

УДК 616.22:615.83/84:616-036.8

DOI: 10.36604/1998-5029-2022-85-131-142

ВОЗМОЖНОСТИ РЕСПИРАТОРНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ В КОРРЕКЦИИ ДИСФУНКЦИИ МАЛЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

Н.С.Юбицкая, М.В.Антонюк, Т.А.Гвозденко

*Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт
медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, г. Владивосток, ул. Русская, 73г*

РЕЗЮМЕ. Введение. В настоящее время признано, что дисфункция малых дыхательных путей (МДП) является составляющей развития хронических обструктивных заболеваний. Поражение МДП характерно для определенных фенотипов бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких, что определяет особенности клинических проявлений заболеваний и требует персонализированный подход к лечению. **Цель.** Обобщение данных отечественных и зарубежных исследователей о возможности применения немедикаментозных методов реабилитации хронических обструктивных заболеваний с точки зрения их влияния на функцию МДП. **Материалы и методы.** В обзоре использованы данные статей, опубликованных в PubMed, Google Scholar, eLIBRARY. **Результаты.** В статье представлены современные методы оценки функции МДП. Обсуждается выбор критериев и сложность диагностики дисфункции МДП на этапе восстановительного лечения. Показана эффективность применения природных и преформированных физических факторов в восстановительном лечении хронических обструктивных заболеваний легких. Авторы анализируют влияние физиотерапевтических факторов на динамику параметров спирометрии, косвенно указывающих на состояние МДП. Показан предпочтительный выбор ингаляционных препаратов с экстрамалыми размерами лекарственных частиц, проникающих в дистальные отделы дыхательных путей. Освещено влияние природных и преформированных физических факторов на функцию МДП при хронических обструктивных заболеваниях легких. **Заключение.** Литературные данные позволяют предположить позитивное влияние методов легочной реабилитации на функцию МДП. Требуются дальнейшие исследования, направленные на изучение механизмов действия физиотерапевтических факторов на периферические отделы дыхательных путей и разработку адресных медицинских технологий.

Ключевые слова: дисфункция малых дыхательных путей, реабилитация, хронические обструктивные заболевания легких.

POSSIBILITIES OF RESPIRATORY REHABILITATION IN CORRECTION OF SMALL AIRWAY DYSFUNCTION

N.S.Yubitskaya, M.V.Antonyuk, T.A.Gvozdenco

*Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of
Medical Climatology and Rehabilitative Treatment, 73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105, Russian Federation*

SUMMARY. Introduction. It is now recognized that small airway dysfunction is a component of the development of chronic obstructive diseases. The damage of the small airways is characteristic of certain phenotypes of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease, which determines the characteristics of the clinical manifestations of the disease and requires a personalized approach to treatment. **Aim.** Summarizing the data of domestic and foreign researchers on the possibility of using non-drug methods of rehabilitation of chronic obstructive diseases in terms of their impact on the small airways. **Materials and methods.** The review uses data from articles published in PubMed, Google Scholar,

Контактная информация

Наталья Сергеевна Юбицкая, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория восстановительного лечения, Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, Россия, г. Владивосток, ул. Русская, 73г. E-mail: natalia.yb@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Natalia S. Yubitskaya, MD, PhD (Med.), Staff Scientist of Laboratory of Rehabilitative Treatment, Vladivostok Branch of the Far Eastern Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitative Treatment, 73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105, Russian Federation. E-mail: natalia.yb@mail.ru

Для цитирования:

Юбицкая Н.С., Антонюк М.В., Гвозденко Т.А. Возможности респираторной реабилитации в коррекции дисфункции малых дыхательных путей // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2022. Вып.85. С.131–142. DOI: 10.36604/1998-5029-2022-85-131-142

For citation:

Yubitskaya N.S., Antonyuk M.V., Gvozdenco T.A. Possibilities of respiratory rehabilitation in correction of small airway dysfunction. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2022; (85):131–142 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2022-85-131-142

eLIBRARY. **Results.** The article presents modern methods for assessing small airways. The choice of criteria and the complexity of diagnosing small airway dysfunction at the stage of rehabilitation treatment are discussed. The effectiveness of the use of natural and preformed physical factors in the rehabilitation treatment of chronic obstructive pulmonary diseases has been shown. The authors analyze the influence of physiotherapeutic factors on the dynamics of spirometry parameters, indirectly indicating the state of small airways. The preferred choice of inhalation preparations with extra-small sizes of medicinal particles penetrating into the distal respiratory tract is shown. The influence of natural and preformed physical factors on the small airway dysfunction in chronic obstructive pulmonary diseases is highlighted. **Conclusion.** Literature data suggest a positive effect of pulmonary rehabilitation methods on the small airway dysfunction. Further studies are required to study the mechanisms of action of physiotherapeutic factors on the peripheral parts of the respiratory tract and the development of targeted medical technologies.

Key words: small airway dysfunction, rehabilitation, chronic obstructive pulmonary disease.

Хронические респираторные заболевания, как причины болезненности, инвалидизации и смертности населения, выдвинулись на одно из первых мест и являются широко распространенными заболеваниями в различных регионах России. Бронхиальная астма (БА) и хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – наиболее распространенные хронические обструктивные заболевания дыхательных путей и представляют собой серьезное социальное и экономическое бремя для систем здравоохранения во всем мире. В последние годы представления о ХОБЛ и БА существенно дополнились данными о роли дисфункции малых дыхательных путей (МДП) в патогенезе и течении этих заболеваний. В настоящее время признано, что дисфункция МДП – одна из составляющих развития хронических обструктивных заболеваний и является функциональным признаком ХОБЛ и БА [1–3].

Высказано предположение, что поражение МДП играет особую роль в определенных фенотипах БА и ХОБЛ. Результаты, полученные в крупном исследовании ATLANTIS, продемонстрировали исключительную важность поражения периферических бронхов при БА любой степени тяжести, но особенно при тяжелой ее форме [4]. При изучении «фенотипа БА с поражением периферических / малых воздухоносных путей», установлено, что дисфункция МДП при БА ассоциируется с повышением частоты обострений и недостаточным уровнем контроля над заболеванием, увеличивается с возрастом и часто наблюдается у пациентов при коморбидном течении БА с ожирением [2, 5, 6].

Исследования последних десятилетий убедительно продемонстрировали, что воспаление дыхательных путей при ХОБЛ затрагивает не только центральные, но и дистальные отделы бронхиального дерева «small airways») [7–9]. В соответствии с рекомендациями GOLD (2022), ХОБЛ определяется как заболевание, характеризующееся персистирующими респираторными симптомами и ограничением скорости воздушного потока, связанным с бронхиальными и/или альвеолярными нарушениями, обычно вызываемыми значительным воздействием повреждающих частиц или газов [10]. Воспаление в дыхательных путях и паренхиме при ХОБЛ представляет собой усиленный воспалительный ответ на ирританты и изначально ло-

кализуется в МДП. Именно с аккумуляции воспалительного экссудата в МДП начинается патологический процесс у пациентов с ХОБЛ [11].

К МДП относятся бронхи, внутренний диаметр которых составляет ≤ 2 мм (или окружность базальной мембраны ≤ 6 мм), которые начинаются уже с 5–6 генерации и включают в себя терминальные и респираторные бронхиолы, альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки [12]. До сих пор не удалось выявить клинически применимый надежный биомаркер или функциональный критерий поражения МДП. Результаты, полученные в исследовании ATLANTIS, продемонстрировали, что не существует какого-либо одного показателя, который мог бы изолированно использоваться в качестве единственного теста для выявления дисфункции МДП [7].

Расширение диагностических возможностей позволило «заглянуть» в эти, в свое время недоступные для исследователей, отделы воздухоносного тракта, что привело сначала к получению новых свидетельств участия МДП в формировании патологического процесса и клинических проявлений обструктивных заболеваний, а впоследствии и к разработке и получению новых форм лекарственных препаратов [5]. Полученные новые данные не могли не повлиять на тактику лечения ХОБЛ и БА, сделав предпочтительным выбор препаратов с экстремально малыми размерами лекарственных частиц, проникающих в дистальные отделы дыхательных путей. Однако адекватное применение современных препаратов приводит к достижению контроля далеко не у всех больных БА и ХОБЛ. Среди причин недостаточной эффективности терапии при БА наряду с несоблюдением рекомендаций, наличием сопутствующих заболеваний, типом воспаления (эозинофильный/нейтрофильный), определенное значение имеют фенотипы заболевания, связанные с поражением мелких бронхов. Также и при изучении поражения МДП при ХОБЛ подчеркивается, что генетические факторы риска, ускоренное старение и половые различия вносят важный вклад в ключевые особенности патологии для каждого пациента [13]. Очевидна необходимость оценки эффективности проводимой терапии на уровне МДП.

Легочная реабилитация является одной из ключевых стратегий в комплексном лечении больных хроническими респираторными заболеваниями. Важным

направлением в терапии, позволяющей остановить рост обструктивных заболеваний, служит персонализированный подход, при котором лечение должно подбираться индивидуально для каждого пациента, в том числе с учетом функционального состояния МДП. Актуальные вопросы медикаментозного лечения и легочной реабилитации пациентов с ХОБЛ и БА отражены в многочисленных публикациях и методических рекомендациях [14–16]. В национальных и международных рекомендациях легочная реабилитация включает психологическую поддержку, физические тренировки и обучение. Опыт российских школ физиотерапии и курортологии свидетельствует об эффективности применения природных и преформированных физических факторов в восстановительном лечении хронических обструктивных заболеваний. Тем не менее, физиотерапевтические методы в рекомендациях по лечению ХОБЛ и БА в настоящее время не рассматриваются [14, 15].

В обзоре обсуждаются возможности немедикаментозных методов реабилитации хронических обструктивных заболеваний с точки зрения их влияния на функцию МДП. В настоящее время имеется относительно небольшое количество клинических исследований, имеющих стандартизованный дизайн, для оценки положительных эффектов легочной реабилитации у пациентов с ХОБЛ и БА. При этом, влияние немедикаментозных методов на состояние МДП не рассматривается. Остается открытым вопрос выбора метода для оценки функции МДП при проведении реабилитации. С функциональной точки зрения выраженное персистирующее воспаление в малых бронхах приводит к гетерогенности вентиляции, раннему закрытию бронхов во время выдоха, образованию воздушных ловушек и гиперинфляции легких. Вместе с тем довольно сложно определить функциональные нарушения, обусловленные патологией МДП. В качестве критериев оценки поражения МДП сегодня рассматриваются данные импульсной осциллометрии, бодиплетизмографии, спирометрии [5, 17–19]. Критерием дисфункции МДП по данным бодиплетизмографии принято считать наличие «воздушных ловушек» (увеличение остаточного объема легких (ООЛ) и доли ООЛ в структуре общей емкости легких – ОЕЛ) и признаков гиперинфляции (увеличение функциональной остаточной емкости) [20, 21]. То есть, увеличение ООЛ, а более точно – ООЛ/ОЕЛ, выше верхней границы нормы является маркером наличия воздушных ловушек. С практической точки зрения более важно, что форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) обратно коррелирует с ООЛ/ОЕЛ, указывая на формирование «воздушных ловушек» [22]. Помимо ФЖЕЛ среди спирометрических параметров для диагностики дисфункции МДП предлагается использовать такие показатели как объем форсированного выдоха за 1-ю секунду ($ОФВ_1$), средняя объемная скорость потока воздуха между 25 и 75% ФЖЕЛ в середине выдоха

($СОС_{25-75}$) [5, 17]. Критерием импульсной осциллометрии, который предлагается использовать в качестве маркера дисфункции МДП, является патологическая абсолютная частотная зависимость резистанса (Rrs) на частоте осцилляций 5 и 20 Гц, а именно $Rrs_5 - Rrs_{20} > 0,07$ кПа·с/л [23].

В недавно завершеном исследовании ATLANTIS для оценки МДП применялись и сравнивались признанные на сегодняшний день физиологические тесты и методы лучевой диагностики. Для выявления и оценки поражения МДП проводили измерение экспираторной фракции оксида азота, бронхопровокационный тест с метахолином, предбронходилатационные тесты импульсной осциллометрии, тест вымывания азота методом множественного дыхания, спирометрию, бодиплетизмографию и компьютерную томографию [4]. По своей насыщенности технологиями исследования легочной функции и состояния МДП, исследование ATLANTIS является уникальным. Показано, что не существует какого-либо одного показателя, который мог бы изолированно использоваться в качестве единственного теста для выявления патологии МДП, но в то же время результаты каждого из тестов могут вносить свой вклад в постановку диагноза. В литературных источниках отсутствуют данные о влиянии отдельных методик на показатели таких трудоемких, дорогостоящих методов, по которым можно судить о влиянии на МДП. Большинство методов – удел научных исследований и в клинической практике используются редко. В связи с этим в статье рассматривались параметры спирометрии, косвенно указывающие на состояние МДП.

Для профилактики и восстановительного лечения пациентов с ХОБЛ и БА применяется большой спектр немедикаментозных методов, эффективность которых широко освещена в литературе. Ингаляционная терапия – метод доставки лекарственных препаратов непосредственно в дыхательные пути и один из наиболее часто применяемых методов лечения, оказывающих влияние на функциональное состояние дыхательной системы. Показано, что для реабилитации больных с обструктивными заболеваниями легких важно использовать небулайзерную систему, которая способна доставлять лекарственное вещество в плохо вентилируемые дыхательные пути уменьшенного объема, способствуя более эффективному медикаментозному воздействию [24, 25]. Введение лекарственных препаратов с помощью ингаляторов позволяет достигать лучшего контроля заболевания при более низкой дозе препарата именно за счет эффективного влияния на воспаление на уровне МДП и снизить потенциальный риск развития побочных системных эффектов [26, 27]. Доказано положительное влияние на легочную функцию: увеличение ФЖЕЛ, $ОФВ_1$, ЖЕЛ, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ [28–31].

Физические тренировки скелетных мышц, являющиеся частью программы легочной реабилитации, спо-

способствуют восстановлению нарушенных функций мускулатуры при ХОБЛ и БА даже у пациентов с тяжёлым нарушением вентиляционной функции лёгких и приводят к улучшению переносимости физических нагрузок [32, 33]. В исследованиях M.Kerti et al. [34] показано, что увеличение толерантности к физической нагрузке умеренно коррелирует с увеличением ЖЕЛ и ОФВ₁, что позволяет предположить и улучшение состояния МДП. Н.Н.Мещерякова считает, что эти эффекты связаны с корригирующим влиянием физических тренировок на биомеханику дыхания, улучшением бронхиальной проходимости, ускорением обратного развития воспалительного процесса и увеличением резервов функции внешнего дыхания [35]. В соответствии с целью и задачами каждого этапа реабилитации широко применяются статические, динамические и дренажные дыхательные упражнения. Смысл их использования заключается в обеспечении ровного ритмического дыхания, снижении частоты и изменении типа дыхания, перестройке структуры дыхательного цикла. Снижение частоты дыхательных движений у больных с умеренно выраженной ХОБЛ считается ранней профилактикой развития хронической усталости дыхательной мускулатуры. [36, 37]. В работе P.A.Eichenberger et al. приводятся обобщенные данные 17 исследований, в которых применялись физические тренировки у пациентов с БА [38]. Метаанализ показал значительное увеличение числа дней без симптомов астмы, улучшение ЖЕЛ, ОФВ₁ и толерантности к физической нагрузке. На фоне физических тренировок уменьшается риск обострения астмы, снижаются бронхиальная гиперреактивность и сывороточные провоспалительные цитокины, улучшается качество жизни и функция МДП, что подтверждает необходимость их включения в постоянный режим реабилитационных программ больных с БА [39]. О влиянии физической реабилитации на функцию МДП можно судить по данным Е.В.Викторовой и Т.В.Кулишовой [40], проводивших оценку эффективности интервальных физических нагрузок в комплексном лечении больных ХОБЛ в условиях курорта Белокуриха на основе динамики клинико-функциональных показателей, функции внешнего дыхания, показателей соматического здоровья и физической работоспособности. В результате сочетанного применения базовых методов и интервальных физических нагрузок на терренкуре прирост ОФВ₁ составил 27,0% ($p < 0,05$); соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ увеличилось на 25,9% ($p < 0,05$), ФЖЕЛ – на 22,7% ($p < 0,05$), ЖЕЛ – на 20,3% ($p < 0,05$). Также возросла проходимость на уровне крупных, средних и мелких бронхов – МОС₂₅ на 26,1% ($p < 0,05$), МОС₅₀ на 38,7% ($p < 0,05$), МОС₇₅ на 33,2% ($p < 0,05$) в сравнении с исходными данными.

Имеются данные об увеличении показателей легочной вентиляции у больных БА детей на фоне гидрокинезотерапии. В работе А.В.Яшук и соавт. [41] показано, что занятия гидрокинезотерапией способствовали сни-

жению в 4,3 раза количества приступов бронхообструкции, длительность обострений уменьшилась в 2,4 раза, потребность в бронхолитиках – в 4,7 раза, дети лучше переносили физические нагрузки. Доказано, что противовоспалительное действие гидрокинезотерапии обусловлено нормализацией содержания альфа-1-кислого гликопротеина, снижением уровня оксида азота в конденсате выдыхаемого воздуха. Увеличение ОФВ₁ на 20%, ЖЕЛ на 11%, ФЖЕЛ на 8% на фоне улучшения соматического состояния детей с БА косвенно свидетельствует о позитивном влиянии гидрокинезотерапии на функцию МДП.

Персонализированный подход к легочной реабилитации заключается в подборе эффективной общей тренировочной нагрузки, которая должна соответствовать индивидуальным специфическим требованиям и превышать нагрузки в ежедневной жизни, чтобы улучшить аэробную емкость и силу мышц (т.е., порог тренировки), возрастать, если происходит улучшение переносимости нагрузки. Физические тренировки могут быть дополнены массажем, который способствует устранению спазма дыхательной мускулатуры, восстановлению подвижности грудной клетки и диафрагмы, повышению эластичности легочной ткани, активации крово- и лимфотока, улучшению деятельности мерцательного эпителия.

Успешный опыт использования лазерной терапии доказан результатами многочисленных исследований, свидетельствующих об эффективности метода при лечении больных всеми формами БА. Реабилитационный комплекс больных БА с включением лазерной терапии способствует улучшению клинической картины заболевания в более ранние сроки лечения в сравнении с больными, которым проводили только медикаментозную терапию. Об этом свидетельствуют более высокие значения основных показателей функции внешнего дыхания, улучшение показателей бронхиальной проходимости на уровне средних и мелких бронхов: увеличение ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁, МОС₂₅₋₇₅ [42–45].

Учитывая, что в патогенезе БА и ХОБЛ воспаление воздухоносных путей играет определяющую роль, в реабилитации целесообразно применение физиотерапевтических факторов, оказывающих противовоспалительное действие и улучшающих микроциркуляцию в легочной ткани [8]. В реабилитационный комплекс пациентов включаются такие методы, как неполяризованный импульсный красный свет, ультрафиолетовое облучение грудной клетки в эритемных дозах, ультравысокочастотная терапия, индуктотерапия, микроволновая терапия сантиметрового и дециметрового диапазонов, крайне высокочастотная терапия, амплипульстерапия, магнитотерапия [46]. В настоящее время не теряет своей актуальности электрофорез, сочетающий воздействие постоянного тока и вводимых лекарственных веществ [47]. Физиотерапевтические методы уменьшают воспалительные явления в бронхах, улучшают бронхиальную проходимость и состоя-

ние гемодинамики малого круга, снижают экссудативные реакции в легочной паренхиме, оказывают бактериостатическое действие и обеспечивают иммуномодулирующий эффект [48, 49]

Преимущества комплексной реабилитации пациентов с ХОБЛ и БА состоят в возможности проведения адекватных и физиологически обоснованных курсов восстановительного лечения, включающих как природные (климато-, пелоидо и бальнеотерапия), так и преформированные физические факторы. При применении комплексного восстановительного лечения у пациентов с ХОБЛ и БА на фоне базисной терапии наблюдается положительная динамика клинических симптомов и параметров функции внешнего дыхания. Так, в исследовании Н.М.Саликовой и соавт. [50] изучалось влияние переменного электрического тока высокой частоты на эффективность лечения больных ХОБЛ в санаторных условиях. Комплексная терапия включала базисную бронхолитическую терапию, климатолечение, лечебную физкультуру, спелеотерапию, щелочные ингаляции. У пациентов в более быстрые сроки исчезала одышка, реже возникали признаки удушья, повышалась эффективность легочной вентиляции и улучшалась бронхиальная проходимость. При этом все параметры функции внешнего дыхания статистически значимо улучшились: ФЖЕЛ с $79,12 \pm 6,15$ до $89,13 \pm 6,52\%$ ($p < 0,05$), $ОФВ_1$ с $78,51 \pm 5,18$ до $89,17 \pm 6,47\%$ ($p < 0,05$), $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ с $64,45 \pm 4,52$ до $76,12 \pm 5,29\%$ ($p < 0,05$). По данным С.Н.Бектемировой [51] комплексное применение лечебной физкультуры, массажа, магнитолазеротерапии, рефлексотерапии и спелеотерапии у больных БА привело к улучшению клинического состояния наблюдаемых пациентов, нормализации физической работоспособности. Отмечен рост показателей функции внешнего дыхания: ЖЕЛ на 15%, $ОФВ_1$ на 21,4%.

Высокая эффективность комплексной реабилитации больных БА в санаториях Южного побережья Крыма подтверждена многолетними исследованиями Академического НИИ физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации им. И.М.Сеченова [52, 53]. После санаторно-курортной реабилитации состояние больных улучшалось, что выражалось в уменьшении выраженности кашля, одышки, реже возникали приступы затрудненного дыхания [53]. О повышении контроля над заболеванием свидетельствовали данные тестов Asthma Control Test и Asthma Control Questionnaire, улучшались показатели деятельности сердечно-сосудистой системы (ЧСС и АД), функции внешнего дыхания ($ОФВ_1$, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$), сатурация кислорода в крови, параметры толерантности к физической нагрузке [52].

В НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения на протяжении ряда лет проводились научно-клинические исследования по оценке эффективности физиотерапевтических методов лечения пациентов с БА. Низкочастотная магнитотерапия

является одним из наиболее безопасных, эффективных, легко выполнимых и хорошо совместимых с другими лечебными средствами методов физиотерапии при комплексной реабилитации пациентов с частично контролируемой БА. Доказано положительное влияние низкочастотной импульсной магнитотерапии на течение заболевания, толерантность к физической нагрузке. Показано, что применение низкочастотных импульсных магнитных полей в комплексной терапии пациентов легкой частично контролируемой БА улучшает легочную функцию, при этом статистически значимо увеличивается показатель $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ ($p < 0,05$). Выявленное иммуномодулирующее действие свидетельствовало о снижении воспаления в бронхолегочной системе [54]. На фоне применения электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ-терапия) в комплексе с базисной медикаментозной терапией у больных БА частично контролируемого течения также улучшалась функция внешнего дыхания. О позитивном влиянии КВЧ-терапии на состояние МДП свидетельствовало статистически значимое повышение показателя $ОФВ_1$ на 9,8% ($p < 0,05$) [55]. Получены данные, что использование электрофореза с грязевым отжимом на область грудной клетки в комплексе с медикаментозной терапией (ингаляционные кортикостероиды и антилейкотриеновая терапия) у больных БА способствует улучшению общего состояния, уменьшению симптомов дыхательного дискомфорта и потребности в β_2 -агонистах короткого действия [56]. Через 30 дней от начала лечения у больных БА зарегистрировано статистически значимое увеличение $ОФВ_1$ на 24,8%, $ОФВ_1/ЖЕЛ$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ на 8,4 и 14,7%, соответственно ($p < 0,05$) [57]. Оценивалась клинико-функциональная эффективность транскраниальной электростимуляции (ТЭС-терапии) в комплексном санаторно-курортном лечении больных БА с ожирением [58]. По результатам спирометрии у пациентов, получавших ТЭС-терапию, в динамике значения ФЖЕЛ увеличились на 14,3%, $ОФВ_1$ – на 8,5%, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ – на 27,8% ($p < 0,05$). Установлено позитивное влияние на про- и противовоспалительные цитокины, что позволило авторам рассматривать ТЭС-терапию как метод системного патогенетического воздействия при БА. Проведенные исследования показывают положительное влияние физиотерапевтических методов на функцию внешнего дыхания при хронических обструктивных заболеваниях, а динамика показателей спирометрии предполагает улучшение состояния МДП.

Заключение

Поражение МДП характерно для определенных фенотипов БА и ХОБЛ, что определяет особенности клинических проявлений этих заболеваний. Базисная терапия при таких фенотипах может оказаться неэффективной, что требует персонифицированного подхода к лечению. Предпочтительны ингаляционные

препараты с экстрамалыми размерами лекарственных частиц, проникающих в дистальные отделы дыхательных путей. Совместное применение немедикаментозных методов в комплексе с современными средствами фармакотерапии оказывает существенное влияние на функцию внешнего дыхания, течение хронических obstructивных заболеваний, позволяет добиться высокой эффективности лечебно-профилактических мероприятий. Актуальным является разработка физиотерапевтических методов, направленных на снятие воспаления и восстановление функции МДП. Сложность проблемы связана с тем, что понятие дисфункции МДП остается до конца неопределенным, а ее диагностика весьма затруднена. Анализ данных литературы и результаты собственных исследований позволяют предположить позитивное действие отдельных немедикаментозных методов и комплексов восстано-

вительного лечения на функцию МДП. Требуются дальнейшие исследования, направленные на изучение влияния физиотерапевтических факторов на периферические отделы дыхательных путей и разработку адресных медицинских технологий.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

Funding Sources

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Crisafulli E., Pisi R., Aiello M., Vigna M., Tzani P., Torres A., Bertorelli G., Chetta A. Prevalence of small-airway dysfunction among copd patients with different GOLD stages and its role in the impact of disease // *Respiration*. 2017. Vol.93, Iss.1. P.32–41. <https://doi.org/10.1159/000452479>
2. Минеева Е.Е., Антонюк М.В., Юренко А.В., Гвозденко Т.А., Укуменко А.А. Дисфункция малых дыхательных путей и состояние легочной функции при легкой бронхиальной астме // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2020. Вып.78. С.76–83. EDN: TIUBOS. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-78-76-83>
3. Singh D., Long G., Cançado J.E.D., Higham A. Small airway disease in chronic obstructive pulmonary disease: insights and implications for the clinician // *Curr. Opin. Pulm. Med*. 2020. Vol.26, Iss.2. P.162–168. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000637>
4. Айсанов З.Р., Калманова Е.Н. Поражение малых дыхательных путей при бронхиальной астме: новые данные, новая парадигма // *Практическая пульмонология*. 2019. №1. С.6–14. EDN: VJVMQL.
5. Фассахов Р.С. Большая роль малых дыхательных путей: новые возможности циклесонида в терапии бронхиальной астмы // *Медицинский Совет*. 2017. Т.18. С.56–60. EDN: ZQTKLX. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-18-56-60>
6. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. Update 2021. URL: www.ginasthma.org
7. Postma D.S., Brightling C., Baldi S., Van den Berge M., Fabbri L.M., Gagnatelli A., Papi A., Van der Molen Th., Rabe K.F., Siddiqui S., Singh D., Nicolini G., Kraft M.. Exploring the relevance and extent of small airways dysfunction in asthma (ATLANTIS): baseline data from a prospective cohort study // *Lancet Respir. Med*. 2019. Vol.7, Iss.5. P.402–416. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30049-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30049-9)
8. Hogg J.C., Paré P.D., Hackett T.L. The contribution of small airway obstruction to the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease // *Physiol. Rev*. 2017. Vol.97, Iss.2. P.529–552. <https://doi.org/10.1152/physrev.00025.2015>
9. Bonini M., Usmani O.S. The role of the small airways in the pathophysiology of asthma and chronic obstructive pulmonary disease // *Ther. Adv. Respir. Dis*. 2015. Vol.9, Iss.6. P.281–293. <https://doi.org/10.1177/1753465815588064>
10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2022 report). URL: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2021/12/GOLD-REPORT-2022-v1.1-22Nov2021_WMV.pdf
11. Wang Y., Xu J., Meng Y., Adcock I.M., Yao X. Role of inflammatory cells in airway remodeling in COPD // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis*. 2018. Vol.12, Iss.13. P.3341–3348. <https://doi.org/10.2147/COPD.S176122>
12. Авдеев С.Н. Малые дыхательные пути при хронической obstructивной болезни легких – важная мишень эффективной терапии // *Пульмонология*. 2012. №6. P.111–126. EDN: PYRHLP. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2012-0-6-111-126>
13. Brandsma C.A., Van den Berge M., Hackett T.L., Brusselle G., Timens W. Recent advances in chronic obstructive pulmonary disease pathogenesis: from disease mechanisms to precision medicine // *J. Pathol*. 2020. Vol.250, Iss.5. P.624–635. <https://doi.org/10.1002/path.5364>
14. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы. М.: Российское респираторное общество, 2021. URL: https://www.spulmo.ru/upload/kr/BA_2021.pdf
15. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической obstructивной болезни

- легких. М.: Российское респираторное общество, 2021. URL: https://www.spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2021.pdf
16. Ульченко И.Г., Костюкова Е.А., Крючкова О.Н., Ицкова Е.А., Жукова Н.В., Килесса В.В., Шкадова М.Г. Рекомендации глобальной инициативы по хронической обструктивной болезни легких – GOLD 2020 и COVID-19 // Крымский терапевтический журнал. 2020. №3. С: 63–73. EDN: GBTJBN
17. Минеева Е.Е., Антонюк М.В., Юренко А.В., Гвозденко Т.А. Функциональное состояние малых дыхательных путей у пациентов с бронхиальной астмой, ассоциированной с ожирением // Терапевтический архив. 2019. Т.91, №1. С.60–63. EDN: YWCZSH. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.01.000031>
18. Савушкина О.И., Черняк А.В. Клиническое применение метода бодиплетизмографии // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. 2013. №2. С.38–41. EDN: RCJYKR.
19. Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей / под ред. О.И.Савушкиной, А.В.Черняка. М.: СТРОМ, 2017. 192 с. ISBN: 5900094537
20. Kraft M., Martin R.J., Wilson S., Djukanovic R., Holgate S.T. Lymphocyte and eosinophil influx into alveolar tissue in nocturnal asthma // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1999. Vol.159 Iss.1. P.228–234. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.1.9804033>
21. Ueda T, Niimi A, Matsumoto H, Takemura M, Hirai T, Yamaguchi M, Matsuoka H, Jinnai M, Muro S, Chin K, Mishima M. Role of small airways in asthma: investigation using high-resolution computed tomography // J. Allergy Clin. Immunol. 2006. Vol.118, Iss.5. P.1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2006.07.032>
22. Sorkness R.L., Bleecker E.R., Busse W.W., Calhoun W.J., Castro M., Chung K.F., Curran-Everett D., Erzurum S.C., Gaston B.M., Israel E., Jarjour N.N., Moore W.C., Peters S.P., Teague W.G., Wenzel S.E. Lung function in adults with stable but severe asthma: air trapping and incomplete reversal of obstruction with bronchodilation // J. Appl. Physiol. 2008. Vol.104, Iss.2. P.394–403. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00329.2007>
23. Galant S. P., Komarow H. D., Shin H.-W., Siddiqui S., Lipworth B. J. The case for impulse oscillometry in the management of asthma in children and adults // Ann. Allergy Asthma Immunol. 2017. Vol.18, Iss.6. P.664–671. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.04.009>
24. Barjaktarevic I.Z., Milstone A.P. Nebulized therapies in COPD: Past, Present, and the Future // Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis. 2020. Vol.12, Iss.15. P.1665–1677. <https://doi.org/10.2147/COPD.S252435>
25. Rothe T., Fronkova A., Pein T., Latshang T. Physikalische und klinische Aspekte der Inhalationstherapie bei Asthma und COPD [Physical and Clinical Aspects of Inhalation Therapy for Asthma and COPD] // Praxis. 2020. Vol.109, Iss.12. P.985–990 (in German). <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003510>
26. Игнатова Г.Л., Антонов В.Н. Небулайзерная терапия при заболеваниях легких // Медицинский совет. 2020. №11. С.102–106. EDN: OEYEQ. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-11-102-106>
27. Pleasants R.A., Hess D.R. Aerosol delivery devices for Obstructive Lung Diseases // Respir. Care. 2018. Vol.63, Iss.6. P.708–733. <https://doi.org/10.4187/respcare.06290>
28. Игнатова Г.Л., Антонов В.Н. Новые возможности ингаляционной терапии при воспалительных заболеваниях респираторной системы // Терапевтический архив. 2017. Т.89, №8. С.110-112. EDN: ZFDKYR. <https://doi.org/10.17116/terarkh2017898110-112>
29. Кузубова Н.А., Скларова Д.Б. Сравнительная эффективность использования различных моделей небулайзеров при обострении хронической обструктивной болезни легких // Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. 2019. Т.3, №2-1. С.13–17. EDN: BBZODB
30. Terry P.D., Dhand R. Inhalation Therapy for Stable COPD: 20 Years of GOLD Reports // Adv. Ther. 2020. Vol.37, Iss.5. P.1812–1828. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01289-y>
31. Sorino C., Negri S., Spanevello A., Visca D., Scichilone N. Inhalation therapy devices for the treatment of obstructive lung diseases: the history of inhalers towards the ideal inhaler // Eur. J. Intern. Med. 2020. Vol.75. P.15–18. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2020.02.023>
32. Leemans G., Taeymans J., Royen P. V., Vissers D. Respiratory physiotherapy interventions focused on exercise training and enhancing physical activity levels in people with chronic obstructive pulmonary disease are likely to be cost-effective: a systematic review // J. Physiother. 2021. Vol.67, Iss.4. P.271–283. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.08.018>
33. Blondeel A., Demeyer H., Janssens W., Troosters T. The role of physical activity in the context of pulmonary rehabilitation // COPD. 2018. Vol.15, Iss.6. P.632–639. <https://doi.org/10.1080/15412555.2018.1563060>
34. Kerti M., Balogh Z., Kelemen K. Varga J.T. The relationship between exercise capacity and different functional markers in pulmonary rehabilitation for COPD // Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis. 2018. Vol.28; Iss.13. P.717–724. <https://doi.org/10.2147/COPD.S153525>
35. Мещерякова Н.Н. Принципы легочной реабилитации больных хронической обструктивной болезнью легких // Практическая пульмонология. 2013. № 2. С.27–31. EDN: RCJYJX.
36. Аймурзина Ж. Н., Ибрагимова М. Б., Камалов Ш. Т., Кулясова В. И., Новикова В.С., Соболев В.В., Туружанова С.К. Влияние дыхательной гимнастики на течение хронической обструктивной болезни лёгких // Молодой ученый. 2019. №25(263). С.55–58. EDN: TCCOVF. URL: <https://moluch.ru/archive/263/61087/>

37. Holland A.E., Wadell K., Spruit M.A. How to adapt the pulmonary rehabilitation programme to patients with chronic respiratory disease other than COPD // *Eur. Respir. Rev.* 2013. Vol.22, Iss.130. P.577–586. <https://doi.org/10.1183/09059180.00005613>
38. Eichenberger P.A., Diener S.N., Kofmehl R., Spengler C.M. Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: a systematic review and meta-analysis // *Sports Med.* 2013. Vol.43, Iss.11. P.1157–1170. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0077-2>. PMID: 23846823
39. França-Pinto A., Mendes F.A., de Carvalho Pinto R.M., Agondi R.C., Cukier A., Stelmach R., Saraiva-Romanholo B.M., Kalil J., Martins M.A., Giavina-Bianchi P., Carvalho C.R. Aerobic training decreases bronchial hyperresponsiveness and systemic inflammation in patients with moderate or severe asthma: a randomised controlled trial // *Thorax.* 2015. Vol.70, Iss.8. P.732–739. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-206070>
40. Викторова Е.В., Кулишова Т.В. Современные технологии в реабилитации больных хронической обструктивной болезнью легких в условиях санатория // *Фундаментальные исследования.* 2015. №1-9. С.1790–1794. EDN: UAHGYR.
41. Ящук А.В., Ежов С.Н., Гвозденко Т.А. Патогенетическое обоснование кинезотерапии на этапе долговременной реабилитации детей с бронхиальной астмой // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2014. Вып.54. С.42–47. EDN: TAUXAR.
42. Васильева Л.В., Буталий Я.А. Низкоинтенсивная лазерная терапия и изменения клинической картины, показателей функции внешнего дыхания, результатов 24-часовой рН-метрии у больных бронхиальной астмой с ГЭРБ // *Лазерная медицина.* 2008. Т.12, Вып.4. С.21–25. EDN: JWKVWF.
43. Остроносова Н.С. Низкоинтенсивное лазерное излучение в терапии гормонозависимой бронхиальной астмы // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2006. №2. С.8–10. EDN: H SXBSH.
44. Глазова Т.Г., Рывкин А.И., Ларюшкина Р.М., Побединская Н.С., Тентелова И.В., Решетова Т.Г. Низкоинтенсивное лазерное излучение в реабилитации детей с бронхиальной астмой // *Вестник Ивановской медицинской академии.* 2016. Т.21, №1. С.56–60. EDN: WCBAMH
45. Иллек Я.Ю., Мищенко И.Ю., Рысева Л.Л., Вязникова М.Л., Тарасова Е.Ю., Леушина Н.П., Мамедова М.С., Суетина И.Г., Хлебникова Н.В., Соловьёва Г.В. Применение магнитоинфракрасной лазерной терапии при тяжелой бронхиальной астме у детей // *Пермский медицинский журнал.* 2019. Т.36, №3. С.18–27. EDN: KYYGQM. <https://doi.org/10.17816/pmj36318-27>
46. *Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство* / под ред. Г.Н.Пономаренко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 688 с. ISBN: 978-5-9704-5554-8
47. Дудченко Л.Ш., Ежов В.В., Кожемяченко Е.Н. Электрофорез сопочной воды в реабилитации больных бронхиальной астмой // *Вестник физиотерапии и курортологии.* 2019. Т.25, №4. С.149. EDN: LHEWLP.
48. Орлов М.А. Роль реабилитации в комплексном лечении хронической обструктивной болезни легких // *Русский медицинский журнал.* 2015. №18. С.1080–1082.
49. Провоторов В. М., Филатова Ю. И. Коррекция перекисного окисления липидов у больных бронхиальной астмой с применением церулоплазмина и импульсного красного излучения // *Лечащий врач.* 2016. №3. С.94. EDN: VQCPRL
50. Саликова Н.М., Газдиева Е.М., Стацкая С.Ю., Яшков А.В. Влияние переменного электрического тока высокой частоты на эффективность лечения больных хронической обструктивной болезнью легких в санаторных условиях // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2016. Т.93, №2-2. С. 146. EDN: XWPEXR.
51. Бектемирова С.Н. Восстановительная терапия больных бронхиальной астмой // *Инновационная наука в глобализующемся мире.* 2016. №1(3). С.16–22. EDN: VVSASL.
52. Дудченко Л.Ш., Беляева С.Н., Кожемяченко Е.Н., Ковальчук С.И., Масликова Г.Г. Клинико-диагностические особенности фенотипа бронхиальной астмы с ожирением у взрослых // *Вестник физиотерапии и курортологии.* 2018. Т.24, №1. С.109–110. EDN: XQWTAL.
53. Дудченко Л.Ш., Каладзе Н.Н., Юсупалиева М.М. Реабилитация больных бронхиальной астмой с фиксированной обструкцией на санаторно-курортном этапе // *Физическая и реабилитационная медицина.* 2022. Т.4, №1. С.41–46. EDN: BAKISO. <https://doi.org/10.26211/2658-4522-2022-4-1-41-46>
54. Минеева Е.Е., Юренко А.В., Ходосова К.К., Фотина О.Н. Комплексная реабилитация больных бронхиальной астмой с использованием низкочастотной магнитотерапии // *Материалы VII съезда врачей-пульмонологов Сибири и Дальнего Востока (с международным участием)* / под ред. В.П.Колосова. Благовещенск, 2017. С. 29–33. EDN: YSSTCD.
55. Ходосова К.К., Антонюк М.В., Минеева Е.Е., Юренко А.В., Фотина О.Н. Эффективность использования КВЧ-терапии при реабилитации пациентов с частично контролируемой бронхиальной астмой // *Материалы VII съезда врачей-пульмонологов Сибири и Дальнего Востока (с международным участием)* / под ред. В.П.Колосова. Благовещенск, 2017. С. 122–125. EDN: YSSTKF.

56. Барабаш Е.Ю., Гвозденко Т.А., Переломова О.В., Калинина Е.П. Эффективность пелоидотерапии при легкой частично контролируемой бронхиальной астме // Вестник физиотерапии и курортологии. 2019. Т.25, №2. С.7–14. EDN: FAEZDD.

57. Барабаш Е.Ю. Клинико-иммунологическое обоснование комплексного применения электрофореза отжима морской иловой грязи у больных частично контролируемой бронхиальной астмой: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2020. 23 с.

58. Антонюк М.В., Минеева Е.Е., Юренко А.В., Ходосова К.К., Царева У.В. Применение транскраниальной электростимуляции в санаторно-курортном лечении больных бронхиальной астмой ассоциированной с ожирением // Курортная медицина. 2017. №4. С.62–67. EDN: XQYGHZ.

REFERENCES

1. Crisafulli E., Pisi R., Aiello M., Vigna M., Tzani P., Torres A., Bertorelli G., Chetta A. Prevalence of small-airway dysfunction among COPD patients with different GOLD stages and its role in the impact of disease. *Respiration* 2017; 93(1):32–41 <https://doi.org/10.1159/000452479>

2. Mineeva E.E., Antonyuk M.V., Yurenko A.V., Gvozdenko T.A., Uksumenko A.A. [Small airways dysfunction and the state of lung function in mild asthma]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (78):76–83 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-78-76-83>

3. Singh D., Long G., Cançado J.E.D., Higham A. Small airway disease in chronic obstructive pulmonary disease: insights and implications for the clinician. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2020; 26(2):162–168. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000637>

4. Aisanov Z.R., Kalmanova E.N. [The lesion of small airways in patients with asthma: new data, new paradigm]. *Prakticheskaya pul'monologiya* 2019; (1):1–8 (in Russian).

5. Fassakhov R.S. [Significant role of small respiratory tracts: new possibilities of Cyclosonide in therapy of bronchial asthma]. *Meditsinskiy sovet = Medical Council* 2017; (18):56–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-18-56-60>

6. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. Update 2021. Available at: www.ginasthma.org

7. Postma D.S., Brightling C., Baldi S., Van den Berge M., Fabbri L.M., Gagnatelli A., Papi A., Van der Molen Th., Rabe K.F., Siddiqui S., Singh D., Nicolini G., Kraft M. Exploring the relevance and extent of small airways dysfunction in asthma (ATLANTIS): baseline data from a prospective cohort study. *Lancet Respir. Med.* 2019; 7(5):402–416. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30049-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30049-9)

8. Hogg J.C., Paré P.D., Hackett T.L. The contribution of small airway obstruction to the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease. *Physiol. Rev.* 2017; 97(2):529–552. <https://doi.org/10.1152/physrev.00025.2015>

9. Bonini M., Usmani O.S. The role of the small airways in the pathophysiology of asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Ther. Adv. Respir. Dis.* 2015; 9(6):281–293. <https://doi.org/10.1177/1753465815588064>

10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2022 report). Available at: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2021/12/GOLD-REPORT-2022-v1.1-22Nov2021_WMV.pdf

11. Wang Y., Xu J., Meng Y., Adcock I.M., Yao X. Role of inflammatory cells in airway remodeling in COPD. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2018; 12(13):3341–3348. <https://doi.org/10.2147/COPD.S176122>

12. Avdeev S.N. [Small airways in chronic obstructive pulmonary disease as a core target of effective therapy]. *Pul'monologiya* 2012; (6):111–126 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2012-0-6-111-126>

13. Brandsma C.A., Van den Berge M., Hackett T.L., Brusselle G., Timens W. Recent advances in chronic obstructive pulmonary disease pathogenesis: from disease mechanisms to precision medicine. *J. Pathol.* 2020; 250(5):624–635. <https://doi.org/10.1002/path.5364>

14. [Federal clinical guidelines for the diagnosis and treatment of bronchial asthma]. Moscow: Russian Respiratory Society; 2021 (in Russian). Available at: https://www.spulmo.ru/upload/kr/BA_2021.pdf

15. [Federal clinical guidelines for the diagnosis and treatment of chronic obstructive pulmonary disease]. Moscow: Russian Respiratory Society; 2021 (in Russian). Available at: https://www.spulmo.ru/upload/kr/HOBL_2021.pdf

16. Ulchenko I.G., Kostyukova E.A., Kryuchkova O.N., Ickova E.A., Zhukova N.V., Kilessa V.V., Shkadova M.G. [Recommendations of the Global Initiative on Chronic Obstructive Pulmonary Disease – GOLD 2020 and COVID-19]. *Krymskiy terapevticheskiy zhurnal = Crimean Journal of Internal Diseases* 2020; (3):63–73 (in Russian).

17. Mineeva E.E., Antonyuk M.V., Yurenko A.V., Gvozdenko T.A. [Functional state of the small airways in patients with bronchial asthma associated with obesity]. *Ter. Arkh.* 2019; 91(1):60–63 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.01.000031>

18. Savushkina O.I., Chernyak A.V. [The clinical application of body plethysmography]. *Atmosfera. Pul'monologiya i allergologiya* 2013; (2):38–41 (in Russian).

19. Savushkina O.I., Chernyak A.V., editors. [Pulmonary function tests: from theory to practice. Guidelines for doctors]. Moscow: STROM; 2017 (in Russian). ISBN: 5900094537
20. Kraft M., Martin R.J., Wilson S., Djukanovic R., Holgate S.T. Lymphocyte and eosinophil influx into alveolar tissue in nocturnal asthma. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999; 159(1):228–234. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.1.9804033>
21. Ueda T, Niimi A, Matsumoto H, Takemura M, Hirai T, Yamaguchi M, Matsuoka H, Jinnai M, Muro S, Chin K, Mishima M. Role of small airways in asthma: investigation using high-resolution computed tomography. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2006; 118(5):1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2006.07.032>
22. Sorkness R.L., Bleecker E.R., Busse W.W., Calhoun W.J., Castro M., Chung K.F., Curran-Everett D., Erzurum S.C., Gaston B.M., Israel E., Jarjour N.N., Moore W.C., Peters S.P., Teague W.G., Wenzel S.E. Lung function in adults with stable but severe asthma: air trapping and incomplete reversal of obstruction with bronchodilation. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104(2):394–403. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00329.2007>
23. Galant S. P., Komarow H. D., Shin H.-W., Siddiqui S., Lipworth B. J. The case for impulse oscillometry in the management of asthma in children and adults. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 2017; 118(6):664–671 <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.04.009>
24. Barjaktarevic I.Z., Milstone A.P. Nebulized therapies in COPD: Past, Present, and the Future *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2020; 12(15):1665–1677. <https://doi.org/10.2147/COPD.S252435>
25. Rothe T., Fronkova A., Pein T., Latshang T. Physikalische und klinische aspekte der inhalationstherapie bei Asthma und COPD [Physical and Clinical Aspects of Inhalation Therapy for Asthma and COPD]. *Praxis (Bern 1994)* 2020; 109(12):985–990 (in German). <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003510>
26. Ignatova G.L., Antonov V.N. [Nebulizer therapy for lung diseases]. *Meditinskiy sovet = Medical Council* 2020; (11):102–106 (in Russian). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-11-102-106>
27. Pleasants R.A., Hess D.R. Aerosol delivery devices for Obstructive Lung Diseases. *Respir. Care* 2018; 63(6):708–733. <https://doi.org/10.4187/respcare.06290>
28. Ignatova G.L., Antonov V.N. [New opportunities for inhaled therapy for inflammatory diseases of the respiratory system]. *Ter. Arkh.* 2017; 89(8):110–112 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/terarkh2017898110-112>
29. Kuzubova N.A., Sklyarova D.B. [Comparative efficiency of using different models of nebulizers in exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease]. *Russian Medical Inquiry* 2019; 3(2-1):13–17 (in Russian).
30. Terry P.D., Dhand R. Inhalation Therapy for Stable COPD: 20 Years of GOLD Reports. *Adv. Ther.* 2020; 37(5):1812–1828. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01289-y>
31. Sorino C., Negri S., Spanevello A., Visca D., Scichilone N. Inhalation therapy devices for the treatment of obstructive lung diseases: the history of inhalers towards the ideal inhaler. *Eur. J. Intern. Med.* 2020; 75:15–18. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2020.02.023>
32. Leemans G., Taeymans J., Royen P. V., Vissers D. Respiratory physiotherapy interventions focused on exercise training and enhancing physical activity levels in people with chronic obstructive pulmonary disease are likely to be cost-effective: a systematic review. *J. Physiother.* 2021; 67(4):271–283. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.08.018>
33. Blondeel A., Demeyer H., Janssens W., Troosters T. The role of physical activity in the context of pulmonary rehabilitation. *COPD* 2018; 15(6):632–639. <https://doi.org/10.1080/15412555.2018.1563060>
34. Kerti M., Balogh Z., Kelemen K., Varga J.T. The relationship between exercise capacity and different functional markers in pulmonary rehabilitation for COPD. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2018; 28(13):717–724. <https://doi.org/10.2147/COPD.S153525>
35. Meshcheryakova N.N. [Principles of pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Prakticheskaya pul'monologiya* 2013; (2):27–31 (in Russian).
36. Aymurzina Zh.N., Ibragimova M.B., Kamalov Sh.T., Kulyasova V.I., Novikova V.S., Sobolev V.V., Turuzhanova S.K. [Influence of breathing exercises on the course of chronic obstructive pulmonary disease]. *Molodoy uchenyy* 2019; (25):55–58 (in Russian).
37. Holland A.E., Wadell K., Spruit M.A. How to adapt the pulmonary rehabilitation programme to patients with chronic respiratory disease other than COPD. *Eur. Respir. Rev.* 2013; 22(130):577–586. <https://doi.org/10.1183/09059180.00005613>
38. Eichenberger P.A., Diener S.N., Kofmehl R., Spengler C.M. Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2013; 43(11):1157–1170. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0077-2>
39. França-Pinto A., Mendes F.A., de Carvalho Pinto R.M., Agondi R.C., Cukier A., Stelmach R., Saraiva-Romanholo B.M., Kalil J., Martins M.A., Giavina-Bianchi P., Carvalho C.R. Aerobic training decreases bronchial hyperresponsiveness and systemic inflammation in patients with moderate or severe asthma: a randomised controlled trial. *Thorax* 2015; 70(8):732–739. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-206070>
40. Viktorova E.V., Kulishova T.V. [Modern technology in the rehabilitation of patients with chronic obstructive pul-

monary disease in the conditions of sanatorium]. *Fundamental'nye issledovaniya* 2015; (1-9):1790–1794 (in Russian).

41. Yashchuk A.V., Ezhov S.N., Gvozdenko T.A. [Pathogenetic substantiation of kinesitherapy at the stage of long-term rehabilitation of children with bronchial asthma]. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2014; (54):42–47 (in Russian).

42. Vasilyeva L.V., Butaly Y.A. [Low-intensive laser therapy and changes of clinical course, functional indicators of external respiration, results of daily pH-metry in patients suffering of bronchial asthma and gastroesophageal reflux]. *Lazernaya medicina* 2008; 12(4):21–25 (in Russian).

43. Ostronosova N.S. [Low-intensity laser radiation in therapy of bronchial asthma]. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy* 2006; (2):8–10 (in Russian).

44. Glazova T.G., Ryvkin A.I., Lariushkina R.M., Pobedinskaya N.S., Tentelova I.V., Reshetova T.G. [Low intensity laser radiation in the rehabilitation in children with bronchial asthma: pathogenetic substantiation and effectiveness]. *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii = Bulletin of the Ivanovo Medical Academy* 2016; 21(1):56–60 (in Russian).

45. Illek Y.Y., Mischenko I.Y., Ryseva L.L., Vyaznikova M.L., Tarasova E.Y., Leushina N.P., Mamedova S.M., Suetina I.G., Khlebnikova N.V., Solovyova G.V. [Use of magnetoinfrared laser therapy in severe pediatric bronchial asthma]. *Perm Medical Journal* 2019; 36(3):18–27 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/pmj36318-27>

46. Ponomarenko G.N., editor. [Physical and Rehabilitation Medicine: National Guidelines]. Moscow: GEOTAR-Media; 2020 (in Russian). ISBN: 978-5-9704-5554-8

47. Dudchenko L.Sh., Ezhov V.V., Kozhemyachenko E.N. [Soil water electrophoresis in the rehabilitation of patients with bronchial asthma]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii = Herald of Physiotherapy and Health Resort Therapy* 2019; 25(4):149 (in Russian).

48. Orlov M.A. [The role of rehabilitation in the complex treatment of chronic obstructive pulmonary disease]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* 2015; (18):1080–1082 (in Russian).

49. Provotorov V.M., Filatova Yu.I. [Correction of lipid peroxidation in patients with bronchial asthma using ceruloplasmin and pulsed red radiation]. *Lechashchiy vrach* 2016; (3):94 (in Russian).

50. Salikova N.M., Gazdieva E.M., Stackaya S.Yu., Yashkov A.V. [Influence of high frequency alternating electric current on the effectiveness of treatment of patients with chronic obstructive pulmonary disease in sanatorium conditions]. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy* 2016; 93(2-2):146 (in Russian).

51. Bektemirova S.N. [Rehabilitation therapy for patients with bronchial asthma]. *Innovatsionnaya nauka v globalizuyushchemsya mire* 2016; (1):16–22 (in Russian).

52. Dudchenko L.Sh., Belyaeva S.N., Kozhemyachenko E.N., Koval'chuk S.I., Maslikova G.G. [Clinical and diagnostic features of the phenotype of bronchial asthma with obesity in adults]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii = Herald of Physiotherapy and Health Resort Therapy* 2018; 24(1):109–110 (in Russian).

53. Dudchenko L.Sh., Kaladze N.N., Yusupalieva M.M. [Rehabilitation of Bronchial Asthma Patients with Fixed Obstruction at the Sanatorium-Resort Stage]. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina (Physical and Rehabilitation Medicine)*. 2022; 4(1):41–46 (in Russian). <https://doi.org/10.26211/2658-4522-2022-4-1-41-46>

54. Mineeva E.E., Yurenko A.V., Khodosova K.K., Fotina O.N. [Comprehensive rehabilitation of patients with bronchial asthma using low-frequency magnetotherapy. In: Proceedings of the VII Congress of Pulmonologists of Siberia and the Far East]. Blagoveshchensk; 2017: 29–33 (in Russian).

55. Khodosova K.K., Antonyuk M.V., Mineeva E.E., Yurenko A.V., Fotina O.N. [Efficiency of using EHF-therapy in the rehabilitation of patients with partially controlled bronchial asthma. In: Proceedings of the VII Congress of Pulmonologists of Siberia and the Far East]. Blagoveshchensk; 2017: 122–125 (in Russian).

56. Barabash E.Yu., Gvozdenko T.A., Perelomova O.V., Kalinina E.P. [Efficiency of peloidotherapy in lightly partially controlled bronchial asthma]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii = Herald of Physiotherapy and Health Resort Therapy* 2019; 25(2):7–14 (in Russian).

57. Barabash E.Yu. [Clinical and immunological substantiation of the complex application of sea mud squeezing electrophoresis in patients with partially controlled bronchial asthma: abstract of PhD thesis (Med.)]. Tomsk; 2020 (in Russian).

58. Antonyuk M.V., Mineeva E.E., Yurenko A.V., Hodosova K.K., Tsareva U.V. [The use of transcranial electrical stimulation in the spa treatment of patients with bronchial asthma associated with obesity]. *Kurortnaya meditsina* 2017; (4):62–67 (in Russian).

Информация об авторах:

Наталья Сергеевна Юбицкая, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория восстановительного лечения, Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения; e-mail: natalia.yb@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9225-0837>

Марина Владимировна Антонок, д-р мед. наук, профессор, зав. лабораторией восстановительного лечения, Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения; e-mail: antonyukm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2492-3198>

Татьяна Александровна Гвозденко, д-р мед. наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории восстановительного лечения, директор Владивостокского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательского института медицинской климатологии и восстановительного лечения; e-mail: vfdnz_nch@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6413-9840>

Author information:

Natalia S. Yubitskaya, MD, PhD (Med.), Staff Scientist of Laboratory of Rehabilitative Treatment, Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitative Treatment; e-mail: natalia.yb@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9225-0837>

Marina V. Antonyuk, MD, PhD, DSc (Med.), Professor, Head of Laboratory of Rehabilitative Treatment, Vladivostok Branch of Far Eastern Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitative Treatment; e-mail: antonyukm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2492-3198>

Tatiana A. Gvozdenko, MD, PhD, DSc (Med.), Professor of RAS, Main Staff Scientist of Laboratory of Rehabilitative Treatment, Director of the Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Medical Climatology and Rehabilitative Treatment; e-mail: vfdnz_nch@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6413-9840>

Поступила 20.07.2022
Принята к печати 11.08.2022

Received July 20, 2022
Accepted August 11, 2022