



**Министерство здравоохранения Российской Федерации
Российское научное медицинское общество терапевтов**

НАЦИОНАЛЬНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ФИЗИОТЕРАПИЯ И КИСЛОРОДОТЕРАПИЯ ПАЦИЕНТОВ
С ДЫХАТЕЛЬНЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ И НАРУШЕНИЕМ
МУКОЦИЛИАРНОГО КЛИРЕНСА

Разработаны Комитетом экспертов
Российского научного медицинского общества терапевтов (РНМОТ).

Рабочая группа по подготовке текста рекомендаций

Сопредседатели:

А.Г. Малявин (председатель секции «Респираторная медицина», член правления РНМОТ)
А.И. Мартынов (президент РНМОТ)

Члены рабочей группы:

Т.В. Адашева, С.Л. Бабак, М.В. Горбунова, М.А. Рассулова

Комитет экспертов-рецензентов:

профессор В.Н. Абросимов (Рязань), профессор А.А.Визель (Казань), профессор В.П. Задонченко (Москва), профессор К.А. Зыков (Москва), профессор Н.А. Кароли (Саратов), профессор А.П. Ребров (Саратов), профессор И.Э. Степанян (Москва), профессор Р.И. Стрюк (Москва),

РАЗРАБОТЧИКИ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Мартынов Анатолий Иванович	доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, профессор кафедры госпитальной терапии №2 ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, президент РНМОТ, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный врач РФ, лауреат премии Правительства СССР.
Малявин Андрей Георгиевич	доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры фтизиатрии и пульмонологии лечебного факультета ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, председатель секции респираторной медицины РНМОТ
Бабак Сергей Львович	доктор медицинских наук, профессор кафедры фтизиатрии и пульмонологии лечебного факультета ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ученый секретарь секции респираторной медицины РНМОТ
Адашева Татьяна Владимировна	доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры поликлинической терапии ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, член секции респираторной медицины РНМОТ
Горбунова Марина Валентиновна	кандидат медицинских наук, доцент кафедры фтизиатрии и пульмонологии лечебного факультета ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, секретарь секции респираторной медицины РНМОТ
Рассулова Марина Анатольевна	доктор медицинских наук, профессор, первый заместитель директора Государственного автономного учреждения здравоохранения «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», член Российского респираторного общества.

МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ, КАЧЕСТВО ДОКАЗАТЕЛЬСТВ И СИЛА РЕКОМЕНДАЦИЙ

Методы, использованные для сбора/селекции доказательств:

- доказательной базой для рекомендаций являются публикации, вошедшие в Кокрановскую библиотеку, базы данных EMBASE и MEDLINE. Глубина поиска составляла 10 лет.

Описание методов, использованных для селекции доказательств:

- в анализ были включены мета-анализы, систематические обзоры, рекомендации и консенсусы медицинских обществ разных стран. При отборе публикаций, как потенциальных источников доказательств, использованная в каждом исследовании методология изучалась для того, чтобы убедиться в ее валидности.

Методы оценки качества и силы доказательств:

- основным методом создания согласительных рекомендаций было достижение соглашения экспертов посредством создания основы рекомендаций и корректировка каждого раздела каждым экспертом с последующей доработкой и повторной коррекцией. Какие-либо различия в оценках повторно обсуждались всеми членами группы путём пересылки по электронной почте. При невозможности достижения консенсуса привлекался независимый эксперт.

Методы, использованные для формулирования рекомендаций:

- консенсус экспертов.

Рейтинговая схема для оценки силы рекомендаций:

- не применялась, ввиду слабой доказательной базы.

Индикаторы доброкачественной практики (Good Practice Points – GPPs):

- рекомендуемая доброкачественная практика базировалась на клиническом опыте членов рабочей группы по разработке рекомендаций.

Экономический анализ:

- анализ стоимости не проводился и публикации по фармакоэкономике не анализировались.

Метод валидации рекомендаций:

- внешняя экспертная оценка;
- внутренняя экспертная оценка.

Описание метода валидации рекомендаций:

- настоящие рекомендации в предварительной версии были рецензированы независимыми экспертами, которых попросили прокомментировать прежде всего то, насколько интерпретация доказательств, лежащих в основе рекомендаций, доступна для понимания;
- получены комментарии со стороны врачей первичного звена и участковых терапевтов в отношении доходчивости изложения рекомендаций и их оценки важности рекомендаций как рабочего инструмента повседневной практики;
- предварительная версия была также направлена рецензенту, не имеющему медицинского образования, для получения комментариев с точки зрения перспектив пациентов;
- комментарии, полученные от экспертов, тщательно систематизировались и обсуждались председателем и членами рабочей группы. Каждый пункт обсуждался, и вносимые в результате этого изменения в рекомендации регистрировались. Если же изменения не вносились, то регистрировались причины отказа от внесения изменений.

Консультация и экспертная оценка:

- предварительная версия была выставлена для широкого обсуждения, чтобы все заинтересованные лица, имели возможность принять участие в обсуждении и совершенствовании рекомендаций;
- проект рекомендаций был рецензирован также независимыми экспертами, которых попросили прокомментировать, прежде всего, доходчивость и точность интерпретации доказательной базы, лежащей в основе рекомендаций.

Рабочая группа:

для окончательной редакции и контроля качества рекомендации были повторно проанализированы членами рабочей группы, которые пришли к заключению, что все замечания и комментарии экспертов приняты во внимание, риск систематических ошибок при разработке рекомендаций сведён к минимуму.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	7 – 8
2. НОРМАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МУКОЦИЛИАРНОГО ТРАНСПОРТА	8 – 12
3. МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЯ МУКОЦИЛИАРНОГО ТРАНСПОРТА	12 – 17
3.1. Краниальное воздухоносное смещение	13
3.2. Кашель и его клиническое значение	13 – 14
3.3. Физиологическая роль гравитации	14 – 15
3.4. Физиологическая роль глубокого дыхания и кашля	15 – 17
4. БРОНХИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА И ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИКИ	18 – 30
4.1. Форсированный экспираторный манёвр хаффинга (ФЭМ-Х)	18 – 19
4.2. Метод «активного циклического дыхания» (АЦД)	20 – 24
4.3. Респираторные гимнастики и постуральный дренаж	25 – 30
5. ГИПЕРИНФЛЯЦИОННАЯ ИЛИ ОБЪЕМ-РАСПИРЯЮЩАЯ ТЕРАПИЯ	30 – 38
5.1. Инспираторная терапия с перемежающимся давлением (ИТПД)	30 – 38
6. ТЕРАПИЯ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ (РАР-ТЕРАПИЯ)	38 – 54
6.1. Устройства для создания экспираторного давления (РЕР-терапия)	38 – 41
6.2. РЕР-устройства, изменяющие отношение «давление – объем» (EZРАР).	41 – 43
6.3. Устройства осцилляционного экспираторного давления (оРЕР-терапия)	43 – 50
6.4. Клинический протокол физиотерапии для мобилизации и дренажа секрета	50 – 54
7. ИНТРАПУЛЬМОНАЛЬНАЯ ПЕРКУССИОННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ	54 – 62
8. ЭКСТРАПУЛЬМОНАЛЬНАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ ИЛИ ТЕХНОЛОГИЯ VEST-ЖИЛЕТА	62 – 66
9. АППАРАТНАЯ ИНСУФЛЯЦИЯ/ЭКСУФЛЯЦИЯ С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ОСЦИЛЛЯЦИЯМИ	66 – 70
10. ДЛИТЕЛЬНАЯ КИСЛОРОДОТЕРАПИЯ (ДКТ)	71 – 80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	81 – 83

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

6-МТ – 6-ти минутный внелабораторный тест с нагрузкой
Bi-PHASIC – 2-х уровневый режим вентиляционной поддержки
FiO₂ - индекс Фика (содержание кислорода в газовой смеси)
IMV - перемежающаяся принудительная вентиляция
PaCO₂ – парциальное давление углекислого газа в артериальной крови
PaO₂ - парциальное давление кислорода в артериальной крови
PCV - вентиляция легких с контролируемым давлением
PEEP – положительное давление в конце выдоха
PSV - вентиляция с поддерживающим давлением
IPAP - положительное давление на вдохе
SaO₂ – сатурация кислорода
ВИБЛ (ACV) - вспомогательная искусственная вентиляция
ВчОГК - высокочастотная осцилляторная вентиляция грудной клетки
ДП – дыхательные пути
ДН - дыхательная недостаточность
ДО – дыхательный объем
ИБЛ - искусственная вентиляция легких
IRV - вентиляция с инвертированным отношением вдоха и выдоха
ИПВЛ – интрапульмональная перкуссионная вентиляция легких
КОС – кислотно-основное состояние крови
МЦК – минутная циркуляция крови
НВЛ - неинвазивная вентиляция легких
ОДН - острая дыхательная недостаточность
ОРДС - острый респираторный дистресс-синдром
ПДКВ – положительное давление в конце выдоха
ППВЛ - перемежающейся принудительной вентиляции легких
CPAP – постоянное положительное воздухоносное давление
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
ЦВД – центральное венозное давление
ЧД – частота дыхания

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные потребности, связанные с попытками реформировать систему здравоохранения в стране, диктуют необходимость, может быть как никогда ранее, по возможности систематизировать сведения о возможностях медицинской реабилитации больных с заболеваниями органов дыхания с целью их разумного применения в практике врачей.

С одной стороны в России (ранее в СССР) разработаны и научно обоснованы едва ли не большинство реабилитационных методик, хотя, конечно, следует признать, что многие сведения, полученные в результате этих разработок, нуждаются в уточнении с современных методологических позиций. С другой стороны, практикующие врачи, по сути дела, не имеют возможности полноценно пользоваться этими данными.

Во-первых, потому что у них зачастую нет адекватной первичной подготовки либо в области механизмов действия немедикаментозных лечебных факторов, либо в области современных представлений о патофизиологических особенностях течения пульмонологических заболеваний и о реакциях системы дыхания при сопутствующей патологии.

Во-вторых, сведения о возможности полноценной медицинской респираторной реабилитации опубликованы отрывочно в различных изданиях, зачастую устарели или не имеют достаточного научного обоснования с позиций доказательной медицины. В международных документах, отражающих современные представления о диагностике, лечении и профилактике основных пульмонологических заболеваний, сведения о реабилитации больных представлены достаточно скудно.

Практически отсутствуют данные о возможностях эффективного использования физических факторов. Подобная «ригидность» представлений может быть преодолена только накоплением убедительного научного и практического материала и его неоднократной публичной презентацией.

В зарубежных источниках медицинская реабилитация пульмонологических больных акцентуирована почти исключительно на физических тренировках при том, что зарубежные фирмы достаточно активно работают в области производства многих приборов, предназначенных именно для реабилитации.

Кроме того, несомненно агрессивная политика фармацевтических компаний нередко создаёт ложное представление о возможности решить все проблемы при заболеваниях лёгких исключительно при помощи медикаментов и о противопоставлении лекарственной терапии возможному и необходимому применению немедикаментозных методик.

Вместе с тем, практикующий врач нередко сталкивается с клиническими ситуациями, когда применение только медикаментов не позволяет достичь требуемого эффекта, а применение различных устройств, постурального дренажа или определенных видов дыхательной гимнастики, в том числе, и при разумном сочетании с медикаментозной

терапией, повышает клиническую эффективность при минимальных экономических затратах (Малявин А.Г. 2006; Малявин А.Г. с соавт., 2010).

Респираторная система напрямую связана с внешней средой, поэтому неудивительно, что именно физические воздействия могут быть столь эффективными. В первую очередь это касается возможностей стимуляции эвакуации мокроты, имеющей важное, а иногда и решающее значение при многих респираторных, сердечно-сосудистых и неврологических заболеваниях, а также в послеоперационном периоде.

Серьезные технологические решения последних лет и накопление убедительной доказательной базы создали весомые предпосылки для своеобразного «ренессанса» эффективных респираторных физиотерапевтических методик.

Мы надеемся, что представленные в настоящем издании сведения окажутся полезными для терапевтов, торакальных хирургов, пульмонологов, специалистов в области паллиативной медицины, медицинской реабилитации и других врачей.

2. НОРМАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МУКОЦИЛИАРНОГО ТРАНСПОРТА

Барьерная функция

Эффективным барьером, препятствующим попаданию в организм возбудителей инфекции, является слизистая оболочка дыхательных путей (ДП). Она обладает весьма совершенными и сложно организованными механизмами защиты от неблагоприятного внешнего воздействия. Среди этих механизмов ведущими являются МЦК (мукоцилиарный – «слизисто-реснитчатый»; клиренс – «очищение») и иммунная защита.

Дыхательные рефлексы, такие как кашель, чиханье и сужение бронхов, препятствуют прилипанию слизи и обеспечивают удаление микроорганизмов и инородных частиц с поверхности ДП. Важным защитным фактором является слизь, выделяемая бокаловидными клетками и эпителиоцитами. В ее состав входят обладающие антибактериальной активностью лизоцим, лактоферрин, секреторный иммуноглобулин. Принято также выделять внешние и внутренние факторы нарушения барьерных функций, способствующие проникновению возбудителя в ДП. К внешним относят различные типы воздушных поллютантов (вредные вещества/газы), высокую влажность, холод. Этим частично объясняется высокая частота острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ) в холодное время года. Под внутренними факторами понимают поражение слизистой оболочки с частичной/полной утратой ее структуры при часто повторяющихся воспалительных процессах. Так, например, у детей причиной частых респираторных инфекций признается нарушение моторной активности реснитчатого эпителия по причине структурного дефекта слизистой на фоне частых острых бронхитов.

Дренажная функция

Респираторный тракт от кончика носа до мельчайших альвеол покрыт слизистой (мукозной) мембраной. Она очищает и увлажняет поступающий воздух. Образование

компонентов секрета начинается с продукции лёгочного сурфактанта альвеолоцитами II порядка (сурфактант – от английского «surface active agent» - поверхностно-активное вещество).

Он представляет собою смесь поверхностно-активных веществ, преимущественно дипальмитоловый лецитин, выстилающих лёгочные альвеолы изнутри. Именно легочный сурфактант препятствует спаданию/слипанию стенок альвеол при дыхании за счёт снижения поверхностного натяжения плёнки тканевой жидкости, покрывающей альвеолярный эпителий (рис.01).

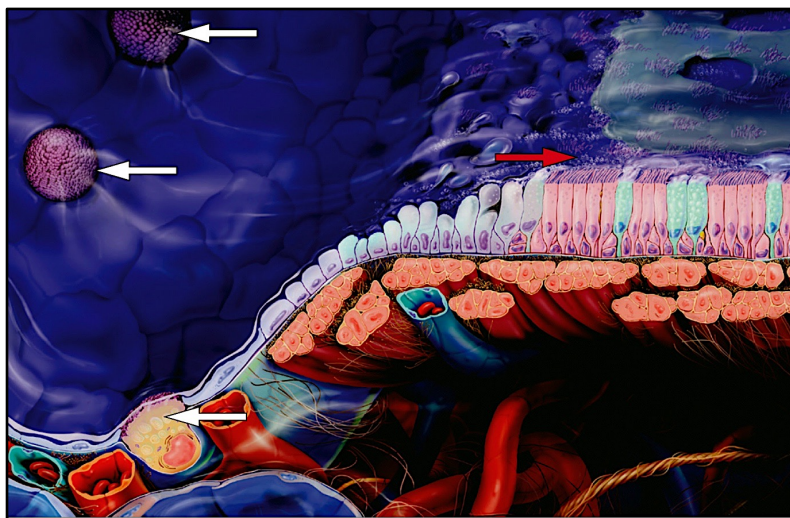


Рис. 01. Движение секрета от альвеол к мелким бронхам. Сформированный в альвеолярных протоках секрет перемещается к терминальной бронхиоле, имеющей эпителиальные структуры. Сурфактант, продуцируемый альвеолоцитами II типа (белые стрелки), перемещается в зону бронхиол. Он вспенивается в переходной зоне в период вентиляции и превращается «пенный ковёр» (красная стрелка) по которому «скользит» бронхиальный секрет. (Адаптировано из Н.Wunderer et. al. The cleaning system of the airways. Sonderdruck aus Med Monatsschr Pharm, 2009; 32:42–7.)

От характера продукции сурфактанта в альвеолярных протоках и его поверхностно-активных свойств во многом зависит способность альвеол к газообмену, а значит поддержание лёгкими своей основной функции – доставки кислорода к тканям (рис.02).

Сурфактант в значительной мере обеспечивает равномерность вентиляции различных отделов лёгких и рекрутирование в процесс газообмена плохо вентилируемых или частично заполненных секретом альвеол. В формировании защиты и секрета принимают участие клетки Клара (выпуклые клетки с короткими микроворсинками, описанные Максом Кларом в 1937 году). Они добавляют в секрет гликозаминогликаны, секреторный белок «CCSP» (Clara Cell Secretory Protein), цитохром P450 для снижения токсичности и защиты эпителия от вредных веществ. В момент вдоха и выдоха смесь альвеолярного сурфактанта с секретом клеток Клара вспенивается с образованием мелко пузырчатого «пенного ковра».

Именно он заполняет все промежутки между ворсинками и ресничками, формирует устойчивое покрытие эпителия, по которому в дальнейшем будет скользить слизь.

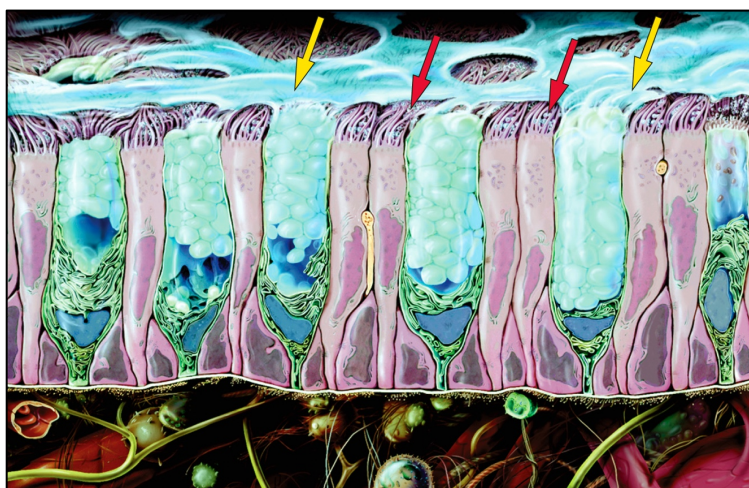


Рис. 02. Схема строения слизистой и формирования секрета бокаловидными клетками и бронхиальными железами. Сформированные адгезивные массы (жёлтые стрелки) собираются в «блинчики/бляшки» на поверхности ресничек, которые колеблются в золь фазе. Между ресничками присутствует вспененный сурфактант (пенный ковёр), почему адгезивный слой/гель фаза (красные стрелки) скользит в сторону ротовой полости (Адаптировано из Н.Wunderer et. al. The cleaning system of the airways. Sonderdruck aus Med Monatsschr Pharm, 2009; 32:42–7.)

В зоне мелких бронхов эстафета принимается бокаловидными клетками и перибронхиальными железами (рис. 03). Важно, что бронхиальная подслизистая железа формирует основной состав трахеобронхиального секрета под названием «респираторные муцины».

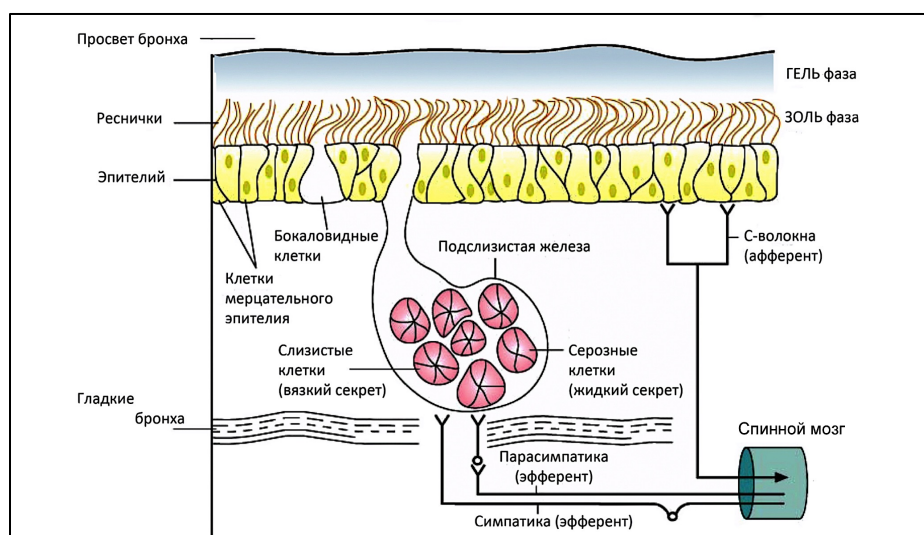


Рис. 03. Схема строения стенки бронха. Формирования секрета бокаловидными клетками и бронхиальными железами. Гель слой имеет высокую вязкость из-за секрета бокаловидных клеток. Ирритация усиливает секрецию бокаловидных клеток и повышает вязкость мокроты. Золь слой имеет низкую вязкость из-за секрета подслизистых бронхиальных желёз. Вagusная стимуляция усиливает секрецию только подслизистых желёз и уменьшает вязкость мокроты. (Адаптировано из Murray J. F. The Normal Lung: The Basis for Diagnosis and Treatment of Pulmonary Disease. Philadelphia: W. B. Saunders, 1986:23-82.)

Респираторные муцины – сложные белки (гликопротеиды) с огромной молекулярной массой (десятки тысячи дальтон), с высоким содержанием углеводов (50%-80% от массы молекулы), с разветвлёнными олигосахаридными цепочками и большим количеством tandemных повторов.

Известно 19 основных генов, отвечающих за синтез муцинов у человека, почему выделяют MUC1, MUC2, MUC3A, MUC3B, MUC4, MUC5AC, MUC5B, MUC6, MUC7, MUC8, MUC12, MUC13, MUC15, MUC16, MUC17, MUC19 и MUC20. Восемь из них признаются основными респираторными муцинами (рис.04).

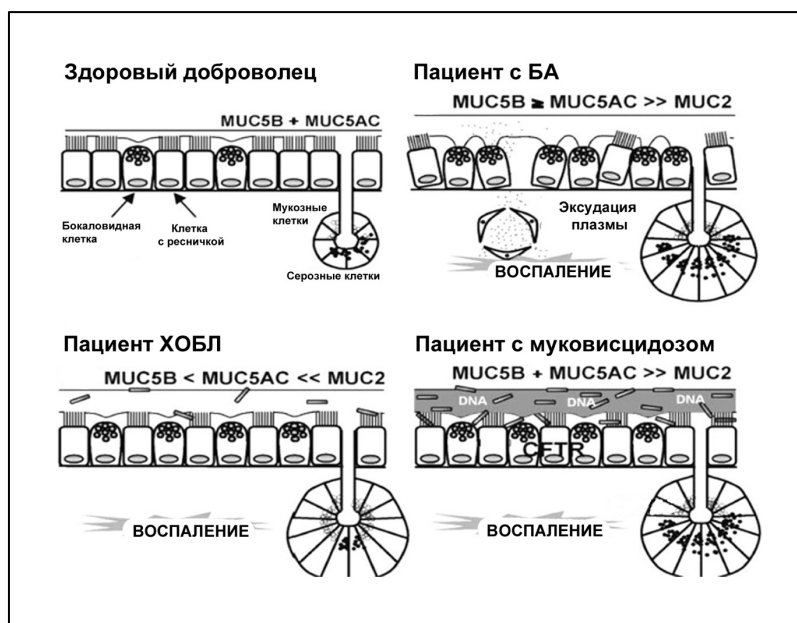


Рис. 04. Различия в формировании муцинов бронхиальными железами. Хорошо видно, что при развитии различных болезненных состояний изменяется состав продуцируемых муцинов. (Адаптировано из Murray J. F. The Normal Lung: The Basis for Diagnosis and Treatment of Pulmonary Disease. Philadelphia: W. B. Saunders, 1986:23-82.)

Интересно, что состав респираторных муцинов резко изменяется в период болезни. Так, при бронхиальной астме, доминирует секреция MUC5B, почему мокрота содержит избыток белка и является очень вязкой. Необходимо отметить, что существуют серьёзные различия между составом нормальной слизи (трахеобронхиальным секретом (ТБ-секрет)) и патологической слизью (мокротой).

ТБ-секрет представляет смесь гидрофильных сиаломуцинов с клеточными элементами (альвеолярные макрофаги и лимфоциты). Она легко вбирает в себя воду и легко разжижается под действием муколитических агентов. В отличие от нормальной слизи, мокрота представляет собою экспекторированный секрет трахеобронхиального дерева с примесью слюны и секрета слизистой оболочки полости носа и придаточных пазух, содержащий гидрофобные фукомуцины (рис. 03). Для её разжижения требуются агенты, воздействующие на устойчивые к воде фукомуцины. За исключением альвеолярной части, слизистая представлена двумя строго разделёнными зонами с различной реологией.

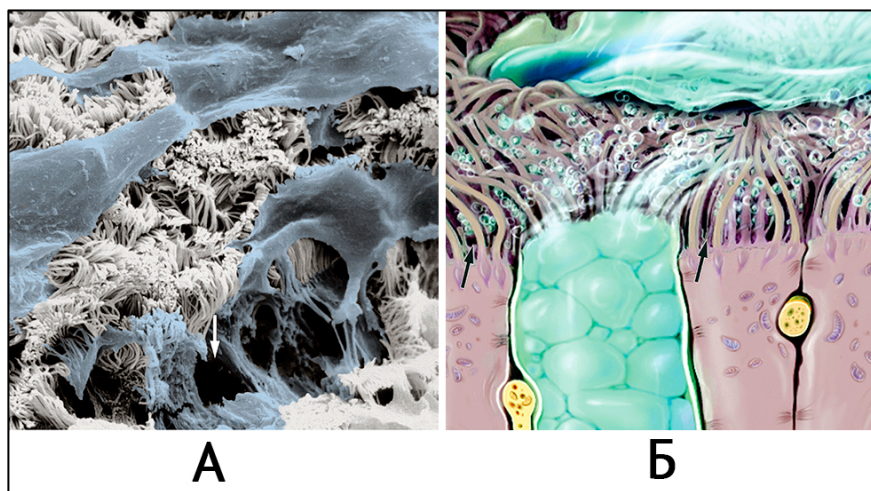


Рис. 05. Расположение слоёв золь и гель фаз на электронограмме (А) и схеме (Б). Гель фаза локализована на окончаниях ресничек в виде голубых «блинчиков/бляшек» (белая стрелка) (часть А). Сканирующая электронная. Увеличение 4000х. Сурфактант препятствует прилипанию вязкого геля к окончаниям ресничек. (часть Б). Хорошо видно расположение микроворсинок (черные стрелки) и ресничек. (Адаптировано из Н.Wunderer et. al. The cleaning system of the airways. Sonderdruck aus Med Monatsschr Pharm, 2009; 32:42–7).

Принято выделять «серозную золь фазу» с низкой вязкостью и «адгезивную гель фазу» с высокой вязкостью. Большая и протяжённая слизистая мембрана за счёт адгезии, собирает на своей поверхности мелкие частицы и микроорганизмы.

Вместе со слизью весь адгезированный материал удаляется при помощи постоянного движения реснитчатого эпителия («cilia» — цилия), покрывающей большую часть респираторного тракта. Приблизительно на каждые 5 мкм длины мембраны приходится 200 ресничек диаметром 0,3 мкм. Несколько сотен миллионов ресничек, образующих толстый ковёр/барьер, располагаются в золь фазе (рис. 05).

3. МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ МУКОЦИЛИАРНОГО ТРАНСПОРТА

Три основных состояния происходят из нарушений проходимости воздуха по дыхательным путям: 1) воспаление; 2) скопление секрета; 3) бронхоспазм. Они приводят к формированию: а) нарушений лёгочной функции; б) уменьшению «защиты» лёгких; в) повышению риска инфекционных осложнений.

Когда дыхательные пути пациента содержат избыток слизи, вентиляция лёгких претерпевает значительные изменения. Они затрагивают как нижний, так и в верхний отдел ДП (бифуркация трахеи). Изменение вентиляции затрагивает и альвеолы лёгких, вызывая их коллапс (ателектаз) и приводит к нарушениям газообмена.

Отсутствие возможности полноценной диффузии кислорода и углекислого газа приводит к формированию интрапульмонального шунтирования крови. Результатом нарушений будет гипоксемия, плохо корригируемая кислородотерапией. Интересно, что в таких случаях правильная терапия основана на мобилизации секрета и его правильной экспекторации.

3.1. Краниальное воздухоносное смещение.

Краниальным воздухоносным смещением (КВС) называют изменение в движении слизи по мелким дыхательным путям (диаметр менее 2 мм) в период нормального дыхательного цикла. Диаметр «изменчивых» воздухоносных путей увеличивается на вдохе и сужается во время выдоха (рис. 06). В норме, время и объемы воздуха в период вдоха (инспирация) и выдоха (экспирация) одинаковы. Однако, сужение просвета дыхательных путей на выдохе увеличивает линейную скорость потока и силу дренажа в краниальном направлении (в сторону головы), создавая эффект «краниального воздухоносного смещения» (КВС). Оно также зависит от глубины дыхания. Аналогичный эффект существует и в более крупных отделах дыхательных путей (ДП), особенно в период интенсивного кашля.

Принцип очищения дыхательных путей от слизи базируется на главном принципе – создании «воздушного валика» позади слизи. При этом скорость потока выше 1,0 – 2,5 м/с без коллапса ДП считается идеальной. Создание «воздушного валика» позади секрета для формирования эффективного кашля и экспекторации слизи образует «коллатеральные вентиляционные каналы».

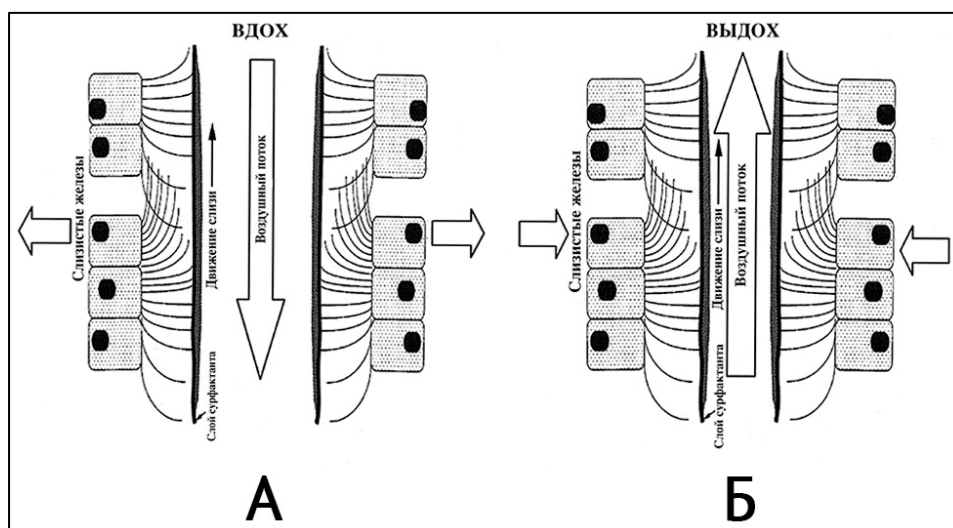


Рис. 06. Краниальное воздухоносное смещение на вдохе (А) и выдохе (Б). При нормальной функции мукоцилиарного клиренса, больше энергии сообщается слою слизи при выдохе, чем при вдохе, из-за сужения дыхательных путей во время выдоха. (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210 –1221).

3.2. Кашель и его клиническое значение.

У здоровых лиц основным механизмом очистки мелких дистальных дыхательных путей от слизи являются мукоцилиарный эскалатор (реснитчатый клиренс) и воздушный валик в результате краниального воздухоносного смещения. У пациентов с патологией из-за функциональных нарушений основным методом очистки проксимального отдела ДП становится кашель.

«КАШЕЛЬ» — произвольный или непроизвольный (рефлекторный) толчкообразный форсированный звучный выдох при спастически сомкнутых голосовых складках (рис. 07).

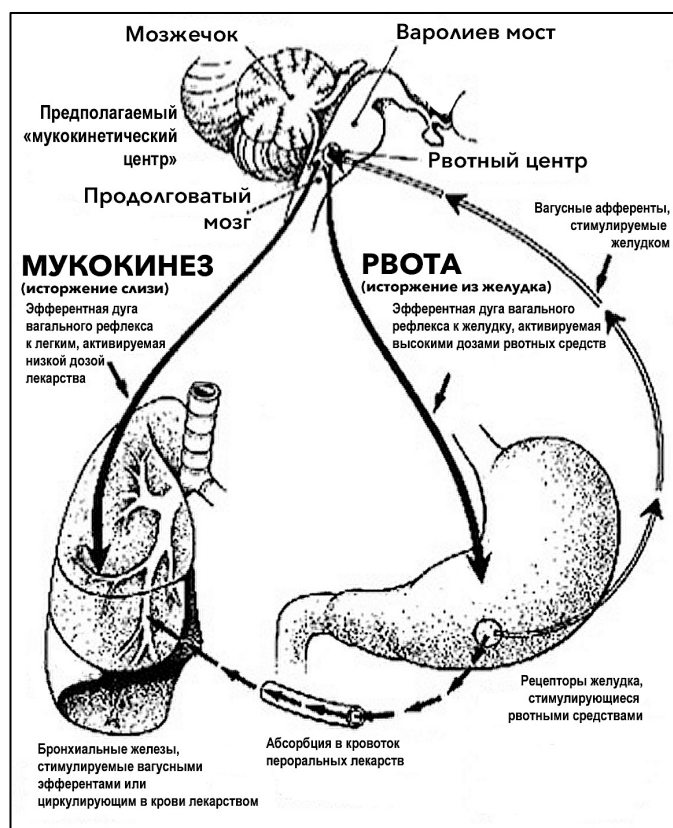


Рис. 07. Схема кашлевого рефлекса и механизмов вызванной рвоты и индуцированного кашля. (Адаптировано из Патофизиология: Учебник в 2 т. / под ред. В.В. Новицкого, Е.Д. Гольдберга, О.И. Уразовой. - 4-е изд., перераб. и доп. ГЭОТАР - Медиа, 2009. Т. 2. - 640 с. ил. и James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210–1221 [30]).

Очень важно, что кашель по своей сути является защитным рефлексом необходимым для исторжения из организма чужеродного агента. Подавление кашля любыми средствами является вынужденной необходимостью в тех случаях, когда он приводит к нарушению вентиляции лёгких из-за повторяющихся пароксизмов (симптом репризы).

Во время обычного кашля, скорость движения воздушного потока изменяется обратно пропорционально площади поперечного сечения дыхательных путей, создавая высокую линейную скорость, с повышенной турбулентностью и высокой силой воздухоносного смещения. Эти силы выталкивают пристеночный секрет и «дыхательный мусор» из мелких ДП в крупные бронхи и трахею. При хронических заболеваниях легких, особенно сопровождающихся «воздушной ловушкой», преждевременное сужение податливых дыхательных путей вызывает захват воздуха, снижает экспираторный поток и ограничивает эффективность кашля.

3.3. Физиологическая роль гравитации.

Гравитация (от лат. *gravitas* - «тяжесть») – универсальное фундаментальное взаимодействие между всеми материальными телами. В рамках классической механики гравитационное притяжение описывается законом всемирного тяготения Ньютона, который

гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками массы, разделёнными расстоянием, пропорциональна обеим массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Гравитация не является первичным механизмом нормального транспорта слизи в лёгких. Если бы существовал механизм миграции секрета в зависимые от гравитации зоны лёгких (периферические и базальные отделы), изгнание слизи из этих участков в центральные зоны лёгких представляло бы существенную проблему. Только при недостаточности мукоцилиарного клиренса и низкой эффективности кашля «гравитационные методики» оказывают положительное воздействие в очистке дыхательных путей от чрезмерного скопления слизи. С 1930-х годов клиницисты активно использовали гравитацию (постуральный дренаж или опрокидывания) для мобилизации секрета у пациентов. Несмотря на то, что поразительные результаты мобилизации секрета в результате постурального дренажа наблюдаются у пациентов с бронхоэктазами, значение данной методики для пациентов с хроническим бронхитом и муковисцидозом оказались скромными и клинически мало значимыми.

Такие методы терапии как «прямой кашель», «дыхательные манёвры», аппаратные методы положительного давления в дыхательных путях (PEP-терапия), высокочастотной осцилляции внутри дыхательных путей (интрапульмональная перкуссия - ИПВЛ) и грудной клетки (экстрапульмональная перкуссия - ЭПВЛ) оказывают прямое, более эффективное воздействие на механизмы нормализации транспорта слизи, чем «постуральный дренаж», который теоретически более удобен для пациента в мобилизации трахеобронхиального секрета.

3.4. Физиологическая роль глубокого дыхания и кашля.

Нормальным механизмом расправления лёгких и бронхиальной гигиены является метод «глубокого спонтанного дыхания» (зевота и вздохи) и продуктивный кашель. Одной из самых безопасных, эффективных и наименее затратных стратегий расправления легких и мобилизации секрета является методика инструктирования и поощрения пациента к осуществлению последовательных глубоких вдохов и выдохов. Парадоксально, но именно «глубокое эффективное дыхание» является ключевым компонентом продуктивного кашля.

Отрицательное внутригрудное давление, создаваемое при спонтанном глубоком дыхании пациента, как правило, лучше расправляет (инфлатирует) менее податливые гравитационно-зависимые зоны лёгких, чем методы PEP-терапии.

Эффективный кашель является жизненно важным компонентом бронхиальной гигиены лёгких. Физиологический кашель (рис. 08) предполагает последовательность действий: 1) глубокий вдох (расправление); 2) закрытие голосовой щели; 3) активация брюшных и грудных мышц для создания компрессии (сжатия) с формированием положительного давления > 80 мм. рт. ст.; 4) резкий (взрывной) выдох через открытую голосовую щель. В

дополнение к мобилизации секрета высокое положительное давление, создаваемое в результате кашля, является важным фактором повторного расширения ткани лёгкого. В сравнении с РЕР-терапией, когда высокое положительное давление может вызывать баротравму лёгких, повреждение лёгких невозможно при контролируемом кашлевом манёвре.

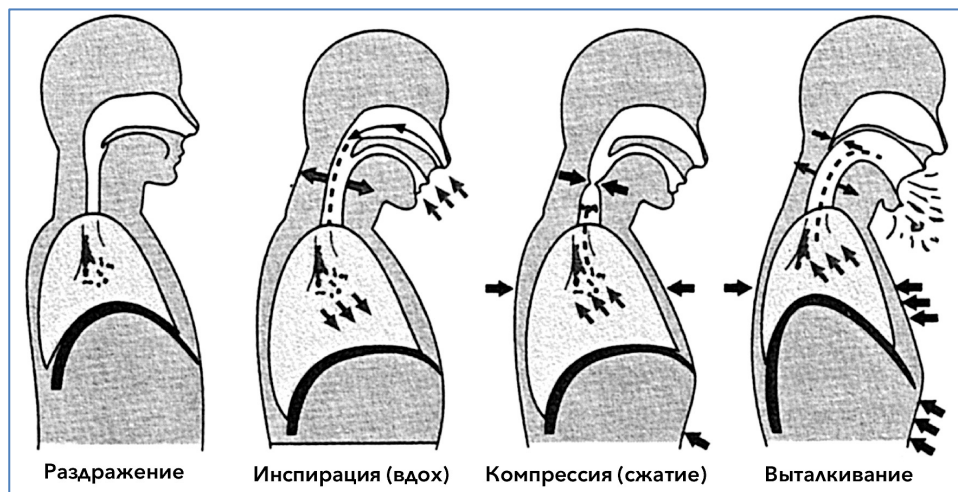


Рис. 08. Схема четырёх фаз нормального кашля. (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210 – 1221).

У пациентов с нестабильностью дыхательных путей, высокое положительное давление и большая скорость воздушного потока в период обычного кашлевого манёвра сопровождается динамической компрессией воздухоносных путей, что приводит к захвату воздуха и слизи внутри бронхиального дерева. Это делает кашель неэффективным. Для таких пациентов разработаны различные дыхательные техники, существенно повышающие краниальное воздухоносное смещение.

Примером такой техники является «прямой кашель», предусматривающий обучение пациента глубокому дыханию перед кашлем, одновременно с созданием абдоминальной и торакальной компрессии в период резкого выдоха (таб. 1).

Чаще всего, метод прямого кашля включён, как элемент, в более эффективные техники, такие как «форсированный экспираторный манёвр» (ФЭМ) и метод «активного циклического дыхания» (АЦД).

Таблица 1.

СТАНДАРТЫ ПРОВЕДЕНИЯ «ПРЯМОГО КАШЛЯ».

Описание действия над пациентом.	
1	Объяснить пациенту, что глубокое дыхание и правильный кашель поможет сохранить лёгкие расправленными и очистить их от слизи.
2	Помочь пациенту принять положение сидя, а при невозможности, положение полусидя по Фаулеру (поднять изголовье кровати под углом 45° – 60° [90° - высокое Фаулерово положение, 30° - низкое Фаулерово положение] или подложить три

		подушки: человек, прямо сидящий на кровати, находится в положении Фаулера).
3		Основная стандартная процедура: «прямой кашель».
	3.1	Инструктировать пациента о необходимости сделать глубокий вдох, задержать дыхание. Затем, используя усилия абдоминальных мышц, провести резкий выдох при открытой голосовой щели, переходящий в кашель (одиночный маневр).
	3.2	Провести несколько релаксационных диафрагмальных дыхательных манёвров перед следующим кашлевым усилием.
	3.3	Запротоколировать умение пациента проводить процедуру в медицинской карте больного.
4		Альтернативный стандарт: процедура прямого «шумного выдоха» (хаффинг).
	4.1	Инструктировать пациента о необходимости выполнить 3 – 5 глубоких медленных вдоха. Вдыхать носом и выдыхать через полу сомкнутые губы, используя диафрагмальное усилие. После этого выполнить глубокий вдох и задержать дыхание на 1 – 3 секунды.
	4.2	Выдохнуть средний/низкий лёгочный объем (для очистки от секрета периферического отдела бронхиального дерева). Сделать обычный вдох. Затем, во время выдоха, выдавить воздух из лёгких с помощью мышц живота и груди с открытой голосовой щелью, произнося звук «ха-аф-фа» (звучит как вынужденный вздох). Повторить несколько раз.
	4.3	При ощущениях наличия секрета в верхних отделах дыхательных путей, провести выдох с большим/средним лёгочным объёмом для очистки от слизи проксимальных отделов бронхов. Повторить манёвр 2 – 3 раза.
	4.4	Провести несколько релаксационных диафрагмальных манёвров перед следующим кашлевым усилием.
	4.5	Запротоколировать умение пациента проводить процедуру в медицинской карте больного.
5		Модифицированный стандарт «прямого кашля».
	5.1	<i>Для пациентов подвергшихся абдоминальной или торакальной хирургии.</i> Инструктировать пациента о необходимости поместить руку или подушку на место разреза и использовать мягкое поддерживающее давление при кашле. Ассистент может помочь с проведением поддерживающего давления при кашле. Провести удержание грудных дренажей при необходимости.
	5.2	<i>Для пациентов с квадриплегией (парализованные пациенты).</i> Врач помещает ладони на живот пациента под диафрагмой и заставляет пациента сделать 3 глубоких вдоха. На выдохе после третьего вдоха, врач с силой толкает живот внутрь и вверх, в то время как пациент кашляет (аналогичный толчковый манёвр живота выполняться при бессознательном состоянии пациента при обструкции дыхательных путей).

4. БРОНХИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА И ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИКИ

4.1. Форсированный экспираторный манёвр с хаффингом (ФЭМ-Х).

Форсированный экспираторный манёвр (ФЭМ) впервые описан в 1968 году врачом Thompson и физиотерапевтом Thompson и из Новой Зеландии в ходе терапии пациентов с астмой. Они описали использование 1-2 хаффингов уровнем среднего/малого лёгочного объёма с открытой голосовой щелью после периода релаксации и с контролируемым диафрагмальным дыханием и медленным глубоким вдохом. После мобилизации секрета из нижних отделов бронхиального дерева и его экспекторации пациентом в период кашля, манёвр повторялся (таб. 2).

Таблица 2.

СТАНДАРТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ФЭМ С ХАФФИНГОМ (ФЭМ-Х).

Описание действия над пациентом.	
1	После 3 – 5 медленных глубоких дыхательных движений глубоко вдохнуть носом. Используя диафрагмальное дыхание выдохнуть через сомкнутые губы (одиночный манёвр).
2	Глубоко вдохнуть и задержать дыхание на 1 – 3 секунды.
3	Выдохнуть средний/низкий лёгочный объем (для очистки от секрета периферического отдела бронхиального дерева).
3	Сделать обычный вдох. Затем, во время выдоха, выдавить воздух из лёгких используя мышцы живота и груди с открытой голосовой щелью, произнося звук «ха-аф-фа» (звучит как вынужденный вздох). Повторить несколько раз (3 – 4 раза).
4	При ощущениях наличия секрета в верхних отделах дыхательных путей, провести выдох с большим/средним лёгочным объёмом (для очистки от слизи проксимальных отделов бронхов). Повторить манёвр 2 – 3 раза.
5	Провести несколько релаксационных диафрагмальных манёвров перед следующим кашлевым усилием.
6	Запротоколировать умение пациента выполнять процедуру в медицинской карте больного.

Как это часто бывает, многие клиницисты приняли на вооружение только часть методики ФЭМ-Х, придя к выводу, что именно «хаффинг» является наиболее важной составляющей, чем вызвали серьёзную обеспокоенность сторонников дыхательных техник очистки лёгких. Это напоминает историю перкуSSIONной и вибрационной терапии, которые посчитали наиболее важными для физиотерапии грудной клетки (ФГК), что ошибочно вызвало исключение из клинической практики техники «постурального дренажа». Необходимо отметить, что «хаффинг» не является самостоятельной методикой. Он является одним из 3 основных компонентов метода «активного циклического дыхания» (АЦД).

Показания к проведению ФЭМ-Х:

1. Непродуктивный кашель (без экспекторации мокроты);
2. Пациент нуждается в дополнительной помощи для мобилизации секрета;

3. Ателектазы, происходящие от неэффективного кашля;
4. Ведение пациентов после выполнения абдоминальной и грудной хирургии (послеоперационное);
5. Хроническая гиперсекреция слизи;
6. Отсутствие кашлевого рефлекса.

Противопоказания к проведению ФЭМ-Х носят относительный характер и не являются клинически значимыми.

С осторожностью следует применять ФЭМ-Х при:

1. Парестезии или онемение конечностей;
2. Снижении коронарной перфузии;
3. Снижении церебральной перфузии;
4. Недержании мочи;
5. Усталости (различного генеза);
6. Головных болях (различного генеза);
7. Бронхоспазме;
8. Мышечных повреждениях или мышечном дискомфорте;
9. Спонтанном пневмотораксе, пневмомедиастинуме, подкожной эмфиземе;
10. Пароксизмах кашля;
11. Болях в груди;
12. Острых рёберных или рёберно-хрящевых переломах;
13. Послеоперационных болях или незаживших раневых поверхностях брюшной стенки и грудной клетки;
14. Анорекции, рвоте, и рвотных позывах;
15. Зрительных расстройствах, включая кровоизлияние в сетчатку;
16. Смещении центральной линии живота;
17. Гастроэзофагеальной рефлюксной болезни.

«Хаффинг» имеет огромное значение для объёма экспекторированного секрета, но какой «энергетической ценой» это достигается? В исследовании Pontifex с соавт. [22] оценили энергию на «хаффинг» и «прямой кашель», затраченную 24 асимптоматичными некурящими пациентами ХОБЛ. Расход энергии был одинаков при «хаффинге» и «прямом кашле». Однако, в обоих случаях, требовалось достоверно больше энергии, чем в период отдыха. Главной практической рекомендацией явилось утверждение, что при необходимости мобилизации секрета наиболее эффективной и энергетически оправданной методикой является «форсированный экспираторный манёвр с хаффингом» (ФЭМ-Х).

4.2. Метод «активного циклического дыхания» (АЦД).

Активное циклическое дыхание (АЦД) представляет собою сочетание трёх основных дыхательных техник: «дыхательный контроль» (ДК), «контроль расширения грудной клетки» (КРГК), «форсированный экспираторный манёвр с хаффингом» (ФЭМ-Х) (рис. 09).

Дыхательным контролем (ДК) называют диафрагмальное дыхание, или «нежное расслабленное дыхание» в нормальном темпе для расслабления дыхательных путей и мышц. При осуществлении ДК пациент контролирует верхнюю часть грудной клетки, его плечи должны быть расслаблены. Он дышит обычным для него дыхательным объемом с обычной частотой. При этом пациент должен ощущать «разбухание» вокруг талии при вдохе, связанное с опускающейся диафрагмой, вытесняющей содержимое брюшной полости. «Разбухание» исчезнет при выдохе. Дыхательный контроль, по существу, является основой релаксационного дыхательного маневра между циклами активных дыхательных техник АЦД.

Контролем расширения грудной клетки (КРГК) называют активные вдохи, значительно большие, чем при обычном дыхании, следующие за релаксационным дыхательным манёвром ДК. Техника КРГК – глубокий, медленный, полный вдох с незначительной задержкой дыхания, а затем медленный, спокойный, неглубокий выдох. Это позволяет воздуху пройти в самые дистальные отделы бронхиального дерева. Более того, большие лёгочные объёмы повышают воздухоносный поток через периферические дыхательные пути и коллатеральные вентиляционные каналы, что увеличивает объем воздуха, способного мобилизовать секрет в период выдоха. Проведение КРГК, как правило, ограничено 3 – 4 циклами глубоких вдохов. Это позволяет избежать усталости и гипервентиляции.

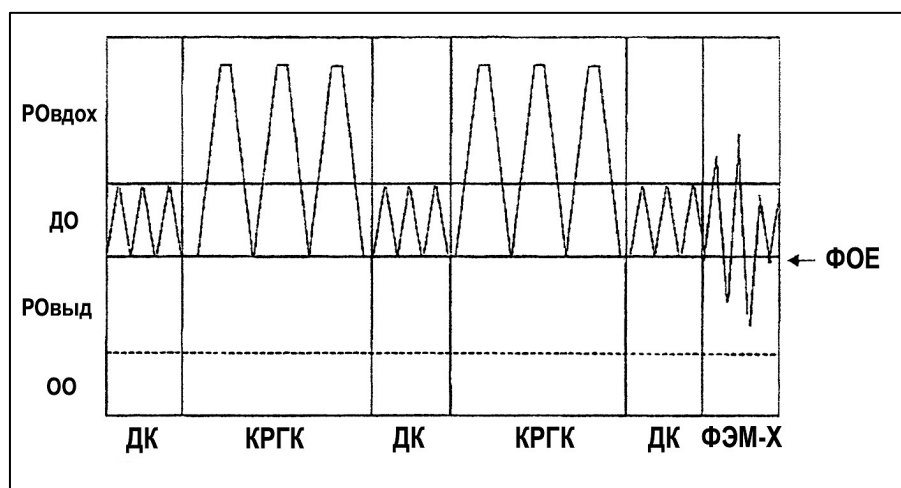


Рис. 09. Дыхательные объёмы в период активного циклического дыхания. Обозначения: РОВдох – резервный объем вдоха; ДО – дыхательный объем; РОвыд – резервный объем выдоха; ОО – остаточный объем; ФОЕ – функциональная остаточная ёмкость; ДК – дыхательный контроль; КРГК – контроль расширения грудной клетки; ФЭМ-Х – форсированный экспираторный манёвр с хаффингом. (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210 – 1221).

Техника ФЭМ-Х состоит из 1–2 форсированный выдохов или «хаффингов», комбинированных с периодом ДК (таб. 3). Выполняется обычный вдох с задержкой или без задержки дыхания на 1–3 секунды. После этого, выполнить резкий выдох, используя мышцы живота и груди, с открытым ртом и с открытой голосовой щелью.

Таблица 3.

ПРОЦЕДУРА АКТИВНОГО ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЫХАНИЯ (АЦД)

Описание действия над пациентом.	
1	Пациент должен находиться в расслабленном состоянии в положении сидя, а при невозможности, в положение полусидя по Фаулеру.
2	Проведите несколько минут расслабленного диафрагмального дыхания (техника ДК).
3	Выполните 3–4 активных глубоких вдоха с пассивным расслабленным выдохом (техника КРГК).
4	Выполните расслабленное диафрагмальное дыхание (техника ДК).
5	При ощущениях наличия секрета в верхних отделах дыхательных путей, выполните 2–3 «хаффинга» (техника ФЭМ-Х) начиная с малых объёмов. Затем выполните 2–3 «хаффинга» (техника ФЭМ-Х) большим объёмом (для очистки от слизи проксимальных отделов бронхов). Далее следует расслабленное диафрагмальное дыхание (техника ДК).
6	Повторите цикл 2–4 раза, в зависимости от переносимости.

«Хаффинг» должен выполняться активно, но без агрессивного, взрывного выдоха. Он выполняется с большими объёмом вдоха (РОВдох), после которого следует обычный объём выдоха (РОВыд).

Манёвр начинается при равных точках давления и среднем лёгочном объёме. Затем, динамическая точка сжатия перемещается на периферию. Это вызывает соответствующие изменения линейной скорости воздушного потока и создаёт краниальное воздухоносное смещение слизи. При последующих «хаффингах», манёвр начинается при равных точках давления, но при значительно большем лёгочном объёме. После смещения динамической точки сжатия на периферию это создаст условие для более выраженного краниального воздухоносного смещения слизи. Такой цикл может быть визуализирован как «доение коровы» (аналогично движению рук доярки в момент дойки коровы). Именно он заставляет слизь двигаться в сторону центральных воздухоносных путей, для лёгкой её экспекторации. Механическая компрессия грудной клетки в период выдоха может быть использована для оптимизации экспираторных усилий при «хаффинге» и кашле. Однако, такие эффекты не были до конца изучены.

Процедуре АЦД можно научить широкий круг больных и легко адаптировать ее для пациентов с различными заболеваниями. АЦД можно скорректировать индивидуально для каждого пациента. Например, пациенты с продукцией большого объёма слизи, но без выраженной гиперреактивности бронхов, ателектазов, множественных «слизистых пробок»

или закупорки мелких дыхательных путей могут использовать АЦД, состоящую из (ДК)+(КРГК)+(ДК)+(ФЭМ-Х) (рис. 10).

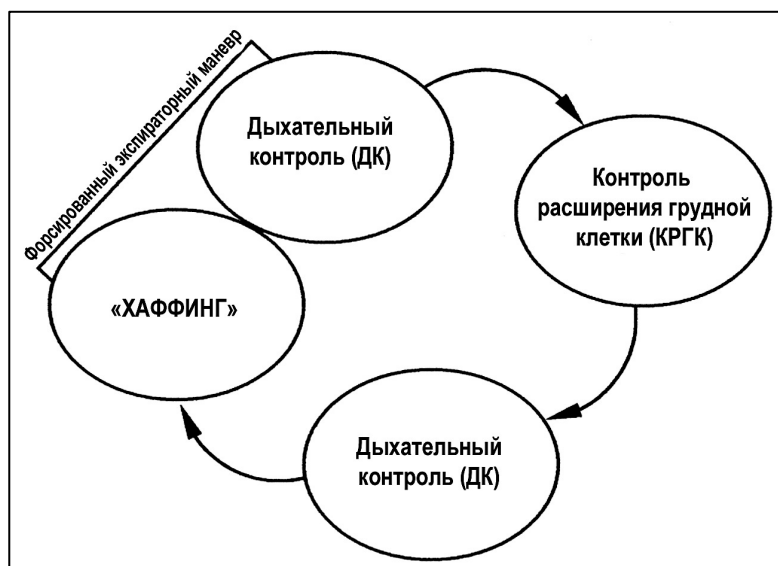


Рис. 10. Схема процедуры АЦД, состоящей из небольшого числа дыхательных техник. Обозначения: ДК – техника дыхательного контроля; КРГК – техника контроля расширения грудной клетки; «Хаффинг» - техника форсированного выдоха с открытой голосовой щелью с воспроизведением звука «хаффа». (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210 –1221).

У пациентов с бронхоспазмом и обструкцией ДП выгоднее использовать продолжительные эпизоды дыхательного контроля (рис. 11).

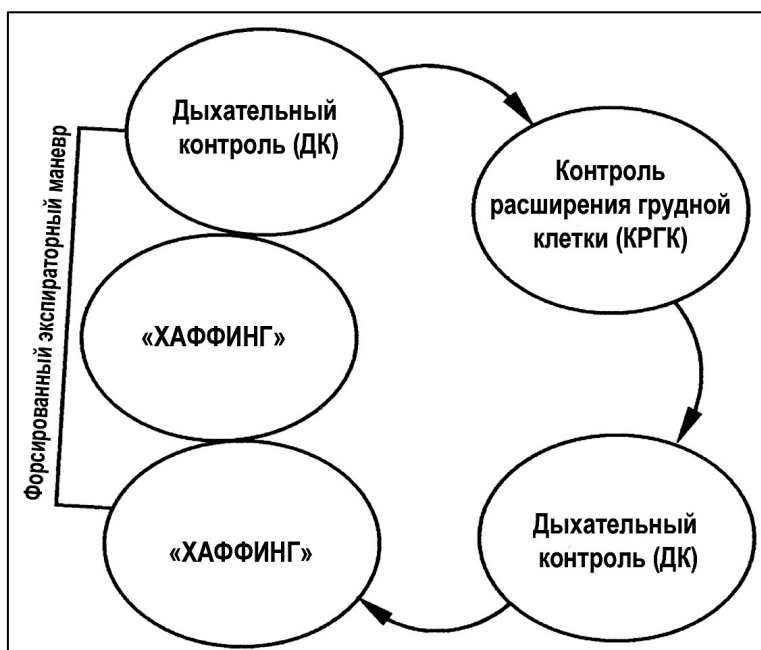


Рис. 11. Схема процедуры АЦД, состоящей из среднего числа дыхательных техник. Обозначения: ДК – техника дыхательного контроля; КРГК – техника контроля расширения грудной клетки; «Хаффинг» - техника форсированного выдоха с открытой голосовой щелью с воспроизведением звука «хаффа». (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. // Respir Care 2007;52(9):1210 –1221).

У пациентов с закупоркой дыхательных путей слизью, ателектазами, некоторыми рестриктивными заболеваниями лёгких, особенно полезными признаются длинные циклы с многократно повторяющимися техниками (рис. 12). Несмотря на то, что клинической эффективностью проводимой терапии является очевидное изменение аускультативной картины легких, на сегодняшний день не хватает рандомизированных клинических исследований с доказательствами преимуществ данных стратегий у различных групп пациентов.

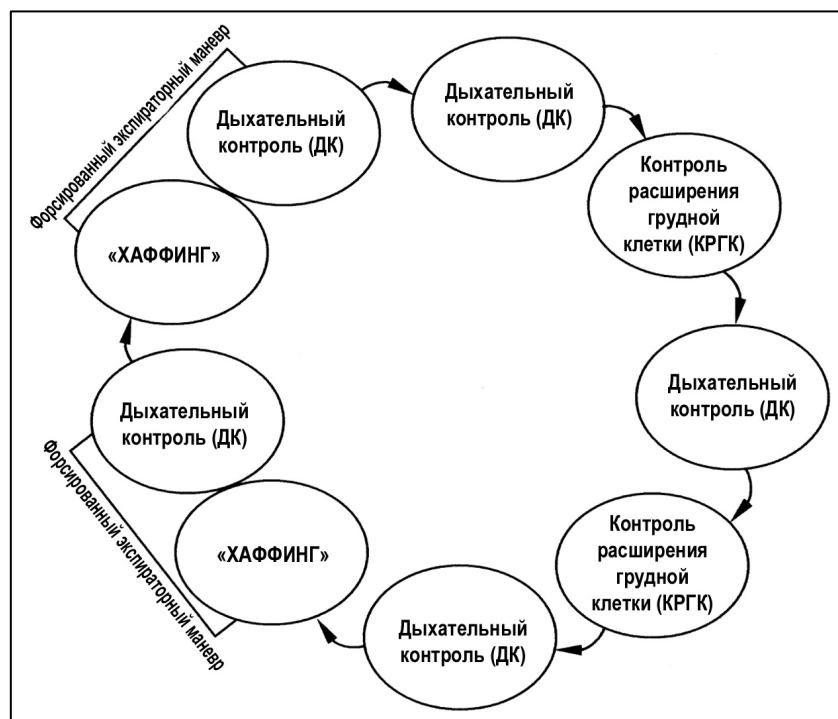


Рис. 12. Схема процедуры АДЦ, состоящей из большого числа дыхательных техник. Обозначения: ДК – техника дыхательного контроля; КРГК – техника контроля расширения грудной клетки; «Хаффинг» - техника форсированного выдоха с открытой голосовой щелью с воспроизведением звука «хаффа». (Адаптировано из James B Fink. Forced Expiratory Technique, Directed Cough, and Autogenic Drainage. Respir Care 2007;52(9):1210 –1221).

Метод АЦД должен быть комфортным и не изнуряющим. Его можно применять в любой позиции тела, в зависимости от потребностей терапии. Терапия в положении сидя более эффективна по сравнению с другими позициями. У ряда пациентов, могут применяться другие позиции. Доказано, что горизонтальное положение, положение лёжа на боку, положение вниз головой одинаково эффективны, при проведении процедуры АЦД (Cecins et. al, 1999). Гибкость схемы (количество «хаффинга», продолжительность периодов контроля дыхания, количество циклов контроля за расширением грудной клетки) позволяет индивидуализировать объем и эффективность процедуры. АЦД повторяется, пока «хаффинг» не становится «сухим» или непродуктивным.

Общее время терапии составляет от 10 до 30 минут. Врач или пациент самостоятельно могут подобрать наиболее подходящий режим, позицию, продолжительность, количество

процедур в день, необходимые для эффективной терапии. Режим АЦД может гибко меняться: от процедуры к процедуре, а также во время обострений лёгочного заболевания.

Исследования метода АЦД установили, что он является эффективной техникой очистки дыхательных путей (Pryor et. al, 1979; Wilson et. al, 1995). Интересно, что его эффективность не увеличивалась при добавлении положительного давления на выдохе (PEP-терапия) (Hofmeyr et. al, 1986), флаттера (Flutter®) (Pryor et. al, 1994; Pike et. al, 1999), механической перкуссии (Pryor et. al, 1981) или высокочастотной вибрации грудной клетки (Osman et. al, 2008). Было показано улучшение функции лёгких (ОФВ1) при использовании метода АЦД (Webber et. al, 1986), без наступления или увеличения гипоксемии (Pryor et. al, 1990). При годичном применении метода АЦД, волновой PEP-терапии и осцилляционной PEP-терапии были достигнуты одинаковые результаты мобилизации мокроты и очистки дыхательных путей (Pryor et. al, 2006).

Показания к проведению метода АЦД:

1. Непродуктивный кашель (без экспекторации мокроты);
2. Пациент нуждается в дополнительной помощи для мобилизации секрета;
3. Ателектазы, происходящие от неэффективного кашля;
4. Ведение пациентов после выполнения абдоминальной и грудной хирургии (послеоперационное);
5. Хроническая гиперсекреция слизи;
6. Отсутствие кашлевого рефлекса.

Противопоказания к проведению метода АЦД носят относительный характер и не являются клинически значимыми.

С осторожностью следует применять метода АЦД при:

1. Парестезии или онемение конечностей;
2. Снижении коронарной перфузии;
3. Снижении церебральной перфузии;
4. Недержании мочи;
5. Усталости (различного генеза);
6. Головных болях (различного генеза);
7. Бронхоспазме;
8. Мышечных повреждениях или мышечном дискомфорте;
9. Спонтанном пневмотораксе, пневмомедиастинуме, подкожной эмфиземе;
10. Пароксизмах кашля;
11. Боли в груди;
12. Острых реберных или реберно-хрящевых переломах;
13. Послеоперационных болях или незаживших раневых поверхностях брюшной стенки и грудной клетки;
14. Анорексии, рвоте, и рвотных позывах;

15. Зрительных расстройств, включая кровоизлияние в сетчатку;
16. Смещении центральной линии живота;
17. Гастроэзофагеальной рефлюксной болезни.

4.3. Респираторные гимнастики и постуральный дренаж.

Различают различные типы респираторных упражнений и постуральный дренаж. Характер таких упражнений определяется локализацией патологического процесса. При выполнении дренажных упражнений зона поражения должна располагаться выше бифуркации трахеи, что создаёт оптимальные условия для оттока, отделяемого из поражённых бронхов и полостей. Принято выделять:

- **Статическое дыхание** – выполняют в различных исходных положениях без движения ног, рук и туловища, под их влиянием происходит урежение дыхания, нормализуется его ритмичность.
- **Динамическое дыхание** – дыхательные упражнения в сочетании с движениями, на вдохе – разведение или поднятие рук вверх, разгибание позвоночника, выпрямление ног на выдохе – приведение и опускание рук, наклоны туловища, сгибание ног, приседания. Упражнения увеличивают объём вентилируемой поверхности лёгких.
- **Статическое диафрагмальное дыхание** - «дыхание животом», наиболее интенсивно работает диафрагма, и помогают ей мышцы брюшного пресса (для контроля правильности выполнения упражнения одна рука кладётся на грудь, другая на живот).
- **Произвольно управляемое или локализованное дыхание** - на вдохе нужно стараться направить вдыхаемый воздух в определённые доли лёгких, в одну или обе верхние доли при верхнем грудном дыхании, при этом плечи и верхняя часть грудной клетки поднимаются, а на выдохе опускаются. При выполнении нижнего грудного дыхания руки кладутся на нижние рёбра, на вдохе следует направить вдыхаемый воздух в нижние доли лёгких, кисти рук при этом активно выталкиваются работающими межрёберными мышцами.
- **Специальные дыхательные упражнения** – усиливают вентиляцию отдельных долей или всего лёгкого для нормализации функции внешнего дыхания. Это достигается посредством механического сдавления грудной клетки на стороне тренируемого лёгкого, или в положении лёжа на противоположном тренируемому боку с подложенным валиком. При локализации процесса в нижней доле тренируют дыхание в верхних средних отделах путём ограничения экскурсии (сдавления) нижней доли лёгкого. Вентиляция нижних отделов достигается снижением экскурсии верхних и средних отделов лёгких, для этого выполняется статическое напряжение мышц плеча и руки.
- **Дыхательные упражнения с дозированным сопротивлением** – основное внимание уделяется стимуляции выдоха, что способствует более равномерной вентиляции при последующем вдохе. Для этого во время выдоха руками производятся вибрирующие

сдавления грудной клетки, с каждым вдохом степень воздействия на грудную клетку усиливается, достигая оптимальной величины. Место приложения рук рекомендуется менять каждые 2-3 дыхательных движения, располагая их на различных участках грудной клетки, области рёберной дуги и живота, что способствует усилению рецепции дыхательного аппарата.

Дренажные упражнения (статического и динамического характера), то есть **активный дренаж** направлен в основном на улучшение выведения мокроты, для этого выполняют упражнения для различных групп мышц, используя частую смену исходных положений и приёмы постурального дренажа:

1. при локализации процесса в верхней доле лёгкого – наиболее полное опорожнение полости достигается при выполнении упражнений в исходных положениях сидя и стоя.
2. при локализации процесса в средней доле или язычковом сегменте – в исходном положении лёжа на «здоровом» боку или на спине с подложенным под грудь валиком, ноги согнуты в коленных суставах и руками прижаты к животу.
3. при локализации процесса в нижних долях – в исходном положении лёжа на животе, «здоровом» боку, с поднятым ножным концом, свесившись с кушетки, стоя в глубоком наклоне на выпрямленных ногах.
4. дренажу нижних отделов лёгких наиболее способствуют физические упражнения, связанные с напряжением мышц брюшного пресса: сгибание ног в коленях и тазобедренных суставах при одновременном надавливании на живот; разведение и перекрёстное сведение выпрямленных приподнятых ног в положении лёжа на спине, движение обеими ногами «велосипед».

Частая смена исходных положений, активные движения, связанные с поворотами туловища, являются благоприятными факторами, улучшающие опорожнение гнойных полостей. После каждого упражнения надо откашливать мокроту!

Постуральный (позиционный) дренаж – метод заключается в приёме специально заданного исходного положения тела, направленного на отток экссудата по дыхательным путям по принципу «жёлоба», зона поражения лёгких находится также выше места бифуркации трахеи. Мокрота при этом продвигается под воздействием силы тяжести к месту разветвления трахеи, где наиболее высокая чувствительность кашлевого рефлекса, и в результате возникновения непроизвольного рефлекторного кашля выводится из дыхательных путей, повышается продуктивность кашля.

В начале лечения дренажное положение принимается на 5-10 минут, время пребывания в этом положении нужно увеличивать постепенно. Если отделяемого много и больной привык к дренажному положению, дренирование можно продолжать до 30-40 минут. Чтобы избежать затекания, отделяемого в здоровое лёгкое, процедуру дренирования нужно заканчивать дренажом здорового лёгкого. Постуральный дренаж должен быть прерван, если

во время процедуры возникает значительная одышка или удушье. Принято выделять постуральный дренаж правого и левого лёгкого (рис 13).

Постуральный дренаж правого лёгкого:

1. дренирование переднего сегмента верхней доли лёгкого – в положении сидя, отклонившись назад;
2. дренирование заднего сегмента - в положении сидя, наклонившись вперёд;
3. дренирование верхушечного сегмента – в положении сидя, наклон влево;
4. дренирование средней доли – в положении лёжа на спине, подтянув ноги к груди и откинув голову назад, или в положении на левом боку при поднятом ножном конце кушетки и опущенном правом плече;
5. дренирование правой нижней доли лёгкого – в положении на левом боку, с прижатой к груди левой рукой, ножной конец кушетки поднят на 40см.

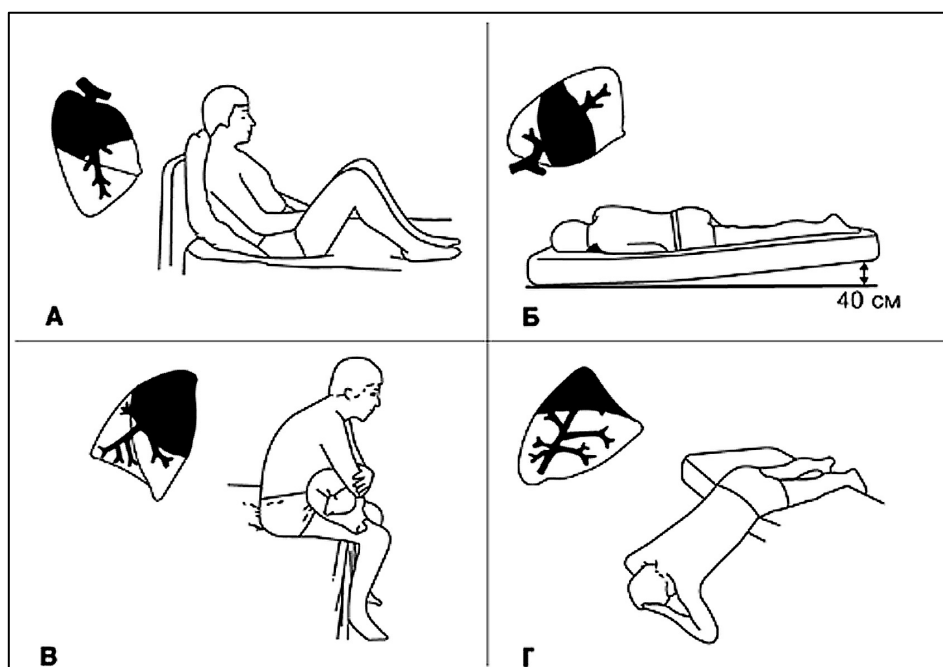


Рис. 13. Схема техники проведения постурального дренажа. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Малявин А.Г., Епифанов В. А., Глазкова И. И. Реабилитация при заболеваниях органов дыхания. «ГЭОТАР-Медиа» 2010 г. - с. 256-267).

Постуральный дренаж левого лёгкого:

1. дренирование переднего сегмента верхней доли – в положении сидя с наклоном назад;
2. дренирование заднего сегмента – в положении сидя с наклоном вперёд;
3. дренирование верхушечного сегмента – в положении сидя, наклон вправо;
4. дренирование нижних сегментов верхней доли – в положении на правом боку с опущенным левым плечом, согнутая правая рука прижата к груди, левая нога согнута в коленном суставе;
5. дренирование нижних сегментов левой нижней доли – в положении на правом боку, рука прижата к груди, ножной конец кушетки приподнят на 40 см при повороте

вперёд отток осуществляется из заднего сегмента. Положение на боку способствует дренированию бокового сегмента.

Обязательное условие для отделения мокроты во время процедуры постурального дренажа – удлинённый форсированный выдох, чтобы создать мощный воздушный поток, который «увлекает за собой» бронхиальный секрет. Вибрационный массаж или лёгкое поколачивание во время выдоха способствуют отхождению мокроты.

Повысить эффективность постурального дренажа могут предварительные аппликации теплоносителей (лечебные грязи, парафин, озокерит) и облучение значимой зоны лёгкого электромагнитными волнами дециметрового диапазона за счёт теплового разжижения мокроты и стимуляции локальной гемодинамики.

Показания к постуральному дренажу и респираторной гимнастике:

1. Заболевания, при которых образуется мокрота;
2. ХОБЛ;
3. Хронический обструктивный бронхит;
4. Пневмония в стадии разрешения;
5. Бронхоэктазы;
6. Абсцессы лёгких.

Постуральный дренаж и респираторная гимнастика противопоказаны при:

1. Лёгочном кровотечении (но не при кровохаркании);
2. Остром инфаркте миокарда;
3. Выраженной сердечно-сосудистой недостаточности
4. Инфаркте лёгкого;
5. Тромбоэмболии лёгочной артерии;
6. Гипертоническом кризе;
7. Гипертонической болезни 2 - 3 стадии;
8. Любых заболеваниях и состояниях, при которых следует ограничить или исключить положение тела с опущенной головой и верхней частью туловища (глаукома, катаракта, головокружения, ожирение 3-4 степени, цереброваскулярная болезнь и т.п.)

Звуковая гимнастика.

Звуковая респираторная гимнастика – специальные упражнения, заключающиеся в произнесении определённых звуков и их сочетаний строго определённым способом, при этом вибрация голосовых связок передаётся на гладкую мускулатуру бронхов, лёгкие, грудную клетку, расслабляя спазмированные бронхи и бронхиолы. Сила вибрации зависит от силы воздушной струи, возникающей при произнесении тех или иных звуков, этот факт используется для тренировки дыхательных мышц, и более всего – диафрагмы. По силе воздушной струи и вибрации все согласные звуки подразделяются на три группы:

- **максимальная сила** возникает при произнесении глухих согласных (П, Т, К, Ф, С), соответственно требуется и наибольшее напряжение мышц грудной клетки и диафрагмы.
- **среднее по силе** напряжение развивается при произнесении звонких согласных (Б, Д, Г, В, З).
- **наименьшая сила** воздушной струи при произнесении так называемых сонант (М, Н, Л, Р).
- **специальные согласные звуки**:
 - жужжащие (Ж, З).
 - свистящие и шипящие (С, Ф, Ц, Ч, Ш).
 - рычащий (Р).

Основная цель звуковой гимнастики - выработать соотношение вдоха и выдоха 1:2.

Показания к звуковой гимнастике:

Заболевания дыхательных путей, сопровождающиеся бронхоспазмом.

Правильная техника звуковой гимнастики:

1. Вдох через нос, продолжительностью 1-2с, пауза – 1с, активный выдох через рот 2-4с, снова пауза 4-6с. Выдох должен быть в два раза больше вдоха. При таком соотношении дыхательных движений происходит наиболее полный газообмен в альвеолах и полное смешение вдыхаемого воздуха с альвеолярным.
2. Все звуки следует произносить строго определённым образом, в зависимости от цели гимнастики.
3. При БА жужжащие, рычащие, шипящие звуки произносятся громко, энергично, «возбуждающе».
4. При ХОБЛ и хроническом обструктивном бронхите с выраженной дыхательной недостаточностью те же звуки произносятся мягко, тихо, можно шепотом - «успокаивающе».
5. Занятие начинают с «очистительного выдоха» - ПФФ – произносят через губы, сложенные в трубочку.
6. «Очистительный выдох» производят до и после каждого звукового упражнения.
7. Второе обязательное упражнение – «закрытый стон» - МММ – выполняют сидя, наклонившись вперёд, положив кисти на колени ладонями вниз.
8. При выполнении комплексов звуковых упражнений через 2-3 занятия следует вводить постепенно гимнастические упражнения.
9. Продолжительность занятий – начиная с 5-6 мин., в дальнейшем постепенно увеличивая время занятия, но не превышая 25 -30 мин. 2-3 раза в день.
10. Проводить занятия желательно до приёма пищи, или через 1,5-2 часа после еды.

Респираторная гимнастика (пранаяма).

К традиционным методикам респираторной гимнастики, создающей навыки полного дыхания в сочетании с формированием правильного дыхательного стереотипа, относят йоговское упражнение пранаяма, в основе которого лежит последовательная и максимально полная вентиляция различных участков лёгких с возможной нормализацией вентиляционно-перфузионных отношений.

Методика проведения пранаямы:

1. Исходное положение - сидя на стуле с прямой и опирающейся на спинку стула спиной, руки на коленях, голова не наклонена (горделивая осанка);
2. Перед началом упражнений необходимо расслабить грудную клетку, подняв плечи и затем расслабленно опустив их кзади и назад;
3. Вдох через нос при слегка напряжённой носоглотке (втягивание воздуха как при принюхивании);
4. В первую фазу вдоха вентилируются нижние отделы лёгких. Для этого при сокращении и опущении диафрагмы передняя брюшная стенка выдвигается вперёд;
5. Затем плавно без задержки вентилируются верхние отделы лёгкого. Для этого во вторую фазу вдоха за счёт работы межрёберных мышц расширятся грудная клетка. Максимальный вдох по возможности осуществляется без заметных усилий со стороны дополнительной дыхательной мускулатуры;
6. Выдох осуществляется не форсировано, пассивно под тяжестью грудной клетки через неплотно сомкнутые или вытянутые в трубочку губы (эффект «проколотой шины»);
7. Необходимо совершать по 20-30 вдохов 3 раза в день.

На этапе обучения респираторную гимнастику целесообразно проводить перед зеркалом. При этом одну руку следует располагать в области грудины, а другую – на поверхности верхней части живота.

Ошибочной следует признать стремление отдельных энтузиастов абсолютизировать возможности методики пранаямы, а также ряда других «авторских» методик респираторной гимнастики сделать её монопольной реабилитационной методикой при респираторных заболеваниях (Малявин А.Г., 2006; Малявин А.Г., Епифанов В.А., Глазкова О.И., 2010)

5. ГИПЕРИНФЛЯЦИОННАЯ ИЛИ ОБЪЕМ-РАСШИРЯЮЩАЯ ТЕРАПИЯ

5.1. Инспираторная терапия с перемежающимся давлением (ИТПД).

Инспираторная терапия (терапия вдоха) с перемежающимся давлением (ИТПД) представляет собою вариант физиотерапии с избыточным давлением у пациентов с сохраненным дыхательным контролем, проводимая коротким сеансом для тренировки «вдоха» пациента (контроль дыхательного объёма и потока) и расправления лёгочной ткани.

ИТПД-терапия осуществляется с помощью 2-х типов респираторных устройств, называемых «мотивирующие вдох спирометры» (МВС), воздействующих высокой частотой

потока или объёмом воздуха на дистальные дыхательные пути пациента в период вдоха (рис 14):

1. потоковые спирометры (CliniFlo, Portex, Tri-Flo)

2. объёмные спирометры (Coach, Voldyne)

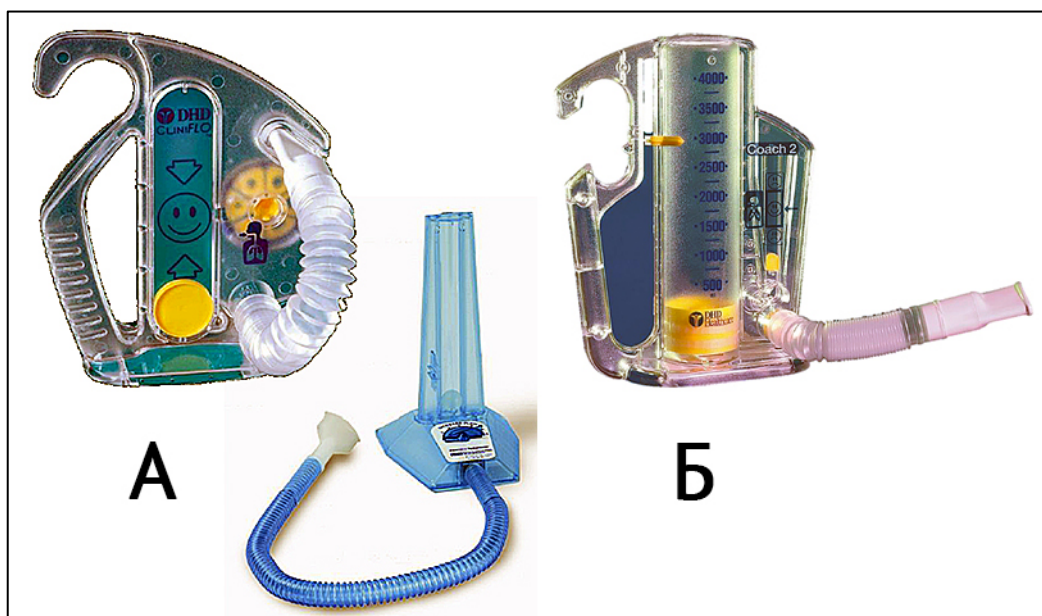


Рис. 14. Мотивирующие вдох спирометры, воздействующие высокой частотой потока (А) или объёмом воздуха (Б) на дыхательные пути пациента (Адаптировано из Tomich GM. et. al, Brz J Med Biol Res 2007).

Мотивирующие вдох спирометры (МВС) помогают поддерживать дыхательные пути пациента открытыми в период вентиляции лёгких. У пациентов с суженными или закупоренными дыхательными путями они позволяют: а) устранить воздушную ловушку; б) предотвратить или устранить ателектаз; в) мобилизовать накопившийся секрет.

Главные физиологические эффекты МВС связаны с усилением коллатеральной вентиляции, снижением альвеолярных коллапсов, увеличением времени постоянства «альвеолярной открытости».

В соответствии с клиническим руководством по проведению ИТПД-терапии с помощью МВС (AARC clinical practice guideline: incentive spirometry: 2011. Respir Care 2011 Oct; 56(10):1600-4) принято выделять чёткие показания и противопоказания к проведению метода.

Показания для проведения метода:

1. Предоперационный скрининг пациентов с высоким риском послеоперационных осложнений для установления базовых значений воздушного потока и/или объёма (Agostini et al., 2008; Kips, 1997; Larson et al., 2009).
2. Для уменьшения случаев послеоперационных лёгочных осложнений, когда эффективно сочетать ежедневные сеансы ИТПД-терапии с упражнениями по глубокому дыханию,

процедурами АЦД, методом ранней активации пациента и оптимальным обезболиванием.

3. Наличие ателектаза лёгких или клинического состояния, предрасполагающего к развитию лёгочного ателектаза, при:
 - верхней абдоминальной и/или торакальной хирургии (Westwood et al., 2007);
 - нижней абдоминальной хирургии (Parrachen et al., 2006);
 - длительном постельном режиме;
 - хирургическом вмешательстве у пациентов с ХОБЛ;
 - плохом контроле болевого синдрома (Bellet et al., 1995);
 - наличие торакальных или абдоминальных послеоперационных швов или повязок;
 - рестриктивные лёгочные нарушения ассоциированные с дисфункцией диафрагмы или респираторной мускулатуры;
 - пациенты с инспираторной ёмкостью $\leq 2,5$ литра (Weindler & Kiefer, 2001);
 - пациенты с нейромышечными заболеваниями;
 - пациенты с повреждением спинного мозга (Chureemas & Kovindha, 1992)
4. ИТПД-терапия с использованием МВС может предотвратить ателектаз, связанный с «острым грудным синдромом» (острыми болями в грудной клетке, связанными с инфарктом легкого на почве пневмонии (чаще всего хламидийной) или серповидно клеточной анемией) (Bellet et al., 1995; Hsu, Batts, & Rau, 2005);
5. У пациентов, перенёсших аортокоронарное шунтирование (Yáñez-Brage et al., 2009):
 - использование метода МВС и РЕР-терапии может значительно улучшить лёгочную функцию и результаты 6-ти минутного нагрузочного теста, уменьшить случаи послеоперационных осложнений (Haeffener et al., 2008; Ferreira et al., 2010)

Противопоказания для проведения метода:

1. Лица не подверженные обучению (возраст, память, движение) или неправильно использующие технические устройства;
2. Пациенты плохого взаимодействия с врачом (не могут понять или правильно использовать устройства МВС):
 - а. очень молодые пациенты или пациенты с задержкой развития;
 - б. пациенты с нарушением сознания или делирием;
 - с. пациенты с сильной седацией или находящиеся в коме.
3. Пациенты, неспособные сделать глубокий вдох из-за боли, мышечной дисфункции, или анальгезии опиатами (Wilkins, 2005);
4. Пациенты, неспособные развить адекватную жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ <10 мл/кг) или имеющие низкую ёмкость вдоха ($E_{вд} < 33\%$ от должных величин) (Wilkins, 2005).

С осторожностью следует применять метод у пациентов при:

1. Гипервентиляции и/или респираторном ацидозе;
2. Вторичной гипоксемии, плохо контролируемой кислородотерапией;
3. Усталости скелетной и дыхательной мускулатуры;
4. Болях различного генеза (особенно хронического характера).

Ожидаемыми результатами являются:

1. Разрешение или клинические признаки расправления ателектаза:
 - уменьшение частоты дыхания;
 - отсутствие лихорадки;
 - нормальная частота пульса;
 - улучшение ослабленного или отсутствующего дыхания;
 - улучшение рентгенологической картины;
 - улучшение напряжения артериальной крови кислородом (P_{aO_2}), сатурации крови (SpO_2), уменьшение потребности в терапии с повышенной кислородной фракцией ($FiO_2 > 40\%$)
2. повышение дыхательного объема на 25% от исходных величин, значений ОФВ1 и максимальной объемной скорости выдоха (МОСвд);
3. повышение эффективности кашля и улучшение дренажа мокроты;

Как любой метод физиотерапии, МВС имеет свои преимущества и ограничения (таб. 4)

Таблица 4.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ МВС

Преимущества	Ограничения
Цена метода: не требуется дополнительный медицинский персонал	Процедура должна выполняться правильно, требует обучения.
Устройство предназначено для одного пациента: пластик не подлежит серьезной дезинфекции	Необходима мотивация пациента: обучение со специалистом
Простой алгоритм использования	Проблемный у пациентов, которые не могут сделать глубокий вдох
Пациент выполняет процедуру самостоятельно	Не уменьшает гиперинфляцию (перераздутие) лёгких
Нет значимых побочных эффектов	Возможно неверное использование при отсутствии инструктажа и обучения
Может предотвратить или остановить развитие ателектаза	

Как уже говорилось выше, основные физиологические эффекты МВС связаны с усилением коллатеральной вентиляции, уменьшением альвеолярных коллапсов,

увеличением времени постоянства «альвеолярной открытости». Рассмотрим эти механизмы детальнее.

Усиление коллатеральной вентиляции.

В лёгких существует так называемая коллатеральная вентиляция, которая позволяет в случае закупорки бронхов осуществлять дыхание за счёт наличия в лёгких дополнительных, запасных путей между долями, сегментами, ацинусами. До 30-40% воздуха может поступать в альвеолы за счёт коллатеральной вентиляции.

В альвеолярной стенке имеются поры Кона ($D=10$ мкм). Между отдельными ацинусами есть сообщения, которые начинаются от альвеолярных ходов одного ацинуса и заканчиваются в альвеолярном мешке другого ацинуса. Инспираторные бронхиолы одного сегмента могут соединяться с терминальными бронхиолами соседнего сегмента (бронхиоло-альвеолярные коммуникации Ламберта, межбронхиальные сообщения Мартина) (рис. 15). В целом считается, что респираторные бронхиолы являются основой коллатеральной вентиляции лёгких.

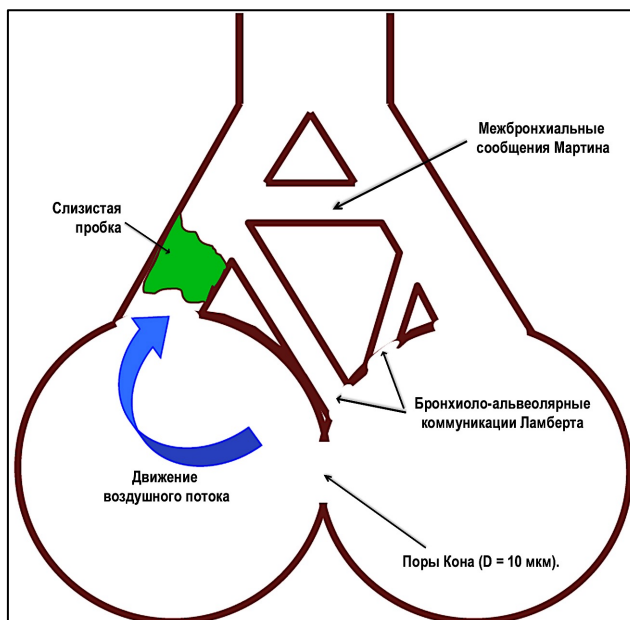


Рис. 15. Схема коллатеральной вентиляции лёгких. Стрелками обозначены: слизистая пробка, поры Кона, коммуникации Ламберта, сообщения Мартина. Наличие данных соустьев позволяет при закупорке бронха обеспечивать резервную вентиляцию/газообмен. (Адаптировано из Hantos, Z. et al. J Appl Physiol 2004).

Газообмен наиболее эффективен, если альвеолярная вентиляция и капиллярная перфузия распределены равномерно по отношению друг к другу. Но альвеолы не всегда вентилируются равномерно, даже в здоровом лёгком. В норме вентиляция обычно осуществляется преимущественно в верхних отделах лёгких, в то время как перфузия — преимущественно в нижних. Таким образом, незначительная степень вентиляционно-перфузионной неравномерности может быть зарегистрирована у здорового человека на

высоте уровня моря. Вентиляционно-перфузионное распределение становится более равномерным при физической нагрузке.

Размеры альвеолярного пространства таковы, что смешивание газа в альвеолярной единице происходит практически мгновенно как при нагрузке, так и в покое, вследствие дыхательных движений, кровотока и движения молекул (диффузии). В норме региональные различия в размерах альвеол сравнительно малы. Изменения объёма альвеолы в 3 раза вызывает изменение ее радиуса в 1,5 раза. При эмфиземе же альвеолы могут увеличиваться в объёме до 10 раз.

Неравномерность альвеолярной вентиляции обусловлена и гравитационным фактором – разницей транспульмонального давления в верхних и нижних отделах грудной клетки (апикобазальным градиентом). В вертикальном положении в нижних отделах это давление выше примерно на 8 см H_2O . (8 мбар). Апикобазальный градиент всегда присутствует независимо от степени воздухо наполненности лёгких и в свою очередь определяет наполнение воздухом альвеол в разных отделах лёгких.

Проведение процедур ИТПД – терапии с использованием МВС – устройств связано с физическим усилием, расправляющим и перераспределяющим объем поступающего воздуха в дыхательные пути и альвеолы. Нагрузка стимулирует альвеолярное смешивание путём повышения потока вдыхаемого воздуха и возрастания кровотока. Так, при физической нагрузке, повышение транспорта O_2 и CO_2 приводит к повышению их градиентов концентраций, которые способствуют «альвеолярной стратификации» (затрудняют газообмен и формируют дополнительное препятствие диффузии между газовой фазой и кровью).

Таким образом, применение МВС позволяет существенно усиливать коллатеральную вентиляцию и кровоток, что клинически выражается в расправлении ателектазов легких и нормализации газообменной функции.

Уменьшение альвеолярных коллапсов и увеличение времени постоянства «альвеолярной открытости».

Феномен коллатеральной вентиляции, впервые описанный Алленом и Юнгом в 1931г., очень важен для нормального функционирования легких, особенно когда поражены мелкие дыхательные пути вследствие болезни бронхов. В таких случаях, функция альвеол при окклюзии дыхательных путей поддерживается с помощью коллатеральной вентиляции. Усиление коллатеральной вентиляции уменьшает альвеолярные коллапсы, расправляет лёгкое и нормализует вентиляционно-перфузионное соотношение (рис. 16). Такое воздействие называют «**манёвром рекрутмента**» - преднамеренным динамическим процессом повышения транспульмонального давления, целью которого является полное открытие нестабильных безвоздушных (коллапсированных) альвеол.

Транспульмональное давление (PI), необходимое для возникновения воздушного потока и расправления альвеол, может быть рассчитано как разница между альвеолярным давлением

($P_{\text{альвеол}}$) и плевральным давлением ($P_{\text{плеврал}}$). Следовательно, повышение альвеолярного давления или снижение плеврального приведёт к повышению транспульмонального давления, необходимого для открытия спавшихся альвеол.

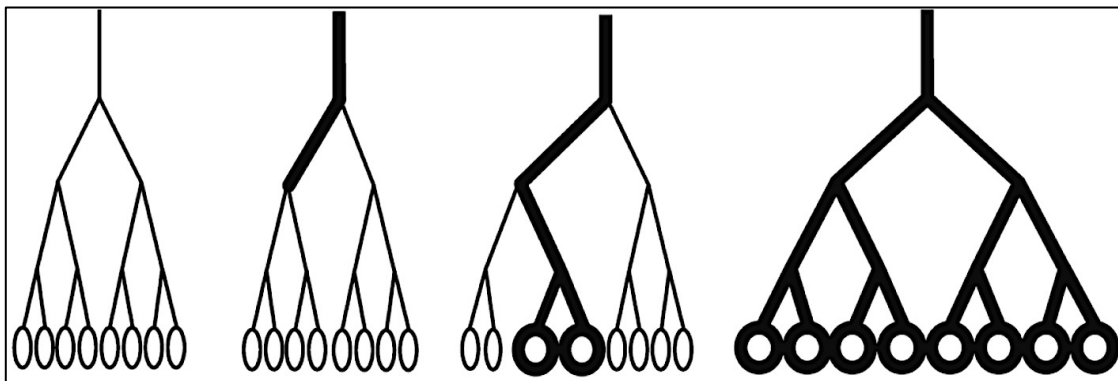


Рис. 16. Схема уменьшения альвеолярных коллапсов. Расправление воздухом альвеол происходит через поры Кона, коммуникации Ламберта, сообщения Мартина. Наличие данных соустьев позволяет при закупорке бронха обеспечивать резервную вентиляцию/газообмен. (Адаптировано из Hantos, Z. et al. J Appl Physiol 2004).

Таким образом, применение МВС позволяет существенно увеличить рекрутирование альвеол (увеличить время альвеолярной открытости и уменьшить коллапсируемость), что клинически выражается в расправлении ателектазов лёгких и восстановлении газообмена в лёгких.

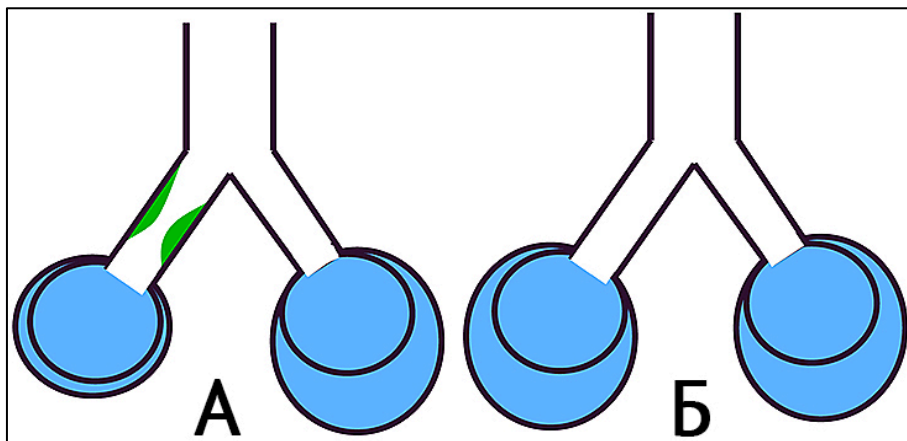


Рис. 17. Схема увеличение времени постоянства «альвеолярной открытости». Расправленные воздухом альвеолы стабильно (длительное время) рекрутированы в газообмен (Б), в то время как при закупорке бронха слизью (А) длительность рекрутирования сильно варьирует на вдохе и выдохе. (Адаптировано из Hantos, Z. et al. J Appl Physiol 2004).

Изучение респираторной функции при назначении различного рода дыхательных техник и устройств было исследовано в работе Tomich с соавт. (Brazilian Journal of Medical and Biological Research (2007) 40: 1409-1417) на примере сравнения процедуры АЦД, и 2-х видов МВС устройств («TriFlo» – потоковый МВС; «Coach» – объемный МВС) у 26 здоровых добровольцев. Респираторная функция оценивалась по параметру V_t (ДО) – дыхательный

объем (мл); RF (ЧДД) – частота дыхательных движений (дых/мин); VE (МОД) – минутный объем дыхания (л/мин); Ti (ВВ) – время вдоха (с); Vt/Ti (ЦД) – оценка активности дыхательного центра (центрального драйва) (мл/с) (таб. 5).

Открытие ателектазированных альвеол приводило к увеличению функционального остаточного объема лёгких, улучшая газообмен и ослабляя повреждение лёгких. Важным компонентом в оценке «манёвра рекрутмента» являлось увеличение времени постоянства «альвеолярной открытости» (рис. 17).

Таблица 5.

РЕСПИРАТОРНАЯ ФУНКЦИЯ И МВС-УСТРОЙСТВА

ПАРАМЕТР	АЦД	TriFlo (поточковый)	Coach (объёмный)
Vt (ДО) (мл)	1475	1268*	1738
RF (ЧДД) (дых/мин)	7,9	14,1*	8,1
VE (МОД) (л/мин)	11,3	18,5*	13,4
Ti (ВВ) (сек)	3,7	1,8*	4,0
Vt/Ti (ЦД) (мл/сек)	439	761*	520

* p < 0,05

Было установлено, что имеются достоверные различия в результатах проведения методик МВС на разных устройствах. Следует обратить внимание на то, что потоковые устройства («TriFlo» – потоковый МВС) имеют достоверные (p<0,05) различия от объёмных устройств («Coach» – объёмный МВС), а именно:

1. для эффективной работы потоковые устройства требуют низкого дыхательного объёма, повышенной частоты дыхания и быстрого вдоха (в сравнении с АЦД). При этом активность дыхательного центра является высокой, что связано с гиперкапническим типом дыхательного паттерна.
2. для эффективной работы объёмные устройства требуют большого дыхательного объёма, нормальной частоты дыхания и обычного вдоха (в сравнении с АЦД). При этом активность дыхательного центра является умеренной, сопоставимой с таковой при АЦД, что говорит о нормокапническом типе дыхательного паттерна.

Возможно сделать несколько простых выводов об уместности назначения различных типов МВС устройств. Так, МВС «поточкового типа» (CliniFlo, Portex, Tri-Flo), уместно назначать у пациентов с ослабленным дыхательным драйвом и склонных к редкой ЧДД (рестриктивный тип ДН с нормокапническим рисунком дыхания, пациенты с нейромышечными заболеваниями, послеоперационные пациенты без обструктивной лёгочной патологии). В отличие от первых, МВС «объёмного типа» (Coach, Voldyne), станут эффективными у пациентов с обструктивными заболеваниями лёгких, когда требуется контроль за дыхательным объёмом, дыхательной частотой, минутным объёмом дыхания. Это важно знать, чтобы не создавать у склонных к гиперкапнии и воздушной ловушке пациентов

условия для гиперкапнического типа дыхательных нарушений (ХОБЛ, эмфизема лёгких, хронический обструктивный бронхит). Предлагаемый алгоритм использования МВС у пациентов различных групп приведён в приложении 1.

6. ТЕРАПИЯ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ (РАР-ТЕРАПИЯ).

6.1. Устройства для создания экспираторного давления (РЕР-терапия).

Впервые РЕР-терапия была использована в Дании в 1970-х, как система низкого положительного давления конца выдоха. РЕР-терапия высокого давления впервые была разработана в Австрии, в качестве основной терапии или дополнения к традиционным методам очистки дыхательных путей через обычный интерфейс – лицевую маску. Преимущества обеих видов РЕР-терапии заключались в мобилизации секрета и создании условий для его эвакуации посредством повышения внутригрудного давления в дистальных отделах, усиления коллатеральной вентиляции. Это повышало функциональную остаточную ёмкость лёгких (ФОЕ), предотвращало коллапсы ДП и выполняло «воздухоносное стентирование» мелких бронхов.

Основными типами устройств для РЕР-терапии являются:

- РЕР-устройства **низкого давления** (РЕР-маски, Thera РЕР-насадки);
- РЕР-устройства для **мышечной тренировки** (Threshold – МЕР);
- РЕР-устройства **высокого давления** или изменяющие отношение «давление – объем» (ЕzРАР).

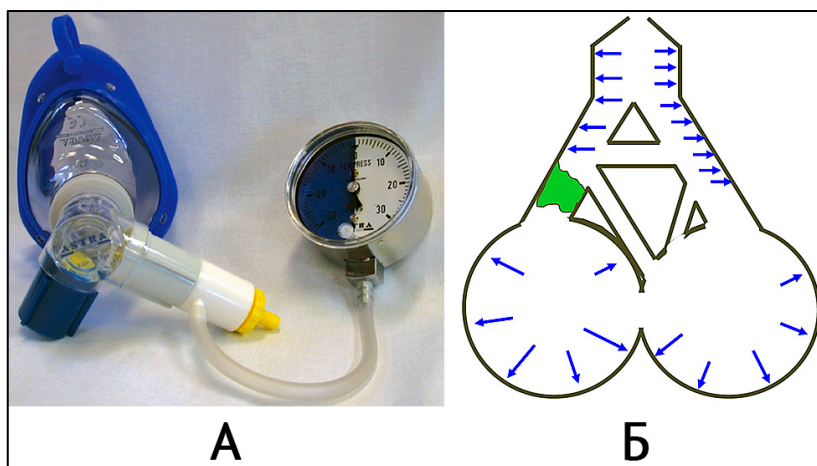


Рис. 18. Внешний вид РЕР-устройства (А) с манометром и схема действия положительного давления (Б) по расправлению альвеол и стабилизации просвета дыхательных путей. Расправленные воздухом альвеолы длительное время рекрутированы в газообмен. (Адаптировано из Osadnik CR et al. Thorax, 2014; 69 (2):137–43).

Основными физиологическими эффектами таких устройств являются: 1) снижение альвеолярных коллапсов; 2) увеличение времени постоянства «альвеолярной открытости»; 3) повышение коллатеральной вентиляции. Действие РЕР-устройств низкого давления и для мышечной тренировки основано на преодолении порогового сопротивления, создаваемого на выдохе (рис. 18, 19, 20).

Показания для проведения метода:

- «возвратная» мокрота, не реагирующая на спонтанный кашель;
- история легочных заболеваний с накоплением слизи, ранее успешно леченых методом постурального дренажа (включая манипуляции на грудной клетке);
- доказательства накопления секрета;
- уменьшение «воздушной ловушки»;
- прекращение или уменьшение ателектазов легких;
- оптимизация распределения аэрозоля при бронхорасширяющей терапии.

Отбор пациентов для рер-терапии:

1. пациенты с муковисцидозом;
2. пациенты с бронхоэктатической болезнью и бронхоэктазами легких;
3. пациенты с бронхиальной астмой;
4. пациенты до и после трансплантации легких;
5. пациенты с хроническим бронхитом, воздушной ловушкой и гиперсекрецией слизи (мокроты);
6. послеоперационные пациенты верхнего абдоминального хирургического вмешательства;
7. пациенты с ателектазами легких.

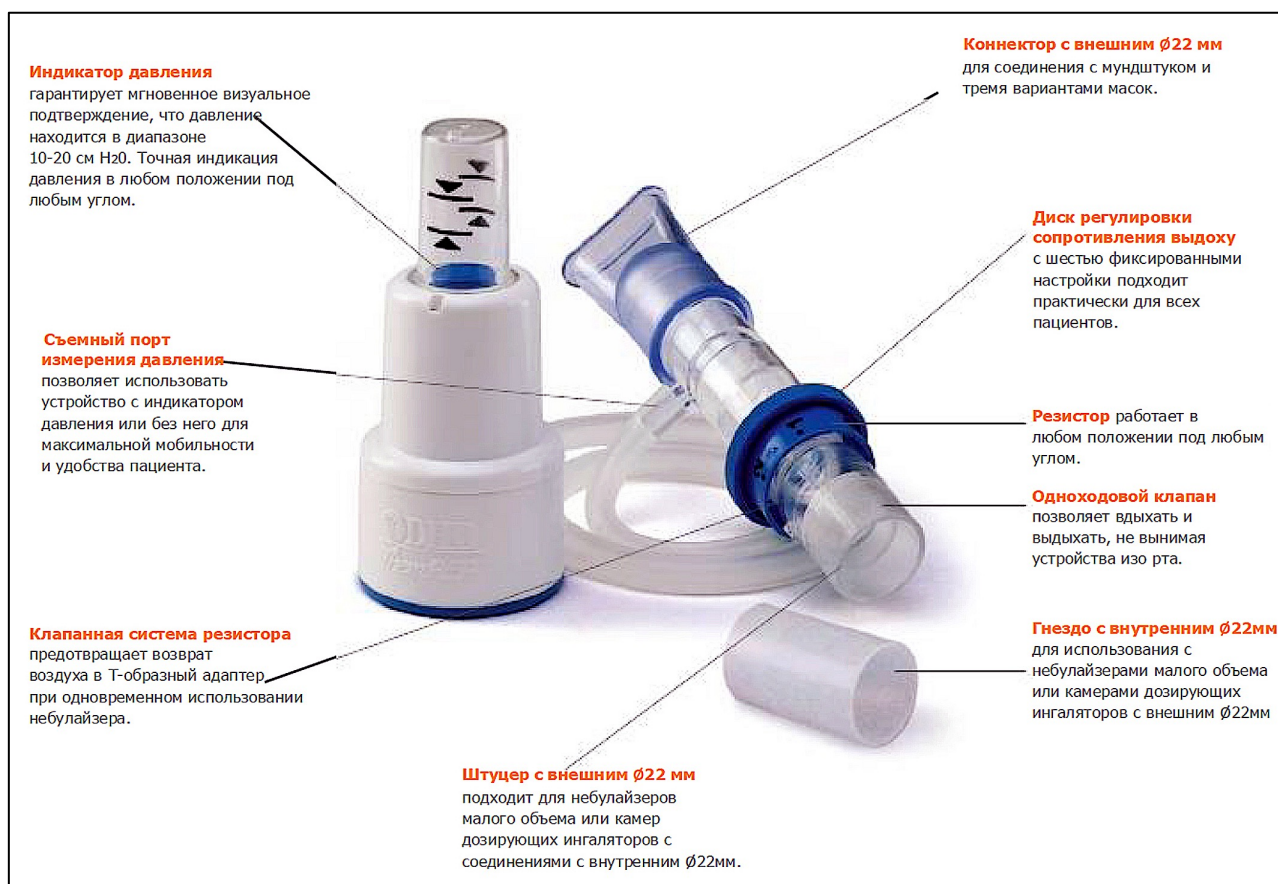


Рис. 19. Внешний вид Thera PEP-насадки. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Osadnik CR et al. Thorax, 2014; 69 (2):137–43).

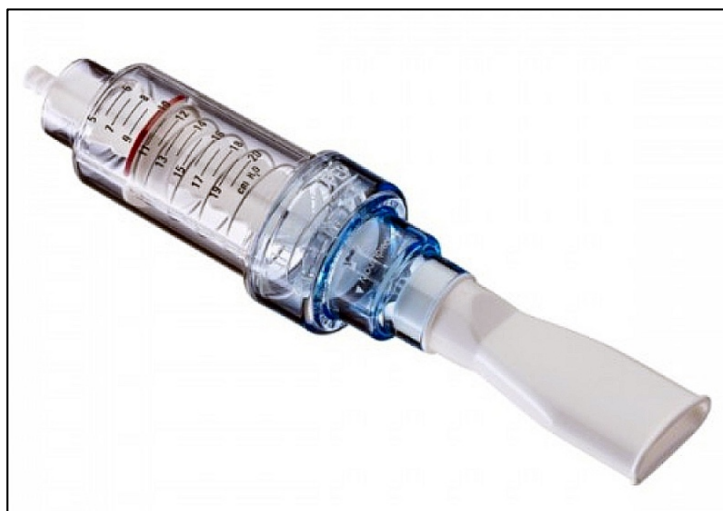


Рис. 20. Внешний вид устройства Threshold PEP. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Osadnik CR et al. Thorax, 2014; 69 (2):137–43).

Абсолютных противопоказаний нет.

Относительные противопоказания:

1. непереносимость повышенной «работы дыхания»;
2. повышенной внутричерепное давление;
3. гемодинамическая нестабильность пациента;
4. оперативное вмешательство или травма ротолицевой зоны.

Как любой метод физиотерапии, PEP-терапия имеет свои преимущества и ограничения (таб. 6).

Таблица 6.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ PEP-ТЕРАПИИ

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Цена метода: не требуется дополнительный медицинский персонал	Пороговое устройство, усиливающее работу дыхания
Не зависит от положения тела пациента	Необходима обработка и чистка устройства после каждого использования
Имеет простую коммутацию и возможность присоединения небулайзера	Отсутствие дополнительного вибрационного компонента
Пациент выполняет процедуру самостоятельно	
Нет значимых побочных эффектов	

Алгоритм проведения PEP-терапии с низким давлением представлен в приложении 2.

Аналогичными свойствами обладают специальные насадки для небулайзеров, создающие условия для PEP-терапии одновременно с сеансом ингаляционной терапии через небулайзер (рис. 21). Насадка для PEP-терапии создаёт положительное экспираторное давление 20-90 см. вод. ст. Она предназначена для использования с приборами PARI LC® Plus и LC® Sprint

(небулайзер малого объема), такая комбинация позволяет одновременно проводить РЕР-терапию и доставлять необходимые аэрозоли (доказано клинически).



Рис. 21. Внешний вид насадки PARI PAP-S. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Osadnik CR et al. Thorax, 2014; 69 (2):137–43).

6.2. РЕР-устройства, изменяющие отношение «давление – объем» (EZRAP).

Отдельную нишу занимают устройства, основанные на одновременном изменении давления и объёма в процессе проведения терапии, основанные на эффекте Коанда и законе Бернулли. К таковым относится EzRAP-устройство (рис. 22).

Эффект Коанда (иногда — эффект чайника) — физическое явление, названное в честь румынского учёного Анри Коанда (название предложил его французский коллега Альбер Метраль). А. Коанда в 1932 году обнаружил, что струя жидкости, вытекающая из сопла, стремится отклониться по направлению к боковой стенке и при определённых условиях прилипает к ней. Это объясняется тем, что в боковой зоне возникает турбулентия и зона пониженного давления. Аналогично и поведение струи газа. На основе этого эффекта строится одна из ветвей пневмоники (струйной автоматике). Используя разницу в давлении, также возможно резко увеличить скорость газа, прошедшего зону турбулентности.

В соответствии с законом Бернулли, падение давления в трубке обратно пропорционально скорости движения воздушного потока. Аналогом тому является сопоставление горной реки с быстрым течением и равнинной реки с медленным течением (например река Волга). Так, горная речка всегда не широкая, поскольку давление воды на берега небольшое (течение быстрое), в то время как Волга имеет бескрайние берега, поскольку давление воды большое (медленное течение). Сочетание в одной системе различных по размеру трубок для движения газа вызывает эффект «падения давления» в узкой части.

Этим можно воспользоваться, если организовать поступление воздуха (или кислорода) извне через калиброванное отверстие. Дополнительное поступление воздуха в зону низкого давления вызывает повышение общего потока в зоне выхода в 4-6 раз (ротовая часть

системы), без существенного изменения давления (ширина трубки на выходе снова увеличивается для создания положительного давления).

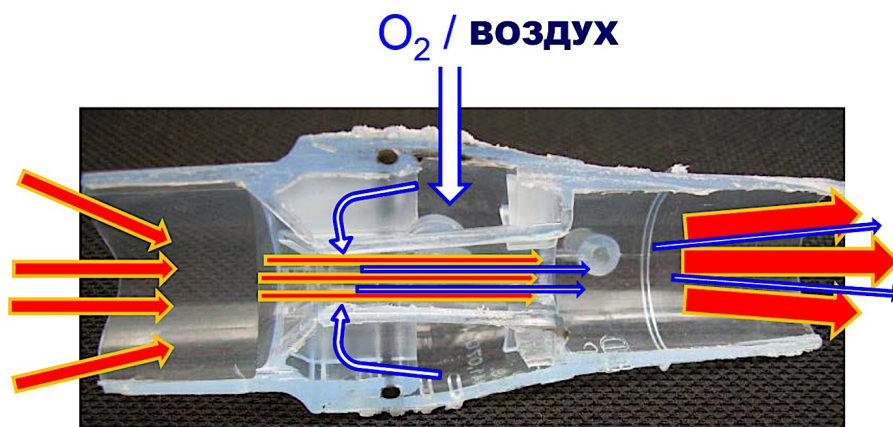


Рис. 22. Схема действия устройства EzPAP. В соответствии с законом Бернулли, переход воздуха из широкой трубки в узкую сопровождается резким увеличением скорости и падением давления. Это вызывает дополнительное подсасывание воздуха (или кислорода) с увеличением конечного объема газа, поступающего в дыхательные пути пациента. (Адаптировано из Holland AE, et al. ERR 2013; 22: 577 – 86).

Таким образом достигается двойной эффект: 1) пациент вдыхает большой дыхательный объем (глубокое дыхание); 2) положительное давление расклинивает мелкие дыхательные пути и снимает воздушную ловушку (рис. 23).

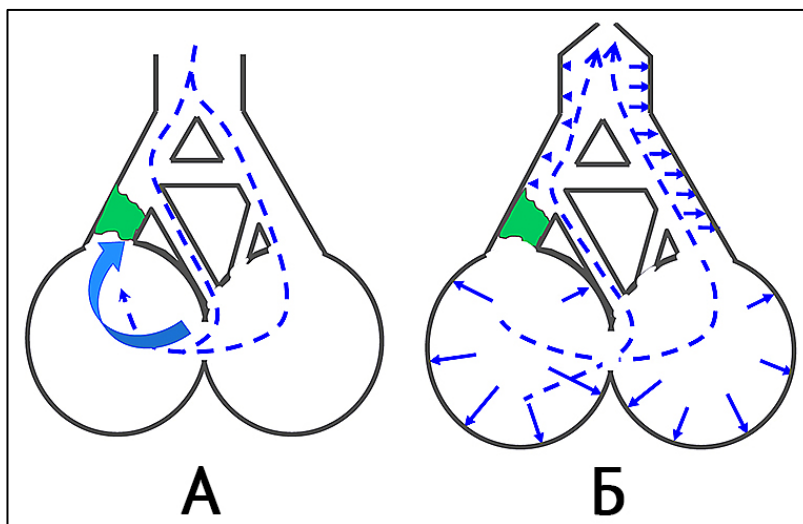


Рис. 23. Схема действия EzPAP. Дыхательный объем, больший обычного, расправляет и стабилизирует альвеолы (А), в то время как положительное давление выдоха расклинивает мелкие бронхи и устраняет воздушную ловушку (Б). (Адаптировано из Holland AE, et al. ERR 2013; 22: 577 – 86).

Сочетать 2 таких эффекта, как Коанда и Бернулли в одном устройстве крайне необходимо, если стоит клиническая задача расправления лёгких и создания большого дыхательного объема для поддержания газообменной функции. Наиболее часто с такой задачей сталкиваются врачи отделений реанимации и интенсивной терапии у пациентов с

выраженной дыхательной недостаточностью (послеоперационные пациенты и с обострением ХОБЛ), врачи пульмонологи в условиях палат интенсивной терапии (хронические заболевания легких с обструкцией и нарушением трахеобронхиального клиренса), а также врачи паллиативной медицины (ведение онкологических пациентов) (рис. 24).

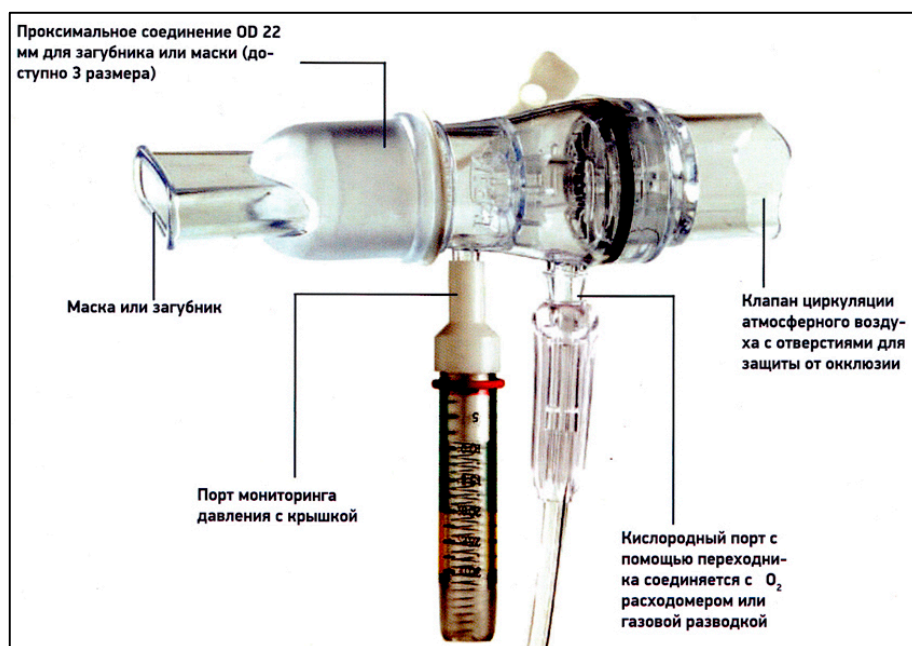


Рис. 24. Внешний вид коммутации устройств при проведении EzPAP-терапии. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Holland AE, et al. ERR 2013; 22: 577 – 86).

Алгоритм применения PEP-терапии с высоким давлением представлен в приложении 3. Попробуем сделать несколько выводов об уместности различных вариантов PAP-терапии. Так, устройства для PEP-терапии с низким давлением (PEP-маски, Thera PEP, Threshold PEP), уместно назначать у пациентов с ослабленным дыхательным драйвом и сохранным мышечным усилием (обструктивный или рестриктивный тип ДН с нормокапническим рисунком дыхания, послеоперационные пациенты без обструктивной лёгочной патологии).

Устройства для EzPAP-терапии с высоким давлением, эффективны, когда необходим контроль за дыхательным объёмом, дыхательной частотой, минутным объёмом дыхания. Такая терапия особенно важна для исключения возможности гиперкапнического типа дыхательных нарушений (пневмонии, ателектазы, ХОБЛ, эмфизема лёгких, хронический обструктивный бронхит, послеоперационные пациенты: торакальные, хирургия сердца, брюшная хирургия, деформации позвоночника).

6.3. Устройства осцилляционного экспираторного давления (oPEP-терапия).

Осцилляционная терапия с положительным давлением выдоха (oPEP-терапия) впервые была разработана и описана в Швейцарии, в качестве дополнения к «традиционным методам» очищения дыхательных путей. oPEP-терапия предусматривает сочетание положительного давления на выдохе с определённой частотой колебаний (резонансная частота). Она основана на выдохе с усилием против быстро меняющегося (осциллирующего) сопротивления в устройстве для осуществления:

- открытия периферических дыхательных путей (давление расклинивания);
- устранения воздушной ловушки (давление расклинивания);
- повышения мобилизации трахеобронхиального секрета (тиксотропный эффект);
- оптимизации экспекторации секрета в ходе терапии (резонансная частота).

Почему же осцилляторные технологии по очистке дыхательных путей в двое сильнее, чем таковые при «традиционной терапии»?

Ответ №1: давление расклинивания (рис. 23). Создание положительного давления в конце выдоха позволяет расправить, стабилизировать мелкие бронхиолы и альвеолы. Кроме того, эти зоны лёгких наполняются воздухом путём частых осцилляций небольшими порциями воздуха, что значительно повышает газообмен. Это безопасно, поскольку маленькие порции воздуха не создают резкого повышения давления в системе и не способствуют баротравме лёгких. Оптимальное давление находится в диапазоне 15-20 мбар.

Ответ №2: тиксотропный эффект. Тиксотропия (тиксотропность) (от греч. *θίξις* - прикосновение и *τροπή* - изменение) — способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя. Осцилляции воздушного потока внутри бронхиального дерева оказывают специфичное воздействие на трахеобронхиальный секрет – эффект «встряски» и эффект «движение-остановка» (англ. «stop and go»). Встряска трахеобронхиальной слизи вызывает уменьшение вязкости муцинов слизи, а «движение-остановка» провоцирует незначительную компрессию секрета, обеспечивающую поступательное его движение в каудальном направлении в сторону крупных бронхов. Особенно выражен такой эффект при частоте осцилляций от 12 до 30 Гц.

Ответ №3: резонансная частота. Резонанс (фр. *resonance*, от лат. *resono* «откликаюсь») — явление, при котором амплитуда вынужденных колебаний имеет максимум при некотором значении частоты вынуждающей силы. Хорошо известно, что ресничка (цилия) совершает от 12 до 16 колебаний в секунду (12-16 Гц). Эта частота колебаний реснитчатого эпителия обеспечивает трахеобронхиальному секрету поступательное движение из мелких бронхов в крупные. Если частота осцилляций воздушного потока станет равной частоте колебаний ресничек наступает резонанс – усиление колебаний с ускорением движения трахеобронхиального секрета. Такой эффект наиболее выражен при частоте осцилляций от 12 до 16 Гц.

В исследовании McIlwaine M. с соавторами (McIlwaine M. *Paediatr Respir Rev* 2006; 7 (Suppl) : S220–S222) было описано устойчивое снижение вязкости мокроты, усиление ее мобилизации под действием осцилляторного потока выдоха. Экспекторации мокроты особенно эффективна при сочетании методов АЦД (манёвр ФЭВ-Х) с оРЕР-терапией.

Показания для проведения метода:

- «возвратная» мокрота, не реагирующая на спонтанный кашель;

- история легочных заболеваний с накоплением слизи, ранее успешно леченых методом постурального дренажа (включая манипуляции на грудной клетке);
- доказательства накопления секрета;
- уменьшение «воздушной ловушки»;
- прекращение или уменьшение ателектазов лёгких;
- оптимизация распределения аэрозоля при бронхорасширяющей терапии.

Отбор пациентов для ОРЕР-терапии:

- пациенты с муковисцидозом;
- пациенты с бронхоэктатической болезнью и бронхоэктазами лёгких;
- пациенты с бронхиальной астмой;
- пациенты до и после трансплантации лёгких;
- пациенты с хроническим бронхитом, воздушной ловушкой и гиперсекрецией слизи (мокроты);
- послеоперационные пациенты с хирургическим вмешательством в верхней абдоминальной зоне;
- пациенты с ателектазами лёгких.

Абсолютных противопоказаний нет.

С осторожностью следует назначать ОРЕР-терапию:

1. пациентам с дренированным или не дренированным пневмотораксом, из-за опасности воздушной утечки;
2. пациентам, перенёвшим лобэктомию или трансплантацию лёгких, из-за риска пневмотораксов или несостоятельности анастомозов;
3. пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями и нестабильной гемодинамикой, из-за риска уменьшения эффективности кашля по причине повышения давления внутри грудной клетки;
4. пациентам с не дренированной эмпиемой или абсцессом лёгких, из-за риска одномоментной эвакуации большого объёма гноя;
5. пациентам с активным кровохарканьем, из-за риска лёгочного кровотечения;
6. пациентам с плохой переносимостью усиленной «дыхательной нагрузки»;
7. пациентам с активным риносинуситом;
8. пациентам со среднетяжёлыми инфекциями уха, из-за риска повышения давления в Евстахиевых трубах в процессе терапии;
9. пациентам с гиперреактивностью бронхов, из-за риска раннего и неконтролируемого кашля.

Основными устройствами для проведения оРЕР-терапии являются:

- гравитационный флаттер (PARI O-PEP®, Flutter®) (рис.25);

- оPEP-устройство с управляемым сопротивлением и коммутацией с небулайзером (Aerobika®, Acapella®,) (рис.26, рис.27);
- оPEP-устройство с сопротивлением «рожок» (RC-Cornet®) (рис.28);
- оPEP-устройство с сопротивлением «флейта» (Lung Flute®) (рис.29)

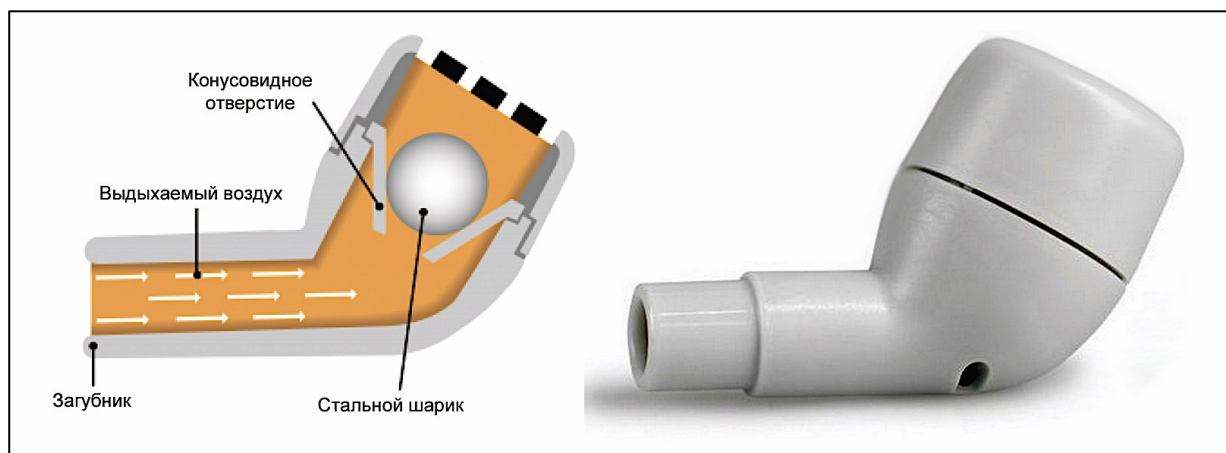


Рис. 25. Схема и внешний вид гравитационного флаттера (PARI O-PEP®). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Timothy R Myers et al., Respir Care 2007; 52(10): 1308–1326).

Необходимо отметить, что в зависимости от угла наклона может существенно изменяться как давления выдоха, так и частота осцилляций воздушного потока в бронхиальном дереве (таб. 7). Это правило особенно важно в случае использования гравитационных флаттеров.



Рис. 26. Схема и внешний вид оPEP-устройства с управляемым сопротивлением (Aerobika®). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Timothy R Myers et al., Respir Care 2007; 52(10): 1308–1326).

Таблица 7.

**ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТЫ ОСЦИЛЛЯЦИЙ И ДАВЛЕНИЯ ВЫДОХА
ОТ УГЛА НАКЛОНА ГРАВИТАЦИОННОГО ФЛАТТЕРА.**

Угол флаттера (градусы, °)	Давление на выдохе (мбар)	Частота осцилляций (Гц)	Респираторный поток (л/сек)
+ 30	12 – 75	15 – 32	1,6 – 5,5
0	10 – 70	9 – 22	1,6 – 5,5
- 30	8 – 60	2 – 10	1,6 – 5,5

Система Aerobika® имеет свои преимущества и ограничения (таб. 8)

Таблица 8.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ АЕРОВИКА®

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Малый размер и компактность	Невозможно присоединение к небулайзеру без специального устройства
5 настроек сопротивления на выдохе: высокий частотный диапазон	
Возможность легкой обработки, например в посудомоечной машине	
Пациент выполняет процедуру самостоятельно	
Нет значимых побочных эффектов	

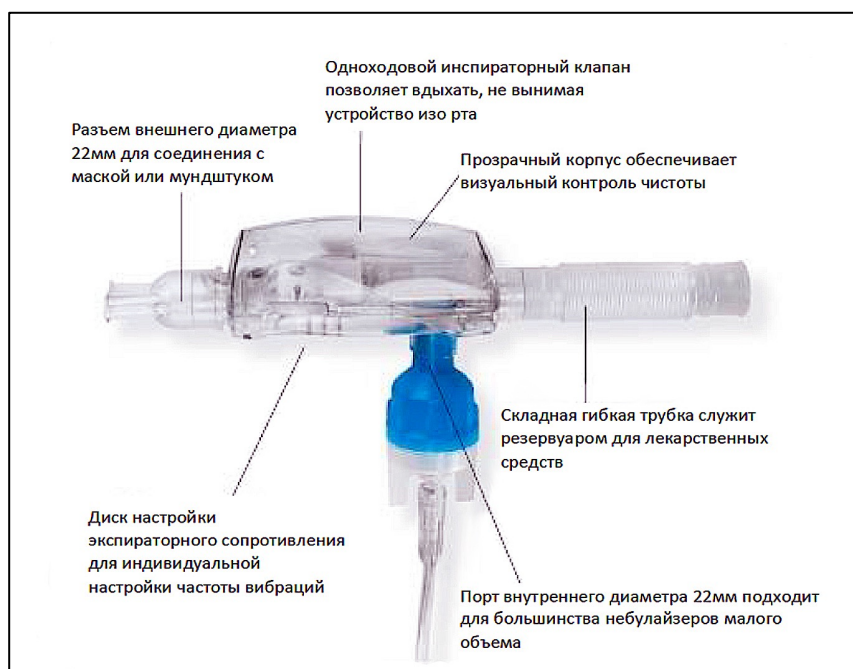


Рис. 27. Схема и внешний вид оРЕР-устройства с управляемым сопротивлением и коммутацией с небулайзером (Acapella®). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Timothy R Myers et al., Respir Care 2007; 52(10): 1308–1326).

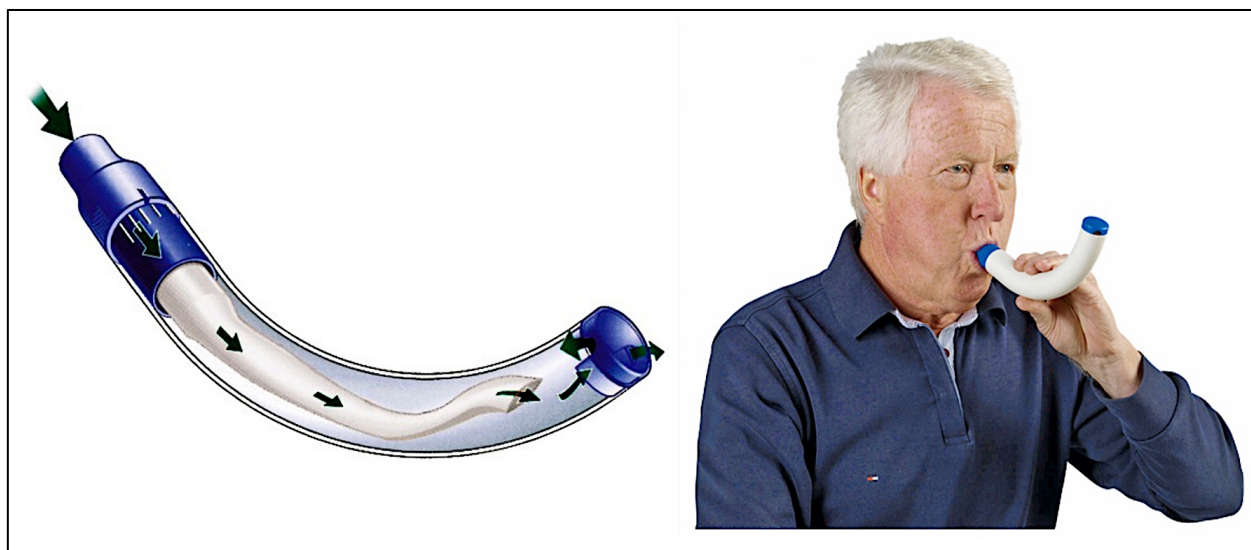


Рис. 28. Схема и внешний вид оРЕР-устройства с сопротивлением «рожок» (RC-Cornet®).
Объяснение в тексте. (Адаптировано из Myers TR. et al., Respir Care 2007; 52(10): 1308–1326).



Рис. 29. Схема и внешний вид оРЕР-устройства с сопротивлением «флейта» (Lung Flute®).
Объяснение в тексте. (Адаптировано из Myers TR. et al., Respir Care 2007; 52(10): 1308–1326).

Система RC-Cornet® имеет свои преимущества и ограничения (таб. 9)

Таблица 9.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ RC-CORNET®

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Пациент выполняет процедуру самостоятельно	Имеет пороговый резистор
Малый размер и компактность	Усиливает работу дыхания в соответствии с характеристиками давления и потока выдоха

Возможность проведение процедуры в любой позиции тела	Асинхронные волны: нет точных данных, подтверждающих информацию производителя устройства
Возможна доставка лекарственного препарата	Силиконовые вставки: трудность правильной сборки и настройки прибора
Возможность легкой обработки	
Нет значимых побочных эффектов	

Система Lung Flute® имеет свои преимущества и ограничения (таб. 10)

Таблица 10.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ LUNG FLUTE®

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Пациент выполняет процедуру самостоятельно	Имеет пороговый резистор
Малый размер и компактность	Усиливает работу дыхания в соответствии с характеристиками давления и потока выдоха
Возможность легкой обработки	Асинхронные волны: нет точных данных, подтверждающих информацию производителя устройства
Нет значимых побочных эффектов	Силиконовые вставки: трудность правильной сборки и настройки прибора
	Зависит от позиции тела
	Язычок необходимо менять каждые 2 недели
	Чистка может негативно сказаться на работе язычка

Для эффективности oPEP-терапии важным является упорядоченная последовательность действий пациента (таб. 11). Клинический алгоритм применения oPEP-устройства с управляемым сопротивлением Ascapella® приведён в приложении 4.

Таблица 11.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЦЕДУРЕ oPEP-ТЕРАПИИ

№	Описание действий
1	Пациент находится в вертикальном положении «сидя» с прямой спиной и слегка вытянутой вверх головой, выполняя технику расслабленного контроля над дыханием.
2	Пациент выполняет глубокие вдохи (глубже в 2-3 раза, чем при обычном дыхании), с задержкой дыхания на высоте вдоха на 2-3 секунды.
3	Пациент подносит мундштук флаттера ко рту и усиленно выдыхает с большим потоком воздуха (поток в 2 раза больший, чем обычно), более 6 секунд или до достижения пациентом функциональной остаточной ёмкости лёгких.

4 NB!	<i>Необходимо избегать непродуктивных приступов кашля во время начальной фазы цикла «выдох-вдох».</i>
5 NB!	<i>Необходимо во время выхода располагать флаттер горизонтально, чтобы добиваться максимальной осцилляции потока и ощущений вибрации в легких (правило для гравитационных флаттеров).</i>
6	После серии циклов «глубокого дыхания» выполнить максимально глубокий вдох, на высоте которого задержать дыхание на 2-3 секунды, а затем форсировано выдохнуть через флаттер до достижения функциональной остаточной ёмкости.
7	После 1-2 циклов дыхания с максимальным объёмом и высоким потоком выдоха (для экспекторации слизи) провести манёвр «хаффинга» (ФЭМ-Х) или другого эффективного манёвра выдоха (АЦД).
8 NB!	<i>Необходимо помнить, что все перечисленные действия должны выполняться после основных лечебных процедур (базовой терапии) или после активной бронхолитической терапии (в случае пациента с воздушной ловушкой или обструкцией дыхательных путей).</i>

Необходимо отметить, что **максимальная эффективность оРЕР-терапии** достигается при соблюдении следующих простых физических требований:

- пиковая скорость выдоха (ПСВ, PEF) в границах 0,5 – 1,2 л/с;
- осцилляция потока в бронхиальном дереве: в границах 5 – 30 Гц;
- пиковое давление выдоха (ПДВ, PEP): в границах 10 – 70 мбар.

Системы для РЕР-терапии обычно хорошо переносятся большинством пациентов. Их можно использовать самостоятельно или в комплексной терапии, особенно в случае пациентов, переведенных из отделений интенсивной терапии. В отличие от традиционной физиотерапии грудной клетки, РЕР-терапия является экономичным и эффективным методом удаления секрета. Независимость от необходимости ежедневного привлечения ассистирующего персонала не только повышает показатели эффективности, но и является важным фактором сокращения расходов медицинского учреждения на данный вид терапии. Основные преимущества РЕР-терапии приведены в таблице 12.

6.4. Клинический протокол физиотерапии для мобилизации и дренажа секрета

Наиболее интересным представляется опыт применения различных техник дренажа слизи у стационарных пациентов различных групп, опубликованный Brian G. Harbrecht с соавторами в 2009 году. Он получил название «Питсбургского алгоритма». Его эффективность была проанализирована при рандомизированном клиническом исследовании (РКИ) у 2805 пациентов Питсбургского Медицинского Центра, получающих респираторную физиотерапию методами: положительного давления на выдохе (РЕР-терапия); мотивирующими вдох спирометрами (МВС-устройства); инспираторной терапии с перемежающимся давлением (ИТПД-устройства); аэрозольной бронходилатации (небулайзерные устройства).

**СРАВНЕНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОЧИСТКИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ.**

	ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ (ЛЕЧЕБНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ)		
ОБЪЕКТИВНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ	ТЕРАПИЯ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВЫДОХА (PEP-ТЕРАПИЯ)	МОТИВИРУЮЩЕЕ ВДОХ СПИРОМЕТРЫ (МВС) И ТЕХНИКИ АЦД	ИНСПИРАТОРНАЯ ТЕРАПИЯ С ПЕРЕМЕЖАЮЩИМ ДАВЛЕНИЕМ (ИТПД)
Повышение транспульмонального давления и функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ), устранение ателектазов	ДА (Давление выдоха в диапазоне 10-20 мбар)	ВОЗМОЖНО (Только с некоторыми МВС или при 5-ти секундной задержке дыхания)	ВОЗМОЖНО (Только в момент вдоха)
Поддерживать транспульмональное давление во время выдоха, когда достигается большой легочный объем	ДА (Быстрый способ восстановления нормального легочного объема)	НЕТ	НЕТ
Снижение функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ) у пациентов ХОБЛ из-за преждевременного коллапса мелких bronхов и уменьшения внутригрудного объема	ДА (Обратное действие давления «auto-PEP»)	НЕТ	НЕТ
Предотвращение преждевременного коллапса мелких bronхов, затрудняющего мобилизацию секрета	ДА (Экспираторное давление, противодействующее плевральному давлению)	НЕТ	НЕТ

Смещение точки равновесия давлений ($P_{EEP} = P_{pleural}$) в сторону крупных и центральных ДП, путем нормализации легочного объема	ДА (Нормализация легочного объема)	ВОЗМОЖНО (Только при нормализации значения ФОЕ)	ВОЗМОЖНО (Только при нормализации значения ФОЕ)
Улучшение механизма перераспределения «воздух/секрет». Увеличение объема воздуха дистальнее слизистых пробок, для удаления секрета	ДА	СОМНИТЕЛЬНО (Только на вдохе)	ВОЗМОЖНО
Содействие коллатеральной вентиляции через поры Кона и каналы Ламберта путем преодоления сопротивления коллатеральных соединений	ДА (Экспираторное давление преодолевает сопротивление коллатеральных соединений)	ВОЗМОЖНО (Только при постоянных максимальных вдохах. Временная зависимость.)	СОМНИТЕЛЬНО (Высокий инспираторный поток обесценивает податливость легких)
Избегание бронхоспастического кашля. Содействие «хаффингу» (ФЭМ-Х)	ДА	ДА	ДА
Повышение эффективности аэрозольных бронхолитиков	ВОЗМОЖНО (Механическая дилатация ДП во время выдоха усиливает лекарственную дилатацию)	ВОЗМОЖНО (Редко с МВС устройствами)	СОМНИТЕЛЬНО (Высокий инспираторный поток провоцирует инерционное сопротивление)
Действенность терапевтического воздействия	ДА (Достаточно 3 раза по 10 дыхательных повторов. Может сочетаться с аэрозольной терапией)	ЧАСТИЧНАЯ (Эффективность ограничена профилактически м воздействием. Не сопоставима с таковой при терапевтическом действии)	НИЗКАЯ (Ограничена оборудованием)

Исследователями были сделаны выводы:

- 1) предлагаемый протокол респираторной физиотерапии (ПРФизио) достоверно ($p < 0,05$) уменьшал риск повторных поступлений пациентов с обострением лёгочного заболевания в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ);
- 2) разработанный ПРФизио достоверно ($p < 0,05$) уменьшал стоимость стационарного и амбулаторного лечения пациентов с хроническими лёгочными заболеваниями;
- 3) установлено, что эффективный ПРФизио не может быть выполнен с помощью одного устройства для улучшения мобилизации секрета и улучшения дренажа слизи, а должен включать в себя структурированный алгоритм использования различных дыхательных техник и аппаратных комплексов в зависимости от клинического состояния пациента и нужд базовой терапии.

Руководствуясь результатами проведённого исследования Brian G. Harbrecht с соавторами, а также собственным опытом применения указанных устройств и дыхательных техник, мы адаптировали протокол респираторной физиотерапии (ПРФизио) для нужд пациентов с нарушением дренажа и мобилизации секрета. Предложен отдельный адаптированный в клинических условиях алгоритм физиотерапии для пациентов, находящихся на стационарном и амбулаторном этапе оказания лечебного пособия, имеющих, и не имеющих хронического лёгочного заболевания (рис. 30, 31).



Рис. 30. Схема протокола респираторной физиотерапии (ПРФизио), улучшающей мобилизацию и дренаж слизи. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Brian G. Harbrecht et al., Respir Care 2009; 54 (7): 861–867).

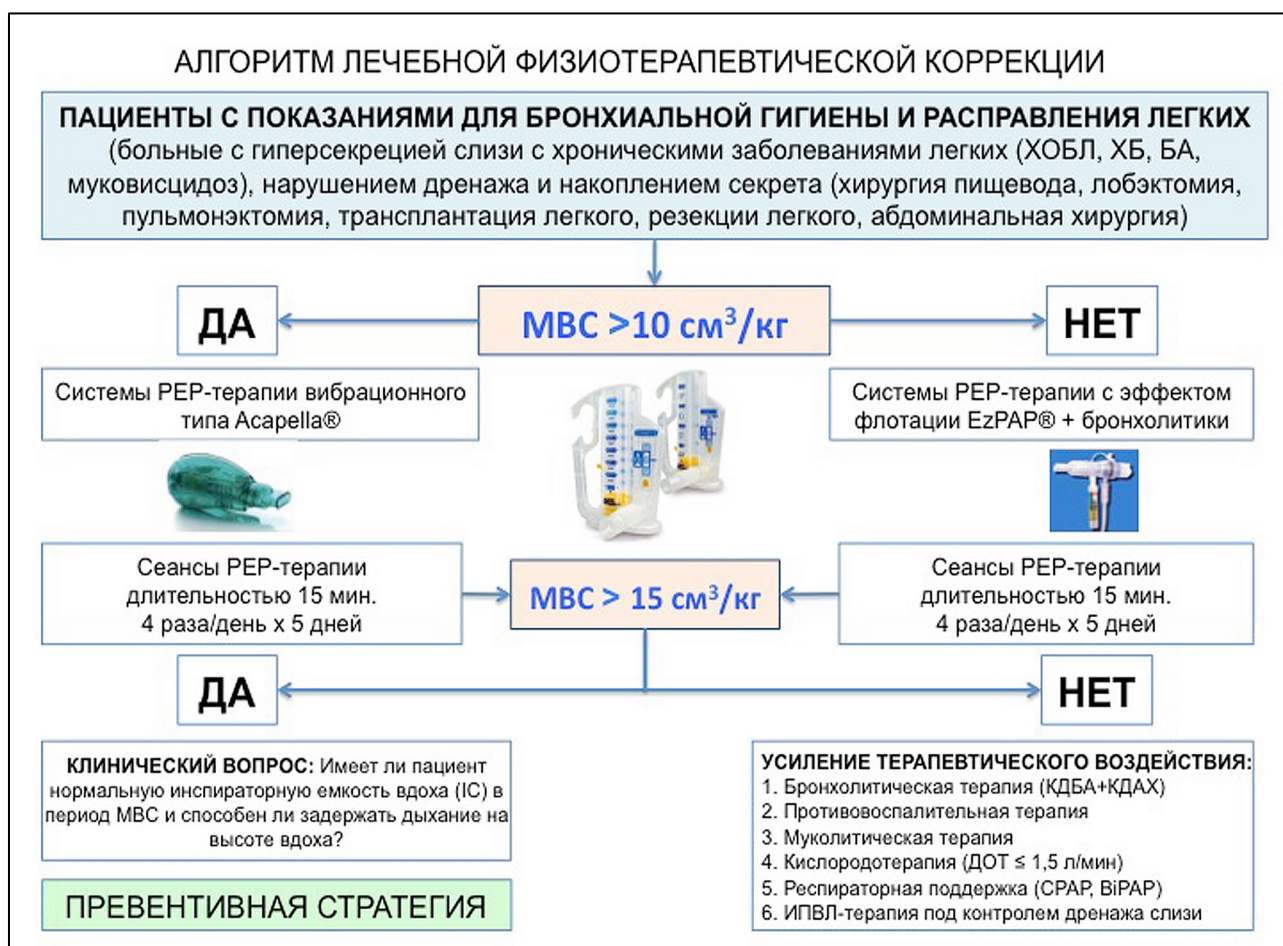


Рис. 31. Схема протокола респираторной физиотерапии (ПРФизио), улучшающей мобилизацию и дренаж слизи. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Brian G. Harbrecht et al., Respir Care 2009; 54 (7): 861–867).

7.0. ИНТРАПУЛЬМОНАЛЬНАЯ ПЕРКУССИОННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ.

В настоящее время существует метод осцилляторной терапии с положительным давлением (oPEP-терапия), совмещённый с респираторной поддержкой, создающий условия для мобилизации секрета и способствующий адекватной вентиляции лёгких (высоочастотной вентиляцией лёгких - ВчВЛ).

Интрапульмональная перкуссионная вентиляция лёгких (ИПВЛ) – это метод респираторной терапии, при котором посредством воздушного потока с высокой скоростью, через специальный открытый дыхательный контур, пациенту подаются маленькие объёмы воздуха (по автору - «перкуссии») с высокой регулируемой частотой и низким уровнем давления, которые накладываются на самостоятельное дыхание пациента.

Разработчиком является доктор Форест Бёрд, известный как создатель первых коммерчески реализуемых приборов для вентиляции лёгких. В 1991 году ИПВЛ была одобрена американской системой FDA, в 1997 году ИПВЛ сертифицирована для применения в странах Европы, в 2003 году ИПВЛ сертифицирована Минздравом РФ. «Сердцем» прибора является открытый дыхательный интерфейс, соединяющий пациента с аппаратом, названный

по автору «ФАЗИТРОН». В конструкции фазитрона использованы закон Бернулли и эффект Вентури.

Закон Бернулли является следствием закона сохранения энергии для стационарного потока несжимаемой жидкости или газа. В соответствии с законом сохранения энергии увеличение одного вида энергии сопровождается снижением другого. Поэтому давление жидкости больше в тех частях трубы, где скорость её движения меньше, и наоборот, где скорость больше, давление меньше (рис. 32). Таки образом, манипулируя диаметром трубки, можно изменять и достигать желаемых уровней давления и скорости движения газа.

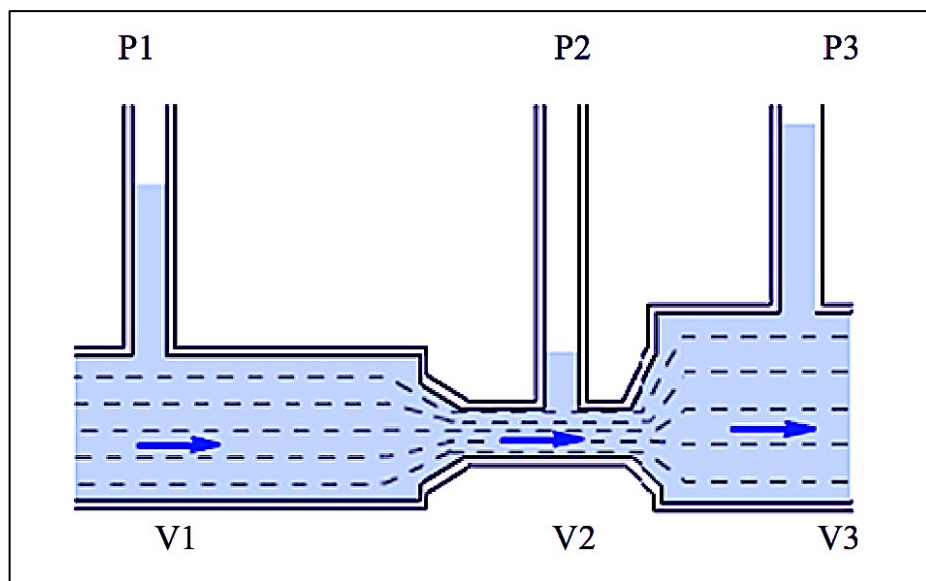


Рис. 32. Схема закона Бернулли. Давление жидкости (P) больше в тех частях трубы, где скорость (V) её движения меньше, и наоборот, где скорость больше, давление меньше. $P_3 > P_1 > P_2$; $V_2 > V_1 > V_3$. (Адаптировано из Белов А.М. Доктор. Ру. 2014; 9 (97): 7–14).

Эффект Вентури заключается в падении давления, когда поток жидкости или газа протекает через суженную часть трубы. Манипулируя диаметром трубы и соответственно скоростью потока газа можно создать в зоне сужения уровень давления ниже атмосферного. При наличии сообщения с внешней средой в данной зоне будет происходить всасывание атмосферного воздуха и восполнение объёма (рис. 33).

Рассмотрим подробнее перкуссионный интерфейс - ФАЗИТРОН. Для своей работы фазитрон использует энергию сжатого воздуха, поступающего на распределительную диафрагму под давлением в 4-6 атмосферы из баллона (транспортный вариант) или стационарного порта высокого давления (реанимационная консоль). Совершая возвратно-поступательное движение (возможно регулировать частоту этих движений) диафрагма «нарезает» воздушный поток на «пневматические диффузионные конвективные толчки» - «перкуссии», которые при работе возвратно-поступательного «скользящего поршня» приобретают определенную высокую частоту (регулируемую по обратной связи) и полностью теряют давление, сохраняя при этом скорость движения, что обеспечивает

поступление воздуха в дыхательные пути пациента. Выдох пациента происходит через отверстие выдоха, расположенное до зоны возвратно-поступательного движения поршня, что обеспечивает эффект вентиляции с «открытым контуром» (рис. 34).

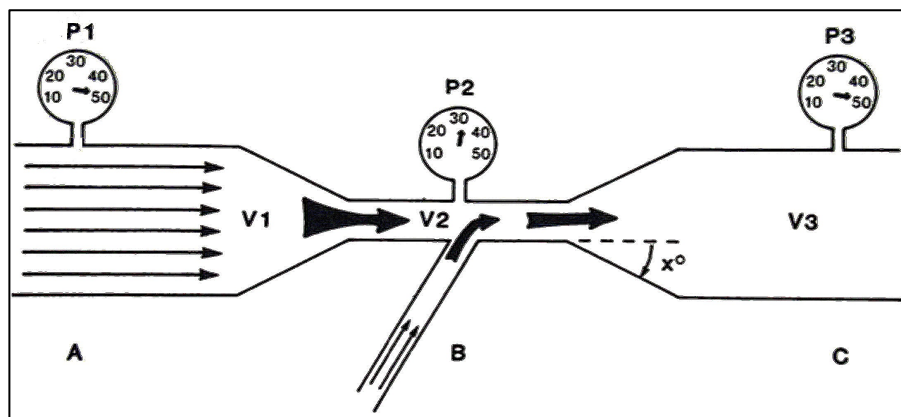


Рис. 33. Схема эффекта Вентури. При выполнении закона Бернулли $P_3 > P_1 > P_2$; $V_2 > V_1 > V_3$. При сообщении с внешней средой (зона В) происходит всасывание атмосферного воздуха и восполнение объема. (Адаптировано из Белов А.М. Доктор. Ру. 2014; 9 (97): 7–14).

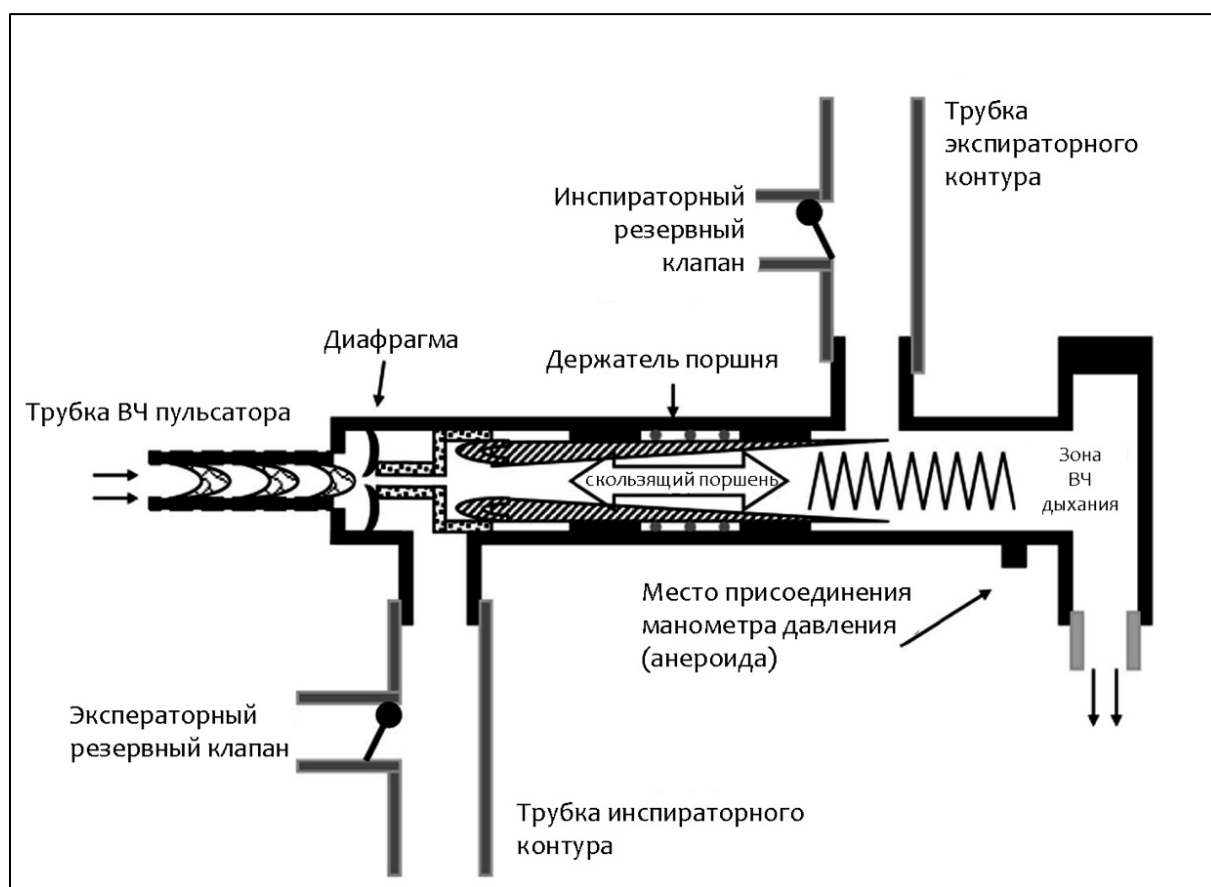


Рис. 34. Схема перкуссионного интерфейса «Фазитрон». Вертикальный разрез. (Адаптировано из Белов А.М. Доктор. Ру. 2014; 9 (97): 7–14)

Оригинальным техническим решением явилась идея «открыть» контур и перед рабочей частью поршня, создав тем самым возможность «присасывать», в соответствии с законом Вентури, порцию воздуха извне (вне контура пациента), поддерживая необходимое значение уровня FiO₂ (уровень кислорода) во вдыхаемой смеси. Это оригинальное решение создает условие для увлажнения воздуха, резко уменьшает расход «рабочего газа», позволяет совместить эту зону с небулайзером для своевременной доставки лекарственного вещества.

В соответствии с третьим законом Ньютона (сила действия равна силе противодействия) поступательные пневматические диффузионные конвективные толчки вызывают обратные пневматические толчки, активируя слизь и систему мукоцилиарного бронхоальвеолярного клиренса, что является крайне важным у большинства вентилируемых пациентов.

Необходимо отметить, что длина ФАЗИТРОНА не превышает 12 см. Это обеспечивает его высокую мобильность, транспортабельность, лёгкость в обработке известными методами стерилизации инструмента (рис. 35).



Рис. 35. Внешний вид перкуссионного интерфейса «Фазитрон» вместе со стаканом небулайзера. (Адаптировано из материалов Percussionaire, Corp., Sandpoint, ID, USA).

Необходимо остановиться на уникальном свойстве ФАЗИТРОНА – обратной связи по сопротивлению с лёгкими пациента. Имея давление в зоне высокочастотного дыхания, как проявление сопротивления дыхательных путей, система автономно регулирует соотношение поток/давление, исключая потенциальную возможность баротравмы. Можно с уверенностью говорить, что из всех существующих вентиляционных устройств ФАЗИТРОН является самым безопасным на сегодняшний день.

В настоящих рекомендациях устройство ИПВЛ рассматривается только с позиции респираторной физиотерапии, когда основным действием на бронхиальное дерево пациента будет являться мобилизация секрета, улучшение его дренажа и создание условий для устранения воздушных ловушек и ателектазов лёгких. Это важно, поскольку комплекты устройств для осуществления ИПВЛ-терапии существенно отличаются друг от друга в

зависимости от предполагаемых задач. Именно поэтому, здесь и дальше, речь пойдёт об устройстве Universal Bi-phasic Home Therapy (HC) IMPULSATOR® являющимся по сути оригинальным физиотерапевтическим устройством для домашнего и стационарного использования (рис. 36).

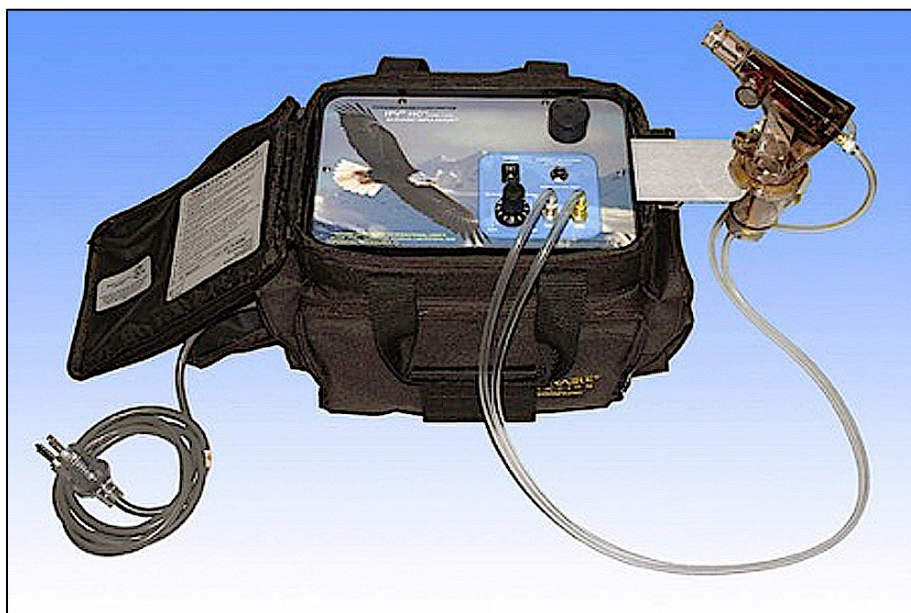


Рис. 36. Внешний вид устройства Universal Bi-phasic Home Therapy (HC) IMPULSATOR® (Адаптировано из материалов Percussionaire, Corp., Sandpoint, ID, USA)

В настоящее время экспериментальные и клинические исследования подтверждают следующие механизмы действия ИПВЛ-терапии:

1. вовлечение легочных структур или «рекрутирование легких»;
2. мобилизация и удаление трахеобронхиального секрета;
3. усиление процессов диффузии;
4. улучшение бронхиального кровотока и микроциркуляции;
5. устранение ограничений воздушного потока и «воздушных ловушек».

Вовлечение лёгочных структур или «рекрутирование лёгких».

При ряде хронических лёгочных заболеваний появляется патологическая гетерогенность, которая особенно выражена и разнообразна при наличии воздушной ловушки и/или ателектазах лёгких (например, ХОБЛ). В таких случаях при самостоятельном дыхании пациента воздушные потоки и газообмен будут оптимальны только в доступных, открытых для прохождения воздуха зонах. Закрытые участки существенно повлияют на вентиляционно-перфузионные соотношения и газообмен (рис. 37).

При такой гетерогенности поражения чтобы включить в газообмен («рекрутировать») все зоны лёгких, рационально использовать:

1. маленькие объёмы, способные проникнуть в узкие просветы дыхательных путей;

2. высокую частоту потока (для предупреждения резких повышений давления) и волновые колебания (для преодоления сопротивления);
3. высокую скорость потока (для достижения периферических зон бронхиального дерева вплоть до альвеол);
4. низкое давление потока (для предупреждения баротравмы);
5. наличие обратной связи по сопротивлению, т.е. способности вентилирующей системы реагировать на изменения состояния лёгких.

Все перечисленное реализуется при использовании ИПВЛ-терапии.

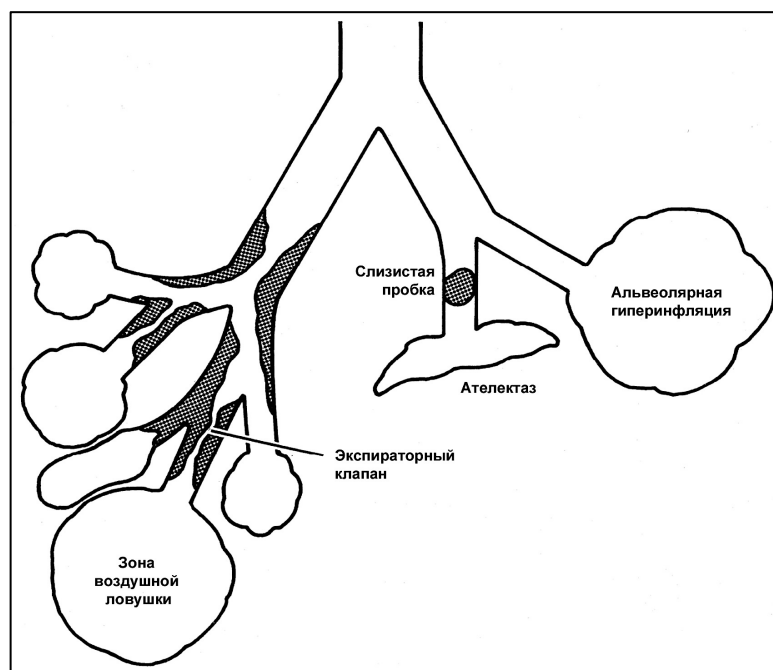


Рис. 37. Схема патологической гетерогенности лёгочных структур при хронических заболеваниях с накоплением секрета. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Nava S., et al., Respir Med, 2006;100:1526–33).

Мобилизация секрета с помощью «расклинивающего» давления.

Пульсирующий быстрый поток воздуха при ИПВЛ-терапии создаёт в дыхательных путях колебательные движения, способствующие мобилизации бронхиального секрета. В соответствии с третьим законом Ньютона высокоскоростной воздушный поток, достигая препятствия или узких периферических зон лёгких, производит силу, действующую в противоположном направлении. Возникает противофазный поток, перемещающий секрет в проксимальном направлении, откуда пациент может его самостоятельно удалить посредством кашля. Интенсивность противофазного потока зависит от эластичности легочной ткани и эффекта «рикошета». Для улучшения дренажа слизи в ряде случаев целесообразно использовать специальные эластичные пояса, накладываемые на грудную клетку для усиления «рикошетных сил».

Особым фактором, способствующим движению мокроты из дистальных отделов при ИПВЛ-терапии, является «РЕЕР-эффект» или сохранение положительного давления после

каждого перкуссионного цикла. Оно поддерживает периферические дыхательные пути в открытом состоянии и стабилизирует их (так называемое «расклинивающее давление»). РЕЕР-эффект значительно уменьшает лёгочную гиперинфляцию, особенно в случае раннего экспираторного коллапса с формированием феномена «воздушной ловушки». Различные экспериментальные и клинические исследования подтверждают наличие эффективной дренажной функции при ИПВЛ-терапии (рис. 38).

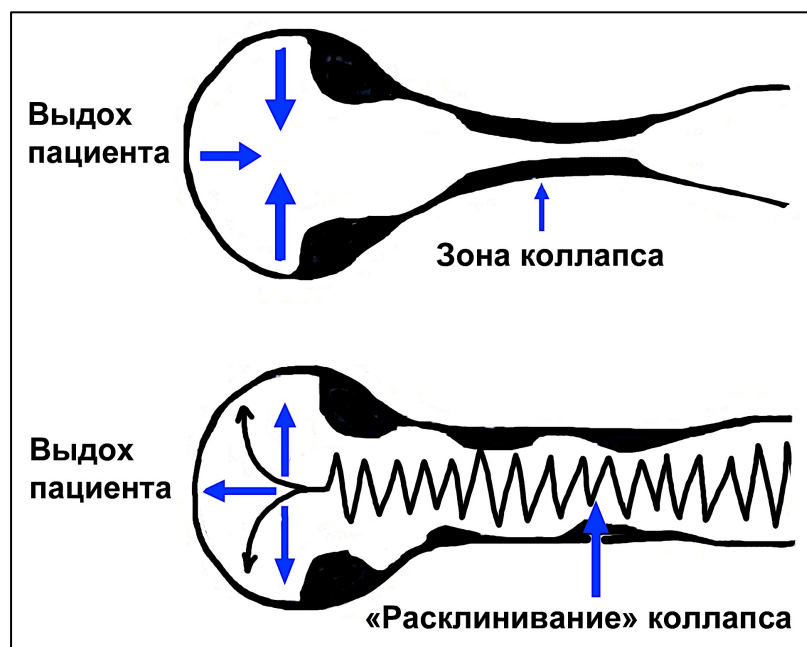


Рис. 38. Схема «расклинивающего» давления при ИПВЛ-терапии. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Nava S., et al., Respir Med, 2006; 100: 1526–33).

ИПВЛ-терапия имеет свои преимущества и ограничения (таб. 13)

Таблица 13.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ ИПВЛ-ТЕРАПИИ

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Несколько интерфейсов для использования (загубник, маска)	Стоимость расходных материалов
Малый размер и компактность	Стоимость прибора и интерфейса
Возможность проведение процедуры в любой позиции тела	Производимый шум более 20 дБ
Возможна доставка лекарственного препарата	Сложность настроек для индивидуализации режима терапии
Возможность легкой обработки	Требует специального обучения и тренировки пациента
Нет значимых побочных эффектов	

Показания для проведения метода:

1. Любые заболевания с наличием обструкции бронхов, нарушением вентиляции и дренажа мокроты независимо от возраста, веса и способности пациента к кооперации, в условиях стационара и на дому.

Противопоказания: не дренированный пневмоторакс.**Повышенный контроль:**

1. неэффективный кашель (пиковая скорость выдоха < 180 л/мин);
2. синдром Лайелла;
3. выраженное кровохарканье.

ПРОТОКОЛ ПРОВЕДЕНИЯ ИПВЛ-терапии.

Для эффективности ИПВЛ-терапии важным является упорядоченная последовательность действий пациента (таб. 14).

Таблица 14.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЦЕДУРЕ ИПВЛ-ТЕРАПИИ

№	Описание действий
1	Пациент находится в вертикальном положении «сидя» с прямой спиной и слегка вытянутой вверх головой, выполняя технику расслабленного контроля над дыханием.
2	Пациент расслаблено спокойно дышит через загубник в режиме «небулайзер» в течении 2-х минут (фазитрон коммутирован с небулизационным стаканчиком и в него залито 15 мл физиологического раствора комнатной температуры). Этап увлажнения секрета для его мобилизации.
3	Пациент расслабленно спокойно дышит через загубник в режиме «перкуссия Vi-RHASIC» в течении 3-х минут, используя частоту «предварительной» перкуссии (ручка регулировки в положении от «9 часов» до «12 часов»). Частота подбирается в зависимости от переносимости пациентом силы перкуссий.
4	Пациент расслабленно спокойно дышит через загубник в режиме «перкуссия Vi-RHASIC» в течении 5-ти минут, используя частоту «усиленной» перкуссии (ручка регулировки в положении от «12 часов» до «6 часов»). Частота подбирается в зависимости от переносимости пациентом силы перкуссий.
5	Пациент расслаблено спокойно дышит через загубник в режиме «небулайзер» в течении 2-х минут (фазитрон коммутирован с небулизационным стаканчиком и в него залито 15 мл физиологического раствора комнатной температуры). Этап увлажнения секрета для его мобилизации.
6	Пациент расслабленно спокойно дышит через загубник в режиме «перкуссия Vi-RHASIC» в течении 5-ти минут, используя частоту «усиленной» перкуссии (ручка регулировки в положении от «12 часов» до «6 часов»). Частота подбирается в зависимости от переносимости пациентом силы перкуссий.

7	Завершающие 3 минуты пациент дышит глубоко через загубник в режиме «перкуссия Vi-PHASIC» используя частоту «усиленной» перкуссии (ручка регулировки в положении от «12 часов» до «6 часов»). Частота подбирается в зависимости от переносимости пациентом силы перкуссий.
8	После 1-2 циклов дыхания с максимальным объёмом и высоким потоком выдоха (для экспекторации слизи) пациент проводит манёвр «хаффинга» (ФЭМ-Х) или другого эффективного манёвра выдоха (АЦД) для экспекторации мокроты.
9 NB!	<i>Необходимо избегать непродуктивных приступов кашля во время начальной фазы цикла «выдох-вдох».</i>
10 NB!	<i>Необходимо помнить, что все перечисленные действия должны выполняться после основных лечебных процедур (базовой терапии) или после активной бронхолитической терапии (в случае пациента с воздушной ловушкой или обструкцией дыхательных путей).</i>

8.0. ЭКСТРАПУЛЬМОНАЛЬНАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ ИЛИ ТЕХНОЛОГИЯ VEST-ЖИЛЕТА.

Сущность методики заключается в создании неинвазивным путём высокочастотных осцилляций грудной клетки (ВчОГК), которые передаваясь бронхам и бронхиолам (дыхательным путям) и проходящему по ним воздушному потоку (воздух, газ) способствуют улучшению мобилизации слизи, лёгочному газообмену и трахеобронхиальному клиренсу (рис. 39).

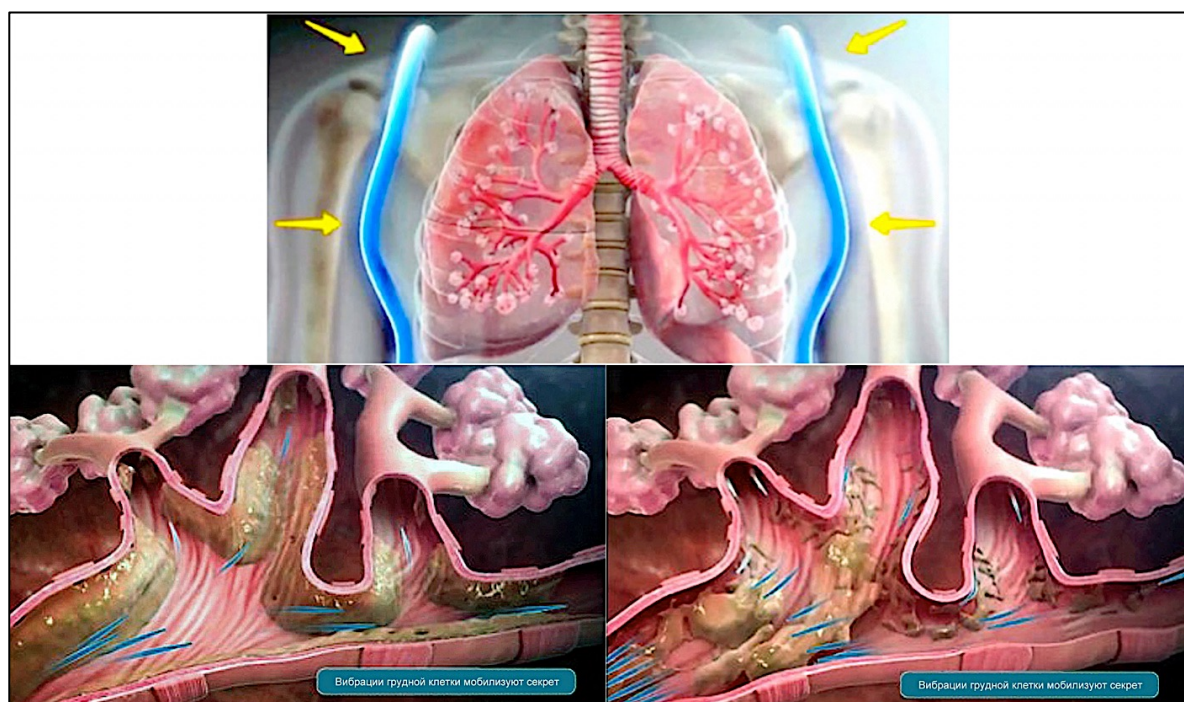


Рис. 39. Механизм воздействия высокочастотных осцилляций грудной клетки мобилизацию секрета в дыхательных путях. Объяснение в тексте. (Адаптировано из Hill-Rom Services, Inc., США, 2011).

Система высокочастотной осцилляции грудной клетки.

В настоящий момент в России зарегистрирован и используется аппарат для проведения ВЧОГК «The Vest Airway Clearance System» (Hill-Rom Services, Inc., США, 2011), который представляет собой систему очистки дыхательных путей 5-го поколения (рис. 40).

Система состоит из: 1) надувного жилета; 2) двух трубок, соединённых с жилетом и с дистанционным генератором воздушного давления.



Рис. 40. Внешний вид прибора «The Vest Airway Clearance System». Объяснение в тексте. (Адаптировано из Hill-Rom Services, Inc., США, 2011).

Показания к проведению ВЧОГК.

- Заболевания бронхолегочной системы, сопровождающиеся изменениями легочной вентиляции, механики дыхания, гиперпродукцией мокроты:
 - а. хронические заболевания лёгких (ХОБЛ, муковисцидоз, бронхоэктатическая болезнь, пороки развития);
 - б. сегментарные и долевые ателектазы на фоне респираторных инфекций нижних дыхательных путей;
 - с. пневмонии с нарушением дренажной функции бронхов;
- Ухудшение дренажа мокроты у пациентов с нейромышечными заболеваниями и неэффективностью кашлевого клиренса, при тяжёлых торакальных травмах, а также у больных после хирургических вмешательств на грудной клетке.

Противопоказания к проведению ВЧОГК:

- высокая лихорадка (температура тела выше 38⁰С);
- буллы в лёгких, особенно дистального расположения;
- кровохарканье и ТЭЛА;
- тяжёлые нарушения ритма сердца и имплантированный электрокардиостимулятор;

- нестабильная гемодинамика ОИМ, ОНМК, нарушения ритма сердца, кардиостимулятор, ХЛС 2-3 ст, ЗСН;
- острое повреждение головы и шеи, нарушение сознания;
- $\text{PaO}_2 < 40$ мм. рт. ст., $\text{PaCO}_2 > 75$ мм. рт. ст., $\text{pH} < 7,25$
- злокачественные опухоли любой локализации;
- наличие кожных повреждений в зоне воздействия;
- беременность и лактация.

Методика проведения.

Процедура на аппарате ВчОГК «Vest» проводится до еды или через несколько часов после еды. Под жилет одевается хлопчатобумажная футболка. Не требуется принятия какого-либо специального положения во время процедуры, аппарат воздействует равномерно на все лёгочные поля. Широкий диапазон регулировок параметров вентиляции позволяет оптимизировать режим строго индивидуально.

Генератор воздушного давления быстро нагнетает и выпускает воздух из жилета, надувая и сдувая его. Создаётся насильственное движение грудной клетки за счёт сжатия и расслабления. Частота вибрации и давления грудной клетки регулируется с помощью настройки прибора. Высокочастотные колебания передаются на стенки бронхов, мобилизуя секрет, способствуя его эвакуации в бронхи более крупного калибра, что облегчает откашливание мокроты.

Необходима следующая последовательность установок:

- Частота от 1-20 Гц;
- Давление от 1-12 Бар (зависит от фасона комплекта);
- Время процедуры от 1-30 мин.;
- Количество процедур ВчОГК в день:
 - 2-3 раза в домашних условиях;
 - 3-4 в условиях стационара;
- Пациенту рекомендуется прерывать процедуру каждые 5 минут для того, чтобы сделать сильный выдох, глубокий вдох, а затем откашлять образовавшийся секрет (метод ФЭМ-Х);
- Возможно проведение ВЧОГС при наличии дренажных трубок, катетеров, если:
 - обеспечить правильное положение и безопасность катетеров, дренажных трубок и т. д. до начала процедуры;
 - избегать давления или действия осцилляций, а места рядом с точками выведения дренажей проложить полотенцем;
 - до начала сеанса и по его окончанию проверить правильное расположение и состоятельность всех дренажей, трубок, инвазивных устройств.

Как правильно выбрать комплект ВЧОГК «VEST»?

Для выбора правильной комплектации устройств для ВЧОГК-терапии системы «VEST» (Hill-Rom Services, Inc., США, 2011) можно воспользоваться таблицей 15.

Таблица 15.

ТИП ЖИЛЕТА И ВАРИАНТ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

ТИП ЖИЛЕТА	ГДЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ	ДЛЯ ПОДБОРА НЕОБХОДИМО	НАСТРОЙКА ДАВЛЕНИЯ
Полноразмерный жилет	Для использования в домашних условиях	-измерить обхват груди по линии сосков; -скорректировать длину так, чтобы жилет сел на тазовые кости пациента; -между пациентом и сдутым жилетом должен помещаться кулак;	-от 4 до 6 Бар; -ориентироваться на переносимость процедуры пациентом;
Синий жилет	Для использования в домашних условиях	- измерить обхват груди по линии сосков; - скорректировать длину так, чтобы жилет был на 2,5 см ниже выемки грудины; - между пациентом и сдутым жилетом должны поместиться 2 пальца;	-от 2 до 3 Бар; -можно снижать до 1 или увеличить до 4 Бар; -ориентироваться на переносимость процедуры пациентом
Белый одноразовый обхват (SPU)	Для госпитального применения	-измерить обхват груди по линии сосков; -расположить так, чтобы обхват удобно сидел под мышками; -центрировать по линии сосков, плотно зафиксировать вокруг грудной клетки; -пациент должен свободно сделать вдох; -вставить шланги в обхват и закрепить их с помощью ремня;	- от 2 до 4 Бар; - можно снижать до 1 Бар или увеличить до 3-4 Бар; - ориентироваться на переносимость процедуры пациентом;

Белый полноразмерный жилет (SPU)	Для госпитального применения	<ul style="list-style-type: none"> - измерить обхват груди по линии сосков; - скорректировать длину на плечах так, чтобы жилет сел на тазовые кости пациента; - между пациентом и сдутым жилетом должен помещаться кулак; 	<ul style="list-style-type: none"> - от 2 до 4 Бар; - можно снижать до 1 Бар или увеличить до 3-4 Бар; - ориентироваться на переносимость процедуры пациентом;
----------------------------------	------------------------------	--	---

Критерии оценки эффективности лечения.

- Клинические (физикальный осмотр, балльная оценка одышки, кашля, характера и количества мокроты)
- Функциональные (спирометрия, бодиплетизмография, 6-МТ)
- Лабораторные параметры

Лечебные эффекты.

1. Уменьшение выраженности клинических симптомов заболевания, усиление дренажа секрета, улучшение мукоцилиарного клиренса, увеличение переносимости физической нагрузки и улучшение качества жизни;
2. Улучшение и повышение равномерности лёгочной вентиляции, и улучшение работы дыхательной мускулатуры, положительное влияние на механику дыхания;
3. Уменьшение гиперинфляции лёгких за счёт компрессионного компонента и разрешение инфильтрированных и ателектатических изменений в лёгких.

ВчОГК-терапия имеет свои преимущества и ограничения (таб. 16)

Таблица 16.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОГРАНИЧЕНИЯ ВЧОГК-ТЕРАПИИ

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОГРАНИЧЕНИЯ
Может использоваться как самостоятельная физиотерапия	Стоимость оборудования
Регулируемые жилеты	Недостаточная мобильность системы, требуется источник питания (сеть 220 В)
Пассивная терапия, не требующая особых усилий или навыков	Может доставлять неудобства при настройках и выборе оптимального уровня
Возможно комбинированное лечение (сочетание небулайзера и РЕР-терапии)	Не восстанавливает объёмы лёгких

9. АППАРАТНАЯ ИНСУФФЛЯЦИЯ/ЭКСУФФЛЯЦИЯ С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ОСЦИЛЛЯЦИЯМИ.

Методика «помощи кашлю» путём аппаратного ассистента (помощника) осуществляется через специальные «откашливатели», представляющие собой эффективный инсуффлятор/эксуффлятор (вдуватель/выдуватель воздуха), используемый для неинвазивного удаления мокроты посредством наращивания положительного давления в дыхательных путях пациента с последующим быстрым переключением на отрицательное. Благодаря резкому перепаду давления провоцируется глубокий естественный кашель с отделяемым секретом. Одним из наиболее интересных устройств является откашливатель Cough Assist E70 (Philips Respironics., США) (рис. 41).



Рис. 41. Внешний вид прибора Cough Assist E70 (Philips Respironics., США). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Laura J. Miske et al. Chest. 2004;125(4):1406-1412).

Как показывает практика, использования откашливателя Cough Assist E70 позволяет добиться более продолжительного терапевтического эффекта, чем при традиционной трахеальной аспирации. При этом удаётся существенно сократить число возможных осложнений.

Применение Cough Assist E70 позволяет снизить интенсивность и сократить частоту появления респираторных инфекций рецидивирующего характера. Специальный алгоритм «Cough-Trak» (метод направленного кашля) обеспечивает автоматическую синхронизацию работы Cough Assist E70 с дыханием пациента, что снижает нагрузку на его дыхательную систему и улучшает переносимость процедуры. Интуитивный интерфейс и три настраиваемых шаблона терапии (рассчитанные на низкую, среднюю и высокую скорость вдоха) позволяют быстро адаптировать интенсивность процедуры под текущее состояние пациента. Компактные размеры, небольшой вес и возможность питания откашливателя Cough Assist E70 от аккумулятора (до 24 часов) обеспечивают его простую транспортировку и мобильность применения (рис. 42).



Рис. 42. Применение прибора Cough Assist E70 (Philips Respironics., США) через носоротовую маску (неврологические пациенты) и трахеостому (послеоперационные пациенты). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Cough Assist E70 Quick Start Guide, 2013 Philips Respironics).

Особенностью Cough Assist E70, как устройства для инсуффляции/эксуффляции, является создание в момент вдоха/выдоха пациента высокочастотных осцилляций, поддерживающих дыхательные пути открытыми, даже у пациентов с существенным нарушением мышечного тонуса. Поскольку снижение показателя пиковой скорости кашля (ПСК=PCF) в диапазоне 160-270 л/мин вызывает умеренный риск нарушений дренажа слизи, а значение < 160 л/мин создаёт условие невозможности такового дренажа, использование других техник кроме «аппаратных помощников кашля» становится проблематичной. Знание того, что дыхательные пути при ослабленной мускулатуре способны коллапсировать как в момент вдоха, так и в момент выдоха, простое нагнетание/разрежение в цикле вдох/выдох могут вызвать серьёзные механические повреждения или баротравму.

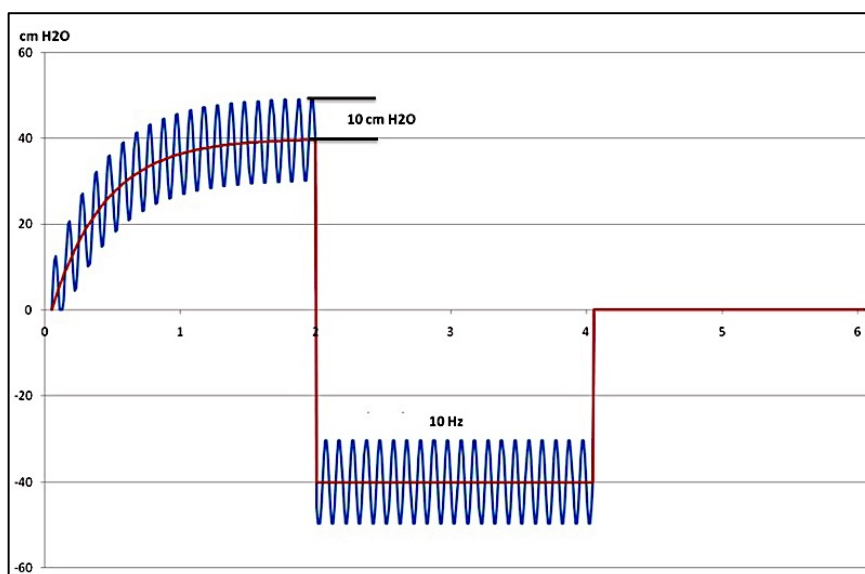


Рис. 43. Высокочастотная осцилляционная поддержка вдоха/выдоха при использовании прибора Cough Assist E70 (Philips Respironics., США). Объяснение в тексте. (Адаптировано из Cough Assist E70 Quick Start Guide, 2013 Philips Respironics).

Для исключения такой возможности в устройстве Cough Assist E70 используется высокочастотная настраиваемая осцилляция вдоха/выдоха, не создающая никакого дополнительного сопротивления к движению воздушного потока (рис. 43).

Показания для проведения метода:

Пациенты с неэффективным кашлем по причине:

- мышечная слабость, дистрофии, миастении;
- полиомиелит, или другие неврологические расстройства с параличом дыхательных мышц (травмы спинного мозга);
- бронхолёгочные заболевания, такие как эмфизема, кистозный фиброз (муковисцидоз) и бронхоэктазы;
- неэффективности манёвра выдоха (пиковая скорость выдоха «ПСВ» менее 50% от должных величин) или падение пиковой скорости кашля (ПСК=PCF) < 270 л/мин у любых пациентов с нарушением мобилизации и экспекторации секрета.

Абсолютные противопоказания:

1. буллезная эмфизема лёгких;
2. пневмоторакс;
3. повторяющиеся баротравмы или баротравма в анамнезе;
4. не контролируемый приступ удушья при бронхиальной астме;
5. тяжёлая гипотензия;
6. клинически значимое лёгочное кровотечение;
7. коллапс верхних воздухоносных путей.

Повышенный контроль:

1. проведение процедуры после приёма пищи;
2. гастроэзофагеальный рефлюкс;
3. резкое учащение дыхательных движений (повышение ЧД);
4. гемодинамическая нестабильность;
5. тяжёлый бронхоспазм в период процедуры;
6. выраженные боли грудной клетки в период процедуры.

Протокол проведения Coughassist-E70-Терапии.

Для эффективности CoughAssist-E70-терапии важным является упорядоченная последовательность действий пациента (таб. 17).

Таблица 17.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОЦЕДУРЕ CoughAssist-E70

№	Описание действий
1	Пациент находится в вертикальном положении «сидя» с прямой спиной и слегка вытянутой вверх головой, выполняя технику расслабленного контроля над дыханием.
2	Пациент расслаблено спокойно дышит через маску с давлением вдоха (инспираторное) +10 и +15 см H ₂ O и давлением выдоха (экспираторное) – 10 и

	– 15 см H ₂ O. Установки скорости потока вдоха минимальные.
3	<p>Нажмите кнопку «терапия» для начала процедуры. Начните с попытки одиночного простого манёвра кашля для акклиматизации к устройству. Цикл кашель состоит из одного глубокого вдоха, далее паузы и выдоха. Установите переключатель в позицию «вдох» и удерживайте в течение 1–3 секунд. После этого быстро переместите переключатель в позицию «выдох» на 0,5–2 секунды, а затем установите нейтральное положение. Убедитесь в комфортности для пациента и переносимости манёвра. Регулируйте время вдоха/выдоха для наилучшего согласования вдоха и частоты дыхания.</p> <p>При автоматическом режиме используйте режим «Cough-Trak» для автоматической синхронизации прибора и пациента.</p>
4	<p>Продолжайте терапию с использованием «циклов кашля». В течении одной сессии использовать для педиатрических пациентов от 3 до 6 циклов, а для взрослых больных от 4 до 6 циклов. Следить за толерантностью к проводимой процедуре. Между сессиями необходимо выдерживать паузу в 30–60 секунд. Следите за восстановлением сатурации и вентиляции лёгких в период отдыха пациента. Выполните не менее 3–5 сессий для педиатрических пациентов и не менее 4–6 сессий для взрослых больных за один лечебный сеанс.</p>
5	<p>Периодически повышайте уровень инспираторного и экспираторного давления. Установите уровень воздушного потока, комфортный для пациента. Положительное давление вдоха устанавливается по эффективным экскурсиям грудной клетки и аускультативной картине билатерального распределения воздуха в лёгких. Отображаемый на дисплее дыхательный объем является подсказкой в титрации инспираторного давления и адекватных инспираторных объёмов. Отображаемый на дисплее уровень ПСК является критерием эффективного давления выдоха. Обычно давление вдоха/выдоха уровнем +/- 40 см H₂O хорошо переносятся пациентами.</p> <p>В режиме автоматической работы настройка параметров происходит самостоятельно аппаратом, с использованием триггера для пациента. При этом аппарат самостоятельно повышает или понижает давление, руководствуясь оптимальными параметрами пиковой скорости кашля.</p>
6	<p>Установка осцилляционной поддержки доступна как в режиме ручной, так и в режиме автоматической коррекции при вдохе и выдохе пациента. Задача осцилляторной поддержки в устранении препятствий для мобилизации и экспекторации слизи. Начинайте осцилляторную поддержку с частоты в 20 Гц с низкой амплитудой в 1 см H₂O и увеличивайте параметр в зависимости от переносимости пациентом.</p>
7	<p>Критерием эффективности проведённого сеанса «Cough Assist E70» является увеличение ПСК > 270 л/мин бронхолегочных заболеваниях (при наличии аспирации или инфекции дыхательных путей) или > 160 л/мин при нейромышечных нарушениях. При этом сатурация крови должна поддерживаться на уровне SpO₂ > 95% при FiO₂ = 21, %</p>

10. ДЛИТЕЛЬНАЯ КИСЛОРОДОТЕРАПИЯ (ДКТ).

Длительная малопоточная кислородотерапия (ДКТ) может быть определена как оксигенотерапия, используемая более 15 часов/сутки у хронических пациентов с дыхательной недостаточностью. Хроническая гипоксемия у таких пациентов определяется как парциальное напряжение артериальной крови кислородом (P_{aO_2}) $\leq 7,3$ kPa (1 kPa = 7,5 мм рт. ст. и 1 мм рт. ст. = 0,133 kPa), а в конкретной клинической ситуации $P_{aO_2} \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.). Фактически, практикующий специалист может ориентироваться на показатель насыщения артериальной крови кислородом у своего пациента (SpO_2): при условии сохранённой циркуляции крови и уровня гемоглобина показатель SpO_2 в покое менее 88% является аргументом в пользу проведения длительной кислородотерапии.

Кислород (О от лат. Oxygenium) – элемент 16-й группы второго периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером «8». Кислород является химически активным неметаллом, является самым лёгким элементом из группы халькогенов. Простое вещество кислород при нормальных условиях – это газ без цвета, вкуса и запаха, молекула которого состоит из двух атомов (формула O_2), в связи с чем его также называют диоксиген. В окружающем воздухе при «нормальных условиях» содержится 21% кислорода (число Фика для газовой смеси $FiO_2=21\%$). Жидкий кислород имеет светло-голубой цвет, а твёрдый представляет собой кристаллы светло-синего цвета.

Слово кислород (именовался в начале XIX века ещё «кислотвором») своим появлением в русском языке до какой-то степени обязано М. В. Ломоносову, который ввёл в употребление, наряду с другими неологизмами, слово «кислота»; таким образом слово «кислород», в свою очередь, явилось калькой термина «оксиген» (фр. oxygène), предложенного А. Лавуазье (от др.-греч. ὀξύς - «кислый» и γεννάω - «рождаю»), который переводится как «порождающий кислоту», что связано с первоначальным значением его - «кислота», ранее подразумевавшим вещества, именуемые по современной международной номенклатуре оксидами. Кислород является сильным окислителем, самый активный неметалл после фтора. Он образует бинарные соединения со всеми элементами, кроме гелия, неона, аргона, образуя оксиды. Наиболее распространённая степень окисления «-2». Как правило, реакция окисления протекает с выделением тепла и ускоряется при повышении температуры.

Однако, кислород в медицинской практике следует рассматривать с точки зрения его применения для терапии заболеваний, аналогично лекарственному веществу. С этой позиции следует говорить о кислородотерапии (оксигенотерапии) как о медицинской технологии. Согласно приказу Минздравсоцразвития России от 20.07.2007 № 488 (зарегистрировано в Минюсте России 01.08.2007 № 9938) к медицинским технологиям относят «...предлагаемые к использованию на территории Российской Федерации совокупности методов (приёмов, способов) лечения, диагностики, профилактики, реабилитации (далее - метод), средств, с помощью которых данные методы осуществляются, а в некоторых случаях и способ получения средства, применяемого в данной технологии...» С практической точки зрения это означает, что лица, допущенные к использованию O_2 в качестве немедикаментозной

терапии, должны иметь специальные навыки и обладать знаниями к его применению. Возникает закономерный вопрос: может ли кислород навредить пациенту?

Воздействие высоких уровней кислорода (выше 40% или с $\text{FiO}_2 > 40\%$) в течение длительного периода времени, создаёт серьёзные и опасные для жизни проблемы со здоровьем: происходит кислородное отравление мозга. Хотя отравление кислородом не входит в международную классификацию болезней 10-го пересмотра (код МКБ-10), при таких отравлениях возможны симптомы, схожие с передозировкой лекарственных средств. Кислородное отравление случается:

- при вдыхании кислородных смесей с составом, резко отличающимся от состава обычного воздуха;
- при периодическом наступлении кислородного голодания;
- при несоответствии значений парциального давления кислорода в окружающей среде общепринятым нормам (в норме $\text{FiO}_2 = 21\%$);
- при нарушении правил приёма некоторых лечебных и профилактических процедур (чаще в результате изменения давления в декомпрессионных камерах).

Кислородное отравление характерно для ряда профессий: аквалангисты/водолазы, космонавты, лётчики стратегической авиации, операторы установок кислородной резки металлов. Для таких случаев у лиц, подвергающихся риску кислородного отравления при выполнении профессиональных обязанностей, существуют инструкции, неукоснительное исполнение которых практически исключает опасность. Несмотря на это, в ряде случаев риск невозможно уменьшить. Так, высокий риск отравления O_2 существует у глубоководных дайверов/водолазов, из-за необходимости использовать высокие концентрациями кислорода при высоком внешнем давлении (глубина погружения). В редких случаях, у здоровых лиц возможно отравление кислородом, особенно в случае предшествующей кратковременной гипоксии (альпинисты, подъем в горы, горожане при длительном времени нахождения в хвойном лесу). Риску отравления подвержены стационарные пациенты, недоношенные дети, длительно получающие оксигенотерапию, а также лица получающие гипербарическую оксигенотерапию для лечения отравления монооксидом углерода или цианидом.

Различают два типа токсичности кислорода: кислородное отравление и кислородная интоксикация. Каждый вариант имеет характерные особенности в клинической картине. Кислородное отравление воздействует на лёгкие, а кислородная интоксикация распространяется на всю центральную нервную систему.

Кислородное отравление чаще развивается у лиц пожилого возраста, особенно с патологией сердечно-сосудистой системы и лёгочными заболеваниями. Отравление O_2 проявляется лёгочными симптомами (трудности с дыханием, кашель, одышка) с распространением их сверху вниз, болями за грудиной. Болевой компонент имеет тенденцию к нарастанию по интенсивности и площади. Постепенно к ним присоединяется головокружение, дрожание губ, головная боль и моторное возбуждение. Наиболее простой

способ прекращения кислородного отравления – вывести поражённого за пределы опасной зоны (зоны поражения). Например, для предотвращения кислородного отравления у ныряльщиков при возникновении чувства опьянения, им необходимо уменьшить глубину погружения, и в дальнейшем не нарушать правила погружения.

Кислородная интоксикация воздействует на центральную нервную систему (ЦНС) и способна вызвать летальный исход. Основными симптомами интоксикации являются потеря остроты зрения и слуха, раздражительность, тошнота, рвота, обмороки, головокружение, потеря сознания и судороги. Состояние поражённого стремительно ухудшается, он становится неспособным самостоятельно обратиться за помощью. При несвоевременно оказанной первой помощи наступает смерть. В экстремальных случаях у пациентов с кислородной интоксикацией возникает поражение лёгких (рубцевание лёгочной ткани) и многочисленные кровоизлияния на коже.

Системы доставки медицинского кислорода.

Для проведения оксигенотерапии используют автономные и портативные источники кислорода: концентраторы кислорода, баллоны с сжатым газом и резервуары с жидким кислородом. На сегодняшний день чаще всего используются концентраторы кислорода.

Кислородный концентратор – аппарат для выделения молекул кислорода из окружающего воздуха, их концентрирование и подача в виде потока чистого кислорода. Принцип работы кислородного концентратора таков: обыкновенный воздух ($\text{FiO}_2=21\%$) компрессором нагнетается в цилиндр, содержащий шарики цеолита (молекулярное решето), где под действием давления и цеолита происходит его разделение на фракцию азота (N_2) и кислорода (O_2). Кислород концентрируется с одной стороны (порт пациента), а с другой стороны азот. Далее 95 % кислородная смесь направляется по системе воздухопроводов к дыхательным путям пациента, а азот сбрасывается в атмосферу комнаты (рис. 44).

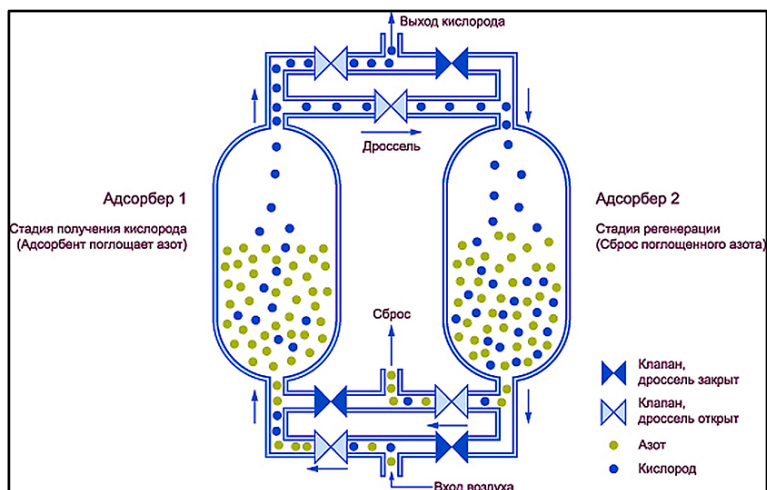


Рис. 44. Схема устройства кислородного концентратора. (Адаптировано из: Zieliński J. Indications for long-term oxygen therapy: a reappraisal. Monaldi Arch Chest Dis. 1999 Apr;54(2):178-82).

Аппарат имеет 2 цилиндра, наполненных цеолитом. Специальный дроссель (заглушка) с периодичностью пропускает воздух то в один цилиндр, то в другой. При работе одного

цилиндра (концентрация кислорода и накопление азота) второй автоматически «промывается» (выход азота в атмосферу). Срок годности цеолита зависит от интенсивности использования концентратора. Современные аппараты в среднем рассчитаны на 45.000-50.000 часов работы, работают от электросети, просты в эксплуатации, требуют минимального технического ухода (рис. 45).



Рис. 45. Внешний вид различных современных типов кислородных концентраторов. А) концентратор кислорода Armed 7F-5; Б) концентратор кислорода Armed 8Ф-5AB; В) портативный концентратор кислорода Armed 8Ф-1/2. (Адаптировано из: <https://www.armed-russia.ru/shop/46/>; Armed © 2009-2018 Armed-Russia).

Баллоны со сжатым газом в последнее время как постоянный источник O_2 практически не используются, т.к. требуется частая их заправка (стандартные 40-литровые баллоны содержат O_2 под давлением 150 Бар, такого количества кислорода хватает на 2 суток при потоке 2 л/мин). Однако небольшие баллоны (1-2 л) могут быть использованы как источник кислорода во время прогулок, поездок и т.д. (амбулаторный источник кислорода). При потоке 2 л/мин таких баллонов хватает на 1-3 часа. Основным недостатком таких портативных систем являются сложности их заправки (рис. 46).

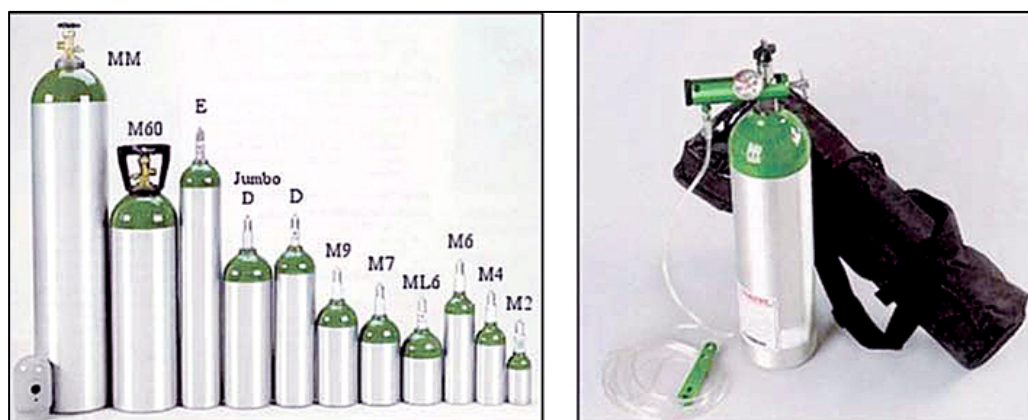


Рис. 45. Баллоны для сжатого кислорода. (Адаптировано из: Авдеев С.Н. Дыхательная кислородная терапия при хронической недостаточности. Москва: ФГУ НИИ Пульмонологии Росздрава, 2011. – с.17)

Резервуары с жидким кислородом представляют собой контейнеры с двойными стенками, содержащие сжиженный O_2 при температуре $183^{\circ}C$. Существуют стационарные (20, 30 и 45 л) и портативные переносные (1.14 л) резервуары, последние легко заправляются из стационарных резервуаров в домашних условиях. Портативные системы с жидким O_2 особенно показаны больным, ведущим активный образ жизни, позволяя им большее время находиться вне дома и приводят к достоверному повышению качества жизни пациентов по сравнению с концентраторами кислорода. Портативные переносные (1.14 л) цилиндры обеспечивают выход кислорода в течение 7,5 часов при потоке 2 л/мин. Цилиндры довольно легко заправляются, однако требуют большего технического обслуживания, чем остальные системы. Недостатками этих систем является также испарение кислорода при редком использовании и их довольно высокая стоимость (рис.47).



Рис. 47. Резервуары для жидкого кислорода. (Адаптировано из: Авдеев С.Н. Дыхательная кислородная терапия при хронической недостаточности. Москва: ФГУ НИИ Пульмонологии Росздрава, 2011. – с.17)

Сравнительная таблица преимуществ и недостатков различных источников кислорода представлена ниже (таб. 18).

Таблица 18.

Преимущества и недостатки различных источников кислорода

Система	Преимущества	Недостатки
Концентраторы кислорода	<ul style="list-style-type: none"> • умеренная стоимость; • удобство использования в домашних условиях; • широкая доступность; • безопасность 	<ul style="list-style-type: none"> • плохая портативность; • потребность в электрической сети; • снижение процента O_2 при повышении потока; • риск механической поломки; • необходимость технического обслуживания; • шум и вибрация при работе

Баллон со сжатым газом	<ul style="list-style-type: none"> • широкая доступность; • содержат чистый O₂; • не требует электричества; • надёжность; • простое обслуживание; • низкая стоимость; • любые размеры; • нет шума при работе 	<ul style="list-style-type: none"> • неудобны для домашнего использования; • сложности заправки; • потребность в частых заправках; • содержат малый объем O₂
Резервуар с жидким кислородом	<ul style="list-style-type: none"> • удобны для домашнего использования; • удобны для амбулаторного использования (прогулок); • содержат чистый O₂ ; • портативность; • простота заправки; • большой объем O₂; • не требует электричества; • надёжность 	

Системы доставки кислорода пациенту (кислородный интерфейс).

Существует различные кислородные интерфейсы для доставки O₂ в дыхательные пути пациента. В домашних условиях чаще всего используются носовые канюли. Они довольно удобные, недорогие и хорошо воспринимаются большинством больных (рис 48).

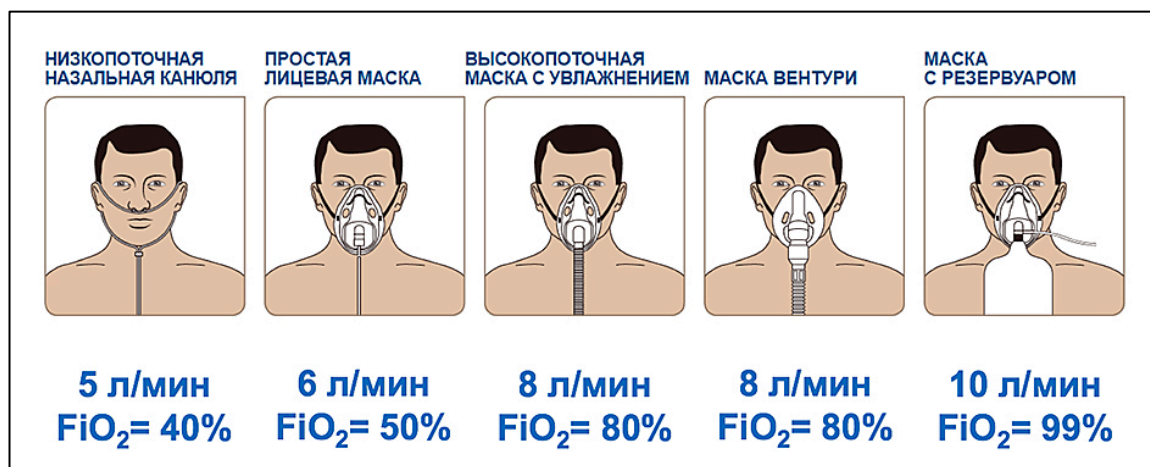


Рис. 48. Применяемые кислородные интерфейсы в зависимости от силы потока и концентрации кислорода. (Адаптировано из: Зильбер А.П. Этюды респираторной медицины. М.: МЕД-пресс-информ, 2007. –с 364.)

Канюли позволяют создавать кислородно-воздушную смесь с содержанием кислорода (FiO₂) до 24 - 40 % при потоке O₂ до 5 литров в минуту (FiO₂, % = 20 + 4х(поток O₂, л/мин)). Однако, реальная фракция вдыхаемого кислорода зависит кроме потока O₂ от многих факторов: геометрии носоглотки, ротового дыхания, минутной вентиляции, дыхательного

паттерна. Уменьшение дыхательного объёма и минутной вентиляции приводит к повышению FiO_2 . Однако доставка кислорода в альвеолы происходит только во время ранней фазы вдоха (примерно 1/6 часть дыхательного цикла), в то время как остальной O_2 расходуется «вхолостую». Для осуществления более эффективной доставки O_2 предложено несколько типов кислород сберегающих устройств: резервуарные канюли, пульсирующие устройства доставки кислорода и транс трахеальные катетеры; при их использовании достигается экономия O_2 в 2-4 раза, т.е. возможно снижение потока O_2 на такую величину, и, следовательно, увеличить время использования источников O_2 , что особенно важно для портативных систем.

Показания к длительной кислородотерапии (ДКТ).

Перед назначением больным ДКТ необходимо также убедиться, что возможности медикаментозной терапии исчерпаны и максимально возможная терапия не приводит к повышению O_2 выше пограничных значений (таб. 19).

Таблица 19.

Показания к длительной кислородотерапии (ДКТ)

Показания	PaO_2 (мм рт.ст.)	SaO_2 (%)	Особые условия
Абсолютные	≤ 55	≤ 88	Нет
Относительные (наличие особых условий)	55-59	89-90	Лёгочное сердце, отеки, полицитемия ($\text{Ht} > 55\%$)
Нет показаний (за исключением особых условий)	≥ 60	≥ 90	Десатурация при нагрузке; Десатурация во время сна; Болезнь лёгких с тяжёлым диспноэ, уменьшающимся на фоне O_2

(Адаптировано из: Celli BR, MacNee W; ATS/ERS Task Force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. Eur Respir J. 2004 Jun;23(6):932-46.)

Параметры газообмена, на которых основываются показания к ДКТ, должны оцениваться только во время стабильного состояния больных, т.е. через 3-4 недели после обострения, так как именно такое время требуется для восстановления газообмена и кислородного транспорта после периода острой дыхательной недостаточности (ОДН). Назначение ДКТ

должно основываться на показателях газового состава артериальной крови, данных пульсоксиметрии в данном случае недостаточно, так как, при наличии повышенных уровней карбоксигемоглобина и метгемоглобина, значения насыщения крови кислородом будут завышены. Кроме того, ошибка метода пульсоксиметрии (аккуратность $\pm 2-3\%$) в области значений, соответствующих PaO_2 около 60 мм рт. ст., может сделать данный метод неадекватным для выявления гипоксемии. Задачей кислородотерапии является коррекция гипоксемии и достижение значений $\text{PaO}_2 > 60$ мм рт. ст. и $\text{SaO}_2 > 90\%$. Считается оптимальным поддержание PaO_2 в пределах 60-65 мм рт. ст. Благодаря сигмовидной форме кривой диссоциации оксигемоглобина, повышение PaO_2 более 60 мм рт. ст. приводит лишь к незначительному увеличению SaO_2 и содержанию O_2 артериальной крови (CaO_2), однако может приводить к ретенции углекислоты.

В соответствии с клиническими рекомендациями Британского Торакального Общества от 2015 года возможно выделить несколько целевых групп пациентов, для которых кислородотерапия имеет ключевое и жизнь сберегающее значение. На сегодняшний день такие рекомендации основаны на достаточной доказательной базе, позволяющей выполнить процедуру кислородотерапии в соответствии со стандартами «добросовестной клинической практики». Ниже приведён русскоязычный адаптированный перевод, выполненный нашей рабочей группой в ходе подготовки указанных национальных рекомендаций.

ГРУППЫ ПАЦИЕНТОВ ДКТ.

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов ХОБЛ.

- Пациенты ХОБЛ с показателями покоя $\text{PaO}_2 \leq 7,3$ kPa (55 мм рт. ст.) должны рассматриваться как лица обязательного проведения ДКТ с целью сохранения лёгочной гемодинамики (уровень «А»);
- ДКТ показана стабильным пациентам ХОБЛ с показателями покоя $\text{PaO}_2 \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) и явлениями периферических отёков, полицитемии (гематокрит $\geq 55\%$) или лёгочной гипертензии (уровень «А»);
- Длительная кислородотерапия показана всем пациентам с гиперкапнией покоя если они имеют все остальные обязательные критерии ДКТ (уровень «В»)

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов с другими респираторными заболеваниями или сердечной патологией.

- ДКТ показана пациентам с интерстициальным заболеванием лёгких (ИЗЛ) и показателями покоя $\text{PaO}_2 \leq 7,3$ kPa (55 мм рт. ст.) (уровень «D»);
- ДКТ показана пациентам ИЗЛ с показателями покоя $\text{PaO}_2 \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) и явлениями периферических отёков, полицитемии (гематокрит $\geq 55\%$) или лёгочной гипертензии (уровень «D»);

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов с муковисцидозом.

- ДКТ показана пациентам с муковисцидозом и показателями покоя $PaO_2 \leq 7,3$ kPa (55 мм рт. ст.) (уровень «D»);
- ДКТ показана пациентам с муковисцидозом и показателями покоя $PaO_2 \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) и явлениями периферических отёков, полицитемии (гематокрит $\geq 55\%$) или лёгочной гипертензии (уровень «D»);

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов с лёгочной гипертензией.

- ДКТ показана пациентам с лёгочной гипертензией, включая идиопатическую лёгочную гипертензию, при показателях $PaO_2 \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) (уровень «D»);

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов с нейромышечными заболеваниями и патологией грудной клетки.

- Неинвазивная вентиляция лёгких (НВЛ) может явиться вариантом лечения для пациентов нейромышечными заболеваниями и патологией грудной клетки с дыхательной недостаточностью 2 типа (гиперкапнической). Дополнительная ДКТ потребуется в случае гипоксемии, не контролируемой НВЛ (уровень «D»);

Длительная кислородотерапия (ДКТ) у пациентов с сердечной недостаточностью.

- ДКТ показана пациентам с сердечной недостаточностью и показателями покоя $PaO_2 \leq 7,3$ kPa (55 мм рт. ст.) (уровень «D»);
- ДКТ показана пациентам с сердечной недостаточностью и показателями покоя $PaO_2 \leq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) при явлениях периферических отёков, полицитемии (гематокрит $\geq 55\%$) или ЭКГ и Эхо-КГ доказательствами лёгочной гипертензии (уровень «D»);

ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДКТ.

Длительность проведения ДКТ.

- ДКТ необходимо выполнять с минимальной длительностью от 15 часов/сутки. Проведение ДКТ в течении 24 часов может иметь дополнительные преимущества. (уровень «C»);

Сила воздушного потока для проведения ДКТ.

- Инициация ДКТ у пациентов, соответствующих критериям, производится воздушным потоком в 1 литр/мин и титруется с повышением на 1 литр/мин до тех пор, пока $SpO_2 > 90\%$. При проведении газового анализа артериальной крови необходимо убедиться, что в покое $PaO_2 \geq 8,0$ kPa (60 мм рт. ст.) (уровень «B»);
- Инициация ДКТ у не гиперкапнических пациентов возможно проводить в период сна повышением на 1 литр/мин, при условии отсутствия любых противопоказаний к ДКТ (уровень «B»);

- Пациенты с достаточной амбулаторной активностью получающие ДКТ должны получать дополнительный кислород в связи с возрастающей потребностью в нём при выполнении ими физической нагрузки (уровень «В»);

Контроль за проведением ДКТ.

- Пациенты ДКТ должны через 3 месяца пройти обязательную процедуру оценки газов крови и скорости кислородного потока для понимания необходимости дальнейшего проведения ДКТ и её терапевтической эффективности (уровень «А»);
- Пациенты ДКТ должны пройти обязательную контроль на дому или в стационаре на 6-м и 12-м месяце от выполненной оценки на 3-м месяце (уровень «D»);
- Визиты контроля за выполнением ДКТ проводит специалист, имеющий необходимую подготовку и знания в области проведения домашней кислородотерапии (уровень «D»);