

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

**ТРЕНИРОВКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ  
ДОЗИРОВАННЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ  
ВДОХУ И ВЫДОХУ**

*Пособие для врачей*

Тула – 2009

Утверждено на заседании  
Ученого совета  
медицинского института  
Тульского государственного  
университета

\_\_\_\_\_ 2009 г.

**ТРЕНИРОВКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ  
ДОЗИРОВАННЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ  
ВДОХУ И ВЫДОХУ**

*Пособие для врачей*

## Аннотация

В пособии изложен способ тренировки дыхательной мускулатуры пиковым сопротивлением вдоху и выдоху при помощи механического тренажера.

Пособие предназначено для врачей реабилитологов, пульмонологов, спортивных врачей.

*Организация-разработчик:*

Тульский государственный университет, медицинский институт

*Авторы метода:*

Заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, д.м.н., профессор Хадарцев А.А.; Заслуженный деятель науки РФ, член-корр. РАМН, профессор Фудин Н.А.; д.м.н. Борисова О.Н.; к.м.н. Федоров С.Ю.; к.т.н. Никаноров Б.А.; к.м.н. Щербаков Д.В., Хадарцев В.А.

## ВВЕДЕНИЕ

**Физиологическое обоснование способа тренировки дыхательной мускулатуры.** Все известные и ранее применяемые способы *тренировки дыхательной мускулатуры* (ТДМ) основывались на принципе дросселирования потока, т.е. тренирующее усилие создавалось за счет затрудненного прохождения воздуха через систему отверстий. Это приводило к ухудшению вентиляции легких и недостаточному снабжению организма кислородом при повышенной мышечной нагрузке и, как следствие, к перенасыщению организма углекислотой.

На основе анализа процессов механики дыхания и существующих конструкций тренажеров определено направление повышения эффективности аппаратного воздействия на дыхательную мускулатуру, прежде всего главную мышцу – диафрагму человека и разработан новый способ ее тренировки, укрепления и развития, способствующий улучшению кровообращения и механических свойств легких, повышению физической выносливости, общему оздоровлению и укреплению защитных функций организма.

Отличительная особенность разработанного способа ТДМ заключается в том, что процесс нагружения мышц и процесс вентиляции легких разделены во времени и происходят на каждой фазе вдоха и выдоха. При этом на первом этапе вдоха или выдоха осуществляется непосредственно нагружение, т.е. перекрывается входной канал дыхательной системы, происходит сокращение дыхательной мускулатуры и образование отрицательного внутриплеврального давления заданного уровня. На втором этапе, который начинается в момент открытия входного канала дыхательной системы по достижении заданного уровня внутриплеврального давления, осуществляется обогащение организма человека кислородом воздуха в количестве, необходимом для интенсивной физической нагрузки.

Особенность протекания биомеханических процессов на первом этапе при изоляции внутренних каналов и полостей дыхательной системы от окружающей среды заключается в том, что в созданных условиях энергия дыхательной мускулатуры, расходуемая на совершение механической работы, связанной с увеличением дыхательного объема, трансформируется в потенциальную энергию, характеризующуюся перепадом внутриплеврального и барометрического давлений воздуха. При этом в изолированной дыхательной системе создается разрежение при вдохе и сжатие на выдохе, а возникающий перепад давлений уравновешивается развиваемым усилием дыхательной мускулатуры. В результате дыхательная мускулатура находится под дополнительной ста-

тической нагрузкой, не свойственной дыханию как в условиях, близких к состоянию покоя, так и в условиях активной физической деятельности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1. Исследование зависимости показателей внутриплеврального давления от степени тяжести нарушения ФВД

Как показывают результаты исследований, перепад внутриплеврального и барометрического давлений при пиковом сопротивлении дыхания может достигать  $1,5 \cdot 10^4$  Па, что в 4 раза превосходит величины, свойственные для известных способов тренировки дыхательной мускулатуры.

Создание дополнительной нагрузки на дыхательную мускулатуру стимулирует ее деятельность, чему способствуют:

- увеличение исходной длины мышечных волокон и развитие большого усилия, т.е. дозированной гиперфункция;
- увеличение активности нейронов вдоха двигательного центра, что приводит к активизации не только основной мышцы вдоха – диафрагмы, но и межреберных мышц;
- сильное раздражение механорецепторов под действием перепада давлений в гортани, что резко усиливает деятельность дыхательной мускулатуры.

Исследование величины максимального статического перепада внутриплеврального и барометрического давлений у 187 больных бронхиальной астмой (табл. 1) показало относительную стабильность данного параметра независимо от тяжести нарушений функции внешнего дыхания.

**Таблица 1. Максимальное статическое внутриплевральное давление при вдохе у больных бронхиальной астмой**

Степень нарушения функции внешнего дыхания	$P_{пл \max}$	
	в % к уровню $0,875 \cdot 10^5$ Па*	в Па $\cdot 10^5$
Тяжелая	102,5±4,1	0,897±0,036
Средняя	101,8±3,8	0,891±0,033
Легкая	101,5±3,7	0,888±0,032

*Примечание:* \* – данный уровень принят за среднюю должную величину

Известно что функциональный резервный объем в фазе выдоха мало зависит от легочной вентиляции и в среднем составляет 20 % от тидального объема ( $w_m = 0,2 w_T$ ), что является начальным условием для процесса имитационного вдоха-выдоха. Изменение изолированного объема при сокращении дыхательной мускулатуры в зависимости от уровня внутриплеврального давления определяется формулой

$$\Delta w = w_m \left( \left( \frac{P_B}{P_{пл}} \right)^{\frac{1}{K}} - 1 \right), \quad (1)$$

согласно которой для величины  $P_{пл} = 0,875 \cdot 10^5$  Па и барометрического давления  $P_B = 1,0 \cdot 10^5$  Па имеет  $\Delta w = 0,1 w_m$  или  $\Delta w = 0,02 w_T$ .

Таким образом, создавая соответствующий перепад внутриплеврального давления к атмосферному и запасая тем самым потенциальную энергию, имеется возможность обеспечить интенсивное движение воздуха на каждой фазе вдоха и выдоха не уменьшая его количества (как в тренажерах дроссельного типа), а увеличивая. Покажем это, анализируя второй этап.

Открытие входного канала дыхательной системы и сообщение его с легкими при достижении заданного уровня внутриплеврального давления вызывает образование потока воздуха по направлению к альвеолам при вдохе и в атмосферу при выдохе, при этом расход воздуха в дыхательной системе в начальный момент времени не зависит от скорости изменения объема и определяется перепадом внутриплеврального и барометрического давлений. Оценивая величину этого расхода при условии, что критическое сечение в системе тренажер – трахеобронхиальный тракт образуется на входе в трахеобронхиальный тракт, определим эффективную площадь этого сечения

$$S_{эф} = \frac{G^* \sqrt{T_0}}{m p^* q \left( \frac{p^*}{P_B} \right)}, \quad (2)$$

где  $G^*$ ,  $p^*$  – массовый расход и внутриплевральное давление, соответствующие дыханию в состоянии покоя;  $m$ ,  $q$  (...) – соответственно константа и газодинамическая функция.

Учитывая, что оцениваемый расход воздуха определяется по зависимости, аналогичной (2), для отношения соответствующих объемных расходов имеем

$$\frac{Q}{Q^*} = \frac{p}{p^*} \cdot \frac{q(p/p_B)}{q(p^*/p_B)} \quad (3)$$

В сравнении с дыханием в состоянии покоя ( $p^* = 0,997 \cdot 10^5$  Па) при внутриплевральном давлении  $P_{пл} = 0,875 \cdot 10^5$  Па по зависимости (3) получим  $Q = 4,6 Q^*$ .

Увеличение расхода воздуха на каждой фазе вдоха и выдоха показывает, что тренажер нового типа не только обеспечивает потребности организма в кислороде при повышенной механической нагрузке, но и вентилирует легкие.

## 2. Тренажер дыхательной мускулатуры

Тренажер обеспечивает создание нагрузки на дыхательную мускулатуру и открытие доступа воздуха в легкие на каждой фазе вдоха и выдоха. Уровень нагрузки плавно регулируется отдельно для вдоха и выдоха и оценивается по величине внутриплеврального давления. Адаптация к циклу дыхания пользователя и соответствующая смена уровней нагружения в тренажере осуществляются автоматически.

### 2.1. Технические характеристики тренажера

Диапазон изменения экстремальной величины внутриплеврального давления:

- при вдохе от  $-2$  до  $-15$  КПа,
- при выдохе от  $+2$  до  $+15$  КПа.

Габариты:

- максимальный диаметр – 50 мм,
- высота – 88 мм.

Масса – 37 г.

## 3. Профилактический эффект от применения

С целью определения и оценки лечебно-профилактического эффекта тренажера проведены специальные исследования по программе, предусматривающей наблюдение и периодическое обследование у 69 человек. В контрольной группе, состоящей из 12 больных хроническим бронхитом и 19 больных бронхиальной астмой, применялась комплексная терапия, включающая медикаментозное лечение и физиотерапию. Основная группа из 12 больных хроническим бронхитом и 26

больных бронхиальной астмой, помимо базовой терапии, подвергалась специальным процедурам, основанным на дыхании пациента через тренажер вдоха и выдоха.

Проводимое периодическое обследование больных основной и контрольной групп включало:

1. Определение показателей механики дыхания (с помощью микропроцессорного анализатора функций внешнего дыхания «Пулма» (Болгария):

- жизненной емкости легких (ЖЕЛ);
- объема форсированного выдоха в 1 с (ОФВ<sub>1с</sub>);
- максимальной скорости воздухопотока на уровне 50 %-го выдоха ( $V_{50}$ ).

2. Оценку сократительной способности миокарда правого желудочка сердца (с помощью ультразвукового сканера «SAL-50» фирмы «Тошиба» (Япония):

- диастолы правого желудочка сердца в мм (ДПЖ<sub>мм</sub>);
- давления в легочной артерии в мм рт.ст. ( $P_{ЛА}$  мм рт.ст.).

3. Определение итогового показателя функции дыхания – насыщение крови  $O_2$  и  $CO_2$  (с помощью анализатора газов крови «Раделкис» (Венгрия), а именно:

- концентрация водородных ионов в крови (рН);
- концентрация углекислоты в крови (р $CO_2$ );
- концентрация кислорода в крови (р $O_2$ ).

Результаты исследований в виде статистически определенных величин перечисленных выше показателей для основной группы пациентов (использование тренажера) и контрольной группы пациентов (использование тренажеров дроссельного типа) приведены в табл. 2.

Таким образом, в результате клинических исследований установлено, что периодическое использование тренажера обеспечивает укрепление защитных функций, повышение физической выносливости и общее оздоровление организма. Этому способствуют:

- развитие и укрепление дыхательной и сердечной мускулатуры;
- увеличение жизненного объема легких;
- усиление вентиляции легких и повышение концентрации кислорода в крови;
- стимуляция дыхательной системы к очищению трахеи, бронхов и легких от мокроты, пыли и т.п.
- снижение давления в легочной артерии.



**Таблица 2. Результаты сравнительной оценки лечебно-профилактического эффекта тренажера**

Показатели	Среднестатистические отклонения показателей после 12-ти дневного применения тренажера (в % к исходным значениям)	
	Тренажер Опытный	Тренажер дроссельного типа
Жизненная емкость легких	+20,0	+17,7
Объем форсированного выдоха в 1 с	+18,8	+15,1
Скорость воздухопотока на уровне 50 %-го выдоха	+35,1	+21,4
Диастола правого желудочка сердца	+42,2	+34,7
Систола правого желудочка сердца	+24,2	+32,8
Давление в легочной артерии	-30,8	+6,4
Концентрация водородных ионов в венозной крови	+2,7	-1,3
Концентрация кислорода в венозной крови	+39,4	+0,3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение тренажера и способа тренировки на нем не требует специальных условий и рассчитано на пользователей всех возрастных групп.

Факт стимуляции организма к очищению дыхательных путей и легких свидетельствует о целесообразности применения тренажера для профилактики профессиональных заболеваний дыхательной системы, возникающих при работе в загрязненной атмосфере (угольная, металлургическая, нефтяная, химическая промышленности).

В лечебных целях применение тренажера эффективно при лечении бронхиальной астмы, хронического бронхита, пневмонии, туберкулеза легких. Методом бронхоскопии установлено, что после периодического дыхания через тренажер помимо очищения происходит расправление деформированных непроходимых бронхов.

Как средство для развития и укрепления дыхательной системы, повышения выносливости организма тренажер может быть использован как у здоровых лиц в профилактических целях, так и при заболеваниях внутренних органов во время реабилитации.

### **Патентнозащищенность**

Реализованный тренажером способ дыхательной гимнастики защищен патентом РФ № 1711820, а конструктивная схема тренажера – патентом РФ № 1673050.

### **Показания к применению:**

- у здоровых лиц, как средство физической культуры;
- как профилактическое средство при работе в неблагоприятных профессиональных условиях;
- у спортсменов разного уровня подготовленности, в т.ч. спорте высших достижений;
- заболевания органов дыхания с вентиляционной дыхательной недостаточностью I–III ст.;
- бронхиальная астма;
- хронический бронхит, пылевой бронхит;
- синдром ожирения – гиповентиляция;
- синдром хронической усталости;
- гипервентиляционный синдром.

### **Противопоказания:**

- общие (туберкулез, онкологические заболевания, декомпенсация кровообращения);
- беременность, осложненная гестозами;
- пороки сердца врожденные и приобретенные;
- недостаточность кровообращения (сердечная недостаточность);
- гипертоническая болезнь II, III ст., кризы;
- ишемическая болезнь сердца острая и хроническая;
- первичная легочная гипертензия;
- кровохарканье;
- пуллезная эмфизема легких;
- острые нагноительные заболевания легких.

## Методика проведения тренировки дыхательной мускулатуры

### При заболевании органов дыхания

После изучения пациентов силовых возможностей собственной дыхательной мускулатуры (установки минимального среднего, а затем и максимального уровня сопротивления) на избранном доступном уровне осуществляется в течение 1-ой мин. дыхание с сопротивлением на вдохе, а затем 1 мин. с сопротивлением на выдохе, затем 1 мин. с сопротивлением на вдохе и выдохе. В течение дня таких серий можно проводить от 3 до 4.

### При тренировке в оздоровительных целях

Время тренировки на каждом этапе (сопротивление вдоху, выдоху и обеим вместе) увеличивается до 2-х мин. и может проводиться каждые 4 часа.

### При тренировке спортсменов

Используется максимальный уровень сопротивления. Тренировка отличается увеличением до 4-х мин. дыхания с сопротивлением на вдохе. Кратность та же.

Контрольные исследования функции внешнего дыхания не реже 1 раза в месяц.

При появлении боли в грудной клетке – немедленное обращение к врачу.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буков В.К., Фельфербаум Р.А. Рефлекторное влияние с верхних дыхательных путей.– М.: Медицина, 1980.– 275 с.
2. Франкштейн С.И. Дыхательные рефлексы и механизмы отдышки.– М.: Медицина, 1974.– 207 с.
3. Хадарцев А.А., Даниляк И.Г., Федоров С.Ю., Милай А.М. Различные типы тренажеров для дыхательной мускулатуры // В сб.: Актуальные вопросы реабилитации больных с паталогией органов дыхания.– Барнаул: Алтайский мед. Институт, 1989.– С. 119–121.
4. Хадарцев А.А., Никаноров Б.А., Евтеев К.П., Федоров С.Ю., Шкарин В.В. Тренажер дыхательной мускулатуры «ЭОЛ».– М.: Мед. Техника, 1992.– № 3.
5. Хадарцев А.А., Никаноров Б.А., Евтеев К.П., и др. Новый принцип тренировки дыхательной мускулатуры.– М.: Пульмонология, 1992.– № 3.
6. Избранные технологии диагностики / В.М. Еськов [и др.]; под ред. А.А. Хадарцева, В.Г. Зилова, Н.А. Фудина.– Тула: ООО РИФ «ИНФРА», 2008.– 296 с.
7. Asmussen E., Chistensen E.H. Dit Mittelkapazital der Lunden bei erhohten O<sub>2</sub> – Bedarf // Skand. Arch. Physiol.– 1989.– Bd. 82.– S. 201–211.