

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 378: 796: 612.2

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-4-02>



Изучение функциональных показателей дыхательной системы в разных видах спорта у студентов за время обучения

Ольга Николаевна Никифорова, Эдуард Васильевич Маркин

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ольга Николаевна Никифорова;
olganikiforova2014@yandex.ru

Аннотация

Известно, что показатели легочной вентиляции имеют широкие колебания, весьма изменчивые и относительные. Они могут изменяться при утомлении дыхательных мышц, при смене положения тела, при повышенной возбудимости нервной системы, заметно влияют на них занятия физической культурой и спортом. Впервые получены данные функционального состояния дыхательной системы у студентов 1, 2 и 4 курсов (на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева), то есть в динамике обучения. Впервые установлены особенности изменения показателей системы внешнего дыхания студентов 17-25-летнего возраста в зависимости от занятий разными видами спорта, а также выявлены наиболее информативные показатели оценки уровня тренированности студентов при занятиях спортом во время обучения в вузе. В исследованиях приняли участие студенты-юноши, занимающиеся разными видами спорта и регулярно выступающие на соревнованиях: беговыми видами на средние и длинные дистанции – 57 чел., армрестлингом – 32 чел., волейболом – 22 чел. Для оценки функционального состояния дыхательной системы использовался метод спирографии. При исследовании функции дыхательного аппарата студентов в процессе обучения в вузе были подвергнуты анализу и статистической обработке более 20 спирографических показателей, из которых в данной статье представлены наиболее информативные из них. Регистрация показателей осуществлялась в три этапа на первом, втором и четвертом курсах, а на каждом этапе исследований – трижды: в состоянии покоя, после дозированной физической нагрузки (степ-теста в течение 3 мин) и на третьей минуте восстановления. Спирографические данные, полученные в результате обследования студентов, показали улучшение дыхательной функции и совершенствование физиологических механизмов регуляции внешнего дыхания на фоне повышения тренированности. Это проявилось в увеличении дыхательного объема на 26,1% при незначительных колебаниях частоты дыхания, особенно при занятии беговыми видами спорта и армрестлингом, повышении количества поглощенного кислорода за 1 мин с расчетом коэффициента использования (% к должному на 10,4%) и удлинением продолжительности выдоха, что свидетельствует об улучшении газообмена в легких. Во всех исследуемых группах наблюдалось достоверное ($P \leq 0,001$) улучшение уровней жизненной емкости легких на 18,9% и максимальной вентиляции легких за 15 с на 43,2%.

Ключевые слова

студенты, виды спорта, внешнее дыхание, спирография, легочная вентиляция, легочные объемы, газообмен, особенности дыхательной системы в видах спорта

Для цитирования

Никифорова О.Н., Маркин Э.В. Изучение функциональных показателей дыхательной системы в разных видах спорта у студентов за время обучения. *Тимирязевский биологический журнал*. 2025. Т. 3, № 1. С. 202531402. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-4-02>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-4-02>



Investigation of the functional parameters of the respiratory system in various sports among students during their studies

Olga N. Nikiforova, Eduard V. Markin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Olga N. Nikiforova; olganikiforova2014@yandex.ru

Abstract

It is well-known that pulmonary ventilation parameters can fluctuate widely. They are highly variable and relative. They can change due to respiratory muscle fatigue, changes in body position, or increased nervous system excitability. Physical training and sports notably affect these parameters. For the first time, data was obtained on the functional state of the respiratory systems of first-, second-, and fourth-year students (based on the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy) in the context of training dynamics. The features of changes in the parameters of the external respiratory system of 17-25-year-old students depending on different sports were established for the first time. The most informative parameters for assessing students' fitness levels while participating in sports during their university studies were identified. The study involved male students who regularly competed in different sports: 57 middle- and long-distance runners, 32 arm wrestlers, and 22 volleyball players. Spirography was used to assess the functional state of the respiratory system. More than 20 spirographic parameters were analyzed and statistically processed when studying the respiratory function of students during their university studies, and the most informative ones are presented in this article. Registration of the parameters was carried out in three stages in the first, second, and fourth years. At each stage, it was carried out three times: at rest, after a metered physical activity (a three-minute step test), and at the third minute of recovery. The spirometry data obtained from the students' examinations showed improvements in respiratory function and the physiological mechanisms that regulate external respiration, especially with increased training. This manifested as a 26.1% increase in respiratory volume, with minimal fluctuations in respiratory rate, particularly during running and arm wrestling. There was also an increase in the oxygen absorption rate, calculated as the oxygen utilization quotient (10.4% of reference values), and an extension of exhalation duration, indicating improved gas exchange in the lungs. There was a significant improvement in vital lung capacity ($P<0.001$) by 18.9% and in maximum ventilation in 15 seconds ($P<0.001$) by 43.2% in all the studied groups.

Keywords

students, sports, external respiration, spirometry, pulmonary ventilation, lung volumes, gas exchange, peculiarities of the respiratory system in sports

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Nikiforova O.N., Markin E.V. Investigation of the functional parameters of the respiratory system in various sports among students during their studies. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(1):202531402. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-1-4-02>

Введение Introduction

Адаптация современных студентов к усложнившимся учебным программам, увеличение потока информации и ее разнообразные направления, усиление воздействия информационного обучения в результате внедрения цифровых технологий требуют рационального сочетания режима двигательной активности на протяжении всего периода

обучения в вузе и при сохранении высокого уровня функциональных систем организма – в частности, дыхательной системы [1, 2].

Известно, что функциональное состояние органов дыхания зависит от пола, возраста и массы тела, спортивной квалификации и других факторов [3]. С ростом тренированности наблюдается увеличение всех легочных объемов, особенно жизненной емкости легких и их максимальной вентиляции, отмечается урежение частоты дыхания [4, 5].

Влияние физических упражнений на показатели газообмена и вентиляции легких отражены в ряде исследований, где показано, что систематическая и интенсивная мышечная деятельность повышает экономичность и эффективность аппарата вентиляции, нормализует и улучшает газообмен, совершенствует адаптацию системы внешнего дыхания к физическим нагрузкам [6]. Систематические занятия физическими упражнениями или спортом на любом этапе обучения вызывают различные функциональные изменения показателей дыхательной системы, что способствует развитию механизмов, обеспечивающих повышение резервных возможностей и работоспособности учащихся [7].

Известно, что показатели легочной вентиляции имеют широкие колебания, весьма изменчивые и относительные. Они могут изменяться при утомлении дыхательных мышц, при смене положения тела, при повышенной возбудимости нервной системы, заметно влияют на них занятия физической культурой и спортом и др. [8].

Довольно малочисленными и разноречивыми являются сведения о состоянии функции внешнего дыхания у современных студентов. Кроме того, выявлению влияния характера физической нагрузки и уровня тренированности на показатели внешнего дыхания студентов за время обучения в вузе должного внимания в последние десятилетия не уделялось. В связи с этим **целью исследований** стало выявление особенностей динамики функции внешнего дыхания студентов аграрного вуза в зависимости от физической нагрузки и уровня тренированности.

Новым в работе является то, что впервые получены данные, характеризующие уровень функционального состояния дыхательной системы у студентов аграрного вуза: от поступления в вуз и в динамике обучения. Впервые установлены особенности изменения показателей системы внешнего дыхания студентов 17-25-летнего возраста в зависимости от различной направленности занятий физическими упражнениями и видами спорта, а также выявлены наиболее информативные показатели оценки уровня тренированности студентов при занятиях спортом во время обучения в вузе.

Методика исследований

Research methods

Исследования проводились на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева у студентов 1, 2 и 4 курсов. В исследованиях приняли участие студенты, занимающиеся разными видами спорта и регулярно выступающие на соревнованиях. В первую группу вошли юноши, занимающиеся беговыми видами на средние и длинные дистанции (57 чел.), во вторую группу – юноши, занимающиеся армрестлингом (32 чел.), в 3 группу – юноши, занимающиеся волейболом (22 чел.).

В группе видов спорта беговых дисциплин учебно-тренировочные занятия содержали большой объем упражнений циклического характера, направленных на развитие выносливости. В группе студентов, занимающихся армрестлингом, учебно-тренировочные занятия содержали упражнения ациклического характера, способствующие развитию быстроты реакции, силовых и скоростно-силовых качеств. В группе студентов-волейболистов содержание учебно-тренировочных занятий включало в себя большой объем скоростно-силовых и технических упражнений.

Для оценки функционального состояния дыхательной системы использовался метод спирографии (СГ) на спирографе МЕТА закрытого типа при использовании для дыхания кислорода в условиях отделения функциональной диагностики клиники № 1 ФМБЦ им А.И. Бурназяна во время ежегодного углубленного медицинского осмотра. Расшифровка спирограмм осуществлялась по общепринятой методике, включающей в себя следующие показатели: частота дыхательных движений в 1 мин (ЧД); минутный объем дыхания (МОД); глубина дыхания или дыхательный объем (ДО); количество поглощенного кислорода за 1 мин с расчетом коэффициента использования (KIO_2); соотношение продолжительности вдоха к продолжительности выдоха – дыхательный коэффициент (ДК); жизненная емкость легких (ЖЕЛ); максимальная вентиляция легких за 15 с (МВЛ); резерв дыхания (РД). Помимо этих показателей, при анализе спирографических данных автоматически рассчитывались должные величины с учетом пола, возраста, массы тела и роста исследуемых (по таблицам основного обмена Гарриса-Бенедикта) и процентное отношение фактических величин к должным [9, 10]. Легочные объемы и емкости соответствовали системе ВTPS, то есть были приведены к условиям, при которых газ находится в легких человека: температура тела человека (37°C), барометрическое (атмосферное) давление и полное насыщение водяным паром (Body condition for Temperature and barometric Pressure, Saturated). Количество поглощенного кислорода было приведено к системе STPD, то есть к температуре 0°C, нормальному атмосферному давлению 760 мм рт. ст. и сухому состоянию воздуха.

Регистрация показателей осуществлялась в три этапа (на 1, 2 и 4 курсах), выполнявшаяся на каждом этапе исследований трижды: в состоянии покоя; после дозированной физической нагрузки (степ-теста в течение 3 мин); на третьей минуте восстановления.

Данные функций внешнего дыхания обрабатывались по методу вариационной статистики с вычислением средней арифметической, ошибки средней арифметической. Определялся уровень достоверности ($P < 0,001$).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

При исследовании функции дыхательного аппарата студентов в процессе обучения в вузе были подвергнуты анализу и статистической обработке более 20 спирографических показателей. С учетом того, что не все они достаточно наглядно отражали

динамические сдвиги показателей внешнего дыхания, в настоящем описании представлены наиболее информативные из них (табл. 1-3). С целью количественной и качественной характеристики некоторых показателей внешнего дыхания в таблицах представлены не фактические данные, а их процентное соотношение к должным величинам, соответствующее индивидуальным особенностям исследуемых лиц, то есть «уровни» [9-12].

Таблица 1

Спирографические показатели студентов, занимающихся беговыми видами на средние и длинные дистанции (n = 57), M±m

Показатели	Этапы обследования	1 курс I этап	2 курс II этап	4 курс III этап	P<0,001 этапов I-II	P<0,001 этапов II-III
ЧД, мин	Покой	17,6±0,52	17,4±0,62	17,2±0,52	0,03	0,009
	Физическая нагрузка	21,3±0,72	22,3±0,80	20,1±0,70	0,005	0,003
	Восстановительный период	18,1±0,55	18,3±0,72	17,2±0,72	0,016	0,06
ДО, мл	Покой	575,4±32,4	737,8±34,8	744,3±31,8	≤0,001	0,48
	Физическая нагрузка	1053,5±36,1	1242,0±43,9	1368,6±36,0	0,001	0,06
	Восстановительный период	861,6±40,9	880,3±41,3	889,6±40,5	0,76	0,92
КИО ₂ , % к должн.	Покой	80,3±1,61	85,5±1,83	82,3±2,09	0,04	0,27
	Физическая нагрузка	63,6±1,53	57,0±1,96	56,5±1,78	0,007	0,48
	Восстановительный период	60,9±1,58	68,3±1,70	72,9±2,12	0,001	≤0,001
ДК	Покой	1:1,2	1:1,3	1:1,3	–	–
	Физическая нагрузка	1:1,3	1:1,2	1:1,3	–	–
	Восстановительный период	1:1,3	1:1,3	1:1,3	–	–
ЖЕЛ, % к должн.	Покой	91,5±1,59	106,1±1,85	111,3±2,25	≤0,001	0,016
	Физическая нагрузка	90,8±1,94	105,0±2,08	116,2±2,27	≤0,001	≤0,001
	Восстановительный период	90,0±2,04	105,7±1,90	115,9±2,39	≤0,001	≤0,001
МВЛ, % к должн.	Покой	71,0±2,15	101,0±2,20	108,7±2,34	≤0,001	≤0,001
	Физическая нагрузка	74,6±2,44	103,6±2,53	110,4±3,05	≤0,001	≤0,001
	Восстановительный период	71,9±3,01	102,4±2,83	107,3±2,57	≤0,001	≤0,001
РД, % к должн.	Покой	90,5±1,42	91,5±1,62	93,4±2,49	0,62	0,49
	Физическая нагрузка	72,8±1,57	74,9±1,85	80,3±2,78	0,37	0,24
	Восстановительный период	81,9±1,48	86,7±1,74	86,2±3,07	0,04	0,17

Table 1

Spirographic indicators of students engaged in middle and long distance running (n=57), M±m

Indicators	Stages of examination	1st year Stage I	2nd year Stage II	4th year Stage III	P<0.001 of stages I-II	P<0.001 of stages II-III
RR, in min	Rest	17.6±0.52	17.4±0.62	17.2±0.52	0.03	0.009
	Physical activity	21.3±0.72	22.3±0.80	20.1±0.70	0.005	0.003
	Recovery period	18.1±0.55	18.3±0.72	17.2±0.72	0.016	0.06
TV, ml	Rest	575.4±32.4	737.8±34.8	744.3±31.8	≤0.001	0.48
	Physical activity	1053.5±36.1	1242.0±43.9	1368.6±36.0	0.001	0.06
	Recovery period	861.6±40.9	880.3±41.3	889.6±40.5	0.76	0.92
OAR, % of reference values	Rest	80.3±1.61	85.5±1.83	82.3±2.09	0.04	0.27
	Physical activity	63.6±1.53	57.0±1.96	56.5±1.78	0.007	0.48
	Recovery period	60.9±1.58	68.3±1.70	72.9±2.12	0.001	≤0.001
RQ	Rest	1:1.2	1:1.3	1:1.3	–	–
	Physical activity	1:1.3	1:1.2	1:1.3	–	–
	Recovery period	1:1.3	1:1.3	1:1.3	–	–
VC, % of reference values	Rest	91.5±1.59	106.1±1.85	111.3±2.25	≤0.001	0.016
	Physical activity	90.8±1.94	105.0±2.08	116.2±2.27	≤0.001	≤0.001
	Recovery period	90.0±2.04	105.7±1.90	115.9±2.39	≤0.001	≤0.001
MVV, % of reference values	Rest	71.0±2.15	101.0±2.20	108.7±2.34	≤0.001	≤0.001
	Physical activity	74.6±2.44	103.6±2.53	110.4±3.05	≤0.001	≤0.001
	Recovery period	71.9±3.01	102.4±2.83	107.3±2.57	≤0.001	≤0.001
BR, % of reference values	Rest	90.5±1.42	91.5±1.62	93.4±2.49	0.62	0.49
	Physical activity	72.8±1.57	74.9±1.85	80.3±2.78	0.37	0.24
	Recovery period	81.9±1.48	86.7±1.74	86.2±3.07	0.04	0.17

Note: RR – respiratory rate, TV – tidal volume, OAR – oxygen absorption rate, RQ – respiratory quotient, VC – vital capacity, MVV – maximum voluntary ventilation, BR – breathing reserve.

Данные частоты дыхания в 1 мин (ЧД) в состоянии относительного мышечного покоя соответствовали известным средним величинам [8]. В процессе исследований нами установлена тенденция увеличения ЧД от I к III этапу исследований в группах юношей, занимающихся армрестлингом и волейболом. В группе юношей, занимающихся беговыми видами на средние и длинные дистанции, наблюдались более низкие значения показателей ЧД ($P = 0,009$).

Исследование дыхательного объема (ДО), то есть объема воздуха, способствующего поддержанию парциального давления газов в альвеолярном воздухе, в состоянии покоя показало значительное

его увеличение за 4 года обучения, особенно в группах по беговым дисциплинам и армрестлинга ($P \leq 0,001$) (см. табл. 1, 2). В группе по волейболу эти показатели были незначительными. Такое достоверное увеличение ДО на фоне несущественных колебаний ЧД в группах беговых видов спорта и армрестлинга свидетельствовало о совершенствовании механизмов дыхания на фоне повышения тренированности. При сравнении показателей ДО, полученных при третьем обследовании, не были установлены достоверные различия по группам специализаций и этапам обследования, а также полученные данные не выходили за рамки нормальных величин ДО (300-900 мл).

Таблица 2

Спирографические показатели студентов, занимающихся армрестлингом (n = 32), M±m

Показатели	Этапы обследования	1 курс I этап	2 курс II этап	4 курс III этап	P<0,001 этапов I-II	P<0,001 этапов II-III
ЧД, мин	Покой	17,5±0,61	18,6±0,59	17,6±0,52	0,19	0,009
	Физическая нагрузка	21,0±0,72	24,1±0,77	22,1±0,70	0,003	0,003
	Восстановительный период	17,9±0,72	20,4±0,74	19,2±0,72	0,016	0,05
ДО, мл	Покой	491,1±34,7	702,8±42,1	714,6±41,9	≤0,001	0,62
	Физическая нагрузка	1036,2±40,5	1206,5±44,2	1266,8±46,0	0,005	0,42
	Восстановительный период	690,4±45,1	873,5±50,1	886,5±46,4	0,007	0,76
КИО ₂ , % к должн.	Покой	80,4±1,53	78,7±1,76	77,0±2,24	0,48	0,32
	Физическая нагрузка	58,3±1,70	59,4±1,87	56,6±2,05	0,69	≤0,001
	Восстановительный период	73,8±1,73	69,7±1,96	69,9±2,15	0,11	0,003
ДК	Покой	1:1,2	1:1,2	1:1,3	–	–
	Физическая нагрузка	1:1,2	1:1,3	1:1,2	–	–
	Восстановительный период	1:1,2	1:1,2	1:1,2	–	–
ЖЕЛ, % к должн.	Покой	92,3±1,62	107,0±1,87	92,1±2,46	≤0,001	≤0,001
	Физическая нагрузка	95,0±1,85	106,8±2,10	104,3±3,01	≤0,001	≤0,001
	Восстановительный период	93,1±1,90	106,6±2,02	106,6±3,13	≤0,001	≤0,001
МВЛ, % к должн.	Покой	72,8±1,96	99,0±2,18	101,1±2,04	≤0,001	≤0,001
	Физическая нагрузка	76,7±1,98	104,1±2,14	106,2±2,26	≤0,001	0,007
	Восстановительный период	76,0±2,11	104,4±2,03	104,7±2,08	≤0,001	0,016
РД, % к должн.	Покой	93,7±1,78	91,9±1,90	92,2±2,69	0,48	0,55
	Физическая нагрузка	74,8±1,71	75,3±2,12	77,7±2,18	0,84	0,04
	Восстановительный период	88,4±1,88	87,3±1,99	88,6±2,07	0,69	0,92

Table 2

Spirographic indicators of students engaged in arm wrestling (n=32), M±m

Indicators	Stages of examination	1st year Stage I	2nd year Stage II	4th year Stage III	P<0.001 of stages I-II	P<0.001 of stages II-III
RR, in min	Rest	17.5±0.61	18.6±0.59	17.6±0.52	0.19	0.009
	Physical activity	21.0±0.72	24.1±0.77	22.1±0.70	0.003	0.003
	Recovery period	17.9±0.72	20.4±0.74	19.2±0.72	0.016	0.05
TV, ml	Rest	491.1±34.7	702.8±42.1	714.6±41.9	≤0.001	0.62
	Physical activity	1036.2±40.5	1206.5±44.2	1266.8±46.0	0.005	0.42
	Recovery period	690.4±45.1	873.5±50.1	886.5±46.4	0.007	0.76
OAR, % of reference values	Rest	80.4±1.53	78.7±1.76	77.0±2.24	0.48	0.32
	Physical activity	58.3±1.70	59.4±1.87	56.6±2.05	0.69	≤0.001
	Recovery period	73.8±1.73	69.7±1.96	69.9±2.15	0.11	0.003
RQ	Rest	1:1.2	1:1.2	1:1.3	–	–
	Physical activity	1:1.2	1:1.3	1:1.2	–	–
	Recovery period	1:1.2	1:1.2	1:1.2	–	–
VC, % of reference values	Rest	92.3±1.62	107.0±1.87	92.1±2.46	≤0.001	≤0.001
	Physical activity	95.0±1.85	106.8±2.10	104.3±3.01	≤0.001	≤0.001
	Recovery period	93.1±1.90	106.6±2.02	106.6±3.13	≤0.001	≤0.001
MVV, % of reference values	Rest	72.8±1.96	99.0±2.18	101.1±2.04	≤0.001	≤0.001
	Physical activity	76.7±1.98	104.1±2.14	106.2±2.26	≤0.001	0.007
	Recovery period	76.0±2.11	104.4±2.03	104.7±2.08	≤0.001	0.016
BR, % of reference values	Rest	93.7±1.78	91.9±1.90	92.2±2.69	0.48	0.55
	Physical activity	74.8±1.71	75.3±2.12	77.7±2.18	0.84	0.04
	Recovery period	88.4±1.88	87.3±1.99	88.6±2.07	0.69	0.92

Note: See Table 1.

Таблица 3

Спирографические показатели студентов, занимающихся волейболом (n = 22), M±m

Показатели	Этапы обследования	1 курс I этап	2 курс II этап	4 курс III этап	P<0,001 этапов I-II	P<0,001 этапов II-III
ЧД, мин	Покой	18,1±0,67	19,2±0,79	19,8±0,44	0,27	0,09
	Физическая нагрузка	22,6±0,80	23,9±0,73	25,0±0,51	0,23	0,23
	Восстановительный период	19,7±0,89	21,8±0,69	21,7±0,49	0,06	0,05
ДО, мл	Покой	582,2±47,5	670,4±40,8	674,3±60,6	0,16	0,62
	Физическая нагрузка	1100,7±56,1	1305,5±61,2	1311,7±59,0	0,012	0,42
	Восстановительный период	987,8±68,6	928,7±65,1	938,2±55,7	0,55	0,76
КИО ₂ , % к должн.	Покой	79,2±2,03	75,4±2,20	79,6±2,14	0,20	0,32
	Физическая нагрузка	55,1±2,14	48,8±2,31	64,1±2,12	0,05	≤0,001
	Восстановительный период	49,9±2,00	53,4±2,16	72,9±2,12	0,24	0,003
ДК	Покой	1:1,3	1:1,3	1:1,3	–	–
	Физическая нагрузка	1:1,3	1:1,3	1:1,3	–	–
	Восстановительный период	1:1,3	1:1,3	1:1,3	–	–
ЖЕЛ, % к должн.	Покой	91,4±2,24	104,1±3,00	105,6±1,62	≤0,001	≤0,001
	Физическая нагрузка	92,6±2,20	105,7±2,92	106,0±2,08	≤0,001	≤0,001
	Восстановительный период	92,0±2,51	105,0±3,06	105,9±1,96	≤0,001	≤0,001
МВЛ, % к должн.	Покой	70,4±2,62	99,4±3,12	101,4±2,34	≤0,001	≤0,001
	Физическая нагрузка	74,2±3,10	103,0±3,07	103,1±3,05	≤0,001	≤0,001
	Восстановительный период	74,0±2,93	99,6±3,82	101,7±2,68	≤0,001	≤0,001
РД, % к должн.	Покой	90,1±2,31	92,3±2,73	96,4±2,69	0,55	0,76
	Физическая нагрузка	69,0±2,44	73,0±3,01	79,3±3,02	0,32	0,76
	Восстановительный период	77,0±2,47	83,5±3,23	86,6±3,26	0,12	0,07

Важным показателем газообмена являлся коэффициент использования кислорода (КИО₂), который показывал количество кислорода, поглощаемого организмом из 1 л вентилируемого воздуха. Известно, что средние величины КИО₂ колеблются от 35 до 45 мл. Фактические данные, полученные у студентов на протяжении трех

этапов обследования, соответствовали нижней границе нормы КИО₂. Величины КИО₂ (% к должному КИО₂) в состоянии покоя к концу второго курса достоверно возросли только в группе студентов, специализирующихся в беговых видах спорта (P = 0,04), в других группах отмечалась тенденция некоторого снижения этих показателей.

Table 3

Spirographic indices of students engaged in volleyball (n=22), M±m

Indicators	Stages of examination	1st year Stage I	2nd year Stage II	4th year Stage III	P<0.001 of stages I-II	P<0.001 of stages II-III
RR, in min	Rest	18.1±0.67	19.2±0.79	19.8±0.44	0.27	0.09
	Physical activity	22.6±0.80	23.9±0.73	25.0±0.51	0.23	0.23
	Recovery period	19.7±0.89	21.8±0.69	21.7±0.49	0.06	0.05
TV, ml	Rest	582.2±47.5	670.4±40.8	674.3±60.6	0.16	0.62
	Physical activity	1100.7±56.1	1305.5±61.2	1311.7±59.0	0.012	0.42
	Recovery period	987.8±68.6	928.7±65.1	938.2±55.7	0.55	0.76
OAR, % of reference values	Rest	79.2±2.03	75.4±2.20	79.6±2.14	0.20	0.32
	Physical activity	55.1±2.14	48.8±2.31	64.1±2.12	0.05	≤0.001
	Recovery period	49.9±2.00	53.4±2.16	72.9±2.12	0.24	0.003
RQ	Rest	1:1.3	1:1.3	1:1.3	–	–
	Physical activity	1:1.3	1:1.3	1:1.3	–	–
	Recovery period	1:1.3	1:1.3	1:1.3	–	–
VC, % of reference values	Rest	91.4±2.24	104.1±3.00	105.6±1.62	≤0.001	≤0.001
	Physical activity	92.6±2.20	105.7±2.92	106.0±2.08	≤0.001	≤0.001
	Recovery period	92.0±2.51	105.0±3.06	105.9±1.96	≤0.001	≤0.001
MVV, % of reference values	Rest	70.4±2.62	99.4±3.12	101.4±2.34	≤0.001	≤0.001
	Physical activity	74.2±3.10	103.0±3.07	103.1±3.05	≤0.001	≤0.001
	Recovery period	74.0±2.93	99.6±3.82	101.7±2.68	≤0.001	≤0.001
BR, % of reference values	Rest	90.1±2.31	92.3±2.73	96.4±2.69	0.55	0.76
	Physical activity	69.0±2.44	73.0±3.01	79.3±3.02	0.32	0.76
	Recovery period	77.0±2.47	83.5±3.23	86.6±3.26	0.12	0.07

Note: See Table 1.

При изучении дыхательного цикла выяснилось, что у исследуемых студентов соотношение продолжительности вдоха к продолжительности выдоха, то есть дыхательный коэффициент (ДК), на всех этапах обследования соответствовал средним величинам здоровых людей (1:1,1-1,4). Особые различия характера дыхательного цикла

по группам специализаций не отмечались. Динамические наблюдения в течение четырех лет обучения выявили некоторые улучшения условий газообмена в легких у студентов группы беговых видов спорта, на что указывало удлинение продолжительности выдоха у студентов этой группы к концу обучения в вузе.

Показатель жизненной емкости легких (ЖЕЛ) в известной степени характеризует силу (мощность) аппарата внешнего дыхания, он имеет большую вариабельность и зависит от многих факторов: силы дыхательных мышц, возраста, пола, роста и др. Этот показатель отражает функциональные возможности аппарата внешнего дыхания по обеспечению организма необходимым количеством воздуха в целях доставки потребного количества O_2 в кровь [11, 12].

ЖЕЛ (% к должной ЖЕЛ), или уровень ЖЕЛ, в процессе всех лет обучения у студентов достоверно увеличивался независимо от группы спортивной специализации ($P \leq 0,001$). На четвертом курсе уровень ЖЕЛ у юношей группы, специализирующейся в беговых видах спорта, намного превышал данные, полученные в группах, занимающихся армрестлингом и волейболом ($P \leq 0,001$).

Максимальная вентиляция легких (МВЛ), позволяющая судить о функциональных способностях аппарата внешнего дыхания, зависит от состояния бронхиальной проходимости, эластичности легочной ткани, ЖЕЛ, сократительной способности и силы дыхательных мышц, от функционального состояния дыхательного центра и центральной нервной системы в целом [13]. Исследования, проведенные в течение первого и второго курсов, показали достоверное увеличение МВЛ (% к должной МВЛ) во всех исследуемых группах ($P \leq 0,001$). К четвертому курсу отмечалось значительное возрастание уровня МВЛ в группе студентов беговых видов спорта. Эти результаты свидетельствовали о более высокой выносливости аппарата внешнего дыхания у студентов, регулярно занимающихся циклическими видами спорта, развивающими выносливость на протяжении всего периода обучения, а следовательно, имеющих более высокий уровень физической подготовленности.

Для более полной и объективной оценки функционального состояния дыхательной системы был изучен показатель резерва дыхания (РД), представляющий собой отношение разности фактических величин МВЛ и МОД (% к МВЛ), что показывает степень резервных возможностей увеличения минутной вентиляции. Полученные нами данные РД в состоянии покоя соответствовали средним величинам здоровых людей (85-90%), то есть в покое использовалось 10-15% возможной вентиляции. Колебания величин РД во всех обследованных группах были достоверными, что указывало на экономизацию деятельности аппарата внешнего дыхания у студентов, занимающихся спортом.

Рассмотрим динамику некоторых показателей внешнего дыхания после физической нагрузки и в период восстановления.

Проведенные спирографические исследования после дозированной физической нагрузки (степ-тест) позволили дать объективную оценку

уровня функционального состояния системы внешнего дыхания у обследованных студентов, а также определить имеющиеся резервы аппарата дыхания и установить степень адаптации его к физической работе. При проведении анализа изменения ЧД под влиянием физической нагрузки было выявлено учащение ее во всех обследуемых группах, но более выраженным оно оказалось к концу второго курса. Восстановление ЧД после физической нагрузки протекало несколько медленнее к концу второго курса. Такие сдвиги наряду с учащением ЧД в состоянии покоя указывали на то, что к концу второго курса у студентов, на фоне умственного утомления в начальном периоде адаптации к вузу, развивались процессы утомления некоторых физиологических систем организма, в том числе наступало рефлекторное снижение регуляции дыхательной системы несмотря на некоторое повышение общей тренированности организма. На четвертом курсе реакция ЧД после физической нагрузки была более умеренной.

Во всех группах специализаций после проведения степ-теста наблюдалось снижение KIO_2 , однако индивидуальный анализ показал, что уровень снижения был в группе студентов беговых видов спорта (% к должному KIO_2), тогда как восстановление этого показателя наблюдалось в группе армрестлинга. На втором курсе эти соотношения несколько менялись. Так, в группе беговых видов спорта и волейбола снижение уровня KIO_2 после физической нагрузки увеличивалось, а в группе армрестлинга оно осталось на прежнем уровне. В группе студентов беговых видов спорта к концу второго и четвертого учебного года отмечалось улучшение показателя KIO_2 после физической нагрузки ($P = 0,001$), в других группах характер восстановления был идентичным результатам предыдущего обследования.

Данные уровня ЖЕЛ после физической нагрузки и в период восстановления к концу первого курса в группе беговых видов спорта и волейбола фактически не менялись. В группе армрестлинга к концу первого курса физическая нагрузка вызывала некоторое увеличение уровня ЖЕЛ, хотя в периоде восстановления вновь отмечалось возвращение ЖЕЛ к первоначальным значениям. К четвертому курсу после физической нагрузки и в восстановительном периоде во всех группах студентов отмечалась стабилизация на высоком уровне показателей ЖЕЛ (% к должным величинам).

При анализе РД под влиянием физической нагрузки наблюдалось снижение данного показателя как при первом, так и при третьем обследовании. Однако более качественное восстановление РД при последнем обследовании наблюдалось в группах беговых видов спорта и волейбола по сравнению с первым обследованием, а в группе армрестлинга изменения были недостоверными.

Выводы Conclusions

Спирографические данные, полученные в результате обследования студентов РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в период обучения в вузе, показали улучшение дыхательной функции и совершенствование физиологических механизмов регуляции внешнего дыхания на фоне повышения тренированности. Это проявилось в увеличении ДО на 26,1% при незначительных колебаниях ЧД, особенно при занятии беговыми видами спорта и армрестлингом, повышением КИО₂ (% к должному КИО₂) на 10,4% и удлинением продолжительности выдоха, что свидетельствовало об улучшении газообмена в легких. Во всех исследуемых группах наблюдалось достоверное ($P \leq 0,001$) улучшение уровней ЖЕЛ (на 18,9%) и МВЛ (на 43,2%).

Список источников

1. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. *Тестирование в спортивной медицине*. Москва: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
2. Никифорова О.Н., Журбина А.Д., Бакулина Е.Д., Хотеева М.В. Адаптация и особенности функциональных возможностей девушек-футболисток с нарушениями слуха в зависимости от квалификации и возраста // *Теория и практика физической культуры*. 2021. № 9. С. 40-42. EDN: DATJPI
3. Алексанин С.С., Леонтьев О.В., Парцерняк С.А., Дударенко С.А. и др. *Функциональная диагностика в пульмонологии: Учебно-методический комплекс / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России*. Санкт-Петербург: Научное издание, 2023. 53 с.
4. Салухова В.В., Харитонов М.А. *Практическая пульмонология: Руководство для врачей*. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 416 с.
5. Никифорова О.Н., Маркин Э.В., Фёдоров И.Г., Никитченко С.Ю. Изменение показателей физической работоспособности студентов аграрного вуза при различной двигательной активности // *Теория и практика физической культуры*. 2024. № 1. С. 51-53. EDN: HSCCWS
6. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р., Ишмухаметова Н.Ф., Ильин С.Н. Процесс адаптации на примере реакций кардиореспираторной системы при тестирующих нагрузках // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2024. Т. 19, № 1. С. 313-317. EDN: USJVVS
7. Варламова Н.Г., Пуршукова О.И., Кудинова А.К., Бойко Е.Р. Динамические характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков Республики Коми в годовом цикле // *Журнал медико-биологических исследований*. 2023. Т. 11, № 1. С. 5-13. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z124>
8. Стручков П.В., Кирюхина Л.Д., Дроздов Д.В., Шелыкалина С.П. и др.

Результаты спирографических исследований студентов показали, что реакция ЧД после физической нагрузки к концу второго курса была более выраженной и восстановление протекало медленнее, чем к концу первого курса. Это, по-видимому, обусловлено развитием процессов утомления некоторых физиологических систем организма, в том числе рефлекторным снижением регуляции дыхательной системы, происходящим на фоне умственного утомления в начальном периоде адаптации к вузу. В то же время динамика КИО₂ в группе беговых видов спорта, уровень ЖЕЛ и МВЛ во всех исследуемых группах после физической нагрузки и в период восстановления указывали на улучшение функционирования системы внешнего дыхания у студентов, занимающихся спортом в течение всего периода обучения.

References

1. Karpman V.L., Belotserkovskiy Z.B., Gudkov I.A. *Testing in sports medicine*. Moscow, USSR: Fizkultura i sport, 1988:208. (In Russ.)
2. Nikiforova O.N., Zhurbina A.D., Bakulina E.D., Khoteeva M.V. Adaptation and functional capabilities of female footballers with hearing impairments based on their sports qualification and age. *Teoriya i Praxtika Fizicheskoy Kultury*. 2021;(9):40-42. (In Russ.)
3. Aleksanin S.S., Leont'ev O.V., Partsernyak S.A., Dudarenko S.A. et al. *Functional diagnostics in pulmonology: a learning and teaching support kit*. St. Petersburg, Russia: Naukoemkie tekhnologii, 2023:53. (In Russ.) URL: <https://publishing.intelgr.com/archive/funktsionalnayadiagnostika-v-pulmonologii.pdf> (accessed: January 07, 2025)
4. Salukhov V.V., Kharitonov M.A. *Practical pulmonology: a physician's guide*. Moscow, Russia: GEOTAR-Media, 2020:416. (In Russ.)
5. Nikiforova O.N., Markin E.V., Fedorov I.G., Nikitchenko S.Yu. Changes in indicators of physical performance of students of an agricultural university with various physical activities. *Teoriya i Praxtika Fizicheskoy Kultury*. 2024;(1):51-53. (In Russ.)
6. Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Ishmukhametova N.F., Ilyin S.N. Adaptation process using the example of the cardiorespiratory system reactions under testing loads. *Russian Journal of Physical Education and Sport*. 2024;19(1):313-317. (In Russ.)
7. Varlamova N.G., Parshukova O.I., Kudina A.K., Boyko E.R. Dynamic characteristics of external respiration function in cross-country skiers in the annual cycle. *Journal of Medical and Biological Research*. 2023;11(1):5-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z124>
8. Struchkov P.V., Kiryukhina L.D., Drozdov D.V., Shchelykalina S.P. et al. Predicted values

- Должные величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должные – разные заключения? // *Медицинский алфавит*. 2021. № 15. С. 22-26.
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26>
9. Каменева М.Ю., Кирюхина Л.Д., Стручков П.В. Обновленные отечественные рекомендации по спирометрии. Ч. 2. Оценка результатов спирометрии. Комментарии и предложения по использованию // *Медицинский алфавит*. 2024. № 6. С. 7-15.
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-6-7-15>
 10. Каменева М.Ю., Черняк А.В., Айсанов З.Р., Авдеев С.Н. и др. Спирометрия: Методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов // *Пульмонология*. 2023. Т. 33, № 3. С. 307-340.
<https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>
 11. Дьякова С.Э., Каменева М.Ю., Кирюхина Л.Д., Ключина Ю.Б. и др. Временные рекомендации Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики по оформлению заключения по результатам спирометрии // *Медицинский алфавит*. 2024. № 22 (587). С. 7-13.
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-22-7-12>
 12. Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B. et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *European Respiratory Journal*. 2021;2101499.
<https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021>
 13. Allisse M., Bui H.T., Desjardins P., Léger L. et al. Assessment of On-Ice Oxygen Cost of Skating Performance in Elite Youth Ice Hockey Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(12):3466-3473.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003324>
 - in the lung function testing. Different predicted values – different conclusions? *Medical Alphabet*. 2021;(15):22-26. (In Russ.)
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26>
 9. Kameneva M.Yu., Kiryukhina L.D., Struchkov P.V. Updated national guidelines for spirometry. Part 2. An Approach to Interpreting Spirometry. *Medical alphabet*. 2024;(6):7-15. (In Russ.)
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-6-7-15>
 10. Kameneva M.Yu., Cherniak A.V., Aisanov Z.R., Avdeev S.N. et al. Spirometry: national guidelines for the testing and interpretation of results. *Pulmonologiya*. 2023;33(3):307-340. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>
 11. Dyakova S.E., Kameneva M.Yu., Kiryukhina L.D., Klyukhina Yu.B. et al. Temporary recommendations of the russian association of functional diagnostics specialists on the registration of a conclusion based on the results of spirometry. *Medical alphabet*. 2024;22(587):7-12. (In Russ.)
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-22-7-12>
 12. Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B. et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *European Respiratory Journal*. 2021;2101499.
<https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021>
 13. Allisse M., Bui H.T., Desjardins P., Léger L. et al. Assessment of On-Ice Oxygen Cost of Skating Performance in Elite Youth Ice Hockey Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(12):3466-3473.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003324>

Сведения об авторах

Ольга Николаевна Никифорова, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: olganikiforova2014@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

Эдуард Васильевич Маркин, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: markin.ev@rgau-msha.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

Information about the authors

Olga N. Nikiforova, CSc (Ed), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: olganikiforova2014@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

Eduard V. Markin, CSc (Ed), Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: markin.ev@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

Статья поступила в редакцию 23.01.2025
 Одобрена после рецензирования 23.02.2025
 Принята к публикации 01.03.2025

The article was submitted to the editorial office January 23, 2025
 Approved after reviewing February 23, 2025
 Accepted for publication March 01, 2025