Дата публикации: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_12
УДК 615.849.1

Publication date: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_12
UDC 615.849.1

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ОТВЕТ НА РАЗЛИЧНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

А.С. Назаренко[1], Ф.А. Мавлиев[1], Р.А. Юсупов[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Эффективность поддержания равновесия определяется не столько состоянием отдельных сенсорных систем (зрительной, проприоцептивной, вестибулярной), сколько их взаимодействием, позволяющим компенсировать дефицит информации одной модальности за счет других. В связи с этим предлагается использовать усредненные стабилографические показатели, регистрируемые после нескольких различных функциональных проб, как интегральную характеристику адаптации статокинетической системы к реальной спортивной деятельности. Цель работы – оценить изменения усредненных стабилографических показателей статокинетической устойчивости у спортсменов под воздействием различных функциональных нагрузок. ***Методы.*** Были обследованы спортсмены и не спортсмены в возрасте от 18 до 22 лет (297 человек), у которых производилась оценка стабилографических показателей до и после различных функциональных проб. ***Результаты.*** В статье представлены результаты сравнительного анализа статокинетической устойчивости у спортсменов ситуационных, циклических и прицельных видов спорта, а также у не спортсменов. ***Заключение.*** Установлено, что сенсорные системы функционируют интегративно, а систематические тренировки повышают порог чувствительности к раздражителям, что свидетельствует о высокой пластичности нервной системы.
Ключевые слова: статокинетическая система, функция равновесия, стабилографические показатели, функциональные пробы, спортсмены.

INTEGRAL STABILOGRAPHIC INDICATORS OF STATOKINETIC STABILITY OF ATHLETES IN RESPONSE TO VARIOUS FUNCTIONAL LOADS

A.S. Nazarenko[1], F.A. Mavliev[1], R.A. Yusupov[2]
[1]Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia
[2]Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Abstract. Introduction. The effectiveness of maintaining balance is determined not so much by the state of individual sensory systems (visual, proprioceptive, vestibular) as by their interaction, which makes it possible to compensate for the data deficit of one modality at the expense of others. In this regard, it is proposed to use averaged stabilographic indicators recorded after several different functional tests as an integral characteristic of the adaptation of the statokinetic system to real sports activities. The objective of the work is to assess changes in the average stabilographic indicators of statokinetic stability in athletes under the influence of various functional loads. ***Methods.*** We examined athletes and non-athletes aged 18 to 22 years (297 people in total), who had their stabilographic parameters assessed before and after various functional tests. ***Results.*** The article presents the results of a comparative analysis of statokinetic stability in athletes of situational, cyclic and targeted sports, as well as in non-athletes. ***Conclusion.*** We have found that sensory systems function integratively, and systematic training increases the threshold of sensitivity to stimuli, which indicates a high plasticity of the nervous system.
Keywords: statokinetic system, balance function, stabilographic indicators, functional tests, athletes.

Введение. Уровень спортивных результатов в различных видах спорта определяется сформированностью двигательных программ, которые совершенствуются в процессе тренировок и соревнований, что обеспечивает долговременную адаптацию спортсмена к физическим нагрузкам при снижении энергетических затрат. Наибольшая долговременная адаптация и экономизация отмечаются в тех системах и органах, которые вносят максимальный вклад в достижение конечного приспособительного результата.

С позиции теории функциональных систем важную роль в управлении движениями играют сенсорные системы. Сигналы, поступающие от различных сенсорных систем, возникают на основе аналитико-синтетической деятельности коры больших полушарий как единого «комплексного анализатора» [1]. Степень участия каждой сенсорной системы в управлении движениями изменяется в зависимости от решаемых двигательных задач и условий поддержания равновесия. Человек воспринимает информацию одновременно от нескольких сенсорных систем. Однако если суммарный объем информации превышает возможности ее восприятия [1], организм саморегулирует поступление информации, временно «снижая активность» некоторых сенсорных систем. Это, в свою очередь, активизирует главную в данной ситуации сенсорную систему, делая ее доминирующей. Механизм отключения избыточной информации описан в работах [2], где показано, что выключение зрительной информации активирует двигательную и вестибулярную сенсорные системы, обеспечивая выполнение точных движений. Следовательно, эффективность статокинетической устойчивости при перемещении тела в пространстве определяется не только функциональным состоянием отдельных сенсорных систем, центральной нервной системы и мышечного аппарата, но и их взаимодействием, способным компенсировать слабость или неустойчивость друг друга.

В ранее выполненных научных работах была раскрыта роль отдельных сенсорных систем в регуляции статокинетической устойчивости, а также влияние вестибулярной, скоростно-силовой и циклической нагрузки на нее [3-6]. 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 скорости колебаний центра давления [4, 5]. У спортсменов скорость колебаний центра давления увеличивается на 10-47% в зависимости от типа утомления [4]. Однако в большинстве исследований оценивается воздействие лишь одной функциональной нагрузки на статокинетическую систему спортсменов, тогда как в реальной спортивной деятельности на атлета действуют различные виды раздражителей, суммарно воздействующих на статокинетическую систему и организм в целом. Поэтому изменение усредненных стабилографических показателей статокинетической устойчивости спортсменов, полученных под влиянием различных функциональных нагрузок (вестибулярная, скоростно-силовая и циклическая), вероятно, будет отражать уровень адаптации статокинетической системы.

Цель работы – оценить изменения усредненных стабилографических показателей статокинетической устойчивости у спортсменов под воздействием различных функциональных нагрузок.

Методы и организация исследования. Исследования проводились на базе научно-исследовательского центра Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма (г. Казань). Были исследованы 227 человек мужского пола, занимающихся спортом и имеющих спортивный стаж не менее 10 лет, спортивная квалификация – от первого разряда до мастера спорта. И были разделены на три группы согласно видам 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). Контрольная группа в количестве 70 человек состояла из не спортсменов.

Оценка статокинетической устойчивости проведена с помощью стабилоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01» (ЗАО «ОКБ «Ритм», Россия) в состоянии относительного покоя (проба Ромберга, 42 с) и после скоростно-силовой, циклической и вестибулярной нагрузок. Для представленной научной работы исследовались следующие стабилографические показатели: качество функции равновесия (КФР, %), доверительная площадь эллипса (ELLS, мм^2), линейная скорость перемещения центра давления (ЛСС, мм/с), скорость изменения площади статокинезиограммы (V_S, мм^2/с).

В качестве функциональной нагрузки использовалась скоростно-силовая (сгибание и разгибание рук в упоре лежа 30 раз, утомление мышц плечевого пояса и верхних конечностей) и циклическая ступенчато-возрастающая нагрузка на велоэргометре (на первой ступени длительность составляла 3 минуты, величина нагрузки – 50 Вт, затем мощность увеличивали на 30 Вт на каждой последующей ступени (длительность – 2 мин) до частоты сердечных сокращений 170 уд/мин и утомления мышц нижних конечностей). Кроме этого использовалась вестибулярная нагрузка в виде пробы Воячека, которая предъявлялась с использованием кресла Барани и заключалась в 5 вращениях за 10 с. Стабилографические показатели, зарегистрированные после функциональных нагрузок, были просуммированы и усреднены по укрупненным группам видов спорта. Это позволило оценить влияние обобщенного (интегрального) показателя на статокинетическую устойчивость спортсменов.

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.

Результаты исследования и их обсуждение. В большинстве научных исследований статокинетическую устойчивость оценивают с помощью стабилографического теста с открытыми и закрытыми глазами, что позволяет сделать вывод о вкладе зрительного и проприоцептивного анализаторов в поддержании равновесия тела [3]. Дополнительно может применяться мягкая или нестабильная опора, а также физическая нагрузка для снижения вертикальной устойчивости [5, 6]. Однако при таком неспецифическом подходе не удается выявить значимые различия в уровне статокинетической устойчивости не только между спортсменами разных специализаций, но и между спортсменами и не спортсменами [4, 6].

В состоянии относительного покоя выбранные стабилографические показатели статокинетической устойчивости у всех спортсменов и не спортсменов находились в пределах возрастной нормы (рис. 1 и 2). При этом спортсмены ситуационных и прицельных видов спорта имели значимо более низкие показатели колебаний центра давления ($p<0,05$-$0,001$), что отражалось в значениях всех показателей. Это свидетельствует, с одной стороны, о более высоком уровне поддержания равновесия тела, с другой – о более совершенных механизмах регуляции статокинетической системы и экономизации энергоресурсов при сохранении вертикальной позы. В свою очередь, у не спортсменов стабилографические показатели колебаний центра давления были значимо больше ($p<0,05$-$0,001$), что указывает на более низкий уровень статокинетической устойчивости и эффективности поддержания вертикального положения тела. Возможное объяснение выявленных различий кроется в высокой спортивной квалификации обследованных лиц: у спортсменов отмечаются повышение точности сенсорного анализа и программирования двигательных актов, ускорение коррекции ошибок движений и активации нервно-мышечного аппарата, увеличение стабильности и экономичности регуляторных процессов, усиление интеграции и одновременно автономности сенсомоторных функций. При этом у всех спортсменов

наблюдается голеностопная стратегия поддержания вертикального положения тела за счет преобладания колебаний в сагиттальной плоскости, что характерно для обычной стойки на твердой опоре и в состоянии относительного покоя.

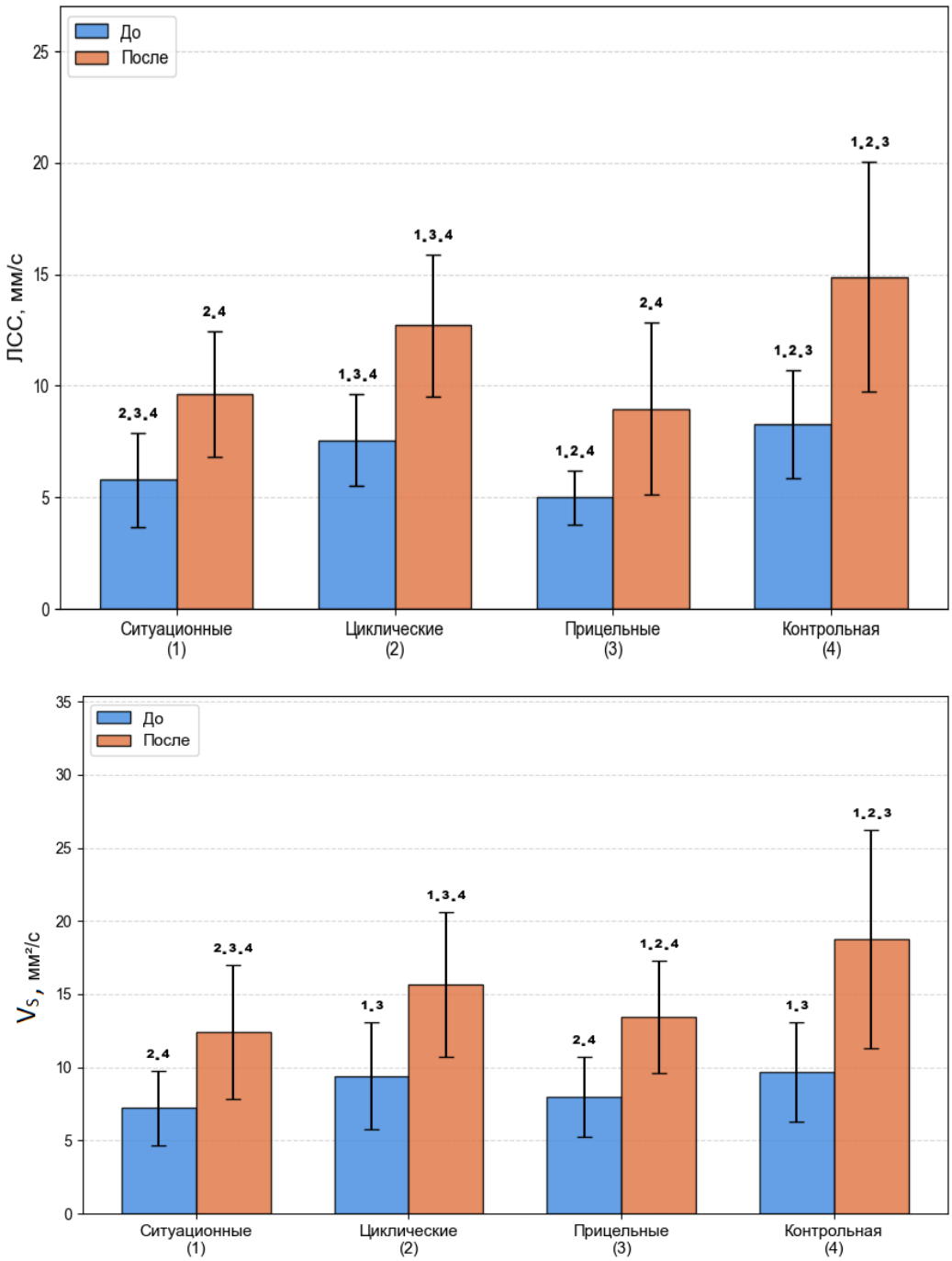


Рис. 1. Стабилографические показатели линейной скорости перемещения центра давления (ЛСС) и скорости изменения площади статокинезиограммы (V_S) у спортсменов до и после функциональных проб

Примечание: 1 – ситуационные виды спорта; 2 – циклические виды спорта; 3 – прицельные виды спорта; 4 – контрольная группа (не спортсмены).

При формировании двигательных навыков ведущую роль поочередно играют зрительная и двигательная сенсорные системы под контролем вестибулярного аппарата. Все движения в спорте происходят на фоне вестибулярных раздражений, воздействующих на сенсорные, мышечные и вегетативные системы, обеспечивающие

двигательную активность [1]. Под влиянием спортивной деятельности чувствительность афферентных систем повышается, что связано со спецификой вида спорта. Все сенсорные системы, входящие в статокинетическую систему, одинаково важны: ни один анализатор или физиологический механизм не является исключительным для поддержания равновесия и координации движений [1, 3, 4].

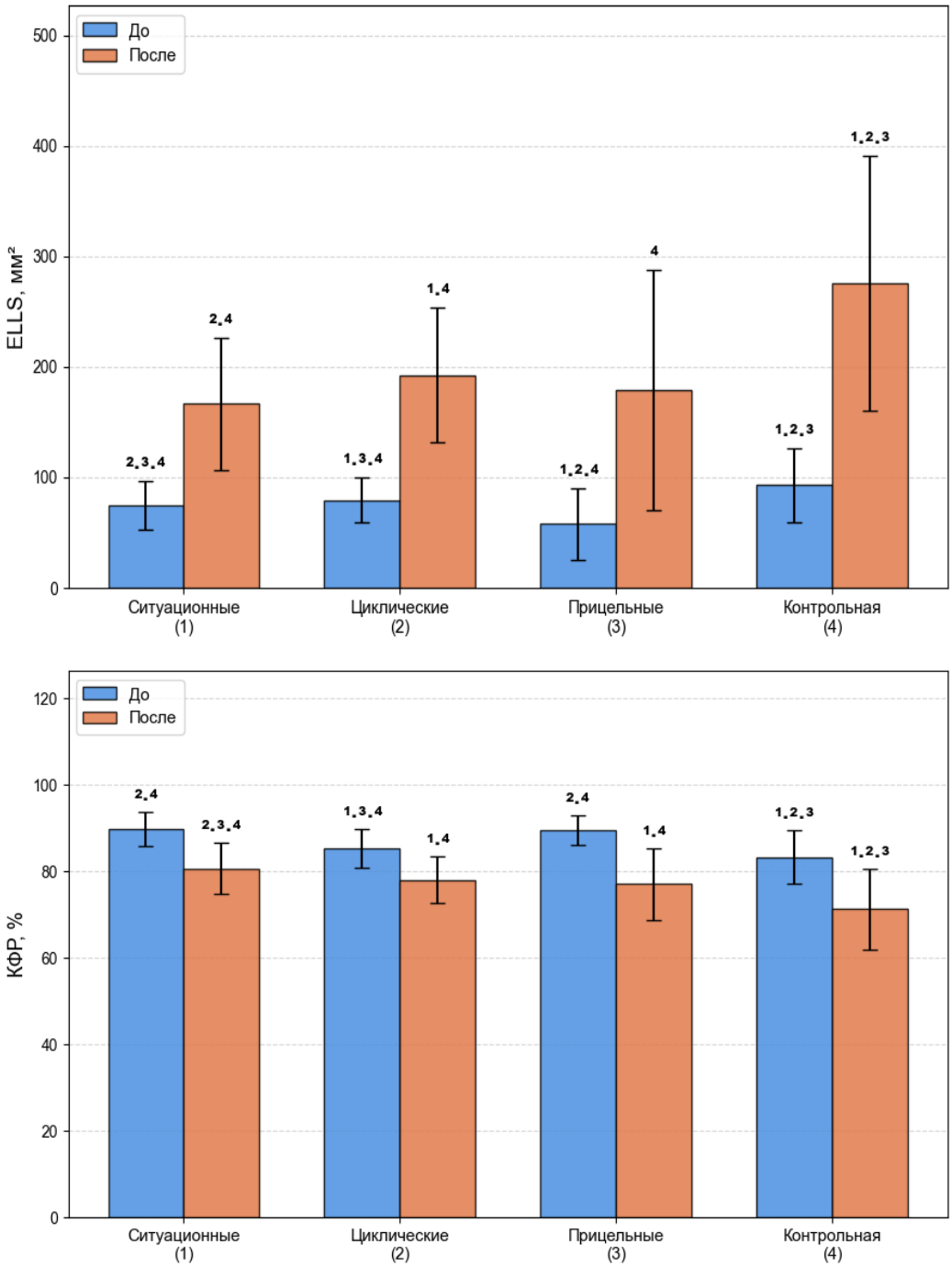


Рис. 2. Стабилографические показатели площади эллипса (ELLS) и качества функции равновесия (КФР) у спортсменов до и после функциональных проб

Примечание: 1 – ситуационные виды спорта; 2 – циклические виды спорта; 3 – прицельные виды спорта; 4 – контрольная группа (не спортсмены).

Применение различных функциональных проб (вестибулярной, скоростно-силовой и циклической нагрузок) и их усреднение позволяют получить более значимые и специфические изменения стабилографических показателей

статокинетической устойчивости у спортсменов, а также оценить уровень адаптации отдельных сенсорных систем.

Уровень статокинетической устойчивости спортсменов ситуационных видов спорта значимо выше ($p<0,05$-$0,001$) по большинству показателей по сравнению с представителями циклических и прицельных видов спорта, что проявляется в существенно меньших изменениях после функциональных нагрузок (рис. 1 и 2). Меньший прирост ЛСС и V_S у спортсменов ситуационных видов спорта свидетельствует о более высокой устойчивости вертикальной позы при меньшей рабочей площади опоры, а более высокий уровень КФР характеризует эффективную и долговременную адаптацию статокинетической функциональной системы. В то же время усредненные показатели ЛСС и V_S у представителей циклических видов спорта были значимо выше ($p<0,05$), чем у спортсменов прицельных видов спорта.

Следовательно, если в циклических и прицельных видах спорта статокинетическая система получает в основном стандартные, заранее предсказуемые нагрузки, то в ситуационных видах спорта эти нагрузки неравномерны и трудно прогнозируемы. Это обусловлено кумуляцией постоянно чередующихся, разнообразных по характеру, интенсивности и продолжительности раздражителей вестибулярного аппарата, воздействующих на отолитовый аппарат спортсмена. В большинстве случаев суммарные статокинетические нагрузки у представителей ситуационных видов спорта за одно и то же время значительно превышают таковые у спортсменов циклических и прицельных видов.

В то же время циклические виды спорта, особенно плавание, лыжные гонки и академическая гребля, превосходят прицельные виды по объему мышечных и вестибулярных нагрузок в ходе тренировок и соревнований. Однако наше исследование не выявило значимых различий по большинству стабилографических показателей статокинетической устойчивости между спортсменами данных видов спорта.

У нетренированных лиц суммарные стабилографические показатели статокинетической устойчивости были значительно выше, чем у спортсменов, что привело к значимым различиям по всем анализируемым параметрам поддержания равновесия тела ($p<0,05$-$0,001$). Это отражает более низкий уровень долговременной адаптации статокинетической системы у лиц, не занимающихся спортом.

Систематические занятия спортом способствуют более быстрому формированию новых двигательных паттернов, которые в результате многократных повторений приводят к совершенствованию внутренней модели сигналов. Проприорецептивная импульсация, постоянно возникающая во время тренировок, изменяет функциональные свойства нейронов и обеспечивает снижение восприимчивости к стимулам различной сенсорной модальности. В итоге это приводит к уменьшению выраженности вестибуловегетативных, вестибулодвигательных и вестибулосенсорных реакций [7].

Таким образом, в процессе систематических тренировок между показателями устойчивости и порогом чувствительности разных сенсорных систем формируется обратная зависимость: при повышении устойчивости к различным раздражителям порог возбуждения этих систем повышается. Это свидетельствует о высокой пластичности центральной нервной системы, которая обеспечивает адекватную реакцию спортсменов на разнообразные раздражители, действующие во время тренировок и соревнований [1, 8]. Как показывает наше исследование, такое соотношение между устойчивостью и чувствительностью сенсорных систем характерно только для спортсменов.

Заключение. Настоящее исследование показало, что в состоянии относительного покоя различия между группами незначительны, тогда как применение комплекса функциональных проб (вестибулярная, скоростно-силовая, циклическая нагрузки) и усреднение полученных показателей позволяют выявить специфические адаптационные особенности. При этом статокинетическая устойчивость спортсмена развивается и при занятиях теми видами спорта, в которых вращательные действия и угловые ускорения представлены в относительно небольших объемах. В то же время

специфика спортивной деятельности определяет динамику изменений статокинетической устойчивости после различных функциональных проб: ситуационные виды спорта формируют наиболее адаптивную систему поддержания равновесия в ответ на различные нагрузки, что проявляется в минимальных изменениях стабилографических показателей. В связи с этим предлагается использовать усредненные стабилографические показатели, регистрируемые после нескольких различных функциональных проб, как интегральную характеристику адаптации статокинетической системы к реальной спортивной деятельности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. 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. Соглашение на предоставление гранта от 22.12.2025 г. № 14/2025-ПД-ПГУФКСиТ.

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

Financing. The research was carried out using the funds of a grant provided by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education organizations, scientific and other organizations to support the human resources development road maps in terms of stimulating their scientific and teaching staff to defend doctoral dissertations and perform research. Grant Agreement dated 22.12.2025 No 14/2025-PD-PGUFKSiT.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ровный, А.С. Роль сенсорных систем в управлении сложно-координированными движениями спортсменов / А.С. Ровный, О.А. Ровная, В.А. Галимский // Слобожанский научно-спортивный вестник. – 2014. – № 3(41). – С. 78-85. DOI: 10.15391/snsv.2014-3.016.
2. Ровная, О.А. Межсенсорные отношения как система сенсорного контроля двигательной деятельности спортсменок синхронного плавания / О.А. Ровная, А.С. Ровный, В.Н. Ильин // Педагогика, психология, и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2010. – № 10. – С. 65-69.
3. Мельников, А.А. Сравнение постуральной устойчивости у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / А.А. Мельников // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2019. – № 2(28). – С. 60-71.
4. Поддержание равновесия тела на фоне физического утомления после субмаксимальной аэробной нагрузки у спортсменов разных специализаций / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев, Н.В. Рылова, А.С. Чинкин // Практическая медицина. – 2015. – Т. 1. – № 3(88). – С. 65-68.
5. Особенности постуральной устойчивости у борцов начальной спортивной подготовки разных стилей / Р.Ю. Николаев, А.А. Мельников, С.Ю. Матавкин, Ю.А. Маслова // Вестник САФУ. Медико-биологические науки. – 2016. – № 3. – С. 37-44. DOI: 10.17238/issn2308-3174.2016.3.37.
6. Тришин, А.С. Особенности постуральной устойчивости у баскетболистов в течение годичного макроцикла тренировочного процесса / А.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). DOI: 10.24412/2588-05002024_08_04_15.
7. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control / P. Perrin, D. Deviterne, F. Hugel, C. Perrot // Gait Posture. – 2002. – Vol. 15. – No. 2. – P. 187-194. DOI: 10.1016/S0966-6362(01)00149-7.
8. Attenuation of the evoked responses with repeated exposure to proprioceptive disturbances is muscle specific / S. Caudron, L. Langlois, V. Nougier, M. Guerraz // Gait Posture. – 2010. – Vol. 32. – No. 2. – P. 161-168.

REFERENCES

1. Rovny A.S., Rovnaya O.A., Galimsky V.A. The role of sensory systems in the management of difficult-coordinated movements of athletes. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 2014, vol. 3, pp. 78-85. DOI: 10.15391/snsv.2014-3.016. (in Russ.)
2. Rovnaya O.A., Rovny A.S., Ilyin V.N. Intersensory attitudes as system of the sensor control of impellent activity of sportswomen of

synchronous swimming. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2010, vol. 10, pp. 65-69. (in Russ.)
3. Melnikov A.A. Comparison of postural stability of athletes with different direction of the training process. *Physical Education and Sports Training*, 2019, vol. 2(28), pp. 60-71. (in Russ.)
4. Nazarenko A.S., Mavliev F.A., Rylova N.V., Chinkin A.S. Maintaining body balance against the background of physical fatigue after submaximal aerobic exercise in athletes of different sports. *Practical Medicine*, 2015, vol. 3(88), pp. 65-69. (in Russ.)
5. Nikolaev R.Yu., Melnikov A.A., Matavkin S.Yu, Maslova Yu.A. Peculiarities of postural stability in basic level wrestlers of different styles. *Journal of Medical and Biological Research*, 2016, vol. 3, pp. 37-44. DOI: 10.17238/issn2308-3174.2016.3.37. (in Russ.)
6. Trishin A.S., Berdichevskaya E.M., Trishin E.S. Features of postural stability in basketball players during the annual macrocycle of the training process. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30). DOI: 10.24412/2588-05002024_08_04_15. (in Russ.)
7. Perrin P., Deviterne D., Hugel F., Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture*, 2002, vol. 15, pp. 187-194. DOI: 10.1016/S0966-6362(01)00149-7.
8. Caudron S., Langlois L., Nougier V., Guerraz M. Attenuation of the evoked responses with repeated exposure to proprioceptive disturbances is muscle specific. *Gait Posture*, 2010, vol. 2, pp. 161-168.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Андрей Сергеевич Назаренко – кандидат биологических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: hard@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-3067-8395.
Фанис Азгатович Мавлиев – 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, e-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583.
Ринат Андарзянович Юсупов – доктор биологических наук, профессор кафедры физической культуры и спорта, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, e-mail: rinatbox@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Andrey S. Nazarenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and International Activities, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: hard@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-3067-8395.
Fanis A. Mavliev – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Research Institute of Physical Culture and Sports, Associate Professor, Department of Medical and Biological Disciplines, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583.
Rinat A. Yusupov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Physical Education and Sports, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, e-mail: rinatbox@rambler.ru.

Для цитирования: Назаренко, А.С. Интегральные стабилографические показатели статокинетической устойчивости спортсменов в ответ на различные функциональные нагрузки / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев, Р.А. Юсупов // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_12

For citation: Nazarenko A.S., Mavliev F.A., Yusupov R.A. Integral stabilographic indicators of statokinetic stability of athletes in response to various functional loads. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_12