

А.А.Лобанов, А.Ю.Воинов

МЕТОД ВИБРОДРЕНИРОВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ

ГУ НИИ медицинских проблем Крайнего Севера РАМН, ЯНАО, Надым

VIBRATION DRAINAGE OF RESPIRATORY TRACT IN PATIENTS
WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE IN THE FAR NORTH

A.A.Lobanov, A.Yu.Voinov

Summary

A simple portable device for vibration drainage of the bronchi was designed. The device combines endo-bronchial vibration and dosed expiratory resistance. The device generates vibration with a definite speed dynamics improving the wave spreading. A clinical testing of the vibration drainage was performed in 64 patients with chronic obstructive lung disease. A positive dynamics of symptoms was revealed both in single and course application. This fact allows to conclude about the positive effect of vibration drainage on sputum clearance, bronchial obstruction and lung gas exchange.

Резюме

Разработано простое, портативное устройство для вибродренажа бронхов, при работе которого эндобронхиальное вибровоздействие сочетается с дозируемым сопротивлением на выдохе. Устройство способно генерировать колебания с определенной динамикой виброскорости, что улучшает характеристики распространения волны. Проведена клиническая апробация метода вибродренирования с участием 64 больных хронической обструктивной болезнью легких. Была выявлена положительная динамика симптоматики как при однократном, так и при курсовом воздействии, что позволяет говорить о положительном влиянии вибродренирования на эвакуацию мокроты, бронхиальную обструкцию и легочный газообмен.

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к числу наиболее распространенных и социально значимых заболеваний. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа наблюдается высокая распространенность и катастрофический рост заболеваемости в сочетании с быстрым прогрессированием ХОБЛ, что связано как с интенсивным воздействием промышленных и бытовых поллютантов, так и с высокими адаптивными нагрузками, обусловленными спецификой геоклиматических условий Крайнего Севера (низкая температура, выраженная фотопериодичность, витаминная недостаточность) [1]. Сочетание геоклиматических и антропогенных патогенных факторов приводит к нарушениям мукоцилиарного транспорта, дискринии, гиперемии слизистой бронхов, бронхоспазму, нарушениям иммунной реактивности. Наиболее важным звеном патогенеза представляется нарушение дренирования трахеобронхиального дерева. В свою очередь, неадекватное дренирование создает благоприятные условия для персистирования инфекции на слизистой дыхательных путей и приводит к увеличению токсической, оксидантной и антигенной нагрузки [2].

Целью нашего исследования являлась разработка и клиническая апробация эффективного, недорогого,

безопасного, сочетаемого с другими видами терапии, удобного в применении, не требующего длительного обучения и относительно нетрудоемкого метода дренирования трахеобронхиального дерева.

Материалы и методы

Изучение краткосрочных эффектов устройства "ЛАА-1" (при однократном применении) проводилось в группе больных ХОБЛ численностью 32 человека (16 мужчин и 16 женщин, средний возраст $45,1 \pm 21$ год). Распределение по степени тяжести (согласно классификации ERS, 1995) [3]: легкая степень — 25 пациентов, средняя — 5, тяжелая — 2. Процедура вибродренирования проводилась 10 мин в комбинированном режиме. Контроль показателей проводился до процедуры, сразу после окончания процедуры и через 20 мин после окончания процедуры. Определялось количество отделяемой мокроты (в 1-й пробе учитывалась мокрота, собранная на протяжении часа перед процедурой), ЖЕЛ, ОФВ₁, SaO₂.

Изучение курсовых эффектов устройства "ЛАА-1" проводилось с участием 64 больных ХОБЛ (32 мужчины и 32 женщины, средний возраст $46,9 \pm 20$ лет).

Пациенты были разделены на 2 группы, рандомизированные по полу, возрасту, стажу работы на Севере, тяжести заболевания, осложнениям, сопутствующей патологии и получаемой базисной терапии.

Группа коррекции была представлена больными ХОБЛ численностью 32 человека (16 мужчин и 16 женщин, средний возраст $45,1 \pm 21$ год). Распределение по степени тяжести: легкая степень — 25 пациентов, средняя — 5, тяжелая — 2.

Наряду со стандартной медикаментозной терапией, больные проводили процедуры виброренирования с использованием устройства "ЛАА-1".

Группа контроля была представлена больными ХОБЛ численностью 32 человека (16 мужчин и 16 женщин, средний возраст $43,2 \pm 21$ год). Распределение по степени тяжести: легкая степень — 27 пациентов, средняя — 4, тяжелая — 1. Пациенты в данной группе получали только стандартную медикаментозную терапию. Стандартная терапия включала в себя ипратропиум бромид 20 мкг 1–2 ингаляции 3–4 раза в день, амброксол по 2–4 мл 3–4 раза в день через небулайзер. Виброренирование с помощью устройства "ЛАА-1" проводилось в комбинированном режиме по 10 мин 3 раза в день 7 дней.

Метод виброренирования трахеобронхиального дерева с помощью устройства "ЛАА-1"

На основании проведенных на доклиническом этапе биофизических экспериментов (где были выявлены оптимальные параметры динамики виброскорости, пути подведения вибрации и величины сопротивления на выдохе) нами было разработано устройство "ЛАА-1" (патент № 33696), эффект которого реализуется через 2 фактора: воздействие механических колебаний и дозированное сопротивление выдоху [4]. Устройство состоит из плоской эластической трубки ($80 \times 20 \times 1$ мм, марка резины М-575), соединенной с мундштуком (длина — 10,0 см, диаметр — 2,0 см). Функционально устройство представляет собой резистор-прерыватель струи выдыхаемого воздуха и использует для работы энергию выдоха. Конструкцией предусмотрена возможность работы в 3 режимах, что позволяет воздействовать на несколько патологических механизмов.

При работе в режиме 1 пациент производит спокойный вдох через рот или через нос, после чего следует обычный, не форсированный выдох через устройство (плотно обхватив мундштук и не раздувая щек). Эластичная трубка располагается под углом $40-45^\circ$ к опорной поверхности с образованием перегиба. Перегиб делит трубку на 2 отдела. Проксимальный отдел составляет $\frac{2}{3}$ длины трубки, дистальный — $\frac{1}{3}$. Подбор частоты колебаний и величины сопротивления на выдохе проводится путем изменения величины угла сгиба рабочей части устройства с помощью наклона мундштука относительно опорной поверхности. В режиме 1 колебательный процесс имеет характер нестационарной вибрации со сплошным спектром частот в

диапазоне 1–26 Гц и среднегеометрической частотой 16 Гц. Давление на выдохе — 3–10 см вод. ст. Амплитуда (у мундштука) — 3–5 мм. Интегральная кривая динамики виброскорости имеет сложную форму, состоящую из 2 сегментов (треугольной и синусоидальной формы). Данная форма колебательного цикла обеспечивает оптимальные условия проведения виброволны в тканях грудной клетки. Перегиб эластичной трубки препятствует свободному прохождению потока воздуха. Воздух преодолевает перегиб порциями, в результате чего возникают ритмичные колебания давления. Механические колебания распространяются по системе (аппарат → дыхательные пути пациента), вызывают поперечные волны Реллея–Лява–Стоунли и затухают в тканях грудной клетки.

При работе в режиме 2 пациент производит обычный вдох через нос или через рот помимо мундштука. Форсированный выдох (возможно кашель) производится в мундштук устройства. Эластичная трубка располагается свободно, без перегиба. Колебательный процесс имеет характер нестационарной вибрации со сплошным спектром частот в диапазоне 100–150 Гц и среднегеометрической частотой 110 Гц. Амплитуда — 1–3 мм. Давление на выдохе не более чем на 1 см вод. ст. превышает давление в струе выдыхаемого воздуха при выдохе без использования устройства. Форма кривой колебания приближается к треугольной. Колебания в режиме 2 создаются при прохождении струи выдыхаемого воздуха через щелевидный просвет трубки. Вдоль стенок трубки неизбежно возникают турбулентные завихрения, что приводит к колебаниям давления внутри струи выдыхаемого воздуха. Механические колебания распространяются в дыхательных путях и гасятся в тканях легкого. Саморегулирующаяся система (устройство → дыхательные пути пациента) стабильно поддерживает в заданном интервале параметры колебаний и величину сопротивления на выдохе при любых, максимально возможных объемно-скоростных показателях выдоха, что достигается благодаря изменению просвета трубки пропорционально увеличению давления. Саморегуляция позволяет пользоваться устройством непосредственно во время кашля и форсированного выдоха для снижения гиперреактивности бронхов (без риска осложнений, связанных с резким повышением давления в дыхательных путях). Режим 3 (комбинированный) сочетает преимущества режимов 1 и 2. При работе в режиме 3 на 5 выдохов в режиме 1 производится 1–2 выдоха в режиме 2. Контроль инструментальных и клинических показателей проводился в обеих группах на 1-й и 7-й дни лечения. Определяли: количество отделяемой мокроты за сутки, ЖЕЛ, ОФВ₁, SaO₂. Производилась оценка клинических показателей в баллах (кашля, характера дыхания, слабости, ЧДД, характера мокроты, перкуторного звука, удушья одышки) [5]. Во всех исследованиях ЖЕЛ и ОФВ₁ определялись на аппарате Masterlab\ Masterskrin фирмы "Erich Jaeger" (Германия), а SaO₂ — на пульсоксиметре (OXI-PULCE, США). Полученные данные обработаны ме-



Рис. 1. Динамика инструментальных показателей при однократном применении устройства "ЛАА-1"

** — $p < 0,01$.

тодом вариационной статистики с вычислением среднего арифметического, среднего квадратичного отклонения, коэффициента Стьюдента.

Результаты

После однократного применения устройства "ЛАА-1" наблюдалась статистически значимая ($p < 0,01$) положительная динамика всех регистрируемых инструментальных показателей во время процедуры и на протяжении 20 мин после ее окончания (рис. 1). Наиболее выражено увеличилось количество отделяемой мокроты.

Через 7 дней лечения положительная динамика инструментальной и клинической симптоматики наблюдалась в обеих группах. Однако в группе коррекции, по сравнению с группой контроля, положительные изменения регистрируемых показателей были достоверно выше ($p < 0,01$) (рис. 2, 3). Особенно выражены различия в количестве отделяемой мокроты, выраженности кашля и хрипов.

При проведении процедур виброренирования у ряда больных наблюдались эпизоды гипервентиляции, обусловленные недостаточно продолжительными паузами между форсированными выдохами. При дальнейшем освоении методики виброренажа явления гипервентиляции не наблюдались. У 2 больных отмечено возникновение головной боли во время процедуры. Головная боль прошла через 10–20 мин после окончания процедуры. Данные больные имели в анамнезе черепно-мозговые травмы и хронический синусит.

Обсуждение результатов

Положительный клинический эффект устройства "ЛАА-1", по нашему мнению, обусловлен как непосредственным воздействием вибрации на мокроту и дыхательные пути, так и опосредованно — через механизмы нейрогуморальной регуляции. При работе устройства "ЛАА-1" возникают ритмичные колебания давления в дыхательных путях. Колебания распространяются по бронхиальному дереву в глубокие отделы легких. В дыхательных путях инициируются вторичные колебательные эффекты — поперечные волны Реллея–Лява–Стоунли. В результате существенных различий механических и инерционных свойств слоя мокроты и стенки бронха возникают напряжения (на разделе фаз сред), что способствует разрушению гликопротеидного каркаса мокроты и облегчает ее мобилизацию [6, 7]. Отрыву мокроты от стенки дыхательных путей способствует резкий переход от ламинарного движения потока воздуха к турбулентному [6, 7]. Различия механических свойств обуславливают разную амплитуду колебаний соседних участков дыхательных путей, что приводит к перемещению мокроты в сегменты с наибольшей амплитудой колебаний. Слой мокроты становится неровным, закономерно возрастает лобовое сопротивление потоку воздуха, в результате чего повышается продуктивность кашля. При распространении колебаний через дыхательные



Рис. 2. Сравнение инструментальных показателей в группе контроля и группе коррекции при курсовом применении устройства "ЛАА-1"

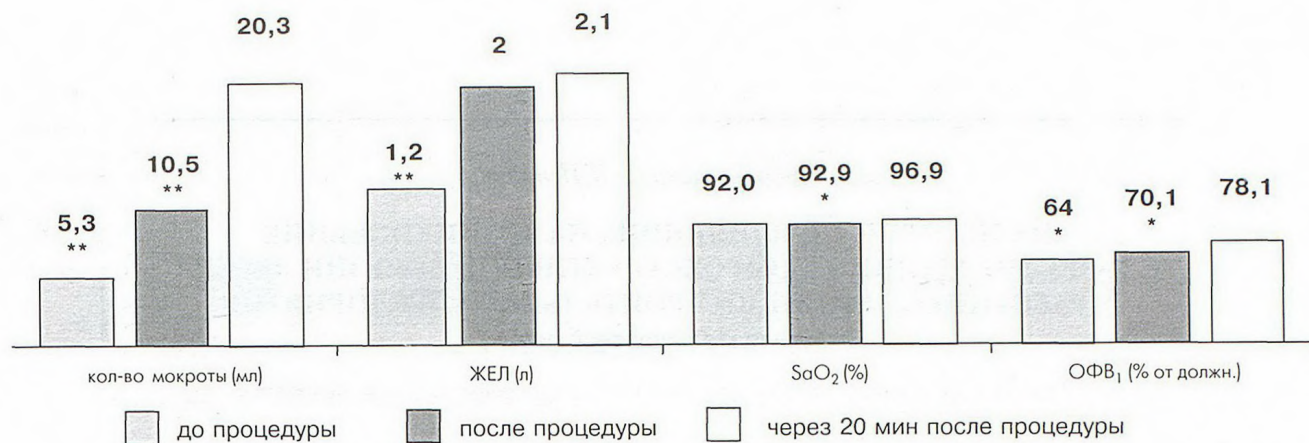


Рис. 3. Сравнение выраженности клинических симптомов (в баллах) при курсовом применении устройства "ЛАА-1" на 7-й день лечения

* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

пути энергия колебаний не гасится в тканях грудной клетки, а виброволна достигает места непосредственного воздействия без значительных потерь энергии. Кроме того, вектор распространения вторичных волн всегда направлен из просвета дыхательных путей перпендикулярно оси фибриллярных волокон стенки бронха (в направлении наименьшего сопротивления), что повышает эффективность вибровоздействия. Повышенное давление на выдохе потенцирует действие вибрации за счет растяжения фибриллярных структур, создавая "эффект натянутой струны", предотвращает раннее экспираторное закрытие дыхательных путей, увеличивает просвет бронха [8]. Механические колебания частотой 1–26 Гц оптимизируют регионарный лимфоток и уменьшают спазм сосудов мышечного типа, чем способствуют уменьшению отека стенки бронха. Колебания частотой 100–150 Гц, воздействуя на свободные нервные окончания и немиелинизированные нервные волокна, снижают гиперреактивность слизистой бронха, уменьшают интенсивность сухого кашля. Активное "перемешивание" альвеолярной газовой среды под воздействием вибрации, раскрытие ацинусов, умеренное растяжение альвеол в результате положительного сопротивления на выдохе способствуют оптимизации легочного газообмена [6].

Выводы

Включение в комплексную терапию ХОБЛ устройства "ЛАА-1" усиливает бронхиальный дренаж,

уменьшает обструкцию бронхов, оказывает положительное воздействие на легочную вентиляцию и газообмен, тем самым влияя на ключевые звенья патогенеза ХОБЛ в условиях Крайнего Севера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буганов А.А. Состояние окружающей среды и заболеваемость органов дыхания в ЯНАО. В кн.: Материалы VII Российского национального конгресса по заболеваниям органов дыхания. М.: 1998. 220.
2. Чучалин А.Г. Хроническая обструктивная болезнь легких. М.: ЗАО "Изд-во БИНОМ"; 1999.
3. Siafakas N.M., Vermeire P., Pride N. B. et al. Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). A consensus statement of the European Respiratory Society (ERS). Eur. Respir. J. 1995; 6 (suppl. 16): 1–121.
4. Лобанов А.А., Воинов А.Ю. А.с. 33010 МПК А 61М 25/00. Аппарат для лечения хронических неспецифических заболеваний легких. /Россия/.—ф. № 2003119248: Заяв. 30.06.2003; Оpubл. 23.06.90. Бюл. № 23.
5. Бербенцова Э.П. Иммунология, клиника, диагностика и лечение воспалительных вирусных, бактериальных заболеваний верхних дыхательных путей, бронхов, легких: Практическое пособие. М.: Успехи физических наук; 1998.
6. Клячкин Л.М., Малявин А.Г., Пономаренко Г.Н. Физические методы лечения в пульмонологии. СПб.: МСЛП; 1997.
7. Симонова О.И. Флаттер-терапия в комплексной реабилитации детей больных муковисцидозом. Вопр. курортот., физиотерапии и лечебной физкультуры. 1997; 6: 22–26.
8. Дуков Л.Г., Затеев А.Д., Мальченко Т.Д., Головина Н.В. Влияние положительного давления в конце выдоха на биомеханику дыхания при хроническом бронхите. Пульмонология 1998; 3: 15–47.

Поступила 19.02.04