

DOI: <https://doi.org/10.17816/CS691745>

EDN: HERPXH



Влияние интервальных гипокси-гипероксических тренировок на переносимость физической нагрузки, когнитивные функции и артериальную жёсткость сосудов у пожилых пациентов с инфарктом миокарда и хронической сердечной недостаточностью

А.В. Андреева¹, Ю.А. Андреева², С.С. Якушин², Н.П. Лямина³¹ Областной клинический кардиологический диспансер, Рязань, Россия;² Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия;³ Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Несмотря на успехи в лечении инфаркта миокарда, он остаётся одной из основных причин развития сердечной недостаточности. Кардиологическая реабилитация нацелена на минимизацию времени восстановления физической, социальной и психологической работоспособности после сердечного события. Одним из перспективных методов реабилитации пациентов, перенёвших инфаркт миокарда, является применение интервальных гипокси-гипероксических тренировок (ИГГТ).

Цель — оценка влияния применения ИГГТ в дополнение к стандартной программе реабилитации на толерантность к физической нагрузке, концентрацию NT-proBNP, показатели жёсткости сосудистой стенки артерий и когнитивные функции пациентов пожилого возраста с инфарктом миокарда на 2-м стационарном этапе и хронической сердечной недостаточностью

Методы. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное контролируемое простое слепое исследование в параллельных группах. В исследование включено 102 пациента, рандомизированных на две группы: основная группа ($n=51$) получала стандартную реабилитацию в сочетании с ИГГТ на аппарате ReOxy; группа контроля ($n=51$) получала только стандартную реабилитацию. Курс ИГГТ состоял из 10 ежедневных сеансов (5 сеансов в неделю в течение 2 недель) продолжительностью 40 минут каждый. Первичной конечной точкой было изменение дистанции в тесте шестиминутной ходьбы, вторичными конечными точками — изменение концентрации NT-proBNP, когнитивных функций по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA) и жёсткости артерий, оцениваемой по сердечно-лодыжечному сосудистому индексу (CAVI) с помощью системы VaSera VS-1500N. Статистический анализ проводился с использованием программы GraphPad Prism 8.

Результаты. Группы были сопоставимы по клиническим и демографическим характеристикам на момент начала исследования ($p > 0,05$). Добавление ИГГТ к программе реабилитации привело к достоверно большему приросту дистанции в тесте шестиминутной ходьбы по сравнению с группой только стандартной реабилитации (51,0 [33,0; 86,0] м против 30,0 [22,5; 56,0] м, $p=0,0001$), а также большей степени снижения NT-proBNP (250,7 [115,7; 564,1] против 192,9 [109,45; 290,5], $p=0,0243$). В группе ИГГТ также наблюдалось более выраженное улучшение показателей когнитивных функций по шкале MoCA (3,0 [2,0; 4,5] балла против 2,0 [1,0; 3,0] балла, $p=0,0005$). В группе ИГГТ отмечена тенденция снижения правого сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (R-CAVI) по сравнению с контрольной группой ($\Delta -0,5$ [0,0; 1,1] против $\Delta -0,2$ [0,0; 0,7], $p=0,05$). Достоверных межгрупповых различий в показателях левого CAVI (L-CAVI) и лодыжечно-плечевого индекса не выявлено.

Заключение. Добавление ИГГТ к стандартной программе реабилитации пациентов с инфарктом миокарда и сердечной недостаточностью улучшает переносимость физических нагрузок и когнитивные функции.

Ключевые слова: инфаркт миокарда; хроническая сердечная недостаточность; интервальные гипокси-гипероксические тренировки; кардиореабилитация; тест шестиминутной ходьбы; когнитивные функции; жёсткость артерий; сердечно-лодыжечный сосудистый индекс.

Как цитировать:

Андреева А.В., Андреева Ю.А., Якушин С.С., Лямина Н.П. Влияние интервальных гипокси-гипероксических тренировок на переносимость физической нагрузки, когнитивные функции и артериальную жёсткость сосудов у пожилых пациентов с инфарктом миокарда и хронической сердечной недостаточностью // CardioСоматика. 2025. Т. 16, № 4. С. 298–307. DOI: 10.17816/CS691745 EDN: HERPXH

Рукопись получена: 01.10.2025

Рукопись одобрена: 24.12.2025

Опубликована online: 26.12.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/CS691745>

EDN: HERPXH

Effects of Intermittent Hypoxic–Hyperoxic Training on Exercise Tolerance, Cognitive Function, and Arterial Stiffness in Older Patients With Myocardial Infarction and Chronic Heart Failure

Anna V. Andreeva¹, Yulia A. Andreeva², Sergey S. Yakushin², Nadezhda P. Lyamina³¹ Regional Clinical Cardiology Dispensary, Ryazan, Russia;² Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia;³ Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Despite advances in the treatment of myocardial infarction, it remains one of the leading causes of the development of heart failure. Cardiac rehabilitation is aimed at minimizing the time required for recovery of physical, social, and psychological functioning after a cardiac event. One of the promising rehabilitation strategies for patients after myocardial infarction is the use of intermittent hypoxic–hyperoxic training (IHHT).

AIM: To evaluate the effect of IHHT, added to a standard rehabilitation program, on exercise tolerance, NT-proBNP levels, arterial stiffness parameters, and cognitive function in older patients with myocardial infarction at the second inpatient stage of rehabilitation and chronic heart failure.

METHODS: A single-center, prospective, randomized, controlled, single-blind study with parallel groups was conducted. A total of 102 patients were enrolled and randomized into two groups: the main group ($n = 51$) received standard rehabilitation combined with IHHT using the ReOxy device, whereas the control group ($n = 51$) received standard rehabilitation only. The IHHT course consisted of 10 daily sessions (5 sessions per week for 2 weeks), each lasting 40 minutes. The primary endpoint was the change in six-minute walk test distance. Secondary endpoints included changes in NT-proBNP concentration, cognitive function assessed using the Montreal Cognitive Assessment (MoCA), and arterial stiffness evaluated by the cardio-ankle vascular index (CAVI) using the VaSera VS-1500N system. Statistical analysis was performed using GraphPad Prism 8.

RESULTS: The groups were comparable in baseline clinical and demographic characteristics ($p > 0.05$). The addition of IHHT to the rehabilitation program resulted in a significantly greater increase in six-minute walk distance compared with standard rehabilitation alone (51.0 [33.0; 86.0] m vs 30.0 [22.5; 56.0] m, $p = 0.0001$), as well as a greater reduction in NT-proBNP levels (250.7 [115.7; 564.1] vs 192.9 [109.45; 290.5], $p = 0.0243$). The IHHT group also demonstrated a more pronounced improvement in cognitive function according to the MoCA score (3.0 [2.0; 4.5] points vs 2.0 [1.0; 3.0] points, $p = 0.0005$). A trend toward a greater reduction in the right cardio-ankle vascular index (R-CAVI) was observed in the IHHT group compared with controls ($\Delta -0.5$ [0.0; 1.1] vs $\Delta -0.2$ [0.0; 0.7], $p = 0.05$). No significant between-group differences were found for left CAVI (L-CAVI) or ankle–brachial index.

CONCLUSION: The addition of IHHT to standard rehabilitation in patients with myocardial infarction and chronic heart failure improves exercise tolerance and cognitive function.

Keywords: myocardial infarction; chronic heart failure; intermittent hypoxic–hyperoxic training; cardiac rehabilitation; six-minute walk test; cognitive function; arterial stiffness; cardio-ankle vascular index.

To cite this article:

Andreeva AV, Andreeva YuA, Yakushin SS, Lyamina NP. Effects of Intermittent Hypoxic–Hyperoxic Training on Exercise Tolerance, Cognitive Function, and Arterial Stiffness in Older Patients With Myocardial Infarction and Chronic Heart Failure. *CardioSomatics*. 2025;16(4):298–307. DOI: 10.17816/CS691745
EDN: HERPXH

ОБОСНОВАНИЕ

Несмотря на успехи в лечении инфаркта миокарда (ИМ), он всё ещё остаётся одной из основных причин развития сердечной недостаточности. Это, в свою очередь, приводит к снижению качества жизни из-за невозможности выполнять физическую активность при появлении таких симптомов, как одышка, усталость и утомляемость [1]. У значительной доли пациентов после ИМ наблюдаются когнитивные нарушения: в систематическом обзоре E. Zhao и соавт. [2] частота развития сосудистых когнитивных расстройств после ИМ варьировала от 9% до 85% по результатам 9 исследований и до 50% у пациентов после хирургического шунтирования [3, 4]. Кроме того, показано, что у пожилых людей с ИМ наблюдается высокая распространённость недиагностированных когнитивных нарушений [5].

Среди различных стратегий вмешательства многие авторы фокусируются на контроле факторов риска [6], а другие исследования направлены на анализ восстановления физической активности посредством программ кардиореабилитации [7]. Кардиологическая реабилитация основана на мерах, разработанных для того, чтобы помочь пациентам минимизировать время восстановления после сердечного события и максимизировать физическую, социальную и психологическую работоспособность [8]. Использование физических факторов в комплексном лечении больных с различными сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями положительно влияет на динамику заболеваний, быстрее и эффективнее улучшает состояние и функциональные показатели больных, что выражается в стабилизации клинических проявлений, нормализации артериального давления и может быть рекомендовано для применения в клинической практике [9, 10].

Одним из возможных перспективных способов реабилитации пациентов, перенёсших ИМ, является применение интервальных гипокси-гипероксических тренировок (ИГТТ). ИГТТ — неинвазивный метод, основанный на повторяющихся кратковременных воздействиях газовой смеси с дефицитом кислорода (до 14–10% O₂) в покое, чередующихся с интервалами воздействия гипероксической (30–35% O₂) газовой смеси [11]. Механизм положительного влияния ИГТТ заключается в оптимизации митохондриального метаболизма, антиоксидантном действии, эндотелиопротекции и стимуляции неоваскулогенеза [12].

Эффективность гипоксических тренировок в условиях нормобарической гипоксии была подтверждена в клинических исследованиях у пациентов с избыточной массой тела [13, 14], гериатрических и малоподвижных пациентов [15, 16] и у пациентов с ишемической болезнью сердца [17].

Однако работ, которые касаются изучения эффективности метода ИГТТ при ИМ в раннем периоде и хронической сердечной недостаточности (ХСН), тем более в пожилом возрасте, в доступной литературе нами не обнаружено. Тем более отсутствуют работы, посвящённые изучению механизмов действия гипокси-гипероксии

на артериальную жёсткость (ранний маркёр прогрессирования атеросклеротических изменений и сердечно-сосудистых заболеваний), концентрацию N-концевого прогормона мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP, маркёр тяжести и прогноза сердечной недостаточности) и когнитивные функции пациентов данной категории.

ЦЕЛЬ

Оценка влияния применения ИГТТ в дополнение к стандартной программе реабилитации на толерантность к физической нагрузке, концентрацию NT-proBNP, показатели жёсткости сосудистой стенки артерий и когнитивные функции пациентов пожилого возраста с ИМ на 2-м стационарном этапе и ХСН.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Одноцентровое проспективное рандомизированное контролируемое простое клиническое исследование в параллельных группах.

Процедура рандомизации

Всего было включено 102 пациента, которые были рандомизированы случайным образом методом жеребьёвки на две группы.

- Первая (опытная) группа ($n=51$) включала пациентов, которые в дополнение к стандартной реабилитации получали терапию ReOxy.
- Вторая (контрольная) группа ($n=51$) была представлена пациентами, получавшими только стандартную терапию.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (выписка № 3 от 11.11.2024).

Условия проведения и продолжительность исследования

Исследование выполнено на базе Государственного бюджетного учреждения Рязанской области «Областной клинический кардиологический диспансер» в стационарном отделении медицинской реабилитации взрослых для пациентов с соматическими заболеваниями с ноября 2024 г. по июнь 2025 г. и включало пациентов, которые проходили реабилитацию по поводу ИМ.

Продолжительность ИГТТ: 5 ежедневных сеансов реоксигенации в неделю, в течение 2 недель, в сумме — 10 процедур. Длительность одной процедуры составляла 40 минут.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- пациенты после ИМ первого типа по универсальному определению ИМ [18] в подостром периоде заболевания на 10–14-й день от индексной госпитализации с полной или частичной реваскуляризацией миокарда после чрескожного коронарного вмешательства;
- наличие признаков и симптомов ХСН I стадии и II–III функциональных классов (ФК);
- фракция выброса левого желудочка $\geq 40\%$;
- подписанное информированное согласие пациента на участие в клиническом исследовании;
- возраст от 60 до 74 лет.

Критерии не включения:

- фракция выброса левого желудочка $< 40\%$;
- клиническая картина стенокардии в раннем постинфарктном периоде;
- ХСН IV ФК;
- нарушения сердечного ритма в постинфарктном периоде: желудочковая экстрасистолия IVA градации и выше; пароксизмальная фибрилляция предсердий;
- нарушения проводимости: синоатриальная и атриоventрикулярная блокады II–III степени (кроме пациентов с имплантированными кардиостимуляторами);
- артериальная гипертензия с нецелевым уровнем систолического артериального давления (САД) > 160 мм рт. ст. и диастолического артериального давления (ДАД) > 100 мм рт. ст.;
- синкопальные состояния;
- острый перикардит или миокардит;
- неконтролируемый сахарный диабет;
- острое нарушение мозгового кровообращения или транзиторная ишемическая атака (в сроки до 3 мес.);
- острое инфекционное заболевание (в том числе и вирусные инфекции);
- тяжёлые сопутствующие заболевания, препятствующие выполнению нагрузочного теста и физических тренировок (хроническая обструктивная болезнь лёгких тяжёлой степени, острые воспалительные заболевания, патология опорно-двигательного аппарата и мышечной системы, резидуальные явления после перенесённого острого нарушения мозгового кровообращения и пр.);
- сочетание ишемической болезни сердца и клапанных пороков сердца, наличие аневризмы ЛЖ;
- тромбофлебиты и варикозная болезнь вен нижних конечностей с хронической венозной недостаточностью III–IV степени;
- атеросклероз артерий нижних конечностей с хронической ишемией нижних конечностей выше IIA стадии;
- аневризмы и диссекция аорты;
- декомпенсация ХСН;

- гемодинамически значимые стенозы экстракраниальных артерий;
- количество баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA) не менее 20.

Первичной конечной точкой являлось изменение состояния в тесте 6-минутной ходьбы (ТШХ). Дополнительно у пациентов анализировались уровень когнитивных способностей и жёсткость сосудистой стенки.

Описание медицинского вмешательства

Для проведения ИГТТ пациенту через ротоносовую маску подаётся в интервальном режиме азотно-кислородная газовая смесь с изменяющимся (от 10% до 40%) содержанием кислорода. Нежелательно опускать концентрацию кислорода в дыхательной смеси ниже 11%, так как это может привести к недостаточному насыщению артериальной крови кислородом, что опасно для пациента, так как выраженная гипоксия обладает неблагоприятными эффектами. Данный диапазон концентрации рассчитывается индивидуально для каждого пациента в зависимости от уровня концентрации O_2 , необходимого для достижения минимального SpO_2 , зафиксированного во время гипоксического теста (нижняя граница), и в зависимости от того, на какой концентрации O_2 будут достигнуты исходные значения SpO_2 и частоты сердечных сокращений (ЧСС, верхняя граница). Подача гипоксической смеси чередуется с подачей оксигенированной газовой смеси. Таким образом, один цикл процедуры состоит из десатурации и оксигенации, длительность которых устанавливается индивидуально для каждого пациента на основании времени, необходимого для десатурации от исходного SpO_2 до минимального уровня, и времени, необходимого для восстановления до исходного SpO_2 . Число циклов в одной процедуре — 5–8, а продолжительность тренировки — от 20 до 40 мин.

Перед первой процедурой проводилась оценка способности организма адаптироваться к состоянию гипоксии путём проведения гипоксического модифицированного теста (ГТ-М).

ГТ-М — функциональный двухфазный нагрузочный тест на основе кратковременного вдыхания через лицевую маску нормобарической изокапнической азотно-кислородной газовой смеси с изменяющимся (от 10% до 40%) содержанием кислорода для оценки индивидуальной реакции организма на гипоксическое воздействие (фаза десатурации) и особенностей восстановления в фазу реоксигенации.

Методы регистрации исходов

ТШХ проводили классическим методом.

В сыворотке крови у всех пациентов анализировали концентрацию NT-proBNP методом иммуноферментного анализа (ВекторБест, Россия).

Когнитивные функции пациентов оценивали с помощью Монреальской когнитивной шкалы, MoCA, разработанной для оценки лёгких нарушений [19].

Измерение жёсткости артерий проводилось неинвазивно с помощью сфигмометрии — системы скрининга сосудов VaSera VS-1500N (Fukuda Denshi Co., Япония), выполняющей анализ сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (CAVI, cardio-ankle vascular index) и лодыжечно-плечевого индекса (ABI, ankle-brachial index).

Данный метод был выбран с учётом результатов недавних исследований, показавших значимую связь между параметрами CAVI и прогрессированием ишемической болезни сердца как предиктора сердечно-сосудистых событий и степени стеноза коронарных артерий. Повышенные значения CAVI, особенно равные или превышающие 9,0, были признаны оптимальным пороговым значением для прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний [20]. Кроме того, повышенный CAVI связан с прогрессированием тяжести ишемической болезни сердца [21, 22].

Исследование проводилось после того, как пациент находился в состоянии покоя не менее 5 мин, в положении лёжа. На верхние и нижние конечности (обе руки и обе ноги) врач-исследователь устанавливал манжеты: для измерения артериального давления на четырёх конечностях, а также скорости распространения пульсовой волны от аортального клапана до артерий правой и левой голени с помощью плетизмографии [23, 24]. На первом этапе происходило одновременное нагнетание давления в манжетах на всех 4 конечностях до 50 мм рт. ст., затем полный спуск и поочерёдное нагнетание давления манжет слева, а затем справа до 180 мм рт. ст.

Исследование проводилось в среднем в течение 10–15 минут, а сама процедура измерения длилась около 5 минут. Определяемые индексы были рассчитаны справа и слева: R-CAVI (right-CAVI — между аортальным клапаном и правой лодыжечной артерией) и L-CAVI (left-CAVI — между аортальным клапаном и левой лодыжечной артерией) [25]. Кроме того, рассчитывали ABI, который отражает отношение систолического давления в верхней части руки (на плече) к давлению в нижней части ноги (на голени) [26]. Индекс рассчитывался автоматически на левой и правой ноге (L-ABI и R-ABI соответственно).

ИГГТ проводились с помощью аппарата дыхательной терапии ReOxy (AI Mediq S.A., Люксембург). Пациенту через ротоносовую маску подавалась в интервальном (прерывистом) режиме азотно-кислородная газовая смесь с изменяющимся (10–40 об. %) содержанием кислорода. Подача гипоксической смеси (гипоксическая нагрузка) чередовалась с подачей оксигенированной газовой смеси (восстановление). Таким образом, один цикл процедуры состоял из «гипоксического» и оксигенированного интервалов, длительность которых устанавливалась индивидуально для каждого пациента от 1 до 6 минут. Среднее число циклов в одной процедуре — 5–8. Все исследованные параметры изучались у пациентов дважды: до и после окончания цикла реабилитации.

Статистический анализ

Полученные результаты обрабатывали с помощью программы GraphPad Prism 8 (GraphPad Software, Inc., США). Характер распределения полученных данных оценивали по критерию Шапиро–Уилка. Поскольку данные в большинстве случаев имели ненормальное распределение, для оценки статистической значимости различий использовали критерий Манна–Уитни при анализе несвязанных выборок (сравнение между группами) или критерий Вилкоксона при анализе связанных выборок (сравнение внутри групп). Данные в таблицах представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей. Сравнение частотных показателей осуществляли с помощью точного критерия Фишера.

Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники (объекты) исследования

Медиана возраста пациентов первой группы (получавших комбинированную программу реабилитации с включением ИГГТ) составила 67,0 (63,0; 71,0) года, пациентов второй группы (стандартная реабилитация) — 65,0 (63,0; 68,5) года; $p=0,12$ (табл. 1). По половому составу (соотношение мужчин и женщин), индексу массы тела, окружности талии, частоте Q-позитивного (+) и Q-негативного (–) ИМ, полной и частичной реваскуляризации пациенты обеих групп были сопоставимы ($p > 0,05$). САД, ДАД и ЧСС у пациентов двух групп до начала реабилитации не различались (см. табл. 1).

Аналогичным образом не было выявлено достоверных различий между группами по частоте основных сопутствующих заболеваний (гипертоническая болезнь, фибрилляция предсердий, сахарный диабет 2-го типа, ожирение, хроническая ишемия головного мозга, острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе).

Все пациенты в группах получали оптимальную медикаментозную терапию согласно клиническим рекомендациям, подобранную на госпитальном этапе и сопоставимую между группами по частоте назначения и средним суточным дозам препаратов: ацетилсалициловая кислота, тикагрелор/клопидогрел, статины, β -адреноблокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, сартаны, диуретики, антагонисты минералокортикоидных рецепторов, ингибиторы SGLT2, антикоагулянты (при фибрилляции предсердий).

Основные результаты исследования

Добавление в программу реабилитации ИГГТ статистически значимо не повлияло на показатели САД и ДАД, однако вызывало тенденцию в снижении ЧСС по сравнению с пациентами с классической программой реабилитации (дельта снижения ЧСС — 8 против 6 в минуту, $p=0,06$) (см. табл. 1).

Таблица 1. Клиническая и демографическая характеристика пациентов
Table 1. Clinical and demographic characteristics of the patients

Показатель	Стандартная реабилитация + ИГГТ	Стандартная реабилитация	<i>p</i>
Возраст, лет	67,0 (63,0; 71,0)	65,0 (63,0; 68,5)	0,12
Пол, м/ж (%)	30/21 (58,8% / 41,2%)	36/15 (70,6% / 29,4%)	0,3
ИМТ, кг/м ²	30,0 (25,6; 32,3)	28,23 (25,9; 31,5)	0,22
Окружность талии, см	101,0 (94,5; 108,5)	102,0 (96,0; 109,5)	0,185
Q+/Q– ИМ (%)	44/7 (86,3% / 13,7%)	37/14 (72,5% / 27,5%)	0,14
Реваскуляризация полная/частичная (%)	28/23 (54,9% / 45,1%)	28/23 (54,9% / 45,1%)	1,0
ФК ХСН	2,0 (2,0; 2,0)	2,0 (2,0; 2,0)	0,38
ФВ сохранённая/умеренно сниженная	7/44	15/36	0,091
САД, мм рт. ст., до	140,0 (130,0; 150,0)	135,0 (125,0; 150,0)	0,336
САД, мм рт. ст., после	120,0 (120,0; 130,0)	120,0 (120,0; 125,0)	0,244
Дельта САД, мм рт. ст.	20,0 (10,0; 20,0)	15,0 (5,0; 25,0)	0,396
ДАД, мм рт. ст., до	80,0 (80,0; 90,0)	80,0 (80,0; 90,0)	0,229
ДАД, мм рт. ст., после	70,0 (70,0; 80,0)	70,0 (70,0; 80,0)	0,252
Дельта ДАД, мм рт. ст.	10,0 (2,5; 12,5)	10,0 (0,0; 10,0)	0,377
ЧСС, уд/мин, до	78,0 (70,0; 80,0)	78,0 (70,0; 80,0)	0,361
ЧСС, уд/мин, после	70,0 (65,00; 72,00)	70,0 (70,0; 72,0)	0,06
Дельта ЧСС, уд/мин	8,0 (4,0; 12,5)	6,0 (2,0; 10,0)	0,06
Гипертоническая болезнь	49 (96,08%)	48 (94,12%)	0,99
Фибрилляция предсердий	8 (15,69%)	10 (19,61%)	0,7957
Ожирение	25 (49,02%)	19 (37,25%)	0,3175
Сахарный диабет	10 (19,61%)	10 (19,61%)	0,99
ХИМ	6 (11,76%)	13 (25,49%)	0,1256
ОНМК	3 (5,88%)	3 (5,88%)	0,99
Аспирин	42 (82,35%)	44 (86,27%)	0,7862
Ингибиторы АДФ-рецепторов тромбоцитов	51 (100,00%)	51 (100,00%)	1,0
Антикоагулянты	9 (17,65%)	10 (19,61%)	>0,9999
Ингибиторы АПФ	33 (64,71%)	39 (76,47%)	0,3753
Блокаторы рецепторов АП II	18 (35,28%)	11 (21,57%)	0,1874
Бета-адреноблокаторы	49 (96,08%)	45 (88,24%)	0,2691
Диуретики	28 (54,90%)	22 (43,14%)	0,3220
Антагонисты минералокортикоидных рецепторов	25 (49,02%)	20 (39,22%)	0,4252
Ингибиторы SGLT2	10 (19,61%)	11 (21,57%)	>0,9999
Статины	50 (98,04%)	50 (98,04%)	1,0

Примечание. ИМТ — индекс массы тела; ФК — функциональный класс; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ФВ — фракция выброса; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ИМТ — индекс массы тела; ИГГТ — интервальная гипоксии-гипероксическая терапия; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ФК — функциональный класс; ФВ — фракция выброса; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ХИМ — хроническая ишемия мозга; АДФ — аденозиндифосфат; АПФ — ангиотензинпревращающий фермент; АП II — ангиотензин II; ингибиторы SGLT2 — блокаторы натрий-глюкозного котранспортёра 2-го типа.

Значения первичной конечной точки, ТШХ, у пациентов двух групп до начала реабилитации статистически значимо между собой не различались ($p > 0,05$). Проведение реабилитации у пациентов двух групп приводило к существенному повышению пройденного расстояния по сравнению с исходными значениями ($p < 0,0001$), однако включение ИГГТ в программу реабилитации вызывало

более выраженный прирост пройденного расстояния, чем у пациентов со стандартной программой 51,0 (33,0; 86,0) м против 30,0 (22,5; 56) м; $p = 0,0001$ (табл. 2).

Концентрация NT-proBNP у пациентов двух групп до начала реабилитации достоверно не различалась ($p > 0,05$). Проведение реабилитации вызывало статистически значимое снижение данного маркера в обеих

Таблица 2. Влияние гипоксических тренировок на функциональное состояние пациентов, их когнитивные функции и жёсткость сосудистой стенки**Table 2.** Effects of hypoxic training on functional status, cognitive function, and arterial stiffness in patients

Показатель	Стандартная реабилитация + ИГГТ	Стандартная реабилитация	<i>p</i>
ТШХ, м, до	403,0 (342,0; 422,0)	401,0 (367,0; 421,0)	0,4278
ТШХ, м, после	445,0 (418,0; 486,5)	433,0 (402,5; 462,5)	0,1086
<i>p</i>	<0,0001	<0,0001	–
Дельта	51,0 (33,0; 86,0)	30,0 (22,5; 56)	0,0001
NT-proBNP, пг/мл, до	551,0 (283,10; 976,65)	659,20 (306,65; 851,50)	0,331
NT-proBNP, пг/мл, после	234,3 (149,65; 442,45)	432,20 (139,55; 721,65)	0,042
<i>p</i>	<0,0001	<0,0001	–
Дельта	250,7 (115,7; 564,1)	192,9 (109,45; 290,5)	0,0243
MoCa, до	24,0 (22,0; 26,0)	25,0 (23,0; 26,0)	0,072
MoCa, после	27,0 (26,0; 28,0)	27,0 (26,0; 28,0)	0,2374
<i>p</i>	<0,0001	<0,0001	–
Дельта	3,0 (2,0; 4,5)	2,0 (1,0; 3,0)	0,0005
R-CAVI, до	10,2 (9,45; 10,9)	10,1 (9,4; 11,05)	0,474
R-CAVI, после	9,7 (9,1; 10,1)	9,7 (9,15; 10,55)	0,1796
<i>p</i>	<0,0001	<0,0001	–
Дельта	0,5 (0,0; 1,1)	0,2 (0,0; 0,7)	0,05
L-CAVI, до	10,2 (9,5; 10,75)	10,0 (9,1; 10,6)	0,1507
L-CAVI, после	9,6 (9,0; 10,15)	9,4 (8,75; 10,0)	0,1298
<i>p</i>	<0,0001	<0,0001	–
Дельта	0,4 (0,05; 1,0)	0,4 (0,0; 0,9)	0,3438
R-ABI, до	1,04 (1,0; 1,09)	1,05 (0,92; 1,12)	0,49
R-ABI, после	1,07 (1,03; 1,12)	1,06 (0,97; 1,12)	0,14
<i>p</i>	0,0084	0,0140	–
Дельта	0,03 (–0,02; 0,06)	0,01 (–0,005; 0,04)	0,29
L-ABI, до	1,06 (0,96; 1,10)	1,05 (0,92; 1,11)	0,29
L-ABI, после	1,06 (1,01; 1,12)	1,08 (0,92; 1,11)	0,33
<i>p</i>	0,3262	0,2044	–
Дельта	0,01 (–0,045; 0,05)	0,01 (–0,045; 0,045)	0,404

Примечание. ИГГТ — интервальная гипокси-гипероксическая терапия, ТШХ — тест шестиминутной ходьбы, MoCa — Монреальская шкала оценки когнитивных функций, R-CAVI — правый сердечно-лодыжечный сосудистый индекс, L-CAVI — левый сердечно-лодыжечный сосудистый индекс, R-ABI — правый лодыжечно-плечевой индекс, L-ABI — левый лодыжечно-плечевой индекс, NT-proBNP — N-концевой прогормон мозгового натрийуретического пептида.

группах, однако в группе пациентов, получавших ИГГТ в дополнение к основной программе, прирост был более выраженный: 250,7 (115,7; 564,1) пг/мл против 192,9 (109,45; 290,5) пг/мл; $p=0,0243$. Это приводило к тому, что к концу реабилитации концентрация NT-proBNP у пациентов первой группы была статистически значимо ниже значений пациентов второй группы, получавших стандартную реабилитацию (см. табл. 2).

Аналогичным образом значения шкалы MoCa, характеризующей когнитивные функции пациентов, до начала реабилитации достоверно не различались между двумя группами ($p > 0,05$). Проведение реабилитации вызвало улучшение когнитивных функций пациентов, но включение ИГГТ в программу реабилитации вызвало более выраженное нарастание балла по данной шкале, чем при классической реабилитации: 3,0 (2,0; 4,5) балла против 2,0 (1,0; 3,0) балла; $p=0,0005$.

Значения R-ABI и L-ABI у пациентов первой и второй группы статистически значимо не различались ни до, ни после реабилитации (см. табл. 2).

R-CAVI при включении ИГГТ в программу реабилитации по окончании имел тенденцию к снижению, в отличие от значений у пациентов второй группы (стандартная программа): 0,5 (0,0; 1,1) против 0,2 (0,0; 0,7); $p=0,05$. Значения L-CAVI достоверно между группами не различались.

Большинство пациентов хорошо переносили процедуры ИГГТ; только у четырнадцати из них (27,5%) во время первых одной–трёх процедур возникали невыраженные ощущения сонливости, нехватки воздуха, головокружение, учащённое сердцебиение и дискомфорт от маски. После дополнительных разъяснений у данных пациентов симптомы полностью исчезли, они продолжили лечение, и все закончили полный курс процедур.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе настоящего исследования оценивалась эффективность включения ИГГТ в программу реабилитации пациентов с ХСН, перенёсших ИМ. Было показано, что добавление гипоксических тренировок приводит к статистически значимому снижению концентрации

NT-proBNP — классического маркера тяжести и прогноза сердечной недостаточности — по сравнению с классической программой реабилитации.

В ходе настоящей работы достоверной разницы между значениями расстояния в ТШХ (первичной конечной точки) получено не было, однако было выявлено статистически значимое более выраженное повышение данного показателя (дельты) при включении ИГГТ в программу реабилитации. Отсутствие достоверности в значениях конечной точки может быть связано с небольшим количеством пациентов, включённых в исследование, ограниченным числом процедур ИГГТ, а также коротким периодом наблюдения.

Статистически значимого влияния ИГГТ на показатели гемодинамики (САД, ДАД и ЧСС в покое) нами не получено, по сравнению с данными метаанализа, включавшего 14 исследований с 320 пациентами с ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, нарушениями сердечного ритма (аритмии), пороками сердца (врождённые пороки сердца) и ХСН из группы интервальной гипоксии-нормоксии или группы ИГГТ и 111 пациентами из контрольной группы, где отмечалось снижение ЧСС (средняя разница — СР — $-5,35$ уд/мин, 95% доверительный интервал — ДИ — от $-9,19$ до $-1,50$, $p=0,006$), САД (СР= $-13,72$ мм рт. ст., 95% ДИ от $-18,31$ до $-9,132$, $p < 0,001$) и ДАД (СР= $-7,88$ мм рт. ст., 95% ДИ от $-13,163$ до $-2,601$, $p=0,003$) в покое после лечения [26]. Поскольку влияние ИГГТ имеет накопительный эффект, полученные нами данные можно объяснить коротким курсом ИГГТ (10 процедур), недостаточным для возникновения значимых изменений показателей гемодинамики.

Схожее влияние ИГГТ, как и в нашей работе, было отмечено в исследовании И.М. Карамовой и соавт., где у пациентов с ишемической болезнью сердца как со стабильной (III ФК), так и с нестабильной стенокардией было показано, что ИГГТ на фоне уменьшения количества приступов стенокардии приводили к достоверному повышению толерантности к физической нагрузке в обеих группах. Оценка проводилась также методом ТШХ: прирост пройденной дистанции у пациентов с нестабильной стенокардией составил 26,4% (до гипокситерапии — 327 ± 17 м, после неё — 417 ± 25 м; $p < 0,05$), тогда как у пациентов со стабильной стенокардией эта величина возросла на 45,6% (до гипоксических тренировок 321 ± 18 м, после них — 458 ± 22 м; $p < 0,05$) [28].

Полученные в нашем исследовании данные по улучшению когнитивных функций у пациентов с ИМ и ХСН, оцениваемой по шкале MoCA, во многом соответствуют результатам плацебо-контролируемого клинического исследования, включавшего 34 пациента пожилого возраста из дневного гериатрического стационара с гипертонической болезнью, ишемической болезнью сердца, с различными нарушениями сердечного ритма и ХСН, где было показано, что при включении курса ИГГТ в программу реабилитации когнитивные возможности пациентов значимо

улучшились по сравнению с пациентами на стандартной программе: прирост значений в тесте деменции составил +16,7% против +0,39%, $p < 0,001$, в тесте рисования часов — +10,7% против 8%, $p=0,031$. Кроме того, дистанция, пройденная в ТШХ, увеличилась в обеих группах реабилитации, однако достоверно больше в группе ИГГТ: +24,1% против +10,8%, $p=0,021$ [29, 30].

Можно предположить, что выявленное в настоящем исследовании улучшение функционального состояния по ТШХ у больных с ИМ и ХСН при добавлении ИГГТ к стандартной программе реабилитации может быть связано не только с улучшением функционального статуса ХСН, но и с повышением у них когнитивных способностей [31].

В ходе настоящего исследования была выявлена тенденция уменьшения жёсткости сосудистой стенки по данным R-CAVI у пациентов, которым дополнительно в программу реабилитации включали ИГГТ. В то же время в работе А.А. Беставашили было показано, что у 10 пациентов с метаболическим синдромом (6 мужчин и 4 женщины) в возрасте 29–64 лет на фоне снижения массы тела, концентрации общего холестерина ($p < 0,001$), липопротеинов низкой плотности ($p < 0,0001$) и триглицеридов ($p < 0,001$) ИГГТ приводила к уменьшению показателей артериальной жёсткости (индекс аугментации 19 ± 3 до ИГГТ, после — 15 ± 4), что может быть объяснено значительно более молодым возрастом включённых больных [32].

Ограничения исследования

Ограничением исследования стала небольшая выборка, а также короткий период наблюдения за пациентами, связанный с курсовым лечением ИГГТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе исследования было показано, что добавление ИГГТ в реабилитацию пациентов с ИМ и ХСН II–III ФК снижает выраженность симптомов сердечной недостаточности, маркером которых является NT-proBNP, а также увеличивает прирост переносимости физической нагрузки и потенцирует улучшение когнитивных функций.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Андреева А.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, статистическая обработка данных, написание текста статьи; Андреева Ю.А. — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста статьи; Якушин С.С. — определение концепции исследования, редактирование рукописи; Лямина Н.П. — разработка методологии исследования, редактирование рукописи. Все авторы одобрили финальную версию перед публикацией, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный

медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министрства здравоохранения Российской Федерации (выписка № 3 от 11.11.2024).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.V. Andreeva: conceptualization, study design, data curation, formal analysis, statistical analysis, writing—original draft; Yu.A. Andreeva: data curation, formal analysis, writing—original draft;

S.S. Yakushin: conceptualization, writing—review & editing; N.P. Lyamina: methodology, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved. Ethics approval: The study was approved by the Local Ethics Committee of the Ryazan State Medical University (Extract No. 3, dated November 11, 2024).

Ethics approval: The study was reviewed and approved by the Local Ethics Committee of the Ryazan State Medical University (Extract No. 3, November 11, 2024).

Funding sources: None.

Disclosure of interests: The authors declare the absence of relationships, activities and interests (personal, professional or financial) related to third parties (commercial, non-profit, private), whose interests may be affected by the content of the article, as well as other relationships, activities and interests over the past three years, which must be reported.

Statement of originality: In creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement: All data obtained in this study are available in the article.

Generative AI: Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review: This paper was submitted to the journal on an unsolicited basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board, and the scientific editor of the publication participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Valaker I, Norekvål TM, Råholm MB, et al. Continuity of care after percutaneous coronary intervention: The patient's perspective across secondary and primary care settings. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2017;16(5):444–452. doi: 10.1177/1474515116687719 EDN: YHHMXX
- Zhao E, Lowres N, Woolaston A, et al. Prevalence and patterns of cognitive impairment in acute coronary syndrome patients: A systematic review. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;27(3):284–293. doi: 10.1177/2047487319878945 EDN: XOUQPO
- Petrova MM, Leiman AR, Ustyugov SA, Schneider NA, Petrov AV. Vascular cognitive impairment in patients after acute myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(6S):6087. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6087 EDN: MPFWGC
- Yuan SM, Lin H. Postoperative Cognitive Dysfunction after Coronary Artery Bypass Grafting. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2019;34(1):76–84. doi: 10.21470/1678-9741-2018-0165 EDN: OGBQMG
- Gu SZ, Beska B, Chan D, et al. Cognitive Decline in Older Patients with Non-ST Elevation Acute Coronary Syndrome. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(15):e011218. doi: 10.1161/JAHA.118.011218
- Weber B, Bersch-Ferreira AC, Torreglosa CR, et al. Implementation of a Brazilian Cardioprotective Nutritional (BALANCE) Program for improvement on quality of diet and secondary prevention of cardiovascular events: A randomized, multicenter trial. *Am Heart J*. 2019;215:187–197. doi: 10.1016/j.ahj.2019.06.007 EDN: VKLTKO
- Grässler B, Thielmann B, Böckelmann I, Hökelmann A. Effects of different exercise interventions on cardiac autonomic control and secondary health factors in middle-aged adults: A Systematic Review. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021;8(8):94. doi: 10.3390/jcdd8080094 EDN: XXCPMI
- Mansilla-Chacón M, Gómez-Urquiza JL, Martos-Cabrera MB, et al. Effects of Supervised Cardiac Rehabilitation Programmes on Quality of Life among Myocardial Infarction Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021;8(12):166. doi: 10.3390/jcdd8120166 EDN: IIODSM
- Uryasiev OM, Isaeva IA. Intravenous lasertherapy and interval normobaric hypoxotherapy effectiveness in asthma and comorbid essential hypertension complex therapy. *Zemskii vrach*. 2014;(3-4(24)):25–28. EDN: TAWVTD
- Isaeva IA, Uryasiev OM, Chuntzheva EG, Pristupa AS. Effectiveness of application of complexes of physical factors in patients with bronchial asthma and comorbid essential hypertension. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2018;(1). doi: 10.23888/HMJ2018163-73 EDN: YVKBSU
- Neubauer JA. Invited review: Physiological and pathophysiological responses to intermittent hypoxia. *J Appl Physiol (1985)*. 2001;90(4):1593–1599. doi: 10.1152/jappl.2001.90.4.1593 EDN: XORQYZ
- Conway EM, Collen D, Carmeliet P. Molecular mechanisms of blood vessel growth. *Cardiovasc Res*. 2001;49(3):507–521. doi: 10.1016/s0008-6363(00)00281-9 EDN: IMYHNF
- Park H, Jung W, Kim J, Lim K. Twelve weeks of exercise modality in hypoxia enhances health-related function in obese older Korean men: A randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int*. 2019;19(4):311–316. doi: 10.1111/ggi.13620 EDN: XADUWJ
- Kong Z, Shi Q, Nie J, et al. High-Intensity Interval Training in Normobaric Hypoxia Improves Cardiorespiratory Fitness in Overweight Chinese Young Women. *Front Physiol*. 2017;8:175. doi: 10.3389/fphys.2017.00175
- Pramsohler S, Burtscher M, Faulhaber M, et al. Endurance Training in Normobaric Hypoxia Imposes Less Physical Stress for Geriatric Rehabilitation. *Front Physiol*. 2017;8:514. doi: 10.3389/fphys.2017.00514 EDN: YFWOTS
- Lizamore CA, Hamlin MJ. The Use of Simulated Altitude Techniques for Beneficial Cardiovascular Health Outcomes in Nonathletic, Sedentary, and Clinical Populations: A Literature Review. *High Alt Med Biol*. 2017;18(4):305–321. doi: 10.1089/ham.2017.0050 EDN: VFKNRC
- Glazachev OS, Pozdnyakov YuM, Urinsky AM, Zabashta SP. Hypoxia-hyperoxia adaptation and increased exercise capacity in patients with coronary heart disease. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2014;13(1):16–21. doi: 10.15829/1728-8800-2014-1-16-21 EDN: RZDWHZ
- Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Russ J Cardiol*. 2019;24(3):107–138. doi: 10.15829/1560-4071-2019-3-107-138 EDN: ZAQSQP
- Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(4):695–699. doi: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x

20. Nagayama D, Shirai K, Saiki A. Significance of CAVI as a functional stiffness parameter: beyond the prognostic value for cardiovascular events. *J Am Coll Cardiol*. 2024;83(17):101018. doi: 10.1016/j.jaccadv.2024.101018 EDN: TFSRSK
21. Sairaku A, Eno S, Hondo T, et al. Head-to-head comparison of the cardio-ankle vascular index between patients with acute coronary syndrome and stable angina pectoris. *Hypertens Res*. 2010;33(11):1162–1166. doi: 10.1038/hr.2010.141
22. Takaki A, Ogawa H, Wakeyama T, et al. Cardio-ankle vascular index is superior to brachial-ankle pulse wave velocity as an index of arterial stiffness. *Hypertens Res*. 2008;31(7):1347–1355. doi: 10.1291/hyres.31.1347
23. Miyoshi T, Ito H. Assessment of arterial stiffness using the cardio-ankle vascular index. *Pulse (Basel)*. 2016;4(1):11–23. doi: 10.1159/000445214
24. Shirai K, Utino J, Otsuka K, Takata M. A novel blood pressure-independent arterial wall stiffness parameter; cardio-ankle vascular index (CAVI). *J Atheroscler Thromb*. 2006;13(2):101–107. doi: 10.5551/jat.13.101
25. Namba T, Adachi T, Masaki N, Takase B. Arterial stiffness assessed by Cardio-Ankle vascular index. *Int J Mol Sci*. 2019;20(15):3664. doi: 10.3390/ijms20153664 EDN: NYIBGZ
26. Rooke TW, Hirsch AT, Misra S, et al. 2011 ACCF/AHA focused update of the guideline for the management of patients with peripheral artery disease (updating the 2005 guideline) a report of the American college of cardiology foundation/American heart association task force on practice guidelines. *Circulation*. 2011;124(18):2020–2045. doi: 10.1161/CIR.0b013e31822e80c3
27. Glazachev OS, Kryzhanovskaya SY, Zapara MA, et al. Safety and Efficacy of Intermittent Hypoxia Conditioning as a New Rehabilitation/ Secondary Prevention Strategy for Patients with Cardiovascular Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Curr Cardiol Rev*. 2021;17(6):e051121193317. doi: 10.2174/1573403X17666210514005235 EDN: CMJNPI
28. Karamova IM, Kuzmina ZS, Abdyukova ER, Stolyarova TV, Goldobina LP. Application of interval hypoxic training at the second inpatient stage of rehabilitation of patients with myocardial infarction without Q-wave in the subacute period. *CardioSomatics*. 2017;8(1):40. doi: 10.26442/CS45531 EDN: ZIFAMJ
29. Bayer U, Glazachev OS, Likar R, et al. Adaptation to intermittent hypoxia-hyperoxia improves cognitive performance and exercise tolerance in elderly. *Advances in Gerontology*. 2017;30(2):255–261. EDN: YQGBYD
30. Bayer U, Likar R, Pinter G, et al. Intermittent hypoxic-hyperoxic training on cognitive performance in geriatric patients. *Alzheimers Dement (N Y)*. 2017;3(1):114–122. doi: 10.1016/j.trci.2017.01.002 EDN: YVDPHJ
31. Thong EHE, Quek EJW, Loo JH, et al. Acute Myocardial Infarction and Risk of Cognitive Impairment and Dementia: A Review. *Biology (Basel)*. 2023;12(8):1154. doi: 10.3390/biology12081154 EDN: XMMALC
32. Bestavashvili AA. The effect of hypoxic-hyperoxic preconditioning on vascular stiffness and liver tissue elasticity in patients with metabolic syndrome. In: *Contradictions in modern cardiology: "Controversial and unresolved issues" 7th All-Russian Conference*; 2014 Oct 19–20; Samara, Russia. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

* Андреева Анна Викторовна;

адрес: Россия, 390026, Рязань, ул. Стройкова, д. 96;

ORCID: 0000-0002-2941-9679;

eLibrary SPIN: 6809-4395;

e-mail: andreeva_anna76@mail.ru

Андреева Юлия Андреевна;

ORCID: 0009-0005-3566-6691;

eLibrary SPIN: 6610-9991;

e-mail: juluy.and2011@mail.ru

Якушин Сергей Степанович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-1394-3791;

eLibrary SPIN: 7726-7198;

e-mail: ssyakushin@yandex.ru

Лямина Надежда Павловна, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-6939-3234;

eLibrary SPIN: 4347-4426;

e-mail: lyana_n@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Anna V. Andreeva;

address: 96 Stroykov st, Ryazan, Russia, 390026;

ORCID: 0000-0002-2941-9679;

eLibrary SPIN: 6809-4395;

e-mail: andreeva_anna76@mail.ru

Yulia A. Andreeva;

ORCID: 0009-0005-3566-6691;

eLibrary SPIN: 6610-9991;

e-mail: juluy.and2011@mail.ru

Sergey S. Yakushin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-1394-3791;

eLibrary SPIN: 7726-7198;

e-mail: ssyakushin@yandex.ru

Nadezhda P. Lyamina, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0001-6939-3234;

eLibrary SPIN: 4347-4426;

e-mail: lyana_n@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author