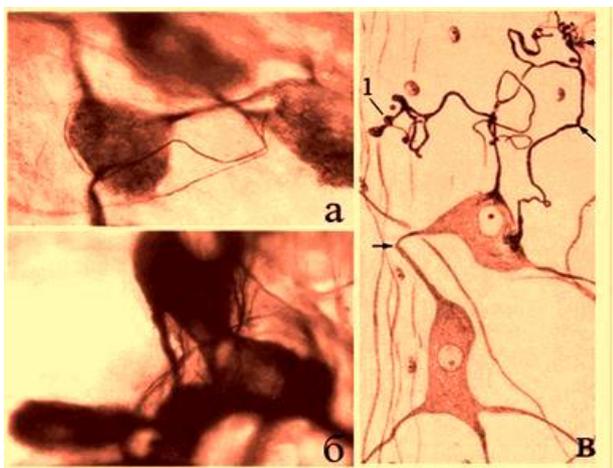


Рис. 3. Связи нескольких клеток ДСА клеток II типа Догеля в подслизистом нервном сплетении толстой кишки кошки. Обозначения: а – синцитиальная связь трех последовательно синцитиально объединенных нейрона; б – рецепторные клетки Догеля II типа с тканевым рецептором; 1 – тканевый рецептор; стрелки – ДСА, связывающие соседние нейроны; Окр.: а, б – универсальный метод импрегнации; в – по Бильшовскому–Гросс. Ув.: $\times 400$.

сливаться в крупные двуядерные клетки. Такие дикарионы часто встречаются также в препаратах кишечника. Их ДСА могут удлиниться и достигать удаленных нервных клеток (рис. 3). При этом диаметр ДСА уменьшается и у них появляются дополнительные ветви. Эти структуры существенно усложняют характер всего нервного сплетения, но не изменяют принципа удаленной межнейронной электрической и гуморальной связи. Резко расширенные короткие синцитиальные анастомозы и даже тела нейронов в нервных сплетениях кишечника могут контактировать друг с другом и даже сливаться [3, 14]. Иногда нейроны сплетений имеют по три и более синцитиальных анастомозов или аутопетель. Так, от одиночного чувствительного нейрона может отходить не один, а два дендрита, образующих одиночный рецепторный кустик (рис. 3-в). В то же время у смежного нейрона, находящегося с ним в удаленной цитоплазматической синцитиальной связи, сенсорные терминалы могут отсутствовать.

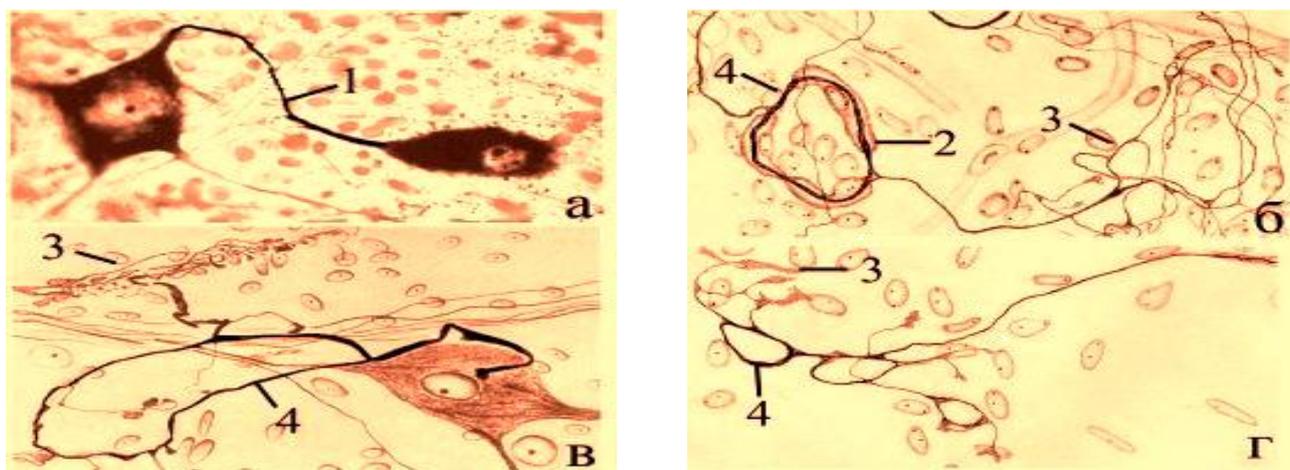


Рис. 4. Петлеобразные и кольцевые дистантные анастомозы клеток II типа Догеля в подслизистом нервном сплетении толстой кишки кошки. Обозначения: а – удлинненный межнейрональный анастомоз с двумя парными синцитиями; б – кольцевой синцитий с фрагментами миелиновой оболочки и тканевым рецептором; в – кольцевой аутоанастомоз с двумя нейрональными синцитиями и тканевым рецептором; г – кольцевые синцитиальные анастомозы в области тканевого рецептора; 1 – анастомоз между двумя нейронами, двумя смежными синцитиями; 2 – миелиновая оболочка; 3 – рецептор; 4 – дистантные кольцевидные синцитиальные анастомозы. Окр.: а – универсальный метод импрегнации; б-г по Бильшовскому-Гросс. Ув.: x400.

Для «энтерального мозга» множественные волоконные удаленные замкнутые петли и кольцевые анастомозы оказались наиболее важными (рис. 4). Скорее всего, это одна из структурных особенностей его нервных сетей. У клеток Догеля II типа нейриты образуют кустиковидные и обширные распространенные рецепторы, дополнительно подтверждая сенсорную природу этих клеток. Кольцевые анастомозы, меняя форму и диаметры отростков, также могут обладать фрагментами миелиновой оболочки (рис. 4-б). Возможно, что у птиц эта форма структур встречается чаще. Однако, по нашему мнению, кольцевые синцитиальные анастомозы формируются у всех животных и, особенно, в терминальных отделах сенсорных нейронов, то есть в области рецепторов, где особенно увеличена степень арборизаций, извилистости нейритов и частоты ретроградного изменения направления тока их аксоплазмы (рис. 4-г). Таким образом, ДСК встречаются в «энтеральном мозге» чаще, чем в головном мозге. Их особенность состоит в том, что они представляют собой цитоплазматические анастомозы с несколькими последовательными синцитиями и более четко формируют широкий ре-

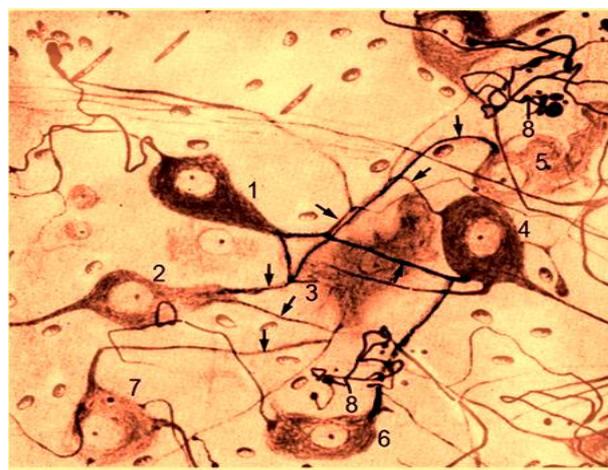


Рис. 5. Рецепторное поле. Массовые дистантные парные синцитии 7 нормальных клеток II типа Догеля в подслизистом нервном сплетении тонкой кишки кошки. 1-7 – тела клеток; 8 – рецепторные терминали; стрелки – анастомозы между нейронами, содержащие по паре синцитиев. Окр.: по Бильшовскому-Гросс. Ув.: x400.

тикулум. Нам удалось выявить сети межнейритных и межсоматических связей 7-8 нейронов, связанных цитоплазматическими анастомозами с непарными, последовательными синцитиями, соединяющими по три цилиндрических отростка (рис.

5). Это единственный тип биологических синцитиев в цитологии. Такая редкая, фактически асинаптическая, исключительно цитоплазматическая нейронная связь в нервных сплетениях требует и новых физиологических подходов, и новых объяснений.

Заключение. Описанные факты множественных синцитиальных цитоплазматических асинаптических связей в нервных сетях энтеральной нервной системы или, запутанность сети и широкая арборизация нейронов несомненно свидетельствуют о реальности и распространенности ретикулярного принципа структурной ор-

ганизации в ней также, как это показано для головного мозга. Поэтому мы считаем, что как с теоретической, так и с практической точек зрения, знания о структурно-функциональной организации нервной системы на современном этапе должны опираться на общие принципы объединенной нейронно-ретикулярной концепции. По словам основателя нейронной теории Рамона-и-Кахалья «Чтобы избежать полной катастрофы обоснованных понятий соединений, мы признали гипотезу колониальной системы Догеля», (Ramon y Cajal, 1954, p. 143, цит. по [1]), то есть по сути ограниченной ретикулярной системы.

Литература References

1. Shvann T. *Mikroskopicheskie issledovaniya o sootvetstovii i strukture i roste zhivotnykh i rasteniy.* M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1939.- 463s. In Russian
2. Gerschon MD. *The second Brain.* New York, 1998.- 179pp.
3. Sotnikov OS. *Ob"edinennaya neyronno-retikulyarnaya teoriya.* S-Pb: Nauka, 2019.- 239s. In Russian
4. Lavrent'ev BI. *Morfologiya antagonisticheskoy innervatsii v avtonomnoy nervnoy sisteme i metody ee issledovaniya/ V kn.: Morfologiya nervnoy sistemy.* M.: Medgiz, 1946.- S. 13–83. In Russian
5. Lengley Dzh. *Avtonomnaya nervnaya sistema. Chast' pervaya.* M.-L.: Gos. Izd-vo, 1925.- S. 1-70. In Russian
6. Khaulike I. *Vegetativnaya nervnaya sistema.* Bukharest: Med. Izd-vo, 1978.- 350s. In Russian
7. Lawrentiew BI. *Experimentell – morphological Studien uber den feineren Bau des autonomen Nervensystems. I. Die Beteiligung des Vagus an der Herzinnervation.* Ztschr. microsk. anat. Forsch. 1929;16(3–4):383–411. In German
8. Sokovnin NM. *Materialy dlya fiziologii aktov vyvedeniya i zaderzhanii mochi (Iz Fiziologicheskoy laboratorii Kazanskogo universiteta).* Kazan': Tipografiya Universiteta, 1877.- 43s. In Russian
9. Solov'eva IA. *Razvitie afferentnoy innervatsii pishchevoda tsyplyat.* Arkh. anat. 1965;9:64–70. In Russian
10. Milokhin AA. *Chuvstvoitel'naya innervatsiya vegetativnykh neyronov.* L.: Nauka, 1967.- 67s. In Russian
11. Sotnikov OS, Markov II. *Kontseptsiya retikulyarnoy organizatsii nervnoy tkani Aleksandra Dogelya.* *Morfologicheskie vedomosti.* 2018;1:8–9. DOI: 10.20340/mv-mn.18(26).01.8-19. In Russian
12. Ramon y Cajal S. *Degeneration and Regeneration of the Nervous System.* N-Y: Hafner publishing Co, 1959.- 123pp.
13. Ramon y Cajal S. *Neuron Theory or Reticular Theory? Objective Evidence of the Anatomical Unity of Nerve Cells.* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Cientificas. Instituto Ramon y Cajal, 1954.- 275pp.
14. Sotnikov OS. *Dvuyadernnye i mnogoyadernnye neyrony obrazuyutsya sliyaniem. Kletochnye tekhnologii v biologii i meditsine.* 2021;2:79-84. DOI: 10.47056/1814-3490-2021-2-79-84. In Russian
15. Golgi C. *The neuron doctrine – theory and facts.* Nobel Lecture. 1906. Nobel lectures, Physiology or Medicine. 1901–1921. Amsterdam: Elsevier Publ. Comp., 1967.- P. 189–217.
16. Romeys B. *Mikroskopicheskaya tekhnika. Per. s nem., pod red. I.I. Sokolova.* M.: Izd-vo inostrannoy literatury, 1953.- 719s. In Russian
17. Markov II, Petrova ES, Markova VI. *Universal'ny metod elektivnogo vyyaoleniya argirofil'nykh struktur.* *Morfologicheskie vedomosti.* 2016;1:114–117. In Russian

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования.

The authors declare that they did not have any conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Марков Игорь Иванович, доктор медицинских наук, профессор кафедры морфологии патологии, советник ректора, Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара, Россия;
e-mail: morpholetter@yandex.ru

Igor I. Markov, Professor, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Morphology and Pathology, Rector's Adviser, Private Medical University REAVIZ, Samara, Russia;
e-mail: morpholetter@yandex.ru

Маркова Валерия Игоревна, ассистент кафедры морфологии и патологии, Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара, Россия;
e-mail: morpholetter2@yandex.ru

Valeriya I. Markova, Assistant of the Department of Morphology and Pathology, Private Medical University REAVIZ, Samara, Russia;
e-mail: morpholetter2@yandex.ru

Сотников Олег Семенович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник группы функциональной морфологии и физиологии нейрона, Институт физиологии имени И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: ossotnikov@mail.ru

Oleg S. Sotnikov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher of the Group of the Neuron Functional Morphology and Physiology, Pavlov Institute of Physiology, Saint-Petersburg, Russia;
e-mail: ossotnikov@mail.ru

Бабаева Рамиля Эмиль кызы, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры анатомии и медицинской терминологии, Азербайджанский государственный медицинский университет, Баку, Республика Азербайджан; **e-mail: medun91@mail.ru**

Ramilya E. Babaeva, Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Anatomy and Medical Terminology, Azerbaijan State Medical University, Baku, Republic of Azerbaijan;
e-mail: medun91@mail.ru

Лукашин Владислав Григорьевич, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, группа функциональной морфологии и физиологии нейрона, Институт физиологии имени И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: pavlov.institute@infran.ru

Vladislav G. Lukashin, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of the Group of the Neuron Functional Morphology and Physiology, Pavlov Institute of Physiology, Saint-Petersburg, Russia;
e-mail: pavlov.institute@infran.ru