

ствие снижения β -адренергической активности при нарастании β -адренергических и холинергических структур. Вентиляционная функция легких, регулируемая состоянием β -адренергических и холинергических рецепторов легочной ткани, также нарушается, особенно на фоне бронхиальной обструкции.

Все сказанное требует разработки методов патогенетической терапии, направленной на повышение активности антиоксидантной системы и стабилизации образования свободных радикалов кислорода лейкоцитами крови и тканевыми макрофагами. Известно, что антиоксидантная система способна активироваться в ответ на окислительный стресс. Адаптационная реакция антиоксидантной системы в ответ на действие окислителей проявляется в повышении ее активности в легких [20] и в сыворотке крови [16]. Так, показана стимуляция СОД и каталазы при воздействии O_2 под избыточным давлением при гипероксии [4, 15], что объясняется индуцирующим действием кислорода на эти ферменты, а также, возможно, стимуляцией эритропоэза с омоложением популяции эритронов, обладающих более высокой антиокислительной активностью [7]. По-видимому, аналогичный механизм активации СОД и каталазы действует и в условиях применения ДКТ.

Таким образом, использование 38% O_2 не только не оказывает цитотоксического действия, но и способствует уменьшению дисбаланса между скоростью образования АФК и активностью антиоксидазной защиты, что также ведет к улучшению функционального состояния бронхолегочной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амагуни В. Г., Сафарян М. Д. Пол и некоторые показатели антирадикальной системы у больных острой

- пневмонией // Журн. exper. и клин. мед.— 1982.— № 5.— С. 414—418.
2. Апаненко А. А., Пуховская Н. В., Спектр Е. В. и др. // Биоантиокислители: — М., 1975.— С. 111—116.
3. Аряев Н. П. Свободнорадикальные окисления при пневмонии у детей // Педиатрия.— 1984.— № 5.— С. 19—25.
4. Гусев В. А. Исследование супероксиддисмутазы при гипероксии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— М., 1978.
5. Методы исследования в профпатологии / Под ред. О. Г. Архиповой.— М.: Медицина, 1988.
6. Резник Б. Я., Бирюков В. С., Налбандян Р. М. и др. // Педиатрия.— 1984.— № 9.— С. 16—19.
7. Свободные радикалы в биологии.— М.: Мир, 1979.— Т. 1.— С. 300—308.
8. Сергеева Е. А. Морфологические особенности эритроцитов у больных хроническим бронхитом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— М., 1987.
9. Сыромятникова Н. В., Гончарова В. А., Котенко Т. В. Метаболическая активность легких.— Л.: Медицина, 1987.
10. Ahmed T., Greenblatt D. W., Birch S. et al. // Amer. Rev. resp. Dis.— 1981.— Vol. 124, N 2.— P. 110—114.
11. Bulkey G. // Surgery.— 1983.— Vol. 94, N 3.— P. 407—411.
12. Cohen A., Rossi M. // Amer. Rev. resp. Dis.— 1983.— Vol. 127, N 2.— P. 53—59.
13. Cooper C. B., Howard P. // Bul. int. Un. Tuberc.— 1987.— Vol. 62, N 1—2.— P. 35—36.
14. Fisher A. B., Block E., Srapo D. et al. // Chest.— 1984.— Vol. 86, N 2.— P. 242—244.
15. Forman H. J., Fisher A. // Handbook of Methods for Oxygen Radical Research.— Florida: CRS Press, 1987.— P. 359—362.
16. Galstom M., Levytska V., Schwartz M. et al. // Amer. Rev. resp. Dis.— 1984.— Vol. 129, N 2.— P. 258—283.
17. Korkina L. G., Chiremisina Z. P., Suslova T. B. et al. // Studia biophys.— 1988.— Vol. 126, N 2.— P. 105—115.
18. Nijkamp E. P., Costerhout A. J. // Agents Actions.— 1984.— Vol. 15, N 1—2.— P. 85—86.
19. Nishikini M., Rao N. A., Jaga K. // Biochem. biophys. Res. Commun.— 1972.— Vol. 2, N 46.— P. 849—853.
20. Sevanian A., Elsayed H., Hasker C. et al. // J. Toxicol. environ. Hlth.— 1982.— Vol. 10, N 45.— P. 743—756.

Поступила 17.03.92

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 1992

УДК 612.217.014.47

А. А. Хадарцев, Б. А. Никаноров, К. П. Евтеев, С. Ю. Фёдоров,
В. В. Шкари

НОВЫЙ ПРИНЦИП ТРЕНИРОВКИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ

Областное общество пульмонологов, г. Тула

A NEW PRINCIPLE OF BREATH MUSCLE TRAINING

A. A. Khadartsev, B. A. Nikanorov, K. P. Evteev, S. Yu. Feodorov, V. V. Shkarin

Summary

A method of breath muscle training using a simulator (S) with peak resistance at the beginning of the phases of inspiration and expiration is suggested. It was tested in 52 patients with chronic bronchitis (CB). Its prevalence over trottle S was found when compared in control group of 43 patients with CB. Lung functions, acid — base indexes and ultra — sound heart scans were made in all the patients.

В работе обосновано применение тренировки дыхательной мускулатуры с пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха на сконструированном тренажере. Показано преимущество его использования у 52 пациентов с хроническим бронхитом по сравнению с контрольной группой из 43 человек, у которых применялся тренажер дроссельного типа. Изучались показатели функции внешнего дыхания, кислотно-основного состояния крови, ультразвукового исследования сердца.

У больных неспецифическими заболеваниями легких наблюдаются дискоординация деятельности дыхательной мускулатуры, носящая поначалу обратимый характер, и снижение вентиляции нижележащих отделов, в том числе за счет уменьшения их эластичности [6, 10]. Однако вентиляция может быть увеличена эффективным диафрагмальным дыханием [11]. Эти положения привели к необходимости создания различного типа тренажеров дыхательной мускулатуры (ТДМ).

При включении в дыхательный контур эластического сопротивления уменьшаются легочные объемы и учащаются дыхательные циклы [2]. Поэтому в клинической практике чаще используются ТДМ на основе неэластического резистивного сопротивления дыханию на вдохе и выдохе.

Резистивная нагрузка на вдохе обеспечивает увеличение инспираторного усилия через снижение альвеолярной вентиляции, гиперкапнию и гипоксемию, которые через хеморецепторный аппарат стимулируют дыхательный центр, увеличивая центральную инспираторную активность. Кроме того, резистивная нагрузка увеличивает перепады внутригрудного давления и активность альфа-моторных нейронов диафрагмы, вспомогательных и межреберных мышц [2, 9].

Резистивная нагрузка на выдохе уменьшает альвеолярный и интерстициальный отек, увеличи-

вает функциональную остаточную емкость легких, способствует расправлению ателектазов [5].

Главный принцип создания резистивной нагрузки, реализованный в ранее сконструированных ТДМ, — дроссельный, основанный на уменьшении поперечного сечения каналов вдоха и выдоха: дыхание через сжатые губы, свисток, пластиковую трубку, систему цилиндров [1, 8, 12]. Однако монотонная нагрузка в течение всего дыхательного цикла способствует утомляемости дыхательной мускулатуры, моделируя сужение или сдавление трахеи извне с соответствующими неблагоприятными реакциями.

Применение водяного затвора для обеспечения резистивного сопротивления [4, 7] позволило частично уменьшить стабильность нагрузки на дыхательную мускулатуру за счет динамики воздушной струи, проходящей через водяной затвор: при прохождении первого болюса сопротивление водяного затвора высокое, затем оно снижается



Рис. 1. Общий вид тренажера дыхательной мускулатуры с пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха

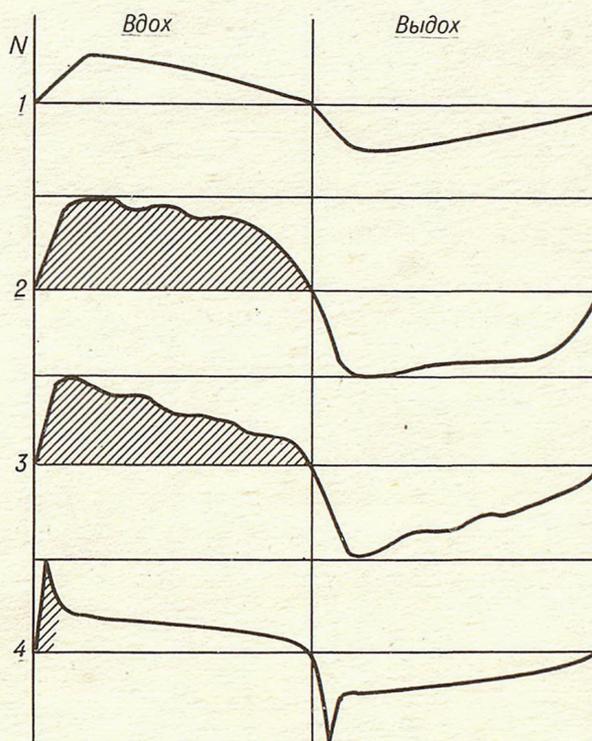


Рис. 2. Кривые давления при испытании разного типа тренажеров дыхательной мускулатуры.

1 — нормальное дыхание, 2 — дыхание через тренажер дроссельного типа, 3 — дыхание через тренажер с водяным затвором, 4 — дыхание через тренажер с пиковым сопротивлением в начале вдоха и выдоха.

Таблица 1

Форсированные вдох и выдох у больных бронхиальной астмой

Показатели ФВД	До 40 % (n=7)	41—75 % (n=16)	свыше 75 % (n=11)
ОФВ ₁ %	28,3±3,1	58,3±2,1	96,4±5,8
л/сек	0,85±0,7	1,8±0,21	3,6±0,5
ОФВдоха ₁ %	48,1±8,4*	52±8,7	59,7±6,4*
л/сек	1,49±0,1*	1,8±0,1	2,0±0,37*

Примечание. ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 секунду. ОФВдоха₁ — объем форсированного вдоха за 1 секунду. Звездочка — $p < 0,05$.

за счет барботажа, т. е. разбивания потока воздуха на мелкие пузырьки.

С целью снижения эффекта постоянного воздействия сопротивления дыханию нами было сконструировано устройство, создающее пиковые нагрузки в начальную фазу вдоха и выдоха (А. С. 1673050 от 1.05.1991 г. опублик. в Б. И. 32 от 30.08.91 г.).

Этот принцип был реализован использованием двухпозиционного пневмозатвора, открытые положения которого соответствуют фазам вдоха и выдоха, в сочетании с координирующим устройством, осуществляющим кинематическую связь независимых друг от друга регуляторов нагрузки с механизмом нагружения пневмозатвора.

Такая конструкция обеспечила чередование изометрического усилия дыхательной мускулатуры в начальной фазе вдоха и выдоха с ее обычным функционированием. При этом энергия дыхательной мускулатуры расходуется на совершение механической работы, трансформируется в потенциальную энергию, характеризующуюся перепадом внутриплеврального и барометрического давления воздуха.

Предложенное устройство предусматривает регулировку степени сопротивления, то есть дозирование резистивной нагрузки: на вдохе от —0,5 до —6,0 кПа, на выдохе от 1,0 до 10,0 кПа (рис. 1).

При сравнительном изучении трех типов ТДМ: дроссельного, с водяным затвором и с пиковой нагрузкой в начале вдоха и выдоха путем измерения перепадов давлений на графическом измерителе получены характерные кривые (рис. 2).

Их анализ позволяет констатировать существенные различия в воздуходинамике и преимущество предложенного ТДМ, заключающееся в создании пикового изометрического напряжения дыхательных мышц, ведущего к избыточному разрежению в плевральной полости, с последующим направленным потоком воздуха в дыхательные пути и из них в момент снятия нагрузки. При этом увеличение скорости потока воздуха в 3 раза ведет к увеличению мощности потока воздушной струи в 27 раз (кубическая зависимость). При монотонном постоянном сопротивлении на тренажерах дроссельного типа диафрагма постоянно находится в состоянии напряжения, что способствует избыточному накоплению молочной кислоты, сдвигу кислотно-основного состояния в кислую сторону, функционированию легких в обмене метаболитов с «захватом» [3].

Промежуточное положение занимают тренажеры с водяным затвором.

Для констатации факта достаточной мощности дыхательной мускулатуры на вдохе у больных с различными степенями бронхиальной обструкции у 34 пациентов (29 мужчин и 5 женщин) с хроническим обструктивным бронхитом и различными степенями дыхательной недостаточности проводилось определение форсированной скорости вдоха и выдоха за 1 с. (табл. 1).

Объемные и процентные показатели форсированного вдоха превышают таковые при форсированном выдохе у лиц с выраженными нарушениями бронхиальной проходимости, а в группах

Таблица 2

Показатели функции внешнего дыхания и кислотно-основного состояния при тренировке на тренажерах разного типа

Показатели	Функция внешнего дыхания				Кислотно-основное состояние			
	n	ЖЕЛ, %	ОФВ ₁ , %	V ₅₀ , %	n	pH	pCO ₂ мм рт. ст.	pO ₂ мм рт. ст.
ТДМп	52				18			
до		66,7±4,3	66,4±6,2	55,7±3,9		7,32±0,30	42,4±2,1	35,1±1,7
после		81,3±3,2*	82,3±4,8*	79,8±3,2*		7,54±0,25	35,9±1,75	47,2±1,31*
ТДМд	43				14			
до		67,1±3,8	66,9±4,3	63,0±7,7		7,32±0,15	42,1±2,10	36,8±2,30
после		72,2±4,6	73,8±4,4	72,1±3,9		7,32±0,20	45,2±1,70	39,4±1,80

Примечание. ТДМп — тренажер дыхательной мускулатуры с пиковым сопротивлением, ТДМд — тренажер дыхательной мускулатуры с дроссельным сопротивлением, ЖЕЛ — жизненная емкость легких, ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за 1 с, V₅₀ — скорость потока воздуха на уровне 50 % форсированной ЖЕЛ. Звездочка — $p < 0,05$.

Таблица 3

Показатели УЗИ сердца при тренировке дыхательной мускулатуры

Показатели	n	ДПЖ, мм	СПЖ, мм	Рла, мм рт. ст.
ТДМп	15			
до		20,1±0,3	23,0±0,3	14,8±0,5
после		28,2±0,15	27,4±0,13	8,2±0,2
ТДМд	8			
до		19,2±0,3	21,6±0,4	12,3±0,75
после		22,8±0,25	23,4±0,41	22,3±0,45

Примечание. ДПЖ — диастола правого желудочка, СПЖ — систола правого желудочка, Рла — давление в легочной артерии.

с различными степенями нарушения функции внешнего дыхания эти показатели незначительно отличаются друг от друга, что объясняется рабочей гипертрофией дыхательной мускулатуры.

Следовательно, дозированная тренировочная нагрузка в одинаковой степени может осуществляться у лиц с различными степенями дыхательной недостаточности.

В группе из 52 пациентов (48 мужчин и 4 женщины, средний возраст $49 \pm 4,6$ года) с хроническим обструктивным бронхитом без признаков декомпенсации сердечной деятельности и со снижением показателей функции внешнего дыхания не более II ст. на фоне рутинной комплексной терапии осуществлялась тренировка дыхательной мускулатуры на предложенном тренажере. В контрольной группе из 43 пациентов использовался тренажер дроссельного типа.

Определение функции внешнего дыхания проводилось на спироанализаторе «Пулма» (Болгария) с изучением показателей жизненной емкости легких, объема форсированного выдоха за 1 с, максимальной скорости потока воздуха на 50 % уровне форсированной жизненной емкости легких.

Сократительная способность миокарда правого желудочка определялась ультразвуковым методом на аппарате «SAL-50» фирмы «Тошиба» (Япония). Изучались: систола правого желудочка, диастола правого желудочка, давление в легочной артерии.

Регистрация показателей кислотно-основного состояния осуществлялась на газоанализаторе крови «Раделкис» (Венгрия).

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Микростат на персональном компьютере IBM PC/AT (табл. 2, 3).

Улучшение сократительной способности миокарда правого желудочка, показателей функции внешнего дыхания, снижение давления в легочной артерии, сдвиг кислотно-основного состояния в

щелочную сторону, способствующий функционированию легких в обмене метаболитов «с выбросом» [3], увеличение pO_2 зафиксированы при использовании предложенного ТДМ.

Достоверность динамики показателей в контрольной группе менее выражена. Отмечена тенденция к увеличению давления в легочной артерии. Выявлен такой клинический симптом, как высушивание слизистой верхних дыхательных путей, не доходящий, однако, до степени, ограничивающей использование предложенного способа.

Выводы

1. Предложен и обоснован новый способ тренировки дыхательной мускулатуры и соответствующее ему устройство, реализующее пиковую нагрузку в начальные фазы вдоха и выдоха.

2. Выявлена большая эффективность предложенного ТДМ по сравнению с тренажерами дроссельного типа.

3. Использование ТДМ возможно у пациентов с различной степенью дыхательной недостаточности в связи с сохранным мышечным усилием на вдохе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров О. В., Стручков П. В., Федечкин В. В. и др. // Немедикаментозные методы в лечении и реабилитации больных неспецифическими заболеваниями легких.— Л.: ВНИИ пульмонологии, 1989.— С. 11—15.
2. Бреслав И. С., Глебовский В. Д. Регуляция дыхания.— Л.: Наука, 1981.
3. Гебель Г. Я. Некоторые вопросы клинической патофизиологии митрального порока: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук.— М., 1968.
4. Иоффе Л. Ц., Болотова Н. А., Рехтман А. Г. и др. // Немедикаментозные методы лечения больных бронхиальной астмой.— М.: Наука, 1986.— С. 78—79.
5. Кассиль В. Л. Искусственная вентиляция легких в интенсивной терапии.— М.: Медицина, 1987.
6. Франкштейн С. И. Дыхательные рефлексы и механизмы одышки.— М.: Медицина, 1974.
7. Хоружая В. А., Хадарцев А. А., Трофимов Н. Е. // Новые методы диагностики и реабилитации больных неспецифическими заболеваниями легких.— М.; Барнаул, 1985.— С. 142.
8. Черемнов В. С. // Эффективность внедрения изобретений и рационализаторских предложений в медицинскую практику.— Л., 1983.— С. 9—10.
9. Bishop B. // Respir. Physiol.— 1977.— Vol. 30.— P. 169—185.
10. Luko Y. M., Culver B. M. // Chest.— 1982.— Vol. 81, N 1.— P. 82—90.
11. Shearer M. O., Banks Y. M., Silva G., Sackner M. A. // Phys. Ther.— 1972.— Vol. 52, N 2.— P. 139—148.
12. Tiep B. L., Burns M., Kao D. et al. // Chest.— 1986.— Vol. 90, N 2.— P. 218—221.

Поступила 04.11.91.