

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ ТИМУЛЯЦИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Л.Р. Ахмадеева, Е.О. Голдырев, К.И. Валитова

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Уфа, Российская Федерация)

Для цитирования: Ахмадеева Л.Р., Голдырев Е.О., Валитова К.И. Транскраниальная магнитная стимуляция в комплексной реабилитации пациентов после инсульта. Аспирантский вестник Поволжья. 2025;25(4):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP691246>

■ Сведения об авторах

Ахмадеева Л.Р. – д-р мед. наук, профессор кафедры неврологии. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424> E-mail: leila_ufa@mail.ru

*Голдырев Евгений Олегович – врач-невролог Клиники БГМУ. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5307-3123> E-mail: evgenyy86@gmail.com

Валитова К.И. – студентка педиатрического факультета. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3108-2058>

E-mail: kamillavalitova23@gmail.com

*Автор для переписки

■ Список сокращений

ТКМС – транскраниальная магнитная стимуляция.

Получено: 23.09.2025

Одобрено: 27.10.2025

Опубликовано: 11.11.2025

■ Аннотация

Цель – изучение эффективности комплексного подхода в медицинской реабилитации с применением технологии транскраниальной магнитной стимуляции (ТКМС) пациентов в раннем восстановительном периоде после перенесенного инсульта.

Материал и методы. В исследование были включены 50 пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения и находящиеся в раннем восстановительном периоде (6 месяцев после перенесенного инсульта). У всех пациентов, включенных в исследование, в клинической картине присутствовал гемипарез – левосторонний или правосторонний. Пациенты были разделены на две группы – экспериментальную и контрольную. Процесс восстановительного лечения включал лечебную физкультуру с инструктором-методистом, механотерапию, эрготерапию, а в экспериментальной группе дополнительно была проведена ТКМС на проекцию двигательной коры пораженной стороны головного мозга.

Результаты. У пациентов, у которых в процесс реабилитации был включен ТКМС, по завершении исследования показатели улучшились: по шкале оценки мышечной силы на 25,88%; индекс мобильности Ривермид – на 28,37%; индекс Бартел – на 25,21%; кистевая динамометрия (кг) – на 27,45%, шкала баланса Берга – на 36,86%, тест 6-минутной ходьбы – на 29,59%.

Выводы. По большинству клинических шкал мы отследили положительную динамику в процентном соотношении по сравнению с контрольной группой. Это позволяет сделать вывод об эффективном применении ТКМС в комплексной реабилитации пациентов после инсульта.

■ **Ключевые слова:** инсульт, транскраниальная магнитная стимуляция, реабилитация.

■ **Конфликт интересов:** не заявлен.

TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION IN THE COMPLEX REHABILITATION OF PATIENTS AFTER STROKE

Leila R. Akhmadeeva, Evgenii O. Goldyrev, Kamilla I. Valitova

Bashkir State Medical University (Ufa, Russian Federation)

Citation: Akhmadeeva LR, Goldyrev EO, Valitova KI. Transcranial magnetic stimulation in the complex rehabilitation of patients after stroke. Aspirantskiy vestnik Povolzhia. 2025;25(4):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP691246>

■ Information about authors

Leila R. Akhmadeeva – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Neurology. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424>

E-mail: leila_ufa@mail.ru

*Evgenii O. Goldyrev – MD, neurologist of the Clinic of the Bashkir State Medical University. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5307-3123>

E-mail: evgenyy86@gmail.com

Kamilla I. Valitova – student of the Faculty of Pediatrics. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3108-2058> E-mail: kamillavalitova23@gmail.com

*Corresponding author

Received: 23.09.2025

Accepted: 27.10.2025

Published: 11.11.2025

■ Abstract

Aim – to study the efficiency of an integrated approach in medical rehabilitation using transcranial magnetic stimulation (TMS) for patients in the early post-stroke recovery period.

Material and methods. The study included 50 patients who had suffered an acute cerebrovascular accident in the early recovery period (six months after the stroke). All patients included in the study had a clinical manifestation of hemiparesis, either left-

or right-sided. The patients were divided into the two groups: experimental and control. The rehabilitation process included therapeutic exercise with a trainer, mechanotherapy, and occupational therapy. The experimental group also received TMS on the motor cortex projection of the affected side of the brain.

Results. The average values of the parameters in patients who included TMS in the rehabilitation process at the end of the study were as follows: the muscle strength assessment scale parameters improved by 25.88%; the Rivermead Mobility Index by 28.37%; the Barthel Index by 25.21%; hand dynamometry (kg) by 27.45%, the Berg Balance Scale by 36.86%, and the 6-minute walk test by 29.59%.

■ **Conclusion.** For most clinical scales, we tracked a positive dynamics as a percentage compared to the control group. This allows us to conclude that the use of TMS in the complex rehabilitation of patients after a stroke is efficient.

■ **Conflict of interest:** *nothing to disclose.*

ВВЕДЕНИЕ

После инсульта пациенты сталкиваются с такими неврологическими нарушениями, как двигательные расстройства (81,2%), когнитивный дефицит (51,5%), нарушение баланса и равновесия (79,6%), нарушение речи (31,3%) [1]. Актуальность проблемы моторного дефицита у пациентов после церебрального инсульта обусловлена его доминирующей распространенностью. Социально-экономический компонент проблемы определяется влиянием стойкого пареза на инвалидизацию пациентов, значительное снижение качества жизни как самих пациентов, так и их семей, развитие психологической дезадаптации (депрессии, тревожных расстройств, социальной изоляции). Восстановление двигательной функции представляет собой основную цель мультидисциплинарной нейрореабилитации, основанной на принципах доказательной медицины (кинезиотерапия, роботизированная терапия, транскраниальная магнитная стимуляция (ТКМС), эрготерапия). Углубленное изучение механизмов нейропластичности и разработка инновационных стратегий стимуляции восстановления двигательного контроля обладают высоким трансляционным потенциалом для оптимизации функциональных исходов, при этом степень и характер моторного дефицита в раннем постинсультном периоде служат критически важными прогностическими факторами эффективности реабилитационного процесса [2, 3].

В настоящее время в комплексной реабилитации все чаще применяется ТКМС, которая представляет собой неинвазивный нейромодуляционный метод, основанный на принципе электромагнитной индукции. Быстро изменяющееся сильное магнитное поле, генерируемое катушкой, апплицируемой на череп, беспрепятственно проникает через непроводящие ткани (кожу, кости черепа) и индуцирует вторичные фокальные вихревые токи в подлежащей кортикальной ткани [4]. Эти токи вызывают деполяризацию или гиперполяризацию нейрональных мембран, модулируя возбудимость и пластичность целевых корковых областей [5].

С. Grefkes и соавт. (2008) рассматривали механизмы нейропластичности после применения ТКМС у пациентов с инсультом [6]. Используя функциональную МРТ и электрофизиологические методы, авторы показали, что стимуляция моторной коры способствует увеличению активности ипсилатерального полушария и восстановлению межполушарных связей, что связано с улучшением двигательных функций.

J.-W. Kang и соавт. (2016) в своем исследовании оценили эффективность высокочастотной транскраниальной

магнитной стимуляции при лечении гемиплегии после инсульта. Пациенты получали стимуляцию ipsilesional моторной коры в течение двух недель. Результаты показали значительное улучшение движений по шкале Фугл-Мейера и повышенную активность моторных областей мозга на последующих МРТ-исследованиях [7].

ЦЕЛЬ

Изучение эффективности комплексного подхода в медицинской реабилитации с применением технологии ТКМС пациентов в раннем восстановительном периоде после перенесенного инсульта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 50 пациентов, проходивших реабилитацию в условиях стационара в отделении медицинской реабилитации Клиники Башкирского государственного медицинского университета.

Критерии включения: подтвержденный диагноз ишемического или геморрагического инсульта; временной интервал от момента инсульта до начала ТКМС от 3–4 недель до 6 месяцев (ранний восстановительный период); стабильные витальные функции (дыхание, гемодинамика); наличие реабилитационного потенциала (парез конечности), который является целью реабилитации и на который потенциально может воздействовать ТКМС; способность пациента понимать инструкции, сохранять положение сидя в кресле или на стуле в течение сеанса ТКМС и переносить процедуру; наличие информированного согласия пациента и/или его законного представителя на участие в реабилитации с применением ТКМС.

Критерии невключения: наличие любых ферромагнитных металлических имплантов в голове или рядом с зоной стимуляции (кохлеарные импланты, клипсы на аневризмах, стенты, металлические осколки в области головы/глаз); наличие имплантированных электронных устройств в любой части тела, которые могут быть чувствительны к магнитному полю (кардиостимуляторы, дефибрилляторы, инсулиновые помпы); эпилепсия в анамнезе или текущий высокий риск судорог; нестабильное соматическое состояние (нестабильная стенокардия, тяжелая сердечная недостаточность (III–IV ФК), декомпенсированный сахарный диабет, тяжелая дыхательная недостаточность, активная инфекция с лихорадкой); тяжелые когнитивные нарушения или психические расстройства; злокачественные новообразования в стадии активного лечения или с неблагоприятным прогнозом.

Таблица 1 / Table 1

Усредненные значения показателей у пациентов в процессе реабилитации с применением ТКМС (n=25)
Average values of indicators in patients during rehabilitation with the use of TMS (n=25)

Показатель	Начальное значение	После 14 дней реабилитации	Динамика (%)	p-значение
Шкала оценки мышечной силы	2,55±1,23	3,21±1,15	25,88	<0,001
Индекс мобильности Ривермид	5,57±1,87	7,15±2,31	28,37	<0,001
Индекс Бартел	35,50±7,83	44,45±6,95	25,21	<0,002
Кистевая динамометрия (кг)	6,74±2,35	8,59±1,98	27,45	<0,002
Шкала баланса Берга	17,85±4,89	24,43±5,74	36,86	<0,001
Тест 6-минутной ходьбы	161,82±12,49	209,70±10,81	29,59	<0,002

Участники были разделены на две группы – группу комбинированного вмешательства, или экспериментальную группу (18 мужчин и 7 женщин, средний возраст 64±8,1 года) и группу контроля (16 мужчин и 9 женщин, средний возраст 67±5,7 года).

Курс реабилитационного лечения составлял 14 дней. Экспериментальная группа в дополнение к стандартной программе реабилитации (лечебной физкультуре с инструктором-методистом, механотерапии, эрготерапии) получала воздействие ТКМС на проекцию двигательной коры пораженной стороны головного мозга.

В своем исследовании мы использовали билатеральную стимуляцию как наиболее физиологически обоснованный подход. Стимуляция одновременно направлена на подавление гиперактивности интактного М1 и активацию пораженного М1. Это реализуется последовательным применением низкочастотной ритмической ТКМС на контралатеральное М1 и высокочастотной ритмической ТКМС на ипсилатеральное М1 в рамках одного сеанса. Примерные параметры: низкочастотная ритмическая ТКМС на интактное М1 (1 Гц, 90–110% RMT, 600–900 импульсов) с последующей высокочастотной ритмической ТКМС на пораженное М1 (5–10 Гц, 80–90% RMT, 600–1000 импульсов). Общая длительность сеанса составляет 20 минут. Количество сеансов – 10 [9].

Проверка на нормальность распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для параметров с нормальным распределением рассчитывались средние значения и стандартные отклонения ($M \pm SD$), для параметров с распределением, отличным от нормального, – медиана и межквартильный размах ($Me [Q1; Q3]$). Для сравнения показателей до и после лечения в рамках одной группы использовался парный t-критерий Стьюдента (для данных

с нормальным распределением) или критерий Вилкоксона (для данных с распределением, отличным от нормального). Для сравнения показателей между группами применялся t-критерий Стьюдента для независимых выборок или U-критерий Манна – Уитни соответственно. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки результатов проведенной реабилитации мы использовали следующие клинические шкалы и показатели: шкала оценки мышечной силы – паретичная конечность, индекс мобильности Ривермид, индекс Бартел, кистевая динамометрия (кг) – паретичная конечность, шкала баланса Берга, тест 6-минутной ходьбы.

Среднее значение показателей у пациентов экспериментальной группы на начало исследования составляло по шкале оценки мышечной силы ~2,55 ($p < 0,001$); индекс мобильности Ривермид ~5,57 ($p < 0,001$); индекс Бартел ~ 35,50 ($p < 0,002$); кистевая динамометрия (кг) ~ 6,74 ($p < 0,002$), шкала баланса Берга ~ 17,85 ($p < 0,001$), тест 6-минутной ходьбы ~ 161,82 ($p < 0,002$). Данные представлены в таблице 1.

У пациентов контрольной группы (таблица 2) средние значения показателей на начало исследования составляли по шкале оценки мышечной силы ~2,42 ($p < 0,001$); индекс мобильности Ривермид ~5,43 ($p < 0,001$); индекс Бартел ~ 36,38 ($p < 0,002$); кистевая динамометрия (кг) ~ 6,61 ($p < 0,002$), шкала баланса Берга ~ 17,91 ($p < 0,001$), тест 6-минутной ходьбы ~ 166,05 ($p < 0,002$).

Путем статистических расчетов получаем следующие показатели динамики от проведения реабилитации с применением ТКМС: по шкале оценки мышечной силы показатели улучшились на 25,88%; индекс мобильности

Таблица 2 / Table 2

Усредненные значения у пациентов в процессе реабилитации без применения ТКМС (n=25)
Average values of indicators in patients during rehabilitation without the use of TMS (n=25)

Показатель	Начальное значение	Через 14 дней реабилитации	Динамика (%)	p-значение
Шкала оценки мышечной силы	2,42±1,37	3,01±1,67	24,38	<0,001
Индекс мобильности Ривермид	5,43±1,56	6,98±1,95	28,54	<0,001
Индекс Бартел	36,38±8,19	44,29±7,41	21,74	<0,002
Кистевая динамометрия (кг)	6,61±2,26	8,26±2,16	24,96	<0,002
Шкала баланса Берга	17,91±5,23	23,56±5,52	31,55	<0,001
Тест 6-минутной ходьбы	166,05±12,93	204,94±11,65	23,42	<0,002

Ривермид – на 28,37%; индекс Бартел – на 25,21%; кистевая динамометрия (кг) – на 27,45%, шкала баланса Берга – на 36,86%, тест 6-минутной ходьбы – на 29,59%.

В свою очередь результаты контрольной группы изменились следующим образом: по шкале оценки мышечной силы показатели улучшились на 24,38%; индекс мобильности Ривермид – на 28,54%; индекс Бартел – на 21,74%; кистевая динамометрия (кг) – на 24,96%, шкала баланса Берга – на 31,55%, тест 6-минутной ходьбы – на 23,42%.

Таким образом, по большинству клинических шкал мы видим положительную динамику в процентном соотношении по сравнению с контрольной группой. Это позволяет сделать заключение об эффективном применении ТКМС в комплексной реабилитации пациентов после инсульта [8, 9].

Режим работы ТКМС при постинсультном парезе представляет собой сложную, индивидуализированную стратегию нейромодуляции, основанную на современных представлениях о патофизиологии межполушарных взаимодействий и нейропластичности. Применение протоколов низкочастотной ритмической ТКМС над интактным М1,

высокочастотной ритмической ТКМС над пораженным М1 или их комбинации в строго определенных параметрах интенсивности и локализации в рамках курса из 10 сеансов, синхронизированных с активной моторной тренировкой, демонстрирует потенциал для улучшения восстановления двигательной функции [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом существующие данные свидетельствуют о потенциале ТКМС [12, 13, 14] как патогенетически обоснованного и клинически эффективного инструмента нейромодуляции в комплексной реабилитации пациентов после инсульта. Способность ТКМС целенаправленно корректировать патологическую нейрональную возбудимость и индуцировать пластические изменения в пораженных и интактных нейросетях делает ее перспективным методом для улучшения моторных, когнитивных и речевых исходов [15]. Однако определение оптимальных протоколов и расширение возможностей применения этого метода в неврологии требует проведения дополнительных клинических исследований [16].

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gerrits NJHM, van den Heuvel OA, van der Werf YD. Decreased neural activity and neural connectivity while performing a set-shifting task after inhibiting repetitive transcranial magnetic stimulation on the left dorsal prefrontal cortex. *BMC Neuroscience*. 2015;16:45. DOI: [10.1186/s12868-015-0181-3](https://doi.org/10.1186/s12868-015-0181-3)
- Akhmadeeva LR, Naprienko MV, Valiev VS. Sleep disorders and their complex rehabilitation using transcranial magnetic stimulation in post-stroke rehabilitation: study design. *Medical & pharmaceutical journal "Pulse"*. 2021;5(23):59-63. [Ахмадеева Л.Р., Наприенко М.В., Валиев В.С. Нарушения сна и их комплексная реабилитация с использованием транскраниальной магнитной стимуляции в восстановительном периоде инсульта: дизайн исследования. *Медико-фармацевтический журнал «Пульс»*. 2021;5(23):59-63]. DOI: [10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-5-59-63](https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-5-59-63)
- Hill AT, Rogasch NC, Fitzgerald PB, Hoy KE. TMS-EEG: A window into the neurophysiological effects of transcranial electrical stimulation in non-motor brain regions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016;64:175-184. DOI: [10.1016/j.neubiorev.2016.03.006](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.006)
- Qi Zhang, Peng-Peng Zhu, Lun Yang, Ai-Song Guo. Research hotspots and trends in transcranial magnetic stimulation for cognitive impairment: A bibliometric analysis from 2014 to 2023. *World Journal of Psychiatry*. 2024;14(10):1592-1604. DOI: [10.5498/wjpv.v14.i10.1592](https://doi.org/10.5498/wjpv.v14.i10.1592)
- Lefaucheur JP, Aleman A, Baekenet C, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018). *Clinical Neurophysiology*. 2020;131(2):474-528. DOI: [10.1016/j.clinph.2019.11.002](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002)
- Grefkes C, Nowak DA, Eickhoff SB, et al. Cortical connectivity after subcortical stroke assessed with functional magnetic resonance imaging. *Annals of Neurology*. 2008;63(2):236-46. DOI: [10.1002/ana.21228](https://doi.org/10.1002/ana.21228)
- Kang J-W, Chung H, Kim HC. Correlation of optical coherence tomographic hyperreflective foci with visual outcomes in different patterns of diabetic macular edema. *Retina*. 2016;36(9):1630-9. DOI: [10.1097/IAE.0000000000000995](https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000000995)
- Kumar S, Ferraro M, Nguyen L. TMS assessment of corticospinal tract integrity after stroke: broadening the concept to inform neurorehabilitation prescription. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2024;18:1408818. DOI: [10.3389/fnhum.2024.1408818](https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1408818)
- Oroz R, Kung S, Croarkin PE, Cheung J. Repetitive transcranial magnetic stimulation in stroke rehabilitation: a bibliometric review. *Sleep Science and Practice*. 2021;5:3 DOI: [10.1186/s41606-020-00057-9](https://doi.org/10.1186/s41606-020-00057-9)
- Xin-Yu Li, Rong Hu, Tian-Xiao Lou, Yang Liu, Ling Ding. Global research trends in transcranial magnetic stimulation for stroke (1994-2023): promising, yet requiring further practice. *Frontiers in Neurology*. 2024;15:1424545. DOI: [10.3389/fneur.2024.1424545](https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1424545)
- Nardone R, Höller Y, Brigo F, et al. Transcranial magnetic stimulation and sleep disorders: pathophysiologic insights. *Sleep medicine*. 2013;14(11):1047-58. DOI: [10.1016/j.sleep.2013.04.025](https://doi.org/10.1016/j.sleep.2013.04.025)
- Shim J, Lee S. Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Motor Learning on Motor Function and Grip Force of the Upper Limbs and Activities of Daily Living in Patients with a Subacute Stroke. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(12):6093. DOI: [10.3390/ijerph20126093](https://doi.org/10.3390/ijerph20126093)
- Long H, Wang H, Zhao C, et al. Effects of combining high- and low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on upper limb hemiparesis in the early phase of stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2018;36(1):21-30. DOI: [10.3233/RNN-170733](https://doi.org/10.3233/RNN-170733)
- Chail A, Saini RK, Bhat PS, et al. Transcranial magnetic stimulation: A review of its evolution and current applications. *Industrial Psychiatry Journal*. 2018;27(2):172-180. DOI: [10.4103/ipj.ipj-88-18](https://doi.org/10.4103/ipj.ipj-88-18)
- Hallett M. Transcranial magnetic stimulation: a primer. *Neuron*. 2007;55(2):187-199. DOI: [10.1016/j.neuron.2007.06.026](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.06.026)
- Lefaucheur J-P, André-Obadia N, Antal A, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clinical Neurophysiology*. 2014;125(11):2150-2206. DOI: [10.1016/j.clinph.2014.05.021](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.05.021)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The work was carried out on the initiative of the authors without attracting funding.
Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России (протокол №4 от 03.09.2025).	Ethical Approval Statement. The study was approved by the Local Ethics Committee of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education BSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 03.09.2025, №4.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interests. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the content of this article.
Участие авторов. Ахмадеева Л.Р.: создание концепции, курирование данных, подготовка статьи к публикации. Голдырев Е.О.: проведение исследования, анализ полученных результатов, написание статьи. Валитова К.И.: обзор научной литературы, анализ данных. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Akhmadeeva L.R.: concept creation, data curation, article preparation for publication. Goldyrev E.O.: conducting research, analyzing the results, writing of the article. Valitova K.I.: review of scientific literature, data analysis All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.