

УДК 616.71

DOI 10.24412/2312-2935-2023-2-248-261

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАК МАРКЁРЫ ПРОЦЕССОВ ВЗРОСЛЕНИЯ И СТАРЕНИЯ

Войтенков В.Б.^{1,2}, Екушева Е.В.^{2,3}, Кипарисова Е.С.², М.М. Дальсаева⁴, К.С. Корневич²

¹ ФГБУ «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России», г. Санкт-Петербург

² Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», г. Москва

³ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород

⁴ ООО Клиника эстетической медицины «МД Клиник», г. Грозный

Введение. В гериатрии важную роль играет поиск биомаркеров старения.

Целью работы явилось определить нейрофизиологические показатели у здоровых лиц различного возраста при стимуляционной электронейромиографии и диагностической транскраниальной магнитной стимуляции.

Материалы и методы. Всего обследовано 1575 человек, из которых у 1121 было оценено функциональное состояние двигательных нервов и скелетных мышц, у 392 - сенсорных трактов и у 62 – кортико-лингвального пути. Для оценки состояния периферических моторных нервов и скелетных мышц было обследовано 1 121 человек, разделенных на шесть возрастных групп: 0–1 год, 2–5 лет, 6–13 лет, 14–17лет, 18–55лет и 56–96 лет. Всем проводили стимуляционную электронейромиографию, анализируя показатели латентности и амплитуды проксимального (периферического) М-ответа, скорости проведения по сенсорным путям и амплитуды потенциала действия сенсорного нерва. В исследовании состояния кортико-лингвальных включили 62 здоровых лица в возрасте от 2 до 96 лет. Все исследуемые были разделены на подгруппы по возрасту: дети 2-17 лет (n=19), люди молодого и среднего возраста 18-55 лет (n=33) и пожилые лица 56-96лет (n=10). Всем проводилась диагностическая ТМС по одноимпульсному протоколу с наложением поверхностного отводящего электрода с постоянным межэлектродным расстоянием ЭП-1 на язык по центральной линии и стандартного кольцевого койла на голову исследуемого в проекции точки Fz по международной схеме «10-20». При статистическом анализе полученных данных использовали статистический анализ на базе компьютерной программы Statistica for Windows 7. Использовался метод оценки асимметрии эксцесса.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенного исследования выявлены достоверные отличия по латентности и амплитуде моторного и сенсорного ответа у пациентов разного возраста, причём показано достоверное удлинение показателей латентности с возрастом. Этот процесс носил универсальный характер, и наблюдался при исследовании периферических нервов разной длины. Нейрофизиологическое исследование биологических процессов старения периферических отделов афферентной системы с помощью электронейромиографии и диагностической транскраниальной магнитной стимуляции позволяет изучить физиологическую перестройку сенсорных и моторных проводящих структур. Результаты проведенной работы могут применяться в гериатрии для

раннего обнаружения паттернов, характерных для ускоренного старения нервной системы, а также для дальнейшего анализа механизмов данного процесса и его возможного предотвращения.

Ключевые слова: маркер старения, нейрофизиология, транскраниальная магнитная стимуляция, электронейромиография

NEUROPHYSIOLOGY PARAMETERS AS BIOMARKERS OF AGING

V.B. Voitenkov^{1, 2}, E.V. Ekusheva^{2, 3}, E.S. Kiparisova², M.M. Dal'saeva⁴, K.S. Korenevich²

¹*Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases; Saint-Petersburg*

²*Academy of postgraduate education of the Federal state budgetary institution "Federal scientific and clinical center of specialized types of medical care and medical technologies of the Federal medical and biological Agency", Moscow*

³*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University», Belgorod*

⁴*LLC Clinic of Aesthetic Medicine «MD Klinik», Grozny*

Abstract. The aim of the work was to determine the neurophysiological parameters in healthy individuals of different ages using conducting studies and diagnostic transcranial magnetic stimulation.

Materials and methods. A total of 1575 people were examined, of which 1121 were evaluated for the functional state of motor nerves and skeletal muscles, 392 for sensory tracts, and 62 for the cortico-lingual pathway. To assess the state of peripheral motor nerves and skeletal muscles 1,121 people were included and divided into six age groups: 0–1 years old, 2–5 years old, 6–13 years old, 14–17 years old, 18–55 years old, and 56–96 years old. All underwent conduction studies, analyzing the latency and amplitude of the proximal (peripheral) CMAP response, sensory conduction velocity, and the amplitude of the sensory nerve action potential (SNAP). The cortico-lingual condition study included 62 healthy individuals aged 2 to 96 years. All subjects were divided into subgroups by age: children 2-17 years old (n=19), young and middle-aged people 18-55 years old (n=33) and elderly people 56-96 years old (n=10). All underwent diagnostic TMS - single-pulse protocol with the application of a surface discharge electrode with a constant interelectrode distance on the tongue along the central line and a standard ring coil on the head of the Fz on "10-20". Statistical analysis based on the computer program Statistica for Windows 7.

Results. Significant differences in the latency and amplitude of the motor and sensory responses in patients of different ages were revealed, and a significant lengthening of latency indicators with age was shown. This process was universal, and was observed in the study of peripheral nerves of different lengths. Neurophysiological study of the biological processes of aging in the peripheral parts of the afferent system using conduction studies and diagnostic transcranial magnetic stimulation makes it possible to study the physiological reconstruction of sensory and motor pathways. Results of our work may be used in geriatrics for early detection of patterns characteristic of accelerated aging of the nervous system, as well as for further analysis of the mechanisms of this process and its possible prevention.

Keywords: biomarkers of aging, conduction studies, transcranial magnetic stimulation, neurophysiology

Введение. Старение – естественный процесс, для которого свойственно постепенное нарастание патологических процессов в органах и системах организма со снижением их функциональности [1; 2]. Для оценки настолько сложного процесса привлекается большое количество различных маркеров – параметров, отражающих структурное и/или функциональное состояние организма [2]. Как центральная, так и периферическая нервная система так же, как и другие системы организма, подвержена процессу старения; при этом подходящими для оценки её состояния маркерами являются нейрофизиологические и нейровизуализационные показатели. К первым относятся данные электроэнцефалографии (ЭЭГ), электронейромиографии (ЭНМГ), вызванные потенциалы различных модальностей и диагностическая транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС). Нейровизуализационными маркерами служат показатели магнитно-резонансной томографии (МРТ) и другие ультразвуковые исследования. Несмотря на длительный процесс изучения различных методов верификации, не до конца проработан вопрос о нормативных показателях для проведения нейрофизиологических исследований; особенно у лиц педиатрической и гериатрической популяции. Также большой интерес представляет сравнительная оценка возрастной динамики этих показателей с выявлением периода наивысшего функционирования организма человека и, в свою очередь, снижения при здоровом или патологическом старении.

Целью работы явилось определить нейрофизиологические показатели у здоровых лиц различного возраста при стимуляционной электронейромиографии и диагностической транскраниальной магнитной стимуляции.

Материалы и методы. Всего обследовано 1575 человек, из которых у 1121 было оценено функциональное состояние двигательных нервов и скелетных мышц, у 392 – сенсорных трактов и у 62 – кортико-лингвального пути. Для оценки состояния периферических моторных нервов и скелетных мышц было обследовано 1121 человек, разделенных на шесть возрастных групп: 0–1 год, 2–5 лет, 6–13 лет, 14–17 лет, 18–55 лет и 56–96 лет. В группу 18–55 лет были включены лица молодого и среднего возраста, так как из данных предшествующих работ было известно об отсутствии достоверных различий между показателями проведения по данным ЭНМГ между здоровыми испытуемыми этой, наиболее исследованной возрастной группы.

Всем пациентам проводили стимуляционную ЭНМГ по общепринятой методике, анализируя показатели латентности и амплитуды проксимального (периферического) М-ответа; выбранные как наименее «оператор-зависимые». Исследования были проведены на электронейромиографе «Нейро-МВП» («Нейрософт», Иваново, Россия).

При оценке состояния сенсорных нервов проводили ЭНМГ у лиц разного возраста. В ходе дальнейшего динамического наблюдения у части обследованных лиц не были выявлены какие-либо неврологические нарушения, и в представленную работу были включены данные именно этих испытуемых. Особое внимание уделялось наличию у обследованных лиц эндокринологических (сахарного диабета, гипо- и гипертиреоза) или иных нарушений, которые могут вызывать патологический процесс в периферических нервах конечностей и повлиять на их функциональное состояние. Поскольку сердечно-сосудистые заболевания не оказывают такого влияния, их наличие у лиц пожилого и старческого возраста не являлось критерием исключения.

Было обследовано 392 человека, которые для решения поставленной цели были разделены на 7 групп разного возраста (табл. 1).

Таблица 1

Распределение по возрастным группам лиц, которым проводили электронейромиографическое исследование периферических сенсорных нервов рук

<i>Возраст, лет</i>	<i>Количество, n</i>
<1	23
2–5	23
6–12	51
13–17	39
18–55	180
56–79	52
80–96	24

Следует отметить, что включение в одну группу лиц молодого (18–44 лет) и среднего (45–55 лет) возраста было сделано на основании данных, полученных другими исследователями [3], об отсутствии достоверных различий показателей проведения при стимуляционной миографии у здоровых испытуемых этого возраста. Напротив, по результатам анализа полученных данных была выделена группа старческого возраста (80–96 лет), вследствие отличия их показателей от таковых у лиц 55–79 лет.

В исследовании состояния кортико-лингвальных путей принимали участие 62 здоровых лица в возрасте от 2 до 96 лет (34 женщины и 28 мужчин), не имеющих неврологических

заболеваний и нарушения речи. Все исследуемые были разделены на подгруппы по возрасту: дети 2-17 лет (n=19), люди молодого и среднего возраста 18-55 лет (n=33) и пожилые лица 56-96 лет (n=10). Всем проводилась диагностическая ТМС по одноимпульсному протоколу с наложением поверхностного отводящего электрода с постоянным межэлектродным расстоянием ЭП-1 на язык по центральной линии и стандартного кольцевого койла на голову исследуемого в проекции точки Fz по международной схеме «10-20» средней линии для стимуляции области прецентральной извилины (учитывая геометрию койла, достигается одновременная билатеральная стимуляция). При проведении исследования учитывали рекомендации Экспертной группы по созданию нормативной базы ЭНМГ данных (*англ. Normative Data Task Force*) Американской ассоциации по нервно-мышечным болезням и электродиагностике от 2016 г. [3].

Работа выполнялась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ №266 от 19.06.2003г. При статистическом анализе полученных данных использовали статистический анализ на базе компьютерной программы Statistica for Windows 7. Использовался метод оценки асимметрии эксцесса, распределение при котором считается близким к нормальному, при значениях асимметрии и эксцесса, укладывающихся в диапазон значений от +2 до -2, при этом в пользу нормальности закона распределения свидетельствуют близкие по значению показатели медианы и среднего арифметического значения. Обработка результатов проводилась также с применением программы MicrosoftExcel для Windows 7; последующий анализ полученных данных позволил построить графики распределения величин амплитуд и латентностей М-ответа с изображением полиномиальной линии тренда, с расчётом коэффициента аппроксимации R^2 отдельно для амплитуд и латентностей вызванных моторных ответов (ВМО).

Результаты. В обследованной группе здоровых людей были выявлены достоверные отличия по латентности и амплитуде М-ответов проведения по периферическим нервам в зависимости от возраста. По всем нервам имело место достоверное удлинение латентности, амплитуды же по всем нервам увеличивались, с последующим снижением, изменения носили колоколообразный вид.

При исследовании малоберцового и мышечно-кожного нервов наивысшая амплитуда М-ответа наблюдалась ввозрасте 18–55 лет, большеберцового и подмышечного — в 12–55 лет, срединного — с 6 лет, локтевого — уже в группе с 2–5 лет. Полиномиальная линия тренда для всех нервов по показателю амплитуды М-ответа имела гауссовский вид. Примеры такой кривой представлены на рисунках 1, 2.

Достоверные изменения проведения по нервам у разных возрастных групп были зарегистрированы во всех исследованных подгруппах как по коротким, так и по длинным нервам, примеры статистического анализа достоверности изменений представлены на рисунках 3,4. Сводные данные проведения по исследованным нервам приведены в таблице 2.

У обследованных здоровых людей были выявлены достоверные отличия по ряду параметров сенсорного ответа исследуемых периферических нервов в зависимости от возраста: амплитуды потенциала действия (ПД) и скорости проведения импульса (СПИ). Полиномиальная линия тренда для обоих нервов по показателю амплитуды сенсорного потенциала имела «гауссовский» вид (рис.1).

Были зарегистрированы достоверные изменения СПИ по обоим периферическим нервам у испытуемых разного возраста. По показателям амплитуды ПД при исследовании срединного нерва были получены достоверные отличия в группах 55–79 лет и 80–90 лет по сравнению с испытуемыми другого возраста; при исследовании локтевого нерва — в группах детей до 1 года и группах 55–79 лет, 80–90 лет по сравнению с другими испытуемыми. По показателям СПИ сенсорного ответа при ЭНМГ срединного нерва достоверные отличия были обнаружены в группах детей до 1 года и 80–90 лет от всех остальных исследуемых; при ЭНМГ локтевого нерва — в группах детей 6–12 лет от лиц, составляющих группы 55–79 лет и 80–90 лет. Пример статистического анализа достоверности изменений исследуемых величин сенсорного ответа представлен на рисунках 4 и 5.

Достоверных отличий по полученным параметрам СПИ между мужчинами и женщинами и в зависимости от исследуемой стороны тела выявлено не было.

Таблица 2

Сводные данные по показателям латентности и амплитуды М-ответа по
 исследованным нервам у пациентов обследованных групп

Возраст, лет	<i>n. Medianus</i>		<i>n. Ulnaris</i>		<i>n. Tibialis</i>		<i>n. Peroneus</i>		<i>n. Axillaris</i>		<i>n. Musculocutaneus</i>	
	латентность, мс	амплитуда, мВ	латентность, мс	амплитуда, мВ	латентность, мс	амплитуда, мВ	латентность, мс	амплитуда, мВ	латентность, мс	амплитуда, мВ	латентность, мс	амплитуда, мВ
0–1	2,26±0,54	5,12±2,61	1,91±0,66	4,31±2,22	2,24±0,46	8,6±3,25	2,16±0,28	3,62±2,23	2,39±0,28	3,9±1,91	2,78±0,41	3,27±2,06
1–5	2,54±0,52	7,56±2,31	1,92±0,37	7,27±2,05	2,53±0,56	12,5±4,04	2,56±0,78	3,39±1,94	2,61±0,51	7,25±2,64	2,91±0,61	4,88±2,01
6–12	2,73±0,49	9,86±2,91	2,17±0,44	8,24±2,41	3,23±0,81	14,4±7,04	2,94±0,62	4,25±2,15	3,02±0,48	8,88±2,36	3,37±0,46	6,78±2,53
13–17	2,75±0,43	11,16±2,87	2,36±0,35	9,67±1,87	3,51±0,91	14,8±3,63	3,26±0,58	5,59±2,43	3,49±0,54	8,49±2,41	3,61±0,51	9,56±2,12
18–55	2,92±0,61	10,34±2,16	2,39±0,41	9,79±1,15	3,73±0,74	14,8±5,97	3,24±0,64	5,42±2,61	3,45±0,47	7,34±2,16	3,84±0,61	7,81±2,09
56–96	3,11±0,54	8,02±3,11	2,34±0,51	8,36±2,12	4,06±0,67	9,21±3,17	3,11±0,57	4,08±2,73	3,58±0,61	5,38±1,97	4,13±0,49	5,96±1,9

Сводные данные исследуемых лиц по показателям сенсорного ответа в исследованных нервах представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели амплитуды и скорости проведения импульса по периферическим сенсорным волокнам нервов рук в обследованных группах

Возрастная группа, лет	N. Medianus		N. Ulnaris	
	СПИ, м/с	амплитуда, мкВ	СПИ, м/с	амплитуда, мкВ
< 1	48,33±11,25	16,14±8,49	57,11±9,45	9,17±3,74
1–5	57,94±5,71	14,74±8,38	62,48±5,62	12,95±3,64
6–12	61,22±7,71	16,69±6,26	64,15±9,28	13,19±6,09
13–17	62,51±7,22	18,54±7,31	62,55±8,44	16,86±8,63
18–55	59,92±5,92	18,67±8,35	60,97±7,04	14,73±7,95
56–79	57,84±6,11	12,09±7,83	58,78±6,16	9,39±6,72
80–96	45,77±5,12	8,75±4,14	48,44±5,92	9,34±5,87

СПИ – скорость проведения импульса

Проведенное исследование периферических нервов у здоровых лиц с помощью ЭНМГ показало постепенное увеличение показателей вызванного сенсорного ответа (средних амплитуд ПД и СПИ) с наибольшими средними значениями в возрастных группах 13–17 лет и 18–55 лет. Постепенное снижение линии тренда по исследуемым показателям (снижение средних амплитуд ПД и замедление СПИ) наблюдалось уже в возрасте 40–50 лет; а в группе лиц старческого возраста (80–90 лет) были зарегистрированы показатели, ниже таковых у детей до 1 года жизни.

У всех исследуемых при выполнении ТМС по протоколу были зарегистрированы ВМОязыка, при этом показатель средней латентности составил $7,14 \pm 0,63$ мс, амплитуда – $1,79 \pm 1,09$ мВ.

Таблица 4

Параметры вызванного моторного ответа с языка при диагностической транскраниальной магнитной стимуляции у здоровых лиц в зависимости от возраста

<i>Возрастная группа обследуемых, n=62</i>	<i>Латентность ВМО, мс</i>	<i>Амплитуда ВМО, мВ</i>
Дети 2-17 лет (n=19)	6,21±0,45	0,81±0,61
Лица 18-55 лет (n=33)	7,05±0,76**	1,88±1,01**
Лица 56-96 лет (n=10)	7,27±0,64**	1,69±0,92**

** - $p < 0.001$ по сравнению с детьми 2-17 лет

При сравнении параметров ВМО между группами лиц разного возраста были получены достоверные ($p < 0.001$) различия между детьми в возрасте 2-17 лет и прочими группами как по показателям амплитуды, так и латентности ВМО. Между пожилыми и лицами среднего возраста достоверных отличий получено не было.

Обсуждение. Известно, что латентность М-ответа отражает длину проводника (участка периферического нерва) и скорость распространения по нему сигнала, в то время как показатель амплитуды свидетельствует о числе активированных при поступлении импульса двигательных единиц [3]. Удлинение латентности с возрастом отражает увеличение длины самого проводника и с определенного момента присоединяющееся возрастное замедление проведения по нему вследствие естественной дегенерации и истончения миелиновых оболочек и уменьшения количества миелинизированных волокон [4]. Изменение амплитуды моторного ответа коррелирует с постепенным увеличением силы мышц, изменением числа двигательных единиц и, с момента начала развития инволюционных изменений, появления фиброзных патологических процессов в мышечной ткани, амплитуда понижается, как и имело место в нашем исследовании [5].

В проведенном исследовании наилучшие с точки зрения скорости проведения и амплитуды М-ответы как интегративных маркёров состояния мышц и периферических нервов - у обследованных нами возрастных групп были обнаружены в молодом возрасте, с 60 лет во всех группах наблюдалось неуклонное снижение показателя амплитуд.

Выявленное нами постоянство латентности и амплитуды в широком возрастном диапазоне, с 18 , в первую очередь, структурными особенностями волокон периферической нервной системы. Известно, что с возрастом наблюдается уменьшение площади поперечного сечения нервных волокон с увеличением площади поперечного сечения соединительной ткани, т.е. по сути замещение нейрональных структур клетками другой ткани, при этом

проведение по сенсорным волокнам сохраняется даже по труднодоступным для анализа нервам, например, икроножному [6,7]. У обследованных нами пациентов пожилого и старческого возраста (60–96 лет) показатели латентности увеличились, в то время как показатели амплитуды стали сопоставимы с этими показателями у детей 1–5 лет. Это может отражать инволюционные дегенеративные изменения в мышцах со снижением количества двигательных единиц.

Параметры ВМО с мышц языка изменялись аналогичным образом, как и показатели при миографическом исследовании. Проведение по кортико-лингвальному пути, разумеется, значительно отличается от такового по периферическим нервам, но, тем не менее, сохраняются общие фундаментальные принципы возбудимости и проводимости [8,9], характерные для любого проводящего пути. В связи с этим, видимо, изменения параметров с возрастом носят универсальный характер как для моторных и сенсорных волокон периферических нервов, так и для ВМО при исследовании центральных проводящих путей.

Наблюдаемые изменения представленных в работе параметров в возрастной группе лиц, старше 60 лет, отражают нарастающие инволюционные изменения как в центральной нервной системе (изменение количества нейронов и снижение их плотности с уровня моторной коры до продолговатого мозга), так и в периферических (в том числе и черепно-мозговых) нервах (от ядер подъязычного нерва до мышцы-эффектора, с уменьшением площади поперечного сечения нервных волокон и увеличением площади поперечного сечения соединительной ткани) [1]. При этом несомненно, существенную роль играет и возраст-зависимая активация процессов дезадаптивной нейропластичности и апоптоза.

Все использованные нами методики не сложны при должном техническом выполнении, не занимают много времени, просты и очевидны в интерпретации полученных данных и, вследствие этого, получаемые параметры являются воспроизводимыми и удобными при исследовании функционального состояния как центральной, так и периферической нервной системы.

Заключение. По результатам проведенного исследования выявлены достоверные отличия по латентности и амплитуде моторного и сенсорного ответа у пациентов разного возраста, причём показано достоверное удлинение показателей латентности с возрастом. Этот процесс носил универсальный характер, и наблюдался при исследовании периферических нервов разной длины.

Нейрофизиологическое исследование биологических процессов старения периферических отделов афферентной системы с помощью электронейромиографии и диагностической транскраниальной магнитной стимуляции позволяет изучить физиологическую перестройку сенсорных и моторных проводящих структур. Результаты проведенной работы могут применяться в гериатрии для раннего обнаружения паттернов, характерных для ускоренного старения нервной системы, а также для дальнейшего анализа механизмов данного процесса и его возможного предотвращения.

Список литературы

1. Анисимов, В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: в 2т. СПб: Наука. 2008. 481с.
2. Хаммад Е. Современные биомаркеры старения и когнитивных расстройств. Врач. 2017; (6): 30-32. doi: <https://vrachjournal.ru/ru/25877305-2017-06-08>
3. O'Bryan R, Kincaid J. Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurology Clinic*. 2021;39(4):897-917. doi: 0.1016/j.ncl.2021.06.002.
4. Gagliese L., Farrell M.J. The neurobiology of aging, nociception and pain: An integration of animal and human experimental evidence. In: Gibson S.J., Weiner D.K. (eds). *Pain in Older Persons*. Seattle, WA: IASP Press 2005: 25-44.
5. Chen S, Andary M, Buschbacher R, et al. Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations. *Muscle Nerve*. 2016;54(3):371-7. doi: 10.1002/mus.25203.
6. Geney-Castro DE, Velásquez-González MC, Salinas-Durán F, et al. Characterization of the Sensory Nerve Action Potential of the Sural Nerve in Patients Over 60 Years of Age without Peripheral Neuropathy. *Neurodiagnostic Journal*. 2022;62(3):156-163. doi: 10.1080/21646821.2022.2108267.
7. Luigetti M, Guglielmino V, Romozzi M, et al. Nerve Conduction Studies of Dorsal Sural Nerve: Normative Data and Its Potential Application in ATTRv Pre-Symptomatic Subjects. *Brain Science*. 2022;12(8):1037. doi: 10.3390/brainsci12081037.
8. Yu Q, Guan T, Guo Y. The Initial Myelination in the Central Nervous System. *ASN Neurology*. 2023;15:17590914231163039. doi: 10.1177/17590914231163039.

9. Mitew S, Hay CM, Peckham H, et al. Mechanisms regulating the development of oligodendrocytes and central nervous system myelin. *Neuroscience*. 2014;276:29-47. doi: 10.1016/j.neuroscience.2013.11.029.

References

1. Anisimov V.N. Molekulyarnie i fiziologicheskiye mehanizmi starenia. [Molecular and physiologic mechanisms of aging]. Saint-Petersburg: Nauka. 481 p. (In Russian)

2. Hammad E. Sovremennye biomarkeri stareniya i kognitivnih rasstroistv. [Modern biomarkers of the aging and cognitive disorders]. *Vrach*. [Doctor]. 2017; 6: 30-32. (In Russian)

3. O'Bryan R, Kincaid J. Nerve Conduction Studies: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurology Clinic*. 2021;39(4):897-917. doi: 0.1016/j.ncl.2021.06.002.

4. Gagliese L., Farrell M.J. The neurobiology of aging, nociception and pain: An integration of animal and human experimental evidence. In: Gibson S.J., Weiner D.K. (eds). *Pain in Older Persons*. Seattle, WA: IASP Press 2005: 25-44.

5. Chen S, Andary M, Buschbacher R, et al. Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations. *Muscle Nerve*. 2016;54(3):371-7. doi: 10.1002/mus.25203.

6. Geney-Castro DE, Velásquez-González MC, Salinas-Durán F, et al. Characterization of the Sensory Nerve Action Potential of the Sural Nerve in Patients Over 60 Years of Age without Peripheral Neuropathy. *Neurodiagnostic Journal*. 2022;62(3):156-163. doi: 10.1080/21646821.2022.2108267.

7. Luigetti M, Guglielmino V, Romozzi M, et al. Nerve Conduction Studies of Dorsal Sural Nerve: Normative Data and Its Potential Application in ATTRv Pre-Symptomatic Subjects. *Brain Science*. 2022;12(8):1037. doi: 10.3390/brainsci12081037.

8. Yu Q, Guan T, Guo Y. The Initial Myelination in the Central Nervous System. *ASN Neurology*. 2023;15:17590914231163039. doi: 10.1177/17590914231163039.

9. Mitew S, Hay CM, Peckham H, et al. Mechanisms regulating the development of oligodendrocytes and central nervous system myelin. *Neuroscience*. 2014;276:29-47. doi: 10.1016/j.neuroscience.2013.11.029.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Войтенков Владислав Борисович – кандидат медицинских наук, зав. отделением функциональной диагностики ФГБУ Детский научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России, Санкт-Петербург, Профессора Попова, 9; доцент кафедры нервных болезней и нейрореабилитации Академии постдипломного образования ФГБУ Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Москва, Волоколамское шоссе 91; ORCID: 0000-0003-0448-7402

Екушева Евгения Викторовна – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедры нервных болезней и нейрореабилитации Академии постдипломного образования ФГБУ Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, 125371, Москва, Волоколамское шоссе, 91; ведущий научный сотрудник ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 308000, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85. ORCID: 0000-0002-3638-6094

Кипарисова Елена Сергеевна - доктор медицинских наук, профессор кафедры нервных болезней и нейрореабилитации Академии постдипломного образования ФГБУ Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, 125371, Москва, Волоколамское шоссе, 91, e-mail: kiparisova-es@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2646-9790

Дальсаева Милана Муссаевна - врач-дерматовенеролог, ООО Клиника эстетической медицины «МД Клиник», 364000, Чеченская республика, г. Грозный, ул. Гикало, 1, 2 эт. левое крыло, e-mail: mila_na_da@mail.ru, ORCID: 0009-0007-3007-5299

Корневич Ксения Сергеевна – аспирант кафедры терапии, гериатрии и антивозрастной медицины, Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства» (Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России), 125371, Москва, Волоколамское шоссе, 91, e-mail: xenia.stom90@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7284-2782; SPIN-код – 3389-0104

Information about authors

Voitenkov Vladislav Borisovich – MD, PhD, Head of Clinical Department of Neurophysiology; Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg. Associate Professor of the Department of Nervous Diseases and Neurorehabilitation of the Academy of Postgraduate Education under the Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia, 91, Volokolamskoe sh., 125371 Moscow. e-mail: vlad203@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-0448-7402; SPIN: 6190-6930

Ekusheva Evgenia Viktorovna – MD, Dr Sci, Head of the Department of Nervous Diseases and Neurorehabilitation of the Academy of Postgraduate Education under the Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia, 91, Volokolamskoe sh., 125371 Moscow. Head researcher of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University», 308015 Russia Belgorod Pobedy Street, 85, e-mail: ekushevaev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3638-6094

Kiparisova Elena Sergeevna, MD, Dr Sci, Professor of the Department of Nervous Diseases and Neurorehabilitation of the Academy of Postgraduate Education under the Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia, 91, Volokolamskoe sh., 125371 Moscow. e-mail: kiparisovaes@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2646-9790

Dal'saeva Milana Mussaevna - dermatovenerologist, LLC Clinic of Aesthetic Medicine «MD Klinik», 364000, Chechen republic, Grozny, Gikalo str., second floor, left wing, e-mail: mila_na_da@mail.ru, ORCID 0009-0007-3007-5299

Korenevich Ksenia Sergeevna - graduate student of Department of Internal Diseases, Geriatrics and Anti-aging Medicine, Academy of Postgraduate Education under the Federal State Budgetary Unit «Federal Scientific and Clinical Center of Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of the Federal Medical Biological Agency» (Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia), e-mail: xenia.stom90@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7284-2782; SPIN-код – 3389-0104

Статья получена: 25.03.2023 г.
Принята к публикации: 28.06.2023 г.