

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ РЕСПИРАТОРНЫХ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

М.О. Сегизбаева, segizbaevamo@infran.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6464-8911>

Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель: сравнительный анализ функциональных силовых возможностей дыхательных мышц у квалифицированных атлетов, представляющих различные спортивные дисциплины, на основе измерения максимальной силы сокращений инспираторных и экспираторных мышц. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 128 мужчин-спортсменов разных специализаций и 10 добровольцев соответствующего возраста и пола, не имеющих опыта профессиональных занятий спортом. У всех участников были измерены значения максимального инспираторного (МІР) и экспираторного давления (МЕР). **Результаты.** Наиболее высокие значения МІР и МЕР выявлены у спортсменов, занимающихся водными видами спорта (плавание, водное поло), комбинированными дисциплинами, включающими плавание (триатлон, полиатлон), а также лыжными гонками, тренировка которых направлена на развитие аэробных возможностей организма. В условно среднюю группу вошли представители бокса, вольной борьбы, легкой атлетики (бег на длинные дистанции), игровых видов спорта (футбол, хоккей, баскетбол). Наименьшую силу дыхательных мышц показали представители разных видов единоборств (дзюдо, самбо, греко-римская борьба, каратэ), волейбола и спортивного ориентирования. **Заключение.** Особенности тренировки и специфичность регулярных нагрузок, характерных для разных видов спорта, являются значимым фактором, определяющим функциональное состояние и силу респираторной мускулатуры спортсменов. У квалифицированных спортсменов показатели максимального инспираторного и экспираторного давления существенно различаются в зависимости от спортивной специализации.

Ключевые слова: респираторные мышцы, максимальное инспираторное давление, максимальное экспираторное давление, выносливость, силовые и аэробные тренировки, спортивные дисциплины

Для цитирования: Сегизбаева М.О. Сравнительная оценка функциональных резервов респираторных мышц у спортсменов разных специализаций // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № S1. С. 72–78. DOI: 10.14529/hsm26s109

Original article
DOI: 10.14529/hsm26s109

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL RESERVES OF RESPIRATORY MUSCLES IN ATHLETES FROM DIFFERENT SPORTS

M.O. Segizbaeva, segizbaevamo@infran.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6464-8911>

Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Aim. This paper presents a comparative analysis of the functional capacity of respiratory muscles in qualified athletes from different sports based on maximal inspiratory and expiratory muscle strength. **Materials and methods.** This study involved 128 male athletes from various sports and 10 age- and sex-matched non-athletes with no prior professional sports experience. Maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) were measured in all participants. **Results.** The highest MIP and MEP values were observed in athletes practicing water sports (swimming, water polo), combined disciplines involving swimming (triathlon, polyathlon), and cross-country skiing – sports that primarily develop aerobic capacity. Intermediate values were recorded in boxers, freestyle wrestlers, long-distance runners, and team sport athletes (football, ice hockey, basketball). The lowest respiratory muscle strength was found

in athletes from various martial arts (judo, sambo, Greco-Roman wrestling, karate), volleyball, and orienteering. **Conclusion.** Sport-specific training characteristics and regular training loads are significant factors determining the functional status and respiratory muscle strength in athletes. In qualified athletes, maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure differ significantly depending on sports specialization.

Keywords: respiratory muscles, maximal inspiratory pressure, maximal expiratory pressure, endurance, power and aerobic training, sports disciplines

For citation: Segizbaeva M.O. Comparative assessment of the functional reserves of respiratory muscles in athletes from different sports. *Human. Sport. Medicine.* 2026;26(S1):72–78. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm26s109

Введение. Особенности тренировочного процесса в различных спортивных дисциплинах включают разные физиологические аспекты функционального состояния спортсмена, каждый из которых влияет на конечный спортивный результат и значим для достижения успеха. Однако такой важный показатель резервных возможностей системы дыхания, как сила дыхательной мускулатуры, часто неоправданно упускается из виду специалистами в области спортивной физиологии и медицины, а также тренерами при подготовке квалифицированных спортсменов разных направлений и специализаций. Функциональный ресурс респираторных мышц, их сила и выносливость, а также устойчивость к развитию утомления при высокоинтенсивных и длительных физических нагрузках являются одним из ключевых звеньев, обеспечивающих высокую работоспособность атлета. Сила сокращений инспираторных и экспираторных мышц трансформируется в величину развиваемого ими давления, обеспечивая движение грудной клетки и изменение объема легких [1, 13]. Значение давления, развиваемого во время выполнения форсированных произвольных инспираторных или экспираторных усилий при перекрытых воздухоносных путях и регистрируемого в ротовой полости, отражает максимальную суммарную силу сокращений инспираторных (maximal inspiratory pressure – MIP) и экспираторных мышц (maximal expiratory pressure – MEP), участвующих в осуществлении вдоха и выдоха соответственно [1, 10, 13]. Величина максимального инспираторного или экспираторного давления во время выполнении форсированных маневров при перекрытых контурах вдоха или выдоха не зависит от эластичных свойств легких, поскольку не происходит изменения их объема. Значения MIP или MEP отражают общую сократительную силу всех мышц, обеспечивающих создание максимального отрицательного или поло-

жительного давления на вдохе или выдохе. На основе многочисленных данных, полученных в последние годы, было доказано, что при высокоинтенсивных мышечных нагрузках может развиваться утомление респираторных мышц не только у здоровых нетренированных людей, но и у высококвалифицированных спортсменов, и это может являться одним из факторов, ограничивающих их максимальную работоспособность [7, 12 14, 15]. В то же время хорошо известно, что разные виды тренировки дыхательной мускулатуры с использованием специальных устройств (дыхание с дополнительным резистивным сопротивлением, дыхание с преодолением заданной нормированной нагрузки, произвольная нормокапническая гипервентиляция) могут быть успешно применены для улучшения ее функциональных резервов, повышения силы и выносливости [15, 17]. В результате таких тренировок скорость развития утомления респираторных мышц при тяжелых нагрузках существенно замедляется, что в итоге может способствовать увеличению общей работоспособности спортсмена [5, 15, 17]. В связи с этим определение функциональных резервных возможностей дыхательных мышц имеет важное практическое значение. Дополнительная целенаправленная тренировка респираторных мышц спортсменов с низкими показателями MIP и MEP, включенная в общую программу их подготовки, будет способствовать лучшему развитию силовых скоростных свойств дыхательной мускулатуры, повышению ее силы и выносливости.

Целью настоящей работы явилось сравнение функционального резерва дыхательной мускулатуры (измерение силы инспираторных и экспираторных мышц) у профессиональных атлетов различных спортивных дисциплин.

Методика и организация исследования. Было обследовано 128 молодых мужчин-спортсменов, занимающихся разными видами

спорта на регулярной основе на протяжении не менее 8 лет и активно тренирующихся не менее 5 раз в неделю. В исследовании принимали участие спортсмены, занимающиеся плаванием (8), водным поло (7), триатлоном (6), полиатлоном (5), лыжными гонками (11), бегом на длинные дистанции (6), боксом (9), самбо (7), дзюдо (9), греко-римской борьбой (7), вольной борьбой (9), карате (6), баскетболом (7), футболом (9), хоккеем (8), волейболом (9), спортивным ориентированием (5). Все обследуемые спортсмены имели разряды в рамках Единой всероссийской спортивной классификации от 1-го спортивного разряда до мастера спорта. В контрольную группу вошли 10 мужчин соответствующего возраста – студентов технического вуза, не занимающихся спортом на регулярной основе и ведущих обычный малоподвижный образ жизни. Все участники из спортивной и контрольной групп были подробно ознакомлены с используемым в работе прибором и методикой измерения максимального инспираторного и экспираторного давления и дали письменное согласие на участие в обследовании. Проведенное исследование выполнено в соответствии с основными положениями Хельсинкской декларации об исследованиях с участием человека. Участвующие в исследовании спортсмены и студенты-добровольцы были одной возрастной категории, не имели табачной зависимости, не принимали каких-либо фармакологических препаратов и в течение 1 месяца до начала тестирования не имели признаков острых респираторных заболеваний. Максимальную силу сокращений респираторных мышц определяли по значениям ротового давления, развиваемого во время произвольных форсированных инспираторных (MIP) и экспираторных (MEP) усилий при перекрытых контурах вдоха или выдоха в см вод. ст. Для измерения MIP и MEP использовался миниатюрный прибор RPM (respiratory pressure meter) (FusionCare, Великобритания). Процедура тестирования дыхательных мышц соответствовала рекомендациям Американского торакального и Европейского респираторного обществ [1]. Форсированные инспираторные усилия для измерения MIP и экспираторные для измерения MEP выполнялись соответственно от уровней остаточного объема легких и общей емкости легких. Каждый испытуемый выполнял дыхательные маневры с использованием мягкого латексного загубника, который соединялся

с прибором через индивидуальный одноразовый антибактериальный фильтр производства компании FusionCare. Такие загубники обеспечивают полную герметичность и не допускают даже минимальную утечку воздуха при выполнении форсированных дыхательных маневров из-за плотного прилегания в ротовой полости, что весьма удобно для испытуемого и надежно для точности измерений по сравнению с пластмассовыми твердыми мундштуками [1, 3]. До начала исследования каждый испытуемый индивидуально обучался персоналом правильному выполнению дыхательных маневров, а также был вербально мотивирован на достижение максимального результата, что имеет очень важное значение для получения корректных данных. Измерения производили в положении стоя не менее 5 раз с перерывами в 1 минуту, учитывали максимальное из достигнутых значений MIP и MEP, если разброс показателей не превышал 10 %. Проведен дескриптивный анализ данных, результаты представлены как среднее $\pm$ ошибка среднего ($m \pm SE$) и отражены на графиках.

Результаты. В таблице приведены базовые антропометрические характеристики обследуемых. Как спортсмены, так и участники из контрольной группы исследования были одной возрастной категории без значимых различий в антропометрических параметрах (см. таблицу).

Антропометрические показатели участников из контрольной группы и квалифицированных спортсменов
Anthropometric characteristics of controls and athletes

Показатель Parameter	Контроль Controls	Спортсмены Athletes
Возраст, лет Age, years	19,4 $\pm$ 0,7	19,7 $\pm$ 0,5
Рост, см Height, cm	181,0 $\pm$ 4,6	179,7 $\pm$ 4,3
Вес, кг Body weight, kg	82,5 $\pm$ 5,2	79,5 $\pm$ 4,9
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	23,2 $\pm$ 0,5	22,4 $\pm$ 0,6

Примечание: ИМТ – индекс массы тела.
Note: BMI – body mass index.

Максимальная сила сокращений инспираторной и экспираторной мускулатуры была значимо выше у всех обследованных спортсменов по сравнению с контрольной группой из общей популяции. Среди всей когорты об-

следованных спортсменов были выявлены существенные различия в силе как инспираторных, так и экспираторных мышц в зависимости от вида спортивных дисциплин. Анализ полученных данных показал, что сила респираторных мышц различается среди представителей разных видов спорта в довольно широком диапазоне, и позволил условно разделить всех обследованных спортсменов на 3 группы – с высокими, средними и низкими значениями MIP и MEP (рис. 1, 2).

Наиболее высокие значения MIP и MEP имеют спортсмены, чья специализация связана с водными видами спорта либо комбинированными дисциплинами, в состав которых входит плавание (триатлон, полиатлон), а также лыжными гонками. MIP и MEP в группе пловцов и достигали 165/179 см вод. ст., что на 51 и 56 % соответственно выше контроля. Согласно полученным данным во вторую группу формально можно отнести спортсменов, занимающихся боксом, вольной борьбой, бегом на длинные дистанции, и представителей командных игр (футбол, хоккей, баскетбол). В третью группу с наиболее низкими показателями силы дыхательных мышц вошли спортсмены, занимающиеся различными видами единоборств (самбо, дзюдо, греко-римская борьба, каратэ), волейболом и спортивным ориентированием. Полученные результаты позволяют предположить, что специфика спортивных нагрузок, характерных для определенных видов спорта, вероятно, оказывает влияние на силу и тренированность респираторной мускулатуры. В доступной литературе имеются лишь единичные работы, оценивающие максимальную силу респираторных мышц. У японских атлетов разных видов спорта также показан значительный разброс в силе дыхательных мышц в зависимости от вида специализации [11]. Известно, что максимальная сила дыхательной мускулатуры у здоровых людей зависит от ряда факторов, таких как возраст, рост, состав тела (масса скелетных мышц) [3, 16]. Учитывая однородность обследуемых спортсменов по возрастным и антропометрическим показателям, различия в силе дыхательных мышц можно связать с влиянием особенностей тренировочных упражнений, характерных для разных видов спортивных дисциплин. Наиболее выраженное воздействие на силу дыхательной мускулатуры оказывают тренировки, направленные на развитие аэробных возмож-

ностей спортсмена (водные виды спорта, лыжные гонки). Вероятно, в процессе длительных и интенсивных нагрузок, сопряженных с достижением и поддержанием высоких уровней вентиляции легких, дыхательная мускулатура спортсмена хорошо адаптируется к работе в таких напряженных режимах, обеспечивая повышение эффективности газообмена и экономической оптимизации функции дыхания. Для спортсменов командных игровых видов спорта характерны как тренировки на развитие выносливости, так и мощных кратковременных усилий, в связи с чем дыхательные мышцы адаптируются к работе в условиях чередования аэробных и анаэробных нагрузок. В сложно-координационных видах спорта, к которым относятся разные виды единоборств, особое значение приобретает произвольный контроль за дыханием и его четкое согласование с выполнением определенных движений, а не тренировка силы дыхательной мускулатуры, в связи с чем спортсмены этих дисциплин имеют более низкие значения MIP и MEP. Представители не всех видов спорта были обследованы в нашей работе. На основе данных из литературных источников можно добавить, что высокие значения MIP и MEP были зарегистрированы у спортсменов, занимающихся гандболом (173/178 см H₂O) [6], лыжными гонками (169 см H₂O) [9], академической греблей (167 см H₂O) [8], тяжелой атлетикой (160/225 см H₂O) [4]. В нашей группе участников не было представителей тяжелой атлетики, но столь разные значения MIP и MEP у представителей силовых видов спорта – различных видов единоборств и тяжелоатлетов – также можно связать с влиянием особенностей и различий в тренировочных нагрузках на систему дыхания. Статические или интервальные нагрузки оказывают различный тренировочный эффект на респираторную мускулатуру спортсмена. Важно отметить, что, несмотря на уникальность дыхательных мышц, обусловленную морфофункциональными характеристиками и особенностями взаимодействия автоматической и произвольной регуляции их сокращений, дыхательные мышцы даже хорошо подготовленного спортсмена подвержены развитию утомления при интенсивных и продолжительных нагрузках [7]. Также хорошо известен феномен «метабо-рефлекса дыхательных мышц», в соответствии с которым именно утомление инспираторной мускулатуры при высокоинтенсивных

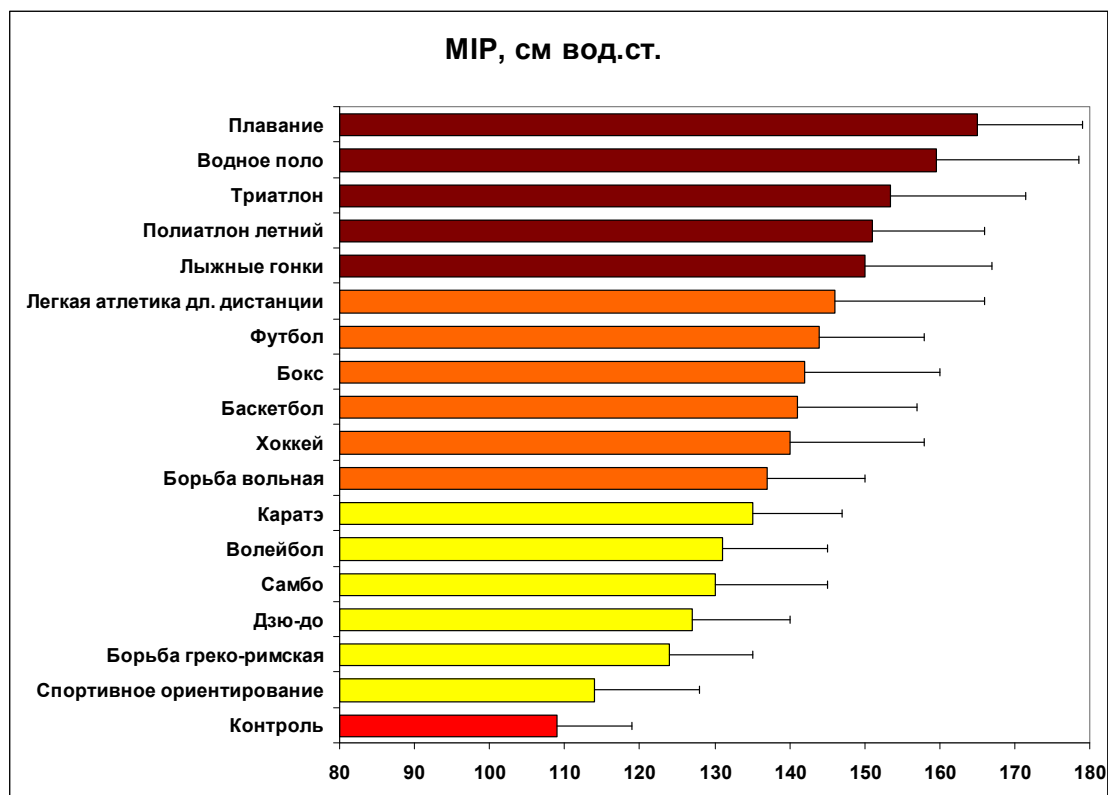


Рис. 1. Значения максимального инспираторного давления у спортсменов разных дисциплин
Fig. 1. Maximal inspiratory pressure in athletes from different sports

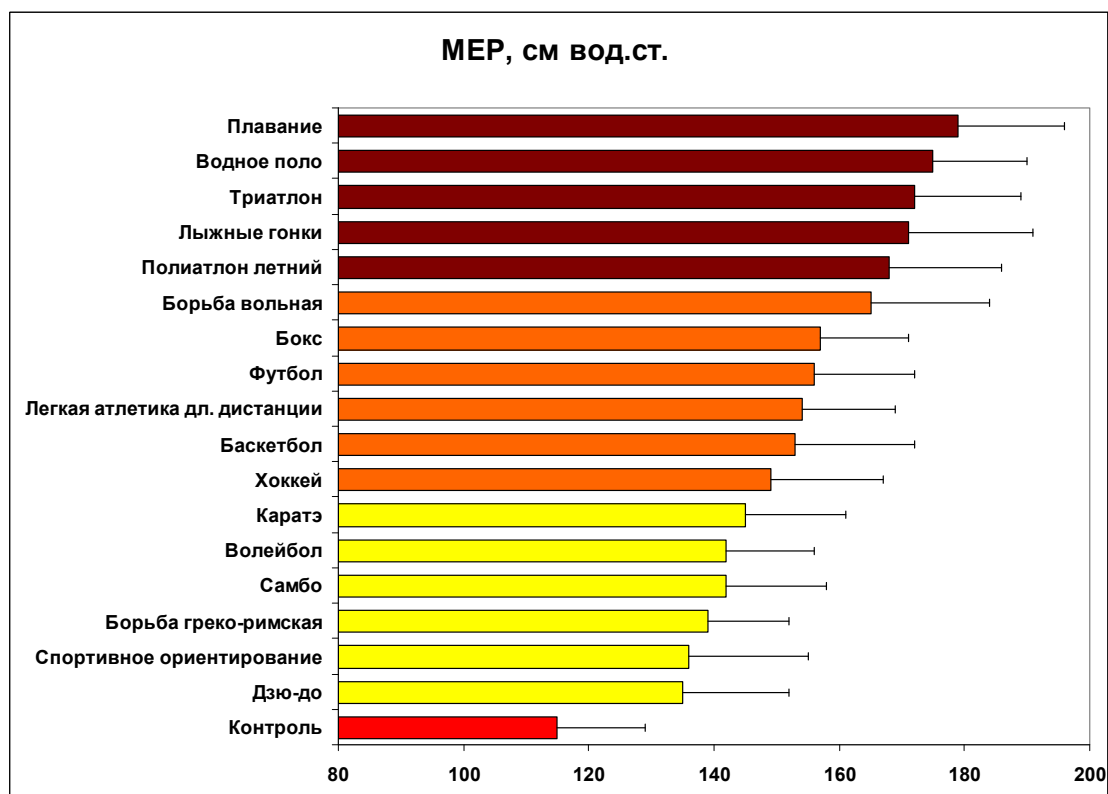


Рис. 2. Значения максимального экспираторного давления у спортсменов разных дисциплин
Fig. 2. Maximal expiratory pressure in athletes from different sports

нагрузках запускает симпатически опосредованную вазоконстрикцию локомоторных мышц и перераспределение кровотока к мышцам дыхательным, что является одним из факторов, ограничивающих работоспособность и выносливость спортсмена. В то же время многочисленные научные исследования показывают, что дыхательные мышцы, как и все скелетные, успешно поддаются целенаправленной тренировке, обеспечивая структурную и функциональную адаптацию к повышенным нагрузкам, в результате чего как их сила, так и выносливость могут значительно возрастать [5, 17]. Кроме того, в результате таргетированной тренировки респираторных мышц повышается общая работоспособность спортсменов, что может способствовать и улучшению спортивного результата [17]. После дополнительной тренировки дыхательной мускулатуры развитие ее утомления при высокоинтенсивных и длительных нагрузках замедляется и отодвигается по времени [15, 17]. Сильные и выносливые дыхательные мышцы позволяют поддерживать вентиляцию с меньшими затратами энергии, тем самым увеличивая долю кислорода, доступного для функции локомоторных мышц при выполнении тяжелых и продолжительных нагрузок [2]. Поэтому проведение

скрининговых измерений МР и МЕР представляется важным и необходимым компонентом комплексного медицинского обследования спортсменов, что позволит определить атлетов с низкими значениями этих показателей и дополнить общий план их подготовки курсами направленной тренировки респираторной мускулатуры для повышения общей работоспособности и улучшения спортивного результата.

Выводы. Особенности регулярных тренировок и характер нагрузок в различных спортивных дисциплинах оказывают дифференцированное влияние на тренированность дыхательной мускулатуры, ее силу и выносливость. Сила респираторных мышц квалифицированных спортсменов варьирует в широком диапазоне в зависимости от превалирования аэробных, силовых или интервальных нагрузок в тренировочном процессе. Разные методы таргетированной тренировки дыхательной мускулатуры с использованием специальных тренажеров могут быть дополнительными эффективными и полезными стратегиями для улучшения ее силы и выносливости, особенно при подготовке спортсменов силовых и смешанных (интервальных) дисциплин, а также спортсменов с низкими показателями МР и МЕР.

Список литературы / References

1. American Thoracic Society/European Respiratory Society, ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory Critical Care and Medicine*, 2002, vol. 166, pp. 518–624. DOI: 10.1164/rccm.166.4.518
2. Esposito F., Ferretti G. Respiratory Muscle Training and Maximum Aerobic Power in Hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 2010, vol. 110 (1), pp. 219–220. DOI: 10.1007/s00421-010-1487-6
3. Evans J.A., Whitelaw W.A. The Assessment of Maximal Respiratory Mouth Pressure in Adults. *Respiratory Care*, 2009, vol. 54 (10), pp. 1348–1359. DOI: 10.4187/respcare.09541348
4. Hackett D.A. Lung Function and Respiratory Muscle Adaptations of Endurance- and Strength-Trained Males. *Sports (Basel)*, 2020, vol. 8 (12), p. 160. DOI: 10.3390/sports8120160
5. HajGhanbari B., Yamabayashi C., Buna T.R. et al. Effect of Respiratory Muscle Training on Performance in Athletes: a Systematic Review with Meta-analysis. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2013, vol. 27 (6), pp. 1643–1663. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318269f73f
6. Hartz C.S., Sindorf M.A.G., Lopes C.R. et al. Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 2018, vol. 63, pp. 43–51. DOI: 10.2478/hukin-2018-0005
7. Janssens L., Brumagne S., McConnell A.K. et al. The Assessment of Inspiratory Muscle Fatigue in Healthy Individuals: a Systematic Review. *Respiratory Medicine*, 2013, vol. 107, pp. 331–346. DOI: 10.1016/j.rmed.2012.11.019
8. Klusiewicz A. Effects of Inspiratory Muscle Strength on Physiological Response to Exercise in Elite Rowers and Health Men. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, vol. 7, pp. 58–60.
9. Klusiewicz A., Starczewski M., Sadowska D., Ladyga M. Effect of High- and Low-resistance Inspiratory Muscle Training on Physiological Response to Exercise in Cross-country Skiers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2018, vol. 59 (7), pp. 1156–1161. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.09120-X

10. Laveneziana P., Albuquerque A., Aliverti A. et al. ERS Statement on Respiratory Muscle Testing at Rest and During Exercise. *European Respiratory Journal*, 2019, vol. 53 (6), p. 1801214. DOI: 10.1183/13993003.01214-2018
11. Ohya T., Hagiwara M., Chino K., Suzuki Y. Maximal Inspiratory Mouth Pressure in Japanese Elite Male Athletes. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2016, vol. 230, pp. 68–72. DOI: 10.1016/j.resp.2016.05.004
12. Oueslati F., Berriri A., Boone J., Ahmaidi S. Respiratory Muscle Strength is Decreased After Maximal Incremental Exercise in Trained Runners and Cyclists. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2018, vol. 248, pp. 25–30. DOI: 10.1016/j.resp.2017.11.005
13. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. Assessment of the Functional State of Respiratory Muscles: Methodological Aspects and Data Interpretation Muscles. *Human Physiology*, 2019, vol. 45 (2), pp. 213–224. DOI: 10.1134/S0362119719010110
14. Segizbaeva M.O., Donina Zh.A., Timofeev N.N. et al. EMG Analysis of Human Inspiratory Muscle Resistance to Fatigue During Exercise. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2013, vol. 788, pp. 197–205. DOI: 10.1007/978-94-007-6627-3_29
15. Segizbaeva M.O., Timofeev N.N., Donina Zh.A. et al. Effects of Inspiratory Muscle Training on Resistance to Fatigue of Respiratory Muscles During Exhaustive Exercise. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2015, vol. 840 (9), pp. 35–43. DOI: 10.1007/5584_2014_20
16. Sawaya Y., Ishizaka M., Kubo A. et al. Correlation between Skeletal Muscle Mass Index and Parameters of Respiratory Function and Muscle Strength in Young Healthy Adults According to Gender. *The Journal of Physical Therapy Science*, 2018, vol. 30, pp. 1424–1427. DOI: 10.1589/jpts.30.1424
17. Witt J.D., Guenette J.A., Rupert J.L. et al. Inspiratory Muscle Training Attenuates the Human Respiratory Muscle Metaboreflex. *Journal Physiology*, 2007, vol. 584, pt. 3, pp. 1019–1128. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.140855

Информация об авторе

Сегизбаева Марина Оразовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии дыхания, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия.

Information about the author

Marina O. Segizbaeva, Candidate of Biological Sciences, Researcher, Laboratory of Respiratory Physiology, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 16.12.2025

The article was submitted 16.12.2025