

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ И НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

**Махмудов Сардор Мамашарипович**

*Самаркандский Государственный  
Медицинский Университет,  
кафедра медицинской реабилитации,  
спортивной медицины и народной медицины*

**Алиева Дилфуза Акмалевна**

*университет EMU, DSc, доцент,  
кафедры медико-биологических дисциплин*

**Жураева Ригина Рустам кизи**

*Самаркандский Государственный  
Медицинский Университет,  
Студентка 5 курса лечебного факультета*

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования функционального состояния кардио-респираторной и нервной систем у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. Проведена сравнительная оценка показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС), жизненной ёмкости лёгких (ЖЁЛ), вариабельности сердечного ритма (ВСР), а также нейродинамических реакций у 40 спортсменов и 20 лиц контрольной группы. Выявлены выраженные адаптационные изменения, характеризующиеся снижением ЧСС в покое, увеличением дыхательных объёмов и устойчивостью нервных процессов. Полученные данные свидетельствуют о формировании у спортсменов экономного типа функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также о повышении устойчивости центральной нервной системы (ЦНС) к физическим нагрузкам.

**Ключевые слова:** циклические виды спорта; кардио-респираторная система; нервная регуляция; вариабельность сердечного ритма; адаптация организма.

## ЦИКЛИК СПОРТ ТУРЛАРИ БИЛАН ШУҒУЛЛАНУВСИ СПОРЧИЛАР КАРДИО-РЕСПИРАТОР ВА АСАБ ТИЗИМИ ФУНКЦИОНАЛ КЎРСАТКИЧЛАРИ ТАҲЛИЛИ

**Махмудов Сардор Мамашарипович**

*Самарқанд Давлат Тиббиёт Университети,  
Тиббий реабилитация, Спорт тиббиёти  
ва халқ таоботи кафедраси*

**Алиева Дилфуза Акмалевна**  
*EMU университети, DSc, доцент,  
тиббий-биология кафедраси*  
**Жураева Ригина Рустам кизи**  
*Самарқанд Давлат Тиббиёт Университети,  
Даволаш факультети 5 курс талабаси*

**Аннотация.** Ушбу мақолада циклик спорт турлари билан шугулланувчи спортчилар кардио-респиратор ва асаб тизими функционал кўрсаткичлари тадқиқоти бўйича олинган натижалар келтирилган. 40 спортчи ва 20 спортчи бўлмаган (назорат гуруҳ) инсонларда юрак қисқариши частотаси (ЮҚЧ), ўпка ҳаётий сизими (ЎҲС), юрак ритми вариабеллиги (ЮРВ), ҳамда нейродинамик реакция кўрсаткичларини таққосий баҳолаш ўтказилган. Тинч ҳолатда ЮҚЧ пасайиши, нафас ҳажми ошиши ва асабий жараёнларда барқарорлик билан тавсифланувчи яққол кўринган адаптацион ўзгаришлар аниқланган. Олинган маълумотлар, спортчилар юрак-томир ва нафас тизимида тежамкор фаолият тури, ҳамда жисмоний юкламаларга марказий асаб тизими (МАТ) барқарорлиги ошганлиги ҳақида далолат беради.

**Калит сўзлар:** спортнинг циклик турлари; кардио-респиратор тизими; асаб регуляцияси; юрак ритми вариабеллиги; организмнинг мослашувчанлиги.

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

**Makhmudov Sardor Mamasharipovich**  
*Samarkand State University Medical University,  
Department of Medical Rehabilitation,  
Sports Medicine and Traditional Medicine*  
**Alieva Dिल्фуза Akmallevna**  
*EMU University, DSc, Associate Professor,  
Departments of medical and biological disciplines*  
**Zhuraeva Rigina Rustam kizi**  
*Samarkand State University Medical University,  
5th year student of the Faculty of Medicine*

**Abstract.** This study presents the results of assessing the functional state of the cardio-respiratory and nervous systems in athletes involved in cyclic sports. A comparative analysis of heart rate, vital lung capacity, heart rate variability, and neurodynamic reactions was conducted among 40 athletes and 20 individuals in the control group. The findings revealed pronounced adaptive changes, characterized by reduced resting heart

*rate, increased respiratory volumes, and stability of nervous processes. The data indicate the formation of an economical mode of functioning of the cardiovascular and respiratory systems and an increased stability of the central nervous system to physical exertion in athletes.*

**Keywords:** *cyclic sports; cardio-respiratory system; nervous regulation; heart rate variability; physiological adaptation.*

### **Введение**

Циклические виды спорта занимают особое место в системе физического воспитания и спортивной подготовки, поскольку именно они развивают такие качества, как – выносливость; дыхательную и сердечно-сосудистую адаптацию, устойчивость нервной системы и способность организма к долговременной аэробной работе. В последние годы наблюдается рост интереса к научному анализу функциональных возможностей спортсменов, связанных с адаптацией кардио-респираторной и нервной систем к систематическим физическим нагрузкам. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью объективного контроля за функциональным состоянием спортсменов, что позволяет корректировать тренировочный процесс, предупреждать развитие перенапряжения и сохранять высокий уровень спортивной работоспособности [1,3,4].

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» - увеличивается ударный объём, снижается частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое, повышение минутного объёма крови МОК) и эффективности кислородного транспорта. Одновременно совершенствуются показатели внешнего дыхания: увеличивается жизненная ёмкость лёгких, возрастает сила дыхательной мускулатуры и улучшается соотношение дыхательных фаз. Эти изменения обеспечивают высокий уровень аэробной производительности организма, что особенно важно для спортсменов, деятельность которых связана с циклическостью и повторяемостью (бегунов, пловцов, велосипедистов и лыжников) [2,4].

Не менее значимую роль играет нервная система, которая обеспечивает интеграцию и координацию всех физиологических процессов во время физической нагрузки. При длительных циклических тренировках происходит оптимизация взаимодействия корковых и подкорковых структур, формируется устойчивость процессов возбуждения и торможения, определённые изменения происходят и в сторону повышения стрессоустойчивости и эмоциональной стабильности. Но, стоит отметить, что чрезмерные нагрузки или нарушение режима восстановления могут вызывать дезадаптационные сдвиги, результатом которых являются снижение ВСР, нарушения сна, повышенной тревожности и развитие утомляемости. Это диктует необходимость комплексного изучения состояния кардио-респираторной и нервной

систем, которое позволит оценить не только уровень тренированности, но и выявить ранние признаки формирования переутомления [3,5].

Современные исследования подтверждают, что высокая ВСР служит надёжным маркером адаптационных возможностей организма, так как отражает баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС). У спортсменов циклических видов спорта преобладание парасимпатической активности свидетельствует о развитии экономного типа регуляции, что сопровождается снижением энергозатрат при сохранении высокой эффективности кровообращения и дыхания. Динамическое наблюдение за ВСР, ЧСС, ЖЕЛ и функциональными тестами (проба Руфье, Гарвардский степ-тест) даёт возможность комплексно оценить уровень адаптации и на их основе рационально планировать тренировочный процесс [2,3].

Таким образом, изучение функциональных показателей кардио-респираторной и нервной систем у спортсменов циклических видов спорта имеет не только теоретическое, но и прикладное значение. Результаты подобного анализа позволяют индивидуализировать тренировочные нагрузки, повысить эффективность восстановления и предупредить развитие хронического переутомления.

#### **Цель исследования**

Основной целью настоящего исследования является комплексная оценка функциональных показателей кардио-респираторной и нервной систем 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 спортсменов циклических видов спорта (легкоатлеты, пловцы, велосипедисты) и 20 - лица контрольной группы, не занимающихся спортом профессионально. Возраст обследуемых составлял от 18 до 25, средний возраст –  $21,3 \pm 3,7$  лет. Все участники были практически здоровы, без хронических заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также на момент проведения исследования не принимали медикаменты, влияющие на функциональные показатели активных систем 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 и 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 помощью автоматического тонометра по методу Короткова.

✓ Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) и минутный объём дыхания (МОД) определялись с использованием спирометра «СПИРОКОМ-2».

✓ Проба Руфье использовалась для оценки общей физической работоспособности и реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

**2. Показатели нервной системы:**

✓ Время простой двигательной реакции (ПДР) измерялось на электронном хроноскопе при реакции на световой сигнал.

✓ Тест на устойчивость внимания проводился по методике Бурдона-Анфимова.

✓ Вариабельность сердечного ритма (BCP/HRV) оценивалась по временным и спектральным характеристикам (SDNN, RMSSD, LF/HF) с использованием анализа ЭКГ-сигнала.

**3. Физическая нагрузка:**

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

**4. Статистическая обработка:**

Полученные результаты анализировались с применением методов вариационной статистики в программе SPSS 25.0. Определялись средние значения (M), стандартные отклонения (SD) и уровень достоверности различий (p) по критерию Стьюдента. Корреляционные связи между показателями оценивались с помощью коэффициента Пирсона (r). Достоверными считались различия при  $p < 0,05$ .

Все участники дали письменное согласие на участие в исследовании. Работа проводилась в соответствии с Хельсинской декларацией (2013) и одобрена локальным этическим комитетом Самаркандского государственного медицинского университета.

**Результаты исследования**

Согласно полученным результатам, в ходе проведённого исследования определены достоверные различия в функциональных показателях кардиореспираторной и нервной систем между спортсменами циклических видов спорта и лицами контрольной группы. Данные представлены в таблице 1.

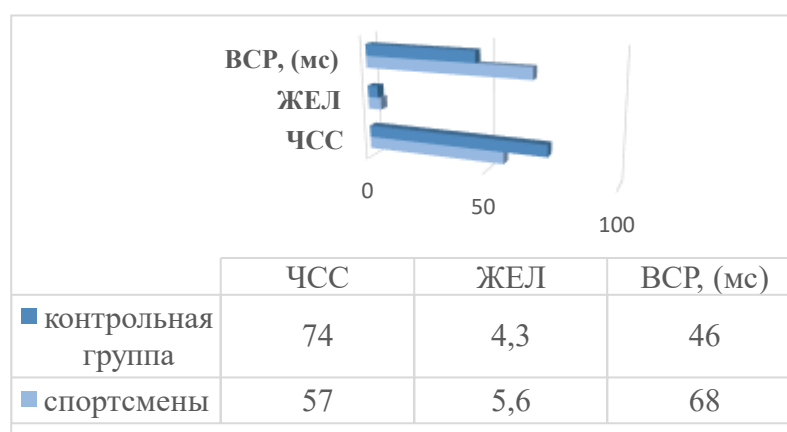
**Таблица 1.**

**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 ВСР(SDNN) существенно выше, что указывает на более высокий уровень адаптации и устойчивости вегетативной регуляции.



#### *Кардио-респираторная система*

У спортсменов отмечается физиологическая брадикардия, обусловленная адаптацией миокарда к регулярным аэробным нагрузкам. Ударный объём сердца увеличивается, что позволяет при меньшей частоте сокращений обеспечивать тот же или более высокий минутный объём крови. Это отражает экономизацию сердечной деятельности и развитие «спортивного сердца» [3,5].

Показатели дыхательной системы также свидетельствуют о более высоком уровне тренированности. У спортсменов жизненная ёмкость лёгких превышала контрольные значения в среднем на 25–30 %, что связано с гипертрофией дыхательной мускулатуры и увеличением эластичности лёгочной ткани. Минутный объём дыхания выше, вследствие более глубоких вдохов и эффективного распределения вентиляции.

#### *Нервная система*

Показатели времени простой двигательной реакции демонстрируют достоверно меньшие значения у спортсменов (в среднем 0,183с против 0,241с,  $p<0,01$ ), что отражает высокий уровень нейродинамической готовности и скорости передачи возбуждения по нервным волокнам.

ВСР (SDNN) у спортсменов выше на 46%, чем у контрольной группы, что свидетельствует о преобладании парасимпатического влияния и стабильности

процессов автономной регуляции. Данный показатель подтверждает гармоничное взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов нервной системы, что характерно 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 ВСП;
- улучшение показателей нейродинамических реакций.

Все эти изменения можно рассматривать как естественные физиологические адаптационные реакции, обеспечивающие высокий уровень аэробной выносливости без признаков перенапряжения.

В нашем исследовании у спортсменов циклических видов спорта выявлено снижение ЧСС в покое, увеличение ЖЕЛ и МОД (минутного объёма дыхания), повышение ВСП с улучшением показателей простой двигательной реакции. Эти данные свидетельствуют об адаптационных перестройках со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, что, в значительной степени согласуется с данными литературных источников [2,3,5].

Как видно из полученных результатов: повышение ВСП у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта говорит о преобладании парасимпатической активности ВНС, что соответствует «экономному» режиму работы сердца и высокого уровня аэробной подготовленности; снижение ЧСС с увеличением ЖЕЛ подтверждают адаптацию кардио-респираторной системы к длительным циклическим нагрузкам, что известно и описано в литературе как «спортивное сердце» и гиперинтеграция дыхательной и кровеносной систем.

Что касается результатов по улучшению времени простой двигательной реакции свидетельствует о более быстром нервном ответе и лучшей нейродинамической готовности, связанной по-всей видимости с оптимизацией функциональных связей ЦНС, в результате регулярных нагрузок.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают существующие представления о физиологических адаптациях спортсменов циклических видов: кардио-респираторная система становится более эффективной, а нервная система, адаптируясь - устойчивой и саморегулируемой в ответ на возникающие изменения организма.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Plews D.J., Laursen P.B., Stanley J., Kilding A.E., Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. - //Sports Medicine, - 2013 - 43(9), 773-781.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23852425>
2. Li K., Huang C., Zhang X. Heart rate variability and its application in sports science: A comprehensive review. - //International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023 - 20(24), 7146.  
<https://www.mdpi.com/1660-4601/20/24/7146>
3. Boulosa D.A., Nakamura F.Y., Leicht A.S. Monitoring athlete training load and heart rate variability: New perspectives for individualized training. - //International Journal of Sports Physiology and Performance, 2023 - 18(12), 1374-1383.  
<https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/18/12/article-p1374.xml>
4. Dong J.G. The role of heart rate variability in sports physiology. - //Experimental and Therapeutic Medicine, - 2016 - 11(5), 1531-1536.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4840584>
5. Kiselev A.R., Gridnev V.I., Posnenkova O.M. Heart rate variability as a marker of autonomic regulation in athletes of different sport disciplines. - //Human Physiology, 2019 - 45(4), 350-357.