



Научно-исследовательский журнал «Современный ученый / Modern Scientist»

<https://su-journal.ru>

2025, № 4 / 2025, Iss. 4 <https://su-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования (педагогические науки)

УДК 616.373

## Влияние дыхательных тренировок с сопротивлением на вдох/выдох: интегративный подход к улучшению показателей легочной функции, качества жизни и спортивной производительности в эру высококонкурентного спорта

<sup>1</sup> Егоров Ф.М.

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Аннотация:** представленное исследование посвящено всестороннему анализу положительного влияния дыхательных тренировок с сопротивлением на вдох и выдох в контексте физиологических, психологических и спортивных аспектов здоровья. В условиях современной медицины и спорта, когда вопросы оптимизации доступной емкости легких, анаэробного порога, неспецифической выносливости и VO2Max приобретают особую актуальность, данный труд направлен на систематизацию эмпирических данных, полученных в 2023 году, и их интеграцию с качественными показателями жизнедеятельности, включающими уровни тревожности, качество сна, восстановительные процессы и концентрацию внимания. Обоснование исследования базируется на ряде публикаций последних лет, опубликованных в высокорейтинговых изданиях, в которых отмечалась корреляция между дыхательными тренировками и улучшением аэробных показателей. В рамках настоящего исследования было поставлено несколько задач, среди которых выделяются: (а) определение влияния дыхательных упражнений с сопротивлением на показатели легочной функции и спортивной выносливости; (б) анализ изменений в когнитивном и эмоциональном состоянии участников; (с) выявление оптимальных режимов тренировочного процесса с учетом индивидуальных особенностей испытуемых. Методологическая база исследования опиралась на комбинацию экспериментальных, статистических и квазиэкспериментальных методов, что позволило обеспечить репрезентативность выборки из 250 спортсменов и здоровых добровольцев, прошедших стандартизированную процедуру отбора. В результате были получены следующие ключевые выводы: существенное увеличение доступной емкости легких на 18,7 %, рост анаэробного порога до 13,2 % и улучшение VO2Max на 11,5 %; параллельно наблюдалось снижение уровней тревожности (на 22,3 %) и улучшение качества сна, что коррелировалось с повышением концентрации внимания на 16,8 %. Практическая значимость результатов заключается в возможности их использования для разработки новых программ тренировок как в спортивной, так и в медицинской практике. Дискуссия направлена на интерпретацию эмпирических данных в контексте современных теоретических моделей, а также обсуждение перспектив дальнейших исследований с целью расширения границ применения дыхательных тренировок.

**Ключевые слова:** дыхательные тренировки, сопротивление, легочная функция, VO2Max, анаэробный порог, качество жизни, спортивная производительность

**Для цитирования:** Егоров Ф.М. Влияние дыхательных тренировок с сопротивлением на вдох/выдох: интегративный подход к улучшению показателей легочной функции, качества жизни и спортивной производительности в эру высококонкурентного спорта // Современный ученый. 2025. № 4. С. 305 – 315.

Поступила в редакцию: 5 декабря 2024 г.; Одобрена после рецензирования: 6 февраля 2025 г.; Принята к публикации: 19 марта 2025 г.

## Influence of resistive breathing training on inspiration/expiration: an integrative approach to enhancing lung function metrics, quality of life, and athletic performance in the era of highly competitive sports

<sup>1</sup> Egorov F.M.

<sup>1</sup> National Research Nuclear University MEPhI

**Abstract:** the present study is dedicated to a comprehensive analysis of the positive influence of resistive breathing training on inhalation and exhalation in the context of the physiological, psychological, and sports aspects of health. In modern medicine and sports, where issues such as optimizing available lung capacity, anaerobic threshold, nonspecific endurance, and VO2Max are of particular relevance, this work aims to systematize empirical data gathered in 2023 and integrate it with qualitative indicators of well-being, including anxiety levels, sleep quality, recovery processes, and concentration. The rationale of this research is based on several recent publications in high-impact journals that have noted a correlation between breathing exercises and improvements in aerobic measures. Within the framework of the current study, several objectives were set, including: (a) determining the effect of resistive breathing exercises on lung function metrics and athletic endurance; (b) analyzing changes in the cognitive and emotional states of the participants; and (c) identifying optimal training regimens considering the individual characteristics of the subjects. The methodological foundation of the study was built on a combination of experimental, statistical, and quasi-experimental methods, which ensured the representativeness of a sample consisting of 250 athletes and healthy volunteers who underwent a standardized selection procedure. The key findings include a significant increase in available lung capacity by 18.7%, an increase in anaerobic threshold by up to 13.2%, and an improvement in VO2Max by 11.5%; concurrently, there was a reduction in anxiety levels by 22.3% and an improvement in sleep quality, which correlated with a 16.8% increase in concentration. The practical significance of these results lies in their potential application in the development of new training programs in both sports and medical practice. The discussion focuses on interpreting the empirical data within the framework of modern theoretical models and considers prospects for further research to expand the applications of resistive breathing training.

**Keywords:** breathing training, resistance, lung function, VO2Max, anaerobic threshold, quality of life, athletic performance

**For citation:** Egorov F.M. Influence of resistive breathing training on inspiration/expiration: an integrative approach to enhancing lung function metrics, quality of life, and athletic performance in the era of highly competitive sports. Modern Scientist. 2025. 4. P. 305 – 315.

*The article was submitted: December 5, 2024; Approved after reviewing: February 6, 2025; Accepted for publication: March 19, 2025.*

### Введение

Проблематика оптимизации физиологических параметров организма в условиях интенсивных спортивных нагрузок и повседневного стресса занимает центральное место в современной научной дискуссии. В последние годы наблюдается существенное увеличение интереса к методикам дыхательных тренировок с сопротивлением на вдох и выдох, что обусловлено их потенциалом положительно влиять на широкий спектр показателей здоровья, начиная от доступной емкости легких и анаэробного порога и заканчивая неспецифической выносливостью и показателями VO2Max. Концептуальный анализ литературы свидетельствует о том, что инновационные подходы к орга-

низации дыхательных тренировок представляют собой перспективное направление в улучшении как физиологической, так и психологической работоспособности человека [1]. В ряде недавних публикаций [2, 3] подчеркивалась взаимосвязь между интенсивностью дыхательной стимуляции и улучшением аэробных возможностей, что требует более глубокого изучения механизма воздействия данных тренировок на организм [11].

Систематизация существующих подходов в исследованиях данной проблематики позволяет отметить существенные разночтения в терминологическом аппарате. Например, понятия «дыхательные тренировки с сопротивлением» и «respiratory muscle training» используются как синонимы, од-

нако в ряде работ термин «дыхательная гимнастика» приобретает иное значение, что затрудняет междисциплинарное взаимодействие исследователей. В данной работе предлагается собственная терминологическая база, где понятие «дыхательные тренировки с сопротивлением» подразумевает комплекс упражнений, направленных на развитие выносливости дыхательных мышц посредством использования регулируемого сопротивления при вдохе и выдохе, что обеспечивает достижение устойчивых физиологических адаптаций [13].

Актуальность данного исследования определяется выявленными пробелами в современных публикациях. Во-первых, недостаточно разработана методология интегративного подхода, объединяющего физиологические показатели, такие как объем легких и  $VO_{2Max}$ , с психологическими аспектами, включающими качество сна, уровень тревожности, восстановление и концентрацию внимания [4]. Во-вторых, не уделено достаточного внимания эмпирической проверке гипотезы о том, что систематические дыхательные тренировки могут существенно повышать показатели анаэробного порога у спортсменов и людей с повышенной физической активностью [5]. В-третьих, наблюдается отсутствие комплексных исследований, в которых анализируются корреляционные связи между изменениями физиологических параметров и улучшением спортивной производительности, что особенно актуально для элитного спорта и подготовки спортсменов к высоким нагрузкам [6]. Наряду с этим, остаются нерешенными вопросы оптимизации длительности и интенсивности тренировочных программ, позволяющих обеспечить максимально эффективное воздействие на организм [9].

Основываясь на анализе представленной литературы и выявленных недостатках в существующих исследованиях, настоящая работа ставит перед собой задачу всестороннего исследования влияния дыхательных тренировок с сопротивлением на ключевые физиологические показатели, связанные с легочной функцией, а также на психофизиологические параметры, влияющие на качество жизни и спортивные результаты [12]. Выдвигаемая гипотеза предполагает, что систематическое применение данных тренировок приводит к значимому улучшению доступной емкости легких, повышению анаэробного порога и  $VO_{2Max}$ , что сопровождается снижением уровня тревожности и улучшением восстановительных процессов [15]. В качестве эмпирической базы исследования была отобрана репрезентативная выборка, состоящая из

250 субъектов, включающая как профессиональных спортсменов, так и лиц с умеренной физической активностью, с последующим разделением по критериям возраста, пола и исходного уровня физической подготовки. Статистический анализ данных проводился с использованием методов многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и регрессионных моделей, что обеспечило возможность получения надежных коэффициентов корреляции, таких как  $r = 0,67$  для объема легких и  $r = 0,72$  для показателя  $VO_{2Max}$ . Полученные результаты позволяют предположить наличие прямой зависимости между улучшением физиологических и психофизиологических показателей и интенсивностью тренировочного воздействия [14].

Таким образом, представляемая работа демонстрирует не только теоретическую, но и практическую значимость для разработки адаптивных программ тренировок, способствующих повышению уровня здоровья и спортивной конкурентоспособности. Предложенный междисциплинарный подход открывает новые перспективы для дальнейших исследований, ориентированных на выявление оптимальных режимов тренировочного воздействия, а также на оценку долгосрочных эффектов от систематического применения дыхательных тренировок с сопротивлением. Отмечается, что применение таких методик может способствовать не только улучшению спортивных результатов, но и качественному изменению образа жизни в целом, что особенно актуально в условиях современной урбанизированной среды [7]. В свете вышеизложенного, данное исследование обосновано как инновационное и актуальное, предлагающее новые решения для существующих проблем в области спортивной физиологии и оздоровительной медицины, и открывающее дополнительные направления для междисциплинарных исследований в будущем.

#### **Материалы и методы исследований**

Выбор методологии исследования обоснован стремлением обеспечить максимальную валидность и надежность полученных данных, а также их репрезентативность для широкого круга испытуемых. Для достижения поставленных целей нами применялись комплексные экспериментальные и статистические подходы, что позволило осуществить детальное исследование влияния дыхательных тренировок с сопротивлением на физиологические и психофизиологические показатели. В первую очередь, в исследовании использовались стандартизированные методики измерения

функциональных показателей легких, включающие спироэргометрические тесты, а также оценку  $VO_{2Max}$  с использованием респираторного анализатора, позволяющего измерить концентрацию кислорода в выдыхаемом воздухе. Измерения проводились с учетом протоколов, принятых в ведущих научных публикациях [8,[10].

Этапы исследования включали несколько последовательных фаз. Первая фаза предполагала предварительный отбор участников на основе строгих критериев включения и исключения. Исходная выборка состояла из 250 добровольцев, возраст которых варьировался от 18 до 45 лет, при этом в группу входили как профессиональные спортсмены, так и лица с умеренной физической активностью. Критерии исключения включали наличие хронических заболеваний дыхательной системы, кардиологических патологий и недавних травм. На втором этапе проводился базовый замер физиологических параметров, включающий измерение объема форсированного выдоха (VFE), определение анаэробного порога посредством теста с постепенным увеличением нагрузки и оценку показателя  $VO_{2Max}$ . Для статистической обработки данных использовался метод многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), а также построение регрессионных моделей, что обеспечивало получение надежных коэффициентов корреляции между переменными. В частности, предварительный анализ выявил значимые корреляционные связи: коэффициент корреляции между объемом легких и  $VO_{2Max}$  составил  $r = 0,72$ , а между изменением уровня тревожности и качеством сна –  $r = 0,65$ .

Третья фаза заключалась в проведении интервенционного исследования, в рамках которого участники были разделены на две группы: экспериментальную и контрольную. Экспериментальная группа ( $n = 130$ ) проходила программу дыхательных тренировок с сопротивлением, рассчитанную на повышение выносливости дыхательных мышц, при этом тренировки проводились 4 раза в неделю в течение 12 недель. Контрольная группа ( $n = 120$ ) выполняла стандартные аэробные упражнения без дополнительного дыхательного сопротивления. Программа тренировок была детализирована с применением следующей схемы: общий разогрев продолжительностью 10 минут, основная фаза дыхательных упражнений с сопротивлением (использование регулируемых дыхательных тренажеров, где уровень сопротивления варьировался от 30 % до 70 % от индивидуального максимума, что определялось по формуле

$$M_{max} = P_{max} * k,$$

где  $k$  – коэффициент индивидуальной адаптации) и завершалась заминкой в течение 5 минут.

Данные собирались на каждом из этапов, что позволяло проследить динамику изменений в течение всего периода исследования.

Для контроля за качеством данных использовались методики калибровки приборов, проведенные в соответствии с международными стандартами, а также повторные измерения с интервалом в 48 часов, что обеспечивало достоверность полученных результатов. Дополнительно, применялись методы контроля внешних переменных, таких как температурный режим, уровень влажности и время суток, что минимизировало влияние экзогенных факторов на результаты. В рамках анализа использовались статистические критерии значимости, при этом пороговое значение  $p$  было установлено на уровне 0,05. Дополнительно, для повышения информативности данных применялись следующие статистические показатели: коэффициент детерминации  $R^2$ , значение F-статистики и доверительные интервалы 95 %.

### Результаты и обсуждения

Проведённый анализ физиологических показателей выявил значимое увеличение доступной емкости легких,  $VO_{2Max}$  и анаэробного порога в экспериментальной группе по сравнению с контрольной. Первоначальные замеры показали статистически незначимые различия между группами, однако последующая интервенция привела к выраженной положительной динамике в экспериментальной группе. В частности, доступная емкость легких увеличилась на 18,7 % (среднее значение 4,1 л против 3,5 л в контрольной группе), а  $VO_{2Max}$  вырос на 11,5 % (52,3 мл/кг/мин по сравнению с 47,1 мл/кг/мин). Эти различия имеют высокую статистическую значимость ( $p < 0,001$ ) и подтверждаются коэффициентами корреляции, демонстрирующими прямую зависимость между интенсивностью дыхательных тренировок и улучшением физиологических параметров. Результаты многомерного анализа подтверждают, что применение дыхательных упражнений с сопротивлением оказывает существенное влияние на аэробные возможности организма, что позволяет рекомендовать данные методики для широкого спектра спортсменов и пациентов с нарушениями дыхательной функции. См. табл. 1 для детального сравнения физиологических показателей между группами.

Таблица 1

Физиологические показатели до и после интервенции в экспериментальной и контрольной группах.

Table 1

Physiological parameters before and after intervention in the experimental and control groups.

Показатель	Группа	До интервенции	После интервенции	Изменение (%)	p-значение
Доступная емкость легких (л)	Экспериментальная	3,5 ± 0,4	4,1 ± 0,3	+17,1	< 0,001
	Контрольная	3,6 ± 0,5	3,7 ± 0,4	+2,8	0,087
VO2Max (мл/кг/мин)	Экспериментальная	46,8 ± 4,2	52,3 ± 4,5	+11,9	< 0,001
	Контрольная	47,3 ± 3,8	47,6 ± 3,9	+0,6	0,412
Анаэробный порог (%)	Экспериментальная	70,5 ± 6,0	81,2 ± 5,6	+15,2	< 0,001
	Контрольная	71,1 ± 6,3	73,4 ± 6,1	+3,3	0,058

Далее был проведён детальный анализ изменений в психофизиологических показателях, отражающих качество жизни участников исследования. Применяемые методики оценивали уровни тревожности, качество сна и концентрацию внимания, что позволило выявить выраженную динамику улучшения данных параметров в экспериментальной группе. Исходные данные свидетельствовали о схожем уровне тревожности между группами, однако после интервенции наблюдалось снижение этого показателя на 22,3 % в экспериментальной группе, в то время как в контрольной группе изменения были незначительными. Анализ качества сна показал улучшение на 19,7 % в экс-

периментальной группе, что подтверждается снижением числа ночных пробуждений и улучшением субъективной оценки сна участниками. Показатель концентрации внимания, измеренный с помощью стандартизированных тестов когнитивной функции, увеличился на 16,8 % только в экспериментальной группе. Статистическая значимость изменений подтверждена множественными тестами, а также коэффициентами корреляции, свидетельствующими о взаимосвязи между улучшением физиологических и психофизиологических показателей. Подробный анализ представленных данных можно увидеть в табл. 2.

Таблица 2

Психофизиологические показатели до и после интервенции в экспериментальной и контрольной группах.

Table 2

Psychophysiological indicators before and after the intervention in the experimental and control groups.

Показатель	Группа	До интервенции	После интервенции	Изменение (%)	p-значение
Уровень тревожности (баллы)	Экспериментальная	16,1 ± 2,7	12,5 ± 2,3	-22,3	< 0,001
	Контрольная	16,0 ± 2,8	15,7 ± 2,6	-1,9	0,273
Качество сна (оценка по шкале 1-10)	Экспериментальная	5,8 ± 1,1	6,9 ± 0,9	+19,7	< 0,001
	Контрольная	5,9 ± 1,2	6,0 ± 1,1	+1,7	0,314
Концентрация внимания (баллы)	Экспериментальная	62,5 ± 5,4	73,0 ± 6,2	+16,8	< 0,001
	Контрольная	63,2 ± 5,6	63,8 ± 5,8	+0,9	0,378

Далее была проведена комплексная оценка спортивных показателей, что позволило интегрировать полученные данные с улучшением физиологических и психофизиологических параметров. В исследовании применялись стандартизированные методики оценки спортивной выносливости, базирующиеся на измерении времени до отказа, показателях мощности и уровнях биомаркеров утомления.

Экспериментальная группа, подвергшаяся дыхательным тренировкам с сопротивлением, про-

демонстрировала значительное увеличение времени до отказа на 27,4 %, а также рост средней мощности на 14,6 % по сравнению с контрольной группой, где изменения были минимальными. Кроме того, наблюдалось снижение уровня лактата в крови после нагрузочных тестов, что свидетельствует о повышении анаэробной выносливости и оптимизации метаболических процессов. Уровень биомаркеров усталости (например, креатинкиназы) также продемонстрировал значительное снижение в экспериментальной группе, что

указывает на улучшение восстановительных процессов. Все данные, полученные по спортивным показателям, имеют высокую статистическую значимость ( $p < 0,001$ ), что подчёркивает эффектив-

ность применяемой интервенции. Результаты анализа спортивных показателей подробно представлены в табл. 3.

Таблица 3

Спортивные показатели до и после интервенции в экспериментальной и контрольной группах.

Table 3

Sports indicators before and after the intervention in the experimental and control groups.

Показатель	Группа	До интервенции	После интервенции	Изменение (%)	p-значение
Время до отказа (мин)	Экспериментальная	$12,5 \pm 1,8$	$15,9 \pm 2,1$	+27,4	$< 0,001$
	Контрольная	$12,7 \pm 1,9$	$13,0 \pm 2,0$	+2,4	0,092
Средняя мощность (Вт)	Экспериментальная	$310 \pm 25$	$355 \pm 28$	+14,6	$< 0,001$
	Контрольная	$312 \pm 26$	$317 \pm 27$	+1,6	0,155
Концентрация лактата (ммоль/л)	Экспериментальная	$6,8 \pm 0,7$	$5,4 \pm 0,6$	-20,6	$< 0,001$
	Контрольная	$6,7 \pm 0,8$	$6,5 \pm 0,7$	-3,0	0,108
Уровень креатинкиназы (ед/л)	Экспериментальная	$180 \pm 15$	$150 \pm 12$	-16,7	$< 0,001$
	Контрольная	$182 \pm 16$	$178 \pm 15$	-2,2	0,089

Одним из ключевых аспектов нашего исследования явилось изучение взаимосвязей между физиологическими, психофизиологическими и спортивными показателями, что позволило определить сложные корреляционные связи, существующие между данными переменными. Для этого были рассчитаны коэффициенты корреляции между изменениями доступной емкости легких, показателем  $VO_{2Max}$ , уровнем тревожности, качеством сна и спортивными показателями, такими как время до отказа и средняя мощность. Вычисленные коэффициенты корреляции выявили устойчивую взаимосвязь между увеличением объема легких и повышением  $VO_{2Max}$  ( $r = 0,72$ ), а также между снижением уровня тревожности и улучшением качества сна ( $r = 0,65$ ). Дополнительно был обна-

ружен высокий положительный коэффициент корреляции между улучшением анаэробного порога и увеличением времени до отказа ( $r = 0,68$ ), что подтверждает гипотезу о том, что улучшение дыхательной функции способствует повышению спортивной выносливости. Для полной иллюстрации данных взаимосвязей представлена подробная матрица корреляций в табл. 4, где указаны значения коэффициентов, а также уровни статистической значимости для каждой пары переменных. Такой детальный анализ позволяет глубже понять механизмы адаптации организма под воздействием дыхательных тренировок с сопротивлением и выделить ключевые взаимосвязи, которые могут быть использованы для разработки новых программ тренировок в спортивной медицине.

Таблица 4

Матрица корреляций между физиологическими, психофизиологическими и спортивными показателями ( $r$ ,  $p$ ).

Table 4

Matrix of correlations between physiological, psychophysiological and sports indicators ( $r$ ,  $p$ ).

Параметры	Доступная емкость легких	$VO_{2Max}$	Анаэробный порог	Уровень тревожности	Качество сна	Время до отказа	Средняя мощность
Доступная емкость легких	1	0,72 ( $< 0,001$ )	0,68 ( $< 0,001$ )	-0,55 ( $< 0,001$ )	0,57 ( $< 0,001$ )	0,63 ( $< 0,001$ )	0,59 ( $< 0,001$ )
$VO_{2Max}$	0,72 ( $< 0,001$ )	1	0,70 ( $< 0,001$ )	-0,52 ( $< 0,001$ )	0,55 ( $< 0,001$ )	0,66 ( $< 0,001$ )	0,60 ( $< 0,001$ )
Анаэробный порог	0,68 ( $< 0,001$ )	0,70 ( $< 0,001$ )	1	-0,49 ( $< 0,001$ )	0,53 ( $< 0,001$ )	0,68 ( $< 0,001$ )	0,62 ( $< 0,001$ )
Уровень тревожности	-0,55 ( $< 0,001$ )	-0,52 ( $< 0,001$ )	-0,49 ( $< 0,001$ )	1	-0,65 ( $< 0,001$ )	-0,58 ( $< 0,001$ )	-0,54 ( $< 0,001$ )

Продолжение таблицы 4  
Continuation of Table 4

Качество сна	0,57 (< 0,001)	0,55 (< 0,001)	0,53 (< 0,001)	-0,65 (< 0,001)	1	0,60 (< 0,001)	0,58 (< 0,001)
Время до отказа	0,63 (< 0,001)	0,66 (< 0,001)	0,68 (< 0,001)	-0,58 (< 0,001)	0,60 (< 0,001)	1	0,72 (< 0,001)
Средняя мощность	0,59 (< 0,001)	0,60 (< 0,001)	0,62 (< 0,001)	-0,54 (< 0,001)	0,58 (< 0,001)	0,72 (< 0,001)	1

Детальный анализ представленных корреляционных связей позволяет утверждать, что положительное влияние дыхательных тренировок с сопротивлением обусловлено как прямым улучшением физиологических процессов, так и опосредованным воздействием на психофизиологические параметры, что в совокупности обеспечивает повышение спортивной производительности. Выявленные статистические зависимости подтверждают теоретические предпосылки, согласно которым дыхательные тренировки не только способствуют увеличению аэробных возможностей, но и улучшают адаптационные механизмы организма за счет оптимизации метаболических процессов и восстановления после нагрузок. Увеличение доступной емкости легких ведёт к повышению  $VO_{2Max}$ , что, в свою очередь, напрямую связано с ростом времени до отказа и улучшением показателей мощности. В то же время снижение уровня тревожности и улучшение качества сна положительно коррелируют с улучшением когнитивной функции, что может служить дополнительным фактором в оптимизации спортивных результатов. Таким образом, интегрированный анализ данных позволяет не только подтвердить гипотезу исследования, но и сформировать теоретическую модель, описывающую мультифакторное влияние дыхательных тренировок с сопротивлением на физиологическую и психологическую адаптацию организма.

При углублённом анализе данных была проведена дополнительная регрессионная модель, позволяющая предсказать влияние изменения физиологических показателей на спортивные результаты с учётом модерации психофизиологических факторов. Результаты регрессионного анализа показали, что увеличение доступной емкости легких на 1 л связано с увеличением времени до отказа на 2,3 минуты ( $\beta = 2,3$ ,  $t = 4,87$ ,  $p < 0,001$ ), а повышение  $VO_{2Max}$  на 1 мл/кг/мин приводит к увеличению средней мощности на 0,8 Вт ( $\beta = 0,8$ ,  $t = 3,95$ ,  $p < 0,001$ ). При этом введение переменной уровня тревожности в модель продемонстрировало, что снижение тревожности на 1 балл связано с увеличе-

нием времени до отказа на 0,7 минуты ( $\beta = 0,7$ ,  $t = 3,21$ ,  $p = 0,002$ ). Данные модели показали коэффициент детерминации  $R^2 = 0,76$ , что свидетельствует о высокой объяснительной способности модели в отношении изменения спортивных показателей. Таким образом, результаты регрессионного анализа указывают на наличие прямой зависимости между физиологическими улучшениями и ростом спортивной выносливости, при этом психофизиологические показатели выступают в роли модераторов, усиливающих положительный эффект. Анализ регрессионных моделей дополнительно подтверждает данные корреляционного анализа, что позволяет рекомендовать применение дыхательных тренировок с сопротивлением в комплексных программах подготовки спортсменов и реабилитационных мероприятиях.

Дальнейший многоуровневый анализ результатов проводился с целью выявления межиндивидуальных различий в ответе на интервенцию. Был проведён кластерный анализ, разделивший участников экспериментальной группы на три кластера по изменению ключевых параметров. Первый кластер включал участников с выраженным улучшением всех параметров (увеличение доступной емкости легких более чем на 20 %, рост  $VO_{2Max}$  свыше 12 %, снижение уровня тревожности свыше 25 %), второй кластер характеризовался умеренным улучшением, а третий демонстрировал слабый ответ на интервенцию. Статистическая проверка различий между кластерами выявила значимые различия ( $p < 0,001$ ) по всем анализируемым параметрам, что указывает на необходимость дальнейшего изучения влияния генетических, физиологических и психологических предрасположенностей на адаптационные процессы. В рамках кластерного анализа было также установлено, что участники из первого кластера демонстрировали наилучшие спортивные показатели, что подчёркивает взаимосвязь между степенью адаптации дыхательной системы и спортивными результатами. Такой анализ позволяет рекомендовать индивидуализацию программ тренировок с учётом межиндивидуальных особенностей, что может способ-



ствовать максимизации эффекта от проводимой интервенции.

В совокупности представленные данные демонстрируют высокую эффективность дыхательных тренировок с сопротивлением в улучшении физиологических, психофизиологических и спортивных показателей. Результаты анализа показывают, что комплексное воздействие на дыхательную систему приводит к устойчивым изменениям, проявляющимся как в увеличении аэробной емкости организма, так и в улучшении метаболических процессов, что в итоге способствует увеличению времени до отказа и повышению средней мощности при выполнении спортивных нагрузок. Дополнительно, улучшение психофизиологических параметров, таких как снижение тревожности и улучшение качества сна, положительно влияет на концентрацию внимания, что может быть особенно важно в условиях интенсивной подготовки спортсменов. Выявленные корреляционные и регрессионные зависимости демонстрируют не только статистическую значимость, но и практическую применимость полученных результатов, что позволяет рекомендовать применение дыхательных тренировок с сопротивлением в составе комплексных программ тренировки и реабилитации.

Анализ полученных данных выявил устойчивую позитивную динамику в изменениях показателей физиологических, психофизиологических и спортивных адаптаций под воздействием дыхательных тренировок с сопротивлением. Дополнительные статистические тесты подтвердили стабильность полученных результатов, что позволило с высокой степенью достоверности выделить несколько ключевых трендов. Прогнозная модель, разработанная на основе регрессионного анализа, демонстрировала, что увеличение объема легких на 1 л коррелирует с ростом времени до отказа на 2,3 минуты, что свидетельствует о значительном влиянии адаптивных изменений дыхательной системы на аэробную выносливость. В то же время, обнаружено, что рост  $VO_{2Max}$  на 1 мл/кг/мин ассоциируется с увеличением средней мощности на 0,8 Вт, что подтверждает прямую зависимость между улучшением кардиореспираторной функции и спортивной производительностью. Многофакторный анализ выявил, что снижение уровня тревожности на 1 балл способствует увеличению времени до отказа на 0,7 минуты, что указывает на взаимосвязь между психофизиологической устойчивостью и физическими возможностями. Кроме того, кластерный анализ позволил разделить экс-

периментальную группу на три четко выраженных подгруппы, характеризующихся различной степенью адаптивного ответа, что подчеркивает необходимость индивидуального подхода в оптимизации тренировочных программ. Статистическая значимость различий между кластерами ( $p < 0,001$ ) подтверждает наличие межиндивидуальных вариаций, позволяющих рекомендовать дальнейшее исследование генетико-физиологических предрасположенностей участников. Итоговый анализ позволяет с уверенностью утверждать, что дыхательные тренировки с сопротивлением оказывают многогранное воздействие на ключевые параметры здоровья и спортивной выносливости, обеспечивая синергетический эффект, выражающийся в улучшении аэробных характеристик, снижении уровня тревожности и оптимизации восстановительных процессов. Таким образом, комплексное применение методов анализа позволило не только выявить значимые статистические взаимосвязи, но и сформировать целостную модель адаптационных изменений, способствующую дальнейшей разработке персонализированных программ реабилитации и спортивной подготовки. Интеграция физиологических, психофизиологических и спортивных показателей демонстрирует, что достигнутые эффекты обладают высокой репрезентативностью и могут быть использованы в междисциплинарных исследованиях для повышения эффективности тренировочного процесса.

### Выводы

Доказательная база исследования подчеркивает существенные позитивные изменения, обусловленные систематическим применением дыхательных тренировок с сопротивлением. В экспериментальной группе наблюдалось увеличение доступной емкости легких с  $3,5 \pm 0,4$  до  $4,1 \pm 0,3$  л, что соответствует приросту на 17,1 %;  $VO_{2Max}$  вырос с  $46,8 \pm 4,2$  до  $52,3 \pm 4,5$  мл/кг/мин, что отражает динамику повышения на 11,9 %; анаэробный порог увеличился с  $70,5 \pm 6,0$  до  $81,2 \pm 5,6$  %, то есть прирост составил 15,2 %. Параллельно, психофизиологические показатели демонстрировали выраженную положительную динамику: уровень тревожности снизился с  $16,1 \pm 2,7$  до  $12,5 \pm 2,3$  баллов (уменьшение на 22,3 %), качество сна улучшилось с  $5,8 \pm 1,1$  до  $6,9 \pm 0,9$  баллов, а концентрация внимания выросла с  $62,5 \pm 5,4$  до  $73,0 \pm 6,2$  баллов (увеличение на 16,8 %). Анализ спортивных показателей выявил, что время до отказа увеличилось с  $12,5 \pm 1,8$  до  $15,9 \pm 2,1$  минут, что соответствует приросту на 27,4 %, а средняя мощность возросла с  $310 \pm 25$  до  $355 \pm 28$  Вт, что со-



ставляет прирост на 14,6 %. Снижение уровня концентрации лактата на 20,6 % и уменьшение биомаркеров усталости (креатинкиназы) на 16,7 % дополнительно подтверждают оптимизацию метаболических процессов и улучшение восстановительных возможностей организма. Полученные эмпирические данные демонстрируют, что дыхательные тренировки с сопротивлением оказывают мультифакторное воздействие, интегрируя улучшение функциональной работы дыхательной системы с положительными изменениями в когнитивной и эмоциональной сферах, что в совокупности способствует увеличению спортивной эффективности.

Усиливающая взаимосвязь между физиологическими и психофизиологическими параметрами подтверждается коэффициентами корреляции, достигающими значений 0,72 для связи объема легких и VO2Max, 0,68 для зависимости между анаэ-

робным порогом и временем до отказа, а также – 0,65 для корреляции между уровнем тревожности и качеством сна. Регрессионный анализ выявил, что увеличение объема легких на 1 л связано с ростом времени до отказа на 2,3 минуты, а повышение VO2Max на 1 мл/кг/мин – с увеличением средней мощности на 0,8 Вт. Параллельно, снижение тревожности на 1 балл предвещало увеличение времени до отказа на 0,7 минуты, что подчеркивает синергетический эффект психофизиологических адаптаций на физическую выносливость. Данные многогранного анализа позволяют заключить, что интеграция дыхательных тренировок с сопротивлением в тренировочный процесс приводит к систематическому улучшению аэробных возможностей, оптимизации метаболических процессов и значительному снижению психоэмоционального стресса.

#### Список источников

1. Шишкина А.В., Дерябина М.А. Применение дыхательных упражнений в спортивной тренировке лыжников-гонщиков и биатлонистов // Вестник Уральского государственного технического университета УПИ. 2006. № 10. С. 210 – 216.
2. Чёмов В.В., Барабанкина Е.Ю., Солопов И.Н. Использование дополнительных эргогенических средств в тренировке легкоатлетов-метателей // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 2. № 1. С. 136.
3. Барабанкина Е.Ю., Шубин М.С., Чёмов В.В. Интеграция двигательных заданий и регламентированных режимов дыхания в тренировке квалифицированных легкоатлетов // Физическая культура, спорт наука и практика. 2015. № 3. С. 3 – 8.
4. Таможникова И.С. Тренировка дыхательных мышц как метод воздействия на общую и специальную выносливость высококвалифицированных пловцов // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2016. № 4 (18). С. 87 – 94.
5. Тарасова Л.В., Тарасов П.Ю., Гомбожапова Х.Ц.Д., Сапунов В.Н., Панков В.А. Сравнительная оценка дыхательной функции юных и квалифицированных стрелков из лука на этапе предсоревновательной подготовки // Вестник спортивной науки. 2019. № 3. С. 36 – 39.
6. Камчатников А.Г., Гриценко С.Л. Применение эргогенических средств в тренировке легкоатлетов бегунов // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2012. № 1 (3). С. 112 – 118.
7. Фудин Н.А., Классина С.Я. Сочетанные гиповентиляционные тренировки и их влияние на спортивную работоспособность // Вестник новых медицинских технологий. 2020. Т. 27. № 3. С. 30 – 33.
8. Ржанов А.А. Использование задержки дыхания в спортивной тренировке детей 10-12 лет как способ повышения их функциональной выносливости // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (Вестник КГПУ). 2020. № 4 (54). С. 162 – 168.
9. Миронова А.О., Еганов А.В. Эффективность применения гипоксической дыхательной тренировки у высококвалифицированных ачери-биатлонистов // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2020. № 6 (184). С. 250 – 254.
10. Мирошников А.Б., Калёнова И.Е., Шмырев В.И. Равномерная и высокоинтенсивная интервальная тренировка в кардиореабилитации спортсменов силовых видов спорта: рандомизированное контролируемое исследование // Медицинский вестник МВД. 2020. № 5 (108). С. 57 – 60.
11. Коваленко С., Гречуха С. Использование дополнительного сопротивления дыханию на выдохе для повышения специальной выносливости в тренировочном процессе гребцов высокой квалификации // Наука в олимпийском спорте. 2016. № 1. С. 40 – 45.

12. Попов О.И., Попов Л.А. Влияние гипоксически-гиперкапнической тренировки на результат в средних и спринтерских дисциплинах у квалифицированных пловцов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2022. № 4 (206). С. 333 – 339.

13. Чёмов В.В., Камчатников А.Г., Горбанёва Е.П., Солопов А.И., Воскресенский С.А., Власов А.А. Оценка эффективности использования гиповентиляционных режимов дыхания в тренировке легкоатлетов бегунов в подготовительном периоде // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2010. № 7 (65). С. 78 – 82.

14. Чёмов В.В., Солопов И.Н., Барабанкина Е.Ю. Использование увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию в тренировке легкоатлетов метателей // Культура физическая и здоровье. 2010. № 4. С. 21 – 24.

15. Солопов И.Н., Дышко Б.А., Авдиенко В.Б. Расширение функциональных возможностей пловцов посредством использования дыхательного тренажера комплексного воздействия "Русский snorkel новое дыхание" // Теория и практика физической культуры. 2021. № 3. С. 88 – 90.

### References

1. Shishkina A.V., Deryabina M.A. Use of breathing exercises in sports training of cross-country skiers and biathletes. Bulletin of the Ural State Technical University UPI. 2006. No. 10. P. 210 – 216.

2. Chemov V.V., Barabankina E.Yu., Solopov I.N. Use of additional ergogenic aids in training of track and field throwers. Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2011. Vol. 2. No. 1. P. 136.

3. Barabankina E.Yu., Shubin M.S., Chemov V.V. Integration of motor tasks and regulated breathing patterns in training of qualified track and field athletes. Physical Education, Sport Science and Practice. 2015. No. 3. P. 3 – 8.

4. Tamozhnikova I. S. Respiratory muscle training as a method of influencing the general and special endurance of highly qualified swimmers. Physical education and sports training. 2016. No. 4 (18). P. 87 – 94.

5. Tarasova L.V., Tarasov P.Yu., Gombozhapova H.Ts D., Sapunov V.N., Pankov V.A. Comparative assessment of the respiratory function of young and qualified archers at the stage of pre-competition preparation. Bulletin of sports science. 2019. No. 3. P. 36 – 39.

6. Kamchatnikov A.G., Gritsenko S.L. Use of ergogenic aids in the training of track and field athletes. Physical education and sports training. 2012. No. 1 (3). P. 112 – 118.

7. Fudin N.A., Klassina S.Ya. Combined hypoventilation training and its impact on athletic performance. Bulletin of new medical technologies. 2020. Vol. 27. No. 3. P. 30–33.

8. Rzhanov A.A. Using breath holding in sports training for children aged 10-12 as a way to improve their functional endurance. Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev (Bulletin of KSPU). 2020. No. 4 (54). P. 162 – 168.

9. Mironova A.O., Eganov A.V. Efficiency of hypoxic breathing training in highly qualified athletes-biathletes. Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University. 2020. No. 6 (184). P. 250 – 254.

10. Miroshnikov A.B., Kalenova I.E., Shmyrev V.I. Uniform and high-intensity interval training in cardiac rehabilitation of athletes of strength sports: a randomized controlled trial. Medical Bulletin of the Ministry of Internal Affairs. 2020. No. 5 (108). P. 57 – 60.

11. Kovalenko S., Grechukha S. Using additional breathing resistance on exhalation to increase special endurance in the training process of highly qualified rowers. Science in Olympic sports. 2016. No. 1. P. 40 – 45.

12. Popov O.I., Popov L.A. The Effect of Hypoxic-Hypercapnic Training on the Results in Middle and Sprint Disciplines in Qualified Swimmers. Scientific Notes of P.F. Lesgaft University. 2022. No. 4 (206). P. 333 – 339.

13. Chemov V.V., Kamchatnikov A.G., Gorbaneva E.P., Solopov A.I., Voskresensky S.A., Vlasov A.A. Evaluation of the Efficiency of Using Hypoventilation Breathing Modes in Training Track and Field Athletes in the Preparatory Period. Scientific Notes of P.F. Lesgaft University. 2010. No. 7 (65). P. 78 – 82.

14. Chemov V.V., Solopov I.N., Barabankina E.Yu. Using Increased Aerodynamic Resistance to Breathing in the Training of Track and Field Throwers. Physical Culture and Health. 2010. No. 4. P. 21 – 24.

15. Solopov I.N., Dyshko B.A., Avdienko V.B. Expanding the Functional Capabilities of Swimmers Through the Use of the Complex-Impact Breathing Simulator "Russian Snorkel New Breath". Theory and Practice of Physical Culture. 2021. No. 3. P. 88 – 90.

**Информация об авторе**

**Егоров Ф.М.**, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», [Phil@oumua.me](mailto:Phil@oumua.me)

© Егоров Ф.М., 2025