

УДК 616-053.8

DOI 10.24412/2312-2935-2026-1-462-475

ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ КАК СПОСОБ АКТИВАЦИИ ЭНДОГЕННЫХ ГЕРОПРОТЕКТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА

Е.В. Репко^{1,2}, С.М. Балазовская³

¹ АНО НИМЦ «Геронтология», г. Москва

² Центр антивозрастных технологий «Эверджен», г. Москва

³ Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва

Введение. Распространенность саркопении, являющейся причиной падений, инвалидизации, метаболических нарушений, диктует необходимость поиска немедикаментозных методов активации эндогенных геропротекторных механизмов, в частности, стимуляцию выработки экзеркинов, активацию АМР-активируемой протеинкиназы (АМРК), подавление инфламейджинга в дополнение к применяемым фармакологическим подходам.

Цель. Оценить эффективность программы физической реабилитации как немедикаментозного метода активации эндогенной геропротекции.

Материалы и методы. В пилотном проекте приняли участие 35 женщин в возрасте 65–69 лет. Программа длительностью 12 месяцев состояла из двух этапов: диагностический и реабилитационный. Диагностический этап предполагал лабораторный и клинко-функциональный контроль. В этап реабилитации входил адаптационный период - 8 недель, с посещениями 3 раза в неделю и поддерживающий - 40 недель с частотой занятий 2 раза в неделю в клинике и 5 раз в неделю самостоятельно. Занятия физической реабилитации включали упражнения на баланс, силу, гибкость и аэробные нагрузки. Эффективность оценивалась по динамике гликемических показателей (глюкоза, HbA1c), уровня С-реактивного белка (СРБ), антропометрии и функциональных тестов (скорость ходьбы, тест «встань и иди»).

Результаты и обсуждения. Пациенты, включенные в программу, имели хроническую соматическую патологию (артериальная гипертензия, патология опорно-двигательного аппарата, сопровождающаяся болевым синдромом, сахарный диабет 2 типа), по поводу которой получали медикаментозную терапию. Через 6 месяцев реализации программы зафиксирована положительная динамика: улучшение гликемических показателей на 11,9%, снижение уровня С-реактивного белка на 15% относительно исходных значений. Зафиксировано улучшение нейромышечного баланса и мобильности: время теста «встань и иди» сократилось с 15 до 13 сек. (улучшение на 13%), прирост скорости ходьбы составил 0,09 м/с. Зафиксирован отказ от использования трости у 100% пациенток (n=21), ранее ее применявших.

Заключение. Программа физической реабилитации продемонстрировала эффективность в качестве метода активации эндогенных геропротекторных механизмов, способствуя улучшению метаболического контроля (снижение гликемии и маркера воспаления СРБ), профилактике саркопении и повышению функциональной независимости пациентов. Полученные данные обосновывают целесообразность интеграции пролонгированных реабилитационных программ в гериатрическую практику.

Ключевые слова: физическая реабилитация, саркопения, эндогенные геропротекторные механизмы.

PHYSICAL REHABILITATION AS A WAY TO ACTIVATE ENDOGENOUS GEROPROTECTIVE MECHANISMS

E.V. Repko^{1,2}, S.M. Balazovskaya³

¹ *Research Medical Centre «GERONTOLOGY», Moscow*

² *Centre for Anti-Ageing Technologies of «Evergen», Moscow*

³ *Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA, Moscow*

Introduction. The prevalence of sarcopenia, which causes falls, disability, and metabolic disorders, necessitates the search for physiological methods of activating endogenous geroprotective mechanisms, in particular, stimulation of exerkine production, suppression of AMP-activated protein kinase (AMPK), and inflammaging, as opposed to the currently used pharmacological approaches.

Objective. To evaluate the effectiveness of a physical rehabilitation program as a non-drug method of activating endogenous geroprotection.

Materials and Methods. Thirty-five women aged 65–69 years participated in the pilot project. The 12-month program consisted of two stages: a diagnostic stage (laboratory and clinical-functional monitoring) and a rehabilitation stage. The rehabilitation stage included an adaptation period of 8 weeks, with visits three times a week, and a maintenance period of 40 weeks with a frequency of sessions twice a week in the clinic and five times a week independently. Physical rehabilitation sessions included balance, strength, flexibility, and aerobic exercises. Effectiveness was assessed based on changes in glycemic indicators (glucose, HbA1c), C-reactive protein (CRP) levels, anthropometry, and functional tests (gait speed, stand-up and go test).

Results and discussion. Patients included in the program had chronic somatic pathology (arterial hypertension, musculoskeletal pathology accompanied by pain syndrome, type 2 diabetes mellitus), for which they received drug therapy. After 6 months of program implementation, positive dynamics were recorded: an improvement in glycemic indicators by 11.9%, a decrease in the level of C-reactive protein by 15% compared to baseline values. Improvement in neuromuscular balance and mobility was recorded: the time of the «stand and go» test decreased from 15 to 13 seconds (improvement of 13%), the increase in walking speed was 0.09 m/s. Refusal to use a cane was recorded in 100% of patients (n = 21) who previously used one.

Conclusion. The physical rehabilitation program demonstrated its effectiveness as a method for activating endogenous geroprotective mechanisms, contributing to improved metabolic control (reduced glycemia and the inflammatory marker CRP), the prevention of sarcopenia, and increased functional independence in patients. The findings support the integration of prolonged rehabilitation programs into geriatric practice.

Keywords: physical rehabilitation, sarcopenia, endogenous geroprotective mechanisms

Введение. Неуклонный рост продолжительности жизни, характерный для современной демографической ситуации, сопряжен с увеличением распространенности возраст-ассоциированных заболеваний и гериатрических синдромов, одним из которых

является саркопения. Саркопения – это прогрессирующая генерализованная потеря силы и массы мышц, нередко приводящая к инвалидизации, синдрому падений, метаболическим нарушениям и смертности лиц старших возрастных групп. В настоящее время патогенез саркопении рассматривается с нескольких позиций, включая алиментарные факторы, возрастные изменения гормонального фона, изменение функции мышечной ткани как белкового депо, снижение способности мышечной ткани к регенерации [1,2].

Несомненная роль в процессах возрастной саркопении принадлежит развитию ассоциированного с возрастом провоспалительного статуса, повышению продукции С-воспалительного белка, развитию митохондриальной дисфункции, нарушению энергетического обмена. В связи с этим активация эндогенных геропротекторных механизмов, воздействующих на провоспалительные факторы, может рассматриваться как метод защиты от саркопении и метаболических нарушений. В настоящее время активно обсуждается роль физических факторов в активации AMP-активируемой протеинкиназы (АМРК), запускающей каскад геропротекторных реакций: окисление жирных кислот, подавление провоспалительных фенотипов. Чем эффективнее удастся активировать АМРК, тем выраженнее защита от саркопении, метаболических нарушений и их осложнений. Напротив, подавление активации АМРК на фоне избыточного питания и гиподинамии индуцирует инсулинорезистентность и ускоряет клеточное старение [3,4,5].

В тоже время фармакологические подходы к геропротекции, например, метформином демонстрируют ограниченную применимость ввиду рисков эндокринных нарушений, в связи с чем, особую значимость приобретает поиск немедикаментозных, физиологичных методов активации эндогенных геропротекторных механизмов, в том числе с использованием методов физической реабилитации. В этом контексте оценка эффективности программ, основанных на активации эндогенных геропротекторных механизмов, представляется актуальным и своевременным.

Цель исследования: Оценить эффективность программы физической реабилитации как немедикаментозного метода активации эндогенной геропротекции.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе медицинского учреждения Global Projekt Beauty&Health. Учреждение имеет Лицензию на осуществление медицинской деятельности в области медицинской и физической реабилитации. Основной вид деятельности направлен на профилактику возрастных изменений у лиц с избыточной массой тела немедикаментозными методами.

С целью активации эндогенных геропротекторных механизмов разработана программа, включающая этапы диагностики, методы медицинской и физической реабилитации.

Диагностический этап оценки исходного уровня состояния пациентов включает методы лабораторной диагностики с определением биохимического и метаболического профиля: гликемический контроль (глюкоза крови натощак; HbA1c), маркеры воспаления (С-реактивный белок), по показаниям: креатинин, скорость клубочковой фильтрации, иммунный и гормональный спектр. Лабораторная диагностика проводится до начала программы и через 6 месяцев.

Клинико-функциональная оценка проводится по протоколу осмотра гериатрического пациента с определением антропометрических данных (рост, вес), мышечной силы. В диагностике используется кистевой динамометр, по показаниям проводится биоимпедансометрия. Оценка физической работоспособности определяется с помощью функциональных и физических тестов (краткая батарея тестов физической активности с оценкой 6-м скорости ходьбы, тест «встань и иди», способность удерживать баланс, оценка риска падений) [6].

Программа реабилитации состоит из нескольких этапов. На первом подготовительном адаптационном этапе формируется долгосрочная мотивация пациентов на активный образ жизни, преодоление психологических и средовых барьеров по его поддержанию, что способствует повышению их комплаентности. Для подготовки организма к выполнению физических упражнений в основу программы включены методы медицинской реабилитации (физиотерапия, криотерапия, кинезиотерапия, вибрационно-роликовый массаж и др.). Продолжительность реабилитационно-адаптационного периода – 8 недель. Частота посещений – 3 раза в неделю. Продолжительность одного визита – 60–90 минут.

Физическая реабилитация проводится в кабинете лечебной физкультуры (ЛФК) с использованием гимнастического инвентаря (мячи, спортивные резинки, маты), включает начальный и долгосрочный этапы. На начальном этапе пациенты посещали занятия в кабинете ЛФК 3 раза в неделю продолжительностью 15 мин. с постепенным увеличением до 30 мин. Долгосрочный этап (поддерживающий) – продолжительностью 40 недель с частотой занятий 2 раза в неделю в клинике и 5 раз в неделю самостоятельно в домашних условиях. Основные критерии этого этапа: лабораторная диагностика каждые 3 месяца (глюкоза крови натощак, С-реактивный белок), диагностика достигнутых физических результатов и

коррекция домашнего ЛФК каждые 2 недели, контроль ключевых маркеров эффективности программы 1 раз в месяц.

Кроме того, на начальном и конечном этапах программы активно используются разнообразные аппаратные и инъекционные косметологические процедуры, имеющиеся в арсенале медицинского учреждения, проводится профилактическая саплементация пептидными комплексами. При этом пациент принимает самостоятельное решение о способах участия в программе.

Эффективность программы была проанализирована у 35 пациентов. Участники – женщины, в возрасте от 65 до 69 лет. Продолжительность программы – 1 год, с 10.12.2024 по 16.12.2025.

Результаты и обсуждения. На настоящий момент научно обоснована польза физических упражнений, как немедикаментозного метода активации эндогенных геропротекторных механизмов у лиц старшей возрастной группы, позволяющих сохранить свое здоровье. Анализ современной литературы показывает, что благотворные эффекты физических нагрузок повышают общую устойчивость, продолжительность здоровой жизни и способствуют долголетию. При этом основными взаимосвязанными механизмами, посредством которых физические нагрузки реализуют свой геропротекторный потенциал, можно считать стимуляцию выработки экзеркинов, подавление инфламейджинга и индукцию адаптивного ответа на оксидативный стресс с ключевой ролью AMP-активируемой протеинкиназы (АМРК) [7,8].

Рассмотрим каждый из этих механизмов в контексте полученных нами данных.

Обращает внимание, что в научной литературе концепция экзеркинов как медиаторов адаптации эндогенных геропротекторных эффектов к физической нагрузке имеет научное обоснование и представлена в работах зарубежных исследователей. Согласно определению L.S. Chow с соавт., экзеркины представляют собой сигнальные молекулы (цитокины, пептиды, метаболиты), высвобождаемые различными тканями организма в ответ на физические упражнения. Прежде всего, это - скелетные мышцы, сердце, печень и жировая ткань, которые секретируют эти молекулы, обеспечивают интеграцию метаболических процессов между органами [9]. В работах Bruce A. Watkins с соавт. подчеркивается, что экзеркины, высвобождаемые во время и после физических упражнений, поддерживают энергетический баланс и оказывают нейропротективное действие [10].

Экзеркины потенциально могут играть роль в улучшении сердечно-сосудистого, метаболического, иммунного и неврологического здоровья, способствовать нейропластичности и улучшению когнитивных функций. Полученные в нашем исследовании данные о субъективном улучшении психоэмоционального состояния пациенток и приверженности их к программе физической реабилитации могут согласовываться с выводами Гибизова Ю.А. с соавт. о роли физической активности в модуляции нейропластичности [11].

Это обуславливает эффективность физических нагрузок в комплексном лечении сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2 типа и ожирения, в профилактике когнитивных нарушений, а также, в программах активного долголетия и содействия здоровому старению. В современных исследованиях по геронтологии и гериатрии показано, что одним из ключевых факторов ускоренного старения является хроническое вялотекущее системное воспаление или инфламейджинг (inflammaging), характеризующееся повышением уровней провоспалительных цитокинов без явной инфекционной причины.

В исследовании Е.С. Каченковой убедительно показано, что механизмы инфламейджинга запускают каскад воспалительных процессов в стареющем организме и приводят к развитию возраст-ассоциированных заболеваний. Было доказано, что применение средств оздоровительной физической культуры у мужчин 50–60 лет достоверно снижает маркеры системного воспаления в мышечной ткани и улучшает показатели физической работоспособности на 20 % [12].

Механизмы этого феномена раскрываются в современных научных работах. Как отмечают в своем обзоре Z. Sheng с соавт., активация АМР-активируемой протеинкиназы (АМРК) снижает продукцию провоспалительных цитокинов. В исследованиях подчеркивается, что физическая нагрузка индуцирует умеренный оксидативный стресс и запускает каскад геропротекторных реакций путем активации АМР-активируемой протеинкиназы (АМРК) [13]. По данным Е. Fehrenbach и Н. Northoff, регулярные тренировки приводят к повышению активности эндогенных антиоксидантных систем, обеспечивая защиту клеток от повреждений, вызванных интенсивным окислительным стрессом [14]. Кроме того, в работе Г.А. Шиловского с соавт. показано, что митохондриально-направленные антиоксиданты в сочетании с физическими упражнениями способны предотвращать саркопению, поддерживая структурно-функциональное состояние митохондрий и защиту мышц от саркопении. Авторами исследования установлено, что

активный образ жизни и физические упражнения препятствуют возрастному повреждению митохондрий скелетных мышц [15].

Обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований позволяет заключить, что физическая нагрузка инициирует каскад взаимосвязанных молекулярно-клеточных реакций, включая подавление провоспалительных факторов и снижает выраженность инфламейджинга.

Анализ результатов геропротекторных эффектов физической нагрузки в дополнение к фармакологическим стратегиям определил цели и дизайн настоящего исследования (блок-схема 1).

В исследование включены 35 женщин в возрасте от 65 до 69 лет (средний возраст составил $67,2 \pm 1,4$ года).



Блок-схема 1. Дизайн исследования

На диагностическом этапе всем пациентам проведена консультация врачом медицинского учреждения, выполнена лабораторная диагностика, принято решение о включении пациентов в программу физической реабилитации.

Анализ соматического статуса показал наличие соматической патологии у 100% участниц. Распределение пациентов по нозологическим формам:

Артериальная гипертензия (АГ) II стадии диагностирована у 32 пациенток (91,4%). Все пациентки данной группы получали базисную гипотензивную терапию.

Патология опорно-двигательного аппарата, сопровождающаяся хроническим болевым синдромом и функциональными ограничениями, выявлена у 30 участниц (85,7%). В структуре патологии преобладали: остеоартрит крупных суставов (гонартроз, коксартроз) - у 24 (68,6%) и дорсопатии с болевым синдромом - у 18 (51,4%).

Сахарный диабет 2 типа в стадии компенсации имел место у одной пациентки (2,9%).

На момент включения в программу 21 пациентка (60%) использовала дополнительную опору (трость) при ходьбе в связи с неустойчивостью и высоким риском падений.

Для оценки геропротекторной эффективности физических упражнений в начале исследования всем пациентам определялся уровень глюкозы, HbA1c, С-реактивного белка (СРБ), проводилась антропометрия и функциональные тесты (скорость ходьбы, тест «встань и иди»).

Исходный лабораторный скрининг выявил у участниц отклонения в маркерах системного воспаления и показателях углеводного обмена. Так, одна пациентка имела диагноз подтвержденного сахарного диабета 2 типа, у 28 пациенток (80,0%) исходно отмечалась гипергликемия натощак ($\geq 6,1$ ммоль/л), HbA1c 6,5%. Повышенный уровень СРБ ($\geq 3,0$ мг/л) исходно регистрировался у 31 пациентки (88,6%), что может свидетельствовать о наличии хронического вялотекущего воспаления (инфламейджинга). Антропометрические показатели характеризовались преобладанием пациенток с избыточной массой тела и ожирением I степени в 85,7% случаев, индекс массы тела (ИМТ) - $29,8 \pm 2,9$ кг/м².

Динамика функционального статуса оценивалась с помощью валидизированных гериатрических тестов. Тест «Встань и иди» оценивает время, необходимое пациенту, чтобы встать со стула, пройти 3 метра, вернуться и сесть. Исходно среднее время выполнения теста в группе обследуемых составило $15,0 \pm 1,8$ сек., при пограничном значении ≥ 14 сек.

Тест скорости ходьбы является показателем функциональной независимости у лиц старшего возраста. При прохождении дистанции 6 метров исходное среднее время составило $9,0 \pm 1,0$ сек., что соответствовало скорости ходьбы 0,67 м/с.

Структура занятий физической реабилитации представлена на рис. 1.

Занятие включает разминку с выполнением дыхательных упражнений, суставную гимнастику и медленную ходьбу. Основной блок занятия – это упражнения с собственным весом (приседания с опорой, подъемы на носки, отжимания от стены); упражнения на баланс

(стойка на одной ноге, ходьба по линии); упражнения на гибкость и подвижность позвоночника с использованием гимнастического инвентаря.



Рисунок 1. Структура комплексного занятия физической реабилитации, абс.числа

Завершение занятия предполагает упражнения на растяжку и релаксацию с восстановлением дыхания. Постепенная адаптация к физическим упражнениям на данном этапе предотвращает негативный компонент от их выполнения и мотивирует участников к дальнейшему продолжению программы на следующем поддерживающем этапе.

Оценка эффективности программы физической реабилитации проводилась через 6 месяцев. Установлена положительная динамика ключевых параметров исследования.

На фоне реабилитации у всех пациенток с исходными нарушениями углеводного обмена отмечена положительная динамика. Так, средний уровень глюкозы крови натощак в группе снизился с $6,3 \pm 0,4$ ммоль/л до $5,55 \pm 0,3$ ммоль/л, что соответствует улучшению показателя на 11,9% ($p < 0,05$). Через 6 месяцев реализации программы зафиксировано достоверное снижение уровня С-реактивного белка на 15% по сравнению с исходными значениями, с $4,7 \pm 1,2$ мг/л до $4,0 \pm 1,0$ мг/л ($p < 0,05$), что может рассматриваться, как следствие уменьшения выраженности инфламейджинга.

В ходе реализации программы физической реабилитации у 14 пациенток (40,0%) зафиксировано отчетливое снижение массы тела. Средняя потеря веса в данной подгруппе составила $2,4 \pm 1,1$ кг (от 1,5 до 3,4 кг), что сопровождалось субъективным улучшением самочувствия и повышением толерантности к физическим нагрузкам. У остальных 21 пациентки (60,0%) отмечена стабилизация массы тела. Важно подчеркнуть, что ни у одной участницы не зарегистрировано неконтролируемого набора веса.

Особого внимания заслуживают оценка результатов функциональных тестов. Так, тест «встань и иди» до начала программы составлял в среднем 15 сек., через 6 мес. – $13,0 \pm 1,5$ сек. Сокращение времени выполнения теста на 2,0 сек. (13,0%) свидетельствует о достоверном снижении риска падений и улучшении функциональной мобильности.

Отмечен достоверный прирост скорости ходьбы при прохождении дистанции 6 метров. До начала программы время прохождения 6м составляло $9,0 \pm 1,0$ сек., что соответствовало скорости ходьбы 0,67 м/с, через 6 мес. время прохождения сократилось до $8,0 \pm 0,8$ сек., что эквивалентно увеличению скорости ходьбы до 0,75 м/с. Таким образом, прирост скорости ходьбы составил 0,09 м/с ($p < 0,05$).

Полный отказ (100%) от использования трости у всех пациенток, ранее ее применявших, свидетельствует о значимом улучшении мобильности и функциональной независимости пациентов.

На протяжении всего периода наблюдения у пациенток регистрировалось улучшение психоэмоционального статуса, что свидетельствует о повышении комплаентности к выполнению реабилитационной программы. Дополнительным фактором, позитивно влияющим на эмоциональный фон и мотивацию для дальнейших занятий, являлась коррекция возрастных проявлений, в том числе с учетом косметических аппаратных процедур.

Соответственно, можно сделать вывод, что расширение повседневной мобильности закономерно повышает уровень не только физической, но и социальной активности, подтверждает эффективность физической реабилитации, обладающей геропротективным действием.

Таким образом, физическая реабилитация представляет собой обоснованный метод геропротекции, воздействующий на фундаментальные механизмы старения. Перспективы дальнейших исследований в контексте немедикаментозной геропротекции связаны с разработкой персонализированных программ, а также с углубленным изучением дозозависимых эффектов различных видов физической нагрузки.

Заключение. Программа физической реабилитации, направленная на активизацию эндогенных геропротекторных механизмов, является средством улучшения метаболического контроля, профилактики саркопении и улучшения нейромышечного баланса. Полученные данные формируют доказательную базу для внедрения пролонгированных реабилитационных программ в гериатрическую практику с целью повышения толерантности

к физической нагрузке, улучшения качества жизни и функциональной независимости пациентов старших возрастов.

Список литературы

1. Ильницкий А.Н. Возраст как этиология. Эстетическая медицина. 2023; XXII (2):1-5.
2. Быков Ю.Н., Нурулина Т.Ф. Саркопения: клиника, диагностика, лечение, профилактика. Вестник СВФУ. 2025;2(39):12-22
3. Bikman B.B. AMPK and mTOR: The Metabolic Master Switches of Aging [Electronic resource]. January 26,2026; <https://benbikman.com/ampk-and-mtor-the-metabolic-master-switches-of-aging>
4. Wenjun S., Yuling L., Tang R. Targeting mitochondrial autophagy for anti-aging. Cell Death Discovery. 2026; 12:78
5. Raza U, Tang X, Liu Z, Liu B. SIRT7: the seventh key to unlocking the mystery of aging. Physiol Rev. 2024;104:253-80
6. Горелик С.Г., Ильницкий А.Н., Прощаев К.И. и др. Опросники и шкалы в геронтологии и гериатрии. Электронный научный журнал «Геронтология». 2021;1. URL: <http://www.gerontology.su/magazines?text=332>
7. Прощаев К.И., Ильницкий А.Н., Кривецкий В.В. и др. Инфламейджинг и его роль в развитии возраст-ассоциированной патологии. Успехи геронтологии. 2016;29(4):550–556
8. Novelli G., Calcaterra G., Casciani F. et al. ‘Exerkines’: A Comprehensive Term for the Factors Produced in Response to Exercise. Biomedicines. 2024;12(9).
9. Chow L.S., Gerszten R.E., Taylor J.M. et al. Exerkines in health, resilience and disease. Nature Reviews Endocrinology. 2022;18(5):273–289
10. Watkins B.A., Smith B.J., Volpe S.L. et al. Exerkines, Nutrition, and Systemic Metabolism. Nutrients. 2024;16(3):410
11. Гибизов Ю.А., Вагапова Л.Б., Агузарова А.О. и др. Физическая активность и миокин иризин как немедикаментозный подход к лечению болезни Альцгеймера. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2025;24(4):235-253
12. Каченкова Е.С. Инфламейджинг и его коррекция у мужчин 50–60 лет средствами оздоровительной физической культуры. Вестник МГПУ «Естественные науки». 2024;3(55):94

13. Sheng Z, Luo Q, Liu X, Yang X. Bioactives and Exercise Synergize to Modulate AMPK and Inflammation. *Front Immunol.* 2025;16:1670379
14. Fehrenbach E., Northoff H. Free radicals, exercise, apoptosis, and heat shock proteins. *Exerc Immunol Rev.* 2001;7:66-89
15. Шиловский Г.А., Сорокина Е.В., Ахаев Д.Н. Антивозрастная медицина: митохондриально-направленные антиоксиданты и физическая нагрузка. *Успехи современной биологии.* 2024;144(2):155-164.

References

1. Il'nickij A.N. Vozrast kak etiologiya [Age as etiology]. *Esteticheskaya medicina* [Aesthetic medicine]. 2023; XXII (2):1-5 (In Russian).
2. Bykov YU.N., Nurulina T.F. Sarkopeniya: klinika, diagnostika, lechenie, profilaktika [Sarcopenia: clinical features, diagnosis, treatment, prevention]. *Vestnik SVFU* [NEFU Bulletin]. 2025;2(39):12-22 (In Russian).
3. Bikman B.B. AMPK and mTOR: The Metabolic Master Switches of Aging [Electronic resource]. January 26,2026; <https://benbikman.com/ampk-and-mtor-the-metabolic-master-switches-of-aging>.
4. Wenjun S., Yuling L., Tang R. Targeting mitochondrial autophagy for anti-aging. *Cell Death Discovery.* 2026; 12:78
5. Raza U, Tang X, Liu Z, Liu B. SIRT7: the seventh key to unlocking the mystery of aging. *Physiol Rev.* 2024;104:253-80
6. Gorelik S.G., Il'nickij A.N., Proshchaev K.I. et al. Oprosniki i shkaly v gerontologii i geriatrii [Questionnaires and scales in gerontology and geriatrics]. *Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Gerontologiya»* [Electronic scientific journal «Gerontology»]. 2021;1. URL: <http://www.gerontology.su/magazines?text=332> (In Russian).
7. Proshchaev K.I., Il'nitsky A.N., Krivetsky V.V. et al. Inflameydzhing i yego rol' v razvitii vozrast-assotsiirovannoy patologii [Inflamming and its role in the development of age-associated pathology]. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2016;29(4):550–556 (In Russian).
8. Novelli G., Calcaterra G., Casciani F. et al. ‘Exerkines’: A Comprehensive Term for the Factors Produced in Response to Exercise. *Biomedicines.* 2024;12(9).
9. Chow L.S., Gerszten R.E., Taylor J.M. et al. Exerkines in health, resilience and disease. *Nature Reviews Endocrinology.* 2022;18(5):273–289

10. Watkins B.A., Smith B.J., Volpe S.L. et al. Exerkines, Nutrition, and Systemic Metabolism. *Nutrients*. 2024;16(3):410
11. Gibizov Y.A., Vagapova L.B., Aguzarova A.O. et al. Fizicheskaya aktivnost' i miokin irizin kak nemedikamentoznyy podkhod k lecheniyu bolezni Al'tsgeymera [Physical Activity and the Myokine Irisin in Non-pharmacological Treatment of Alzheimer Disease]. *Fizioterapiya bal'neologiya i reabilitatsiy* [Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation]. 2025;24(4):235-253 (In Russian).
12. Kachenkova E.S. Inflamejdzhing i ego korrekciya u muzhchin 50–60 let sredstvami ozdorovitel'noj fizicheskoy kul'tury [Inflamaging and its correction in men aged 50–60 years using health-improving physical education]. *Vestnik MGPU «Estestvennye nauki»* [Bulletin of Moscow State Pedagogical University "Natural Sciences"]. 2024;3(55):94 (In Russian).
13. Sheng Z, Luo Q, Liu X, Yang X. Bioactives and Exercise Synergize to Modulate AMPK and Inflammation. *Front Immunol*. 2025;16:1670379
14. Fehrenbach E., Northoff H. Free radicals, exercise, apoptosis, and heat shock proteins. *Exerc Immunol Rev*. 2001;7:66-89
15. Shilovsky G.A., Sorokina E.V., Akhayev D.N. Antivozrastnaya medicina: mitokhondrial'no-napravlenные antioksidanty i fizicheskoe vozdejstvie [Anti-aging medicine: mitochondria-targeted antioxidants and physical intervention]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Advances in modern biology]. 2024;144(2):155-164 (In Russian).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Репко Евгений Вячеславович - научный сотрудник отдела клинической геронтологии, Автономная некоммерческая организация Научно-исследовательского медицинского центра «Геронтология», 125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, 116, стр. 1, оф. 321; методист физической реабилитации, Центр антивозрастных технологий «Эверджен», 123112, г. Москва, Пресненская наб., д.8, стр.1, e-mail: 9164462423@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8682-1982

Балазовская Софья Марковна - соискатель кафедры терапии, гериатрии и антивозрастной медицины, Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, 125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, 91, e-mail: sofias.balazovskaia@gmail.com, ORCID: 0009-0008-1230-7903

Information about authors

Repko Evgenij Vyacheslavovich - researcher of the Department of clinical gerontology, Research Medical Centre «Gerontology», 125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 116, b.1, of. 321; Physical Rehabilitation Methodologist of the Centre for Anti-Ageing Technologies of «Evergen» LLC, 123112. Moscow, Presnenskaya nab., 8, building 1, e-mail: 9164462423@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8682-1982

Balazovskaya Sofiya Markovna - researcher in Department of Internal Diseases, Geriatrics and Anti-aging Medicine, Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia, 125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 91, e-mail: sofias.balazovskaia@gmail.com, ORCID: 0009-0008-1230-7903

Статья получена: 10.01.2026 г.
Принята к публикации: 25.03.2026 г.