Научная статья
УДК 796.925
DOI: 10.14529/hsm260215

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

***А.С. Назаренко**, hard@inbox.ru, http://orcid.org/0000-0002-3067-8395*
***Ф.А. Мавлиев**, fanis16rus@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-8981-7583*
***В.Р. Карфик**, karfik.vladislav@gmail.com, http://orcid.org/0009-0001-0253-8707*
***Ф.Р. Зотова**, zfr-nauka@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8711-8807*
Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

Аннотация. **Цель:** оценить влияние физической нагрузки на стабилографические показатели статокинетической устойчивости у спортсменов различных видов спорта. **Материалы и методы.** Контингент: 227 человек мужского пола, активно занимающихся спортом, стаж – не менее 9 лет. Методы: стабилография (оценка статокинетической устойчивости проведена с помощью стабило-анализатора); тестирование: скоростно-силовая, циклическая ступенчато-возрастающая на велоэргометре и вестибулярная нагрузка. **Результаты.** Спортсмены ситуационных видов спорта показывают минимальные изменения после разных видов физической нагрузки, тогда как у представителей прицельных видов спорта и контрольной группы реакция статокинетической системы более выражена. При этом площадь доверительного эллипса является надежным индикатором для оценки различий в статокинетической устойчивости между группами спортсменов после физических нагрузок. **Заключение.** Различные виды физических нагрузок оказывают различное воздействие на статокинетическую устойчивость, и спортсмены разных специализаций используют различные стратегии для компенсации и адаптации.

Ключевые слова: статокинетическая устойчивость, постуральный контроль, баланс тела, стабилографические показатели, физическая нагрузка, спортсмены

Благодарности. Работа выполнена за счет средств гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ.

Для цитирования: Влияние физической нагрузки на стабилографические показатели статокинетической устойчивости спортсменов различных специализаций / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев, В.Р. Карфик, Ф.Р. Зотова // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № 2. С. 134–140. DOI: 10.14529/hsm260215

© Назаренко А.С., Мавлиев Ф.А., Карфик В.Р., Зотова Ф.Р., 2026

Original article
DOI: 10.14529/hsm260215

EFFECT OF PHYSICAL EXERCISE ON STATOKINETIC STABILITY IN ATHLETES FROM VARIOUS SPORTS

***A.S. Nazarenko**, hard@inbox.ru, http://orcid.org/0000-0002-3067-8395*
***F.A. Mavliev**, fanis16rus@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-8981-7583*
***V.R. Karfik**, karfik.vladislav@gmail.com, http://orcid.org/0009-0001-0253-8707*
***F.R. Zotova**, zfr-nauka@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8711-8807*
Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Abstract. **Aim.** This paper aims to evaluate the effect of physical exercise on stabilographic parameters of statokinetic stability in athletes from different sports. **Materials and methods.** The study involved 227 male athletes with at least 9 years of training experience. The following methods were used: stabilography (force platform assessment of statokinetic stability), speed-strength testing, incremental cycle ergometry, and vestibular stimulation. **Results.** Athletes from situational sports demonstrate minimal changes after different types of physical exercise, whereas athletes from target sports and the control group exhibit a more pronounced statokinetic response. The area of the confidence ellipse is a reliable indicator for assessing differences in statokinetic stability between groups of athletes after physical exercise. **Conclusion.** Different types of physical activity have different effects on statokinetic stability. Therefore, athletes from different disciplines use various strategies for adaptation and compensation.

Keywords: statokinetic stability, postural control, body balance, stabilographic parameters, physical activity, athletes

Acknowledgements. This work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan awarded to higher education institutions, research organizations, and other entities to support human resource development plans, specifically to encourage their research and teaching staff to pursue doctoral degrees and conduct research.

For citation: Nazarenko A.S., Mavliev F.A., Karfik V.R., Zotova F.R. Effect of physical exercise on statokinetic stability in athletes from various sports. *Human. Sport. Medicine*. 2026;26(2):134–140. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm260215

Введение. Физические нагрузки оказывают значительное влияние на изменение показателей статокинетической устойчивости спортсменов за счет влияния накопленного утомления и различных физиологических реакций. Научные исследования показывают, что как аэробные, так и анаэробные физические нагрузки ухудшают показатели статокинетической устойчивости, что проявляется в увеличении площади, а также и скорости колебаний центра давления [10]. У спортсменов скорость колебаний центра давления увеличивается на 10–47 % в зависимости от типа утомления [3]. В основе этих изменений лежат различные физиологические механизмы. При кратковременных интенсивных нагрузках ведущую роль играет гипервентиляция, а при длительных нагрузках основным фактором становится утомление [12]. Скорость восстановления статокинетической функции также коррелирует с уровнем тренированности сердечно-сосудистой системы. Исследование A. Zech с соавт. показало, что восстановление частоты сердечных сокращений объясняло 6,5–14,2 % вариации постуральной стабильности во время восстановления [3].

Исследования спортсменов различных видов спорта показывают, что динамика показателей статокинетической устойчивости существенно различается в зависимости от специализации: у стрелков хорошая постуральная устойчивость, которая достигается благодаря проприоцептивным сигналам [1, 12]; у гимнастов отмечают эффективное сохранение баланса на различных нестабильных поверхностях, и это регистрируется даже при тестировании с закрытыми глазами [5, 12]; в игровых и в циклических видах главным фактором ухудшения статокинетической устойчивости является утомление [7].

Согласно исследованиям Z.G. Fox с соавт. (2008), среднее время восстановления показателей статокинетической устойчивости до исходного уровня после физической нагрузки

составляет 8–13 минут [4]. При этом последующее ухудшение показателей статокинетической устойчивости (выраженные в увеличении площади и длины траектории центра давления) является предикторами риска травм нижних конечностей в последующих тренировках [9]. Во многих исследованиях используются различные протоколы нагрузочного тестирования, что делает сложным сравнение показателей статокинетической устойчивости после физической нагрузки в ходе анализа научных работ. Так, в качестве физической нагрузки применяются протоколы с беговой нагрузкой, ускорения в виде повторных спринтов, субмаксимальный тест PWC_{170} и т. д.

В связи с вышеперечисленным становится актуальным исследование динамики показателей статокинетической устойчивости у спортсменов различных видов спорта на различные регламентированные дозированные физические нагрузки.

Цель исследования: оценить влияние физической нагрузки на стабилографические показатели статокинетической устойчивости у спортсменов различных видов спорта.

Материалы и методы. Исследование проводилось в первой половине дня на базе НИИ Физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский ГУФКСиТ» (г. Казань). Было исследовано 227 человек мужского пола, активно занимающихся спортом, со стажем не менее 9 лет. Спортивная квалификация исследуемых – от второго взрослого разряда до мастера спорта РФ. Виды спорта: циклические (бег на средние и длинные дистанции, лыжные гонки, плавание и академическая гребля), прицельные (стендовая стрельба) и ситуационные (баскетбол, бадминтон, волейбол, футбол, теннис, хоккей и борьба) виды спорта. Контрольная группа в количестве 50 человек состояла из неспортсменов.

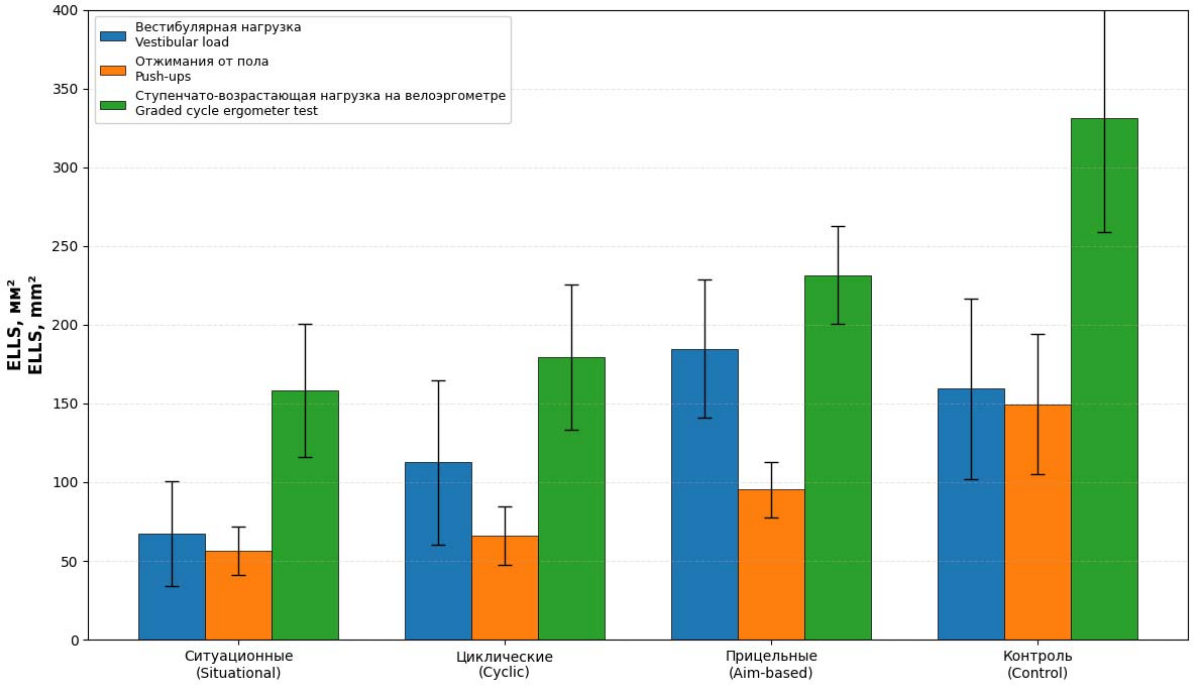
Оценка статокинетической устойчивости проведена с помощью стабилоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01» ЗАО «ОКБ «Ритм» (г. Таганрог). Для представленной научной работы использовались показатели качества функции равновесия (КФР, %), доверительная площадь эллипса (S_{ELLS}, мм^2), линейная скорость перемещения центра давления (V_{CP}, мм/с); скорость изменения площади статокинезиограммы (V_S мм²/с) и индекс скорости (IV, усл. ед.).

В качестве физической нагрузки использовалась скоростно-силовая (сгибание и разгибание рук в упоре лежа – 30 раз) и циклическая ступенчато-возрастающая нагрузка на велоэргометре (на первой ступени, длительность которой составляла 3 мин, величина нагрузки равнялась 50 Вт, затем мощность увеличивали на 30 Вт на каждой последующей ступени (длительность 2 мин) до ЧСС 170 уд/мин). Кроме этого, использовалась вестибулярная нагрузка в виде пробы Воячека, которая предъявлялась с использованием кресла Барани и заключалась в 5 вращениях за 10 с.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета IBM SPSS Statistics (версия 27). Для оценки статистической значимости различий между четырьмя независимыми группами применялся критерий Краскела – Уоллиса. При выявлении статистически значимых различий выполнялись апостериорные парные сравнения с использованием критерия Манна – Уитни. Для определения вклада отдельных стабилометрических показателей в межгрупповую дифференциацию был проведён канонический дискриминантный анализ. В модель включались показатели изменения параметров постурального контроля после различных видов нагрузочных проб. Априорные вероятности групп принимались равными. Значимость дискриминантных функций оценивалась с использованием критерия лямбды Уилкса. Интерпретация вклада переменных осуществлялась на основании стандартизованных коэффициентов и структурных корреляций.

Результаты. Результаты дискриминантного анализа показали, что наиболее значимым признаком, разделяющим исследуемые группы, является показатель S_{ELLS} (см. рисунок), который позволяет различать группы по реакции статокинетической системы на разные виды физических нагрузок. В связи с этим в данной работе для анализа брались те показатели стабилографии, которые обладали наибольшей дискриминирующей способностью.

Проба с вестибулярной нагрузкой. Представители ситуационных видов спорта демонстрируют минимальные изменения линейной скорости и площади колебаний центра давления (табл. 1). Это, возможно, связано с тем, что в ходе тренировочной деятельности выработаны навыки, позволяющие контролировать позу при резких сменах положения тела. Специфичность тренировок и их способность формировать «универсальную» статокинетическую устойчивость к различным



Изменение площади доверительного эллипса в ответ на различные виды нагрузок
Change in confidence ellipse area in response to various loads

Таблица 1
Table 1

Динамика изменений показателей статокинетической устойчивости в ответ на вестибулярную нагрузку
Changes in statokinetic stability indicators in response to vestibular stimulation

Виды спорта Sports	$V_{СР}$, мм/с V_{AV}, mm/s	S_{ELLS}, мм² S_{ELLS}, mm²	КФР, % QEF, %
Ситуационные (1) / Situational (1)	$2{,}95 \pm 1{,}48^{34}$	$67{,}27 \pm 33{,}41^{34}$	$-8{,}19 \pm 3{,}26^{34}$
Циклические (2) / Cyclic (2)	$4{,}48 \pm 2{,}68^{4}$	$112{,}65 \pm 52{,}28^{34}$	$-8{,}66 \pm 4{,}59^{34}$
Прицельные (3) / Target (3)	$5{,}93 \pm 1{,}70^{1}$	$184{,}74 \pm 43{,}63^{12}$	$-15{,}61 \pm 3{,}00^{12}$
Контрольная группа (4) / Control group (4)	$7{,}29 \pm 2{,}21^{12}$	$159{,}36 \pm 57{,}39^{12}$	$-15{,}79 \pm 5{,}73^{12}$

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 индексы над значениями – статистическая значимость отличий при $p < 0{,}05$ от соответствующей группы, где 1 – ситуационные виды спорта, 2 – циклические виды спорта, 3 – прицельные виды спорта, 4 – контрольная группа.

Note. Here and in tables 2, 3, superscript indices indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) relative to the corresponding group: 1 – situational sports, 2 – cyclic sports, 3 – target sports, 4 – control group.

вестибулярным возмущениям показана и в других исследованиях [6, 8]. Обращает на себя внимание то, что у представителей прицельных видов спорта отмечается более выраженная реакция статокинетической системы на вестибулярную нагрузку, которая схожа с реакцией контрольной группы. По всей видимости, стрелки в условиях тренировок, требующих статической устойчивости, не могут оказать регуляторную компенсацию, так как вырабатывают жесткую статическую устойчивость с опорой на зрение [11]. При вестибулярном раздражении у них отмечаются большие изменения, так же как и у представителей контрольной группы. Сходные изменения фиксируются и по интегральному показателю «качество функции равновесия» – у представителей прицельных видов спорта и контрольной группы он снижается на ~15 %, тогда как у остальных всего на ~8 %.

Проба с физической скоростно-силовой нагрузкой на мышцы плечевого пояса и верхних конечностей (сгибание и разгибание рук в упоре лежа). После скоростно-силовой нагрузки представители прицельных видов спорта показали самый низкий прирост показателей линейной скорости и скорости изменения площади статокинезиограммы, что,

возможно, говорит о специфике минимизации скорости колебаний центра давления. Но, несмотря на это, S_{ELLS} у них все же статистически значимо выше, чем у спортсменов ситуационных видов спорта. Иная реакция у представителей ситуационных видов: у них фиксируется наименьшая площадь разброса центра давления, что говорит об эффективной статокинетической системе на фоне физического утомления. Исследования показывают, что при утомлении организм способен компенсировать снижение статокинетической устойчивости, используя различные сенсорные и моторные стратегии [8]. Низкие результаты в данной пробе отмечаются у контрольной группы: V_{CP} возрастает и становится в 2,5 раза больше, чем у спортсменов. Можно предположить, что неспортсмены не способны изолировать тремор рук вследствие утомления мышц плечевого пояса и верхних конечностей (табл. 2).

Циклическая ступенчато-возрастающая нагрузка на велоэргометре. После выполнения ступенчато-возрастающей физической нагрузки (табл. 3) у контрольной группы наблюдается наибольший прирост площади колебаний центра давления, что связано, скорее всего, с гипервентиляцией, так как показано, что интенсивное дыхание механически вызывает большие колебания центра тяжести [2], а утомленные мышцы ног не могут это полностью компенсировать. Ситуационные виды спорта, напротив, показали лучший контроль по показателю площади эллипса, а также линейной скорости. Возможно, тренировки на фоне усталости и различные ускорения в ходе игр позволяют им быстро восстанавливать статокинетическую устойчивость. Лучшие значения индекса скорости фиксировались у представителей циклических видов. Прицельные виды спорта по своей реакции на нагрузку близки к контрольной группе, особенно по параметру S_{ELLS}.

Заключение. Настоящее исследование показало, что специфика спортивной деятельности определяет динамику изменений статокинетической устойчивости после различных физических нагрузок: ситуационные виды спорта формируют наиболее адаптивную систему поддержания равновесия в ответ на различные нагрузки, что проявляется в минимальных изменениях показателей после различных нагрузочных проб. Обратная ситуация у неспортсменов и у представителей прицельных видов спорта. При этом результаты дискриминантного анализа подтвердили, что показатель площади доверительного эллипса является наиболее значимым индикатором, позволяющим различать группы по уровню

Таблица 2
Table 2

Динамика изменений показателей статокинетической устойчивости в ответ на скоростно-силовую нагрузку
Changes in statokinetic stability indicators in response to speed-strength exercise

Виды спорта Sports	V_{CP}, мм/с V_{AV}, mm/s	S_{ELLS}, мм² S_{ELLS}, mm²	Скорость изменения площади, мм²/с Rate of change of area, mm²/s
Ситуационные (1) / Situational (1)	$3{,}14 \pm 1{,}42^{4}$	$57{,}23 \pm 18{,}46^{34}$	$4{,}12 \pm 2{,}85^{4}$
Циклические (2) / Cyclic (2)	$3{,}79 \pm 2{,}26^{4}$	$66{,}04 \pm 18{,}87^{4}$	$5{,}08 \pm 2{,}41^{4}$
Прицельные (3) / Target (3)	$2{,}86 \pm 0{,}94^{4}$	$95{,}59 \pm 17{,}09^{14}$	$4{,}00 \pm 1{,}37^{4}$
Контрольная группа (4) / Control group (4)	$8{,}26 \pm 2{,}36^{123}$	$149{,}17 \pm 45{,}64^{123}$	$8{,}25 \pm 4{,}68^{123}$

Таблица 3
Table 3

Динамика изменений показателей статокинетической устойчивости в ответ на ступенчато-возрастающую нагрузку
Changes in statokinetic stability indicators in response to incremental exercise

Виды спорта Sports	V_{CP}, мм/с V_{AV}, mm/s	S_{ELLS}, мм² S_{ELLS}, mm²	Индекс скорости, 1/с Speed index, 1/s
Ситуационные (1) / Situational (1)	$5{,}36 \pm 2{,}53^{4}$	$158{,}36 \pm 41{,}14^{4}$	$3{,}66 \pm 1{,}66^{4}$
Циклические (2) / Cyclic (2)	$7{,}15 \pm 2{,}72^{4}$	$179{,}17 \pm 45{,}47^{4}$	$3{,}09 \pm 1{,}24^{4}$
Прицельные (3) / Target (3)	$8{,}33 \pm 2{,}18^{4}$	$230{,}84 \pm 30{,}85$	$3{,}80 \pm 1{,}33^{4}$
Контрольная группа (4) / Control group (4)	$12{,}58 \pm 4{,}77^{123}$	$331{,}31 \pm 71{,}45^{12}$	$5{,}46 \pm 2{,}62^{123}$

изменений статокинетической устойчивости в ответ на различные виды физических нагрузок. В то же время различные виды спорта формируют специфические стратегии компенсации и адаптации статокинетической системы к нагрузкам, что отражается в динамике показателей стабилографии.

Неспортсмены демонстрируют наихудшие показатели статокинетической устойчивости после всех видов физических нагрузок, особенно при вестибулярной и циклической. Это может быть связано с неспособностью эффективно компенсировать внешние возмущения и утомление.

Список литературы / References

1. Andreeva A. Postural Stability in Athletes: The Role of Age, Sex, Performance Level, and Athlete Shoe Features. *Sports*, 2020, vol. 8 (6), 89 p. DOI: 10.3390/sports8060089

2. Gandevia S.C., Butler J.E., Hodges P.W., Taylor J.L. Balancing Acts: Respiratory Sensations, Motor Control and Human Posture. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2002, vol. 29 (1–2), pp. 118–121. DOI: 10.1046/j.1440-1681.2002.03611.x

3. Zech A. et al. Effects of Localized and General Fatigue on Static and Dynamic Postural Control in Male Team Handball Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012, vol. 26 (4), pp. 1162–1168. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31822dfbbb

4. Fox Z.G. Return of Postural Control to Baseline After Anaerobic and Aerobic Exercise Protocols. *Journal of Athletic Training*, 2008, no. 5, pp. 456–463. DOI: 10.4085/1062-6050-43.5.456

5. Gönener U. How Balance Training on Different Types of Surfaces Affect Dynamic Balance Ability and Postural Sway of Gymnast Children. *Progress in Nutrition*, 2020, vol. 22 (1-S), pp. 131–137.

6. Perrin P., Deviterne D., Hugel F., Perrot C. Judo, Better than Dance, Develops Sensorimotor Adaptabilities Involved in Balance Control. *Gait and Posture*, 2002, vol. 15 (2), pp. 187–194. DOI: 10.1016/S0966-6362(01)00149-7

7. Koyama K. Altered Postural Sway Following Fatiguing Foot Muscle Exercises. *PLoS One*, 2017, vol. 12 (12), e0189184. DOI: 10.1371/journal.pone.0189184

8. Paillard T. Plasticity of the Postural Function to Sport and/or Motor Experience. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2017, vol. 72, pp. 129–152. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2016.11.015

9. Romero-Franco N. et al. Postural Stability and Subsequent Sports Injuries During Indoor Season of Athletes. *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, vol. 26 (5), pp. 683–687. DOI: 10.1589/jpts.26.683

10. Sarikaya M. Does Acute Fatigue in Fitness Athletes have an Effect on Balance Performance? *Mediterranean Journal of Sport Science*, 2023, vol. 5 (1), pp. 394–402.

11. Herpin G. et al. Sensorimotor Specificities in Balance Control of Expert Fencers and Pistol Shooters. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2010, vol. 20 (1), pp. 162–169. DOI: 10.1016/j.jelekin.2009.01.003

12. Zemková E. Sport-specific Training Induced Adaptations in Postural Control and Their Relationship with Athletic Performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2023, vol. 16, 1007804. DOI: 10.3389/fnhum.2022.1007804

Информация об авторах

Назаренко Андрей Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Мавлиев Фанис Азгатович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИИ физической культуры и спорта, доцент кафедры медико-биологических дисциплин, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Карфик Владислав Рафаэльевич, ведущий специалист Научно-исследовательского института физической культуры и спорта, преподаватель кафедры теории и методики легкой атлетики и гребли им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Зотова Фируза Рахматулловна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Information about the authors

Andrej S. Nazarenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and International Activities, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Fanis A. Mavliev, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Research Institute of Physical Culture and Sport, Associate Professor of the Department of Biomedical Disciplines, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Vladislav R. Karfik, Leading Specialist, Research Institute of Physical Culture and Sport, Lecturer, G.V. Tsyganov Department of Theory and Methods of Athletics and Rowing Sports, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Firuza R. Zotova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sport, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 01.02.2026

The article was submitted 01.02.2026