

DOI: 10.38025/2078-1962-2020-97-3-76-82

УДК: 796.015.52

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ АТЛЕТОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА С ЭССЕНЦИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ: РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Мирошников А.Б., Смоленский А.В., Форменов А.Д.

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Эссенциальная гипертензия является частым диагнозом у атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий.

**Цель:** Оценить, как влияет высокоинтенсивная аэробная работа на артериальное давление и окислительные способности гипертензивных атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий.

**Методы исследования:** Проведено обследование и физическая реабилитация у 55 гипертензивных представителей силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий, сопоставимых по возрасту, полу и основным клиническим проявлениям. Атлеты были рандомизированы на две группы: группа основная (n=35) и контрольная группа (n=20). Атлеты основной группы тренировались 180 дней (3 раза в неделю) на велоэргометре по высокоинтенсивному интервальному протоколу, а участники контрольной группы тренировались 180 дней (3 раза в неделю) по своему традиционному силовому протоколу. Выполнение поставленных в работе задач осуществлялось с помощью следующих методов: осмотр, опрос, газометрический анализ, трехкратное измерение артериального давления, измерение уровня оксигенации мышечной ткани и методы математической статистики.

**Результаты:** После 180 дней физической реабилитации у участников основной группы произошло снижение оксигенации на 148%, увеличение мощности и времени работы на уровне максимального потребления кислорода и достоверное снижение артериального давления: систолическое артериальное давление на 8,0%, диастолическое артериальное давление на 10,8%.

**Заключение:** Разработанный нами протокол физической реабилитации атлетов силовых видов спорта позволяет эффективно и безопасно влиять на окислительные способности рабочих мышц и артериальное давление.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, физическая реабилитация, пауэрлифтинг, аэробная работа, интервальный метод, спортивная медицина.

**Для цитирования:** Мирошников А.Б., Смоленский А.В., Форменов А.Д. Новые возможности физической реабилитации атлетов силовых видов спорта с эссенциальной гипертензией: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2020; 97 (3): 76-82. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-76-82>

## NEW TECHNIQUES FOR PHYSICAL REHABILITATION OF POWER SPORTS ATHLETES WITH ARTERIAL HYPERTENSION: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Miroshnikov A.B., Smolenskiy A.V., Formenov A.D.

Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

Essential hypertension is a frequent diagnosis in power sports athletes, heavy weight categories.

**The aim of the study:** To evaluate the impact of high-intensity aerobic work on blood pressure and oxidative abilities of hypertensive athletes of power sports, heavy weight categories.

**Research methods:** Examination and physical rehabilitation were conducted in 55 hypertensive representatives of power sports, heavy weight categories comparable in age, sex and main clinical manifestations. Athletes were randomized into two groups: the main group (n=35) and the control group (n=20). Athletes of the main group were trained for 180 days (3 times a week) on an ergometer using a high-intensity interval protocol, while the control group participants were trained for 180 days (3 times a week) using their traditional power protocol. The tasks were performed using the following methods: examination, polling, gasometric analysis, triple blood pressure measurement, muscle tissue oxygenation level measurement and mathematical statistics methods.

**Results:** After 180 days of physical rehabilitation, the participants in the main group had a 148% reduction in oxygen oxygenation, an increase in capacity and working time at maximum oxygen consumption, and a reliable decrease in blood pressure: systolic blood pressure by 8.0%, diastolic blood pressure by 10.8%.

**Conclusion:** Our protocol for physical rehabilitation of power sports athletes allows us to effectively and safely influence the oxidative capacity of working muscles and blood pressure.

**Keywords:** arterial hypertension, physical rehabilitation, powerlifting, aerobic work, interval method, sports medicine.

**For citation:** Miroshnikov A.B., Smolenskiy A.V., Formenov A.D. New techniques for physical rehabilitation of power sports athletes with arterial hypertension: a randomized controlled trial. Bulletin of rehabilitation medicine. 2020; 97 (3): 76-82. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-76-82>

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из основных причин смертности и инвалидизации населения развитых стран [1-5]. Физические упражнения аэробного характера являются «Золотым стандартом» в нефармакологической терапии эссенциальной гипертензии (ЭГ). В общей сложности, 17 мета-анализов и один систематический обзор (594. 129 взрослых  $\geq 18$  лет) дали убедительные доказательства, свидетельствующие о том, что:

1) существует обратная зависимость доза-ответ между аэробной тренировкой и возникающей ЭГ у взрослых с нормальным артериальным давлением (АД);

2) аэробная работа снижает риск прогрессирования ССЗ среди взрослых с ЭГ;

3) аэробная тренировка снижает АД у взрослых с нормальным АД, предгипертензией и ЭГ;

4) величина ответа АД на аэробную тренировку варьируется в зависимости от АД в состоянии покоя, причем у взрослых с предгипертензией больше преимуществ, чем при нормальном АД [6].

Несмотря на регулярную физическую активность, многие исследователи отметили, что ЭГ встречается достаточно часто у атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий [7,8]. Возможно, вес атлетов вносит свой вклад в повышенное АД [9] или изометрические / статические упражнения [10], которые обычно сгруппированы в тренировочных программах атлетов силовых видов спорта. Также большая мышечная масса и морфология мышц связана с уровнем АД и дает представление о факторах, которые могут предрасполагать атлетов к развитию ЭГ и ССЗ [11]. Известно, что метаболические характеристики мышечного волокна (МВ), такие как капилляризация, окислительная способность, и плотность митохондрий меняются во время тренировок, а некоторые исследования показывают, что происходят и значительные изменения в биоэнергетике МВ, поэтому высокая доля окислительных мышечных волокон (ОМВ) в поперечнополосатых мышцах является одним из главных предикторов низких уровней АД [12]. Опосредующим фактором для связи между ОМВ и низким АД является то, что чем выше окислительные способности МВ (капилляризация и плотность митохондрий), тем ниже общее периферическое сопротивление [13]. Факторы низкого периферического сопротивления малоизвестны, однако хорошо документировано, что по сравнению с гликолитическим мышечным волокном (ГМВ), число капилляров, окружающих ОМВ, выше и субъекты с ЭГ имеют более низкую плотность капилляров, а чем ниже плотность капилляров, тем выше АД [14]. Также пониженная митохондриальная плотность и плотность капилляров снижает максимальное потребление кислорода (МПК) у гипертензивных атлетов на 15% по сравнению с не гипертензивными субъектами [15]. Хорошо документировано, что аэробная тренировка повышает окислительный потенциал попереч-

нополосатых мышц, участвующих в работе, а адаптация к силовым тренировкам показывает обратные результаты. Оригинальные исследования показали, что, хотя стимул, вызванный силовой работой, показал большие изменения в уровнях миофибриллярного белка и гипертрофии МВ, практически не наблюдалось изменений в окислительном потенциале (росте капилляров и митохондриальном содержимом), что приводило к разбавлению митохондриального содержимого в МВ. Эта адаптация является физиологически невыгодной, поскольку разбавление митохондриального содержимого увеличивает диффузионное расстояние между митохондрией и капилляром, что может привести к ухудшению показателей работоспособности и выносливости [16]. В некоторых исследованиях сообщалось, что после силовых тренировок неизменными были значения МПК [17], а также неизменная или более низкая капиллярная и митохондриальная плотность, а также сниженная активность окислительных ферментов в гипертрофированных мышцах [18].

Было отмечено, что высокоинтенсивная аэробная работа (ВИАР) (несмотря на кратковременный стимул) заставляет рекрутироваться все МВ в задействованной мышце, что приводит к убедительным изменениям в росте окислительных способностей и митохондриального содержимого рабочих мышц [19]. Остается неясным, может ли ВИАР повышать окислительные способности и одновременно влиять на АД атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий. На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов спортивных врачей, тренеров и атлетов силовых видов спорта была сформулирована цель исследования.

## Цель исследования

Оценить, как влияет высокоинтенсивная аэробная работа на артериальное давление и окислительные способности гипертензивных атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий.

## Материалы и методы

Исследование проходило на базе кафедры «Спортивная медицина» Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма, и длилось 180 дней. В исследовании приняли участие 55 представителей силовых видов спорта (пауэрлифтинг), тяжелых весовых категорий (масса тела –  $101,4 \pm 5,3$  кг) с ЭГ. Атлеты были рандомизированы на две группы: группа основная ( $n=35$ ) и контрольная группа ( $n=20$ ). Средний возраст атлетов-мужчин составил  $31,0 \pm 7,3$  года. Среднее систолическое артериальное давление (САД) в основной и контрольной группе составило  $159,1 \pm 5,8$  мм рт. ст. и  $157,8 \pm 6,2$  мм рт. ст., а диастолическое артериальное давление (ДАД)  $93,2 \pm 7,3$  мм рт. ст. и  $92,7 \pm 5,1$  мм рт. ст. соответственно. Все участники исследования дали добровольное информированное

согласие на участие в соответствии с этическими стандартами научных исследований в спорте и физической активности 2020 года [20] (выписка из протокола №5, заседание Этического комитета ФГБОУ ВО «РГУФКСМиТ» от 26.10.2017 г.). Выполнение поставленных в работе задач осуществлялось с помощью следующих методов. У всех атлетов перед началом, через 90 дней и по окончании исследования проводили комплексное обследование, включающее: осмотр, опрос, трехкратное измерение АД, газометрический анализ (определение порога анаэробного обмена (ПАНО) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) на этом уровне, МПК и мощности педалирования на МПК), измерение уровня оксигенации (измерения сатурации гемоглобина и миоглобина) в мышечной ткани. Ступенчатый тест выполняли на велоэргометре «MONARK 839 E» (Monark AB, Швеция), нагрузку задавали, начиная с 20 Вт с прибавлением по 20 Вт каждые 2 мин. Газометрический анализ проводили с использованием газоанализатора «CORTEX» (Meta Control 3000, Германия), выполняющего измерение потребления кислорода и выделения углекислого газа от вдоха к выдоху. ЧСС и R-R интервалы фиксировали с помощью монитора сердечного ритма «POLAR RS800» (Финляндия). Тест выполняли в темпе 70 об/мин<sup>1</sup> до определения МПК, ПАНО, ЧСС на уровне ПАНО и мощности педалирования на МПК. Измерение уровня оксигенации латеральной головки четырехглавой мышцы бедра проводили с помощью системы «Могу Monitor» (США). Крепление инфракрасного датчика «Могу» осуществлялось на латеральную головку четырехглавой мышцы бедра в месте вхождения нерва. Данный метод позволяет измерять уровни гемоглобина и миоглобина в капиллярах рабочих мышц. Для самостоятельных замеров АД использовался метод самоконтроля СКАД согласно клиническим рекомендациям, которые были разработаны экспертами Российского Медицинского Общества по артериальной гипертензии и утверждены на заседании пленума 28 ноября 2013 года и профильной комиссии по кардиологии 29 ноября 2013 года. Согласно СКАД, использовались традиционные автоматические тонометры для домашнего применения, прошедшие сертификацию. Замеры АД проводились утром (с 7:00 до 8:00). Выполнялось 3 измерения с интервалом не менее 1 мин на левой руке, все три показателя АД записывались в таблицу, средние значения заносились в архивный протокол. Атлеты основной группы тренировались 180 дней (3 раза в неделю) по следующему протоколу: к традиционной силовой тренировке была добавлена аэробная работа на велоэргометре, состоящая из 7 высокоинтенсивных интервалов (на мощности педалирования 100% от МПК) по 2 минуты и низкоинтенсивных интервалов с

ЧСС на уровне 85% от ПАНО продолжительностью 2 минуты. Время аэробной работы составляло 28 минут. Атлеты контрольной группы тренировались 180 дней (3 раза в неделю) по своему традиционному силовому протоколу.

### Результаты и обсуждение

Аэробные возможности мышц очень часто характеризуется МПК. МПК определяется как самая высокая скорость, с которой кислород может потребляться и использоваться ОМВ, диафрагмой и миокардом во время интенсивных упражнений. Показатели МПК используют как в спортивных, так и в медицинских целях, в качестве детерминанты физической работоспособности, или как показатель рисков для здоровья и продолжительности жизни [21]. Пожилой возраст и малоподвижный образ жизни связаны с заметными биоэнергетическими и биохимическими изменениями в поперечнополосатых мышцах [22]. Поэтому, митохондриальная дисфункция поперечнополосатых мышц широко распространена у людей в пожилом возрасте, ведущих сидячий образ жизни [23]. Митохондриальную дисфункцию связывают с уменьшением объема и количества митохондрий, с ухудшением окислительных способностей поперечнополосатых мышц, что вследствие приводит к снижению выносливости и работоспособности [24]. Первичное тестирование окислительных способностей мышц ног у атлетов силовых видов спорта, тяжелых весовых категорий показало, что субъекты основной группы имели потребление кислорода (ПК) на МПК в среднем  $31,5 \pm 2,5$  мл/кг/мин<sup>-1</sup>, а атлеты контрольной группы  $30,9 \pm 2,8$  мл/кг/мин<sup>-1</sup>. Данные литературных источников показывают, что такое ПК на МПК соответствует людям с ожирением, которые ведут сидячий образ жизни [25,26]. После 90 дней тренировок достоверно у атлетов основной группы увеличилась мощность работы на уровне МПК и ПК, что составило 18,5% и 13,6% соответственно (табл. 1 и 2). В контрольной группе атлетов, не произошло никаких достоверных изменений окислительных способностей. После 180 дней физической реабилитации достоверно у атлетов основной группы увеличилась мощность работы на уровне МПК и ПК на 25,9% и 25,4% соответственно. В контрольной группе изменения показателей газометрического тестирования не были статистически значимы.

В основной группе к концу первого тестирования отмечалось снижение оксигенации в латеральной головке четырехглавой мышцы бедра с 59,4% до 41,3% и в контрольной группе с 57,6% до 43,8% (табл. 3). Снижение оксигенации четырехглавой мышцы бедра на начальном уровне между группами статистически

**Таблица 1.** Показатели газометрического тестирования атлетов силовых видов спорта  
**Table 1.** Strength Athletic Gas Testing Indicators

Группа/group (N=55)	ПК на МПК (мл/кг/мин <sup>-1</sup> ) VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min <sup>-1</sup> )				
	0 дней/days	90 дней/days	Δ	180 дней/days	Δ
Основная/main (n=35)	31,5±2,5	35,8±1,2	4,3*	39,5±1,1	8,0*
Контрольная/control (n=20)	30,9±2,8	31,3±2,9	0,4 <sup>#</sup>	31,5±2,6	0,6 <sup>#</sup>

**Примечание:** Звездочкой (\*) справа обозначены статистически значимые различия сравниваемых показателей –  $p < 0,05$ ; \* –  $p > 0,05$ ,<sup>#</sup>  
**Note:** The asterisk (\*) on the right indicates the statistically significant differences of the compared indicators –  $p < 0,05$ ; \* –  $p > 0,05$ ,<sup>#</sup>

**Таблица 2. Показатели газометрического тестирования атлетов силовых видов спорта**  
**Table 2. Strength Athletic Gas Testing Indicators**

Группа/group (N=55)	Мощность на МПК (Вт/кг) Power on $VO_{2max}$ (W/kg)				
	0 дней/days	90 дней/days	Δ	180 дней/days	Δ
Основная/main (n=35)	2,7 ± 0,2	3,2 ± 0,2	0,5*	3,4 ± 0,2	0,7*
Контрольная/control (n=20)	2,8 ± 0,2	2,7 ± 0,3	0,1 <sup>#</sup>	2,8 ± 0,2	0,1 <sup>#</sup>

**Примечание:** Звездочкой (\*) справа обозначены статистически значимые различия сравниваемых показателей –  $p < 0,05$ ; \* –  $p > 0,05$ ; <sup>#</sup>  
**Note:** The asterisk (\*) on the right indicates the statistically significant differences of the compared indicators –  $p < 0.05$ ; \* –  $p > 0.05$ ; <sup>#</sup>

**Таблица 3. Показатели оксигенации латеральной головки четырехглавой мышцы бедра у атлетов силовых видов спорта**  
**Table 3. Oxygenation indicators of the lateral head of the quadriceps femoris in athletes of power sports**

Группа group (N=55)	До исследования Before research			После 90 дней After 90 days			После 180 дней After 180 days			Δ, %
	SmO2 начало/ start	SmO2 конец/ end	Δ, %	SmO2 начало/ start	SmO2 конец/ end	Δ, %	SmO2 начало/ start	SmO2 конец/ end	Δ, %	
Основная main (n=35)	59,4±13,1	41,3±12,3	18,1	59,8±9,6	28,7±8,3	31,1	52,6 ± 9,6	7,8 ± 6,7	44,8	148*
Контрольная control (n=20)	57,6±10,2	43,8±11,7	13,8	58,3±12,5	41,9±10,6	16,4	54,2 ± 8,5	38,4 ± 12,1	15,8	14 <sup>#</sup>

**Примечание:** Звездочкой (\*) справа обозначены статистически значимые различия сравниваемых показателей –  $p < 0,05$ ; \* –  $p > 0,05$  <sup>#</sup>  
**Note:** The asterisk (\*) on the right indicates the statistically significant differences of the compared indicators –  $p < 0.05$ ; \* –  $p > 0.05$  <sup>#</sup>

**Таблица 4. Сравнительный анализ артериального давления у атлетов силовых видов спорта**  
**Table 4. Comparative analysis of blood pressure in power sports athletes**

Группа group (N=55)	САД (мм рт. ст.) SBP (mm Hg)				ДАД (мм рт. ст.) DBP (mm Hg)			
	0 дней/days	90 дней/days	180 дней/ days	Δ	0 дней/days	90 дней/days	180 дней/ days	Δ
Основная main (n=35)	159,1±5,8	151,7±4,9	146,3±4,5	12,8*	93,2±7,3	85,9±6,7	83,1±6,6	10,1*
Контрольная control (n=20)	157,8±6,2	156,1±6,4	156,9±6,1	0,9 <sup>#</sup>	92,7±5,1	94,1±4,9	94,4±5,0	1,7 <sup>#</sup>

**Примечание:** Звездочкой (\*) справа обозначены статистически значимые различия сравниваемых показателей –  $p < 0,05$ ; \* –  $p > 0,05$  <sup>#</sup>  
**Note:** The asterisk (\*) on the right indicates the statistically significant differences of the compared indicators –  $p < 0.05$ ; \* –  $p > 0.05$  <sup>#</sup>

не отличались. После 90 дней тренировок в основной группе отмечается достоверное снижение оксигенации рабочих мышц с 59,8% до 28,7% (на 31,1% по сравнению с 18,1% в начале), в то время как в контрольной группе снижение оксигенации с 58,3% до 41,9% (на 16,4% по сравнению с 13,8% в начале исследования) не было статистически значимым. По результатам 90 дней физической реабилитации можно отметить достоверное снижение оксигенации на 72% у участников основной группы.

После 180 дней тренировок в основной группе отмечается достоверное снижение оксигенации рабочих мышц с 52,6% до 7,8%, в то время как в контрольной группе снижение оксигенации с 54,2% до 38,4% не было

статистически значимым. В сравнительном анализе снижения оксигенации в основной группе до и после физической реабилитации можно сделать вывод, что мышцы ног (которые регулярно выполняли высокоинтенсивную аэробную работу) стали эффективнее использовать кислород. Рост окислительных способностей (повышенная капилляризация и биогенез митохондрий) позволил снизить оксигенацию латеральной головки четырехглавой мышцы бедра на 148%. Это говорит о повышении окислительных возможностей высокопороговых МВ в рабочих мышцах, так как высокопороговые МВ стали работать дольше и эффективнее, а это возможно только за счет увеличения митохондриального аппарата и капилляризации этих волокон.

Недавние систематические обзоры и мета-анализы [27,28] показали, что: 1) ВИАР и равномерная аэробная работа (РАР) обеспечили сопоставимое снижение АД в покое у взрослых с предартериальной установленной ЭГ; 2) ВИАР был связан с большим повышением ПК на уровне МПК по сравнению с РАР; 3) ВИАР приводит к значительному снижению ночного АД по сравнению с РАР; 4) было обнаружено почти значительное большее снижение дневного АД при ВИАР по сравнению с РАР. После 90 дней ВИАР на велоэргометре произошло достоверное снижение АД у атлетов основной группы: САД на 4,7%, ДАД на 5,6%. В контрольной группе изменения АД не были статистически значимы (табл. 4).

После 180 дней физической реабилитации произошло достоверное снижение АД у атлетов основной группы: САД на 8,0%, ДАД на 10,8%. В контрольной группе изменения АД не было статистически значимым.

### Выводы

Физическая реабилитация гипертензивных атлетов силовых видов спорта позволила нам ответить на ключевые вопросы относительно того, может ли ВИАР выше ПАНО создать первичные стимулы для роста

окислительных способностей рабочих мышц с одновременным понижением АД. Поскольку ВИАР рекрутирует аналогичные высокопроговые МВ, что и силовая тренировка, и оба вида физической активности предлагают мышцам одинаковые стимулы для создания хронических физиологических адаптаций как для кардиореспираторной работоспособности, так для роста силы и мышечной массы [29], то необходимо включить ВИАР для профилактики и лечения ССЗ атлетов силовых видов спорта. Физическая реабилитация в течение 180 дней продемонстрировала увеличение роста окислительных способностей мышц ног (МПК увеличилось на 25,4%) и это увеличение сопровождалось понижением оксигенации четырехглавой мышцы бедра и АД. Разработанный нами тренировочный протокол аэробной работы, построенный с учетом метаболический переменных, позволит атлетам эффективно и безопасно влиять на окислительные способности рабочих мышц, что приводит к снижению АД. Дальнейшей приоритетной областью является проведение педагогической работы среди атлетов силовых видов спорта на предмет включения аэробных велоэргометрических сессий в тренировочные протоколы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов Д.М., Иоселиани Д.Г., Бубнова М.Г., Красницкий В.Б., Гринштейн Ю.И., Гуляева С.Ф., Ефремушкин Г.Г., Лямина Н.П. Результаты российского рандомизированного контролируемого клинического исследования по оценке клинической эффективности комплексной годичной программы реабилитации с включением физических тренировок у трудоспособных больных, перенесших острый инфаркт миокарда на фоне артериальной гипертонии. Вестник восстановительной медицины. 2017; 5 (81): 2-11.
2. Бойцов С.А., Иванова Г.Е., Рогоза А.Н., Герцик Ю.Г., Герцик Г.Я. Анализ методов и технических решений для измерения артериального давления с применением телемедицинских технологий при кардиологических исследованиях в процессе медицинской реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2018; 6(88): 91-95.
3. Давыдов С.О., Степанов А.В., Кузник Б.И., Гусева Е.С. Влияние кинезитерапии на уровень адгезивной молекулы jam-a у больных гипертонической болезнью. Вестник восстановительной медицины. 2017; 5(81): 33-37.
4. Тарасевич А.Ф. Новые возможности увеличения приверженности пациентов к модификации образа жизни. Вестник восстановительной медицины. 2017; 1(77): 63-71.
5. Тхакушинов Р.А., Лысенков С.П., Даутов Ю.Ю., Уракова Т.Ю. Разгрузочно-диетическая терапия в комплексном лечении и профилактике больных артериальной гипертонией и ожирением. Вестник восстановительной медицины. 2017; 5(81): 45-51.
6. Pescatello LS, Buchner DM, Jakicic JM, Powell KE, Kraus WE, Bloodgood B, Campbell WW, Dietz S, Di Pietro L, George SM, Macko RF, McTiernan A, Pate RR, Piercy KL; 2018 Physical activity guidelines advisory committee, Physical Activity to Prevent and Treat Hypertension: A Systematic Review. Med Sci Sports Exerc. 2019; 51(6): 1314-1323. DOI:10.1249/mss.0000000000001943
7. Guo J, Zhang X, Wang L, Guo Y, Xie M. Prevalence of metabolic syndrome and its components among Chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories. PLoS One. 2013; 8: 1-7. DOI:10.1371/journal.pone.0079758
8. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R., Cushman W.C., Green L.A., Izzo J.L. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. Hypertension. 2003; V.42: 1206-1252. DOI:10.1161/01.hyp.0000107251.49515.c2
9. Cook N., Appel L., Whelton P. Weight change and mortality: Long-term results from the trials of hyper-tension prevention. J Clin. Hypertens (Greenwich). 2018; V.20: 1666-1673. DOI:10.1111/jch.13418
10. De Freitas Brito A, Brasileiro-Santos M.D.S, Coutinho de Oliveira C.V, da Cruz Santos A. Postexercise Hypotension Is Volume-Dependent in Hypertensives: Autonomic and Forearm Blood Responses. J Strength Cond Res. 2019; 33(1): 234-241. DOI:10.1519/jsc.0000000000001735
11. Houmard JA, Weidner ML, Koves TR, Hickner RC, Cortright RL. Association between muscle fiber composition and blood pressure levels during exercise in men. Am J Hypertens. 2000; 13(6 Pt1): 586-592. DOI:10.1016/s0895-7061(99)00259-9
12. Hernelahti M, Tikkanen HO, Karjalainen J, Kujala UM. Muscle fiber-type distribution as a predictor of blood pressure: a 19-year follow-up study. Hypertension. 2005; 45(5): 1019-1023. DOI:10.1161/01.hyp.0000165023.09921.34
13. Juhlin-Dannfelt A, Frisk-Holmberg M, Karlsson J, Tesch P. Central and peripheral circulation in relation to muscle-fibre composition in normo- and hyper-tensive man. Clinical Science (London, England: 1979). 1979; 56(4): 335-340. DOI:10.1042/cs0560335
14. Hedman A., Reneland R., Lithell H. Alterations in skeletal muscle morphology in glucose tolerant elderly hypertensive men: relationship to development of hypertension and heart rate. J Hypertens. 2000; V.18: 559-565. DOI:10.1097/00004872-200018050-00008
15. Mazic S, Suzic Lazic J, Dekleva M, Antic M, Soldatovic I, Djelic M, Nestic D, Acimovic T, Lazic M, Lazovic B, Suzic S. The impact of elevated blood pressure on exercise capacity in elite athletes. Int J Cardiol. 2015; 180: 171-177. DOI:10.1016/j.ijcard.2014.11.125
16. Groenbaek T, Vissing K. Impact of resistance training on skeletal muscle mitochondrial biogenesis, content, and function. Front Physiol. 2017; 15(8):713.1-7. DOI:10.3389/fphys.2017.00713
17. Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT, McEnery M, Carey MF. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. Med Sci Sports Exerc. 1999; 31: 886-891. DOI:10.1097/00005768-199906000-00018
18. Tesch PA, Thorsson A, Essen-Gustavsson B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes. J Appl Physiol, 1989; 67: 83-87. DOI:10.1152/jappl.1989.67.1.83
19. Gibala MJ, Little JP. Physiological basis of brief vigorous exercise to improve health. J Physiol. 2019; 1-22. DOI:10.1113/jp276849
20. Harriss DJ, MacSween A, Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. Int J Sports Med. 2019; 40(13): 813-817. DOI:10.1055/a-1015-3123
21. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, Sugawara A, Totsuka K, Shimano H, Ohashi Y, Yamada N, Sone H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. JAMA. 2009; 301(19): 2024-2035. DOI:10.1001/jama.2009.681
22. Joannis S, Ashcroft S, Wilkinson DJ, Pollock RD, O'Brien KA, Phillips BE, Smith K, Lazarus NR, Harridge S, Atherton PJ, Philp A. High levels of physical activity in later life are associated with enhanced markers of mitochondrial metabolism. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2020; 1-31. DOI:10.1093/geron/glaa005
23. Anagnostou ME, Hepple RT. Mitochondrial Mechanisms of Neuromuscular Junction Degeneration with Aging. Cells. 2020; 9(1): 1-23. DOI:10.3390/cells9010197

24. Rezuş E, Burlui A, Cardoneanu A, Rezuş C, Codreanu C, Pârnu M, Rusu Zota G, Tamba Bl. Inactivity and Skeletal Muscle Metabolism: A Vicious Cycle in Old Age. *Int J Mol Sci.* 2020 Jan; 21(2): 1-21. DOI:10.3390/ijms21020592
25. Martins C, Kazakova I, Ludviksen M, Mehuis I, Wisloff U, Kulseng B, Morgan L, King N. High-Intensity Interval Training and Isocaloric Moderate-Intensity Continuous Training Result in Similar Improvements in Body Composition and Fitness in Obese Individuals. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016; 26(3): 197-204. DOI:10.1123/ijnsnem.2015-0078
26. Shepherd SO, Wilson OJ, Taylor AS, Thøgersen-Ntoumani C, Adlan AM, Wagenmakers AJ, Shaw CS. Low-Volume High-Intensity Interval Training in a Gym Setting Improves Cardio-Metabolic and Psychological Health. *PLoS One.* 2015; 10(9): e0139056. DOI:10.1371/journal.pone.0139056
27. Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Borek K, Arora RC, Umpierre D, Sz wajcer A, Duhamel TA. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Med.* 2018; 48(9): 2127-2142. DOI:10.1007/s40279-018-0944-y
28. Way KL, Sultana RN, Sabag A, Baker MK, Johnson NA. The effect of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2019; 22(4): 385-391. DOI:10.1016/j.jsams.2018.09.228
29. Steele J., Butler A., Comerford Z., Dyer J., Lloyd N., Ward J., Fisher J., Gentil P., Scott C., Ozaki H. Similar acute physiological responses from effort and duration matched leg press and recumbent cycling tasks. *PeerJ.* 2018; 28(6): 1-28. DOI: /10.7717/peerj.4403

## REFERENCES

1. Aronov D.M., Ioseliani D.G., Bubnova M.G., Krasnickij V.B., Grinshtejn Ju.I., Guljaeva S.F., Efremushkin G.G., Ljamina N.P. Rezultaty rossijskogo randomizirovannogo kontroliruemogo klinicheskogo issledovanija po ocenke klinicheskoy jeffektivnosti kompleksnoj godichnoj programmy reabilitacii s vključeniem fizicheskikh trenirovok u trudospobnyh bol'nyh, perenessih ostryj infarkt miokarda na fone arterial'noj gipertonii [Results of a russian randomized controlled clinical trial evaluating the clinical effectiveness of a comprehensive annual rehabilitation program with the inclusion of physical training in able-bodied patients who underwent acute myocardial infarction in the presence of arterial hypertension]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2017; 5(81): 2-11 (In Russ.).
2. Bojcov S.A., Ivanova G.E., Rogoza A.N., Gercik Ju.G., Gercik G.Ja. Analiz metodov i tehničeskikh reshenij dlja izmerenija arterial'nogo davlenija s primeneniem telemedicinskih tehnologij pri kardiologičeskikh issledovanijah v processe medicinskoj reabilitacii [Analysis of methods and technical solutions for measuring blood pressure using telemedicine technologies in cardiology studies during medical rehabilitation]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2018; 6(88): 91-95 (In Russ.).
3. Davydov S.O., Stepanov A.V., Kuznik B.I., Guseva E.S. Vlijanie kineziterapii na uroven' adgezivnoj molekuly jam-a u bol'nyh gipertonicheskoj boleznju [The effect of kinesitherapy on the level of the jam-a adhesive molecule in patients with hypertension]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2017; 5(81): 33-37 (In Russ.).
4. Tarasevich A.F. Novye vozmožnosti uveličenija priveržennosti pacientov k modifikacii obraza zhizni [New opportunities to increase patient commitment to lifestyle modification]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2017; 1(77): 63-71 (In Russ.).
5. Thakushinov R.A., Lysenkov S.P., Dautov Ju.Ju., Urakova T.Ju. Razgruzočno-dietičeskaja terapija v kompleksnom lečenii i profilaktike bol'nyh arterial'noj gipertoniej i ozhireniem [Unloading and dietary therapy in the complex treatment and prevention of patients with arterial hypertension and obesity]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2017; 5(81): 45-51 (In Russ.).
6. Pescatello LS, Buchner DM, Jakicic JM, Powell KE, Kraus WE, Bloodgood B, Campbell WW, Dietz S, Dipietro L, George SM, Macko RF, McTiernan A, Pate RR, Piercy KL; 2018 Physical activity guidelines advisory committee, Physical Activity to Prevent and Treat Hypertension: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2019; 51(6): 1314-1323. DOI:10.1249/mss.0000000000001943
7. Guo J, Zhang X, Wang L, Guo Y, Xie M. Prevalence of metabolic syndrome and its components among Chinese professional athletes of strength sports with different body weight categories. *PLoS One.* 2013; 8: 1-7. DOI:10.1371/journal.pone.0079758
8. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R., Cushman W.C., Green L.A., Izzo J.L. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension.* 2003; 42: 1206-1252. DOI:10.1161/01.hyp.0000107251.49515.c2
9. Cook N., Appel L., Whelton P. Weight change and mortality: Long-term results from the trials of hyper-tension prevention. *The Journal of Clinical Hypertension (Greenwich).* 2018; 20: 1666-1673. DOI:10.1111/jch.13418
10. De Freitas Brito A, Brasileiro-Santos M.D.S, Coutinho de Oliveira C.V, da Cruz Santos A. Postexercise Hypotension Is Volume-Dependent in Hypertensives: Autonomic and Forearm Blood Responses. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 2019; 33(1): 234-241. DOI:10.1519/jsc.0000000000001735
11. Houmar J, Weidner ML, Koves TR, Hickner RC, Cortright RL. Association between muscle fiber composition and blood pressure levels during exercise in men. *American Journal of Hypertension.* 2000; 13(6 Pt1): 586-592. DOI:10.1016/s0895-7061(99)00259-9
12. Hernelahti M, Tikkanen HO, Karjalainen J, Kujala UM. Muscle fiber-type distribution as a predictor of blood pressure: a 19-year follow-up study. *Hypertension.* 2005; 45(5): 1019-1023. DOI:10.1161/01.hyp.0000165023.09921.34
13. Juhlin-Dannfelt A, Frisk-Holmberg M, Karlsson J, Tesch P. Central and peripheral circulation in relation to muscle-fibre composition in normo- and hyper-tensive man. *Clinical Science (London, England: 1979).* 1979; 56(4): 335-340. DOI:10.1042/cs0560335
14. Hedman A., Reneland R., Lithell H. Alterations in skeletal muscle morphology in glucose tolerant elderly hypertensive men: relationship to development of hypertension and heart rate. *Journal of Hypertension.* 2000; 18: 559-565. DOI:10.1097/00004872-200018050-00008
15. Mazic S, Suzic Lazic J, Dekleva M, Antic M, Soldatovic I, Djelic M, Nesic D, Acimovic T, Lazic M, Lazovic B, Suzic S. The impact of elevated blood pressure on exercise capacity in elite athletes. *The International Journal of Cardiology.* 2015; 180: 171-177. DOI:10.1016/j.ijcard.2014.11.125
16. Groennebaek T, Vissing K. Impact of resistance training on skeletal muscle mitochondrial biogenesis, content, and function. *Frontiers in Physiology.* 2017; 15(8):713-17. DOI:10.3389/fphys.2017.00713
17. Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT, McEniery M, Carey MF. The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1999; 31: 886-891. DOI:10.1097/00005768-199906000-00018
18. Tesch PA, Thorsson A, Essen-Gustavsson B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes. *Journal of Applied Physiology.* 1989; 67: 83-87. DOI:10.1152/jappl.1989.67.1.83
19. Gibala MJ, Little JP. Physiological basis of brief vigorous exercise to improve health. *The Journal of Physiology.* 2019; 1-22. DOI:10.1113/jp276849
20. Harriss DJ, MacSween A, Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine.* 2019; 40(13): 813-817. DOI:10.1055/a-1015-3123
21. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, Sugawara A, Totsuka K, Shimano H, Ohashi Y, Yamada N, Sone H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *Journal of the American Medical Association.* 2009; 301(19): 2024-2035. DOI:10.1001/jama.2009.681
22. Joannisse S, Ashcroft S, Wilkinson DJ, Pollock RD, O'Brien KA, Phillips BE, Smith K, Lazarus NR, Harridge S, Atherton PJ, Philp A. High levels of physical activity in later life are associated with enhanced markers of mitochondrial metabolism. *The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences.* 2020; 1-31. DOI:10.1093/gerona/glaa005
23. Anagnostou ME, Hepple RT. Mitochondrial Mechanisms of Neuromuscular Junction Degeneration with Aging. *Cells.* 2020; 9(1): 1-23. DOI:10.3390/cells9010197
24. Rezuş E, Burlui A, Cardoneanu A, Rezuş C, Codreanu C, Pârnu M, Rusu Zota G, Tamba Bl. Inactivity and Skeletal Muscle Metabolism: A Vicious Cycle in Old Age. *International Journal of Molecular Sciences.* 2020; 21(2): 1-21. DOI:10.3390/ijms21020592
25. Martins C, Kazakova I, Ludviksen M, Mehuis I, Wisloff U, Kulseng B, Morgan L, King N. High-Intensity Interval Training and Isocaloric Moderate-Intensity Continuous Training Result in Similar Improvements in Body Composition and Fitness in Obese Individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2016; 26(3): 197-204. DOI:10.1123/ijnsnem.2015-0078
26. Shepherd SO, Wilson OJ, Taylor AS, Thøgersen-Ntoumani C, Adlan AM, Wagenmakers AJ, Shaw CS. Low-Volume High-Intensity Interval Training in a Gym Setting Improves Cardio-Metabolic and Psychological Health. *PLoS One.* 2015; 10(9): e0139056. DOI:10.1371/journal.pone.0139056
27. Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Borek K, Arora RC, Umpierre D, Sz wajcer A, Duhamel TA. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Sports Medicine.* 2018; 48(9): 2127-2142. DOI:10.1007/s40279-018-0944-y

28. Way KL, Sultana RN, Sabag A, Baker MK, Johnson NA. The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019; 22(4): 385-391. DOI:10.1016/j.jsams.2018.09.228
29. Steele J., Butler A., Comerford Z., Dyer J., Lloyd N., Ward J., Fisher J., Gentil P., Scott C., Ozaki H. Similar acute physiological responses from effort and duration matched leg press and recumbent cycling tasks. *PeerJ*. 2018; 28(6): 1-28. DOI:10.7717/peerj.4403

**Контактная информация:**

**Мирошников Александр Борисович**, доцент кафедры спортивной медицины, кандидат биологических наук, e-mail: benedikt116@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-4030-0302

**Смоленский Андрей Вадимович**, заведующий кафедры спортивной медицины, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: Smolensky52@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-5663-9936

**Форменов Александр Дмитриевич**, аспирант кафедры физиологии, e-mail: formenov@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-8576-9681

**Contact information:**

**Alexander B. Miroshnikov**, associate professor of sports medicine, candidate of biological sciences e-mail: benedikt116@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-4030-0302

**Andrey V. Smolensky**, Head of the Department of Sports Medicine, Doctor of Medical Sciences, doctor of medical sciences, PhD, professor, e-mail: Smolensky52@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-5663-9936

**Alexander D. Formenov**, graduate student of the department of physiology, e-mail: formenov@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-8576-9681

