ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья
УДК 796.8: 796.015: 612.176
https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-4-122-128

Влияние тренировочных нагрузок на сердечно-сосудистую систему в силовых видах спорта

Сергей Юрьевич Никитченко, Дмитрий Валерьевич Карпов, Исмаил Саид-Хасанович Мусаев

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Никитченко Сергей Юрьевич; naukaisport@mail.ru

Аннотация
В статье рассматривается влияние регулярных тренировочных нагрузок на состояние сердечно-сосудистой системы у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта. Проанализированы физиологические изменения, возникающие в ответ на интенсивные физические нагрузки, рассмотрены потенциальные риски и способы их минимизации в процессе становлений спортивного мастерства. В качестве эмпирической базы исследований использованы данные, полученные в ходе обследования 90 студентов-спортсменов РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, занимающихся силовыми видами спорта, в условиях Центра функциональной диагностики в период углубленного медицинского обследования. Цель исследований – выявление особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы к тренировочным нагрузкам в силовых видах спорта. Программа исследований предполагала использование медико-биологических методов с измерением частоты сердечных сокращений, артериального давления, индекса массы миокарда левого желудочка, ЭКГ и ЭхоКГ для оценки функциональных изменений и адаптации сердца к нагрузкам с ростом спортивного мастерства. В результате исследований выявлено, что с ростом спортивного мастерства происходят адаптационные изменения в миокарде, артериальном давлении и частоте сердечных сокращений: экономизация деятельности сердечно-сосудистой системы – до 20%. Однако при недостаточном контроле может повышаться до 30% риск гипертрофии миокарда и гипертонии. В работе определены способы профилактики перегрузок и даны рекомендации по безопасному и эффективному построению тренировочного процесса. Результаты проведенных исследований могут быть полезны спортсменам, тренерам, врачам спортивной медицины и специалистам по физической реабилитации.

Ключевые слова
сердечно-сосудистая система, силовые виды спорта, тренировки, гипертрофия миокарда, артериальное давление, адаптация

Для цитирования
Никитченко С.Ю., Карпов Д.В., Мусаев И.С.-Х. Влияние тренировочных нагрузок на сердечно-сосудистую систему в силовых видах спорта // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 4. С. 122-128. https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-4-122-128

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article
https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-4-122-128

Effect of training loads on the cardiovascular system in strength sports

Sergey Yu. Nikitchenko, Dmitry V. Karpov, Ismail S.-Kh. Musaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Sergey Yu. Nikitchenko; naukaisport@mail.ru

Abstract
The article examines the effect of regular training loads on the cardiovascular system of athletes involved in strength sports. Physiological changes arising in response to intense physical activity are analyzed, potential risks and ways of minimizing

© Никитченко С.Ю., Карпов Д.В., Мусаев И.С.-Х., 2024
© Nikitchenko S.Yu., Karpov D.V., Musaev I.S.-Kh., 2024

them in the process of developing athletic skills are considered. The empirical basis of the study was the data obtained during the examination of 90 athletes, students of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, involved in strength sports, in the conditions of the Functional Diagnostics Center during the period of in-depth medical examination. The aim of the study was to identify the features of cardiovascular system adaptation to training loads in strength sports. The study program included biomedical methods with measurement of heart rate (HR), arterial blood pressure (BP), left ventricular mass index (LVMI), ECG and EchoCG to assess functional changes and adaptation of the heart to loads with the growth of athletic skills. The study revealed that with the growth of athletic skills, adaptive changes occur in the myocardium, arterial blood pressure and heart rate: economization of the cardiovascular system was up to 20%. However, with insufficient control, the risk of myocardial hypertrophy and hypertension may increase up to 30%. The work defines methods for preventing overloads and gives recommendations for the safe and effective training. The results may be useful for athletes, coaches, sports medicine doctors and physical rehabilitation specialists.

Keywords
cardiovascular system, strength sports, training, myocardial hypertrophy, arterial blood pressure, adaptation

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

For citation
Nikitchenko S.Yu., Karpov D.V., Musaev I.S.-Kh. Effect of training loads on the cardiovascular system in strength sports. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(4):122-128. https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-4-122-128

Введение
Introduction

Влияние физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему остается одной из ключевых тем спортивной медицины. Силовые виды спорта (пауэрлифтинг, тяжелая атлетика, бодибилдинг) предъявляют высокие требования к организму, вызывая значительные адаптационные изменения. Однако такие тренировки сопровождаются повышенными нагрузками на сердце, что может увеличивать риск гипертонии, гипертрофии миокарда и других патологий.

В последние десятилетия в мире наблюдается рост популярности силовых тренировок среди молодежи, однако до сих пор недостаточно исследований, посвященных долгосрочным эффектам этих нагрузок, влияющих на сердечно-сосудистую систему [1].

Современные исследования показали, что при правильной организации тренировочного процесса силовые нагрузки могут способствовать улучшению сердечно-сосудистого здоровья, однако избыточные нагрузки и неправильный режим восстановления повышают риски [2].

У спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, часто наблюдается развитие гипертрофии миокарда левого желудочка, что может быть связано с интенсивными и высоконагрузочными тренировками, приводящими к изменению структуры сердечной мышцы [1]. Ряд исследований подтверждает, что систематические силовые тренировки приводят к концентрической гипертрофии миокарда, то есть утолщению стенок левого желудочка без значительного увеличения его объема [1, 3, 4]. В отличие от аэробных нагрузок, когда наблюдается эксцентрическая гипертрофия (увеличение размеров камер сердца), у силовых атлетов сердце адаптируется к кратковременным, но экстремальным нагрузкам.

Исследования указывают на то, что интенсивные силовые упражнения вызывают кратковременное повышение артериального давления до 250-300 мм рт. ст., что значительно превышает нормы и может стать причиной гипертонии у предрасположенных людей [5].

Также выявлено, что умеренные силовые тренировки в сочетании с аэробными упражнениями способствуют укреплению сердечно-сосудистой системы и снижению риска атеросклероза [6]. Врачебный контроль и планирование тренировочного процесса в силовых видах спорта важны для снижения рисков, связанных с перегрузками сердечно-сосудистой системы, а также для минимизации кардиологических рисков важным является соблюдение режима отдыха и восстановления [7, 8].

Цель исследований: выявление особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы к тренировочным нагрузкам в силовых видах спорта.

Методика исследований
Research method

Исследования проводились на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева среди 90 студентов-спортсменов 18-25 лет, занимающихся силовыми видами спорта: пауэрлифтингом – 26 чел., тяжелой атлетикой – 28 чел., бодибилдингом – 36 чел. По уровню квалификации группы были сформированы следующим образом: в группу А вошли начинающие спортсмены (менее 1 года тренировок, n = 80), в группу Б – спортсмены с уровнем подготовки II и III разряда (1-3 года, n = 90), в группу В – профессионалы (КМС, МС) (более 3 лет тренировок, n = 80).

Программа исследований, которые проводили при прохождении спортсменами ежегодного углубленного медицинского обследования на базе функционально-диагностического центра МБУ ИНО ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в подготовительный период годичного цикла, предполагала использование медико-биологических

методов. Все показатели фиксировались без физических нагрузок и заносились в медицинские карты испытуемых. Для изучения образа жизни, режима питания, режима тренировок использовался анамнез.

Инструментальные методы исследований предполагали измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД), индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), ЭКГ и ЭхоКГ для оценки функциональных изменений и адаптации сердца к нагрузкам с ростом спортивного мастерства. Медико-биологическое тестирование проводилось на специальном оборудовании медицинским персоналом функционально-диагностического центра.

Оценка показателей сердечно-сосудистой системы у спортсменов осуществлялась на основе анализа их медицинских карт, предоставленных после прохождения медицинского осмотра, с обработкой методами математической статистики.

Результаты и их обсуждение
Results and discussion

Фактические результаты измерения показателей работы сердечно-сосудистой системы у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, у испытуемых групп представлены на рисунке.

Результаты исследований показывали, что с увеличением стажа занятий и ростом спортивного мастерства происходит снижение показателя ЧСС в покое на 6,7 уд/мин (9,7%) у начинающих, на 13,8 уд/мин (19,4%) – у высококвалифицированных. Это свидетельствовало об улучшении сердечного тонуса, более эффективной работе сердечно-сосудистой системы и общей тренированности организма в процессе многолетних тренировок. Также это является также важным маркером здоровья, который показывает нам,

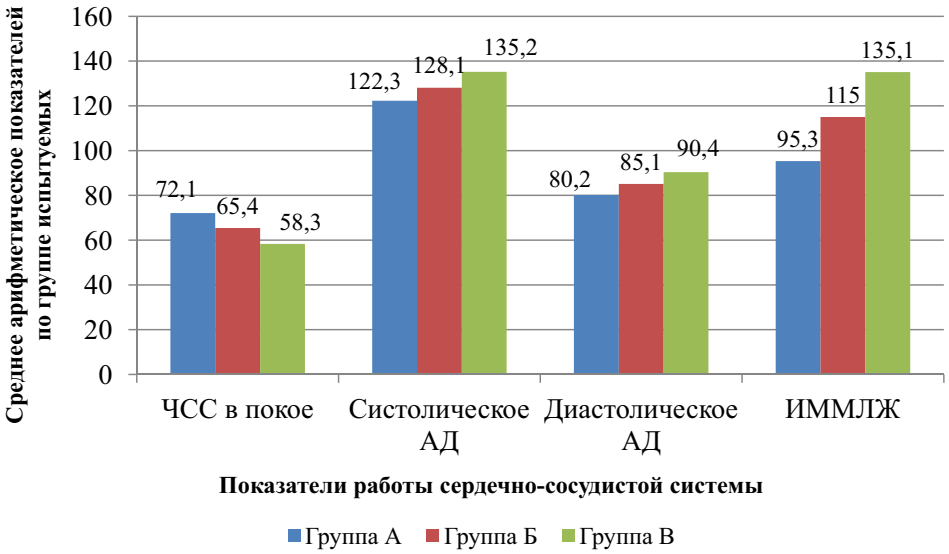

Рис. Результаты измерения показателей работы сердечно-сосудистой системы у групп испытуемых: ЧСС в покое, уд/мин; систолическое АД, мм рт. ст.; диастолическое АД, мм рт. ст.; ИММЛЖ, г/м²

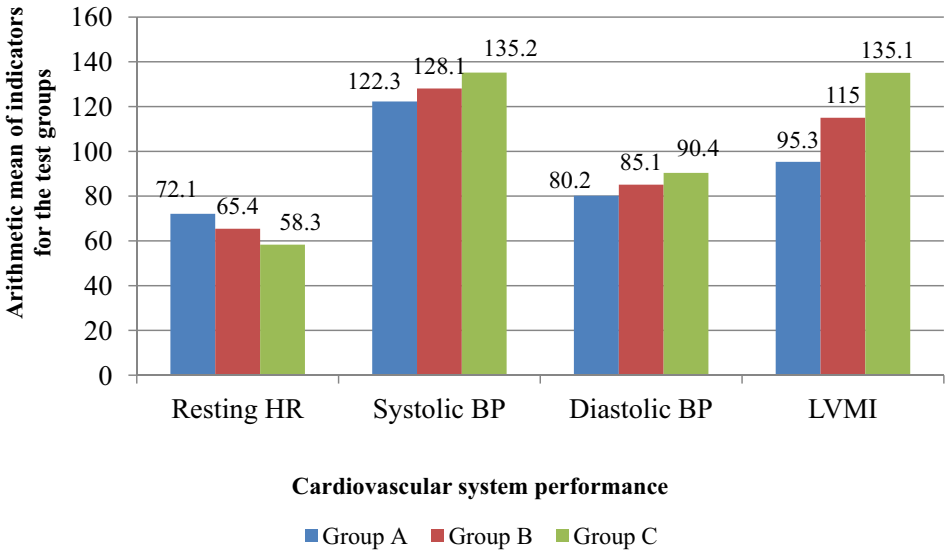

Fig. Results of measuring cardiovascular system indicators in the test groups: Resting HR, bpm; Systolic BP, mm Hg; Diastolic BP, mm Hg; LVMI, g/m²

что сердце у испытуемых стало сильнее и экономичнее в своей работе у спортсменов силовых видов спорта.

Повышение систолического и диастолическое АД чаще всего является показателем естественной адаптации к систематическим физическим нагрузкам. От новичков до мастеров спорта международного класса прирост систолического АД может составить 12,9 мм рт. ст., диастолического АД – 9,8 мм рт. ст. Однако при значительном или устойчивом повышении давления, которое встречается у представителей силовых видов спорта, важно контролировать его, чтобы избежать долгосрочных негативных последствий для сердца и сосудов.

Гипертрофия миокарда в наших исследованиях была выражена сильнее у профессионалов, о чем свидетельствует повышение ИММЛЖ на 29,6% в группе В. Повышение ИММЛЖ у спортсменов силовой направленности – это показатель нормальной адаптации к высоким нагрузкам и с ростом спортивной квалификации в фактических единицах может достигать 40 г/м². Однако если индекс выходит за пределы физиологической нормы или сопровождается повышенным давлением, нарушением ритма сердца или снижением физической выносливости, необходим дальнейший систематический врачебный контроль.

Физические нагрузки разных типов по-разному влияют на сердечно-сосудистую систему. В зависимости от преобладающего вида тренировок сердце адаптируется за счет либо увеличения камер, либо утолщения стенок миокарда (табл. 1).

Под воздействием регулярных тренировок в циклических видах спорта увеличиваются размеры камер сердца, особенно левого желудочка [9]. Такое изменение называется эксцентрической гипертрофией миокарда. Увеличенный объем сердца позволяет прокачивать больше крови за один удар, что снижает частоту сердечных сокращений в покое.

Упражнения с отягощениями создают более высокое сопротивление для сердечно-сосудистой системы, вызывая резкое повышение артериального давления во время подъема тяжестей, а сердце адаптируется за счет утолщения стенок левого желудочка. Увеличенная толщина стенки позволяет сердцу преодолевать высокое сопротивление и эффективно прокачивать кровь при силовых нагрузках.

Разные виды физической активности вызывают различные адаптационные изменения сердца. У аэробных спортсменов сердце увеличивается за счет расширения камер для эффективной перекачки крови, а у силовых атлетов оно становится более мощным за счет утолщения стенок, чтобы справляться с резкими скачками нагрузки. Оба типа гипертрофии считаются физиологической нормой, но при чрезмерном утолщении стенок сердца требуется контроль, так как это может повысить риск сердечно-сосудистых заболеваний [10, 11].

В процессе анализа данных инструментальных исследований ЭКГ и ЭхоКГ была сформирована распространенность патологических случаев отклонений со стороны сердечно-сосудистой системы у испытуемых спортсменов, которые приведены в таблице 2.

Таблица 1

Сравнительный анализ с различными видами спорта[1]

Вид спорта	ЧСС в покое	Тип гипертрофии миокарда	Риск гипертонии
Бег на длинные дистанции	50-55 уд/мин	Эксцентрическая	Низкий
Плавание	52-58 уд/мин	Эксцентрическая	Низкий
Пауэрлифтинг	58-65 уд/мин	Концентрическая	Высокий
Бодибилдинг	60-68 уд/мин	Концентрическая	Средний
Кроссфит	55-62 уд/мин	Смешанный	Средний

[1] Баевский Р.М. Адаптационные возможности организма и риск заболеваний. М.: Медицина, 1997. 234 с.

Table 1

Comparative analysis to different sports[2]

Sports type	Resting HR	Myocardial hypertrophy type	Hypertension risk
Long distance running	50-55 bpm	Eccentric	Low
Swimming	52-58 bpm	Eccentric	Low
Powerlifting	58-65 bpm	Concentric	High
Bodybuilding	60-68 bpm	Concentric	Medium
Crossfit	55-62 bpm	Mixed	Medium

Таблица 2

Распространенность сердечно-сосудистых отклонений

Патология	Группа А	Группа Б	Группа В
Гипертония (>140/90)	5%	15%	30%
Гипертрофия миокарда	8%	20%	35%
Аритмии	3%	8%	18%

Table 2

Prevalence of cardiovascular abnormalities

Pathology	Group A	Group B	Group C
Hypertension (>140/90)	5%	15%	30%
Myocardial hypertrophy	8%	20%	35%
Arrhythmias	3%	8%	18%

[2] Baevsky R.M. *Adaptation capabilities of the organism and the risk of diseases.* Moscow, Russia: Meditsina, 1997:234. (In Russ.)

Исследования показали, что у 30% профессиональных атлетов развивается гипертония, а у 35% – гипертрофия миокарда. Проведенные исследования подтверждает негативное влияние и долгосрочный эффект от нагрузок на сердечно-сосудистую систему с ростом спортивного мастерства. Чем выше уровень спортивной квалификации, тем выше риск патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы.

Факторами риска патологических изменений являются: неконтролируемые чрезмерные силовые нагрузки без адекватного восстановления; недостаток аэробных тренировок; неправильное питание (избыток соли, жиров, недостаток калия и магния); использование фармакологических средств (анаболических стероидов) [12, 13].

Профилактическими мерами могут служить следующие рекомендации: регулярный контроль АД и ЧСС; добавление аэробных тренировок 2-3 раза в неделю; диета с ограничением соли и насыщенных жиров; использование восстановительных методик (массаж, сон, контроль стресса), а также прохождение регулярного углубленного медицинского осмотра два раза в год в условиях специализированных лабораториях функциональной диагностики.

Выводы
Conclusions

Исследования показали, что регулярные силовые тренировки вызывают значительные изменения в сердечно-сосудистой системе, хотя большинство адаптационных процессов является положительным – экономизация деятельности сердечно-сосудистой системы составляет до 20%. Однако чрезмерные нагрузки могут повышать до 30% риск гипертрофии миокарда и гипертонии. Для минимизации рисков необходимы регулярный врачебный контроль и сбалансированный тренировочный режим. Также следует обратить внимание на роль аэробных нагрузок в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.

В дальнейшем целесообразно изучить влияние разных тренировочных методик (кроссфита, гиревого спорта) на сердце. Также необходимо исследовать влияние силовых тренировок на женскую сердечно-сосудистую систему, поскольку на данный момент исследований в этой области недостаточно.

Список источников

1. Ибрагимов И.Ф., Васенков Н.В., Илюшин О.В. Изменение показателей частоты сердечных сокращений растущего организма при резко увеличенной двигательной активности // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана.* 2017. Т. 231, № 3. С. 86-89. EDN: ZGVWNR

2. Wilmore J.H., Costill D.L., Kenney W.L. *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics, Champaign Il. 2008:648.

3. Григорьева И.В., Плотников А.А., Волкова Е.Г. Влияние физических упражнений на сердечно-сосудистую систему // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. 2022. № 1. С. 172-174. EDN: PDAWRU

4. Илюшин О.В., Абзалов Р.А. Изменение показателей ударного объема крови у студентов после выполнения Гарвардского степ-теста // *Теория и практика физической культуры*. 2004. № 1. С. 48

5. Белоцерковский З.Б. *Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов*: Учебное пособие. М.: Изд-во «Советский спорт», 2009. 347 с. EDN: RAZYYJ

6. Plowman S.A., Smith D.L. *Exercise Physiology*: *For Health, Fitness, and Performance*. Lippincott Williams & Wilkins. 2013:734.

7. Иорданская Ф.А. Мобильные технологии в оперативной диагностике оценки адаптации к нагрузкам и срочного восстановления работоспособности в условиях тренировочных мероприятий // *Вестник спортивной науки*. 2022. № 2. С. 54-63. EDN: FJCDYS

References

1. Ibragimov I.F., Vasenkov N.V., Ilyushin O.V. Changes in heart rate indicators of the growing organism at sharply increased physical activity. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny imeni N.E. Baumana.* 2017;231(3):86-89. (In Russ.)

2. Wilmore J.H., Costill D.L., Kenney W.L. *Physiology of sport and exercise.* Human Kinetics, Champaign Il. 2008:648.

3. Grigoreva I.V., Plotnikov A.A., Volkova E.G. Impact of physical exercise on the cardiovascular system. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy.* 2022;1:172-174. (In Russ.)

4. Ilyushin O.V., Abzalov R.A. Changes in the indicators of the cardiac stroke volume in students after performing the Harvard Step Test. *Teoriya i pracktika fizicheskoy kultury.* 2004;1:48. (In Russ.)

5. Belotserkovsky Z.B. *Ergometric and cardiological criteria of physical performance in athletes*: a textbook. Moscow, Russia: Sovetskiy Sport, 2009:347. (In Russ.)

6. Plowman S.A., Smith D.L. *Exercise Physiology*: *For Health, Fitness, and Performance*. Lippincott Williams & Wilkins. 2013:734.

7. Iordanskaya F.A. Mobile technologies in operational diagnostics of adaptation assessment to loads and urgent recovery in terms of training events. *Vestnik sportivnoy nauki.* 2022;2:54-63. (In Russ.)

8. Никитченко С.Ю. Аэробные нагрузки и их влияние на сердечно-сосудистую систему спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта // *Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований*: *перспективы развития»*. Чебоксары, 2018. С. 132-133. EDN: XOJYDJ

9. Смоленский А.В., Беличенко О.И., Тарасов А.В., Золичева С.Ю. *Заболевания спортсменов*: Учебное пособие. Москва: ООО Издательство «Спорт», 2020. 216 с. EDN: GKGWZU

10. Zatsiorsky V.M. *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2020:344.

11. Яковлева Л.В., Фархутдинов Р.Р., Юмали С.Х., Табынгулова Р.Р. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы и свободнорадикального окисления у юных спортсменов // *Вестник новых медицинских технологий*. 2014. № 1. С. 69. https://doi.org/10.12737/5021

12. Илюшин О.В., Газизов Ф.Г., Шайхиев Р.Р., Хуснетдинова Р.И. Исследование влияния физической активности на когнитивные функции студентов // *Глобальный научный потенциал*. 2023. № 10 (151). С. 104-106. EDN: TZNMDL

13. Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г. *Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов*: *норма и атипичные изменения*: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2019. 276 с. EDN: RAZYYT

8. Nikitchenko S.Yu. Aerobic exercise and its impact on the cardiovascular system of athletes engaged in strength sports. *V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Aktualnye napravleniya nauchnykh issledovaniy*: *perspektivy razvitiya'. April 23, 2018.* Cheboksary, Russia: Interactive plus, 2018:132-133. (In Russ.)

9. Smolenskiy A.V., Belichenko O.I., Tarasov A.V., Zolicheva S.Yu. *Diseases of athletes*: a textbook. Moscow, Russia: Sport, 2020:216. (In Russ.)

10. Zatsiorsky V.M. *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2020:344.

11. Yakovleva L.V., Farkhutdinov R.R., Yumali S.H., Tabyngulova R.R. Assessment of functional state of the cardio-vascular system and free radical oxidation processes in young athletes. *Journal of New Medical Technologies.* 2014;1:69. (In Russ.) https://doi.org/10.12737/5021

12. Ilyushin O.V., Gazizov F.G., Shaikhiev R.R., Khusnetdinova R.I. A study of the influence of physical activity on the cognitive functions of students. *Global Scientific Potential.* 2023;10(151):104-106. (In Russ.)

13. Belotserkovsky Z.B., Lyubina B.G. *Cardiac activity and functional fitness in athletes*: *norm and atypical changes*: a textbook. St. Petersburg, Russia: Lan, 2019:276. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сергей Юрьевич Никитченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: naukaisport@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-1490-5539

Дмитрий Валерьевич Карпов, старший преподаватель кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: karpov.d@rgau-msha.ru

Исмаил Саид-Хасанович Мусаев, старший преподаватель кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: musaev@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 06.11.2024
Одобрена после рецензирования 20.12.2024
Принята к публикации 26.12.2024

About the authors

Sergey Yu. Nikitchenko, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: naukaisport@mail.ru; https://orcid.org/0009-0007-1490-5539

Dmitry V. Karpov, Senior Lecturer at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: karpov.d@rgau-msha.ru

Ismail S.-Kh. Musaev, Lecturer at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: musaev@rgau-msha.ru

The article was submitted to the editorial office November 06, 2024
Approved after reviewing December 20, 2024
Accepted for publication December 26, 2024