

EDITORIAL LEADERSHIP**Editor-in-Chief:**

Rustam SHAMSHIDDINOV – DSc (Law), Professor

Deputy Editor:

Alokhon ALIKARIEVA – PhD (Sociology), Associate Professor, *National University of Uzbekistan*

Editorial Board:

Azamat AKHMEDOV – DSc (Technology), Associate Professor, *Tashkent State Technical University*

Behzod ABBASOV – PhD (History), Associate Professor, *Namangan State University*

Bekhzod ERNAZAROV – PhD (Sociology), Associate Professor, *Urgench State University*

Botirali VAKHOBOV – PhD (History), Associate Professor, *Namangan State University*

Botirjon MALLABAYEV – PhD (History), Associate Professor, *Namangan State University*

Damira MIRZAKHALILOVA – PhD (Economics), Associate Professor, *Tashkent Branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas*

Dilnoza KHAMDAMOVA – PhD (Technology), *Tashkent Institute of Chemical Technology*

Donokhon ACHILOVA – DSc (Medicine), Associate Professor, *Bukhara State Medical Institute*

Farkhod CHORSHANBIYEV – DSc (Agriculture), Associate Professor, *Tashkent State Agrarian University*

Farkhod IBRAGIMOV – DSc (Technology), Associate Professor, *Tashkent State University of Transport*

Jakhongir BOTIROV – PhD (Medicine), *Andijan State Medical Institute*

Javlon JURAYEV – PhD (Agriculture), Associate Professor, *Tashkent State Agrarian University*

Kamaldin YUNUSOV – DSc (Politics), Professor, *Andijan State University*

Laziz KHAYITOV – PhD (Medicine), *Samarkand State Medical Institute*

Marifjon AKHAMEDOV – PhD (Pedagogy), Associate Professor, *State Conservatory of Uzbekistan*

Mokhigul OTAMIRZAEVA – PhD (Geography), *University of Business and Science*

Mokhirakhon MUYDINOVA – PhD (Sociology), *Namangan State University*

Muyassar NAVRUZOVA – PhD (Philology), Associate Professor, *Bukhara State University*

Nigora ASHUROVA – PhD (Medicine), Associate Professor, *Bukhara State Medical Institute*

Nodirakhon NISHONOVA – PhD (Medicine), *Andijan State Medical Institute*

Olga KOMAROVA – Associate Professor, *Uzbekistan State Institute of Arts and Culture*

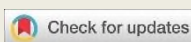
Sarvara BOBOKULOVA – PhD (Medicine), *Bukhara State Medical Institute*

Shakhnoza SADIKOVA – Associate Professor, *Tashkent State Technical University*

Sirojiddin SHIRMATOV – PhD (Pedagogy), Associate Professor, *Customs Institute of the State Customs Committee*

Umid MUKHITDINOV – PhD (Technology), Associate Professor, *Tashkent Institute of Chemical Technology*

Vasila UMAROVA – PhD in (Technology), Associate Professor, *Tashkent Institute of Chemical Technology*




ANALYSIS OF FUNCTIONAL INDICATORS OF THE CARDIO-RESPIRATORY AND NERVOUS SYSTEMS IN ATHLETES OF CYCLIC SPORTS

Sardor Makhmudov¹, Rigina Zhuraeva¹, Dilfuza Alieva².

¹ Samarkand State University Medical University.

² DSc, Associate Professor, EMU University.

 <https://doi.org/10.5281/zenodo.19643333>

Key words:

cardiorespiratory system, heart rate variability, cyclic sports, physiological adaptation, aerobic endurance, nervous system, functional state monitoring, athletic performance.

ABSTRACT

The aim of this study was to conduct a comprehensive assessment of the functional parameters of the cardiorespiratory and nervous systems in athletes engaged in cyclic sports in order to determine their level of adaptation to prolonged aerobic loads. The study involved 60 participants (40 athletes and 20 control subjects) aged 18–25 years. Methods included electrocardiography, spirometry, functional tests (Ruffier test, Harvard step test), as well as analysis of heart rate variability and neurodynamic indicators. The results demonstrated that athletes exhibited significantly lower resting heart rate, higher vital lung capacity, greater heart rate variability, and faster motor reaction time compared to the control group ($p < 0.05$). These findings indicate the formation of an economical type of physiological regulation and high efficiency of adaptive mechanisms. It is concluded that comprehensive monitoring of functional status is essential for optimizing the training process and preventing overtraining.

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ, ДЫХАТЕЛЬНОЙ И НЕРВНОЙ СИСТЕМ У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Ключевые слова:

кардиореспираторная система, вариабельность сердечного ритма, циклические виды спорта, физиологическая адаптация, аэробная выносливость, нервная система, мониторинг функционального состояния, спортивная работоспособность.

АННОТАЦИЯ

Целью исследования являлась комплексная оценка функциональных показателей кардиореспираторной и нервной систем у спортсменов циклических видов спорта для определения уровня их адаптации к длительным аэробным нагрузкам. В исследовании приняли участие 60 человек (40 спортсменов и 20 лиц контрольной группы) в возрасте 18–25 лет. Использовались методы электрокардиографии, спирометрии, функциональные пробы (Руфье, Гарвардский степ-тест), а также анализ вариабельности сердечного ритма и нейродинамических показателей. Установлено, что у спортсменов наблюдаются достоверно более низкая частота сердечных сокращений, более высокие показатели жизненной ёмкости лёгких, вариабельности сердечного ритма и скорости двигательной реакции по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о формировании экономичного типа регуляции и высокой эффективности адаптационных механизмов. Сделан вывод о значимости комплексного мониторинга функционального состояния для оптимизации тренировочного процесса и предупреждения переутомления.

Циклические виды спорта занимают особое место в системе физического воспитания и спортивной подготовки, поскольку способствуют развитию выносливости, формированию дыхательной и сердечно-сосудистой адаптации, устойчивости нервной системы, а также способности организма к длительной аэробной работе. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к научному анализу функциональных возможностей спортсменов, в частности к исследованию адаптационных механизмов кардиореспираторной и нервной систем в условиях систематических физических нагрузок. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью объективного контроля функционального состояния спортсменов, что позволяет своевременно корректировать тренировочный процесс, предупреждать развитие перенапряжения и поддерживать высокий уровень спортивной работоспособности [1, С.773–781; 3, С.1374–1383; 4, С.1531–1536].

Физиологическая сущность адаптации к циклическим нагрузкам заключается в экономизации функций жизненно важных систем, прежде всего сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС). При регулярных тренировках у спортсменов формируется так называемое «спортивное сердце», характеризующееся увеличением ударного объема, снижением частоты сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии покоя, повышением минутного объема крови (МОК) и эффективности транспорта кислорода.

Одновременно совершенствуются показатели внешнего дыхания: увеличивается жизненная ёмкость лёгких, возрастает сила дыхательной мускулатуры, оптимизируется соотношение фаз дыхательного цикла. Указанные изменения обеспечивают высокий уровень аэробной производительности организма, что имеет особое значение для спортсменов циклических видов спорта (бегунов, пловцов, велосипедистов, лыжников) [2, С.7146; 4, С.1531–1536]. Существенную роль в адаптационных процессах играет нервная система, обеспечивающая интеграцию и координацию физиологических функций при физической нагрузке.

Длительные циклические тренировки способствуют оптимизации взаимодействия корковых и подкорковых структур, формированию устойчивости процессов возбуждения и торможения, а также повышению стрессоустойчивости и эмоциональной стабильности. Вместе с тем чрезмерные физические нагрузки или нарушения режима восстановления могут приводить к дезадаптационным изменениям, проявляющимся снижением вариабельности сердечного ритма (ВСР), нарушениями сна, повышенной тревожностью и развитием утомления. Это обуславливает необходимость комплексного исследования состояния кардиореспираторной и нервной систем, позволяющего оценить не только уровень тренированности, но и выявить ранние признаки переутомления [3, С.1374–1383; 5, С.350–357].

Современные исследования подтверждают, что высокая вариабельность сердечного ритма является надёжным маркером адаптационных возможностей организма, отражающим баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС).

У спортсменов циклических видов спорта преобладание парасимпатической активности свидетельствует о формировании экономичного типа регуляции, сопровождающегося снижением энергетических затрат при сохранении высокой эффективности кровообращения и дыхания. Динамическое наблюдение за показателями ВСР, ЧСС, жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ), а также результатами функциональных проб (проба Руфье, Гарвардский степ-тест) позволяет комплексно оценить уровень адаптации и на этой основе рационально планировать тренировочный процесс [2, С.7146; 3, С.1374–1383]. Таким образом, изучение функциональных показателей кардиореспираторной и нервной систем у спортсменов циклических видов спорта имеет как теоретическое, так и прикладное значение. Результаты подобных исследований позволяют индивидуализировать тренировочные нагрузки, повысить эффективность восстановительных мероприятий и предупредить развитие хронического переутомления.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящего исследования является комплексная оценка функциональных показателей кардиореспираторной и нервной систем у спортсменов циклических видов спорта на этапе устойчивой спортивной подготовки с последующим определением уровня их физиологической адаптации к длительным аэробным нагрузкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на базе кафедры спортивной медицины и физиологии Самаркандского государственного медицинского университета в период с января по июнь 2025 года. В исследовании приняли участие 60 человек, из которых 40 – спортсмены циклических видов спорта (легкоатлеты, пловцы, велосипедисты), и 20 – лица контрольной группы, не занимающиеся профессиональным спортом.

Возраст обследуемых варьировал от 18 до 25 лет, средний возраст составил $21,3 \pm 3,7$ года. Все участники были практически здоровы, не имели хронических заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем и на момент исследования не принимали медикаменты, способные повлиять на функциональные показатели организма. Спортсмены находились на этапе спортивного совершенствования и имели стаж регулярных тренировок не менее 5 лет.

Все обследования проводились в утренние часы (с 8:00 до 11:00) в состоянии относительного покоя, а также после стандартной физической нагрузки (Гарвардский степ-тест).

1. Кардиореспираторные показатели:

- Частота сердечных сокращений (ЧСС) определялась методом электрокардиографии (ЭКГ) в покое и после нагрузки.
- Артериальное давление (АД) измерялось с использованием автоматического тонометра по методу Короткова.
- Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) и минутный объём дыхания (МОД) определялись с помощью спирометра «СПИРОКОМ-2».
- Проба Руфье применялась для оценки общей физической работоспособности и реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

2. Показатели нервной системы:

- Время простой двигательной реакции (ПДР) измерялось с использованием электронного хроноскопа при реакции на световой сигнал.
- Устойчивость внимания оценивалась по методике Бурдона–Анфимова.
- Вариабельность сердечного ритма (BCP/HRV) анализировалась по временным и спектральным показателям (SDNN, RMSSD, LF/HF) на основе анализа ЭКГ-сигнала.

3. Физическая нагрузка:

Для всех спортсменов проводился Гарвардский степ-тест (подъём на ступень высотой 50 см с частотой 30 подъёмов в минуту в течение 5 минут). По завершении теста регистрировались показатели пульса и времени восстановления для расчёта индекса Гарварда (IGT).

4. Статистическая обработка:

Полученные данные анализировались с использованием методов вариационной статистики в программном обеспечении SPSS 25.0. Определялись средние значения (M), стандартные отклонения (SD), а также уровень статистической значимости различий (p) по критерию Стьюдента. Корреляционные взаимосвязи между показателями оценивались с использованием коэффициента Пирсона (r). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Все участники предоставили письменное информированное согласие на участие в исследовании. Работа проводилась в соответствии с положениями Хельсинкской декларации (2013) и одобрена локальным этическим комитетом Самаркандского государственного медицинского университета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

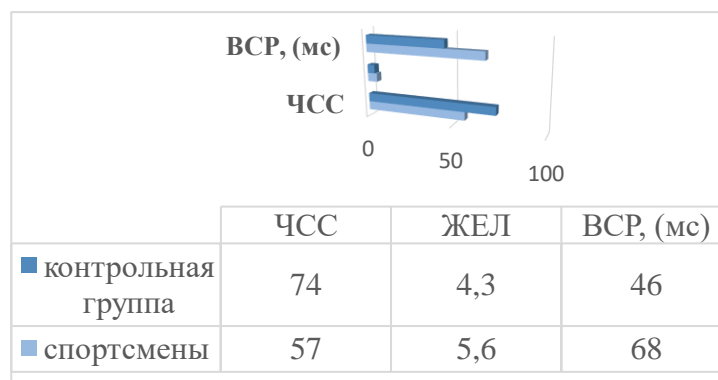
Согласно полученным данным, в ходе исследования выявлены статистически значимые различия в функциональных показателях кардиореспираторной и нервной систем между спортсменами циклических видов спорта и лицами контрольной группы. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели функционального состояния спортсменов и контрольной группы

Показатель	Спортсмены (n=40)	Контроль (n=20)	p
Частота сердечных сокращений в покое (уд/мин)	57,4±3,6	74,2±5,8	<0,01
Систолическое АД (мм.рт.ст.)	118,6±6,4	123,8±7,2	>0,05
Диастолическое АД (мм.рт.ст.)	74,3±5,1	77,9±5,6	>0,05
Жизненная ёмкость лёгких (л)	5,62±0,45	4,32±0,38	<0,01
Минутный объём дыхания (л/мин)	12,8±1,5	10,4±1,2	<0,05
Индекс Руфье (усл. ед.)	7,9±0,8	12,6±1,1	<0,01
Время простой двигательной реакции (с)	0,183±0,021	0,241±0,027	<0,01
Вариабельность сердечного ритма (SDNN, мс)	67,8±5,2	46,3±4,7	<0,01

На рисунке (рис. 1) видно, что у спортсменов ЧСС в покое значительно ниже, чем у контрольной группы, тогда как показатели ЖЕЛ и BCP(SDNN) существенно выше, что указывает на более высокий уровень адаптации и устойчивости вегетативной регуляции.



Кардиореспираторная система

У спортсменов выявляется физиологическая брадикардия, обусловленная адаптацией миокарда к регулярным аэробным нагрузкам. Увеличение ударного объема сердца позволяет при более низкой частоте сердечных сокращений (ЧСС) обеспечивать равный или более высокий минутный объем крови (МОК). Данный феномен отражает экономизацию сердечной деятельности и формирование так называемого «спортивного сердца» [3, С.1374–1383; 5, С.350–357]. Показатели дыхательной системы также свидетельствуют о более высоком уровне тренированности. У спортсменов жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) превышала аналогичные показатели контрольной группы в среднем на 25–30 %, что обусловлено гипертрофией дыхательной мускулатуры и повышением эластичности лёгочной ткани. Минутный объём дыхания (МОД) также был выше за счёт увеличения глубины дыхания и более эффективного распределения вентиляции.

Нервная система

Показатели времени простой двигательной реакции демонстрируют статистически значимое снижение у спортсменов (в среднем 0,183 с против 0,241 с, $p < 0,01$), что отражает высокий уровень нейродинамической готовности и скорость проведения возбуждения по нервным волокнам. Вариабельность сердечного ритма (ВСР, показатель SDNN) у спортсменов была на 46 % выше по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует о преобладании парасимпатического влияния и стабильности механизмов автономной регуляции. Данный показатель указывает на гармоничное взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, характерное для хорошо адаптированных спортсменов циклических видов спорта.

Таким образом, результаты исследования показали, что у спортсменов, систематически выполняющих циклические физические нагрузки, наблюдаются:

- снижение ЧСС и индекса Руфье;
- увеличение жизненной ёмкости лёгких и минутного объёма дыхания;
- повышение вариабельности сердечного ритма;
- улучшение показателей нейродинамических реакций.

Указанные изменения могут рассматриваться как физиологические адаптационные реакции, обеспечивающие высокий уровень аэробной выносливости при отсутствии признаков функционального перенапряжения. В ходе настоящего исследования у спортсменов циклических видов спорта выявлены снижение ЧСС в покое, увеличение ЖЕЛ и МОД, повышение ВСР, а также улучшение показателей простой двигательной реакции. Полученные данные свидетельствуют о комплексных адаптационных перестройках сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, что в значительной степени согласуется с данными научной литературы [2, С.7146; 3, С.1374–1383; 5, С.350–357].

Анализ результатов показывает, что повышение ВСР у спортсменов циклических видов спорта отражает преобладание парасимпатической активности вегетативной нервной системы, что соответствует «экономичному» режиму функционирования сердца и высокому уровню аэробной подготовленности.

Снижение ЧСС в сочетании с увеличением ЖЕЛ подтверждает адаптацию кардиореспираторной системы к длительным циклическим нагрузкам, описываемую в научной литературе как формирование «спортивного сердца» и усиление функциональной интеграции дыхательной и кровеносной систем.

Улучшение времени простой двигательной реакции свидетельствует о более высокой скорости нервных процессов и повышенной нейродинамической готовности, что, вероятно, обусловлено оптимизацией функциональных связей центральной нервной системы в результате регулярных тренировочных воздействий.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают современные представления о физиологических механизмах адаптации у спортсменов циклических видов спорта: кардиореспираторная система характеризуется повышенной эффективностью функционирования, тогда как нервная система демонстрирует устойчивость и высокий уровень саморегуляции в условиях адаптации к физическим нагрузкам.

Функциональное состояние кардиореспираторной системы спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, характеризуется выраженной экономизацией физиологических функций: отмечается достоверное снижение ЧСС в покое в сочетании с увеличением ЖЕЛ и МОД. Эти изменения свидетельствуют о формировании адаптационного «спортивного сердца» и высокой эффективности аэробной регуляции кровообращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring / D. J. Plews, P. B. Laursen, J. Stanley, A. E. Kilding, M. Buchheit // *Sports Medicine*. – 2013. – Vol. 43, No. 9. – P. 773–781.
2. Heart rate variability and its application in sports science: A comprehensive review / K. Li, C. Huang, X. Zhang // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2023. – Vol. 20, No. 24. – Article 7146.
3. Monitoring athlete training load and heart rate variability: New perspectives for individualized training / D. A. Boulosa, F. Y. Nakamura, A. S. Leicht // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2023. – Vol. 18, No. 12. – P. 1374–1383.
4. The role of heart rate variability in sports physiology / J. G. Dong // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2016. – Vol. 11, No. 5. – P. 1531–1536.
5. Heart rate variability as a marker of autonomic regulation in athletes of different sport disciplines / A. R. Kiselev, V. I. Gridnev, O. M. Posnenkova // *Human Physiology*. – 2019. – Vol. 45, No. 4. – P. 350–357.

НАУЧНАЯ РЕЦЕНЗИЯ

Представленная статья посвящена актуальной проблеме современной спортивной физиологии – комплексной оценке функционального состояния кардиореспираторной и нервной систем у спортсменов циклических видов спорта в контексте их адаптации к длительным аэробным нагрузкам. Работа выполнена на достаточно высоком теоретическом и методологическом уровне и соответствует современным направлениям исследований в области мониторинга функционального состояния спортсменов. Актуальность исследования не вызывает сомнений. В условиях роста интенсивности тренировочных нагрузок и необходимости индивидуализации подготовки спортсменов возрастает потребность в объективных методах оценки адаптационных возможностей организма. Автор обоснованно акцентирует внимание на вариабельности сердечного ритма как интегральном показателе автономной регуляции, что полностью соответствует современным научным подходам.

Научная новизна работы заключается в комплексном анализе показателей кардиореспираторной и нервной систем с использованием как традиционных физиологических методов (ЧСС, ЖЕЛ, проба Руфье), так и более чувствительных индикаторов, таких как HRV и нейродинамические параметры. Несмотря на то, что отдельные элементы исследования широко представлены в литературе, их интеграция в рамках одной экспериментальной модели придаёт работе дополнительную ценность. Практическая значимость исследования выражается в возможности применения полученных результатов для оптимизации тренировочного процесса. Представленные данные позволяют использовать показатели ВСР, ЧСС и функциональных проб в качестве инструментов ранней диагностики переутомления и адаптационных сдвигов, что имеет непосредственное значение для тренеров и специалистов по спортивной медицине. Методология исследования в целом является корректной. Выборка (n=60) представляется достаточной для пилотного исследования, чётко определены критерии включения и исключения. Использование стандартных функциональных тестов (Гарвардский степ-тест, проба Руфье), инструментальных методов (ЭКГ, спирометрия) и статистической обработки (SPSS, критерий Стьюдента, корреляционный анализ) обеспечивает воспроизводимость результатов. Однако следует отметить отсутствие более глубокого многофакторного анализа (например, регрессионных моделей), что могло бы повысить аналитическую ценность работы. Достоверность результатов подтверждается статистической значимостью различий между группами и согласованностью с данными современной литературы. Тем не менее, ограничением является относительно узкий возрастной диапазон и отсутствие стратификации по виду спорта и уровню квалификации спортсменов. Заключение. В целом представленная работа является завершённым научным исследованием, обладающим теоретической и прикладной значимостью. Несмотря на отдельные методологические ограничения, статья соответствует требованиям, предъявляемым к научным публикациям. Рекомендуется к публикации в профильном научном журнале после незначительной доработки, направленной на углубление аналитической части и расширение обсуждения результатов.

Disclaimer ©

This editorial review has been prepared by the Editorial Board of the *Journal of Research & Development* for the purposes of internal editorial assessment and quality assurance within the journal's publication process. This review is intended to provide an analytical overview of the scientific content, methodological approach, and thematic relevance of the submitted work. It does not constitute peer review, does not replace independent expert evaluation, and should not be interpreted as reflecting the personal views of the author(s) or as representing the official position of the journal. The Editorial Board assumes no responsibility for the implementation, interpretation, or consequences of any observations, comments, or analytical conclusions contained in this review. The review may include content generated with the assistance of artificial intelligence tools used for editorial support purposes.

This editorial review is provided solely to enhance transparency in the editorial process and to support the maintenance of academic and publication standards.