



ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ/HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.30> EDN: GEMYRN

МЕЖГРУППОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПИРОМЕТРИИ И ИХ СВЯЗЬ С ИНДЕКСОМ МАССЫ ТЕЛА У СТУДЕНТОВ-СПОРТСМЕНОВ

Научная статья

Бочарин И.В.^{1,*}, Гурьянова А.М.², Щепалов В.А.³, Савчиц Е.А.⁴, Меркеева Е.О.⁵, Мартусевич А.К.⁶¹ORCID : 0000-0002-4961-5351;⁶ORCID : 0000-0002-0818-5316;^{1, 2, 3, 4, 5} Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация⁶ Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация⁶ Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л.Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (bocharin.ivan[at]mail.ru)

Предложена: 26.05.2026; Принята: 23.07.2026; Опубликовано: 17.08.2026

Аннотация

В статье представлены результаты исследования показателей функции внешнего дыхания у студентов, занимающихся различными видами спорта. Проведён сравнительный анализ параметров компьютерной спирометрии у футболистов, баскетболистов и спортсменов циклических направлений подготовки, а также изучены взаимосвязи показателей дыхательной системы с индексом массы тела. Установлено, что характер тренировочных нагрузок оказывает влияние на функциональное состояние респираторной системы. Наиболее высокие значения жизненной ёмкости лёгких, дыхательного объёма и максимальной произвольной вентиляции выявлены у спортсменов циклических видов спорта. Показано наличие умеренных отрицательных корреляционных связей между индексом массы тела и резервными параметрами дыхания. Полученные данные указывают на целесообразность учёта спортивной специализации и антропометрических особенностей при оценке адаптационных возможностей дыхательной системы у студентов-спортсменов.

Ключевые слова: внешнее дыхание, компьютерная спирометрия, студенты, спортсмены, индекс массы тела, респираторная адаптация, физическая работоспособность.

INTER-GROUP DIFFERENCES IN SPIROMETRY PARAMETERS AND THEIR RELATIONSHIP WITH BODY MASS INDEX AMONG STUDENT ATHLETES

Research article

Bocharin I.V.^{1,*}, Guryanova A.M.², Shchepalov V.A.³, Savchits Y.A.⁴, Merkeeva Y.O.⁵, Martusevich A.K.⁶¹ORCID : 0000-0002-4961-5351;⁶ORCID : 0000-0002-0818-5316;^{1, 2, 3, 4, 5} Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation⁶ National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation⁶ Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya. Florentyev, Nizhny Novgorod, Russian Federation

* Corresponding author (bocharin.ivan[at]mail.ru)

Suggested: 26.05.2026; Accepted: 23.07.2026; Published: 17.08.2026

Abstract

The article presents the results of a study of external respiratory function parameters in students involved in various sports. A comparative analysis was carried out of computerised spirometry parameters among footballers, basketball players and athletes specialising in cyclic sports, and the relationship between respiratory system parameters and body mass index was examined. It was established that the nature of training loads influences the functional state of the respiratory system. The highest values for vital lung capacity, respiration volume and maximum voluntary ventilation were found in athletes practicing cyclic sports. Moderate negative correlations were demonstrated between body mass index and respiratory reserve parameters. The obtained data indicate the advisability of taking into account sporting specialisation and anthropometric characteristics when assessing the adaptive capacity of the respiratory system in student athletes.

Keywords: external respiration, computerised spirometry, students, athletes, body mass index, respiratory adaptation, physical efficiency.

Введение

В последние годы интерес к изучению функционального состояния дыхательной системы у молодых спортсменов заметно вырос. Это связано не только с вопросами спортивной работоспособности, но и с необходимостью более точной оценки адаптации организма к различным по характеру тренировочным нагрузкам [1], [2]. Известно, что показатели внешнего дыхания способны изменяться под влиянием длительных тренировок, однако выраженность этих изменений во многом определяется направленностью спортивной специализации [7], [8], [10].

Для игровых и циклических видов спорта характерны различные требования к системе энергообеспечения. Если при циклических нагрузках ведущую роль играет аэробный компонент, то в игровых видах спорта дыхательная система функционирует в условиях постоянно меняющейся интенсивности работы [6], [11]. В связи с этим параметры легочной вентиляции и резервные возможности дыхания могут формироваться неодинаково даже у спортсменов сходного возраста и уровня подготовки.

Отдельный интерес представляет оценка взаимосвязи показателей внешнего дыхания с индексом массы тела. Несмотря на то что ИМТ традиционно рассматривается как простой антропометрический показатель [3], [9], [12], его изменения способны отражаться на механике дыхания и функциональных возможностях респираторной системы [3], [4], [5]. Вместе с тем данные о характере подобных связей у студентов-спортсменов остаются достаточно противоречивыми.

Цель исследования — выявить особенности показателей компьютерной спирометрии у студентов, занимающихся различными видами спорта, а также оценить взаимосвязь параметров внешнего дыхания с индексом массы тела.

Методы и принципы исследования

В исследовании приняли участие 44 студента мужского пола в возрасте от 18 до 22 лет, систематически занимающихся спортом. Все обследованные были распределены на три группы в зависимости от спортивной специализации.

В первую группу вошли спортсмены, занимающиеся мини-футболом ($n=13$), во вторую — баскетболисты ($n=15$), третью группу составили представители циклических видов спорта, преимущественно легкоатлеты и лыжники ($n=16$).

Исследование проводилось в первой половине дня, в условиях относительного функционального покоя. Перед обследованием участники не выполняли интенсивных физических нагрузок в течение суток. У тестируемых определяли индекс массы тела (ИМТ). Средние значения ИМТ составили $22,7 \pm 1,6$ кг/м² у футболистов, $24,0 \pm 1,9$ кг/м² у баскетболистов и $21,5 \pm 1,3$ кг/м² у представителей циклических видов спорта.

Оценка функции внешнего дыхания выполнялась методом компьютерной спирометрии с применением ПАК РС Spirometry Set (Швейцария). Анализировали показатели форсированной жизненной ёмкости лёгких (ФЖЕЛ), резервного объёма вдоха (РОВд), резервного объёма выдоха (РОВыд), жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ), максимальной произвольной вентиляции лёгких (МПВЛ) и дыхательного объёма (ДО). Спирометрическое тестирование выполнялось врачом функциональной диагностики, перед началом каждой серии обследований проводилась калибровка прибора калибровочным шприцем объёмом 3 л в соответствии с инструкцией производителя. Обследование выполнялось в положении сидя с использованием носового зажима. Перед регистрацией показателей испытуемым давалась подробная инструкция и демонстрировалась техника выполнения манёвров. Каждый участник выполнял несколько последовательных попыток; для анализа отбирался наилучший технически приемлемый результат.

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием непараметрических методов. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$), дополнительно приведена стандартная ошибка среднего (SEM). Межгрупповые различия оценивали с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Для изучения взаимосвязей между ИМТ и показателями спирометрии использовали корреляционный анализ Спирмена. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Основные результаты

Анализ показателей функции внешнего дыхания показал, что между исследуемыми группами наблюдаются определённые различия, связанные, вероятно, с особенностями тренировочного процесса и преобладающим типом физической нагрузки (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели компьютерной спирометрии у студентов-спортсменов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.30.1>

Показатель	Мини-футбол $n=13$		Баскетбол $n=15$		Циклические виды спорта $n=16$	
	$M \pm SD$	SEM	$M \pm SD$	SEM	$M \pm SD$	SEM
ФЖЕЛ, л	$4,5 \pm 0,8$	0,22	$5,0 \pm 1,5$	0,39	$4,4 \pm 0,6$	0,15
РОВд, л	$2,1 \pm 0,5$	0,14	$1,9 \pm 0,4$	0,1	$2,0 \pm 0,5$	0,13
РОВыд, л	$2,0 \pm 1,1$	0,31	$1,5 \pm 0,3^*$	0,08*	$1,9 \pm 0,5^\#$	0,13#
ЖЕЛ, л	$5,0 \pm 0,9$	0,25	$4,2 \pm 0,7^*$	0,18*	$5,6 \pm 1,6^\#^\wedge$	0,4# [^]
МПВЛ, л/мин	$112,4 \pm 18,7$	5,19	$86,2 \pm 17,4^*$	4,49*	$121,3 \pm 26,9^\#^\wedge$	6,73# [^]
ДО, л	$1,5 \pm 0,3$	0,08	$1,3 \pm 0,2$	0,05	$1,9 \pm 0,4^\#^\wedge$	0,1# [^]

Примечание: * - $p < 0,05$ по сравнению с футболистами; # - $p < 0,05$ по сравнению с баскетболистами; ^ - $p < 0,05$ между циклическими видами спорта и мини-футболом

Средние значения ФЖЕЛ оказались наиболее высокими у баскетболистов, однако межгрупповые различия по данному показателю не достигали уровня статистической значимости. Вероятно, это частично связано с

антропометрическими особенностями спортсменов данной группы, прежде всего с более высокой длиной тела. В то же время у представителей циклических видов спорта данный показатель оставался на уровне футболистов. Обращает на себя внимание, что в группах мини-футбола и циклических видов спорта значения ФЖЕЛ оказались ниже соответствующих значений ЖЕЛ. Подобное соотношение описано у лиц, не имеющих предшествующего опыта спирометрического обследования: спокойный манёвр при регистрации ЖЕЛ выполняется технически более полно, тогда как форсированный выдох требует специального навыка и высокой мотивации. Указанное расхождение носит методический характер и не свидетельствует о наличии обструктивных нарушений.

Жизненная ёмкость лёгких, напротив, была выше у спортсменов циклических направлений. Подобная особенность выглядит вполне ожидаемой, поскольку длительные аэробные нагрузки традиционно сопровождаются развитием более экономичного режима вентиляции и увеличением функциональных резервов дыхательной системы.

Показатели резервного объёма вдоха между группами существенно не различались. Однако резервный объём выдоха у баскетболистов был несколько ниже по сравнению с остальными испытуемыми. Вероятно, это может быть связано не столько с уровнем тренированности, сколько со спецификой двигательной деятельности и различиями в структуре тренировочных нагрузок.

Наиболее выраженные различия отмечались по показателю максимальной произвольной вентиляции лёгких. У спортсменов циклических видов спорта значения МПВЛ были выше, чем у представителей игровых дисциплин. Похожие изменения описываются и в ряде других исследований, посвящённых долговременной адаптации дыхательной системы к аэробным нагрузкам.

Дыхательный объём также оказался максимальным у студентов, занимающихся циклическими видами спорта. По-видимому, это отражает более эффективную организацию дыхательного акта и лучшую приспособленность к продолжительной мышечной работе.

Дополнительно был проведён корреляционный анализ между индексом массы тела и параметрами спирометрии (табл. 2).

Таблица 2 - Корреляционные взаимосвязи ИМТ с показателями функции внешнего дыхания

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.30.2>

Показатель	r
ФЖЕЛ	0,31
Ровд	-0,41*
Ровыд	-0,55*
ЖЕЛ	-0,28
МПВЛ	-0,52*
ДО	-0,19

Примечание: * - $p < 0,05$

Проведённый анализ показал наличие умеренных отрицательных корреляционных связей между ИМТ и рядом показателей внешнего дыхания. Наиболее выраженная зависимость отмечалась для резервного объёма выдоха и максимальной произвольной вентиляции лёгких. Это позволяет предположить, что увеличение массы тела может сопровождаться некоторым ограничением функциональных возможностей дыхательной системы. Особенно это касается вентиляционных резервов, которые в большей степени отражают способность организма поддерживать интенсивный газообмен при нагрузке.

В то же время связи между ИМТ и жизненной ёмкостью лёгких оказались менее выраженными. Вероятно, сами по себе изменения массы тела у молодых спортсменов ещё не оказывают существенного влияния на базовые объёмы лёгочной вентиляции, однако могут отражаться на резервных возможностях дыхания.

В целом полученные результаты согласуются с представлениями о том, что характер тренировочных нагрузок влияет не только на отдельные показатели спирометрии, но и на особенности функциональной адаптации дыхательной системы в целом.

Обсуждение

Полученные результаты в целом согласуются с данными исследований, посвящённых адаптации дыхательной системы к различным типам физических нагрузок. В ряде работ показано, что у спортсменов циклических видов спорта формируются более высокие показатели вентиляционной функции лёгких и дыхательных резервов, что связано с преобладанием аэробного компонента тренировок. В нашем исследовании у данной группы также отмечались более высокие значения МПВЛ, ЖЕЛ и дыхательного объёма.

Выявленные отрицательные корреляции между ИМТ и отдельными параметрами спирометрии позволяют предположить, что увеличение массы тела может сопровождаться снижением резервных возможностей внешнего дыхания, однако корреляционный характер анализа не позволяет судить о причинно-следственной природе этой связи. При этом полученные зависимости имели умеренный характер, что, вероятно, связано с молодым возрастом студентов и отсутствием выраженных нарушений со стороны дыхательной системы. Различия параметров внешнего дыхания и их взаимосвязь с индексом массы тела могут учитываться при планировании тренировочного процесса, оценке функционального состояния спортсменов и разработке индивидуальных программ физической подготовки.

Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Объём групп составил 13–16 человек, что обеспечивает достаточную статистическую мощность для выявления выраженных межгрупповых различий, однако не исключает ложноотрицательных результатов при умеренной величине эффекта. Не контролировался ряд факторов, потенциально влияющих на функцию внешнего дыхания: статус курения, перенесённые в предшествующий период респираторные заболевания, спортивный стаж, а также объём и интенсивность текущих тренировочных нагрузок. Не проводилась формализованная оценка воспроизводимости спирометрических манёвров по критериям ATS/ERS. Показатели внешнего дыхания представлены в абсолютных значениях без пересчёта в проценты от должных величин, что ограничивает возможность разграничения вклада антропометрических различий и собственно адаптационных перестроек дыхательной системы. Включение должных величин планируется в последующих работах на расширенной выборке. Выборка была ограничена лицами мужского пола в узком возрастном диапазоне, что повышает однородность групп, но ограничивает перенос полученных результатов на женщин и на спортсменов иных возрастных категорий. В связи с изложенным полученные данные следует рассматривать как отражающие тенденции, требующие подтверждения на расширенной выборке.

Заключение

1. У студентов, занимающихся различными видами спорта, выявлены различия показателей функции внешнего дыхания, наиболее выраженные по параметрам жизненной ёмкости лёгких, дыхательного объёма и максимальной произвольной вентиляции лёгких.

2. Наиболее высокие значения МПВЛ и дыхательного объёма зарегистрированы у представителей циклических видов спорта, что может быть связано с преобладанием аэробного компонента тренировочных нагрузок.

3. Выявлена тенденция к отрицательной взаимосвязи индекса массы тела с резервными показателями дыхания, прежде всего с максимальной произвольной вентиляцией лёгких ($r = -0,52$; $p < 0,05$) и резервным объёмом выдоха ($r = -0,55$; $p < 0,05$). Клиническая значимость выявленных связей требует уточнения в исследованиях с большим объёмом выборки.

4. Полученные данные указывают на необходимость учёта особенностей телосложения и спортивной специализации при оценке функционального состояния дыхательной системы у студентов-спортсменов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.30.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Community of Reviewers of the International Research Journal

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.30.3>

Список литературы / References

1. Богданов О.А. Влияние телосложения на физическую подготовленность студентов педагогического вуза / О.А. Богданов, Е.Н. Комиссарова, Л.Л. Ципин и др. // Теория и практика физической культуры. — 2022. — № 7. — С. 26–28.
2. Бочарин И. Сравнение показателей биоимпеданса студентов специальной медицинской группы с отклонениями массы тела в зависимости от гендерного признака / И. Бочарин, М. Гурьянов, А. Мартусевич // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. — 2021. — № 3 (23). — С. 39–48. — DOI: 10.14258/zosh(2021)3.07
3. Галактионова М.Ю. Индекс массы тела и пищевое поведение студентов / М.Ю. Галактионова, Н.В. Лисихина, М.А. Галактионова и др. // Российский педиатрический журнал. — 2023. — № 26 (S4). — С. 27.
4. Захарьева Н.Н. Особенности функционального состояния танцоров высокой квалификации, имеющих срыв ритма дыхания в финале соревнований / Н.Н. Захарьева // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 7. — С. 60–65.
5. Захарьева Н.Н. Особенности функционального состояния и физической работоспособности гимнасток, занимающихся эстетической гимнастикой / Н.Н. Захарьева, И.Д. Коняев // Актуальные вопросы антропологии. — 2022. — № 17. — С. 203–214.
6. Калужный Е.А. Морфофункциональные показатели организма студентов медицинского университета / Е.А. Калужный, Е.С. Богомолова, И.В. Мухина и др. // Российский остеопатический журнал. — 2024. — № 3 (66). — С. 66–77. — DOI: 10.32885/2220-0975-2024-3-66-77
7. Пак Г. Физиологические показатели тренированности самбистов / Г. Пак, Н.Н. Захарьева, Е.И. Малиева и др. // Теория и практика физической культуры. — 2023. — № 2. — С. 57–59.
8. Усцелёмова Н.А. Анализ физиологических систем организма студентов вуза с применением методов математической статистики / Н.А. Усцелёмова, С.В. Усцелёмов, Т.Ф. Орехова и др. // Теория и практика физической культуры. — 2019. — № 8. — С. 45–47.
9. Belarmino G. Body adiposity index performance in estimating body fat in a sample of severely obese Brazilian patients / G. Belarmino, L.M. Horie, P.C. Sala et al. // Nutr J. — 2015. — № 14. — P. 130. — DOI: 10.1186/s12937-015-0119-8
10. Lorenzo-Capellá I. Highest oxygen consumption prediction by forced vital capacity in athletes / I. Lorenzo-Capellá, J.J. Ramos-Álvarez, M.E. Jiménez-Herranz et al. // Eur J Appl Physiol. — 2016. — № 7. — DOI: 10.1007/s00421-026-06143-7
11. Segizbaeva M.O. Respiratory Muscle Strength and Ventilatory Function Outcome: Differences Between Trained Athletes and Healthy Untrained Persons. In: Pokorski, M. (eds) Medical and Biomedical Updates / M.O. Segizbaeva, N.P.



Aleksandrova // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. — 2020. — № 1289. — P. 89–97. — DOI: 10.1007/5584_2020_554

12. Suvi S. Trends in body mass index categories among young athletes in Estonia 2010–2024: a retrospective study / S. Suvi, R. Võsaste, E. Unt // *BMC Public Health*. — 2026. — № 3. — DOI: 10.1186/s12889-026-27794-3

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bogdanov O.A. Vliyaniye teloslozheniya na fizicheskuyu podgotovlennost' studentov pedagogicheskogo vuza [The influence of physique on the physical fitness of students of a pedagogical university] / O.A. Bogdanov, E.N. Komissarova, L.L. Cipin et al. // *Theory and Practice of Physical Culture*. — 2022. — № 7. — P. 26–28. [in Russian]

2. Bocharin I. Sravnenie pokazatelej bioimpedansa studentov special'noj medicinskoj gruppy' s otkloneniyami massy' tela v zavisimosti ot gendernogo priznaka [Comparison of bioimpedance indicators of students of a special medical group with body weight deviations depending on gender] / I. Bocharin, M. Gur'yanov, A. Martusevich // *Human health, theory and methodology of physical culture and sports*. — 2021. — № 3 (23). — P. 39–48. — DOI: 10.14258/zosh(2021)3.07 [in Russian]

3. Galaktionova M.Yu. Indeks massy' tela i pishhevoe povedenie studentov [Body mass index and eating behavior of students] / M.Yu. Galaktionova, N.V. Lisixina, M.A. Galaktionova et al. // *Russian Pediatric Journal*. — 2023. — № 26 (S4). — P. 27. [in Russian]

4. Zaxar'eva N.N. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya tanczorov vy'sokoj kvalifikacii, imeyushhix sry'v ritma dy'xaniya v finale sorevnovanij [Features of the functional state of highly qualified dancers who have a respiratory failure in the final of the competition] / N.N. Zaxar'eva // *The Successes of Modern Natural Science*. — 2015. — № 7. — P. 60–65. [in Russian]

5. Zaxar'eva N.N. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya i fizicheskoy rabotosposobnosti gimnastok, zanimayushhixsya esteticheskoy gimnastikoj [Features of the functional state and physical performance of gymnasts engaged in aesthetic gymnastics] / N.N. Zaxar'eva, I.D. Konyaev // *Current Issues of Anthropology*. — 2022. — № 17. — P. 203–214. [in Russian]

6. Kalyuzhnyj E.A. Morfofunktsional'ny'e pokazateli organizma studentov medicinskogo universiteta [Morphofunctional parameters of the body of medical university students] / E.A. Kalyuzhnyj, E.S. Bogomolova, I.V. Muxina et al. // *Russian Osteopathic Journal*. — 2024. — № 3 (66). — P. 66–77. — DOI: 10.32885/2220-0975-2024-3-66-77 [in Russian]

7. Pak G. Fiziologicheskie pokazateli trenirovannosti sambistov [Physiological indicators of sambo athletes' fitness] / G. Pak, N.N. Zaxar'eva, E.I. Malieva et al. // *Theory and Practice of Physical Culture*. — 2023. — № 2. — P. 57–59. [in Russian]

8. Uscelemova N.A. Analiz fiziologicheskix sistem organizma studentov vuza s primeneniem metodov matematicheskoy statistiki [Analysis of physiological body systems of university students using mathematical statistics methods] / N.A. Uscelemova, S.V. Uscelemov, T.F. Orexova et al. // *Theory and Practice of Physical Culture*. — 2019. — № 8. — P. 45–47. [in Russian]

9. Belarmino G. Body adiposity index performance in estimating body fat in a sample of severely obese Brazilian patients / G. Belarmino, L.M. Horie, P.C. Sala et al. // *Nutr J*. — 2015. — № 14. — P. 130. — DOI: 10.1186/s12937-015-0119-8

10. Lorenzo-Capellá I. Highest oxygen consumption prediction by forced vital capacity in athletes / I. Lorenzo-Capellá, J.J. Ramos-Álvarez, M.E. Jiménez-Herranz et al. // *Eur J Appl Physiol*. — 2016. — № 7. — DOI: 10.1007/s00421-026-06143-7

11. Segizbaeva M.O. Respiratory Muscle Strength and Ventilatory Function Outcome: Differences Between Trained Athletes and Healthy Untrained Persons. In: Pokorski, M. (eds) *Medical and Biomedical Updates* / M.O. Segizbaeva, N.P. Aleksandrova // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. — 2020. — № 1289. — P. 89–97. — DOI: 10.1007/5584_2020_554

12. Suvi S. Trends in body mass index categories among young athletes in Estonia 2010–2024: a retrospective study / S. Suvi, R. Võsaste, E. Unt // *BMC Public Health*. — 2026. — № 3. — DOI: 10.1186/s12889-026-27794-3