

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 616.832–001.4–002.3:576.316.353.7.087
doi:10.18499/2225-7357-2024-13-4-107-111
1.5.22 – клеточная биология



Кариометрические показатели нейронов спинномозговых узлов в процессе заживления гнойных ран

С. О. Фетисов¹✉, Н. Т. Алексеева¹, С. В. Ключкова², Д. А. Соколов¹,
А. Г. Кварацхелия¹, Д. Б. Никитюк^{3,4}

¹Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

²Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

³Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

⁴Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования – провести кариометрическую оценку нейронов спинномозговых узлов экспериментальных животных на фоне гнойного раневого процесса при естественном заживлении и при стимуляции гидроимпульсной санацией и внесением обогащенной тромбоцитами плазмы крови. **Материал и методы.** В эксперименте на 100 белых беспородных крысах моделировали гнойную рану боковой поверхности бедра, внесением суточной культуры *Staphylococcus aureus* с концентрацией 10¹⁰ микробных тел. Сформировали две группы: естественное заживление и заживление после терапии гидроимпульсной санацией раны мелкодисперсным потоком NaCl с последующим внесением обогащенной тромбоцитами аутоплазмы крови. Материал забирали на 1-, 7-е и 14-е сутки. Проводили иссечение поясничных спинномозговых узлов сегментов L_{III}–L_V как соответствующих зональной иннервации области нанесенной раны. На светооптическом уровне после окраски крезиловым фиолетовым по Нисслю измеряли площадь центрального сечения ядер нервных клеток, подсчитывали количество многоядрышковых нейронов. Статистическую обработку проводили методами непараметрической статистики Mann–Whitney test, при множественном групповом сравнении применяли Kruskal–Wallis ANOVA test. **Результаты.** Ядра нейронов спинномозговых узлов в ответ на раневой процесс в области их иннервации реагировали увеличением площади, соответственно компенсаторной нагрузке на фоне роста числа клеток с признаками реактивных изменений. **Заключение.** Комбинированная терапия гидроимпульсной санацией и обогащенной тромбоцитами аутоплазмы крови приводит к большей выраженности компенсаторных реакций во всех субпопуляциях нейронов, проявляющихся в статистически значимом увеличении площади ядер с максимальными показателями на 7-е сутки эксперимента.

Ключевые слова: гнойная рана; нейроны спинномозговых узлов; гидроимпульсная санация; обогащенная тромбоцитами плазма крови

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фетисов С.О., Алексеева Н.Т., Ключкова С.В., Соколов Д.А., Кварацхелия А.Г., Никитюк Д.Б. Кариометрические показатели нейронов спинномозговых узлов в процессе заживления гнойных ран // Журнал анатомии и гистопатологии. 2024. Т. 13, №4. С. 107–111. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-4-107-111>

BRIEF ARTICLES

Brief article

Karyometric Parameters of Dorsal Root Ganglia Neurons During Healing of Purulent Wounds

S. O. Fetisov¹✉, N. T. Alexeeva¹, S. V. Klochkova², D. A. Sokolov¹,
A. G. Kvaratskheliya¹, D. B. Nikityuk^{3,4}

¹N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

²Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

³The Federal Research Centre of Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract. The aim was to conduct a karyometric assessment of neurons in dorsal root ganglia of experimental animals against the background of a purulent wound process with natural healing and with stimula-

tion by hydropulse sanitation and the introduction of platelet-rich blood plasma. **Material and methods.** In an experiment on 100 white mongrel rats, a purulent wound of the lateral surface of the thigh was modeled by introducing a daily culture of *Staphylococcus aureus* with a concentration of 10^{10} microbial bodies. Two groups were formed: natural healing and healing after therapy of hydro-pulse sanitation of the wound with a finely dispersed flow of NaCl followed by the introduction of platelet-rich autologous blood plasma. The material was taken on the 1st, 7th and 14th days. Excision of the lumbar spinal nodes of segments L_{III}–L_V was performed as corresponding to the zonal innervation of the area of the inflicted wound. At the light-optical level, after staining with cresyl violet according to Nissl, the area of the central cross-section of the nuclei of nerve cells was measured, the number of multinucleolar neurons was counted. Statistical processing was carried out using nonparametric statistical methods Mann–Whitney test; for multiple group comparisons, Kruskal–Wallis ANOVA test was used. **Results.** The nuclei of neurons of dorsal root ganglia responded to the wound process in the area of their innervation by increasing their area, corresponding to the compensatory load against the background of an increase in the number of cells with signs of reactive changes. **Conclusion.** Combined therapy with hydropulse sanitation and platelet-rich autologous blood plasma leads to greater expression of compensatory reactions in all subpopulations of neurons, manifested in a statistically significant increase in the area of nuclei with maximum values on the 7th day of the experiment.

Keywords: purulent wound; neurons of dorsal root ganglion; hydropulse sanitation; platelet-rich blood plasma

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

For citation: Fetisov S.O., Alexeeva N.T., Klochkova S.V., Sokolov D.A., Kvaratskheliya A.G., Nikityuk D.B. Karyometric parameters of dorsal root ganglia neurons during healing of purulent wounds. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2024. V. 13, №4. P. 107–111. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-4-107-111>

Введение

Общеизвестно, что нейроны спинномозговых узлов (СМУ) являясь проводниками болевой, температурной и проприоцептивной информации значимо реагируют на любые процессы в области локализации их сенсорных окончаний. В перечне их реакций можно обнаружить как функциональные изменения, связанные с динамикой экспрессии различных рецепторов и нейротрансмиттеров, так и морфологические перестройки структуры, вплоть до объемной дегенерации перикариона и гибели клетки [6, 7]. Необходимо отметить, что состояние сенсорного компонента иннервации тканей имеет и обратное влияние на структуру и функционирование иннервируемой области, включая аспекты трофики, активацию пролиферативных и регенераторных процессов, степень воспалительных изменений [10, 11, 12, 14, 18]. Все это делает актуальными исследования всего многообразия структурных и функциональных перестроек в СМУ при различных по форме и степени влияния воздействиях. При этом имеется крайне широкий перечень характеристик нейронов СМУ, важных для анализа, моделирования и прогнозирования структурно-функциональных перестроек, включающий как качественную оценку состояния нейронов на свето-оптическом и микроструктурном уровнях, так и количественные измерения – классическую морфометрию и количественную цитохимию. Особую роль в этом случае играет ядро нейрона, как структура ответственная за большинство преобразований в клетке. Различными авторами отмечается, что транскрипция значительно, хотя и не исключительно, коррелирует с площадью или объемом ядра в широком диапазоне размеров ядер, причем самые крупные ядра обладают самой высокой средней активностью транс-

крипции и синтеза РНК [4, 5, 13, 15]. Отдельно отмечается значительная роль ядрышка в нейропластичности и адаптации к неблагоприятным условиям [1, 3].

Целью нашего исследования являлась кариометрия ядер нейронов спинномозговых узлов экспериментального животного на фоне гнойного раневого процесса в области их иннервации, при естественном заживлении и при стимуляции заживления гидроимпульсной санацией и внесением обогащенной тромбоцитами плазмы крови.

Материал и методы исследования

Эксперимент поставлен на 63 белых беспородных крысах–самцах в возрасте 4 мес к началу эксперимента. Для моделирования раневого процесса крысе наносили линейный разрез на передней поверхности бедра размером 1,0×0,5 см. Гнойный процесс формировали внесением суточной культуры *Staphylococcus aureus* с концентрацией 10^{10} микробных тел. На 3-и сутки формировалась модельная рана с острым гнойным воспалением. Были сформированы 2 экспериментальные группы и соответствующие им интактные (без хирургических манипуляций, n=21) группы контроля. Первой группе («ГнР», n=21) лечение ран не проводили. Второй группе («ГнР+ГИС+ОТПК», n=21) однократно в начале эксперимента применяли комбинацию гидроимпульсной санации (ГИС) изотоническим раствором NaCl раневого дефекта и внесения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы крови (с концентрацией не менее 1 млн/мкл). Животные выводились из эксперимента на 1-, 7-, 14-е сутки равными группами (по 7 животных). На фоне наблюдения клинической картины заживления экспериментальных ран проиодили измерение их площади. Для изучения реакций нервных

структур иссекали поясничные спинномозговые узлы сегментов L_{III}–L_V как соответствующие зональной иннервации области нанесенной раны. Все хирургические манипуляции по моделированию раневого процесса в соответствии с принципами биоэтики и правилами лабораторной практики выполнялись на животных под ингаляционным эфирным раушнаркозом. Эвтаназия животных осуществлялась декапитацией после предварительной наркотизации нембуталом и транскардиальной перфузии 5% раствором формалина на фосфатном буфере (pH 7,4).

На проведение исследования получено заключение этического комитета ВГМУ им. Н.Н. Бурденко от 16.04.2012 г. Для качественного и количественного морфометрического анализа серийные продольные срезы толщиной 6–7 мкм окрашивали крезилловым фиолетовым по методике Ниссля в модификации И.В. Викторова. На препаратах измеряли площадь центрального среза ядра и проводили подсчет количества многоядрышковых нейронов, для чего проводили цифровую микрофотосъемку с использованием компьютерного комплекса анализаторов изображений на базе микроскопа Leica DMLB. Значения площади в пикселях переводили в мкм² при помощи программы ImageJ ver. 1.68, предварительно откалибровав конвертер.

Статистический анализ проведен с помощью компьютерной программы Statistica 10.0. Для оценки характера распределения использовались графический метод построения гистограмм и критерии Колмогорова-Смирнова и Лилиенфорса. В связи с отсутствием нормального распределения в выборках использовали непараметрические критерии. Результаты представлены в виде Me (Q₁;Q₃). Сравнения между группами проводили при помощи ANOVA test (Краскелла-Уоллиса). Парные сравнения выполнялись с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, с корректировкой на множественные сравнения.

Результаты и их обсуждение

Проведенный ранее анализ морфометрических показателей нейронов СМУ, выявил явную бимодальность их размеров, с выделением 2 основных популяций нейронов: крупных, более 30 мкм, А-клеток со светлым перикариомом и глыбчатым распределением субстанции Ниссля; мелких, менее 30 мкм, В-клеток с темным перикариомом и диффузным распределением вещества Ниссля [2]. Такое разделение во многом соответствует классификации Т. Tandrup (2004), основанной на иммунном окрашивании нейрофиламентов: большие нейроны с миелиновыми и малые – с безмиелиновыми отростками [8, 9, 17].

Внутри обеих популяций нейронов выделяли клетки без выраженных на светооптическом уровне изменений – интактные; нейроны с измененной морфологией – дезагрегацией хроматофильного вещества, вакуолизацией, пикнозом – с реактивными изменениями. Для нейронов с признаками необратимых (деструктивных) изменений измерения не проводили.

На протяжении первых двух сроков эксперимента площадь ядер интактных А-нейронов статистически не отличалась ($p=0,688$) от контрольных значений. Наблюдался значительный рост диапазона значений на 7-е сутки эксперимента. Если на 1-е сутки минимальные и максимальные значения находились в диапазоне 137–192 мкм², то на 7-е сутки диапазон значений расширялся до 125–214 мкм². Статистически значимый увеличение было отмечено на 14-е сутки 184,5(172; 202) мкм² ($p=0,009$), превышающий контроль на 9,1%.

Для В-нейронов без признаков изменений был характерен рост значений площади ядер на протяжении всего эксперимента с 109,8 (93;122) мкм² на 1-е сутки до 117,9 (102;132) мкм² на 14-е сутки ($p=0,003$), статистически значимый, в сравнении с контролем (98,4 (88;104) мкм²), для 7- и 14-х суток ($p=0,0051$).

Ядра А-нейронов с признаками реактивных изменений после увеличения площади на 1-е сутки на 14% до 181,4 (163; 211) мкм², в сравнении с интактным контролем 166,9 (127; 178) мкм² ($p=0,003$), демонстрировали дальнейшее увеличение размеров на 7-е сутки 186,7 (173; 214) мкм² ($p=0,008$). На 14-е сутки медианный показатель площади ядра уменьшался ниже уровня контрольных значений 152,2 (148; 196) мкм² ($p=0,0033$).

Для реактивно измененных нейронов В-типа отмечался рост размеров ядер на 1-е сутки до 120,4 (99; 132) мкм², при контрольном значении в 101,3 (88;109) мкм² ($p=0,003$). На 7-е сутки данный показатель составлял 124,8 (89;158) мкм² ($p=0,095$), а на 14-е сутки – 115,3 (95; 137) мкм² ($p=0,08$). Необходимо отметить, что разнонаправленные морфологические изменения в нейронах данной группы приводили к значительному увеличению полиморфизма клеток и, следовательно, диапазона значений площадей, что приводило к отсутствию статистически значимых различий показателей на 7- и 14-е сутки.

После предварительной очистки раневого дефекта использованием ГИС, введение ОТПК сопровождалось выраженном увеличением размеров ядер нейронов СМУ. Для интактных А-нейронов и В-нейронов статистически значимые различия наблюдались на 7-е сутки – 195,4 (160; 232) мкм² ($p=0,002$) и 133,4 (107; 158) мкм² ($p=0,0019$), при близких к контролю показателях на 14-е сутки. Площадь ядер реактивно измененных А-нейронов

статистически значимо превышала контрольные показатели во все сроки эксперимента: 196,1 (173; 202) мкм² на 1-е сутки ($p=0,003$), 229,1 (203; 242) мкм² – на 7-е сутки ($p=0,001$); 208,1 (198; 214) мкм² на 14-е сутки ($p=0,004$). Размеры ядер малых В-клеток с реактивными изменениями также превышали показатели контроля на 1-е и 7-е сутки: 126,9 (103; 149) мкм² ($p=0,004$) и 131,5 (108; 151) мкм² ($p=0,002$), но не отличались между сроками ($p=0,089$). На 14-е сутки медианное значение площади уменьшалось до 107,5 (89; 112) мкм² ($p=0,644$), но приобретало широкий диапазон значений и теряло статистическое различие как с контролем, так и с предыдущим сроком.

Динамика доли многоядрышковых нейронов при естественном заживлении раны характеризовалась ростом их числа на протяжении эксперимента. В меньшей степени для нейронов А-типа – достоверные значения наблюдались лишь с 14-х суток эксперимента, и в большей – для В-нейронов, с 7-х суток. Так для реактивно измененных В-нейронов в своем максимуме на 14-е сутки доля многоядрышковых клеток составляла 14%, в 7,3 раза ($p=0,001$) превышая контрольные показатели. При комплексном воздействии динамика изменения доли многоядрышковых нейронов была схожей с естественным заживлением, с максимумом для всех субпопуляций на 14-е сутки в сравнении с контролем ($p=0,005$) и с предыдущим сроком ($p=0,008$). При этом можно отметить, что повышение функциональной активности в виде увеличения доли многоядрышковых клеток в большей мере также было свойственно и малым В-нейронам: 6,1(4,8; 6,9)% – для интактных и 11,9 (9,5; 13)% – для клеток с реактивными изменениями на 14-е сутки.

Следует отметить, что очистка раны и начало репаративных явлений отмечались на 3-и – 5-е сутки. При этом, в случае комплексной терапии, эти процессы шли быстрее, опережая естественное заживление в среднем на 1 день. На 7-е сутки для обеих экспериментальных групп раневой дефект полностью заполнялся грануляционной тканью с выраженными явлениями эпителизации. Структурные перестройки нейронной популяции СМУ, более подробно описанные в наших ранних работах, могли быть вызваны комплексом факторов: прямым повреждением отростков нейронов с развитием дегенерации, усиленной афферентной импульсацией из области раны, компенсаторными явлениями [2]. Ядра нейронов демонстрировали увеличение размеров соответственно компенсаторной нагрузке на фоне роста численности клеток с признаками реактивных изменений. Вовлечение лишь части популяции таких клеток в компенсаторные процессы приводило к увеличению полиморфизма их реакций, что часто сопровождалось уменьшением статистиче-

ской значимости при сравнении размерных показателей.

Заключение

Ядра нейронов спинномозговых узлов в ответ на раневой процесс в области их иннервации реагируют увеличением площади, соответственно компенсаторной нагрузке на фоне роста числа клеток с признаками реактивных изменений. При этом комплексная терапия раны приводила к большей выраженности компенсаторных реакций во всех субпопуляциях нейронов, проявляющихся в статистически значимом росте площадей с максимальными показателями на 7-е сутки эксперимента. Это объясняется сокращением воспалительной стадии в ране, уменьшением общей интоксикации и стимулирующим действием ростковых факторов ОТПК.

Список источников / References

1. Гущина С.В., Балашов В.П., Шиханов Н.П. Оценка транскрипционной активности ядерного фактора каппа В (NF-κB) в чувствительных нейронах *in vitro*. Журнал анатомии и гистопатологии. 2015;4(3):43-43. DOI: 10.18499/2225-7357-2015-4-3-43-43.
Gushchina S.V., Balashov V.P., Shikhanov N.P. Otsenka transkripsionnoi aktivnosti yadernogo faktora kappa V (NF-κB) v chuvstvitel'nykh neuronakh *in vitro*. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2015;4(3):43-43. (in Russ.). DOI: 10.18499/2225-7357-2015-4-3-43-43.
2. Никитюк Д.Б., Фетисов С.О., Клочкова С.В., Алексеева Н.Т. Морфофункциональная характеристика нейронов спинномозговых узлов в динамике заживления гнойной раны. Журнал анатомии и гистопатологии. 2023;12(4):9-21. DOI: 10.18499/2225-7357-2023-12-4-9-21.
Nikityuk D.B., Fetisov S.O., Klochkova S.V., Alekseeva N.T. Morfofunktsional'naya kharakteristika neuronov spinnomozgovykh uzlov v dinamike zazhivleniya gnoinoi rany. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2023;12(4):9-21. (in Russ.). DOI: 10.18499/2225-7357-2023-12-4-9-21.
3. Степанов С.С., Акулинин В.А., Авдеев Д.Б., Степанов А.С., Горбунова А.В. Структурно-функциональная реорганизация ядрышкового аппарата нейронов неокортекса, архикортекса и базальных ганглиев головного мозга белых крыс после 20-минутной окклюзии общих сонных артерий. Журнал анатомии и гистопатологии. 2018;7(4):67-74. DOI: 10.18499/2225-7357-2018-7-4-67-74.
Stepanov S.S., Akulinin V.A., Avdeev D.B., Stepanov A.S., Gorbunova A.V. Strukturno-funktsional'naya reorganizatsiya yadryshkovogo apparata neuronov neokorteksa, arkhikorteksa i bazal'nykh gangliев golovного mozga belykh kryс posle 20-minutnoi okklyuzii obshchikh sonnykh arterii. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2018;7(4):67-74. (in Russ.). DOI: 10.18499/2225-7357-2018-7-4-67-74.
4. Avraham O., Deng P.Y., Jones S., Kuruvilla R.,

- Semenkovich C.F., Klyachko V.A. et al. Satellite glial cells promote regenerative growth in sensory neurons. *Nat Commun.* 2020 Sep 29;11(1):4891. DOI: 10.1038/s41467-020-18642-y.
5. Berciano M.T., Novell M., Villagra N.T., Casafont I., Bengoechea R., Val-Bernal J.F. et al. Cajal body number and nucleolar size correlate with the cell body mass in human sensory ganglia neurons. *J Struct Biol.* 2007;158:410–420. DOI: 10.1016/j.jsb.2006.12.008.
6. Chomphoo S., Sakagami H., Kondo H., Hipkaeo W. Localization of PIP5Kgamma selectively in proprioceptive peripheral fields and also in sensory ganglionic satellite cells as well as neuronal cell membranes and their central terminals. *J Anat.* 2021;239:1196–1206. DOI: 10.1111/joa.13491.
7. Deer T.R., Levy R.M., Kramer J., Poree L., Amirdelfan K., Grigsby E. et al. Dorsal root ganglion stimulation yielded higher treatment success rate for complex regional pain syndrome and causalgia at 3 and 12 months: a randomized comparative trial. *Pain.* 2017;158:669–681. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000000814.
8. Duce I.R., Keen P. An ultrastructural classification of the neuronal cell bodies of the rat dorsal root ganglion using zinc iodide-osmium impregnation. *Cell Tissue Res.* 1977;185:263–277. DOI: 10.1007/BF00220670.
9. Geuna S., Borriore P., Corvetti G., Poncino A., Giacobini-Robecchi M.G. Types and sub-types of neurons in dorsal root ganglia of the lizard *Podarcis sicula*: a light and electron microscope study. *Eur J Morphol.* 1998;36:37–47. DOI: 10.1076/ejom.36.1.37.9026.
10. Haberberger R.V., Barry C., Dominguez N., Matusica D. Human Dorsal Root Ganglia. *Front Cell Neurosci.* 2019;13:271. DOI: 10.3389/fncel.2019.00271.
11. Ji Y., Shi W., Yang J., Ma B., Jin T., Cao B., Liu X. et al. Effect of sympathetic sprouting on the excitability of dorsal root ganglion neurons and afferents in a rat model of neuropathic pain. *Biochem Biophys Res Commun.* 2022;587:49–57. DOI: 10.1016/j.bbrc.2021.11.096.
12. Nascimento A.I., Da Silva T.F., Fernandes E.C., Luz L.L., Mar F.M., Safronov B.V. et al. Sensory neurons have an axon initial segment that initiates spontaneous activity in neuropathic pain. *Brain.* 2022;145:1632–1640. DOI: 10.1093/brain/awaco78.
13. Avraham O., Feng R., Ewan E.E., Rustenhoven J., Zhao G., Cavalli V. Profiling sensory neuron microenvironment after peripheral and central axon injury reveals key pathways for neural repair. *Elife.* 2021 Sep 29;10:e68457. DOI: 10.7554/eLife.68457.
14. Shinder V., Govrin-Lippmann R., Cohen S., Belenky M., Ilin P., Fried K. et al. Structural basis of sympathetic-sensory coupling in rat and human dorsal root ganglia following peripheral nerve injury. *J Neurocytol.* 1999;28:743–761.
15. Sato S., Burgess S.B., McIlwain D.L. Transcription and motoneuron size. *J Neurochem.* 1994 Nov;63(5):1609–15.
16. Shiue S.J., Rau R.H., Shiue H.S., Hung Y.W., Li Z.X., Yang K.D., Cheng J.K. Mesenchymal stem cell exosomes as a cell-free therapy for nerve injury-induced pain in rats. *Pain.* 2019;160:210–223. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000001395.
17. Tandrup T. Unbiased estimates of number and size of rat dorsal root ganglion cells in studies of structure and cell survival. *J Neurocytol.* 2004;33:173–192.
18. Tran A.P., Warren P.M., Silver J. The biology of regeneration failure and success after spinal cord injury. *Physiological Reviews.* 2018;98:881–917.

Информация об авторах

Фетисов Сергей Олегович – канд. биол. наук, ассистент кафедры нормальной анатомии человека Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко; ул. Студенческая, 10, Воронеж, 394036, Россия; fetisovbiol@yandex.ru
SPIN 7741-2619

Алексеева Наталья Тимофеевна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной анатомии человека Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко; alexeevant@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1510-8543>
SPIN 4846-3772

Клочкова Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, профессор кафедры анатомии человека Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы; swetlana.chava@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>
SPIN 1528-6250

Соколов Дмитрий Александрович – канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной анатомии человека Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко; cingulum@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9542-8701>
SPIN 5413-1361

Кварацхелия Анна Гуладиевна – канд. биол. наук, доцент кафедры нормальной анатомии человека Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко; anna_kv_83@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1624-634X>
SPIN 3042-1494

Никитюк Дмитрий Борисович – д-р мед. наук, профессор, акад. РАН, директор ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи; dimitrynik@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>
SPIN 1236-8210

Information about the authors

Sergei O. Fetisov – Cand. Sci. (Biol.), teaching assistant of* Human Anatomy Department of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; ul. Studencheskaya, 10, Voronezh, 394036, Russia; fetisovbiol@yandex.ru
SPIN 7741-2619

Nataliya T. Alexeeva – Doct. Sci. (Med.), Professor, Head of Human Anatomy Department of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; alexeevant@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1510-8543>
SPIN 4846-3772

Svetlana V. Klochkova – Doct. Sci. (Med.), Professor of Human Anatomy Department of Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; swetlana.chava@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>
SPIN 1528-6250

Dmitrii A. Sokolov – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Human Anatomy Department of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; cingulum@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9542-8701>
SPIN 5413-1361

Anna G. Kvaratskheliya – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Human Anatomy Department of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; anna_kv_83@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1624-634X>
SPIN 3042-1494

Dmitrii B. Nikityuk – Doct. Sci. (Med.), Professor, Acad. of RAS, head of Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; dimitrynik@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2259-1222>
SPIN 1236-8210

Статья поступила в редакцию 2.09.2024; одобрена после рецензирования 27.11.2024; принята к публикации 20.12.2024.
Submitted 2.09.2024; Revised 27.11.2024; Accepted 20.12.2024.