

УДК 615.471

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОБИЛИЗАЦИИ И ЭВАКУАЦИИ МОКРОТЫ ПРИ БРОНХОЭКТАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ¹, Е.И. ДАВИДОВСКАЯ², А.М. АМИНОВА³, Н.А. ЛАТЫПОВА³, А.М. ПАК³

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

²ГУ «РНПЦ пульмонологии и фтизиатрии», г. Минск, Беларусь

³АО «Медицинский университет Астана», г. Астана, Казахстан

Аннотация. Описана биомеханическая модель развития бронхоэктатической болезни. Обосновано сочетание медикаментозной терапии с аппаратным воздействием, направленным на нейтрализацию патогенетического фактора задержки бронхиального секрета в бронхах. Обосновано применение таких методов аппаратной терапии, как кислородная терапия, проводимая посредством кислородных концентраторов, СИПАП-терапия, небулайзерная терапия. Показана целесообразность применения персонифицированного подхода к автоматизации процесса подбора и коррекции режима кислородной терапии на основе оценки изменяющегося состояния пациента. Представлен новый вид аппаратного воздействия для своевременного выведения мокроты из дыхательных путей и обеспечения дренирующего и противовоспалительного действия с помощью откашливателей (виброперкуторов и инсуффлятор-аспираторов). Предлагаемые системы очистки дыхательных путей, в отличие от аспираторов, обеспечивают выведение мокроты из легких, а не только из верхних дыхательных путей, что позволяет облегчить дыхание, а также нормализовать газообмен. Предусмотрены такие режимы работы, как аппаратный кашель через лицевую маску или дыхательный мундштук, интрапульмональная перкуссия через маску, мундштук или трахеостомическую трубку и экстрапульмональная перкуссия при помощи виброжилета. Проведенное клиническое исследование показало, что применение откашливателей обеспечило быстрое облегчение симптомов, улучшение функции дыхательных мышц и повышение качества жизни пациентов.

Ключевые слова: бронхоэктатическая болезнь, гипоксия, дыхательная недостаточность, аппаратная терапия, кислородная терапия, сатурация, откашливатели, виброперкуторы, инсуффлятор-аспираторы, аппаратный кашель, интрапульмональная перкуссия, экстрапульмональная перкуссия.

APPARATUS FOR MOBILIZATION AND EVACUATION OF BRONCHIECTASIS DISEASE SPUTUM

OLEG. B. ZELMANSKI¹, ELENA. I. DAVIDOVSKAYA², AIZHAN. M. AMINOVA³,
NATALYA. A. LATYPOVA³, ALEXEY. M. PAK³

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

²RSPC of pulmonology and phthisiology, Minsk, Belarus

³Astana Medical University, Astana, Kazakhstan

Abstract. The biomechanical model of bronchiectasis development is described. The combination of drug therapy with hardware intervention aimed at neutralizing the pathogenetic factor of bronchial secretion retention in the bronchi is substantiated. The use of hardware therapy methods such as oxygen therapy performed by means of oxygen concentrators, CPAP therapy, and nebulizer therapy is substantiated. A new type of hardware intervention for removal of sputum from the respiratory tract and ensuring drainage and anti-inflammatory action using expectorants (vibropercussion devices and insufflator-aspirators) is presented. The proposed respiratory tract cleaning systems, unlike aspirators, ensure removal of sputum from the lungs, and not only from the upper respiratory tract, which makes breathing easier and normalizes gas exchange. The following operating modes are provided: apparatus cough through a face mask or breathing mouthpiece, intrapulmonary percussion through a mask, mouthpiece or tracheostomy tube and extrapulmonary percussion using a vibrating vest. The positive effect of using expectorants was approved during conducted clinical research.

Keywords: bronchiectasis, hypoxia, respiratory failure, hardware therapy, oxygen therapy, saturation, expectorants, vibropercussion devices, insufflator-aspirators, hardware cough, intrapulmonary percussion, extrapulmonary percussion.

Введение

Бронхоэктатическая болезнь представляет собой хроническое, неспецифическое, приобретенное заболевание, патогенетически связанное с не разрешившимися пневмониями детского возраста [1]. Морфологическим субстратом является пост пневмонический фиброзный ателектаз, наличие бронхоэктазов и хронического воспаления в бронхах. Клинически проявляется признаками хронического неспецифического воспалительного процесса [2]. Основными симптомами являются кашель, отделение мокроты, одышка, гипоксемия. Характеризуется неуклонно прогрессирующим течением с постепенным распространением воспалительного процесса по бронхам снизу вверх. В терминальной стадии болезни развивается хроническая гнойно-обструктивная болезнь, основными проявлениями которой являются хроническая дыхательная недостаточность и хроническая гнойная интоксикация [3]. В зависимости от объема поражения классифицируют легкую, выраженную, тяжелую формы. Выделяют стадии ремиссии и обострения. Развитие современных методов лечения способствует благоприятному прогнозу. Многие пациенты доживают до преклонного возраста, но при отсутствии поддерживающей терапии качество жизни с годами снижается [4].

Несмотря на то, что медикаментозное лечение имеет высокую эффективность [5], с целью облегчения симптомов, а также повышения качества жизни пациентов его целесообразно дополнить аппаратным воздействием [6]. Таким образом, актуальной задачей является поиск новых методов лечебного воздействия, направленного на нейтрализацию патогенетического фактора задержки бронхиального секрета в бронхах, и их реализация в виде медицинских систем.

Биомеханическая модель развития бронхоэктатической болезни

Большинство пациентов составляют молодые люди 20-30 лет, 70% из которых в раннем детстве перенесли затяжные нижнедолевые пневмонии, приведшие к образованию пост пневматического фиброзного ателектаза [2], который вызывает нарушение вентиляции в пораженной части легкого и, как следствие, нарушение процессов самоочистки бронхов. В результате снижения кинетической энергии выдыхаемого воздуха, нарушения сократимости бронхов и работы мукоцилиарного аппарата, снижения местного иммунитета происходит задержка эвакуации бронхиального секрета из бронхов пораженной доли, служащего питательной средой для бактерий, которые начинают колонизировать бронхи пораженной доли [7]. Это ведет к развитию хронического латентного бронхита, вызывающего рубцовую трансформацию стенок бронхов. Вследствие растяжения рубцов возникают бронхоэктазы, которые по виду разделяют на цилиндрические, веретенообразные и смешанные. В тоже время следует отметить возможность образования бронхоэктазов из-за врожденных аномалий и генетических заболеваний. Наибольшую опасность представляет распространение инфицированного бронхоэктатического секрета в бронхах соседних долей, приводящее к возникновению воспалений в периоды гиперсенсibilизации, наблюдающиеся при острых респираторных заболеваниях. Таким образом, происходит накопление пост воспалительных изменений в соседних долях, которые также приводят к нарушению вентиляции, самоочистки бронхов и образованию бронхоэктазов [8]. При отсутствии должного своевременного лечения продолжительность жизни таких пациентов составляет 45-50 лет.

Типичными осложнениями заболевания являются дыхательная недостаточность и гипоксемия, возникающая вследствие шунтирования крови через сосуды не вентилирующейся доли легкого, которые несущественно поражаются в течение заболевания. В результате до 12% неоксигенированной крови поступает в большой круг кровообращения, что отрицательно сказывается на функционировании всех органов и систем, в особенности нервной системы. При этом насыщение гемоглобина артериальной крови может снижаться до 80-85%. В связи с чем пациенты с бронхоэктатической болезнью пессимистичны, быстро утомляемы, могут иметь нарушения памяти.

Уменьшение в объеме пораженной доли легкого до 3-5 раз ведет к росту отрицательного давления в плевральной полости, из-за чего происходит перемещение анатомических структур грудной клетки, асимметрия грудной клетки. Таким образом, наиболее

информативным видом диагностики являются рентгенография и бронхография [9]. На стороне поражения грудная стенка приобретает цилиндрическую, а не конусовидную форму, сужаются межреберные промежутки, уменьшается угол кривизны ребер, купол диафрагмы приподнимается, средостение смещается в сторону поражения, корень легкого смещается вниз кзади и медиально [7].

Аппаратная терапия при бронхоэктатической болезни

Поскольку бронхоэктатическая болезнь сопровождается дыхательной недостаточностью и гипоксемией, то применение кислородной терапии позволяет не только устранить тяжесть симптомов, но и продлить жизнь пациентов. Режимы назначения длительной кислородной терапии при использовании концентраторов кислорода – поток кислорода до 5 л/мин с содержанием кислорода 90% при подаче не менее 15 часов в сутки в амбулаторных или домашних условиях: 8 часов в ночное время, 2 сеанса по 3,5 часа в дневное время. Перерывы между сеансами кислородной терапии не должны превышать 2-х часов подряд. Целесообразным представляется применение персонифицированного подхода к автоматизации процесса подбора и коррекции режима кислородной терапии на основе оценки изменяющегося состояния пациента [10]. Еще одним способом лечения дыхательной недостаточности является СИПАП-терапия (Constant Positive Airway Pressure – создание постоянного положительного давления воздуха в дыхательных путях), которая позволяет обеспечить РЕЕР-эффект (Positive End-Expiratory Pressure – положительное давление в дыхательных путях в конце выдоха) [11].

В настоящее время в протоколах ведения пульмонологических больных ведущее место занимает небулайзерная терапия, которая состоит в подаче в дыхательные пути пациента, распыленного до состояния аэрозоля, раствора лекарственного средства и достижения местного терапевтического эффекта. Однако ввиду нарушения при бронхоэктатической болезни воздухообмена в пораженной части легкого доставка лекарственного средства с помощью небулайзера в эту часть легкого затрудняется.

В то же время наиболее эффективным возможным лечебным воздействием является воздействие, которое направлено на нейтрализацию патогенетического фактора задержки бронхиального секрета в бронхах. С целью своевременного выведения мокроты из дыхательных путей и обеспечения дренирующего и противовоспалительного действия предлагается применение таких систем очистки дыхательных путей, как откашливатели и виброперкуторы (инсуффлятор-аспираторы), обеспечивающих следующие режимы работы:

1. Аппаратный кашель или механическое откашливание (инсуффляция – эксуффляция) моделирует естественный кашель благодаря смене положительного и отрицательного давления в дыхательных путях пациента через маску или мундштук, может сочетаться с осцилляциями.

2. Интрапульмональная перкуSSIONная вентиляция (IPV) представляет собой высокоскоростную, прерывистую подачу небольших объемов воздуха в легкие через лицевую маску, дыхательный мундштук или трахеостомическую трубку. Такой вид вентиляции позволяет расправить легочную ткань, проникнуть в труднодоступные места и создать движение воздуха, перемещающее мокроту из периферийных легочных структур в крупные дыхательные пути для последующего ее откашливания. Возможно сочетание с аэрозольной и кислородной терапией, создание регулируемого РЕЕР-эффекта, обеспечивающее комплексность респираторной терапии.

3. Экстрапульмональная перкуссия осуществляется за счет осцилляторного воздействия пневмоимпульсов высокой частоты до 20 Гц, но малой амплитуды на грудную клетку при помощи виброжилета. При этом возникают высокочастотные и малоамплитудные колебания стенок бронхов, которые с одной стороны, отделяют и мобилизируют липкий секрет в более крупные отделы респираторного тракта, откуда он легко дренируется (откашливается), а с другой, разжижают вязкий секрет, улучшая его реологические свойства.

Преимуществом систем откашливания по сравнению с аспираторами, которые обеспечивают выведение мокроты только из верхних дыхательных путей, является возможность эвакуации мокроты из легких, что позволяет облегчить дыхание, а также нормализовать газообмен.

Система откашливания состоит из дыхательного контура и контура пациента. Дыхательный контур представляет собой внутренний трубопровод, оснащенный клапанами, воздушным фильтром, модулем нагнетателя, модулем ограничителя потока воздуха, переходником для подключения контура пациента, регулятором давления аспирации и скорости потока. Контур пациента включает дыхательный шланг, бактериальный и противовирусный фильтр, препятствующий притоку жидкостей из организма в корпус устройства, лицевую маску, мундштук, трахеостомическую трубку.

Экспериментальная часть

На базе АО «Национальный научный медицинский центр», Республика Казахстан в период с сентября 2022 года по декабрь 2023 года было проведено рандомизированное контролируемое исследование с участием 47 пациентов, страдающих обострениями бронхоэктатической болезни. Пациенты были случайным образом распределены на две группы: контрольная группа получала стандартное лечение, в то время как экспериментальная группа дополнительно получала немедикаментозную терапию с помощью системы откашливания ComfortCough II в следующих режимах: режим интрапульмональной перкуссии (Ip +25 см H₂O, I 1:1, f 400-600 циклов в минуту), режим аппаратный кашель (Ip +25 см H₂O, Ep -20 см H₂O, f 20 Гц) назначался пациентам с ослабленными дыхательными мышцами, режим экстрапульмональной перкуссии назначался пациентам с тяжелой обструкцией дыхательных путей. В результате мониторинга частоты дыхания, насыщения артериальной крови кислородом, объема мокроты, тяжести кашля и одышки, максимального давления вдоха и выдоха, проводимого на 1-й, 15-й и 30-й день, было установлено, что дополнительное применение системы откашливания значительно улучшило клинические результаты по сравнению со стандартной терапией. Так, в экспериментальной группе форсированная жизненная емкость легких увеличилась на 15%, объем форсированного выдоха за первую секунду улучшился на 20%, что указывает на улучшение проходимости дыхательных путей и эффективности кашля. Максимальные давления вдоха и выдоха увеличились на 25% и 30% соответственно, что свидетельствует об укреплении дыхательных мышц. Ежедневный объем мокроты снизился на 35%, а общее снижение частоты обострений составило 28%.

Результаты и их обсуждение

Эффективность лечения бронхоэктатической болезни значительно повышается при добавлении аппаратной терапии к медикаментозным методам лечения. Пациенты испытывают более быстрое облегчение симптомов, улучшение функции дыхательных мышц и повышение качества жизни. Приоритетной задачей аппаратного воздействия является нейтрализация патогенетического фактора задержки бронхиального секрета в бронхах, исходя из чего целесообразным представляется применение откашливателей и виброперкуторов. При этом следует отметить основное преимущество данных систем, состоящее в возможности сочетания внешнего воздействия на грудную клетку пациента посредством виброжилета и вентиляции дыхательных путей через маску, мундштук или трахеостомическую трубку. Также следует отметить возможность применения систем откашливания и при других паренхиматозных заболеваниях легких, а именно легочном муковисцидозе, ХОБЛ, пневмониях, БЛД, а также нейромышечных заболеваниях со сниженной жизненной емкостью легких и сниженным либо отсутствующим кашлевым рефлексом, в частности БАС, СМА, миастении, синдроме Гийена-Барре, миодистрофии Дюшенна. Системы откашливания могут применяться как в учреждениях здравоохранения, так и на дому.

Заключение

До недавнего времени международные клинические рекомендации по ведению пациентов с бронхоэктазами отсутствовали. Большинство существующих на сегодняшний день рекомендаций являются условными и основаны на доказательствах низкого качества [12]. В связи с чем, они скорее призваны инициировать дальнейшие исследования по оптимальному

лечению пациентов с бронхоэктатической болезнью. Таким образом, бронхоэктатическая болезнь представляет собой быстро развивающуюся область пульмонологии, которая может быть дополнена такими немедикаментозными методами лечения, как персонифицированная кислородная терапия с автоматическим подбором и коррекцией режима на основании изменяющегося состояния пациента, а также аппаратная эвакуация мокроты.

Список литературы

1. Чернеховская, Н.Е. Бронхоэктатическая болезнь / Н.Е.Чернеховская // Лечащий врач. – 2004. – № 2 [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <https://www.lvrach.ru/2004/02/4531083>. – Дата доступа: 15.06.2024.
2. Бобровнический, В. И. Бронхоэктатическая болезнь у детей : учеб.-метод. пособие / В. И. Бобровнический. – Минск : БГМУ, 2013. – 24 с
3. Зарембо, И.А. Бронхоэктазы: современный взгляд на проблему / И.А. Зарембо, Е.А. Киселева, Л.С. Зарайская, Д.И. Филиппов, С.А. Васильев // Практическая пульмонологии. – 2015. – № 4. – С. 27–33.
4. Моисеев, В. С. Внутренние болезни : учебник : в 2 т. / под ред. В. С. Моисеева, А. И. Мартынова, Н. А. Мухина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 2 т.
5. Чучалин, А. Г. Рациональная фармакотерапия заболеваний органов дыхания : руководство для практикующих врачей / под ред. А. Г. Чучалина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Литтерра, 2013. – 872 с.
6. Чучалин, А. Г. Респираторная медицина : руководство : в 2 т. / под ред. А. Г. Чучалина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 2 т.
7. Лаптев, А.Н. Бронхоэктатическая болезнь (механизмы развития, диагностика, лечение, профилактика) / А. Н. Лаптев, Е. А. Лаптева // ARS medica. Искусство медицины. – 2011. – № 9. – С.7-18.
8. Лаптева, Е.А. Развитие и прогрессирование хронического инфекционно-зависимого воспалительного процесса в бронхах при разных заболеваниях легких / Е.А. Лаптева, А.Н. Лаптев // Медицинская панорама. – 2011. – № 9. – С.9-11.
9. Яковлев, В.Н. Бронхологические методы диагностики и лечения в практике пульмонолога / В.Н. Яковлев, В.Г. Алексеев. – Москва, 2013. – 256 с.
10. Зельманский, О. Б. Методика адаптивной терапии дыхательной недостаточности и ее аппаратно-программная реализация в виде изделия медицинской техники для оптимизации расхода кислорода / Зельманский О. Б. // Лучший педагог – 2022 : II Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств, Нур-Султан, 2022 г. / Общенациональное движение «Бобек». – Нур-Султан : Бобек, 2022. – С. 60-63.
11. Зельманский, О. Б. Дыхательная недостаточность: техническое обеспечение диагностики и респираторной поддержки / О. Б. Зельманский, Е. И. Давидовская, А.С. Дубровский // Доклады БГУИР. - 2020. - № 18 (8). - С. 29–36.
12. Бронхоэктазы у взрослых больных: клинические рекомендации Европейского респираторного общества. Пульмонология. 2018. - 28 (2). - С. 147–168. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-2-147-168.