

Влияние солнечной активности на частоту острых нарушений мозгового кровообращения: ретроспективный анализ данных скорой помощи

П.В. Толстов^{1, 2}✉, А.Н. Калягин¹, М.Б. Татарина²

¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, г. Иркутск

² Иркутский филиал ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России; Россия, г. Иркутск

РЕЗЮМЕ

Цель. Изучение влияния солнечной активности на возникновение острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК).

Дизайн. Ретроспективное исследование.

Материалы и методы. Проанализирован период с 29 ноября 2006 года по 14 августа 2022 года, или 5 738 дней. Зарегистрированы 157 920 обращений за скорой медицинской помощью (СМП), в том числе 72 119 по поводу ОНМК. Поскольку 11-летний цикл солнечной активности характеризуется периодами максимума и минимума, для оценки его влияния были сформированы две репрезентативные группы. На основе данных о ежедневном количестве солнечных пятен за весь 16-летний период наблюдений (5738 дней) мы выделили группу максимума (730 дней (примерно 2 года) с наибольшим зарегистрированным количеством солнечных пятен) и группу минимума (730 дней с их полным отсутствием). Изучены возрастные категории 25–44 года, 45–54 года, 55 лет и старше.

Результаты. Установлено, что в периоды максимальной солнечной активности медианное суточное количество вызовов СМП с диагнозом ОНМК статистически значимо возрастало (на 100%) по сравнению с таковым в периоды минимума: 12 [9; 15] против 6 [4; 8] ($p < 0,001$). Наиболее уязвимыми оказались пациенты в возрасте 55 лет и старше, при этом у женщин данной возрастной группы количество вызовов статистически значимо превышало аналогичный показатель у мужчин. У мужчин данной возрастной категории медиана вызовов увеличилась с 1 [1; 3] до 3 [2; 5] в день, а у женщин — с 3 [2; 4] до 6 [4; 8]. Это указывает на избирательный характер влияния гелиогеофизических факторов в зависимости от пола и возраста.

Заключение. Показана статистически значимая связь между солнечной активностью и увеличением числа обращений по поводу ОНМК, особенно среди пожилых людей, хотя эффект варьирует в зависимости от пола. Для подтверждения лежащих в основе этой связи патофизиологических механизмов, таких как активация системного воспаления, необходимы дальнейшие исследования с прямым измерением уровней соответствующих биомаркеров.

Ключевые слова: гелиогеофизические факторы, острое нарушение мозгового кровообращения, солнечная активность, скорая помощь, солнечные пятна.

Для цитирования: Толстов П.В., Калягин А.Н., Татарина М.Б. Влияние солнечной активности на частоту острых нарушений мозгового кровообращения: ретроспективный анализ данных скорой помощи. Доктор.Ру. 2025;24(8):44–47. DOI: 10.31550/1727-2378-2025-24-8-44-47

The Influence of Solar Activity on the Incidence of Acute Cerebrovascular Accidents: a Retrospective Analysis of Emergency Medical Services Data

P.V. Tolstov^{1, 2}✉, A.N. Kalyagin¹, M.B. Tatarinova²

¹ Irkutsk State Medical University; Irkutsk, Russian Federation

² Irkutsk branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; Irkutsk, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To study the influence of solar activity on the incidence of acute cerebrovascular accidents (ACVA).

Design. Retrospective study.

Materials and methods. The study analyzed the period from November 29, 2006, to August 14, 2022, encompassing 5,738 days. A total of 157,920 emergency medical services (EMS) calls were recorded, including 72,119 related to ACVA. Since the 11-year solar activity cycle is characterized by periods of maximum and minimum, two representative groups were formed for impact assessment. Based on data on the daily number of sunspots over the entire 16-year observation period (5,738 days), we identified a maximum group (730 days (approximately 2 years) with the highest recorded number of sunspots) and a minimum group (730 days with their complete absence). Age categories of 25–44, 45–54, and 55 years and older were examined.

Results. It was found that during periods of maximum solar activity, the median daily number of EMS calls with an ACVA diagnosis statistically significantly increased (by 100%) compared to that during minimum periods: 12 [9; 15] vs. 6 [4; 8] ($p < 0.001$). The most vulnerable were patients aged 55 years and older, with the number of calls in women of this age group statistically significantly exceeding that in men. In men of this age category, the median of calls increased from 1 [1; 3] to 3 [2; 5] per day, while in women it increased from 3 [2; 4] to 6 [4; 8]. This indicates a selective nature of the influence of heliogeophysical factors depending on sex.

Conclusion. A statistically significant association between solar activity and an increase in the number of ACVA-related EMS calls was demonstrated, particularly among the elderly, although the effect varied by sex. Further research with direct measurement of relevant biomarker levels (e. g., indicators of systemic inflammation activation) is necessary to confirm the underlying pathophysiological mechanisms of this association.

Keywords: heliogeophysical factors, acute cerebrovascular accident, solar activity, emergency medical services, sunspots.

For citation: Tolstov P.V., Kalyagin A.N., Tatarinova M.B. The influence of solar activity on the incidence of acute cerebrovascular accidents: a retrospective analysis of emergency medical services data. Doctor.Ru. 2025;24(8):44–47. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2025-24-8-44-47

✉ Толстов Пётр Валерьевич / Tolstov, P.V. — E-mail: petr.tolstov.1996@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека является предметом активных междисциплинарных исследований. Несмотря на множество накопленных данных, патогенетические механизмы, лежащие в основе связи солнечной и геомагнитной активности с состоянием сердечно-сосудистой и нервной системы, требуют дальнейшего изучения. Современные эпидемиологические исследования демонстрируют устойчивые ассоциации между уровнями солнечной активности и частотой неблагоприятных исходов сердечно-сосудистых заболеваний [1]. В частности, установлено, что воздействие повышенных значений геомагнитного индекса, характеризующего геомагнитную активность, ассоциировано с ростом общей неслучайной смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний в регионах Восточного Средиземноморья и Ближнего Востока [2].

Патогенетические основы данного феномена, по-видимому, связаны с активацией системного воспаления и эндотелиальной дисфункцией. Экспериментальные и клинические данные подтверждают, что солнечная активность и геомагнитные возмущения приводят к значимому повышению уровней растворимых молекул клеточной адгезии (sICAM-1, sVCAM-1), С-реактивного белка и фибриногена, что указывает на провоспалительный и протромботический сдвиг в организме [3]. Эти изменения могут служить ключевым звеном в цепи событий, ведущих к острым цереброваскулярным и коронарным катастрофам.

Крупномасштабные популяционные исследования в Европе и Австралии выявили, что геомагнитные бури связаны с 19% увеличением риска развития острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) [4].

Действие солнечной активности может иметь нозологическую и временную специфичность. Как показали исследования, солнечные события в большей степени влияют на неврологическую патологию, в то время как на сердечно-сосудистую систему наибольшее воздействие оказывают дневные солнечные вспышки, модулирующие суточную смертность [5]. Кроме того, выявлены циклические закономерности: вариации смертности от ОНМК достоверно повторяют паттерны солнечных пятен с выделением неантропогенного цикла продолжительностью 6,8 дня [6].

Влияние солнечной активности приобретает особую актуальность в контексте цереброваскулярной патологии. Многочисленные данные убедительно свидетельствуют, что случаи ОНМК устойчиво коррелируют с повышенной солнечной активностью, индикатором которой выступает количество солнечных пятен [6, 7]. При этом медико-социальная значимость ОНМК остается чрезвычайно высокой, несмотря на определенные успехи в их профилактике и лечении в отдельных странах. Так, в США смертность от ОНМК снижается, ОНМК занимает пятое место среди всех причин смерти [8]. Однако в Китае ОНМК — это основная причина смерти и инвалидности [9].

В России, согласно данным С.С. Меметова и соавт., последствия перенесенного ОНМК остаются крайне тяжелыми: треть пациентов имеют высокую группу инвалидности, а реабилитационная помощь на этапах стационара и поликлиники недостаточно эффективна [10].

Таким образом, несмотря на растущее количество фактов, подтверждающих значимое воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека, многие аспекты остаются недостаточно изученными.

Цель настоящего исследования — изучение влияния солнечной активности на возникновение ОНМК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в городе Иркутске с населением более 600 000 человек¹. Для анализа избран продолжительный период с 29 ноября 2006 года по 14 августа 2022 года, или 5 738 дней. Использована база данных Иркутской городской станции скорой медицинской помощи (СМП), включавшая 157 920 ежедневных вызовов СМП, в том числе 72 119 обращений по поводу ОНМК, а также иных острых сердечно-сосудистых событий и состояний. Данные о количестве солнечных пятен получены из World Data Center — Sunspot Index and Long-term Solar Observations (Королевская обсерватория Бельгии, Брюссель)².

Известно, что в цикле солнечной активности существуют периоды максимума и минимума, которые в среднем длятся 2 года. С учетом этой периодичности нами сформированы две группы. Группы состояли не из последовательных календарных лет, а из отдельных дней, отобранных из всего 16-летнего периода наблюдений по критерию экстремальных значений солнечной активности: 1-я группа (максимум) — 730 дней с самым высоким зарегистрированным количеством солнечных пятен; 2-я группа (минимум) — 730 дней с абсолютным отсутствием солнечных пятен. Таким образом, количество дней (730) было задано априори для обеспечения сопоставимости групп, а их отбор проводился по строгому ранжированию всех дней наблюдения по уровню солнечной активности.

За образец возрастных категорий взяты данные исследования Всемирной организации здравоохранения MONICA (Мониторирование тенденций заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и факторов, их определяющих), а именно 25–44 года, 45–54 года, 55 лет и старше [11].

Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS 10. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро — Уилка. Количественные данные описаны в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1; Q3). Две группы сравнивали по количественному показателю с применением U-критерия Манна — Уитни. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с применением критерия Краскела — Уоллиса, апостериорные сравнения — при помощи критерия Данна с поправкой Холма. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез — $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами проанализировано число вызовов СМП по поводу ОНМК, стратифицированных по полу и возрасту пациентов, в зависимости от дней с минимальным и максимальным количеством солнечных пятен. Выявлена выраженная зависимость от уровня солнечной активности, оцениваемой по количеству солнечных пятен (табл.). Во всех без исключения группах медианное суточное число вызовов было статистически значимо выше ($p < 0,001$) в дни с максимальной солнечной активностью (1-я группа), чем в дни ее минимума (2-я группа).

Важно отметить, что интерпретация статистической значимости требует учета абсолютных значений. В подгруппах с низкой частотой событий р-значения обусловлены не столько величиной разницы в медианах (0 против 1), сколько высокой стабильностью и однородностью распределения. В группе минимума в большинство дней вызовы не регистрировались (медиана 0), тогда как в группе максимума хотя бы один вызов в день фиксировался существенно чаще. Огромный

¹ Итоги Всероссийской переписи населения 2020 года. URL: <https://38.rosstat.gov.ru/folder/179585> (дата обращения — 12.08.2025).

² World Data Center — Sunspot Index and Long-term Solar Observations (Всемирный центр данных — число солнечных пятен и долгосрочные наблюдения за Солнцем, Королевская обсерватория Бельгии). Ежемесячный отчет о международном числе солнечных пятен, онлайн-каталог количества солнечных пятен. URL: https://sidc.be/SILSO/DATA/SN_d_tot_V2.0.txt (дата обращения — 12.08.2025).

Таблица. Анализ числа вызовов скорой медицинской помощи по поводу острого нарушения мозгового кровообращения, стратифицированных по полу и возрасту пациентов, в зависимости от дней с максимальным (1-я группа) и минимальным (2-я группа) количеством солнечных пятен, Ме [Q1; Q3]

Table. Analysis of the number of emergency medical service calls for acute cerebrovascular accident, stratified by patient sex and age, depending on days with maximum (Group 1) and minimum (Group 2) sunspot count, Med [Q1; Q3]

Пол	Возраст, годы	1-я группа	2-я группа	p
Мужчины	25–44	1 [0; 1]	0 [0; 0]	< 0,001
	45–54	1 [0; 1] *	0 [0; 1]	< 0,001
	55 и старше	3 [2; 5] **, ***, ^	1 [1; 3]	< 0,001
Женщины	25–44	0 [0; 1]	0 [0; 0]	< 0,001
	45–54	1 [0; 1] ****	0 [0; 1]	< 0,001
	55 и старше	6 [4; 8] **, ***	3 [2; 4]	< 0,001
Общая выборка	Все возраста	12 [9; 15]	6 [4; 8]	< 0,001

Примечания.

- Отличия от группы 25–44 года статистически значимы: (*) — $p = 0,002$; (**) — $p < 0,001$; (****) — $p = 0,009$.
- Отличия от группы 45–54 года статистически значимы: (***) — $p < 0,001$.
- Отличие от женщин 55 лет и старше статистически значимо: (^) — $p < 0,001$.

Notes.

- Statistically significant differences vs. group of 25–44-year-olds: (*) — $p = 0.002$; (**) — $p < 0.001$; (****) — $p = 0.009$.
- Statistically significant differences vs. group of 45–54-year-olds: (***) — $p < 0.001$.
- Statistically significant difference vs. female subjects of 55 years old and above: (^) — $p < 0.001$.

объем выборки делает это устойчивое различие статистически значимым, даже если его абсолютная величина мала и не имеет самостоятельного значения.

В связи с этим основной клинический и эпидемиологический интерес представляют группы с высоким абсолютным числом событий. Наиболее заметный абсолютный рост наблюдался у пациентов 55 лет и старше. Так, у мужчин данной возрастной категории медиана вызовов увеличилась с 1 [1; 3] до 3 [2; 5] в день, а у женщин — с 3 [2; 4] до 6 [4; 8]. Эта группа оказалась наиболее уязвимой для воздействия гелиофизических факторов, она внесла наибольший вклад в общую статистику.

Суммарно у мужчин и женщин всех возрастов медианное ежедневное количество вызовов СМП с диагнозом ОНМК в периоды высокой солнечной активности составило 12 [9; 15], что в 2 раза превышает показатель в периоды низкой активности (6 [4; 8]).

Таким образом, можно констатировать увеличение частоты острых цереброваскулярных событий на 100% в период максимума солнечных пятен, что в первую очередь определяется значимым его приростом в группе пациентов 55 лет и старше.

ОБСУЖДЕНИЕ

Интерпретация полученных результатов должна проводиться с учетом ряда ограничений. Ретроспективный дизайн исследования и отсутствие данных об индивидуальных факторах риска пациентов не позволяют однозначно установить причинно-следственную связь солнечной активности с возникновением ОНМК, а также исключить влияние смежных переменных. Кроме того, мы оценивали лишь немедленный эффект, не учитывая возможные отсроченные реакции организма.

Проведенное исследование показало статистически значимое увеличение частоты вызовов СМП по поводу ОНМК в периоды максимальной солнечной активности. Полученные данные согласуются с результатами крупных популяционных исследований, демонстрирующих, что геомагнитные бури ассоциированы с 19% повышением риска развития инсульта [4].

Стоит отметить, что выявленное нами увеличение частоты ОНМК на 100% существенно превышает показатели, приведенные в других исследованиях. Это расхождение может быть объяснено несколькими факторами. Во-первых, мы использовали в качестве метрики количество солнечных пятен, а не геомагнитный индекс. Во-вторых, сравнение групп с максимальным количеством солнечных пятен может давать более выраженный эффект, чем усредненный анализ. В-третьих, могли сыграть роль региональные особенности, такие как географическая широта и состояние магнитосферы в районе Иркутска.

Найденная зависимость, возможно, имеет патофизиологическое обоснование. Полученные нами результаты согласуются с гипотезой, согласно которой солнечная и геомагнитная активность может опосредованно способствовать активации системного воспаления и эндотелиальной дисфункции, о чем свидетельствуют исследования, выявившие повышение уровней маркеров воспаления (например, С-реактивного белка) в периоды высокой солнечной активности [3]. Хотя мы не измеряли содержание этих биомаркеров напрямую, обнаруженные временные связи позволяют предположить наличие подобных патофизиологических механизмов.

Особый интерес представляет выявленная в нашем исследовании половозрастная специфичность эффекта. Наибольшая уязвимость пациентов 55 лет и старше, особенно женщин, обсуждается в литературе. С одной стороны, существуют данные о том, что у пожилых мужчин наиболее выражено повышается артериальное давление в ответ на действие гелиогеофизических факторов [12]. С другой стороны, обнаруженное нами значительное преобладание вызовов СМП у женщин 55 лет и старше может указывать на комплексное взаимодействие солнечной активности с возрастными изменениями гормонального фона и специфическими особенностями сосудистого реагирования. Это подтверждает тезис о неоднозначном и многокомпонентном характере влияния солнечной активности на организм [5].

Найденная нами сильная связь между количеством солнечных пятен и частотой ОНМК дополнительно подтверждается исследованиями, выявившими циклические вариации смертности от инсульта, повторяющие паттерны солнечной активности [6, 7]. Подобная закономерность имеет большое практическое значение для системы здравоохранения. С учетом сохраняющейся высокой медико-социальной значимости инсульта в России, о чем свидетельствуют данные о тяжелой инвалидизации трети пациентов и о недостаточном качестве реабилитационной помощи [10], прогнозирование периодов повышенной нагрузки на службу СМП становится особенно актуальным. Количество солнечных пятен, как показали наши

результаты, может служить простым и доступным маркером для такого прогнозирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружена статистически значимая связь между солнечной активностью и увеличением числа обращений по поводу ОНМК, особенно среди пожилых людей, хотя эффект варьирует в зависимости от пола и возрастной группы. Для подтверждения лежащих в основе этой связи патофизиологических механизмов, таких как активация системного воспаления, необходимы дальнейшие исследования с прямым измерением уровней соответствующих биомаркеров.

Вклад авторов / Contributions

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Толстов П.В. — разработка концепции статьи, обработка источников литературы, подготовка рукописи, написание текста рукописи; Татаринова М.Б. — проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации; Калягин А.Н. — коррекция дизайна исследования, внесение изменений в обсуждение и заключение, утверждение рукописи.

All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Special contribution: Tolstov, P.V. — development of the article concept, processing of literature sources, manuscript preparation, writing the manuscript text; Tatarinova, M.B. — verification of critically important content, approval of the manuscript for publication; Kalyagin, A.N. — correction of the study design, making revisions to the discussion and conclusion, approval of the manuscript.

Конфликт интересов / Disclosure

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.
The authors declare no conflict of interest.

Финансирование / Funding source

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.
The authors declare that there was no external funding.

Об авторах / About the authors

Толстов Пётр Валерьевич / Tolstov, P.V. — аспирант ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России; врач-терапевт ИФ ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 4804-7093. <http://orcid.org/0000-0002-6880-7279>. E-mail: petr.tolstov.1996@mail.ru

Калягин Алексей Николаевич / Kalyagin, A.N. — д. м. н., профессор, проректор по лечебной работе и последипломному образованию, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 6737-0285. <http://orcid.org/0000-0002-2708-3972>. E-mail: akalagin@mail.ru

Татаринова Маргарита Борисовна / Tatarinova, M.B. — к. м. н., врач-невролог ИФ ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России. eLIBRARY.RU SPIN: 5804-5633. <http://orcid.org/0000-0003-0922-6746>. E-mail: tatarinowa.margarita@yandex.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Толстов П.В., Калягин А.Н., Татаринова М.Б. Влияние гелиогеофизических и природно-климатических факторов на развитие острого нарушения мозгового кровообращения. *Доктор.Ру*. 2025;24(6):79–84. Tolstov P.V., Kalyagin A.N., Tatarinova M.B. The influence of heliogeophysical and natural and climatic factors on the development of acute cerebral circulatory disorders. *Doctor.Ru*. 2025;24(6):79–84. (in Russian). DOI: 10.31550/1727-2378-2025-24-6-79-84
2. Wissoker M., Vieira C.Z., Achilles S., Alahmad B. et al. Solar activity and mortality: a meta-analysis of six cities in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Atmospher. Environ.: X*. 2025;27:100352. DOI: 10.1016/j.aea.2025.100352
3. Schiff J.E., Vieira C.L., Garshick E., Wang V. et al. The role of solar and geomagnetic activity in endothelial activation and inflammation in the NAS cohort. *PLoS One*. 2022;17(7):e0268700. DOI: 10.1371/journal.pone.0268700
4. Feigin V.L., Parmar P.G., Barker-Collo S., Bennett D.A. et al. Geomagnetic storms can trigger stroke: evidence from 6 large population-based studies in Europe and Australasia. *Stroke*. 2014;45(6):1639–45 DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.004577
5. Podolska K. Changes of circulatory and nervous diseases mortality patterns during periods of exceptional solar events. *Atmosphere*. 2021;12(2):203. DOI: 10.3390/atmos12020203
6. Geronikolou S., Leontitis A., Petropoulos V., Davos C. et al. Cyclic stroke mortality variations follow sunspot patterns. *F1000Res*. 2020;9:1088. DOI: 10.12688/f1000research.24794.2
7. Geronikolou S., Zimeras S., Tsitomenas S., Cokkinos D. et al. Total solar irradiance and stroke mortality by neural networks modelling. *Atmosphere*. 2023;14(1):114. DOI: 10.3390/atmos14010114
8. Herpich F., Rincon F. Management of acute ischemic stroke. *Crit. Care Med*. 2020;48(11):1654–63. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004597
9. Tu W.J., Wang L.D. China stroke surveillance report 2021. *Military Med. Res*. 2023;10(1):33. DOI: 10.1186/s40779-023-00463-x
10. Меметов С.С., Сафроненко В.А., Захарченко Ю.И., Даниленко Л.П. и др. Некоторые проблемные вопросы реабилитации пациентов с последствиями инсульта на современном этапе. *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(3):115–20. Memetov S.S., Safronenko V.A., Zakharchenko Yu.I., Danilenko L.P. et al. Some problematic issues of rehabilitation of patients with the stroke consequences at the present stage. *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(3):115–20. (in Russian). DOI: 10.29413/ABS.2023-8.3.12
11. Danet S., Richard F., Montaye M., Beauchant S. et al. Unhealthy effects of atmospheric temperature and pressure on the occurrence of myocardial infarction and coronary deaths: a 10-year survey: the Lille-World Health Organization MONICA project (Monitoring trends and determinants in cardiovascular disease). *Circulation*. 1999;100(1):e1–7. DOI: 10.1161/01.CIR.100.1.e1
12. Wang V.A., Zilli Vieira C.L., Garshick E., Schwartz J.D. et al. Solar activity is associated with diastolic and systolic blood pressure in elderly adults. *J. Am. Heart Assoc*. 2021;10(21):e021006. DOI: 10.1161/JAHA.120.021006

Поступила / Received: 18.02.2025

Принята к публикации / Accepted: 14.04.2025