

EDN: FOLXVE

УДК 617.51

DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_54



СОПРЯЖЕНИЕ АРТЕРИОВЕНОЗНОГО ОБЪЕМНОГО МОЗГОВОГО КРОВОТОКА ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ: ПЕРФУЗИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНО- ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Анастасия Владимировна Кивенко¹

xtro5@mail.ru, orcid.org/0009-0006-0235-9422

Рахмонали Адиебов¹

xtro3@mail.ru

Александр Алексеевич Лазарев¹

xtro2@mail.ru

Георгий Вячеславович Калентьев²

xtro1@mail.ru, SPIN-код: 2901-2352

Ксения Алексеевна Трофимова¹

xtro6@mail.ru

Алексей Олегович Трофимов^{1,3}

✉xtro7@mail.ru, orcid.org/0000-0001-5928-0068, SPIN-код: 3245-8331

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603005)

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Городская клиническая больница № 10 Канавинского района г. Нижнего Новгорода» (ул. Чонгарская, д. 43, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603011)

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ул. Астраханская, д. 83, г. Саратов, Российская Федерация, 410012)

Резюме

ЦЕЛЬ. Изучить корреляции между внутричерепным давлением и артериальным и венозным объемным мозговым кровотоком (ОМК) у пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) средней и тяжелой степени и после хирургического удаления внутричерепных гематом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Пациенты с ЧМТ средней и тяжелой степени (53 женщины; 74 мужчины) были разделены на три группы: I группа (среднетяжелая ЧМТ), II группа (тяжелая ЧМТ без хирургического вмешательства) и III группа (тяжелая ЧМТ после операции). Всем пациентам выполняли перфузионную компьютерную томографию (ПКТ), на основании которой измерялся артериальный и венозный объемный мозговой кровоток (ОМК) в супраклиноидных отделах обеих внутренних артерий (ОМК в ВСА) и в верхнем сагиттальном синусе (ОМК в ВСС). Полученные данные анализировали методами параметрической и непараметрической статистики. Уровень значимости принимали как $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В I группе ОМК в ВСА слева и справа достоверно коррелировали между собой ($p < 0,0001$) и с ОМК в ВСС ($p = 0,048$). Во II группе ОМК в ВСА слева и справа также коррелировали ($p < 0,0000001$), но не с ОМК в ВСС. В III группе ОМК в ВСА на стороне удаленной гематомы достоверно не отличался от контрлатерального ОМК в ВСА ($P = 0,680$) и не коррелировал с ОМК в ВСС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Нарастание тяжести ЧМТ сопровождается разобщением артериального и венозного МК в супратенториальных сосудах. Для выявления механизмов развития этого несоответствия необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: объемный мозговой кровоток, черепно-мозговая травма, перфузионная компьютерная томография

Для цитирования: Кивенко А. В., Адиебеков Р., Лазарев А. А., Калентьев Г. В., Трофимова К. А., Трофимов А. О. Сопряжение артериовенозного объемного мозгового кровотока при черепно-мозговой травме: перфузионное компьютерно-томографическое исследование // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2025. Т. XVII, № 3. С. 54–59. DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_54.

ARTERIOVENOUS CEREBRAL BLOOD FLOW UNCOUPLING IN TBI: OBSERVATIONAL CT PERFUSION STUDY

Anastasia V. Kivenko¹

xtro5@mail.ru, orcid.org/0009-0006-0235-9422

Rakhmonali Adibekov¹

xtro3@mail.ru

Alexander A. Lazarev¹

xtro2@mail.ru

Georgy V. Kalentyev²

xtro1@mail.ru, SPIN-code: 2901-2352

Ksenia A. Trofimova¹

xtro6@mail.ru

Alexey O. Trofimov^{1,3}

✉xtro7@mail.ru, orcid.org/0000-0001-5928-0068, SPIN-code: 3245-8331

¹ Privolzhsky Research Medical University (10/1 Minin and Pozharsky square, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005)

² City Clinical Hospital No. 10 of the Kanavinsky District of Nizhny Novgorod (43 Chongarskaya street, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603011)

³ Saratov State Research University named after N. G. Chernyshevsky (83 Astrakhanskaya street, Saratov, Russian Federation, 410012)

Abstract

AIM. To investigate correlations between intracranial pressure and arterial and venous cerebral blood flow (CBF) in patients with moderate to severe traumatic brain injury (TBI) and after surgical removal of intracranial hematomas.

MATERIALS AND METHODS. Patients with moderate to severe TBI (53 women; 74 men) were divided into 3 groups: group 1 (moderate TBI), group 2 (severe TBI without surgery), and group 3 (severe TBI after surgery). All patients underwent perfusion computed tomography (PCT), which was used to measure arterial and venous cerebral blood flow (CBF) in the supraclinoid sections of both internal arteries (CBF in ICA) and in the superior sagittal sinus (CBF in SSS). The obtained data were analyzed using parametric and nonparametric statistics. The significance level was accepted as $p < 0.05$.

RESULTS. In Group I, the left and right ICA CBFs correlated significantly with each other ($p < 0.0001$) and with the SCD CBF ($p = 0.048$). In Group II, the left and right ICA CBFs also correlated ($P < 0.0000001$), but not with the SSS CBF. In Group III, the ICA CBF on the side of the removed hematoma did not significantly differ from the contralateral ICA CBF ($P = 0.680$) and did not correlate with the SSS CBF.

CONCLUSION. Increasing TBI severity is accompanied by arterial and venous CBF uncoupling in the supratentorial vessels. Further research is needed to identify the mechanisms underlying this dissociation.

Keywords: cerebral blood flow, traumatic brain injury, perfusion computed tomography

For citation: Kivenko A. V., Adibekov R., Lazarev A. A., Kalentyev G. V., Trofimova K. A., Trofimov A. O. Arteriovenous cerebral blood flow uncoupling in TBI: observational CT perfusion study. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2025;XVII(3):54–59. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_54.

Введение

Концепция оценки церебральной микроциркуляции на основе воксельного анализа изменений рентгеновской плотности тканей при прохождении контрастного вещества через сосудистое русло головного мозга методом перфузионной компьютерной томографии (ПКТ)

была предложена Л. Акселем еще в 1980 г. [1]. Однако до сих пор потенциал ПКТ остается неисчерпанным [2, 3]. Так, например, при помощи ПКТ стала возможной оценка характеристик не только микроциркуляции, но и объемного мозгового кровотока (ОМК) в крупных сосудах – артериях, венах и синусах головного

мозга [4]. Это расширило возможности исследований нейрофизиологии мозга, поскольку другие методы (ультразвуковая доплерография, дуплексная, триплексная доплерографии и др.) оценивают только скоростные и резистивные характеристики [5]. Как было показано ранее, линейная скорость и объемная скорости в мозговых артериях достоверно коррелируют друг с другом у здоровых лиц, однако у пациентов со спазмом сосудов и (или) тяжелой ЧМТ такие корреляции утрачивают достоверность [6, 7]. Взаимосвязь между артериальным и венозным ОМК до настоящего времени остается недостаточно изученной и требует уточнения.

Цель исследования – изучить корреляции между артериальным и венозным ОМК у пациентов с ЧМТ средней и тяжелой степени и после хирургического удаления внутричерепных гематом.

Материалы и методы

Дизайн исследования и характеристика выборки пациентов. Нерандомизированное ретроспективное одноцентровое исследование когорты пациентов из проспективно поддерживаемой базы данных (2013–2022). Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом.

Критериями включения были умеренная и тяжелая ЧМТ в течение 6 ч после травмы, балл по шкале комы Глазго (ШКГ) <12, многофазное наблюдение после ПКТ в течение не менее 12 ч и доступные данные о летальности.

Критериями исключения были возраст <16 лет и >75 лет, уровень креатинина в сыворотке крови >120 мг/л и балл по шкале ШКГ 3.

Всего 127 пациентов с ЧМТ средней и тяжелой степени (53 женщины; 74 мужчины) были разделены на три группы:

I группа – умеренная ЧМТ, возраст – от 18 до 59 лет, n=49;

II группа – тяжелая ЧМТ без внутричерепных гематом, возраст – от 19 до 56 лет, n=47;

III группа – тяжелая ЧМТ после удаления внутричерепных гематом, возраст – от 19 до 58 лет, n=31.

Перфузионная компьютерная томография. Всем пациентам была проведена ПКТ через 1–2 дня после ЧМТ с использованием 64-срезово-

го КТ-сканнера Philips Ingenuity (*Philips Medical Systems*, США). ПКТ-обследование включало в себя первоначальную неконтрастную КТ головного мозга. Далее проводили расширенное сканирование в 16 «областях интереса», охват – 160 мм по оси z в течение 60 с с введением контрастного вещества (режим Perfusion JOG). Параметры сканирования: 80 кВ, 150 мА, эффективная доза – 3,3 мЗв, толщина среза = 5 мм, коллимация – 64×0,625 мм, матрица 256×256. Болюс 50 мл контрастного вещества Ultravist 370 (*Schering*, Германия) вводили шприцем-инжектором Stellant (*Medrad*, США) в правую локтевую вену через стандартный катетер (20 G) со скоростью 5 мл/с. Полученные данные передавали на рабочую станцию Philips Extended Brilliance Workspace (*Philips Health Care*, Best, Нидерланды).

Артериальная и венозная метки регистрировались автоматически с последующей обработкой алгоритмом кластерного анализа на графике «концентрация – время». Карты перфузии были получены при помощи байесовского вероятностного метода расчета на основе кривой временного тканевого затухания концентрации контраста. Количественные параметры ПКТ (объемный мозговой кровоток, локальный объем кровенаполнения, среднее время прохождения контраста) рассчитывались на воксельной основе для создания цветных перфузионных карт. «Области интереса» были установлены в проекции супраклиноидных сегментов обеих внутренних сонных артерий (ВСА) и в проекции верхнего сагиттального синуса (ВСС), как можно ближе к стоку синусов. Таким образом, мы измеряли входящий и исходящий супратенториальный ОМК в системе передней гемодинамики мозга.

Статистический анализ. Распределение данных оценивали при помощи критерия Колмогорова – Смирнова. Данные представлены в виде медианы [межквартильный интервал] для непрерывных переменных. Точный критерий Фишера использовали для категориальных переменных. Статистический анализ непрерывных переменных проводили с помощью знаково-рангового критерия Вилкоксона (Т-критерий Вилкоксона) при необходимости. Для корреляции переменных использовали непараметрические коэффициенты ранговой

корреляции Спирмена (R). Уровень значимости был установлен на уровне $p < 0,05$. Статистический анализ проводили с помощью Statistica 12 (TIBCO Software Inc., США).

Результаты исследования

Полученные данные обобщены в таблице.

В I группе достоверных различий между ОМК в ВСА слева и справа выявлено не было ($Z=1,56$; $P=0,119$). Однако ОМК в обеих ВСА достоверно коррелировали друг с другом ($R=0,783$; $P<0,0001$) и с ОМК в ВСС ($R=0,346$, $P=0,0385$; $R=0,332$, $P=0,048$ соответственно).

В II группе ОМК в ВСА слева и справа достоверно не отличались друг от друга ($Z=1,027$; $P=0,304$) и достоверно коррелировали между собой ($R=0,76$; $P<0,0000001$). Однако достоверных корреляций между ОМК в обеих ВСА и в ВСС выявлено не было ($P>0,05$).

В III группе (тяжелая ЧМТ после удаления внутричерепных гематом) ОМК в ВСА на стороне удаленной гематомы достоверно не отличался от ОМК в ВСА на противоположной стороне ($Z=0,411$; $P=0,680$). При этом никаких достоверных корреляций между ОМК в ВСА и ВСС не было выявлено (на стороне удаленной гематомы $R=-0,129$, $P=0,47$; на противоположной стороне $R=-0,043$, $P=0,81$; $R=0,113$, $P=0,529$ – между ОМК в обеих ВСА).

Обсуждение

Динамическая ПКТ позволяет оценить объем крови, протекающей через заданный «реги-

он интереса» в секунду, т. е. ОМК (мл/100 г/с), а не только линейную скорость кровотока (см/с), как при транскраниальной доплерографии (ТКД) [9]. В отличие от традиционных ТКД и даже исследований с помощью транскраниальных роботизированных дуплексных устройств, динамическая многофазная ПКТ позволяет с высокой точностью непосредственно визуализировать все крупные сегменты сосудов головного мозга и измерить ОМК в их конкретных сегментах [9]. Данные ОМК, полученные с помощью ПКТ, не зависят от ошибок угла инсонации сосуда и ведут к более точным измерениям ОМК, приближающимся по точности к 3D-ротационной ангиографии [10].

Основными результатами нашего исследования являются данные, что по мере нарастания тяжести ЧМТ происходит реципрокное разобщение между артериальным и венозным ОМК в бассейне передней циркуляции.

Как было ранее показано, при тяжелой ЧМТ ОМК перестает коррелировать с линейной скоростью МК, что отражает серьезное нарушение ауторегуляции МК [6].

D. Cardim et al. [7] показали значимую корреляцию между ЛСК в ВСС и обеих СМА, полученной при ТКД у здоровых добровольцев; однако эти корреляции утрачивались у пострадавших с ЧМТ [7].

Мы измеряли мгновенные значения ОМК как в ВСА, так и в ВСС, используя ПКТ вместо усредненных по времени доплерографических значений, как это описано ранее [11].

Сопоставление полученных данных

Comparison of the analyzed data

Показатель	ОМК в ВСА слева, мл/100 г/мин	ОМК в ВСА справа, мл/100 г/мин	ОМК в ВСС, мл/100 г/мин	ШКТ
Группа I (n=49)	15,33 [9,81–21,01]	14,17 [8,98–18,80]	10,21 [8,54–12,92]	12,5 [12–13]
Группа II (n=47)	11,45 [9,01–18,01]	14,82 [9,45–26,10]	11,23 [7,61–13,88]	10 [9–11]
Группа III (ипси- и контралатеральные стороны по отношению к удаленной гематоме) (n=31)	12,68 [7,49–16,40]	10,58 [6,73–18,35]	10,64 [8,23–14,63]	9 [7–11]
P (1-2)	ns	ns	ns	0,00001 *
P (1-3)	ns	ns	ns	0,00001 *
P (2-3)	ns	ns	ns	ns

* – различия достоверны ($P<0,05$).

Используя этот метод, мы выявили, что увеличение тяжести ЧМТ сопровождается растущим разобщением между артериальным и венозным ОМК в супратенториальных сосудах.

Одна из вероятных причин разобщения артериального и венозного ОМК может быть связана с изменением комплайенса (податливости) сосудов головного мозга при ЧМТ. Ранее было показано достоверное снижение артериального комплайенса при ЧМТ, особенно после удаления внутричерепных гематом. В качестве причины такого снижения указывали отек артериальной стенки и эндотелиальную дисфункцию, приводящую к увеличению жесткости артериальной стенки [12]. Стенки вен и мозговых синусов также могут быть сдавлены отеком мозга [13], но при этом имеют менее выраженный мышечный слой, что делает их более восприимчивыми, чем артерии, к сдавлению отечными тканями. Изменения жесткости стенок крупных сосудов с увеличением тяжести ЧМТ могут быть непропорциональными, что приводит к нарушениям корреляции артериального и венозного СВФ, что согласуется с предыдущей работой [14].

Другой возможной причиной изменения корреляции артериального и венозного ОМК может быть повышение церебрального сосудистого сопротивления. Хотя имеется большой объем данных о росте артериального и артериального сопротивления при ЧМТ различной степени тяжести [15], изменения венозного сопротивления после травмы головы остаются малоизученными. Однако известно, что изменение конфигурации просвета сосуда от круга к овальной приводит к постепенному нарастанию сосудистого сопротивления [16].

В крайних случаях сдавление капилляров вследствие отека мозга в области удаления гематомы может даже остановить микроциркуляторный кровоток [17]. Это может привести к уменьшению количества функционирующих капилляров и нарастанию надкапиллярного шунтирования, что приводит к еще большему повышению цереброваскулярного сопротивления.

Все эти процессы приводят к неравномерному нарастанию артериального и венозного компонентов цереброваскулярного сопротивления, что отражается в нарушении корреляционных связей между артериальным и венозным ОМК.

Хотя в нашем исследовании рассматривается относительно большая когорта пациентов, сохраняются некоторые ограничения. Во-первых, артефакты от костных структур основания черепа серьезно ограничивают оценку при помощи ПКТ субтенториального ОМК – в основной артерии и крупных венах задней черепной ямки. Во-вторых, дизайн исследования был ретроспективным, поэтому отсутствие корреляции между ОМК и возрастом при ЧМТ средней и тяжелой степени требует дальнейшего изучения. В-третьих, хотя венозная метка была близка к стоку синусов, мы не можем полностью исключить математическую ошибку, связанную с измерением площади «области интереса». И, наконец, хотя артериальный и венозный ОМК измеряются в одинаковых значениях (мл/100г/с), мы не можем с уверенностью утверждать, что артериальный кровоток осуществлялся в том же компартментном объеме, из которого осуществлялся венозный отток. Для выяснения этого необходимы более детальные многофазные ПКТ-исследования на сканнерах с более высоким разрешением матрицы (1024×1024), которые позволят оценить ОМК в прямом синусе и вене Розенталя, а также в базилярной артерии.

Заключение

Наращение тяжести ЧМТ сопровождается разобщением артериального и венозного ОМК в супратенториальных сосудах. Для выявления механизмов развития этого несоответствия необходимы дальнейшие исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Работа поддержана грантом Российского научного фонда № 24-45-00010. **Financing.** The work was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 24-45-00010.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Axel L. Cerebral blood flow determination by rapid-sequence computed tomography: theoretical analysis. *Radiology*. 1980;137(3):679–686. Doi: 10.1148/radiology.137.3.7003648.
2. Zahn C., Smith H., Hurdlebrink J., Kluesner N. Evaluation of computed tomography perfusion and angiogram use in stroke evaluation for thrombectomy at a community emergency department setting. *Emergency radiology*. 2023;1–9. Doi: 10.1007/s10140-023-02116-x.
3. Zhang R., Yan S., Zhong W. et al. Impaired intracranial venous outflow profiles are associated with poor outcome in stroke after reperfusion therapy: A hypoperfusion-matched intracranial venous scale. *Eur J Radiol*. 2023;(161):110745. Doi: 10.1016/j.ejrad.2023.110745.
4. Tao J., Cai Y., Dai Y. et al. Value of 4D CT Angiography Combined with Whole Brain CT Perfusion Imaging Feature Analysis under Deep Learning in Imaging Examination of Acute Ischemic Stroke. *Computational intelligence and neuroscience*. 2022;2286413. Doi: 10.1155/2022/2286413.
5. Chandrapatham K., Cardim D., Corradi F. et al. Arterial and Venous Cerebral Blood Flow Velocities in Healthy Volunteers. *Acta neurochirurgica. Supplement*. 2021;(131):131–134. Doi: 10.1007/978-3-030-59436-7_27.
6. Trofimov A., Kopylov A., Dobrzeniecki M. et al. Comparative Analysis of Simultaneous Transcranial Doppler and Perfusion Computed Tomography for Cerebral Perfusion Evaluation in Patients with Traumatic Brain Injury. *Advances in experimental medicine and biology*. 2020;(1232):55–62. Doi: 10.1007/978-3-030-34461-0_8.
7. Cardim D., Czosnyka M., Chandrapatham K. et al. (2020). Arterial and Venous Cerebral Blood Flow Velocities and Their Correlation in Healthy Volunteers and Traumatic Brain Injury Patients. *Journal of neurosurgical anesthesiology*. 2020. Doi: 10.1097/ANA.0000000000000704.
8. Czosnyka M., Hutchinson P., Balestreri M., Pickard J. Monitoring and interpretation of intracranial pressure after head injury. *Acta neurochirurgica. Supplement*. 2006;(96):114–118. Doi: 10.1007/3-211-30714-1_26.
9. Westermaier T., Pham M., Stetter C. et al. (2014). Value of transcranial Doppler, perfusion-CT and neurological evaluation to forecast secondary ischemia after aneurysmal SAH. *Neurocritical care*. 2014;20(3):406–412. Doi: 10.1007/s12028-013-9896-0.
10. van der Zijden T., Mondelaers A., Voormolen M., Parizel P. M. Flat Detector CT with Cerebral Pooled Blood Volume Perfusion in the Angiography Suite: From Diagnostics to Treatment Monitoring. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2022;12(8):1962. Doi: 10.3390/diagnostics12081962.
11. Mills J., Mehta V., Russin J., Mack W. J. Advanced imaging modalities in the detection of cerebral vasospasm. *Neurology research international*. 2013: 415960. Doi: 10.1155/2013/415960.
12. Dobrzeniecki M., Trofimov A., Bragin D. E. Cerebral Arterial Compliance in Traumatic Brain Injury. *Acta neurochirurgica. Supplement*. 2018;(126):21–24. Doi: 10.1007/978-3-319-65798-1_5.
13. Takahashi A., Ushiki T., Abe K. et al. Cytoarchitecture of periendothelial cells in human cerebral venous vessels as compared with the scalp vein. A scanning electron microscopic study. *Archives of histology and cytology*. 1994;(57):331–339.
14. Chen S., Chen Y., Xu L. et al. Venous system in acute brain injury: Mechanisms of pathophysiological change and function. *Experimental neurology*. 2015;(272):4–10. Doi: 10.1016/j.expneurol.2015.03.007.
15. Sharples P. M., Matthews D. S. F., Eyre J. A Cerebral blood flow and metabolism in children with severe head injuries. Part 2: Cerebrovascular resistance and its determinants. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1995;(58):153–159. Doi: 10.1136/jnnp.58.2.153.
16. Eckert M. Pipe flow: a gateway to turbulence. *Arch. Hist. Exact Sci*. 2021;(75): 249–282. Doi: 10.1007/s00407-020-00263-y.
17. Dewey R. Experimental cerebral hemodynamics. Vasomotor tone, critical closing pressure, and vascular bed resistance. *J Neurosurg*. 1974;41(5):597–606.

Сведения об авторах

Анастасия Владимировна Кивенко – студентка кафедры нервных болезней Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород, Россия);
 Рахмонали Адибеков – студент кафедры нервных болезней Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород, Россия);
 Александр Алексеевич Лазарев – ассистент кафедры нервных болезней Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород, Россия);
 Георгий Вячеславович Калентьев – врач Городской клинической больницы № 10 Канавинского района г. Нижнего Новгорода (г. Нижний Новгород, Россия);

Information about the authors

Anastasia V. Kivenko – Student at the Department of Nervous Diseases, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia);
 Rakhmonali Adibekov – Student at the Department of Nervous Diseases, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia);
 Alexander A. Lazarev – Assistant at the Department of Nervous Diseases, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia);

Ксения Алексеевна Трофимова – студентка кафедры нервных болезней Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород, Россия);

Алексей Олегович Трофимов – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нервных болезней Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород, Россия); старший научный сотрудник Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского (г. Саратов, Россия).

Georgy V. Kalentyev – Doctor, City Clinical Hospital No. 10 of the Kanavinsky District of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russia);

Ksenia A. Trofimova – Student at the Department of Nervous Diseases, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia);

Alexey O. Trofimov – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Nervous Diseases, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia); Senior Researcher, Saratov State Research University named after N. G. Chernyshevsky (Saratov, Russia).

Поступила в редакцию 26.02.2025

Поступила после рецензирования 15.04.2025

Принята к публикации 10.09.2025

Received 26.02.2025

Revised 15.04.2025

Accepted 10.09.2025