



Эффективность физических упражнений при артериальной гипертензии: систематический обзор и сетевой метаанализ

Мештель А.В.^{1,*}, Мирошников А.Б.¹, Рыбакова П.Д.², Смоленский А.В.¹

¹ Российский Университет Спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

² Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Сердечно-сосудистые заболевания, особенно ишемическая болезнь сердца и инсульты, являются основной причиной смертности (31 % случаев), причем артериальная гипертензия — ключевой фактор риска. Физические упражнения, включая умеренные непрерывные тренировки и высокоинтенсивные интервальные тренировки, доказанно снижают давление, но оптимальный протокол остается предметом дискуссий.

ЦЕЛЬ. Сравнить эффективность различных режимов физической активности в снижении артериального давления (АД) и улучшении кардиореспираторных показателей у пациентов с артериальной гипертензией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Поиск проводился в PubMed, eLIBRARY.RU, Google Scholar и других базах с использованием стандартизированных критериев PICOS, включая только рандомизированные контролируемые исследования с длительностью вмешательства ≥ 2 недель. Анализ выполнялся с оценкой риска предвзятости (Rob 2), достоверности доказательств (GRADE) и статистических моделей (SUCRA, node-splitting), включая метарегрессию для учета ковариат. Результаты представлены в виде средних разниц (MD) с 95%-ми доверительными интервалами (95% ДИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Из 9462 публикаций после исключения дубликатов и скрининга осталось 67 исследований (4466 участников). Были проанализированы семь протоколов физических тренировок: высокообъемные высокоинтенсивные интервальные тренировки (HV-HIIT), низкообъемные HIIT (LV-HIIT), умеренные непрерывные тренировки (MIST), комбинированные MIST + силовые тренировки (MIST + RT), силовые тренировки (RT), круговые тренировки (Circ) и контрольная группа (CON). Среди всех вмешательств HV-HIIT продемонстрировал наибольшую эффективность в снижении офисного систолического АД (САД) ($-6,85$ мм рт. ст. ($-9,20$; $-4,50$); высокий уровень доказательств), тогда как MIST + RT оказался наиболее эффективным для снижения диастолического АД (ДАД) ($-4,80$ мм рт. ст. ($-6,74$; $-2,84$); умеренный уровень доказательств). Центральная скорость распространения пульсовой волны (цСРПВ) наиболее значимо снижалась при HV-HIIT ($-1,33$ м/с ($-1,58$; $-1,08$); умеренный уровень доказательств), а максимальное потребление кислорода (МПК) увеличивалось именно при этом же протоколе ($+6,38$ мл/кг/мин ($4,91$; $7,84$); высокий уровень доказательств). Circ и RT показали наименьшую эффективность в снижении АД и улучшении кардиореспираторных показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Исследование демонстрирует, что HV-HIIT — наиболее эффективный метод для снижения САД и улучшения кардиореспираторной выносливости (МПК), тогда как MIST + RT лучше снижает ДАД. Однако данные по ДАД требуют уточнения из-за неоднородности силовых программ. Необходимы долгосрочные исследования для уточнения влияния разных протоколов HIIT на гипертензию и более детальной классификации тренировочных режимов.

РЕГИСТРАЦИЯ: Идентификатор PROSPERO № CRD420250655946, зарегистрировано 22.02.2025.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: артериальная гипертензия, высокое артериальное давление, физические упражнения, физическая реабилитация, кардиореспираторная выносливость

Для цитирования / For citation: Мештель А.В., Мирошников А.Б., Рыбакова П.Д., Смоленский А.В. Эффективность физических упражнений при артериальной гипертензии: систематический обзор и сетевой метаанализ. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(5):8–26. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-8-26> [Meshtel A.V., Miroshnikov A.B., Rybakova P.D., Smolensky A.V. Effectiveness of Physical Exercise in Arterial Hypertension: a Systematic Review and Network Meta-Analysis. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(5):8–26. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-8-26> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Мештель Александр Виталиевич, E-mail: meshtel.author@yandex.ru

Статья получена: 12.05.2025

Статья принята к печати: 16.06.2025

Статья опубликована: 20.10.2025

Effectiveness of Physical Exercise in Arterial Hypertension: a Systematic Review and Network Meta-Analysis

 Alexander V. Meshtel^{1,*},  Alexandr B. Miroshnikov¹,  Polina D. Rybakova²,
 Andrei V. Smolensky¹

¹ Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow, Russia

² Moscow Center of Advanced Sport Technologies, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Cardiovascular diseases, especially coronary heart disease and strokes, are the leading cause of death (31 % of cases), with hypertension being a key risk factor. Physical exercise, including moderate continuous training and high-intensity interval training, has been proven to reduce blood pressure, but the optimal protocol remains a matter of debate.

AIM. To compare the effectiveness of different physical activity regimens in reducing blood pressure and improving cardiorespiratory fitness in patients with arterial hypertension.

MATERIALS AND METHODS. The search was conducted in PubMed, eLIBRARY.RU, Google Scholar, and other databases using standardized PICOS criteria, including only RCTs with an intervention duration of ≥ 2 weeks. The analysis was performed with an assessment of the risk of bias (Rob 2), reliability of evidence (GRADE), and statistical models (SUCRA, node-splitting), including meta-regression to account for covariates. The results are presented as mean differences (MD) with 95 % CI.

RESULTS AND DISCUSSION. Of the 9,462 publications, 67 studies (4,466 participants) remained after elimination of duplicates and screening. Seven physical training protocols were analyzed (high volume high intensity interval training (HV-HIIT), Low volume HIIT (LV-HIIT), moderate continuous training (MCT), combined MCT + strength training (MCT + RT), Strength training (RT), Circuit training and control group (CON)). Among all the interventions, HV-HIIT demonstrated the greatest effectiveness in reducing office systolic blood pressure (SBP) (-6.85 mmHg (-9.20 ; -4.50); high level of evidence), whereas MCT + RT proved to be the most effective for lowering diastolic blood pressure (DBP) (-4.80 mmHg (-6.74 ; -2.84); moderate level of evidence). The central pulse wave velocity (CPWV) decreased most significantly with HV-HIIT (-1.33 m/s (-1.58 ; -1.08); moderate evidence), and maximum oxygen consumption (VO_{2max}) increased with the same protocol ($+6.38$ ml/kg/min (4.91 ; 7.84); high evidence). Circuit training and resistance training (RT) showed the least effectiveness in reducing blood pressure and improving cardiorespiratory parameters.

CONCLUSION. The study demonstrates that HV-HIIT is the most effective method for reducing systolic blood pressure (SBP) and improving cardiorespiratory endurance (VO_{2max}), while MCT + RT reduces DBP better. However, data on DBP needs to be clarified due to the heterogeneity of power programs. Long-term studies are needed to clarify the effects of different HIIT protocols on hypertension and to classify training regimens in more detail.

REGISTRATION: PROSPERO identifier No. CRD420250655946, registered 22.02.2025.

KEYWORDS: hypertension, high blood pressure, exercise, rehabilitation, cardiorespiratory fitness

For citation: Meshtel A.V., Miroshnikov A.B., Rybakova P.D., Smolensky A.V. Effectiveness of Physical Exercise in Arterial Hypertension: a Systematic Review and Network Meta-Analysis. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(5):8–26. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-8-26> (In Russ.).

* **For correspondence:** Alexander V. Meshtel, E-mail: meshtel.author@yandex.ru

Received: 12.05.2025

Accepted: 16.06.2025

Published: 20.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

Согласно исследованиям 73 % всех смертей связаны с неинфекционными заболеваниями, причем наибольший вклад вносят сердечно-сосудистые заболевания, на них приходится 31 % летальных случаев [1]. Среди сердечно-сосудистых заболеваний основными причинами гибели пациентов становятся ишемическая болезнь сердца и инсульты, составляющие 84,9 % смертей от сердечно-сосудистых причин. Механизмы их возникновения сложны и зависят от комбинации факторов, но особое место среди них занимает артериальная гипертензия (АГ) — ключевой провокатор сердечно-сосудистых осложнений и преждевременной смертности [2]. В связи с этим поиск эффективных стратегий контроля артериального давления (АД) остается приоритетной задачей современной кардиологии. Физические упражнения уже

несколько десятилетий признаются важнейшим компонентом немедикаментозного лечения АГ. Их эффективность в снижении АД подтверждена многочисленными клиническими исследованиями и метаанализами [3–7]. Однако, несмотря на значительный объем накопленных данных, в научном сообществе продолжают дискуссии относительно оптимальных протоколов тренировок для пациентов с гипертензией. Особую актуальность этот вопрос приобретает в свете развития новых тренировочных методик и необходимости их дифференцированного подхода к различным категориям пациентов.

Наиболее изученным подходом является непрерывная тренировка умеренной интенсивности (Moderate-Intensity Continuous Training — MICT). Этот традиционный метод, предполагающий продолжительные (обычно 30–60 минут) аэробные нагрузки при 40–60 % от мак-

симального потребления кислорода (МПК), демонстрирует стабильное снижение систолического и диастолического давления на 5–7 мм рт. ст. у пациентов с АГ [4].

За последние два десятилетия большой интерес вызывает высокоинтенсивная интервальная тренировка (HIIT), включающая чередование коротких периодов максимальной нагрузки (85–95 % VO_2max) или максимальную частоту сердечных сокращений с периодами восстановления. В ряде исследований HIIT показывает более выраженный гипотензивный эффект по сравнению с MICT. Однако протоколы HIIT существенно различаются, что часто не учитывается в обзорах. Согласно классификации из исследования [8], LV-HIIT — это активная работа менее 10 минут с интервалами до 5 минут, HV-HIIT — ≥ 10 минут с интервалами 4–8 минут. Это различие важно, так как протоколы по-разному влияют на нейрогуморальные и сосудистые механизмы регуляции АД. Кроме того, данные о влиянии силовых тренировок (RT) и их комбинаций с другими методами (MICT + RT, MICT + LV-HIIT) остаются противоречивыми, что осложняет выбор оптимального подхода к снижению АД.

В этом контексте метод сетевого метаанализа (Network Meta-Analysis — NMA) представляет собой мощный инструмент для сравнительной оценки различных тренировочных протоколов. В отличие от традиционных метаанализов, NMA позволяет не только сравнить каждый метод с контролем, но и провести прямое сопоставление всех доступных вмешательств между собой. Это особенно важно для ответа на ключевой клинический вопрос: какой именно протокол физических тренировок является наиболее эффективным и безопасным для снижения АД у пациентов с АГ.

ЦЕЛЬ

Сравнить эффективность различных режимов физической активности в снижении АД и улучшении кардиореспираторных показателей у пациентов с артериальной гипертензией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Протокол данного исследования был зарегистрирован в базе данных PROSPERO (номер регистрации CRD420250655946 от 22.02.2025). Обзор был написан согласно предпочтительным элементам отчетности для систематических обзоров и сетевого метаанализа и протоколов (PRISMA-NMA, PRISMA-P) [9, 10].

Поиск исследований

Поиск производился с февраля по март 2025 г. в базах данных PubMed, Epistemonikos, Google Scholar, eLIBRARY.RU и КиберЛенинка. Кроме того, был произведен поиск «серой» литературы в базе данных Google Scholar с целью поиска потенциальных исследований в списках литературы. Также были рассмотрены ранее опубликованные систематические обзоры на данную тему. Стратегия поиска была сформирована путем комбинирования ключевых слов и терминов Medical Subject Headings (MeSH) (табл. 1).

Критерии включения

Критерии включения были разработаны на основе системы PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study — Популяция, Вмешательство, Сравнение, Результаты, Дизайн Исследования):

P — взрослые мужчины и женщины (старше 18 лет), имеющие высокое АД, или больные АГ с/без сопутствующих заболеваний;

I — аэробные упражнения любой интенсивности, комбинированные упражнения, силовые упражнения;

C — отсутствие упражнений или аэробные упражнения любой интенсивности, комбинированные упражнения, силовые упражнения;

O — первичные результаты — офисное САД и ДАД, вторичные результаты — МПК, цСРПВ;

S — рандомизированные контролируемые исследования.

Таблица 1. Поисковые запросы для обнаружения релевантных исследований в разных базах данных
Table 1. Search queries for finding relevant studies in different databases

База данных / Database	Поисковый запрос / Search query
PubMed	("Exercise Therapy"[Mesh] OR "Exercise"[Mesh] OR "High-Intensity Interval Training"[Mesh] OR "Resistance Training"[Mesh]) AND ("Hypertension"[Mesh] OR "Blood Pressure"[Mesh] OR "Vascular Stiffness"[Mesh] OR "Oxygen Consumption"[Mesh]) AND ("randomized controlled trial"[Publication Type] OR "clinical trial"[Publication Type])
eLIBRARY.RU	((«протокол тренировок» OR «физические упражнения» OR «интервальные тренировки» OR «силовые тренировки») AND («артериальная гипертензия» OR «артериальное давление» OR «жесткость артерий» OR «МПК») AND («клиническое исследование» OR «рандомизированное исследование»))
Google Scholar	("exercise protocol" OR "training program" OR "HIIT" OR "resistance training") AND ("hypertension" OR "blood pressure" OR "arterial stiffness" OR " VO_2max ") AND ("randomized trial" OR "clinical trial")
Epistemonikos	[Title/Abstract]: ("exercise" OR "training" OR "HIIT" OR "resistance training") AND ("hypertension" OR "blood pressure" OR "arterial stiffness" OR " VO_2max ") AND ("randomized" OR "RCT")
КиберЛенинка	((«тренировочный протокол» OR «физическая нагрузка» OR «интервальный тренинг» OR «силовая тренировка») AND («гипертония» OR «артериальное давление» OR «артериальная жесткость» OR «кислородный запрос») AND («клиническое исследование»))

Критерии исключения

Исследования были исключены из обзора, если они не соответствовали критериям включения или соответствовали следующим критериям исключения: публикация старше 20 лет, длительность эксперимента была меньше двух недель, в исследовании рассматривались стретчинг-упражнения или изометрический хват кисти. Также исследования были исключены из анализа, если в них отсутствовали данные, необходимые для проведения расчета разности средних (Mean Difference — MD) и 95% доверительных интервалов (95% ДИ).

Извлечение данных

Два исследователя (Мештель А.В., Рыбакова П.Д.) независимо друг от друга извлекли данные с помощью стандартизированной формы, а третий исследователь (Мирошников А.Б.) дополнительно проверил извлеченные данные. Все разногласия решались дискуссионным путем. Была извлечена следующая информация:

- 1) характеристики исследования (год публикации, автор, условия, размер выборки, продолжительность наблюдения и лечения, а также стратегия и протокол тренировок);
- 2) характеристики пациентов (возраст и пол);
- 3) данные об исходах (среднее значение и стандартное отклонение результатов для всех непрерывных исходов).

Оценка риска систематической ошибки

Оценка риска предвзятости производилась независимо двумя авторами (Мештель А.В., Рыбакова П.Д.) при помощи Кокрановского инструмента оценки риска систематической ошибки Risk of Bias 2 (Rob 2, 2019) [11], визуализация графиков была реализована при помощи инструмента RobVis [12]. В случае разногласий по поводу оценки какого-либо исследования третий автор (Мирошников А.Б.) повторно производил оценку, на основании которой принималось решение.

Оценка достоверности доказательств

Был применен метод GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations) для оценки уровня достоверности доказательств, полученных из прямых, косвенных и сетевых оценок, с классификацией на высокий, умеренный, низкий или очень низкий уровень. Для определения уровня достоверности учитывались семь ключевых факторов, которые могли привести к ее снижению: риск систематической ошибки, несогласованность, косвенные доказательства, риск публикационной ошибки, нарушение транзитивности, несогласованность между прямыми и косвенными сравнениями и неточность [13, 14].

Статистический анализ

Был проведен попарный метаанализ с использованием модели случайных эффектов, в котором сравнивались группы вмешательства с контрольной группой для оценки транзитивности сравнений. Прямые сравнения между различными протоколами тренировок были проиллюстрированы с помощью сетевой диаграммы [15]. Результаты представлены в виде MD с соответствующим 95 % ДИ. Гетерогенность была проверена с помощью Q-теста Кокрана. Уровень $I^2 > 40$ % был рас-

ценен как существенная гетерогенность. Поверхность под кумулятивной кривой ранжирования (Surface Under the Cumulative Ranking Curve — SUCRA) использовалась для оценки ранжированных вероятностей эффекта вмешательства. Поскольку изученные сети включали в себя несколько замкнутых контуров, были проведены исследования на предмет несогласованности прямых и косвенных доказательств методом разделения доказательств (Node-Splitting Approach — NSA), уровень несогласованности считался критическим при $p < 0,05$. Для оценки влияния ковариат (прием антигипертензивных препаратов, длительность вмешательства, возраст, исходный уровень АД) на относительную эффективность различных протоколов тренировок мы провели сетевую метарегрессию. Коэффициенты β представлены с 95% ДИ. Все статистические анализы были выполнены в R (R Foundation) с использованием пакета netmeta.

РЕЗУЛЬТАТЫ**Поиск и отбор исследований**

На блок-схеме PRISMA описан процесс отбора исследований (рис. 1). Поиск в базах данных выявил 9462 публикации, также были включены 27 работ, обнаруженных в списках литературы. После исключения дубликатов было рассмотрено 6254 источника. По результатам первичного скрининга было отобрано 138 исследований. Из них 12 публикаций [16–27] не были обнаружены в свободном доступе, в связи с чем на почту корреспондирующим авторам был направлен запрос с просьбой выслать искомые исследования. По истечении двух недель всего 5 авторов предоставили запрошенные статьи [18, 19, 21, 23, 25]. Кроме того, был проведен анализ 5 систематических обзоров для поиска потенциально подходящих для включения исследований [28–32].

В результате анализа полнотекстовых исследований в обзор было включено 67 оригинальных статей [21, 24, 25, 33–96], в которые суммарно вошло 4466 участников. Исследования были исключены из-за отсутствия данных для метаанализа [97–106], несоответствия критерию Р [107–135], несоответствия критерию I [116, 136–141], несоответствия критерию С [142–146], несоответствия критерию О [147, 148], неподходящего дизайна [138, 149, 150] и слишком короткой продолжительности вмешательства [120, 151, 152]. Включенные исследования рассматривали такие протоколы, как высокообъемные высокоинтенсивные интервальные тренировки (HV-HIIT), низкообъемные HIIT (LV-HIIT), умеренные непрерывные тренировки (MICT), комбинированные MICT + силовые тренировки (MICT + RT), силовые тренировки (RT), круговые тренировки (Circ) и контроль без вмешательства (CON). В 39 исследованиях участники принимали лекарственные средства и их комбинации: 56 % применяли β -блокаторы, 62 % — блокаторы кальциевых каналов, 69 % — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, 54 % — блокаторы рецепторов ангиотензина II, 5 % — α -блокаторы, 5 % — антагонисты минералкортикоидных рецепторов, 8 % — ацетилсалициловую кислоту и 3 % — препараты сульфатмочевины. Однако в 28 % исследований не были описаны принимаемые лекарственные средства. Краткая характеристика включенных исследований представлена в дополнительных материалах (S1).

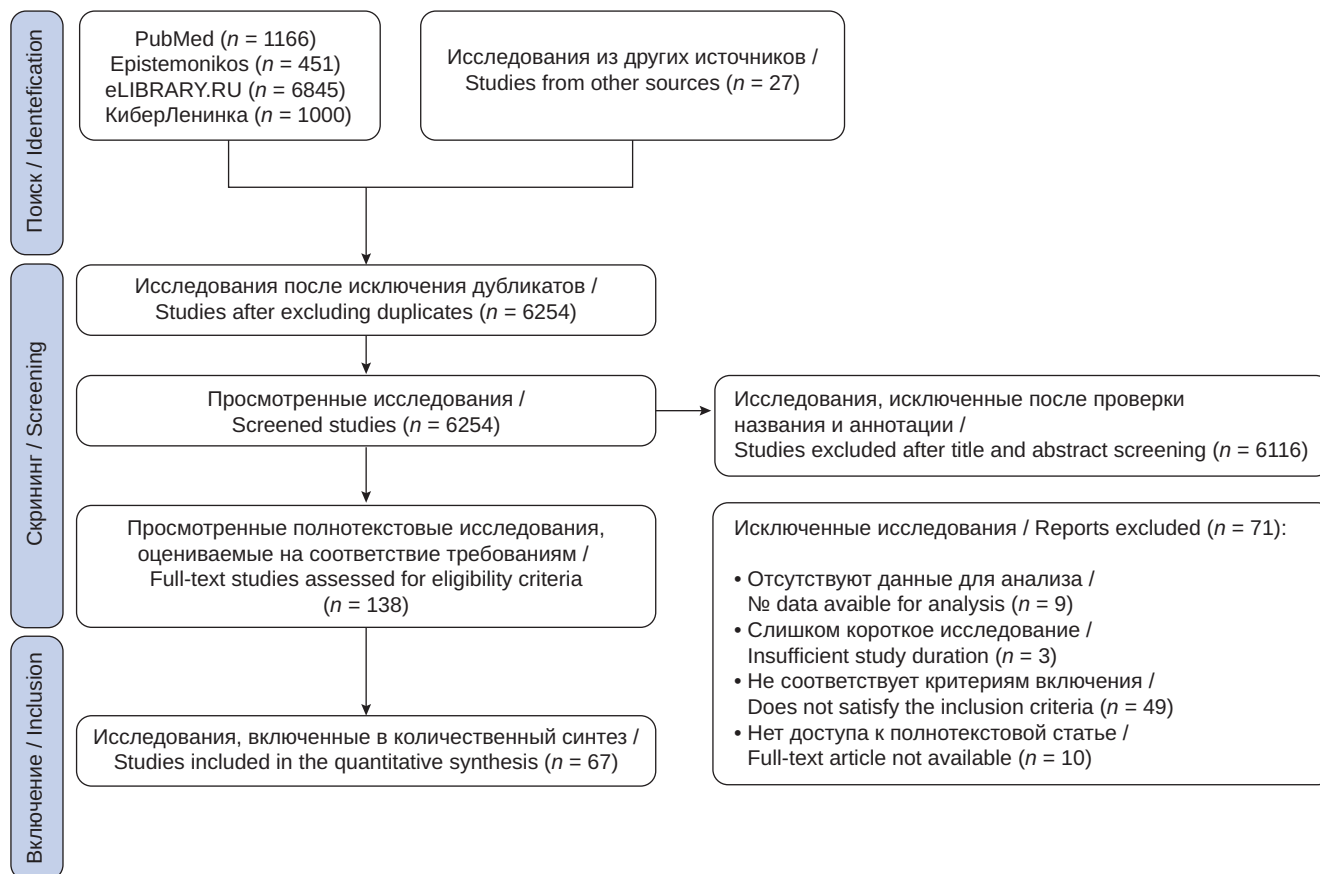
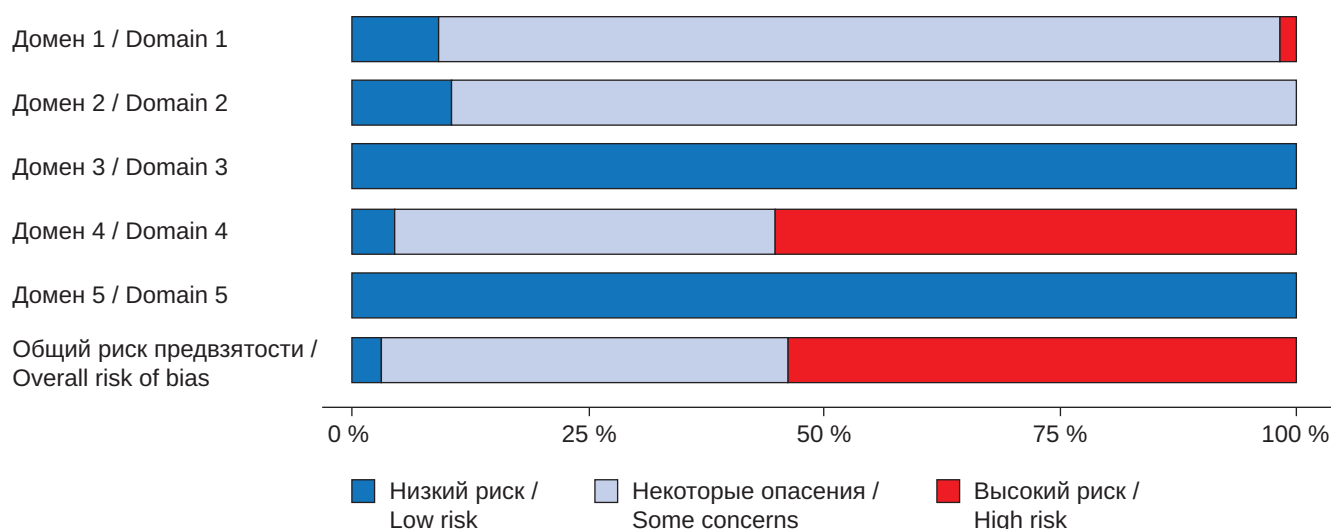


Рис. 1. Процесс поиска и отбора исследований
Fig. 1. The process of research search and selection

Риск систематической ошибки исследований

Оценка риска предвзятости показала, что из всех включенных исследований только два (2,99 %) были оценены как имеющие низкий риск систематической ошибки [65, 80]. Из оставшихся 65 исследований 36

(53,73 %) имели высокий риск предвзятости [24, 35, 36, 38, 42–45, 47, 49–54, 60–62, 64, 66, 67, 69, 70, 72, 73, 76, 82, 84–87, 91–96] и 29 (43,28 %) имели умеренный риск [21, 25, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 46, 48, 52, 55–59, 63, 68, 71, 74, 75, 77–79, 81, 83, 88–90] (рис. 2).



Домены / Domains:

1. Предвзятость, возникающая в результате процесса рандомизации / Bias arising from the randomization process
2. Предвзятость из-за отклонения от намеченных мероприятий / Bias due to deviation from the intended interventions
3. Предвзятость из-за отсутствия данных о результатах / Bias due missing outcome data
4. Предвзятость в оценке результата / Bias in measurement of the outcome
5. Предвзятость из-за выбора сообщаемого результата / Bias in selection of the reported result

Рис. 2. Краткое описание результатов оценки риска систематической ошибки
Fig. 2. A brief description of the results of the assessment of the risk of bias

Так как дизайн включенных исследований не подразумевает возможности проведения плацебо-контроля (невозможно провести имитацию физической деятельности без воздействия на системы организма), вопросы, которые касались ослепления участников и персонала, были оценены как имеющие низкий риск. Полное описание результатов оценки риска систематической ошибки представлено в дополнительных материалах (S2).

Сетевой метаанализ

Все косвенные и прямые сравнения между всеми исследованиями были проверены на согласованность и транзитивность, а полученные результаты свидетельствуют о том, что эффект согласованности между исследованиями был приемлемым ($p > 0,05$). Анализ публикационной предвзятости также не показал публикационных смещений.

Влияние различных протоколов упражнения на офисное систолическое артериальное давление

В анализ было включено 67 исследований [21, 24, 25, 33–96], куда вошло 7 тренировочных протоколов и 241 прямое сравнение (рис. 3). Сетевая геометрия представлена на рисунке 3.

Сравнительный анализ эффекта упражнений на САД показал, что практически все протоколы тренировок были эффективнее CON, но Circ не показал статистически значимых преимуществ (MD = 4,26; 95% ДИ: –11,61; 3,08, очень низкий уровень доказательств) (табл. 2). Наибольший размер эффекта был обнаружен у протоколов HV-HIIT (MD = –6,85; 95% ДИ: –9,20; –4,50, высокий

уровень доказательств) и MICT + RT (MD = –6,94; 95% ДИ: –9,97; –3,92, умеренный уровень доказательств).

Анализ SUCRA показал, что наиболее эффективным протоколом упражнений для снижения уровня САД является именно HV-HIIT (79,6 %), в то время как RT и Circ имели наименьший процент эффективности (30,2 % и 44,6 % соответственно) (рис. 4).

Результаты метарегрессионного анализа показали, что ни одна из рассматриваемых ковариат не влияла на эффективность большинства протоколов (табл. 3). Однако протокол MICT + RT статистически значимо изменялся в зависимости от длительности (каждая дополнительная неделя снижала MD на 0,75 мм рт. ст., 95% ДИ: –1,17; –0,32, $p < 0,001$) и исходного уровня ДАД (более высокий исходный уровень увеличивает MD на 0,62 мм рт. ст., 95% ДИ: 0,21; 1,03, $p = 0,003$).

Влияние различных протоколов упражнения на офисное диастолическое артериальное давление

В анализ офисного ДАД вошли те же исследования, что и в анализ офисного САД (рис. 3), количество прямых сравнений и участников было соответствующим САД. Согласно результатам сетевого метаанализа, наибольший эффект в снижении ДАД был получен при использовании протокола MICT + RT (MD = 4,80; 95% ДИ: –6,74; –2,84, низкий уровень доказательств). Кроме того, остальные протоколы также показали значительное снижение ДАД в сравнении с CON, но Circ, как и в случае с САД, не показал статистически значимых преимуществ (MD = –2,67; 95% ДИ: –1,92; 7,26, очень низкий уровень доказательств) (табл. 4).

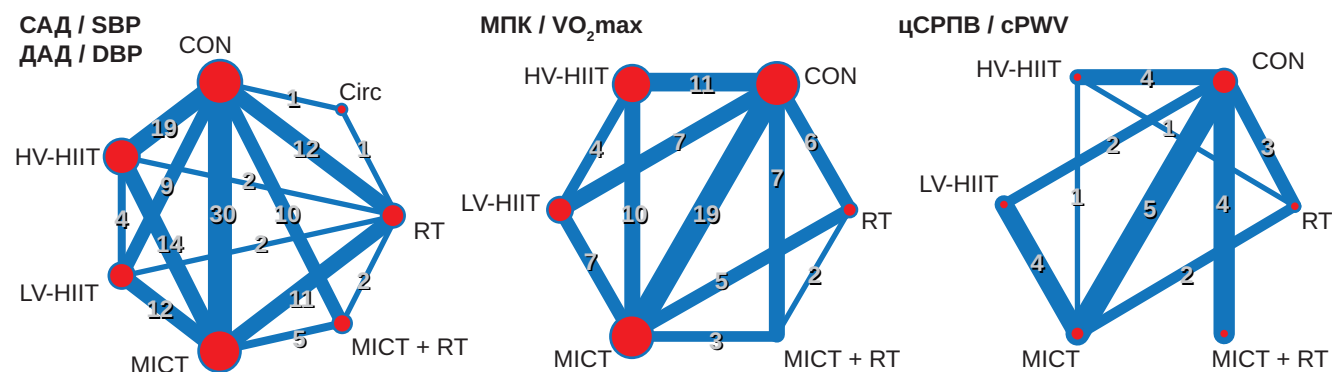


Рис. 3. Структура сети в отношении артериального давления, максимального потребления кислорода и артериальной жесткости

Fig. 3. Network structure in terms of blood pressure, maximum oxygen consumption, and arterial stiffness

Примечание: MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, Circ (circuit training) — круговая тренировка, CON (control) — контрольная группа, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, МПК — максимальное потребление кислорода, цСРПВ — центральная скорость распространения пульсовой волны.

Размер узла пропорционален числу участников исследования, а толщина непрерывных линий, соединяющих узлы, пропорциональна числу исследований, непосредственно сравнивающих 2 вида тренировок.

Note: MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, Circ — circuit training, CON — control group, RT — resistance training, SBP — systolic blood pressure, DBP — diastolic blood pressure, VO₂max — maximal oxygen consumption, cPWV — central pulse wave velocity. Node size is proportional to the number of study participants, and the thickness of solid lines connecting nodes is proportional to the number of studies directly comparing the two training types.

Таблица 2. Суммарная сравнительная оценка влияния различных протоколов тренировок на систолическое артериальное давление

Table 2. Summary comparative assessment of the impact of various training protocols on systolic blood pressure

CON	-6,11 [-8,80; -3,41]	-2,57 [-6,47; 1,33]	-5,40 [-7,52; -3,28]	-7,45 [-10,88; -4,02]	-4,23 [-7,62; -0,83]	4,60 [-3,94; 13,14]
-6,85 [-9,20; -4,50]	HV-HIIT	-0,70 [-6,24; 4,85]	4,05 [0,00; 6,10]	н/д / n/a	-0,38 [-8,82; 8,06]	н/д / n/a
-6,06 [-9,00; -3,11]	0,80 [-2,55; 4,15]	LV-HIIT	1,74 [-1,61; 5,08]	н/д / n/a	6,00 [-1,66; 13,66]	н/д / n/a
-5,10 [-6,98; -3,23]	1,75 [-0,70; 4,20]	0,95 [-1,93; 3,83]	MICT	-1,29 [-6,10; 3,52]	1,98 [-1,69; 5,66]	н/д / n/a
-6,94 [-9,97; -3,92]	-0,09 [-3,78; 3,60]	-0,89 [-4,95; 3,17]	-1,84 [-5,08; 1,40]	MICT + RT	2,51 [-4,16; 9,19]	н/д / n/a
-3,74 [-6,53; -0,94]	3,12 [-0,25; 6,48]	2,32 [-4,95; 3,17]	1,37 [-1,54; 4,27]	3,21 [-0,62; 7,04]	RT	-0,40 [-14,51; 13,71]
4,26 [-3,08; 11,61]	-2,59 [-10,27; 5,09]	-1,79 [-9,66; 6,07]	-0,84 [-8,37; 6,69]	-2,68 [-10,59; 5,22]	0,52 [-7,06; 8,11]	Circ

Примечание: MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, Circ (circuit training) — круговая тренировка, CON (control) — контрольная группа, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, н/д — нет данных.

Верхний правый треугольник показывает прямые сравнения, а нижний левый — сетевые сравнения. Данные представлены в виде: разность средних [95% ДИ] (мм рт. ст.). Полуужирным шрифтом выделена статистически значимая разница между двумя протоколами. Цветом выделены результаты оценки прямых сравнений согласно GRADE: красным выделены доказательства очень низкого качества, желтым — доказательства низкого качества, синим — доказательства умеренного качества и зеленым — доказательства высокого качества.

Note: MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, Circ — circuit training, CON — control group, RT — resistance training, n/a — no data available.

The upper right triangle shows direct comparisons, while the lower left triangle displays network comparisons. Data are presented as mean difference [95% CI] (mm Hg). Statistically significant differences between two protocols are highlighted in bold. Colors indicate the quality of evidence from direct comparisons according to GRADE: red denotes very low-quality evidence, yellow — low-quality evidence, blue — moderate-quality evidence, and green — high-quality evidence.

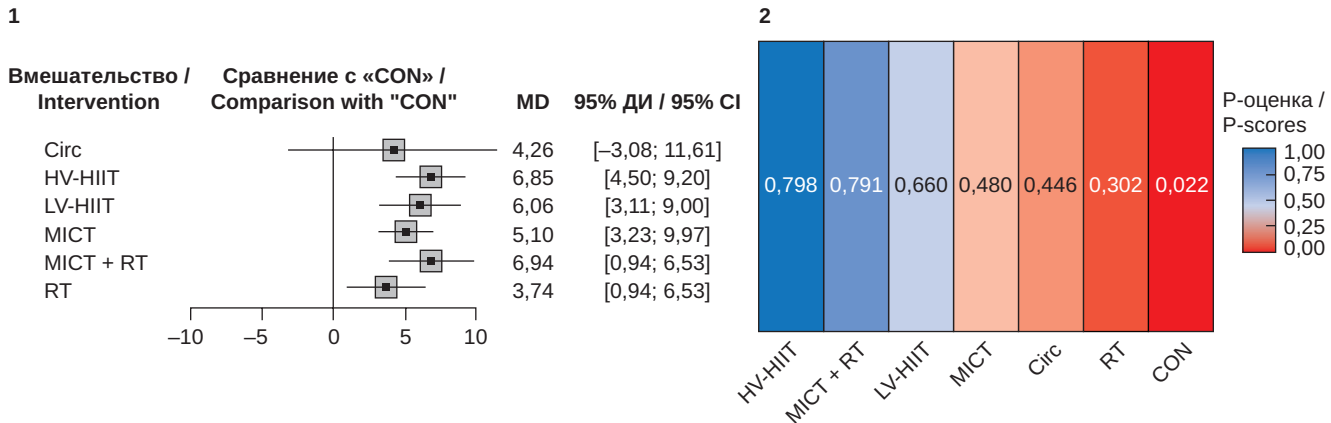


Таблица 3. Метарегрессионный анализ влияния упражнений на систолическое артериальное давление
Table 3. Meta-regression analysis of the effect of exercise on systolic blood pressure

Протокол тренировок / Training protocol	Ковариата / Covariates				
	Возраст / Age	Длительность / Duration	Прием медикаментов / Medicine intake	Исходное САД / Baseline SBP	Исходное ДАД / Baseline DBP
Circ	0,01 [−0,63; 0,65]	н/д / n/a	н/д / n/a	0,13 [−2,72; 2,97]	−0,29 [−3,01; 2,43]
HV-HIIT	−0,13 [−0,48; 0,23]	0,16 [−0,24; 0,55]	1,00 [−7,24; 9,24]	0,19 [−0,16; 0,54]	0,24 [−0,34; 0,82]
LV-HIIT	0,03 [−0,46; 0,52]	−0,11 [−1,59; 1,37]	−8,03 [−19,69; 3,64]	0,02 [−0,85; 0,90]	−0,49 [−1,87; 0,89]
MICT	0,20 [−0,13; 0,53]	−0,03 [−0,26; 0,21]	−3,44 [−9,43; 2,56]	−0,02 [−0,25; 0,19]	−0,13 [−0,56; 0,31]
MICT + RT	−0,05 [−0,27; 0,17]	−0,75 [−1,17; −0,32]	−6,02 [−12, 87; 0,83]	0,33 [−0,06; 0,72]	0,62 [0,21; 1,03]
RT	−0,05 [−0,38; 0,27]	−0,12 [−1,40; 1,16]	−0,71 [−10,66; 9,24]	−0,03 [−0,43; 0,38]	−0,21 [−1,48; 1,03]

Примечание: САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, Circ (circuit training) — круговая тренировка, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, н/д — нет данных. Данные представлены в виде β -коэффициентов регрессии и 95% ДИ, полужирным шрифтом выделены статистически значимые влияния ковариат на рассматриваемые исходы.
Note: SBP — systolic blood pressure, DBP — diastolic blood pressure, MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, Circ — circuit training, RT — resistance training, n/a — no data available.
Data are presented as regression β -coefficients with 95% CI, statistically significant effects of covariates on the outcomes are highlighted in bold.

Таблица 4. Суммарная сравнительная оценка влияния различных протоколов тренировок на диастолическое артериальное давление
Table 4. Summary comparative assessment of the effect of various training protocols on diastolic blood pressure

CON	−2,99 [−4,69; −1,30]	−0,54 [−3,02; 1,94]	−3,18 [−4,58; −1,78]	−5,36 [−7,57; −3,15]	−4,36 [−6,65; −2,07]	2,60 [−2,83; 8,03]
−3,77 [−5,29; −2,25]	HV-HIIT	1,98 [−1,48; 5,43]	0,89 [−1,17; 2,95]	н/д / n/a	−0,37 [−5,94; 5,21]	н/д / n/a
−2,89 [−4,77; −1,01]	0,88 [−1,27; 3,02]	LV-HIIT	0,18 [−1,98; 2,33]	н/д / n/a	6,39 [1,11; 11,66]	н/д / n/a
−3,50 [−4,73; −2,27]	0,27 [−1,38; 1,90]	−0,61 [−2,45; 1,23]	MICT	−1,08 [−4,08; 1,91]	1,75 [−0,64; 4,15]	н/д / n/a
−4,80 [−6,74; −2,84]	−1,02 [−3,40; 1,37]	−1,90 [−4,49; −0,70]	−1,29 [−3,37; 0,79]	MICT + RT	3,03 [−1,36; 7,42]	н/д / n/a
−2,74 [−4,59; −0,90]	1,03 [−1,19; 3,24]	0,15 [−2,25; 2,55]	0,76 [−1,14; 2,65]	2,05 [−0,45; 4,54]	RT	0,10 [−8,29; 8,49]
2,67 [−1,92; 7,26]	−1,10 [−5,91; 3,71]	−0,22 [−5,15; 4,70]	−0,83 [−5,54; 3,89]	−2,12 [−7,08; 2,84]	−0,07 [−4,81; 4,67]	Circ

Примечание: MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, Circ (circuit training) — круговая тренировка, CON (control) — контрольная группа, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, н/д — нет данных.
Верхний правый треугольник показывает прямые сравнения, а нижний левый — сетевые сравнения, данные представлены в виде: разность средних [95% ДИ] (мм рт. ст.), полужирным шрифтом выделена статистически значимая разница между двумя протоколами. Цветом выделены результаты оценки прямых сравнений согласно GRADE: красным выделены доказательства очень низкого качества, желтым — доказательства низкого качества, синим — доказательства умеренного качества и зеленым — доказательства высокого качества.
Note: MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, Circ — circuit training, CON — control group, RT — resistance training.
The upper right triangle shows direct comparisons, while the lower left triangle displays network comparisons, data are presented as mean difference [95% CI] (mm Hg), n/a — no data available. Statistically significant differences between two protocols are highlighted in bold. Colors indicate the quality of evidence from direct comparisons according to GRADE: red denotes very low-quality evidence, yellow — low-quality evidence, blue — moderate-quality evidence, and green — high-quality evidence.

Результаты SUCRA (рис. 5) указывают на то, что именно MICT + RT является наиболее эффективным методом снижения ДАД (89,3 %), однако в ходе оценки GRADE были выявлены критерии, ослабляющие качество доказательств. Вторым по эффективности был HV-HIIT (68,4 %). Несмотря на более низкую вероятность того, что это наилучший метод, уровень качества доказательств был оценен как высокий.

Метарегрессионный анализ продемонстрировал, что на снижение ДАД влияет исходный уровень САД при протоколах HV-HIIT ($p = 0,018$), MICT ($p = 0,005$), MICT + RT ($p = 0,001$) и RT ($p = 0,006$) (табл. 5). Регрессия показывает, что с увеличением исходного уровня САД снижение ДАД увеличивается на 0,15–0,28 мм рт. ст. Кроме того, анализ также продемонстрировал, что на эффективность MICT + RT влияет также исходный уровень ДАД: с его ростом эффективность тренировок растет на 0,39 мм рт. ст. (95% ДИ: 0,10; 0,67, $p = 0,007$).

Влияние различных протоколов упражнения на центральную скорость распространения пульсовой волны

Данный параметр оценивался в 19 исследованиях [21, 34–36, 43, 44, 46, 47, 57, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 79, 90, 91, 93]. Анализ включал 6 вмешательств, 39 прямых сравнений и 8 замкнутых контуров (рис. 3). В таблице 6 представлены результаты прямых и комбинированных сравнений вмешательств.

Было выявлено снижение цСРПВ при всех протоколах тренировки (кроме MICT + RT), но наибольшее MD наблюдалась при сравнении HV-HIIT и CON (MD = -1,33; 95% ДИ: -1,58; -1,08, доказательство умеренного уровня). Оценка SUCRA показала, что наибольшие эффекты в снижении цСРПВ имеют протоколы HV-HIIT (99,2 %) и RT (75,6 %), в то время как наименьший эффект имели MICT + RT (12,6 %) и контроль (8,9 %) (рис. 6).

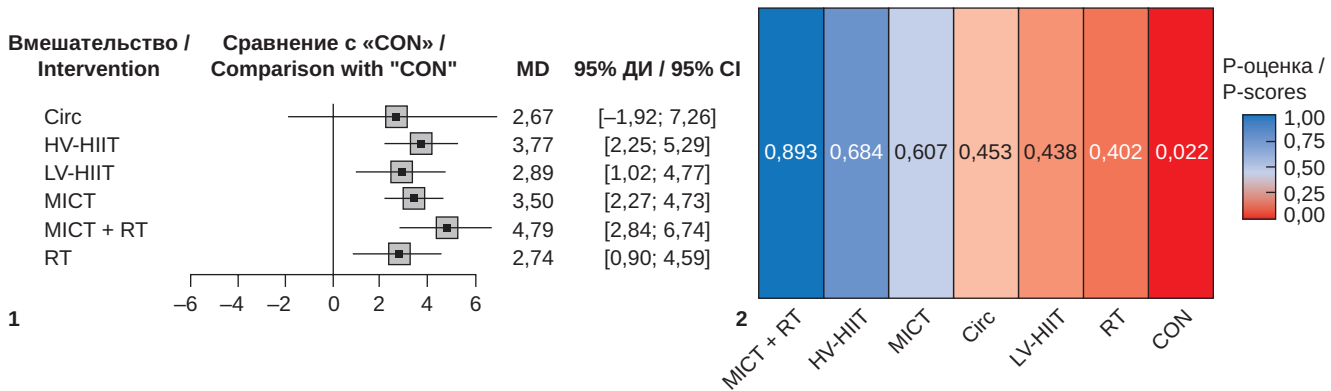


Рис. 5. Результаты попарных сравнений влияния различных протоколов тренировок и контроля на уровень диастолического артериального давления (1) и результаты оценки SUCRA (2)

Fig. 5. The results of pairwise comparisons of the effects of different training protocols and control on diastolic blood pressure levels (1) and the results of the SUCRA assessment (2)

Таблица 5. Метарегрессионный анализ влияния упражнений на диастолическое артериальное давление

Table 5. Meta-regression analysis of the effect of exercise on diastolic blood pressure

Протокол тренировок / Training protocol	Ковариата / Covariates				
	Возраст / Age	Длительность / Duration	Прием медикаментов / Medicine intake	Исходное САД / Baseline SBP	Исходное ДАД / Baseline DBP
Circ	-0,05 [-0,47; 0,37]	н/д / n/a	н/д / n/a	-0,2 [-1,62; 1,22]	1,12 [-0,53; 2,76]
HV-HIIT	-0,16 [-0,41; 0,09]	0,26 [-0,04; 0,57]	-1,87 [-7,67; 3,93]	0,23 [0,04; 0,43]	0,27 [-0,09; 0,63]
LV-HIIT	0,01 [-0,31; 0,33]	-0,17 [-1,13; 0,79]	-2,40 [-9,64; 4,85]	0,07 [-0,34; 0,49]	0,26 [-0,58; 1,09]
MICT	0,06 [-0,17; 0,28]	0,11 [-0,05; 0,27]	-1,05 [-5,20; 3,09]	0,15 [0,05; 0,26]	0,25 [-0,03; 0,54]
MICT + RT	-0,01 [-0,18; 0,16]	-0,28 [-0,58; 0,02]	-3,88 [-8,39; 0,63]	0,31 [0,13; 0,50]	0,39 [0,10; 0,67]
RT	0,08 [-0,17; 0,33]	0,43 [-0,33; 1,20]	6,38 [-0,01; 12,76]	0,28 [0,08; 0,48]	0,74 [-0,03; 1,52]

Примечание: САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, Circ (circuit training) — круговая тренировка, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, н/д — нет данных.

Данные представлены в виде β -коэффициентов регрессии и 95% ДИ, полужирным шрифтом выделены статистически значимые влияния ковариат на рассматриваемые исходы.

Note: SBP — systolic blood pressure, DBP — diastolic blood pressure, MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, Circ — circuit training, RT — resistance training, n/a — no data available.

Data are presented as regression β -coefficients with 95% CI, statistically significant effects of covariates on the outcomes are highlighted in bold.

Таблица 6. Суммарная сравнительная оценка влияния различных протоколов тренировок на центральную скорость распространения пульсовой волны

Table 6. Summary comparative assessment of the effect of various training protocols on central pulse wave velocity

CON	-1,34 [-1,60; -1,09]	-1,06 [-2,12; -0,01]	-0,50 [-0,90; -0,06]	-0,03 [-0,37; 0,31]	-0,99 [-1,33; -0,65]
-1,33 [-1,58; -1,08]	HV-HIIT	н/д / n/a	0,70 [-1,53; 2,93]	н/д / n/a	0,32 [-0,11; 0,75]
-0,67 [-1,25; -0,10]	0,66 [0,04; 1,28]	LV-HIIT	0,11 [-0,37; 0,58]	н/д / n/a	н/д / n/a
-0,52 [-0,91; -0,12]	0,81 [0,35; 1,27]	0,16 [-0,30; 0,62]	MICT	н/д / n/a	-0,27 [-1,44; 1,00]
-0,03 [-0,37; 0,31]	1,30 [0,88; 1,72]	0,64 [-0,02; 1,31]	0,49 [-0,03; 1,01]	MICT + RT	н/д / n/a
-0,95 [-1,28; -0,62]	0,38 [0,01; 0,74]	-0,28 [-0,92; 0,37]	-0,43 [-0,93; 0,06]	-0,92 [-1,39; -0,45]	RT

Примечание: MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, CON (control) — контрольная группа, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями.

Верхний правый треугольник показывает прямые сравнения, а нижний левый — сетевые сравнения, данные представлены в виде: разность средних [95% ДИ] (м/с), н/д — нет данных. Полужирным шрифтом выделена статистически значимая разница между двумя протоколами. Цветом выделены результаты оценки прямых сравнений согласно GRADE: красным выделены доказательства очень низкого качества, желтым — доказательства низкого качества, синим — доказательства умеренного качества и зеленым — доказательства высокого качества.

Note: MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, CON — control group, RT — resistance training.

The upper right triangle shows direct comparisons, while the lower left triangle displays network comparisons, data are presented as mean difference [95% CI] (m/s), n/a — no data available. Statistically significant differences between two protocols are highlighted in bold. Colors indicate the quality of evidence from direct comparisons according to GRADE: red denotes very low-quality evidence, yellow — low-quality evidence, blue — moderate-quality evidence, and green — high-quality evidence.

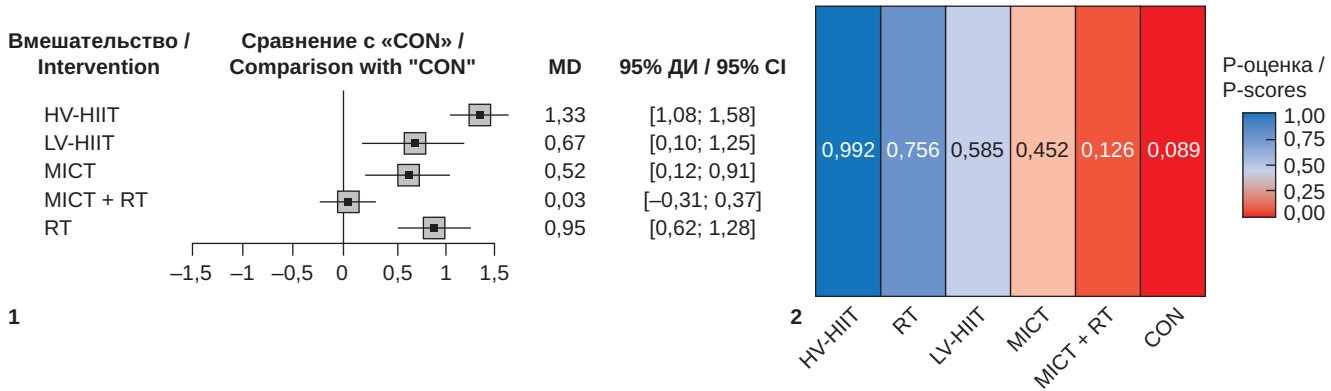


Рис. 6. Результаты попарных сравнений влияния различных протоколов тренировок и контроля на уровень центральной скорости распространения пульсовой волны (1) и результаты оценки SUCRA (2)

Fig. 6. The results of pairwise comparisons of the effects of different training protocols and control on the level of central pulse wave velocity (1) and the results of the SUCRA assessment (2)

Метарегрессия показала, что эффект тренировок на цСРПВ может зависеть от двух параметров: в случае с HV-HIIT прием медикаментов замедляет снижение артериальной жесткости ($p = 0,04$), в то время как эффект от RT снижается с возрастом: чем старше человек, тем менее выражена эффективность данного протокола ($p = 0,04$) (табл. 7).

Влияние различных протоколов упражнения на максимальное потребление кислорода

Уровень МПК оценивался в 36 исследованиях [25, 33, 37–40, 42, 47, 48, 52–55, 57, 60–66, 69, 71, 72, 77, 79–84, 87–89, 91, 93]. В анализ включено 6 групп и 81 прямое сравнение (рис. 3). Анализ транзитивности не выявил критической несогласованности ($p > 0,05$).

В таблице 8 представлены результаты попарного анализа. С точки зрения эффективности практически все протоколы тренировок привели к увеличению МПК, кроме RT (MD = 0,07; 95% ДИ: -1,97; 2,12, умеренный уровень доказательств). Кроме того, стоит отметить, что классический метод тренировок (МИКТ) хотя и был эффективен для повышения МПК в сравнении с контролем, он уступал протоколу HV-HIIT (MD = 2,93; 95% ДИ: 1,47; 4,39, высокий уровень доказательств). RT, в свою очередь, был наименее эффективным методом увеличения МПК (доказательства от очень низкого до высокого), что подтверждается анализом SUCRA (RT = 9,5 %).

Наиболее эффективным методом развития МПК в сравнении с CON согласно анализу является HV-HIIT

(MD = 6,38; 95% ДИ: 4,91; 7,84, высокий уровень доказательств), при этом оценка SUCRA также подтверждает данные результаты (HV-HIIT = 99,8 %) (рис. 7).

Метарегрессионный анализ также не показал влияния какой-либо рассматриваемой ковариаты на рост МПК (табл. 9).

Таблица 7. Метарегрессионный анализ влияния упражнений на центральную скорость распространения пульсовой волны

Table 7. Meta-regression analysis of the effect of exercise on central pulse wave velocity

Протокол тренировок / Training protocol	Ковариата / Covariates				
	Возраст / Age	Длительность / Duration	Прием медикаментов / Medicine intake	Исходное САД / Baseline SBP	Исходное ДАД / Baseline DBP
HV-HIIT	0,08 [−0,04; 0,20]	−0,04 [−0,16; 0,08]	−1,43 [−2,81; −0,05]	−0,04 [−0,14; 0,05]	−0,06 [−0,18; 0,06]
LV-HIIT	0,13 [−0,03; 0,28]	0,31 [−0,02; 0,63]	н/д / n/a	0,29 [−0,04; 0,62]	−0,07 [−1,51; 1,36]
MICT	0,06 [−0,08; 0,21]	0,00 [−0,15; 0,16]	−2,99 [−6,07; 0,095]	0,07 [−0,18; 0,31]	−0,46 [−1,84; 0,93]
MICT + RT	0,03 [−0,11; 0,16]	−0,02 [−0,08; 0,04]	1,01 [−0,80; 2,83]	−0,01 [−0,11; 0,10]	0,03 [−0,09; 0,15]
RT	−0,12 [−0,24; −0,01]	0,37 [−0,05; 0,79]	н/д / n/a	−0,32 [−0,77; 0,12]	1,59 [−3,57; 6,74]

Примечание: САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями, н/д — нет данных.

Данные представлены в виде β -коэффициентов регрессии и 95% ДИ, полужирным шрифтом выделены статистически значимые влияния ковариат на рассматриваемые исходы.

Note: SBP — systolic blood pressure, DBP — diastolic blood pressure, MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, RT — resistance training, n/a — no data available.

Data are presented as regression β -coefficients with 95% CI, statistically significant effects of covariates on the outcomes are highlighted in bold.

Таблица 8. Суммарная сравнительная оценка влияния различных протоколов тренировок на максимальное потребление кислорода

Table 8. Summary comparative assessment of the impact of various training protocols on maximal oxygen consumption

CON	6,63 [8,37; 4,88]	2,83 [4,56; 1,10]	3,67 [4,78; 2,57]	4,00 [5,80; 2,19]	0,29 [−2,52; 1,95]
6,38 [4,91; 7,84]	HV-HIIT	0,61 [−1,65; 3,86]	3,76 [2,10; 5,42]	н/д / n/a	н/д / n/a
3,99 [2,54; 5,44]	2,38 [0,66; 4,11]	LV-HIIT	0,77 [−1,05; 2,60]	н/д / n/a	н/д / n/a
3,45 [2,42; 4,47]	2,93 [1,47; 4,39]	0,55 [−0,94; 2,03]	MICT	0,88 [−2,18; 3,95]	4,24 [1,64; 6,84]
3,75 [2,10; 5,40]	2,63 [0,47; 4,77]	0,24 [−1,91; 2,39]	−0,31 [−2,12; 1,51]	MICT + RT	4,29 [0,14; 8,44]
−0,07 [−2,12; 1,97]	6,45 [4,01; 8,89]	4,06 [1,62; 6,51]	3,52 [1,39; 5,64]	3,82 [1,34; 6,31]	RT

Примечание: MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, CON (control) — контрольная группа, RT (resistance training) — тренировка с отягощениями.

Верхний правый треугольник показывает прямые сравнения, а нижний левый — сетевые сравнения, данные представлены в виде: разность средних [95% ДИ] (мл/кг/мин), н/д — нет данных, полужирным шрифтом выделена статистически значимая разница между двумя протоколами. Цветом выделены результаты оценки прямых сравнений согласно GRADE: красным выделены доказательства очень низкого качества, желтым — доказательства низкого качества, синим — доказательства умеренного качества и зеленым — доказательства высокого качества.

Note: MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, CON — control group, RT — resistance training.

The upper right triangle shows direct comparisons, while the lower left triangle displays network comparisons, data are presented as mean difference [95% CI] (ml/kg/min), n/a — no data available. Statistically significant differences between two protocols are highlighted in bold. Colors indicate the quality of evidence from direct comparisons according to GRADE: red denotes very low-quality evidence, yellow — low-quality evidence, blue — moderate-quality evidence, and green — high-quality evidence.

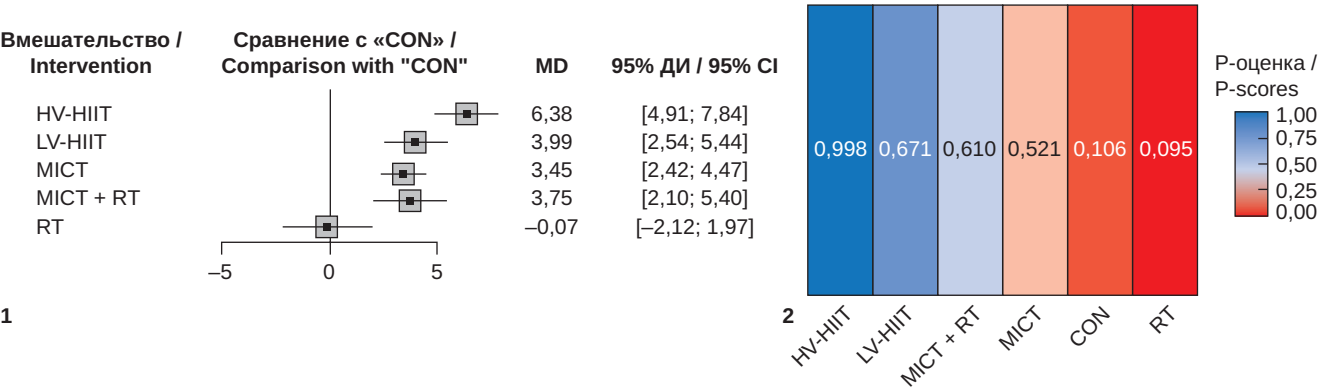


Рис. 7. Результаты попарных сравнений влияния различных протоколов тренировок и контроля на уровень максимального потребления кислорода (1) и результаты оценки SUCRA (2)

Fig. 7. The results of pairwise comparisons of the effects of various training protocols and controls on the level of maximum oxygen consumption (1) and the results of the SUCRA assessment (2)

Таблица 9. Метарегрессионный анализ влияния упражнений на максимальное потребление кислорода
Table 9. Meta-regression analysis of the effect of exercise on maximal oxygen consumption

Протокол тренировок / Training protocol	Ковариата / Covariates				
	Возраст / Age	Длительность / Duration	Прием медикаментов / Medicine intake	Исходное САД / Baseline SBP	Исходное ДАД / Baseline DBP
HV-HIIT	0,02 [-0,48; 0,52]	-0,13 [-1,52; 1,26]	н/д / n/a	0,00 [-1,10; 1,12]	0,12 [-0,91; 1,15]
LV-HIIT	-0,04 [-0,41; 0,33]	-0,15 [-0,68; 0,37]	-1,80 [-6,97; 3,38]	-0,13 [-0,51; 0,25]	0,21 [-0,41; 0,82]
MICT	0,10 [-0,03; 0,22]	0,07 [-0,13; 0,27]	-1,26 [-3,64; 1,11]	-0,00 [-0,16; 0,16]	-0,02 [-0,25; 0,22]
MICT + RT	0,01 [-0,12; 0,13]	-0,05 [-0,27; 0,17]	-1,38 [-3,71; 0,95]	0,09 [-0,12; 0,29]	0,06 [-0,20; 0,32]

Примечание: САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, MICT (moderate-intensity continuous training) — непрерывная тренировка умеренной интенсивности, LV-HIIT (low-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка низкого объема, HV-HIIT (high-volume high-intensity interval training) — высокоинтенсивная интервальная тренировка высокого объема, н/д — нет данных.

Данные представлены в виде β -коэффициентов регрессии и 95% ДИ.

Note: SBP — systolic blood pressure, DBP — diastolic blood pressure, MICT — moderate-intensity continuous training, LV-HIIT — low-volume high-intensity interval training, HV-HIIT — high-volume high-intensity interval training, n/a — no data available.

Data are presented as regression β -coefficients with 95% CI.

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние упражнений на артериальное давление

Полученные нами данные свидетельствуют о высокой степени влияния HV-HIIT на уровень САД. Несмотря на то что влияние упражнений на АД рассматривалось неоднократно в метаанализах [3, 6, 153, 154], в них рассматривались общие понятия HIIT без акцента на многообразие данного термина. Так, в систематическом обзоре 2023 г. Oliveira G.H. et al. [32] и метаанализе Li L. et al. 2022 г. [154] были сделаны аналогичные выводы касательно эффективности HIIT в снижении САД в сравнении с MICT. Результаты настоящего обзора также подтверждают это. Однако авторы ранее опубликованных исследований приравнивали протокол 4 × 4 минуты, протокол 7 × 30 секунд, протокол 10 × 1 минуту и т. д., что в некоторой степени неверно из-за различных физиологических механизмов, которые будут наблюдаться в настолько разных подходах.

Когда речь идет об АД при АГ, принцип «чем больше, тем лучше» является максимально разумным [155],

поэтому предпочтение должно отдаваться именно тем протоколам, которые вызывают наибольший сдвиг в АД. Так, именно протокол HV-HIIT позволяет добиться данного эффекта с точки зрения САД. С точки зрения ДАД наш сетевой метаанализ продемонстрировал, что наиболее эффективным подходом является MICT + RT. Эти результаты согласуются с ранее опубликованными метаанализами [3, 156], в которых также отмечается снижение ДАД, но не САД в сравнении с другими протоколами. С другой стороны, несмотря на то что MICT + RT, вероятно, является наиболее эффективным средством снижения ДАД (SUCRA = 89,3 %), стоит отметить крайне низкое качество данного утверждения. Низкое качество вызвано в первую очередь высокой гетерогенностью и большим количеством исследований с высоким риском систематической ошибки. HV-HIIT, в свою очередь, хотя и имеет более низкую вероятность оказаться наиболее эффективным методом (SUCRA = 68,4 %), качество доказательств было оценено как умеренное. Другой проблемой, как и в случае с HIIT, является многообразие MICT + RT. В исследова-

ниях под этим термином рассматриваются как тренировки аэробного и силового характера в один день, так и в разные дни, как высокой интенсивности силовых нагрузок, так и низкой интенсивности, встречаются как сплит-протоколы, так и упражнения на все группы мышц, что, вероятнее всего, и является причиной высокой гетерогенности исследований, изучающих данный вид тренировочных нагрузок. Данная тема должна быть целью отдельных исследований и изучаться более глубоко.

Влияние упражнений на артериальную жесткость

Одним из основных маркеров АГ является скорость распространения пульсовой волны, которая отражает артериальную жесткость. Результаты нашего исследования показали, что, как и в случае с САД, наиболее эффективным методом является именно HV-HIIT. В мета-анализах цСРПВ при аэробных тренировках рассматривается довольно часто, однако данные противоречивы. Так, в исследовании Lopes S. et al. [30] было выявлено, что аэробная тренировка является наиболее эффективной для снижения цСРПВ, в то время как силовой тренинг не имеет различий в сравнении с контролем. Наши результаты, наоборот, показывают, что RT является вторым по эффективности методом (SUCRA = 75,6 %). Причину данных разногласий выявить не удалось. В то же время Zhou W.S. et al. [157] также отметили эффективность RT в снижении артериальной жесткости. Снижение цСРПВ на 1 м/с клинически значимо и способно снизить риск развития АГ и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Такой уровень достигался при HV-HIIT и практически был достигнут при RT. Исходя из этого результаты, которые касаются снижения артериальной жесткости, следует интерпретировать с осторожностью, так как они требуют дальнейшего изучения.

Влияние упражнений на максимальное потребление кислорода

Хотя в исследованиях редко сопоставляют МПК и АД у больных АГ, некоторые данные указывают на их корреляцию. Четкой зависимости не установлено, но МПК часто рассматривается в исследованиях АГ и все чаще связывается с этим состоянием [158]. При этом МПК остается одним из наиболее информативных показателей кардиореспираторных возможностей организма [159]. В нашем исследовании МПК увеличивался при всех протоколах тренировки (HV-HIIT, LV-HIIT, MICT, MICT + RT), кроме RT, что можно объяснить эффектом разбавления митохондрий, вызванным силовой нагрузкой и нагрузкой на выносливость [160]. Наибольший рост МПК отмечается при HV-HIIT и LV-HIIT, что свидетельствует о большей эффективности интервального тренинга вне зависимости от длительности и количества интервалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании представлены убедительные доказательства высокого и умеренного качества того, что аэробная работа в режиме HV-HIIT (≥ 10 минут работы с интервалами работы 4–8 минут) представляет собой наиболее эффективный метод как для снижения САД (SUCRA = 79,6 %) и цСРПВ (SUCRA = 99,2 %), так и для повышения МПК (SUCRA = 99,8 %) в сравнении с другими тренировочными протоколами. С другой стороны, уровень ДАД был снижен более эффективно при протоколе MICT + RT (SUCRA = 89,3 %), однако эти доказательства имеют низкое качество из-за проблем дифференциации силового тренинга и его многообразия.

Необходимы дальнейшие долгосрочные исследования, которые полноценно раскроют влияние различных протоколов HIIT на АД, а также необходимы исследования, которые позволят более детально классифицировать другие упражнения для более детального дальнейшего изучения их влияния на АГ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Мештель Александр Виталиевич, преподаватель кафедры анатомии и биологической антропологии, аспирант кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК».

E-mail: meshtel.author@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4982-5615>

Мирошников Александр Борисович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0302>

Рыбакова Полина Денисовна, аналитик отдела спортивной нутрициологии, Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Департамента спорта города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518>

Смоленский Андрей Вадимович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5663-9936>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям

ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Мештель А.В. — методология, верификация данных, анализ данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, проведение исследования, руководство проектом; Мирошников А.Б. — методология, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Рыбакова П.Д. — верификация данных, анализ данных, написание черновика рукописи, визуализация; Смоленский А.В. — проверка и редактирование рукописи, курирование проекта.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Alexander V. Meshtel, Lecturer at the Department of Anatomy and Biological Anthropology, Postgraduate student of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports "GTSOLIFK".

E-mail: meshtel.author@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4982-5615>

Alexandr B. Miroshnikov, D.Sc. (Biol.), Docent, Professor of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports "GTSOLIFK".

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0302>

Polina D. Rybakova, Sports Nutrition Analyst, Moscow Center of Advanced Sport Technologies.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-6518>

Andrei V. Smolensky, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Sports Medicine, Russian University of Sports "GTSOLIFK".

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5663-9936>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Meshtel A.V. — methodology, validation, formal analysis, writing — original draft, writing — review & editing, investigation, project administration; Miroshnikov A.B. — methodology, validation, formal analysis, writing — review & editing; Rybakova P.D. — validation, formal analysis, writing — original draft; Smolensky A.V. — writing — review & editing, supervision.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Roth G.A., Abate D., Abate K.H., et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018; 392: 1736–1788. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32203-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32203-7)
2. Lim S.S., Vos T., Flaxman A.D., et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012; 380: 2224–2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
3. Edwards J.J., Deenmamode A.H.P., Griffiths M., et al. Exercise training and resting blood pressure: a large-scale pairwise and network meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*. 2023; 57(20): 1317–1326. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106503>
4. Jabbarzadeh Ganjeh B., Zeraattalab-Motlagh S., Jayedi A., et al. Effects of aerobic exercise on blood pressure in patients with hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized trials. *Hypertens Res*. 2024; 47(2): 385–398. <https://doi.org/10.1038/s41440-023-01467-9>
5. Henkin J.S., Pinto R.S., Machado C.L.F., Wilhelm E.N. Chronic effect of resistance training on blood pressure in older adults with prehypertension and hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol*. 2023; 177: 112193. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2023.112193>
6. Gao W., Lv M., Huang T. Effects of different types of exercise on hypertension in middle-aged and older adults: a network meta-analysis. *Front Public Health*. 2023; 11: 1194124. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1194124>
7. Yang D., Tao S., Shao M., et al. Effectiveness of exercise training on arterial stiffness and blood pressure among postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2024; 13(1): 169. <https://doi.org/10.1186/s13643-024-02589-y>
8. Aispuru-Lanche R., Jayo-Montoya J.A., Maldonado-Martin S. Vascular-endothelial adaptations following low and high volumes of high-intensity interval training in patients after myocardial infarction. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2024; 18: 17539447241286036. <https://doi.org/10.1177/17539447241286036>
9. Hutton B., Salanti G., Caldwell D.M., et al. The PRISMA Extension Statement for Reporting of Systematic Reviews Incorporating Network Meta-analyses of Health Care Interventions: Checklist and Explanations. *Ann Intern Med*. 2015; 162(11): 777–784. <https://doi.org/10.7326/M14-2385>
10. Moher D., Shamseer L., Clarke M., et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015; 4(1): 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
11. Higgins J.P., Sterne J.A., Savovic J., et al. A revised tool for assessing risk of bias in randomized trials. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016; 10: 29–31.
12. McGuinness L.A., Higgins J.P.T. Risk-of-bias VISualization (robvis): An R package and Shiny web app for visualizing risk-of-bias assessments. *Res Syn Meth*. 2020; 1–7. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1411>
13. Puhan M.A., Schünemann H.J., Murad M.H., et al. A GRADE Working Group approach for rating the quality of treatment effect estimates from network meta-analysis. *BMJ*. 2014; 349: g5630.
14. Brignardello-Petersen R., Bonner A., Alexander P.E., et al. Advances in the GRADE approach to rate the certainty in estimates from a network meta-analysis. *J Clin Epidemiol*. 2018; 93: 36–44.
15. Chaimani A., Higgins J.P., Mavridis D., et al. Graphical tools for network meta-analysis in STATA. *PLoS ONE*. 2013; 8: e76654. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076654>
16. Ferreira M.L.V., Castro A., Nunes S.G.O., et al. Hemodynamic Predictors of Blood Pressure Responsiveness to Continuous Aerobic Training in Postmenopausal Hypertensive Women. *Metab Syndr Relat Disord*. 2023 Nov; 21(9): 517–525. <https://doi.org/10.1089/met.2023.0032>
17. Edwards J.J., Taylor K.A., Cottam C., et al. Ambulatory blood pressure adaptations to high-intensity interval training: a randomized controlled study. *J Hypertens*. 2021; 39(2): 341–348. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002630>
18. Aghaei Bahmanbeglou N., Ebrahim K., Maleki M., et al. Short-duration high-intensity interval exercise training is more effective than long duration for blood pressure and arterial stiffness but not for inflammatory markers and lipid profiles in patients with stage 1 hypertension. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2019; 39(1): 50–55. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000377>
19. de Oliveira G.H., Boutouyrie P., Simões C.F., et al. The impact of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on arterial stiffness and blood pressure in young obese women: a randomized controlled trial. *Hypertens Res*. 2020; 43(11): 1315–1318. <https://doi.org/10.1038/s41440-020-0477-2>
20. Alvarez C., Peñailillo L., Ibacache-Saavedra P., et al. Six weeks of a concurrent training therapy improves endothelial function and arterial stiffness in hypertensive adults with minimum non-responders. *Hipertens Riesgo Vasc*. 2024; 41(4): 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2024.07.001>
21. Bavaresco Gambassi B., Chaves L.F.C., Sousa T.M.D.S., et al. Short-duration dynamic power training with elastic bands combined with endurance training: a promising approach to hypertension management in older adults. *J Hypertens*. 2024; 42(4): 735–742. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003681>

22. Fang H., Liu C., Cavdar O. The relation between submaximal aerobic exercise improving vascular elasticity through loss of visceral fat and antihypertensive. *Clin Exp Hypertens.* 2021; 43(3): 203–210. <https://doi.org/10.1080/10641963.2020.1847127>
23. Abrahin O., Abrahin R.P., Guimarães M., et al. Blood pressure responsiveness to resistance training in the hypertensive older adult: a randomized controlled study. *Blood Press Monit.* 2024; 29(2): 71–81. <https://doi.org/10.1097/MBP.0000000000000690>
24. Abrahin O., Abrahin R.P., de Sousa E.C., et al. Inter-individual variations in response to aerobic and resistance training in hypertensive older adults. *J Hypertens.* 2022; 40(6): 1090–1098. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003139>
25. Phoemsapthawee J., Sriton B. Combined exercise training improves blood pressure at rest and during exercise in young obese prehypertensive men. *J Sports Med Phys Fitness.* 2021; 61(3): 468–479. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11222-2>
26. Lopes S., Mesquita-Bastos J., Garcia C., et al. Aerobic exercise improves central blood pressure and blood pressure variability among patients with resistant hypertension: results of the EnRich trial. *Hypertens Res.* 2023; 46(6): 1547–1557. <https://doi.org/10.1038/s41440-023-01229-7>
27. Roque Marçal I., Teixeira Do Amaral V., Fernandes B., et al. Acute high-intensity interval exercise versus moderate-intensity continuous exercise in heated water-based on hemodynamic, cardiac autonomic, and vascular responses in older individuals with hypertension. *Clin Exp Hypertens.* 2022; 44(5): 427–435. <https://doi.org/10.1080/10641963.2022.2065288>
28. Montero D., Vinet A., Roberts C.K. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. *Int J Cardiol.* 2015; 178: 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.10.147>
29. Saz-Lara A., Caverro-Redondo I., Álvarez-Bueno C., et al. What type of physical exercise should be recommended for improving arterial stiffness on adult population? A network meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2021; 20(7): 696–716. <https://doi.org/10.1093/eurjcn/zvab022>
30. Lopes S., Afreixo V., Teixeira M., et al. Exercise training reduces arterial stiffness in adults with hypertension: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens.* 2021; 39(2): 214–222. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002619>
31. Форменов А.Д. Влияние аэробных упражнений, выполненных разными мышечными группами, на артериальное давление: (литературный обзор). Спорт и спортивная медицина: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня основания Чайковского государственного института физической культуры. Чайковский. 09–11 апреля 2020 года. 2020; 391–399. [Formenov A.D. The effect of aerobic exercises performed by different muscle groups on blood pressure: (literature review). Sport and Sports Medicine: proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 40th anniversary of the foundation of the Chaikovsky State Institute of Physical Culture. Chaikovsky. April 9–11, 2020; 391–399 (In Russ.).]
32. Oliveira G.H., Okawa R.T.P., Simões C.F., et al. Effects of High-Intensity Interval Training on Central Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arq Bras Cardiol.* 2023; 120(4): e20220398. <https://doi.org/10.36660/abc.20220398>
33. Gorostegi-Anduaga I., Corres P., MartinezAguirre-Betolaza A., et al. Effects of different aerobic exercise programmes with nutritional intervention in sedentary adults with overweight/obesity and hypertension: EXERDIET-HTA study. *Eur J Prev Cardiol.* 2018; 25(4): 343–353. <https://doi.org/10.1177/2047487317749956>
34. Taha M.M., Aneis Y.M., Hasanin M.E., et al. Effect of high intensity interval training on arterial stiffness in obese hypertensive women: a randomized controlled trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2023; 27(9): 4069–4079. https://doi.org/10.26355/eurrev_202305_32314
35. Beck D.T., Martin J.S., Casey D.P., et al. Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young prehypertensive subjects. *Am J Hypertens.* 2013; 26(9): 1093–1102. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpt080>
36. Mora-Rodriguez R., Ramirez-Jimenez M., Fernandez-Elias V.E., et al. Effects of aerobic interval training on arterial stiffness and microvascular function in patients with metabolic syndrome. *J Clin Hypertens.* 2018; 20(1): 11–18. <https://doi.org/10.1111/jch.13130>
37. Müller C., Hauser C., Carrard J., et al. Effects of high-intensity interval training on retinal vessel diameters and oxygen saturation in patients with hypertension: A cross-sectional and randomized controlled trial. *Microvasc Res.* 2024; 151: 104616. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2023.104616>
38. Izadi M.R., Ghardashi Afousi A., Asvadi Fard M., et al. High-intensity interval training lowers blood pressure and improves apelin and NOx plasma levels in older treated hypertensive individuals. *J Physiol Biochem.* 2018; 74(1): 47–55. <https://doi.org/10.1007/s13105-017-0602-0>
39. Twerenbold S., Hauser C., Gander J., et al. Short-term high-intensity interval training improves micro- but not macrovascular function in hypertensive patients. *Scand J Med Sci Sports.* 2023; 33(7): 1231–1241. <https://doi.org/10.1111/sms.14343>
40. MartinezAguirre-Betolaza A., Mujika I., Fryer S.M., et al. Effects of different aerobic exercise programs on cardiac autonomic modulation and hemodynamics in hypertension: data from EXERDIET-HTA randomized trial. *J Hum Hypertens.* 2020; 34(10): 709–718. <https://doi.org/10.1038/s41371-020-0298-4>
41. Wegmann M., Hecksteden A., Poppendieck W., et al. Postexercise Hypotension as a Predictor for Long-Term Training-Induced Blood Pressure Reduction: A Large-Scale Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med.* 2018; 28(6): 509–515. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000475>
42. Gentil P., Silva L.R.B.E., Antunes D.E., et al. The effects of three different low-volume aerobic training protocols on cardiometabolic parameters of type 2 diabetes patients: A randomized clinical trial. *Front Endocrinol.* 2023; 14: 985404. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.985404>
43. Clark T., Morey R., Jones M.D., et al. High-intensity interval training for reducing blood pressure: a randomized trial vs. moderate-intensity continuous training in males with overweight or obesity. *Hypertens Res.* 2020; 43(5): 396–403. <https://doi.org/10.1038/s41440-019-0392-6>
44. Eichner N.Z.M., Gaitán J.M., Gilbertson N.M., et al. Postprandial augmentation index is reduced in adults with prediabetes following continuous and interval exercise training. *Exp Physiol.* 2019; 104(2): 264–271. <https://doi.org/10.1113/EP087305>
45. Miura H., Takahashi Y., Maki Y., et al. Effects of exercise training on arterial stiffness in older hypertensive females. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(9): 1847–1854. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3168-y>
46. Collier S.R., Kanaley J.A., Carhart R. Jr, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens.* 2008; 22(10): 678–686. <https://doi.org/10.1038/jhh.2008.36>
47. Dobrosielski D.A., Gibbs B.B., Ouyang P., et al. Effect of exercise on blood pressure in type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *J Gen Intern Med.* 2012; 27(11): 1453–1459. <https://doi.org/10.1007/s11606-012-2103-8>
48. Lamina S. Comparative effect of interval and continuous training programs on serum uric acid in management of hypertension: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(3): 719–726. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d09edf>
49. Sousa N., Mendes R., Abrantes C., et al. A randomized 9-month study of blood pressure and body fat responses to aerobic training versus combined aerobic and resistance training in older men. *Exp Gerontol.* 2013; 48(8): 727–733. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.04.008>
50. Мирошников А.Б., Сергеева К.В., Форменов А.Д., Смоленский А.В. Роль интервальной тренировки в физической реабилитации спортсменов силовых видов спорта с артериальной гипертензией: рандомизированное контролируемое исследование. *Вопр. курорт. физиотер. и ЛФК.* 2020; 97(6): 5–10. <https://doi.org/10.17116/kurort2020970615> [Miroshnikov A.B., Sergeeva K.V., Formenov A.D., Smolensky A.V. The role of interval training in the physical rehabilitation of strength sports athletes with hypertension: a randomized controlled study. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy.* 2020; 97(6): 5–10. <https://doi.org/10.17116/kurort2020970615> (In Russ.).]
51. Caminiti G., Iellamo F., Mancuso A., et al. Effects of 12 weeks of aerobic versus combined aerobic plus resistance exercise training on short-term blood pressure variability in patients with hypertension. *J Appl Physiol.* 2021; 130(4): 1085–1092. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00910.2020>
52. Schroeder E.C., Franke W.D., Sharp R.L., et al. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2019; 14(1): e0210292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210292>

53. Alemayehu A., Teferi G. Effectiveness of aerobic, resistance, and combined training for hypertensive patients: A randomized controlled trial. *Ethiop J Health Sci.* 2023; 33(6): 1063–1074. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v33i6.17>
54. Dimeo F., Pagonas N., Seibert F., et al. Aerobic exercise reduces blood pressure in resistant hypertension. *Hypertension.* 2012; 60(3): 653–658. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.197780>
55. Boeno F.P., Ramis T.R., Munhoz S.V., et al. Effect of aerobic and resistance exercise training on inflammation, endothelial function and ambulatory blood pressure in middle-aged hypertensive patients. *J Hypertens.* 2020; 38(12): 2501–2509. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002581>
56. Masroor S., Bhati P., Verma S., et al. Heart rate variability following combined aerobic and resistance training in sedentary hypertensive women: A randomised control trial. *Indian Heart J.* 2018; 70(Suppl 3): S28–S35. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.03.005>
57. Madden K.M., Lockhart C., Cuff D., et al. Aerobic training-induced improvements in arterial stiffness are not sustained in older adults with multiple cardiovascular risk factors. *J Hum Hypertens.* 2013; 27(5): 335–339. <https://doi.org/10.1038/jhh.2012.38>
58. Guimarães G.V., Ciolac E.G., Carvalho V.O., et al. Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension. *Hypertens Res.* 2010; 33(6): 627–632. <https://doi.org/10.1038/hr.2010.42>
59. Westhoff T.H., Franke N., Schmidt S., et al. Too old to benefit from sports? The cardiovascular effects of exercise training in elderly subjects treated for isolated systolic hypertension. *Kidney Blood Press Res.* 2007; 30(4): 240–247. <https://doi.org/10.1159/000104093>
60. Wong A., Kwak Y.S., Scott S.D., et al. The effects of swimming training on arterial function, muscular strength, and cardiorespiratory capacity in postmenopausal women with stage 2 hypertension. *Menopause.* 2018; 26(6): 653–658. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001288>
61. Headley S., Germain M., Wood R., et al. Blood pressure response to acute and chronic exercise in chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton).* 2017; 22(1): 72–78. <https://doi.org/10.1111/nep.12730>
62. Streese L., Pichler F.A., Hauser C., et al. Microvascular wall-to-lumen ratio in patients with arterial hypertension: A randomized controlled exercise trial. *Microvasc Res.* 2023; 148: 104526. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2023.104526>
63. Skrypnik D., Bogdański P., Mądry E., et al. Effects of endurance and endurance strength training on body composition and physical capacity in women with abdominal obesity. *Obes Facts.* 2015; 8(3): 175–187. <https://doi.org/10.1159/000431002>
64. Tjønnå A.E., Lee S.J., Rognmo Ø., et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008; 118(4): 346–354. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822>
65. O'Connor E.M., Koufaki P., Mercer T.H., et al. Long-term pulse wave velocity outcomes with aerobic and resistance training in kidney transplant recipients: A pilot randomised controlled trial. *PLoS One.* 2017; 12(2): e0171063. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171063>
66. Magalhães J.P., Melo X., Correia I.R., et al. Effects of combined training with different intensities on vascular health in patients with type 2 diabetes: a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovasc Diabetol.* 2019; 18(1): 34. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0840-2>
67. Mohr M., Nordsborg N.B., Lindenskov A., et al. High-intensity intermittent swimming improves cardiovascular health status for women with mild hypertension. *Biomed Res Int.* 2014; 2014: 728289. <https://doi.org/10.1155/2014/728289>
68. Madden K.M., Lockhart C., Cuff D., et al. Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia. *Diabetes Care.* 2009; 32(8): 1531–1535. <https://doi.org/10.2337/dc09-0149>
69. Lopes S., Mesquita-Bastos J., Garcia C., et al. Effect of exercise training on ambulatory blood pressure among patients with resistant hypertension: A randomized clinical trial. *JAMA Cardiol.* 2021; 6(11): 1317–1323. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2735>
70. Sosner P., Gayda M., Dupuy O., et al. Ambulatory blood pressure reduction following 2 weeks of high-intensity interval training on an immersed ergocycle. *Arch Cardiovasc Dis.* 2019; 112(11): 680–690. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2019.07.005>
71. Son W.M., Sung K.D., Cho J.M., et al. Combined exercise reduces arterial stiffness, blood pressure, and blood markers for cardiovascular risk in postmenopausal women with hypertension. *Menopause.* 2017; 24(3): 262–268. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000765>
72. Stewart K.J., Bacher A.C., Turner K.L., et al. Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med.* 2005; 165(7): 756–762. <https://doi.org/10.1001/archinte.165.7.756>
73. Bellia A., Iellamo F., De Carli E., et al. Exercise individualized by TRIMPI method reduces arterial stiffness in early onset type 2 diabetic patients: A randomized controlled trial with aerobic interval training. *Int J Cardiol.* 2017; 248: 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.06.065>
74. Madden K.M., Lockhart C., Potter T.F., et al. Aerobic training restores arterial baroreflex sensitivity in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia. *Clin J Sport Med.* 2010; 20(4): 312–317. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181ea8454>
75. Dos Santos E.S., Asano R.Y., Filho I.G., et al. Acute and chronic cardiovascular response to 16 weeks of combined eccentric or traditional resistance and aerobic training in elderly hypertensive women: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2014; 28(11): 3073–3084. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000537>
76. Alzahrani A.A., Alqahtani A.S., Vennu V., et al. Feasibility and efficacy of low-to-moderate intensity aerobic exercise training in reducing resting blood pressure in sedentary older Saudis with hypertension living in social home care: A pilot randomized controlled trial. *Medicina (Kaunas).* 2023; 59(6): 1171. <https://doi.org/10.3390/medicina59061171>
77. Lamina S. Effects of continuous and interval training programs in the management of hypertension: a randomized controlled trial. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2010; 12(11): 841–849. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7176.2010.00315.x>
78. Barcellos F.C., Del Vecchio F.B., Reges A., et al. Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *J Hum Hypertens.* 2018; 32(6): 397–407. <https://doi.org/10.1038/s41371-018-0055-0>
79. Greenwood S.A., Koufaki P., Mercer T.H., et al. Aerobic or resistance training and pulse wave velocity in kidney transplant recipients: a 12-week pilot randomized controlled trial (the Exercise in Renal Transplant [ExeRT] Trial). *Am J Kidney Dis.* 2015; 66(4): 689–698. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.06.016>
80. Keating S.E., Croci I., Wallen M.P., et al. High-intensity interval training is safe, feasible and efficacious in nonalcoholic steatohepatitis: a randomized controlled trial. *Dig Dis Sci.* 2023; 68(5): 2123–2139. <https://doi.org/10.1007/s10620-022-07779-z>
81. Sardeli A.V., Gáspari A.F., Dos Santos W.M., et al. Comprehensive time-course effects of combined training on hypertensive older adults: a randomized control trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(17): 11042. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711042>
82. Heffernan K.S., Yoon E.S., Sharman J.E., et al. Resistance exercise training reduces arterial reservoir pressure in older adults with prehypertension and hypertension. *Hypertens Res.* 2013; 36(5): 422–427. <https://doi.org/10.1038/hr.2012.198>
83. Molmen-Hansen H.E., Stølen T., Tjønnå A.E., et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Prev Cardiol.* 2012; 19(2): 151–160. <https://doi.org/10.1177/1741826711400512>
84. Corres P., Martínez-Aguirre-Betolaza A., Fryer S.M., et al. Long-term effects in the EXERDIET-HTA study: supervised exercise training vs. physical activity advice. *Res Q Exerc Sport.* 2020; 91(2): 209–218. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1656794>
85. Jo E.A., Cho K.I., Park J.J., et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on epicardial fat thickness and endothelial function in hypertensive metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord.* 2020; 18(2): 6–102. <https://doi.org/10.1089/met.2018.0128>
86. Bertani R.F., Campos G.O., Perseguin D.M., et al. Resistance exercise training is more effective than interval aerobic training in reducing blood pressure during sleep in hypertensive elderly patients. *J Strength Cond Res.* 2018; 32(7): 2085–2090. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002354>

87. Jung M.E., Bourne J.E., Beauchamp M.R., et al. High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. *J Diabetes Res.* 2015; 2015: 191595. <https://doi.org/10.1155/2015/191595>
88. Cheema B.S., Davies T.B., Stewart M., et al. The feasibility and effectiveness of high-intensity boxing training versus moderate-intensity brisk walking in adults with abdominal obesity: a pilot study. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2015; 7: 3. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-7-3>
89. Angadi S.S., Mookadam F., Lee C.D., et al. High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study. *J Appl Physiol* (1985). 2015; 119(6): 753–758. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00518.2014>
90. Croymans D.M., Krell S.L., Oh C.S., et al. Effects of resistance training on central blood pressure in obese young men. *J Hum Hypertens.* 2014; 28(3): 157–164. <https://doi.org/10.1038/jhh.2013.81>
91. Slivovskaja I., Ryliskyte L., Serpytis P., et al. Aerobic training effect on arterial stiffness in metabolic syndrome. *Am J Med.* 2018; 131(2): 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.07.038>
92. Park W., Jung W.S., Hong K., Kim Y.Y., Kim S.W., Park H.Y. Effects of Moderate Combined Resistance- and Aerobic-Exercise for 12 Weeks on Body Composition, Cardiometabolic Risk Factors, Blood Pressure, Arterial Stiffness, and Physical Functions, among Obese Older Men: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Oct 3; 17(19): 7233. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197233>
93. Way K.L., Sabag A., Sultana R.N., et al. The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiovascular health outcomes in type 2 diabetes. *Int J Cardiol.* 2020; 320: 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.06.019>
94. Лопухов О.Е., Михайлова М.Г. Исследование влияния занятий на силовых тренажерах блочного типа и группового функционального тренинга на функциональное состояние лиц с пограничной артериальной гипертензией. *Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка.* 2023; 2(4): 22–28. https://doi.org/10.51871/2782-6570_2023_02_04_4 [Lopukhov O.E., Mikhailova M.G. Study of the impact of block-type machine training and functional group training on the functional state of individuals with borderline arterial hypertension. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training.* 2023; 2(4): 22–28. https://doi.org/10.51871/2782-6570_2023_02_04_4 (In Russ.).]
95. Мирошников А.Б., Форменов А.Д., Смоленский А.В. Влияние равномерной и высокоинтенсивной интервальной тренировки в кардио-реабилитации бодибилдеров с артериальной гипертензией: рандомизированное контролируемое исследование. *Вестник восстановительной медицины.* 2020; 6(100): 108–113. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-108-113> [Miroshnikov A.B., Formenov A.D., Smolensky A.V. The Effects of Moderate and High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation of Bodybuilders with Arterial Hypertension: a Randomized Controlled Trial. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2020; 6(100): 108–113. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-108-113> (In Russ.).]
96. Аронов Д.М., Бубнова М.Г., Красницкий В.Б. и др. Клинические эффекты годичной программы физических тренировок у больных артериальной гипертензией трудоспособного возраста, перенесших острый инфаркт миокарда. *Системные гипертензии.* 2015; 12(4): 61–68. <https://doi.org/10.26442/SG29124> [Aronov D.M., Bubnova M.G., Krasnitsky V.B., et al. Clinical effects of a one-year physical training program in working-age patients with arterial hypertension after acute myocardial infarction. *Systemic Hypertension.* 2015; 12(4): 61–68. <https://doi.org/10.26442/SG29124> (In Russ.).]
97. Herrod P.J.J., Lund J.N., Phillips B.E. Time-efficient physical activity interventions to reduce blood pressure in older adults: a randomised controlled trial. *Age Ageing.* 2021; 50(3): 980–984. <https://doi.org/10.1093/ageing/afaa211>
98. Burchert H., Lapidaire W., Williamson W., et al. Aerobic exercise training response in preterm-born young adults with elevated blood pressure and stage 1 hypertension: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2023; 207(9): 1227–1236. <https://doi.org/10.1164/rccm.202205-0858OC>
99. Venturelli M., Cè E., Limonta E., et al. Effects of endurance, circuit, and relaxing training on cardiovascular risk factors in hypertensive elderly patients. *Age (Dordr).* 2015; 37(5): 101. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9835-4>
100. Hortmann K., Boutouyrie P., Locatelli J.C., et al. Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on arterial stiffness in young obese women. *Eur J Prev Cardiol.* 2021; 28(7): e7–e10. <https://doi.org/10.1177/2047487320909302>
101. Pedralli M.L., Marschner R.A., Kollet D.P., et al. Different exercise training modalities produce similar endothelial function improvements in individuals with prehypertension or hypertension: a randomized clinical trial. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 7628. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64365-x>
102. Lamina S., Okoye C.G. Effect of low intensity continuous training programme on serum uric acid in the non pharmacological management of hypertension: a randomized controlled trial. *Niger J Med.* 2010; 19(1): 77–86. <https://doi.org/10.4314/njm.v19i1.52485>
103. Woolstenhulme J.G., Guccione A.A., Herrick J.E., et al. Left ventricular function before and after aerobic exercise training in women with pulmonary arterial hypertension. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2019; 39(2): 118–126. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000397>
104. Oliveira-Dantas F.F., Brasileiro-Santos M.D.S., Thomas S.G., et al. Short-term resistance training improves cardiac autonomic modulation and blood pressure in hypertensive older women: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2020; 34(1): 37–45. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003182>
105. Soltani M., Aghaei Bahmanbeglou N., Ahmadizad S. High-intensity interval training irrespective of its intensity improves markers of blood fluidity in hypertensive patients. *Clin Exp Hypertens.* 2020; 42(4): 309–314. <https://doi.org/10.1080/10641963.2019.1649687>
106. Ramirez-Jimenez M., Morales-Palomo F., Moreno-Cabañas A., et al. Effects of antihypertensive medication and high-intensity interval training in hypertensive metabolic syndrome individuals. *Scand J Med Sci Sports.* 2021; 31(7): 1411–1419. <https://doi.org/10.1111/sms.13949>
107. Kim H.K., Hwang C.L., Yoo J.K., et al. All-extremity exercise training improves arterial stiffness in older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2017; 49(7): 1404–1411. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001229>
108. Stutz J., Casutt S., Spengler C.M. Respiratory muscle endurance training improves exercise performance but does not affect resting blood pressure and sleep in healthy active elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2022; 122(12): 2515–2531. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05024-z>
109. de Matos D.G., de Almeida-Neto P.F., Moreira O.C., et al. Two Weekly Sessions of High-Intensity Interval Training Improve Metabolic Syndrome and Hypertriglyceridemic Waist Phenotype in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Metab Syndr Relat Disord.* 2021; 19(6): 332–339. <https://doi.org/10.1089/met.2020.0136>
110. Goldberg M.J., Boutcher S.H., Boutcher Y.N. The effect of 4 weeks of aerobic exercise on vascular and baroreflex function of young men with a family history of hypertension. *J Hum Hypertens.* 2012; 26(11): 644–649. <https://doi.org/10.1038/jhh.2011.95>
111. Toohey K., Pumpa K.L., Arnold L., et al. A pilot study examining the effects of low-volume high-intensity interval training and continuous low to moderate intensity training on quality of life, functional capacity and cardiovascular risk factors in cancer survivors. *PeerJ.* 2016; 4: e2613. <https://doi.org/10.7717/peerj.2613>
112. Hanssen H., Minghetti A., Magon S., et al. Superior Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate Continuous Training on Arterial Stiffness in Episodic Migraine: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol.* 2017; 8: 1086. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01086>
113. Swift D.L., McGee J.E., Grammer E.E., et al. The effect of exercise training level on arterial stiffness after clinically significant weight loss. *Clin Obes.* 2023; 13(5): e12584. <https://doi.org/10.1111/cob.12584>
114. Okamoto T., Masuhara M., Ikuta K. Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. *J Hum Hypertens.* 2006; 20(5): 348–354. <https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1001979>
115. Okamoto T., Masuhara M., Ikuta K. Low-intensity resistance training after high-intensity resistance training can prevent the increase of central arterial stiffness. *Int J Sports Med.* 2013; 34(5): 385–390. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1312604>

116. Okamoto T., Hashimoto Y., Kobayashi R. Isometric handgrip training reduces blood pressure and wave reflections in East Asian, non-medicated, middle-aged and older adults: a randomized control trial. *Aging Clin Exp Res.* 2020; 32(8): 1485–1491. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01330-3>
117. Ramírez-Vélez R., Castro-Astudillo K., Correa-Bautista J.E., et al. The Effect of 12 weeks of different exercise training modalities or nutritional guidance on cardiometabolic risk factors, vascular parameters, and physical fitness in overweight adults: cardiometabolic high-intensity interval training-resistance training randomized controlled study. *J Strength Cond Res.* 2020; 34(8): 2178–2188. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003533>
118. Ramírez-Vélez R., Hernández-Quinones P.A., Tordecilla-Sanders A., et al. Effectiveness of HIIT compared to moderate continuous training in improving vascular parameters in inactive adults. *Lipids Health Dis.* 2019; 18(1): 42. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0981-z>
119. Figueroa A., Park S.Y., Seo D.Y., Sanchez-Gonzalez M.A., Baek Y.H. Combined resistance and endurance exercise training improves arterial stiffness, blood pressure, and muscle strength in postmenopausal women. *Menopause.* 2011; 18(9): 980–984. <https://doi.org/10.1097/gme.0b013e3182135442>
120. Palmieri S., Wade M., DeBlois J.P., et al. Aortic stiffness, central pulse pressure and cognitive function following acute resistance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2018; 118(10): 2203–2211. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3948-2>
121. Jeong J., Sprick J.D., DaCosta D.R., et al. Exercise modulates sympathetic and vascular function in chronic kidney disease. *JCI Insight.* 2023; 8(4): e164221. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.164221>
122. Tanahashi K., Akazawa N., Miyaki A., et al. Aerobic exercise training decreases plasma asymmetric dimethylarginine concentrations with increase in arterial compliance in postmenopausal women. *Am J Hypertens.* 2014; 27(3): 415–421. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpt217>
123. Besnier F., Labrunée M., Richard L., et al. Short-term effects of a 3-week interval training program on heart rate variability in chronic heart failure. A randomised controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med.* 2019; 62(5): 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.06.013>
124. Nagel C., Benjamin N., Egenlauf B., Eichstaedt C.A., Fischer C., Palevičiūtė E., Čelutkienė J., Harutyunova S., Mayer E., Nasereddin M., Marra A.M., Grünig E., Guth S. Effect of supervised training therapy on pulmonary arterial compliance and stroke volume in severe pulmonary arterial hypertension and inoperable or persistent chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Respiration.* 2021; 100(5): 369–378. <https://doi.org/10.1159/000512316>
125. Ho S.S., Radavelli-Bagatini S., Dhaliwal S.S., et al. Resistance, aerobic, and combination training on vascular function in overweight and obese adults. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2012; 14(12): 848–854. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7176.2012.00700.x>
126. Hu J., Liu M., Yang R., et al. Effects of high-intensity interval training on improving arterial stiffness in Chinese female university students with normal weight obese: a pilot randomized controlled trial. *J Transl Med.* 2022; 20(1): 60. <https://doi.org/10.1186/s12967-022-03250-9>
127. Pascoalino L.N., Ciolac E.G., Tavares A.C., et al. Exercise training improves ambulatory blood pressure but not arterial stiffness in heart transplant recipients. *J Heart Lung Transplant.* 2015; 34(5): 693–700. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2014.11.013>
128. Ehlken N., Lichtblau M., Klose H., et al. Exercise training improves peak oxygen consumption and haemodynamics in patients with severe pulmonary arterial hypertension and inoperable chronic thrombo-embolic pulmonary hypertension: a prospective, randomized, controlled trial. *Eur Heart J.* 2016; 37(1): 35–44. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv337>
129. Анисимов М.П., Пронин Е.А., Давиденко И.А. и др. Профилактика артериальной гипертензии в гиревом спорте с помощью аэробной работы. Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2023; 12: 63–69. <https://doi.org/10.24412/2305-8404-2023-12-63-69> [Anisimov M.P., Pronin E.A., Davidenko I.A., et al. Prevention of arterial hypertension in kettlebell sport using aerobic work. *Izvestiya Tula State University. Physical Culture. Sport.* 2023; 12: 63–69 (In Russ.).]
130. Iellamo F., Caminiti G., Sposato B., et al. Effect of High-Intensity interval training versus moderate continuous training on 24-h blood pressure profile and insulin resistance in patients with chronic heart failure. *Intern Emerg Med.* 2014; 9(5): 547–552. <https://doi.org/10.1007/s11739-013-0980-4>
131. Cook J.N., DeVan A.E., Schleifer J.L., et al. Arterial compliance of rowers: implications for combined aerobic and strength training on arterial elasticity. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 290(4): H1596–H1600. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01054.2005>
132. Adams S.C., DeLorey D.S., Davenport M.H., et al. Effects of high-intensity aerobic interval training on cardiovascular disease risk in testicular cancer survivors: A phase 2 randomized controlled trial. *Cancer.* 2017; 123(20): 4057–4065. <https://doi.org/10.1002/cncr.30859>
133. Cocks M., Shaw C.S., Shepherd S.O., et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P)H oxidase protein ratio in obese men. *J Physiol.* 2016; 594(8): 2307–2321. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.285254>
134. Kobayashi R., Asaki K., Hashiguchi T., Negoro H. The Effect of Aerobic Exercise Training Frequency on Arterial Stiffness in a Hyperglycemic State in Middle-Aged and Elderly Females. *Nutrients.* 2021; 13(10): 3498. <https://doi.org/10.3390/nu13103498>
135. Werner T.J., Pellingier T.K., Rosette V.D., et al. Effects of a 12-Week Resistance Training Program on Arterial Stiffness: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res.* 2021; 35(12): 3281–3287. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003331>
136. Kircher E., Ketelhut S., Ketelhut K., et al. A game-based approach to lower blood pressure? comparing acute hemodynamic responses to endurance exercise and exergaming: a randomized crossover trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(3): 1349. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031349>
137. Leal J.M., Del Vecchio F.B. Postexercise hypotension in men with parental history of hypertension: effects of mode and intensity. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022; 62(2): 273–279. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12062-6>
138. Ramirez-Jimenez M., Morales-Palomo F., Pallares J.G., et al. Ambulatory blood pressure response to a bout of HIIT in metabolic syndrome patients. *Eur J Appl Physiol.* 2017; 117(7): 1403–1411. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3631-z>
139. Ublasakka-Jones C., Tongdee P., Pachirat O., Jones D.A. Slow loaded breathing training improves blood pressure, lung capacity and arm exercise endurance for older people with treated and stable isolated systolic hypertension. *Exp Gerontol.* 2018; 108: 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.023>
140. Eriksson K.M., Westborg C.J., Eliasson M.C. A randomized trial of lifestyle intervention in primary healthcare for the modification of cardiovascular risk factors. *Scand J Public Health.* 2006; 34(5): 453–461. <https://doi.org/10.1080/14034940500489826>
141. Burke V., Beilin L.J., Cutt H.E., et al. A lifestyle program for treated hypertensives improved health-related behaviors and cardiovascular risk factors, a randomized controlled trial. *J Clin Epidemiol.* 2007; 60(2): 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2006.05.012>
142. Lambert B.S., Greene N.P., Carradine A.T., et al. Aquatic treadmill training reduces blood pressure reactivity to physical stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2014; 46(4): 809–816. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000167>
143. de Souza Nery S., Gomides R.S., da Silva G.V., et al. Intra-arterial blood pressure response in hypertensive subjects during low- and high-intensity resistance exercise. *Clinics (Sao Paulo).* 2010; 65(3): 271–277. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322010000300006>
144. Seals D.R., Tanaka H., Clevenger C.M., et al. Blood pressure reductions with exercise and sodium restriction in postmenopausal women with elevated systolic pressure: role of arterial stiffness. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 38(2): 506–513. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01348-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01348-1)
145. Kobayashi R., Kasahara Y., Ikeo T., et al. Effects of different intensities and durations of aerobic exercise training on arterial stiffness. *J Phys Ther Sci.* 2020; 32(2): 104–109. <https://doi.org/10.1589/jpts.32.104>
146. Pagonas N., Vlatas S., Bauer F., et al. Aerobic versus isometric handgrip exercise in hypertension: a randomized controlled trial. *J Hypertens.* 2017; 35(11): 2199–2206. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001445>
147. Masoumi-Ardakani Y., Najafpour H., Nasri H.R., et al. Effect of combined endurance training and MitoQ on cardiac function and serum level of antioxidants, NO, miR-126, and miR-27a in hypertensive individuals. *Biomed Res Int.* 2022; 2022: 8720661. <https://doi.org/10.1155/2022/8720661>

148. Shiotsu Y., Watanabe Y., Tujii S., et al. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Exp Gerontol.* 2018; 111: 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.020>
149. Kleinloog J.P.D., Mensink R.P., Roodt J.O., et al. Aerobic exercise training improves not only brachial artery flow-mediated vasodilatation but also carotid artery reactivity: a randomized controlled, cross-over trial in older men. *Physiol Rep.* 2022; 10(16): e15395. <https://doi.org/10.14814/phy2.15395>
150. Supiano M.A., Lovato L., Ambrosius W.T., et al. Pulse wave velocity and central aortic pressure in systolic blood pressure intervention trial participants. *PLoS One.* 2018; 13(9): e0203305. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203305>
151. Rodrigues M.L., Carrijo V.H.V., Amaral A.L., et al. Acute effect of interval step exercise versus continuous walk exercise on cardiovascular parameters in hypertensive postmenopausal women: a clinical, controlled, and randomized study. *J Bodyw Mov Ther.* 2023; 35: 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.058>
152. Mc Clean C.M., Mc Laughlin J., Burke G., et al. The effect of acute aerobic exercise on pulse wave velocity and oxidative stress following postprandial hypertriglyceridemia in healthy men. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 100(2): 225–234. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0422-y>
153. Naci H., Salcher-Konrad M., Dias S., et al. How does exercise treatment compare with antihypertensive medications? A network meta-analysis of 391 randomised controlled trials assessing exercise and medication effects on systolic blood pressure. *Br J Sports Med.* 2019; 53(14): 859–869. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099921>
154. Li L., Liu X., Shen F., et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in patients with hypertension: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2022; 101(50): e32246. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000032246>
155. McEvoy J.W., McCarthy C.P., Bruno R.M., et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. *Eur Heart J.* 2024; 45(38): 3912–4018. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae178>
156. Cornelissen V.A., Smart N.A. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013; 2(1): e004473. <https://doi.org/10.1161/JAHA.112.004473>
157. Zhou W.S., Zheng T.T., Mao S.J., et al. Comparing the effects of different exercises on blood pressure and arterial stiffness in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol.* 2023; 171: 111990. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111990>
158. Gries K.J., Raue U., Perkins R.K., et al. Cardiovascular and skeletal muscle health with lifelong exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2018; 125(5): 1636–1645. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00174.2018>
159. Hawkins M.N., Raven P.B., Snell P.G., et al. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(1): 103–107. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000241641.75101.64>
160. Parry H.A., Roberts M.D., Kavazis A.N. Human skeletal muscle mitochondrial adaptations following resistance exercise training. *Int J Sports Med.* 2020; 41(6): 349–359. <https://doi.org/10.1055/a-1121-7851>