



АСИММЕТРИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРЕДЦЕНТРАЛЬНОЙ ИЗВИЛИНЫ И МОЗЖЕЧКА

В.А. Баландин¹, А.А. Баландин¹, Л.М. Железнов², И.А. Баландина¹

¹Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, ул. Петropавловская, д. 26, г. Пермь, 614990, Россия

²Кировский государственный медицинский университет, ул. К. Маркса, д.112, г. Киров, 610998, Россия

Резюме. Изучение строения и функционирования различных структур головного мозга, а также понимания их взаимодействия является центральной задачей, поставленной перед современными учёными в сфере нейроморфологии. Хотя оба полушария мозга человека развиваются одновременно и стремятся к «одинаковости» как на анатомическом, так и на функциональном уровне, учёные давно установили, что между ними существуют определенные морфофункциональные различия. *Цель исследования:* выявить выраженность асимметрии анатомических показателей при магнитно-резонансной томографии предцентральной извилины и мозжечка. *Объект и методы.* Проведён анализ результатов магнитно-резонансной томографии головного мозга 53 человек (28 мужчин и 25 женщин) второго периода зрелого возраста без заболеваний и травм органов центральной и периферической нервной системы, правой. *Результаты.* При сравнении показателей ширины предцентральной извилины как у мужчин, так и у женщин выявлена тенденция к их превалированию в левом полушарии ($p > 0,05$). Аналогичным образом выявлена асимметрия в мозжечке, заключающаяся в превалировании показателей в правом его полушарии ($p > 0,05$). Также отмечается превалирование размеров в выборке мужчин ($p > 0,05$), которое мы объясняем более крупными размерами черепа в сравнении с выборкой женщин. *Заключение.* Полученная информация несёт важное как теоретическое, так и практическое значение для конкретизации сведений об определённых структурах мозга, в частности его предцентральной извилины и мозжечка, при использовании лучевых методов диагностики, а в клинической практике может лечь в основу выявления тех или иных анатомических закономерностей полушарий мозга и мозжечка.

Ключевые слова: предцентральная извилина, мозжечок, МРТ, асимметрия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

Для цитирования: Баландин В.А., Баландин А.А., Железнов Л.М., Баландина И.А. Асимметрия анатомических показателей при магнитно-резонансной томографии предцентральной извилины и мозжечка. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(5):39–43. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.5.MORPH.3>

ASYMMETRY OF ANATOMICAL PARAMETERS IN MRI EXAMINATION OF THE PRECENTRAL GYRUS AND CEREBELLUM

Vladimir A. Balandin¹, Anatoliy A. Balandin¹, Lev M. Zheleznov², Irina A. Balandina¹

¹Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, Petropavlovskaya St., 26, Perm, 614990, Russia

²Kirov State Medical University, K. Marx St., 112, Kirov, 610998, Russia

Abstract. Studying the structure and functioning of various brain structures, as well as understanding their interaction, is a central task set for modern scientists in the field of neuromorphology. Although both hemispheres of the human brain develop simultaneously and strive for "sameness" at both the anatomical and functional levels, scientists have long established that there are certain morphofunctional differences between them. *The aim* of the study was to identify the severity of asymmetry of anatomical parameters during magnetic resonance imaging of the precentral gyrus and cerebellum. *Object and methods.* The analysis of the results of MR tomography of the brain of 53 people (28 men and 25 women) of the second period of adulthood without diseases and injuries of the organs of the central and peripheral nervous system, right-handed people was carried out. *Results.* When comparing the width of the precentral gyrus in both men and women, a tendency to their prevalence in the left hemisphere was revealed ($p > 0.05$). Similarly, an asymmetry in the cerebellum was revealed, consisting in the prevalence of indicators in its right hemisphere ($p > 0.05$). There is also a predominance of size in the sample of men ($p > 0.05$), which we explain by the larger size of the skull in comparison with the sample of women. *Conclusion.* The information obtained is of important both theoretical and practical importance for specifying information about certain structures of the brain, in particular its precentral gyrus and cerebellum, when using radiation diagnostic methods, and in clinical practice it can form the basis for identifying certain anatomical patterns of the hemispheres of the brain and cerebellum.

Keywords: precentral gyrus, cerebellum, MRI, asymmetry/

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

Cite as: Balandin V.A., Balandin A.A., Zheleznov L.M., Balandina I.A. Asymmetry of anatomical parameters in MRI examination of the precentral gyrus and cerebellum. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(5):39–43. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.5.MORPH.3>



Актуальность

Изучение строения и функционирования различных структур головного мозга, а также понимания их взаимодействия, является центральной задачей, поставленной перед современными учёными в сфере нейроморфологии, так как головной мозг характеризуется по своей тканевой архитектонике сложнейшей трёхмерной организацией, не имея аналогов среди прочих органов человеческого тела [1].

Создатели метода прижизненной визуализации органов человека – магнитно-резонансной томографии (МРТ) – Питер Мэнсфилд и Пол Лотербур в 2003 получили Нобелевскую премию в области медицины за неоценимый вклад в предоставление врачам разных специальностей возможности неинвазивной и точной диагностики различных заболеваний. Невозможно переоценить значимость изобретения данной методики исследования. Современную медицину сложно представить без МРТ. Особенно открытие такого вида исследования оценили при визуализации структур головного и спинного мозга, в том числе для диагностики болезней нервной системы. Сейчас такой метод используют не только во благо медицины, но и для серьёзных научных исследований [2]. Эти исследования обусловлены необходимостью понимания более точных параметров каждой анатомической структуры головного мозга и, учитывая пол, возраст, а также типологические особенности обследуемого, для ещё более эффективной диагностики различных патологических состояний [2-4].

В данной публикации мы бы хотели коснуться вопросов анатомической асимметрии головного мозга. Хотя оба полушария мозга человека развиваются одновременно и стремятся к «одинаковости» как на анатомическом, так и на функциональном уровне, учёные давно установили, что между ними существуют определенные морфофункциональные различия, выявили межполушарную асимметрию, а также обнаружили, что каждое из них имеет определённое преобладание при выполнении различных когнитивных задач [5]. Лево-правая ось у билатеральных животных, к которым относится вид «человек», формируется гораздо позднее остальных, однако праворукость и асимметрия зарождается уже на этапах эмбриогенеза, на самых ранних стадиях развития организма. Так, установлен факт, что уже в возрасте пятнадцати недель плод в утробе матери двигает правой рукой и сосёт большой палец кисти правой руки гораздо чаще, чем большой палец левой [5, 6]. По данным научной литературы, более 90% населения Земли является правшами [7]. Именно проявление асимметрии в локомоторных и двигательных актах с преобладанием «праворукости» в популяции *Homo sapiens* побудило нас к изучению таких областей головного мозга, как пред-

центральная извилина и мозжечок. Так, в предцентральной извилине у млекопитающих, включая человека, локализуется первичная моторная кора, представленная пирамидным трактом. Нейроны её цитоархитектоники содержат «полную карту» нервно-мышечной системы всего организма и отвечают за произвольные движения [8, 9]. Мозжечок является своеобразной нейробиологической системой координации – обеспечивает при выполнении локомоторных действий чёткость и плавность движений, участвует в поддержании позы, непроизвольных движениях, регулирует тонус сосудов микроциркуляторного русла в скелетных мышцах, осуществляет правильность работы циркадного ритма мозга [10-12].

Цель исследования: выявить выраженность асимметрии анатомических показателей при МРТ-исследовании предцентральной извилины и мозжечка.

Объект и методы

Данная работа основана на анализе результатов МРТ-исследования головного мозга 53 человек (28 мужчин и 25 женщин) второго периода зрелого возраста ($45,6 \pm 1,40$ года), которым было проведено обследование в отделении лучевой диагностики ГАУЗ ПК «ГКБ № 4». У обследуемых в анамнезе отсутствовали заболевания и травмы органов центральной и периферической нервной системы, отмечено преобладание правой руки (правши). Получено согласие на исследование, которое проводилось исключительно по показаниям. По форме черепа обследуемые идентифицировались как мезокраны. Выполнение краниометрии представлено на рис. 1.

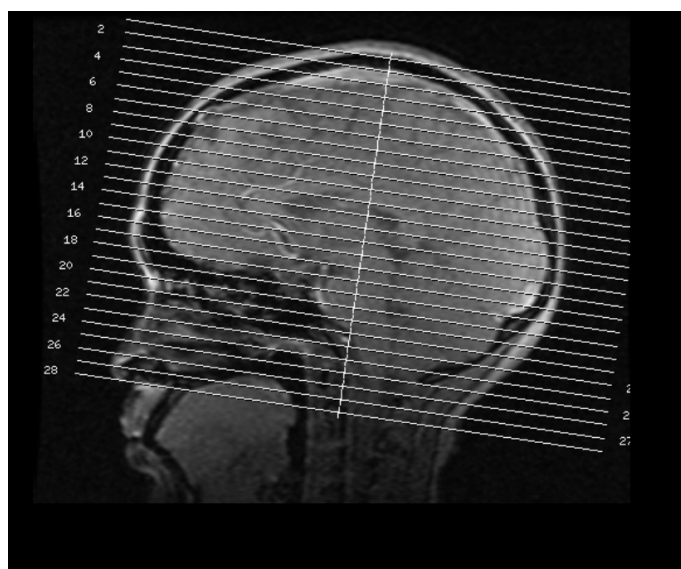


Рисунок 1. Выполнение краниометрии
Figure 1. Performing craniometry

Ширину предцентральной извилины измеряли в точке, находящейся на уровне средней лобной извилины (рис. 2). У мозжечка устанавливали продольный и вертикальный размер в каждом полушарии мозжечка.

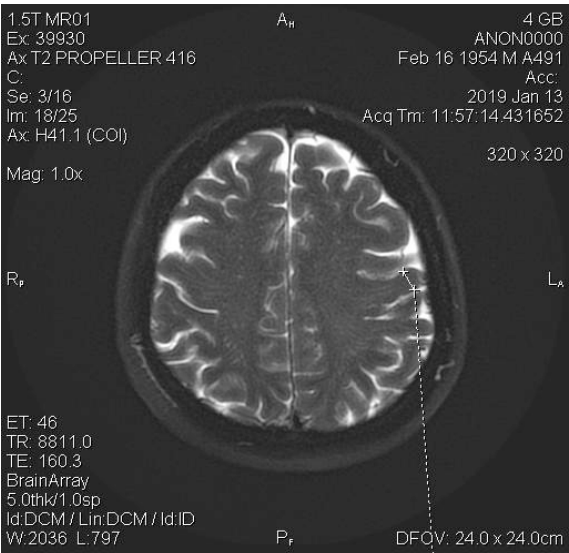


Рисунок 2. Определение ширины предцентральной извилины
Figure 2. Determination of the width of the precentral gyrus

Статистическую оценку полученных в ходе исследования данных проводили, используя программу Microsoft Excel 2014. В каждом исследовании выполнялось по три измерения. Отличия при $p < 0,05$ считали достоверными.

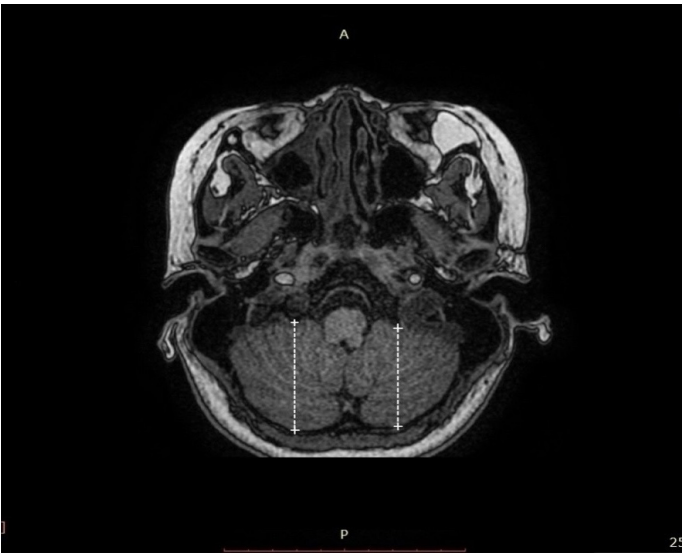


Рисунок 3. Определение продольных размеров мозжечка
Figure 3. Determination of the longitudinal dimensions of the cerebellum

Результаты и обсуждение
Показатели ширины предцентральной извилины и морфометрические характеристики мозжечка по данным МРТ-исследования представлены в таблицах 1 и 2.
При сравнении показателей ширины предцентральной извилины в точке, локализующейся на

уровне средней лобной извилины, как у мужчин, так и у женщин, выявлена тенденция к их превалированию в левом полушарии ($p > 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдается при снятии размеров в мозжечке, заключающаяся в преобладании значений, но уже в правом его полушарии ($p > 0,05$).

Таблица 1. Ширина предцентральной извилины в точке, локализующейся на уровне средней лобной извилины, по данным МРТ-исследования (n = 53)
Table 1. Width of the precentral gyrus at the point localized at the level of the middle frontal gyrus, according to MRI data (n = 53)

Полушарие мозжечка	Пол	M ± m	Max	Min	σ	Cv	Me
Правое	Мужчины	13,49 ± 0,05	13,28	13,21	0,21	0,00	13,25
	Женщины	13,45 ± 0,04	13,29	13,20	0,15	0,00	13,24
Левое	Мужчины	13,52 ± 0,05	14,02	13,02	0,23	0,00	13,54
	Женщины	13,50 ± 0,04	13,90	13,11	0,15	0,00	13,53

Таблица 2. Продольный и вертикальный размеры мозжечка по данным МРТ-исследования (n = 53)
Table 2. Longitudinal and vertical dimensions of the cerebellum according to MRI data (n = 53)

Полушарие мозжечка	Пол	M ± m	Max	Min	σ	Cv	Me
Продольный размер мозжечка, мм							
Правое	Мужчины	65,67 ± 0,57	68,20	60,10	3,00	0,14	64,15
	Женщины	63,11 ± 0,53	67,80	59,80	2,66	0,11	63,30
Левое	Мужчины	64,00 ± 0,70	68,20	59,90	3,69	0,21	63,85
	Женщины	63,10 ± 0,83	67,05	59,00	4,13	0,27	63,50
Вертикальный размер мозжечка, мм							
Правое	Мужчины	39,00 ± 0,58	40,80	35,80	3,07	0,24	39,60
	Женщины	37,60 ± 0,71	39,40	35,90	3,53	0,33	36,90
Левое	Мужчины	38,00 ± 0,87	40,30	37,10	4,63	0,56	37,90
	Женщины	36,70 ± 0,83	38,00	35,00	4,16	0,47	35,90

Определяется тенденция к превалированию всех размеров при анализе МРТ-снимков среди обследуемых мужчин по сравнению с женщинами ($p > 0,05$), которую мы объясняем более крупными размерами черепа в выборке мужчин [3].

Морфофункциональную асимметрию структур головного мозга учёные объясняют их «латерализацией» – эволюционным процессом, в ходе которого сформировалось доминирующее полушарие, а также особая специализация этих структур. Именно латерализация, по мнению учёных, играет ведущую роль в таких сложных функциях мозга, как сознание, речь (как разговорная, так и письменная), память, когнитивно-эмоциональные реакции, мелкая моторика и, конечно, наличие «доминирующей» конечности. Важно отметить, что асимметричность настолько интегрирована в работу здорового, нормально функционирующего мозга, что её нарушения характерны для некоторых заболеваний нервно-психического профиля [13, 14]. Хочется отметить, что для человеческого мозга характерна более выраженная асимметрия в сравнении с мозгом приматов. Как показывают исследования, анатомическая асимметрия проявляется во множестве других участках головного мозга человека. Так, выявлено преобладание размеров у правого таламуса над левым, больший массив коры в лобной доле левого полушария в сравнении с правой, а также в области затылочной коры, медиальной её части и островковой извилине, что, как следствие, приводит к большему суммарному показателю площади коры в левом полушарии по сравнению с правым [15, 16]. Интересные исследования провели учёные с кафедры Антропологии из Канзасского университета с

Freyer D.W и соавт. (2012), которые занимались вопросами праворукости у человека. Они исследовали окаменелости древнего человека, обнаруженные в горах Сьерра-де-Атапуэрка на севере Испании, и их возможных потомков – европейских неандертальцев. Исследователи задокументировали факт преобладания определённой руки в окаменелостях по рисунку царапин, которые локализовались на губной поверхности резцов и клыков. Учёные утверждают, что эти отметины являются надёжным средством определения преобладающего использования определённой руки в этих образцах. Исследователи приходят к выводу, что данные следы манипуляций на зубах свидетельствуют о стойком характере действий именно правой руки, что указывает на то, что доминирующая у современного человека праворукость уходит корнями глубоко, на много тысяч лет назад, в далёкое прошлое [17].

Заключение

Полученная информация несёт важное как теоретическое, так и практическое значение для конкретизации сведений об определённых структурах мозга, в частности его предцентральной извилине и мозжечке, при использовании лучевых методов диагностики, а в клинической практике может лечь в основу выявления тех или иных анатомических закономерностей полушарий мозга и мозжечка. Всё вышеперечисленное позволяет использовать эти результаты в дальнейших фундаментальных исследованиях и практике рентгенологов, врачей отделений компьютерной и магнитно-резонансной томографии, судмедэкспертов.

Литература [References]

- Ефимова О.И., Балабан П.М., Хайтович Ф.Е. Новые подходы к молекулярному картированию мозга: трехмерная циклическая иммуногистохимия и оптическое просветление. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2018;68(6):747-758. Efimova O.I., Balaban P.M., Khaitovich F.E. New approaches to molecular imaging of the brain: 3D cyclic immunohistochemistry and optical clearing. *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*. 2018; 68(6):747-758. (In Russ). <https://doi.org/10.1134/S0044467718060059>
- Надирян С.Л., Арутюнян Э.В., Авакян Э.В. К вопросу об использовании магнитно-резонансной томографии в современной медицине. *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. 2017; (4):351-356. Nadiryan S.L., Harutyunyan E.V., Avakian E.V. To a question of use of magnetic resonance imaging in modern medicine. *Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. 2017;(4):351-356. (In Russ).
- Баландин А.А. Мозолистое тело человека первого периода зрелого возраста в цифрах. *Медицинская наука и образование Урала*. 2022; 23(109):30-32. Balandin A.A. The corpus callosum of the human first period of adulthood in figures. *Medical science and education of the Urals*. 2022;23(109):30-32. (In Russ). <https://doi.org/10.36361/1814-8999-2022-23-1-30-32>
- Зуев В.В., Колоколов О.В., Карась А.Ю., Дробитова А.В. Роль нейровизуализации в стратегии лечения эпилепсии. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012;8(2):436-439. Zuev V.V., Kolokolov O.V., Karas A.U., Drobitova A.V. The role of neuroimaging in the treatment strategy for epilepsy. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2012; 8(2):436-439. (In Russ).
- Duboc V., Dufourcq P., Blader P., Roussigné M. Asymmetry of the Brain: Development and Implications. *Annu Rev Genet*. 2015;49:647-72. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-112414-055322>
- Hamada H. Molecular and cellular basis of left-right asymmetry in vertebrates. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and biological sciences*. 2020;96(7):273-296. <https://doi.org/10.2183/pjab.96.021>
- Tomasi D., Volkow N.D. Associations between handedness and brain functional connectivity patterns in children. *Nat Commun*. 2024;15(1):2355. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46690-1>
- Mastria G., Scaliti E., Mehring C., Burdet E., Becchio C., Serino A., Akselrod M. Morphology, Connectivity, and Encoding Features of Tactile and Motor Representations of the Fingers in the Human Precentral and Postcentral Gyrus. *J Neurosci*. 2023;43(9):1572-1589. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1976-21.2022>
- Nolan M., Scott C., Hof P.R., Ansorge O. Betz cells of the primary motor cortex. *J Comp Neurol*. 2024;532(1):e25567. <https://doi.org/10.1002/cne.25567>

- 10 Баландин А.А., Железнов Л.М., Баландина И.А. Возрастные изменения в нижней полулунной доле мозжечка у мужчин. *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2020; 8(3):337-344. Balandin A.A., Zheleznov L.M., Balandina I.A. Age-related alterations in the inferior semilunar lobule of cerebellum in men. *Eruditio Juvenium*. 2020;8(3):337-344. (In Russ). <https://doi.org/10.23888/HMJ202083337-344>
- 11 Guell X. Functional Gradients of the Cerebellum: a Review of Practical Applications. *Cerebellum*. 2022;21(6):1061-1072. <https://doi.org/10.1007/s12311-021-01342-8>
- 12 Xu W., De Carvalho F., Clarke A.K., Jackson A. Communication from the cerebellum to the neocortex during sleep spindles. *Prog Neurobiol*. 2021;199:101940. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2020.101940>
- 13 Güntürkün O., Ströckens F., Ocklenburg S. Brain Lateralization: A Comparative Perspective. *Physiol Rev*. 2020;100(3):1019-1063. <https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2019>
- 14 Wang J., Ma S., Yu P., He X. Evolution of Human Brain Left-Right Asymmetry: Old Genes with New Functions. *Mol Biol Evol*. 2023;40(9):msad181. <https://doi.org/10.1093/molbev/msad181>
- 15 Баландин А.А., Баландина И.А., Железнов Л.М. Анатомические характеристики таламусов человека по данным магнитно-резонансной томографии в первом и втором периодах зрелого возраста. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2021;5(3):5-9. Balandin A.A., Balandina I.A., Zheleznov L.M. Morphometric characteristics of human thalamuses according to magnetic resonance imaging data in the first and second periods of adulthood. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2021;5(3):5-9. (In Russ). <https://doi.org/10.17116/operhirurg202150315>
- 16 Xiang L., Crow T.J., Hopkins W.D., Roberts N. Comparison of Surface Area and Cortical Thickness Asymmetry in the Human and Chimpanzee Brain. *Cereb Cortex*. 2020;34(2):bhaa202. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa202>
- 17 Frayer D.W., Lozano M., Bermúdez de Castro J.M., Carbonell E., Arsuaga J.L., Radović J., Fiore I., Bondioli L. More than 500,000 years of right-handedness in Europe. *Laterality*. 2012;17(1):51-69. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.529451>

Авторская справка

Баландин Владимир Александрович

Ассистент кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет им. Е.А. Вагнера.

ORCID 0000-0001-5142-7117; balandin.ru@mail.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Баландин Анатолий Александрович

Канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет им. Е.А. Вагнера.

ORCID 0000-0002-3152-8380; balandinnauka@mail.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Железнов Лев Михайлович

Д-р мед. наук, профессор, ректор Кировского государственного медицинского университета.

ORCID 0000-0001-8195-099; lzm-a@mail.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Баландина Ирина Анатольевна

Д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет им. А.А. Вагнера.

ORCID 0000-0002-4856-9066; balandina_ia@mail.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, получение, анализ и интерпретация данных, написание рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Author's reference

Vladimir A. Balandin

Assistant of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, Perm State Medical University named after E.A. Wagner.

ORCID 0000-0001-5142-7117; balandin.ru@mail.ru

Author's contribution: conceptualization and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, final approval of the manuscript for publication.

Anatoliy A. Balandin

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, Perm State Medical University named after E.A. Wagner.

ORCID 0000-0002-3152-8380; balandinnauka@mail.ru

Author's contribution: conceptualization and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, final approval of the manuscript for publication.

Lev M. Zheleznov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Rector of the Kirov State Medical University

ORCID 0000-0001-8195-099; lzm-a@mail.ru

Author's contribution: conceptualization and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, final approval of the manuscript for publication.

Irina A. Balandina

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, Perm State Medical University named after A.A. Wagner

ORCID 0000-0002-4856-9066; balandina_ia@mail.ru

Author's contribution: conceptualization and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, final approval of the manuscript for publication.