

Разуванов В.М.

Белорусский государственный университет физической культуры
Республика Беларусь, Минск

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ

Razuvanov V.

Belarusian State University of Physical Culture
Republic of Belarus, Minsk

TECHNICAL AND FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF MODERN RESPIRATORY DEVICES FOR TRAINING THE RESPIRATORY SYSTEM OF ATHLETES

ABSTRACT. This article provides an overview of the most popular respiratory training systems, describes the general principles and physiological mechanisms of their impact on the body. The types of technical execution of popular breathing simulators are described, the advantages and disadvantages of various constructive and design solutions are revealed, the general and specific functionality of the respiratory training systems are analyzed. The analysis of the results of published scientific studies on the assessment of the effectiveness of the use of respiratory training systems for sports training is given. The basic requirements for the functional characteristics of a modern simulator for training the respiratory system of athletes are formulated, which can be implemented technically and technologically.

KEYWORDS: breathing trainers; sports training; respiratory system; hypoxia, hypercapnia.

АННОТАЦИЯ. В настоящей статье приводится обзорная характеристика наиболее популярных дыхательных тренажерных систем, раскрываются общие принципы и физиологические механизмы их воздействия на организм. Описываются типы технического исполнения популярных дыхательных тренажеров, раскрываются преимущества и недостатки различных конструктивных и дизайнерских решений, анализируются общие и специфичные функциональные возможности дыхательных тренажерных систем. Приводится анализ результатов опубликованных научных исследований по оценке эффективности использования дыхательных тренажерных систем в целях спортивной тренировки. Сформулированы основные требования к функциональным характеристикам современного тренажера для тренировки дыхательной системы спортсменов, которые могут быть реализованы технически и технологически.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дыхательные тренажеры; спортивная тренировка; респираторная система; гипоксия, гиперкапния.

Специализированные устройства для тренировки дыхания сегодня являются неотъемлемыми элементами системы технического обеспечения спортивной тренировки, в особенности в видах спорта, результат в которых в значительной степени свя-

зан с проявлением выносливости. На рынке представлено множество дыхательных тренажеров, они весьма популярны и доступны не только для профессиональных спортсменов, но и для рядовых потребителей – любителей спорта и фитнесса. В связи с этим представляется актуальным проведение обзора существующих на рынке тренажерных устройств для респираторной системы, их конструкционных решений, функциональных возможностей, механизмов воздействия, преимуществ и недостатков отдельных технических, технологических и дизайнерских решений и формирование на этой основе общих требований к проектированию современных устройств для тренировки системы дыхания спортсменов.

В качестве основы для анализа был принят рейтинг наиболее популярных в мире тренажеров дыхательной системы, разработанный компанией «Advancedliving» в 2020 году, представленный на портале <https://www.advancedliving.com/breathing-trainers>, кроме того в список был включен тренажер для тренировки дыхательных мышц «Новое дыхание», производимый российской компанией «Спорт Технолоджи» (<https://sporttec.ru>).

Таким образом, объектами анализа являлись следующие тренажеры дыхательной системы:

1. Expand-A-Lung.
2. POWERbreathe.
3. Ultrabreathe.
4. TrainingMask VENT Filtration Breathing Trainer.
5. The Breather.
6. Airofit.
7. AirPhysio.
8. Bas Rutten O2 Trainer.
9. PowerLung Trainer PLT-K100.
10. Aduro Sport Adurance Breathing Exercise Device.
11. BreatheEasy.
12. Новое дыхание.

Первое место в рейтинге тренажера Expand-A-Lung обусловлено его простотой и доступностью. Тренажер состоит из силиконового мундштука для фиксации во рту и клапана, позволяющего осуществлять регулировку нагрузки (проходимости воздуха на вдохе и выдохе) и предлагается по цене около 30 \$. Expand-A-Lung позиционируется себя как эффективная, проверенная и простая в использовании система тренировки дыхания, которая обеспечивает как оперативный эффект (раскрытие дыхательных путей), так и долгосрочные преимущества (повышение силы дыхательной мускулатуры, ЖЕЛ). Тренажер является компактным и позволяет использовать его в процессе выполнения любых тренировочных нагрузок.

POWERbreathe – серия тренажеров, используемых для тренировки дыхательной мускулатуры, повышения выносливости и работоспособности. Тренировочный эффект достигается благодаря созданию сопротивления при вдохе, таким образом POWERbreathe делает акцент на тренировке так называемых «инспираторных» мышц, ответственных за вдох, позиционируя тренажер как «гантели для диафрагмы», при этом «экспираторные» мышцы, ответственные за выдох, не рассматриваются компанией в качестве приоритетных. POWERbreathe имеет три уровня нагрузки,

однако регулирование сопротивления невозможно в процессе выполнения упражнения, в отличие, например, от более простого Expand-A-Lung. Также следует отметить, что тренажер в силу особенностей крепления и не вполне компактных размеров, не предполагает его сочетанного использования в процессе выполнения основных тренировочных нагрузок (например, в процессе игры, бега и т.д.) и требует специальных условий использования в качестве отдельного тренировочного упражнения. К достоинствам тренажера относится его технологичность. Так, представлен ряд цифровых моделей, которые, однако, не столь доступны как базовые механические модели (цена механической модели – 45 \$, цифровой – до 700 \$).

Ultrabreathe аналогичен перечисленным выше устройствам, основными элементами которого является антибактериальный мундштук из медицинского ПВХ и клапан, позволяющий регулировать нагрузку. Компания-производитель Ultrabreathe утверждает, что является самым продаваемым тренажером для дыхания в мире, чему, безусловно способствует его доступная цена – 25 \$ и компактность, позволяющая использовать тренажер в процессе выполнения разнообразных упражнений.

Тренажер VENT Filtration Breathing Trainer, в отличие от описанных выше моделей, выполнен как полноценная маска-респиратор, которая охватывает не только ротовую, но и носовую полость, являющуюся основной в дыхательном процессе. VENT Filtration Breathing Trainer имеет три режима работы, включая режим угольного фильтра без сопротивления, позволяющего занимающимся дышать очищенным воздухом, что делает безопасными тренировки в местах с не вполне благоприятными экологическими условиями, также есть режим тренировки дыхания (нагрузки) без фильтров, а также нагрузочный режим с фильтрами. Стоимость тренажера – около 60 \$, включая набор заменяемых угольных фильтров.

Breather – это популярное устройство, портативный тренажер для тренировки мышц, отвечающих за вдох и выдох, имеющий несколько уровней нагрузки и разработанный, по утверждению компании-производителя, в основном, для респираторной терапии и позиционируемый как «идеальное устройство для лечения дыхательных путей». Размер и конструктивные особенности тренажера не позволяют его использовать в процессе выполнения основных нагрузок. Стоимость устройства – около 40\$.

Airofit – один из наиболее высокотехнологичных тренажеров респираторной системы, позволяющий его интегрировать с носимыми мобильными устройствами посредством фирменного приложения на платформах Android и IOS, имеет несколько регулируемых уровней нагрузки и реализуется по цене около 275 \$. Устройство, в основном, позиционируется для спорта высших достижений, и по утверждению производителя, позволяет повысить аэробную производительность до 8 % в течение 8 недель систематических занятий.

O2 Trainer – компактный дыхательный тренажер преимущественно для инспираторных мышц, при этом O2 Trainer не предназначен для использования во время выполнения основных упражнений и требует специальной тренировки в статических условиях.

Тренажеры PowerLung Trainer PLT-K100, Aduro Sport Adurance Breathing Exercise Device, BreatheEasy имеют схожий дизайн и функционал (ротовой мундштук, клапаны с регулировкой нагрузки, компактный размер) и реализуются по примерно одинаковой цене – 25–30 \$.

Тренажер «Новое дыхание», позиционируемый как аппарат комплексного воздействия на дыхательную систему спортсмена, может быть использован при выполнении тренировочных и соревновательных упражнений во множестве видов спорта, включая легкую атлетику, велосипедный спорт, лыжных гонок, и даже в модифицированном виде – в плавании (в сочетании с дыхательной трубкой). Воздействие тренажера на функциональные системы спортсмена обусловлено регулируемым механическим сопротивлением потоку выдыхаемого воздуха, низкочастотной вибрации потока выдыхаемого воздуха, интенсивностью выполнения физических упражнений, а также созданием регулируемого «дополнительного мертвого пространства» [1].

Технически воздействие дыхательных тренажеров осуществляется при помощи ограничения (регулирования) проходимости воздушного потока изменением диаметра воздуховодных отверстий, а также задания минимального усилия на впускном (выпускном) клапане, которое необходимо преодолеть для поступления порции воздуха, кроме того, в практике применяются воздействия вибрационного характера.

В настоящей работе не представлены тренажеры и физиологические механизмы воздействия на организм спортсмена, связанные с варьированием газового состава выдыхаемого воздуха, поскольку в настоящий момент это сложно технически реализовать при сохранении параметров спортивной эргономики – подобные тренажеры обычно более громоздкие, что делает невозможным их использование при выполнении основных тренировочных и соревновательных нагрузок («Космик хелф» и др.), хотя теоретически в спортивной практике возможно использование простых устройств на основе механизма «возвратного дыхания».

Проанализируем основные физиологические механизмы, обуславливающие тренировочное воздействие дыхательных тренажеров.

Одним из наиболее очевидных свойств дыхательных тренажеров, обусловленных созданием нагрузки на дыхательную систему (сопротивление свободному движению воздуха), является адаптация организма к условиям гипоксии и гиперкапнии, возникающей неизбежно, в особенности при высоких показателях нагрузки, и которая является одним из ведущих факторов достижения успеха в большинстве видов спорта, связанных с проявлением выносливости. Технически это достигается в том числе за счет эффекта увеличения «мертвого дыхательного пространства», способствующего повышению концентрации углекислого газа за счет снижения кислорода в альвеолярном воздухе. Эффект описан в работе В.С. Фарфеля, который установил, что увеличение «мертвого пространства» приводит к усилиению гипоксических сдвигов в организме в условиях тренировочных нагрузок, что значительно повышает их эффективность и способствует быстрому и более выраженному росту работоспособности [2].

При этом следует отметить, что дыхательные тренажеры позволяют создавать высокий уровень гипоксии и гиперкапнии при нагрузках, значительно ниже максимальных, что позволяет направленно развивать устойчивость к гипоксии при щадящих нагрузках на опорно-мышечный аппарат и другие функциональные системы.

Кроме дыхательных тренажеров, для адаптации к гипоксии широкое применение получило использование гипоксически-гиперкапнических смесей, проживание в условиях с разным парциальным давлением кислорода, имитирующих среднегорье, а также собственно тренировка в условиях среднегорья и высокогорья. Однако описанные технологии повышения устойчивости организма спортсменов к гипоксии при их доказанной эффективности, со всей очевидностью являются более затратны-

ми по сравнению с дыхательными тренажерами, кроме того, ограничены возможности их применения при работе с высококвалифицированными спортсменами непосредственно на учебно-тренировочных сборах и соревнованиях, поскольку требуют приобретения дорогостоящей аппаратуры, дыхательных смесей, строительства помещений по специальной технологии. Многие из существующих средств и методов не позволяют их использовать непосредственно во время выполнения тренировочной нагрузки. Последнее особенно актуально в отношении спортсменов высшей квалификации, где методы сопряженного воздействия являются основными ввиду невозможности повышения тренированности экстенсивными методами. Таким образом, необходимы технологии, позволяющие осуществлять адаптацию к высокоинтенсивной мышечной работе в условиях гипоксии и гиперкапнии во время основного тренировочного занятия, не нарушая его структуру, не оказывая существенного воздействия на специализированные компоненты двигательных действий. Дополнительное физиологическое воздействие на организм дыхательных тренажеров осуществляется посредством бронходилатации во время выполнения субмаксимальных и максимальных нагрузок, активизации механизмов мукоцилиарного клиренса, обеспечивающего удаление вредоносных биологически активных агентов (бактерий, вирусов, токсинов и др), посредством развития силы и выносливости дыхательной мускулатуры.

Эффект от развития дыхательной мускулатуры обусловлен тем, что глубина дыхания практически напрямую связана с силой дыхательных мышц. Так, при глубине дыхания в 30 – 40 % от ЖЕЛ задействованы диафрагма и внутренние и наружные межреберные мышцы, при глубине дыхания 40–65 % ЖЕЛ включаются большие грудные, грудино-ключично-сосцевидные, лестничные и зубчатые мышцы, а при глубине дыхания выше 65 % ЖЕЛ включаются практически все мышцы пояса верхних конечностей и брюшного пресса [3].

Таким образом, в качестве положительных воздействий дыхательных тренажеров на организм спортсменов отмечают повышение силы и мощности дыхательных мышц, урежение частоты дыхания, увеличение его глубины и длительности задержки дыхания на вдохе и выдохе, рост способности работать с максимальной интенсивностью в условиях гипоксии, повышение мощности и емкости окислительной и гликолитической энергообеспечивающих систем, сокращение времени врабатывания кардиореспираторной системы, ускорение восстановления респираторной и сердечно-сосудистой систем.

Рассмотренные модели дыхательных тренажеров имеют специфические преимущества и недостатки, при этом большинство недостатков, на наш взгляд, могут быть устранены при помощи расширения функциональных возможностей устройств. При этом расширение функционала, дополнение устройств новыми возможностями вполне могут быть реализованы и не являются компромиссными и взаимоисключающими. Иными словами, одновременная реализация многих функциональных возможностей не только реальна, но и достаточно проста технически, оправдана экономически и не создает трудностей, связанных с эргономикой.

Сформулируем основные требования к функциональным характеристикам современного дыхательного тренажера, которые могут быть реализованы технически и технологически.

1. Компактность и эргономичность, в том числе оснащенность устройства фиксирующими элементами, позволяющими использовать тренажер во время выполнения

основных тренировочных нагрузок (ходьба, бег, гребля, игры и др.), а не только в специальных условиях. Использование тренажеров в спортивной практике, не обладающих подобными эргономическими свойствами, представляется не вполне рациональным, поскольку технически данная задача решается без существенных сложностей и затрат. Нет смысла использовать «клинические» дыхательные тренажеры в целях спортивной тренировки, поскольку их функционал принципиально не отличим от более компактных и эргономичных «спортивных» моделей.

2. Возможность регулировки сопротивления воздуха как на вдохе, так и на выдохе (инспираторной и экспираторной фазе). Многие из представленных моделей дыхательных тренажеров имеют регулировки либо только на вдох, либо только на выдох, при том, что оснащение системы двумя регулируемыми клапанами вместо одного не будет сопряжено ни с потерей компактности, ни с технической сложностью. Двунаправленность регулировки целесообразна, поскольку позволяет локально воздействовать на отстающий компонент респираторной системы, либо достигать иных тренировочных целей, например, осуществлять переменное воздействие на инспираторную и экспираторную часть дыхательной системы.

3. Плавная либо многоступенчатая широкодиапазонная регулировка вместо 1–2, или 3-ступенчатой при сохранении стандартных квантифицируемых величин нагрузок, выполнение которой также не сопряжено с техническими сложностями и экономически практически не затратно. Диапазон регулировок должен быть достаточно широким, чтобы в положении «минимальная нагрузка» параметры газодинамики не существенно отличались от свободного дыхания, а в положении «полная нагрузка» позволяли выполнять достаточно нагруженные дыхательные упражнения в состоянии покоя.

4. Возможность оперативной регулировки нагрузки во время выполнения упражнения (например, во время бега, педалирования и т.д.), что технически не сложно и конструктивно может быть исполнено при помощи врачающегося штуцера, крана, либо создания сопротивления (фрикционного, магнитного и т.п.) на врачающуюся часть вентилятора, выполняющего функцию элемента сопротивления, или мембрану.

5. Исполнение тренажера в виде маски (респиратора), охватывающего не только ротовую, но и носовую часть лица, исключение могут составлять лишь тренажеры для плавания, где фаза вдоха осуществляется через ротовую полость. На наш взгляд, это целесообразно ввиду значительной роли носового дыхания, его «естественнейшей физиологичности», ограничение которого может негативно сказаться как на здоровье спортсменов, так и физической производительности. При этом «маска» достаточно проста в изготовлении и эргономична, и, в отличие от ротовых «мундштуков» не требует напряжения мышц рта для ее фиксации.

6. Возможность исполнение тренажера в «смарт-модификации», при интеграции посредством мобильного приложения с носимыми мобильными устройствами (смартфонами, смарт-часами, трекерами и подобными устройствами), что позволит использовать тренажер не только в целях создания тренировочных нагрузок, но и создаст возможности для выполнения контрольно-диагностических функций, в том числе оперативно. Например, оснащение устройств электронными анемометрами позволит получить оперативную информацию о количественных параметрах общей газодинамики (объем вдоха, выдоха, скорость, мощность вдоха, выдоха и др.), в том

числе диагностировать степень утомления спортсмена, оперативно оптимизировать уровень нагрузки. Наличие соответствующего мобильного приложения позволит производить мониторинг показателей физической работоспособности, интегрируя в единую систему данных общей газодинамики, показатели ЧСС, информацию от датчиков GPS, ускорений, косвенно, но информативно свидетельствующих об уровне физической нагрузки (например, скорость движения велосипедиста, бегуна, ускорения, движение на спуск, подъем и т.д.).

На наш взгляд, разработанные рекомендации помогут специалистам в области спортивной инженерии проектировать тренажеры для респираторной системы спортсменов, в наибольшей степени отвечающие требованиям реальной спортивной практики.

1 Дышко, Б. А. Инновационные подходы к совершенствованию физической работоспособности спортсменов на основе применения тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему / Б. А. Дышко, А. И. Головачев // Вестник спортивной науки. 2011. №1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-podhody-k-sovershenstvovaniyu-fizicheskoy-rabotosposobnosti-sportsmenov-na-osnove-primeneniya-trenazherov>. – Дата доступа: 15.09.2020.

2 Фарфель, В. С. О дыхании в среднегорье и путях его моделирования в низине / В. С. Фарфель // Акклиматизация и тренировка спортсменов в горных условиях. – Алма-Ата, 1965. – С. 91–93.

УДК 796.093.622:796.015-053.67

Романов И.В.

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет
Республика Беларусь, Витебск

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДОСТИЖЕНИЯМИ В КОНТРОЛЬНЫХ ТЕСТИРОВАНИЯХ И РЕЗУЛЬТАТОМ В ДЕСЯТИБОРЬЕ У МНОГОБОРЦЕВ 15–16 ЛЕТ

Romanov I.

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University
Republic of Belarus, Vitebsk

CORRELATION RELATIONSHIP BETWEEN ACHIEVEMENTS IN MONITORING TESTS AND RESULT IN DECATHLON IN MULTIATHLETES 1516 YEARS

ABSTRACT. Increasing the level of physical fitness is one of the main conditions for the progress of decathlon skills. For multi-athletes, acquiring knowledge, skills and abilities in ten complex types is a certain difficulty, especially at the initial stages of training athletes. In the article, we will reveal a correlation between the achievements in control tests and the result in the decathlon in all-around athletes aged 15–16 years. Based on the results of