

Обзорная статья / Review article

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37>

УДК 164.2



Легочная реабилитация при хронической обструктивной болезни легких (обзор данных рандомизированных клинических исследований, национальных и международных рекомендаций)

^{1,2}Биличенко Т.Н.¹Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия²Лечебно-реабилитационный центр «Подмосковье» Федеральной налоговой службы России, Москва, Россия

Резюме

Цель. Обзор данных рандомизированных клинических исследований, систематических обзоров, международных и национальных клинических рекомендаций по проблеме легочной реабилитации при хронической обструктивной болезни лёгких. В анализ включены данные исследований, вошедших в базы данных e-library, MEDLINE, PubMed и библиотеки Cochrane по проблеме патофизиологии, методов физической реабилитации при хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ). При анализе учитывались мнения экспертных групп разработчиков клинических рекомендаций Российского респираторного общества, Европейского респираторного общества, Американского торакального общества, представленных в обзоре. Данные исследований подтверждают клиническую эффективность методов физической реабилитации при ХОБЛ, учитывающих уникальные потребности сложного пациента. Легочная реабилитация повышает качество жизни, связанное со здоровьем, снижает частоту обострений и смертность пациентов с ХОБЛ. Повышение доступности и совершенствование программ ЛР с учетом индивидуальной оценки физических возможностей пациента увеличит использование этого метода лечения.

Ключевые слова: легочная реабилитация, хроническая обструктивная болезнь легких, физическая активность, качество жизни

Для цитирования: Биличенко Т.Н. Легочная реабилитация при хронической обструктивной болезни легких (обзор данных рандомизированных клинических исследований, национальных и международных рекомендаций). Вестник восстановительной медицины. 2020; 5 (99): 26–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37>

Для корреспонденции: Биличенко Татьяна Николаевна, e-mail: tbilichenko@yandex.ru

Статья получена: 05.09.2020 **Статья принята к печати:** 19.09.2020 **Опубликована онлайн:** 30.10.2020

Pulmonary Rehabilitation of Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (Review of Clinical Trials, National and International Recommendations)

^{1,2}Bilichenko T.N.¹Federal Pulmonology Research Institute, Moscow, Russian Federation²Medical and rehabilitation center «The suburbs», Moscow, Russian Federation

Abstract

Aim. The review of data from randomized clinical trials, results of systematic reviews, international and national clinical recommendations on the problem of pulmonary rehabilitation (PR) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) was carried out. This analysis of the studies included the databases e-library, MEDLINE, PubMed and Cochrane libraries on the problem of pathophysiology and methods of physical rehabilitation of COPD. The analysis took into account the opinions of expert groups of clinical recommendations developers of the Russian respiratory society, the European respiratory society, and the American thoracic society, presented in this review. The data of studies confirm the clinical effectiveness of physical rehabilitation methods for COPD that take into account the unique needs of a complex patient. Pulmonary rehabilitation improves the quality of life associated with health, reduces the incidence of exacerbations and mortality of patients with COPD.

Increasing the availability and improving PR programs based on individual assessment of the patient's physical capabilities will increase the use of this method of treatment.

Keywords: pulmonary rehabilitation, chronic obstructive pulmonary disease, physical activity, quality of life

For citation: Bilichenko T.N. Pulmonary Rehabilitation of Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (Review of Clinical Trials, National and International Recommendations). Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020; 5 (99): 26–37. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37>

For correspondence: Tatyana N. Bilichenko, e-mail: tbilichenko@yandex.ru

Received: Sept 05, 2020

Accepted: Sept 19, 2020

Published online: Oct 30, 20

Введение

Определение лёгочной реабилитации (ЛР), как отдельного направления науки в соответствии с современным пониманием проблемы, наиболее полно было сформулировано American Thoracic Society (ATS) и European Respiratory Society (ERS) [1]. Лёгочная реабилитация – это комплекс методов лечения людей с хроническими болезнями лёгких, адаптированный к конкретному пациенту на основе тщательной предварительной оценки его здоровья, включающий физические тренировки (но не ограничивающийся ими), образование пациента и изменение его поведения, направленное на улучшение физического и психологического состояния и сохранение достигнутых положительных результатов.

Цели ЛР: минимизация симптомов, максимальное использование физических тренировок, повышение самостоятельной активности и участия в повседневной деятельности, улучшение здоровья и качества жизни, сохранение и поддержание здорового образа жизни.

Задачи ЛР: улучшение деятельности кардиореспираторной системы, функционального состояния мышечной системы, повышение переносимости физических нагрузок, уменьшение симптомов болезни, а также частоты и продолжительности обострений, улучшение психоэмоционального состояния пациента.

Развитие и применение методов реабилитации при хронических болезнях органов дыхания (БОД) специалистами разных стран значительно увеличило понимание о её эффективности и пользе для пациента. В реализации программы ЛР принимает участие команда врачей и других медицинских работников, активно взаимодействующих между собой. Это такие специалисты, как пульмонологи, терапевты, физиотерапевты и специалисты по лечебной физкультуре, психологи, диетологи и социальная служба. Для конкретного пациента разрабатывается индивидуальная программа ЛР на основании стандартной оценки исходных показателей здоровья и коморбидных состояний. В процессе ЛР регулярно проводится текущая оценка состояния пациента на основании аналогичных методов и при необходимости проводится коррекция режима физических тренировок. Программа реабилитации может начинаться на любой стадии заболевания, как в период клинической стабильности, так и во время или сразу после обострения, и позволяет следить за всем клиническим течением болезни человека [2]. Интеграция служб обеспечения медицинской помощи улучшает доступность, качество, эффективность ЛР и удовлетворённость пациента. В процессе ЛР происходит обучение и изменение поведения пациента, направленное на сохранение здоровья, что очень важно для оптимизации и сохранения положительного результата от любого вмешательства.

Пациенты с ХОБЛ чаще других направляются для проведения ЛР [3, 4]. Увеличение понимания патофизиологии ХОБЛ и комплекса его системных проявлений в сочетании с коморбидностями подтвердили, что ЛР более эффективна, если она начинается во время или через короткий период после госпитализации в период обострения.

Для осуществления программы восстановительного лечения важен правильный выбор лекарственной терапии в соответствии с тяжестью заболевания. Это позволяет правильно определить объем физических упражнений адекватный состоянию пациента для использования функциональных резервов дыхательной системы и мак-

симально полного восстановления нарушенной функции легких или ее компенсации.

Цель исследования. Обзор данных рандомизированных клинических исследований, систематических обзоров, международных и национальных клинических рекомендаций по проблеме лёгочной реабилитации при хронической обструктивной болезни лёгких.

Материал и методы: в анализ включены исследования, которые вошли в базы данных e-library, MEDLINE, PubMed и библиотеки Cochrane по проблеме патофизиологии ХОБЛ, оценке возможностей пациента к физическим тренировкам, принципам физических тренировок, методам физической реабилитации при ХОБЛ. При анализе учитывались мнения экспертных групп разработчиков клинических рекомендаций Российского респираторного общества (РРО), Европейского респираторного общества (ЕРО), Американского торакального общества (АТО), представленные в обзоре.

Результаты

В настоящее время имеется относительно небольшое количество клинических исследований, имеющих стандартизованный дизайн, для оценки положительных эффектов физических тренировок у пациентов с ХОБЛ и другими хроническими БОД. Определение характера нарушений вентилиционной функции легких, газообмена, нарушений в системе малого круга кровообращения имеет важное значение не только для выбора средств базовой фармакотерапии (ФТ), но и определения программы ЛР у этой группы пациентов.

Оценка возможностей пациента к физическим тренировкам при ХОБЛ и других хронических БОД устанавливает наличие ограничений, связанных с одышкой, и зависит от способа тестирования показателей здоровья в покое и при нагрузке. Одышка при ХОБЛ формируется за счет ряда функциональных нарушений, среди которых дисфункция дыхательной мускулатуры, ограничение вентилиционной функции и динамическая гипервоздушность (ГВ) лёгких, которая увеличивает нагрузку, связанную с дыханием, и может приводить к нарушениям в обмене газов в легких [5, 6]. Физическая детренированность, связанная с возрастом, утяжеляет функциональные расстройства, связанные с ХОБЛ и коморбидными состояниями [7]. Физические тренировки скелетных мышц, являющиеся частью программы ЛР, способствуют восстановлению нарушенных функций мускулатуры при ХОБЛ даже у пациентов с тяжёлым нарушением вентилиционной функции лёгких и приводят к улучшению переносимости физических нагрузок [8, 9]. Повышение эффективности работы скелетных мышц и их окислительной способности приводит к снижению потребности в вентилиции при субмаксимальной частоте работы мышц, уменьшению динамической ГВ и одышки [10]. Оптимизация лечения перед физическими тренировками с помощью бронходилататоров (БД), длительной кислородотерапии (КТ), лечения сопутствующих болезней делают физические тренировки максимально эффективными [11]. Физические упражнения улучшают настроение и увеличивают мотивацию к тренировкам и вне реабилитационного учреждения, повышают эффективность работы сердца и сосудов и уменьшают симптомы болезни [12–14].

Перед началом программы тренировок необходимо составить индивидуальный план тренировки, оценить потенциальную потребность в дополнительной КТ, провести коррекцию лечения сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), психологического состоя-

ния пациента, что обеспечит безопасность вмешательства [15]. Для определения безопасности физических упражнений может использоваться максимальный кардиопульмональный нагрузочный тест (КПНТ) на циклическом эргометре или беговой дорожке, определены факторы, способствующие ограничению физических нагрузок, и сделан выбор оптимального режима упражнений [16, 17]. По данным КПНТ теста выявляются скрытые проблемы, связанные с физическими нагрузками, такие как гипоксемия, дисритмии, проблемы опорно-двигательного аппарата или сердечная недостаточность и ишемия.

Физиология ограничения физических нагрузок

Для людей с ХОБЛ характерна плохая переносимость физических нагрузок, которая связана с нарушением вентиляционной функции лёгких обструктивного типа, повышением нагрузки на дыхательную мускулатуру и их дисфункцией, нарушением легочного газообмена, сердечной дисфункцией. Тягостное ощущение одышки вызывает тревогу, депрессию и снижает мотивацию к физическим тренировкам [18, 19].

Ограничение вентиляции. Из-за увеличения работы дыхания вентиляционные требования при ХОБЛ во время физических нагрузок часто выше, чем ожидалось, что связано с необходимостью повышения вентиляции мертвого пространства, нарушениями газообмена, вентиляции и увеличения потребности в кислороде вследствие дисфункции периферических мышц. Вследствие обструкции выдыхаемого воздушного потока и динамической ГВ у людей с ХОБЛ во время тренировки имеется ограничение максимального объема вентиляции. Это приводит к дальнейшему увеличению работы дыхания, повышению нагрузки и механическим ограничениям для дыхательных мышц, в результате чего усиливается чувство одышки [1].

Ограничение газообмена. Увеличение легочной вентиляции при гипоксии происходит напрямую через повышение активности периферических хеморецепторов и опосредовано через стимулирование продукции молочной кислоты в мышцах в результате анаэробного метаболизма во время тренировки с повышенной интенсивностью. Молочная кислота способствует нарушению функции мышц. Буферизация молочной кислоты приводит к увеличению выработки углекислого газа, а ацидоз стимулирует каротидные тельца и приводит к увеличению вентиляции легких. Кислородотерапия во время физических упражнений при гипоксемии и без неё у пациентов с ХОБЛ, позволяет проводить тренировки более высокой интенсивности, возможно, через несколько механизмов [10]. Основные среди них – снижение давления в легочной артерии, ингибирование каротидных телец и уменьшение продукции молочной кислоты, приводящих к дозо-зависимому снижению частоты дыхания, и как следствие, уменьшению динамической ГВ.

Сердечная недостаточность. При хронических БОД происходит увеличение нагрузки на правый желудочек сердца вследствие повышения сопротивления в легочных сосудах из-за гипоксической вазоконстрикции, сосудистой травмы и / или ремоделирования и эритроцитоза [13]. Перегрузка правого желудочка может привести к его гипертрофии и недостаточности. Гипертрофия правого желудочка может также нарушить заполнение левого желудочка путем создания септальных сдвигов; что в дальнейшем снижает способность сердца переносить физические нагрузки. Тахикардия и повышенное давление в правом предсердии из-за повышенной воздушности легких дополнительно ухудшает функцию сердца во время нагрузки [14]. Следовательно, улучшение функции

сердечно-сосудистой системы может иметь существенное физиологическое значение для пациента при выполнении физических упражнениях.

Ограничение из-за дисфункции мышц нижних конечностей. Дисфункция мышц нижних конечностей часто встречается у людей с ХОБЛ и является важной причиной для ограничения физических нагрузок [20]. Она является следствием бездействия, вызванного нестабильностью состояния, системного воспаления, окислительного стресса, курения, нарушения газов крови, расстройства питания, низкого уровня анаболических гормонов, старения, и использования глюкокортикостероидов (ГКС) при ХОБЛ [20, 21]. Дисфункция скелетных мышц часто описывается пациентом как усталость и является основным ограничивающим симптомом, особенно во время циклических физических упражнений. Периферические изменения мышц сделали их чувствительными к сократительному утомлению и молочнокислому ацидозу при увеличении интенсивности нагрузки, вынуждая пациента с ХОБЛ прекращать упражнения и ограничивать тренировки при определённой рабочей частоте, которая повышала их вентиляционную потребность [22, 23]. Повышенные требования к вентиляции предусматривают дополнительную нагрузку на дыхательные мышцы, в которых уже имеется сопротивление дыханию. Повышение молочной кислоты усугубляется тенденцией удерживать углекислый газ во время упражнений, дополнительно усиливающей ацидоз и приводящей к необходимости вентиляции легких. Поэтому улучшение функции скелетных мышц является важной целью программы тренировок.

Ограничения физических нагрузок из-за дисфункции дыхательных мышц

У пациентов с ХОБЛ часто имеется статическая и динамическая ГВ, которая создает дыхательным мышцам механически невыгодное положение. Диафрагма людей с ХОБЛ имеет большую устойчивость к усталости и приспособляется к хронической перегрузке. При этом на идентичные абсолютные легочные объемы, дыхательные мышцы способны производить большее давление, чем это имеет место у здоровых людей. Несмотря на адаптацию диафрагмы, функциональная сила и выносливость инспираторных мышц скомпрометированы при ХОБЛ [6, 8]. При измерении максимального дыхательного давления часто выявляется слабость дыхательных мышц, которая часто присутствует при ХОБЛ и способствует гиперкапнии, одышке, ночной десатурации кислорода, и ограничению выполнения физических упражнений.

Принципы физических тренировок

Чтобы физические тренировки были эффективными общая тренировочная нагрузка должна соответствовать индивидуальным специфическим требованиям и превышать нагрузки в ежедневной жизни, чтобы улучшить аэробную емкость и силу мышц (т.е., порог тренировки), возрастая, если происходит улучшение переносимости нагрузки [24]. Требуются различные способы тренировки кардиореспираторной выносливости, силы и / или гибкости [25]. Ниже приводится подробная информация о тренировке выносливости, интервальной тренировке, тренировке сопротивления, нервно-мышечной электрической стимуляции и тренировке дыхательных мышц.

Тренировка выносливости

Цель тренировок выносливости – улучшение состояния двигательной мускулатуры и кардиореспираторного соответствия и повышение физической активности со снижением одышки и усталости. Для тренировки вынос-

ливости (ТВ) в программах ЛР обычно используются физические упражнения более высокой интенсивности. Для некоторых индивидуумов может быть трудным достичь целевой интенсивности или тренирующего времени даже при тщательном наблюдении [26]. В этой ситуации альтернативами являются ТВ низкой интенсивности или интервальные тренировки. В последнее время в качестве альтернативы было предложено использовать количество шагов в день, как достижимой цели тренирующих упражнений, что может служить важной концепцией в ЛР [27]. Тренировка выносливости в виде езды на велосипеде или ходьбы является наиболее часто применяемыми моделями упражнений в ЛР [28]. В соответствии с рекомендациями Американского колледжа спортивной медицины (ACSM) предлагается применять в ЛР тестирование и назначение упражнений по частоте, интенсивности, времени и типу (Frequency, Intensity, Time, and Type (FITT)) [25].

Тренировки выносливости у пациентов с хроническими БОД назначают с одинаковой частотой: 3-5 раз в неделю. Высокий уровень интенсивности продолжительных физических упражнений (до 60% максимальной рабочей скорости) от 20 до 60 минут за сеанс увеличивает физиологические преимущества (например, устойчивость к физическим упражнениям, мышечную функцию и биоэнергетику) [26]. Оценка одышки по шкале Борг или оценка усталости от 4 до 6 (от умеренной к сильной) или оценка воспринимаемой нагрузки от 12 до 14 (несколько трудно) часто считается целевой интенсивностью тренировки [27]. Ходьба (наземная или на беговой дорожке) и езда на велосипеде (с помощью стационарного циклического эргометра) являются оптимальными условиями упражнений, если хорошо переносятся пациентом. Если основной целью является увеличение выносливости при ходьбе, то ходьба является тренирующим модулем в данной ситуации [27]. Упражнение на велосипеде создает большую удельную нагрузку на четырехглавую мышцу по сравнению с ходьбой, с меньшей десатурацией кислорода, вызванной тренировкой. Изучения скандинавской ходьбы на открытом воздухе (Nordic walking) в РКИ по 3-месячной программе упражнений (1 час ходьбы при 75% начальной максимальной частоте сердечных сокращений 3 раза в неделю) по сравнению с контролем (отсутствие тренировки) у 60 пожилых людей с умеренной и тяжелой ХОБЛ подтвердили эффективность прогулочной ходьбы как способа физических упражнений [28]. После 3 месяцев тренировок, проведенных в группе скандинавской ходьбы, увеличились время ходьбы и стояния, интенсивность ходьбы и 6-минутное расстояние ходьбы по сравнению с контрольной группой. Эти улучшения сохранялись через 6 и 9 месяцев после первоначального 3-х месячного вмешательства. Аналогичный результат был получен в РКИ среди 36 человек с ХОБЛ, у которых сравнивали результат ходьбы и циклической тренировки на открытом воздухе на выносливость при ходьбе по продолжительности ходьбы [27]. Обе группы, тренировались в помещении в течение 30-45 минут за сеанс, 3 раза в неделю в течение 8 недель. Группа тренирующей ходьбы увеличила свою выносливость по продолжительности времени ходьбы значительно больше, чем группа циклической тренировки, и показала, что пешеходные прогулки – предпочтительный способ тренировки для улучшения выносливости при ходьбе.

Интервальная тренировка

Интервальная тренировка (ИТ) – это модификация тренировки выносливости, в которой регулярно чере-

дуются высокоинтенсивные упражнения с периодами отдыха или более низкой интенсивностью упражнений. Этот вид тренировки может быть альтернативой стандартной ТВ у лиц с хроническими БОД, хотя при этом имеются трудности в достижении целевой интенсивности или продолжительности непрерывных упражнений из-за одышки, усталости или других симптомов [29]. Это может привести к значительно более низкой суммарной оценке симптомов, несмотря на высокие абсолютные тренировочные нагрузки, поддерживая эффекты ТВ даже у людей с кахексией и тяжелой ХОБЛ [29, 30]. Практическая трудность ИТ заключается в том, что режим её проведения, который обычно необходим при программе на основе цикла, требует продолжения в неконтрольном режиме. Анализ публикаций нескольких РКИ [30-32] и систематических обзоров [33, 34] не обнаружил клинически важных различий между интервальным и непрерывным методами тренировки по результатам, включающим тренировочный потенциал, качество жизни, связанное со здоровьем, и адаптацией скелетных мышц сразу после тренировки. Долгосрочные эффекты ИТ в них не исследовались.

Большинство исследований при ХОБЛ по общей работе, выполненной при непрерывном и интервальном тренинге групп, обнаружили похожую тренировочную адаптацию. Напротив, у лиц с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) при высокоинтенсивной интервальной программе тренировок результаты превосходили непрерывные тренировки умеренной интенсивности в отношении, как физических нагрузок, так и качества жизни. Причина этой разницы в результатах между группами пациентов не ясна. Высокая распространенность ХСН у пациентов, направленных на ЛР, предполагает, что высокоинтенсивная ИТ может быть полезной у пациентов с коморбидными заболеваниями. По сравнению с ТВ эффективность ИТ в уменьшении одышки в течение тренирующих нагрузок не ясна. Имеются доказательства, что при ХОБЛ ИТ приводила к снижению общей суммы симптомов при повышении интенсивности физических нагрузок.

Действительно, метаболический ответ организма во время ИТ, кажется сопоставимым с метаболической нагрузкой в обычной, самостоятельной повседневной жизни [35]. В итоге, интервальная и непрерывная тренировка кажутся одинаково эффективными при ХОБЛ. Интервальная тренировка может быть полезной альтернативой непрерывной тренировке у людей с симптомами, которые не переносят высокую интенсивность непрерывных тренировок.

Тренировка сопротивления / силы

Тренировка сопротивления (или силы) (ТС) – это упражнение, в котором отдельные группы мышц натренированы для повторяющегося подъёма относительно тяжелых нагрузок [36]. Тренировка сопротивления считается важной для взрослых людей, чтобы поддерживать возрастное здоровье, и также показана пациентам с хроническими БОД (например, при ХОБЛ), при которых уменьшается мышечная масса и сила периферических мышц, и относительно здоровым людям. Эти системные проявления ХОБЛ связаны с показателями выживания и переносимостью физических нагрузок [37]. У людей с ХОБЛ по мере снижения этих показателей развивается мышечная слабость, которая является важным фактором риска падений и травм в пожилом возрасте, поэтому оптимизация силы мышц будет важной целью реабилитации этой группы населения [38]. В дополнение к ожидае-

мым эффектам на мышечную силу ТС может также помочь в поддержании или улучшении минеральной плотности костей, которая имеет аномально низкий уровень (например, остеопороз или остеопения) примерно у 50% людей с ХОБЛ [39].

Следует отметить, что ТВ является основой физических упражнений в программе ЛР и дает субоптимальное увеличение мышечной массы и силы по сравнению с программами, включающими в себя специфические упражнения для сопротивления [26]. Тренировка сопротивления имеет больший потенциал для улучшения мышечной массы и силы, чем ТВ, так как только два аспекта функции мышц несколько улучшаются упражнениями на выносливость. Кроме того, ТС приводит к меньшей одышке во время периода тренировки и, таким образом, делает эту стратегию легче переносимой, чем ТВ с постоянной нагрузкой.

Оптимальный режим ТС для пациентов с хроническим БОД четко не определен, о чем свидетельствуют широкое разнообразие в его применении в клинических исследованиях [36]. Американский колледж спортивной медицины рекомендует для увеличения силы мышц у взрослых применять от 1 до 3 наборов упражнений и от 8 до 12 повторений от 2 до 3 дней в неделю [37]. Начальная нагрузка может быть эквивалентна от 60% до 70% от однократной максимальной повторной (т.е. максимальной нагрузки, которую можно перемещать только один раз за весь диапазон движений без компенсации движения) или той, которая вызывает усталость после 8 до 12 повторений. Высокая нагрузка может быть достигнута путем модулирования несколькими переменными: 1) увеличение сопротивления или веса, 2) увеличение повторений в наборе, 3) увеличение числа наборов упражнений и/или уменьшения периода отдыха между наборами упражнений или отдельными упражнениями. Альтернативные модели наращивания интенсивности тренировок, такие как ежедневная волнообразная периодическая ТС (например, изменение объема и интенсивности тренировок на ежедневной основе) также может быть выгодным способом тренировки [40].

При сравнении ТС отдельно и вместе с тренировкой на выносливость установлено, что ТС нижней конечности последовательным методом давали прирост мышечной силы и массы, по сравнению с ТС без упражнений на выносливость [40]. Это позволило предположить, что мощность для увеличения силы мышц нижних конечностей трансформируется в возрастание возможности к максимальной или субмаксимальной тренировке и зависит частично от величины тренировочной нагрузки. Исследования, в которых использовались нагрузки, равные или превышающие 80% одного максимального повторения в течение программы тренировки, указывали на улучшение физических возможностей для субмаксимальной мощности и пиковой силы, измеренной через цикл эргометрии, также как пиковой скорости ходьбы, измеренной на 30-метровой трассе. Аналогичные результаты были получены у людей с ХСН [41]. По данным РКИ тренировочные нагрузки между 50% и 80% от повторного максимума были достаточны для того, чтобы улучшить объем ТВ.

При добавлении в программу ТВ упражнений с постоянной нагрузкой, ТС дает дополнительные преимущества в мышечной силе, но не в общей физической работоспособности или состоянии здоровья [36]. Увеличение силы мышцы квадрицепса можно оптимизировать специально, загружая эти мышцы, например, при подъеме по лестнице и сидении на ногах. Тренировка сопротивления мышц верхних конечностей продемонстрировала увеличение силы этих мышц, что подтверждается улучшением

выполнения таких задач, как 6-минутный тест на доске Пегборд (стена Коркина) размером 240x30 см, которая устанавливается на стену и предназначена для развития силы рук, и кольцах [42, 43]. Упражнения ТС вызывают более низкие кардиореспираторные реакции по сравнению с упражнениями ТВ, они требуют более низкого уровня потребления кислорода и минутной вентиляции, и вызывают меньшую одышку. Это делает ТС привлекательным и возможным вариантом упражнений для лиц с прогрессирующей болезнью легких или коморбидностями, которые могут быть не в состоянии завершить интенсивную ТВ или интервальную тренировку из-за невыносимой одышки. Эти упражнения также могут быть вариантом для тренировок во время обострений болезни [43]. Таким образом, сочетание нагрузки постоянной/интервальной и силовой тренировки улучшает результат (т.е. мышечную силу) в большей степени, чем другие отдельные стратегии у лиц с хроническими БОД, без неоправданного увеличения времени тренировки.

Тренировка верхней конечности

Тренировка верхней конечности, как правило, интегрирована в режим физической реабилитации. Упражнения для верхних конечностей включают аэробные режимы (например, тренировку цикла эргометра для руки) и тренировки сопротивления (например, тренировка со свободными весами и полосами резинки, которые обеспечивают сопротивление) [44]. Типичные целевые мышцы: бицепсы, трицепсы, дельтовидные мышцы, широчайшая мышца спины и грудные. Систематический обзор по тренировке верхней конечности при ХОБЛ демонстрирует, что ТС улучшает силу верхней конечности. Этот обзор включил все формы тренировки верхних конечностей, классифицируя исследования как поддерживающие это положение (циклическая эргометрия) и неподдерживающие (включая свободный вес / поднятие полотенца / бросание мяча) программы упражнений. Измерения результатов исследований были различными, поэтому однозначные выводы сделать сложно. Были опубликованы 2 исследования, не поддерживающие тренировки сопротивления [42, 43]. Первое было 3-недельное стационарное исследование, которое сравнивало тренировку верхних конечностей вместе с ЛР и только одну ЛР [42]. Сравнение между группами выявило значительные успехи в группе тренировки верхних конечностей за 6 минут по кольцевому тесту, тесту на двигательную активность верхних конечностей. В 6-минутном тесте не было обнаружено никаких дополнительных преимуществ (6MWT). Второе исследование сравнило ТС верхних конечностей с фиктивным вмешательством; обе группы участвовали в упражнениях тренировочного режима на выносливость и силу нижних конечностей [43]. По сравнению с контрольной группой, группа вмешательства имела улучшения в работе верхних конечностей, но не произошло никаких изменений в качестве жизни или одышке, связанной со здоровьем, в процессе повседневной жизни. Собранные вместе доказательства предполагают, что тренировки верхних конечностей повышают функцию верхней конечности у больных ХОБЛ. Вопрос оптимального подхода к подготовке еще предстоит решить, и неясно, в какой степени специфические увеличения функции верхних конечностей перейдут в более широкие результаты, такие как связанное со здоровьем качество жизни.

Тренировки гибкости

Тренировка гибкости является компонентом многих тренирующих режимов и обычно присутствует в ЛР, но на

данный момент нет РКИ, демонстрирующих их эффективность в конкретной обстановке. Улучшение подвижности грудной клетки и осанки может увеличить жизненную емкость лёгких (ЖЕЛ) у пациентов с хроническим БОД [45]. В связи с тем, что дыхание и осанка имеют взаимосвязь, требуется тщательная оценка обоих параметров и лечения больных хроническими БОД. Общие нарушения осанки включают кифоз грудного отдела позвоночника, увеличение передне-заднего диаметра грудной клетки, подъем и растяжение плечей, сгибание туловища. Аномалии осанки связаны со снижением функции легких, снижением качества жизни, низкой минеральной плотностью костей и повышенной работой дыхания. Отклонения в осанке изменяют механику тела, что приводит к боли в спине, которая со своей стороны влияет на механику дыхания. Единый подход в ЛР состоит в том, что пациенты должны выполнять упражнения на гибкость как верхних, так и нижних частей тела. Они включают растяжку группы мышц, такие как икры, подколенные сухожилия, четырехглавые мышцы, и бицепсы, а также комплекс двигательных упражнений для шеи, плеч и позвоночного столба не менее 2-3 дней в неделю.

Нервно-мышечная электростимуляция

Чрескожная нервно-мышечная электростимуляция (ЧНМС) скелетной мышцы является альтернативным методом реабилитации, где мышечное сокращение вызвано, и выбранные мышцы можно таким образом натренировать без обычных тренировочных упражнений. Электрическое стимулирование мышцы проводится согласно протоколу, в котором для достижения желаемой мышечной реакции выбирается интенсивность (амплитуда), частота, длительность и волновая форма стимула [46]. Эта амплитуда (интенсивность) электрического стимула определяет силу сокращения мышц. Мышечное сокращение, вызванное ЧНМС, не может привести к одышке, и представляет минимальную нагрузку на сердечно-сосудистую систему, обходит когнитивные, мотивационные и психологические аспекты, связанные с обычными упражнениями, которые могут препятствовать или предотвратить эффективную тренировку. Этот метод подходит пациентам с тяжелыми ограничениями дыхания и/или сердечной системы, в том числе госпитализированных с острым заболеванием или обострением хронических БОД или дыхательной недостаточностью. Небольшой, относительно недорогой, портативный электрический стимулятор также подходит для домашнего применения, и поэтому может помочь тяжело больным, или кому не доступны традиционные программы ЛР. У амбулаторных пациентов со стабильно тяжелой ХОБЛ и во время обострений ХОБЛ при ЧНМС улучшается сила мышц конечностей, переносимость физической нагрузки, и уменьшается одышка [46-48]. Применение чрескожной стимуляции нервов на традиционные точки акупунктуры приводило к увеличению множества результирующих переменных, включая FEV1; 6-минутная ходьба; качество жизни, данных анкеты Святого Георгия (SGRQ) о состоянии дыхания и уровней β -эндорфина [49]. После 4-недельного лечения ЧНМС в сочетании с активной мобилизацией ног и медленной ходьбой у пациентов с тяжелой ХОБЛ с ДН и декомпенсацией, с низким индексом массы тела в процессе ежедневной физической активности достигали больших улучшений в мышечной силе ног и одышке, по сравнению с тем же мобилизационным режимом без ЧНМС. Добавление ЧНМС к активной мобилизации конечностей при ХОБЛ с хронической гиперкапнической ДН с механической вентиляцией легких и при постель-

ном режиме пациента также способствовало увеличению его подвижности. Методика ЧНМС сохраняет массу мышцы и помогает предотвратить критическую нейромиопатию у тяжелобольных лиц в отделении интенсивной терапии. Механизмы, с помощью которых ЧНМС улучшает функции мышцы и выполнение физических упражнений понятны не полностью. Картина активации мышечного волокна во время ЧНМС понятна и может отличаться от того, что происходит во время обычного упражнения. Избранный протокол электрической стимуляции также может повлиять на результаты реабилитации с применением ЧНМС. Частота стимула, вероятно, определяет типы активированных мышечных волокон. Частота стимула до 10 Гц при ЧНМС, возможно, преимущественно активирует медленно сокращающиеся волокна и может снизить утомляемость, тогда как частота больше чем 30 Гц может активировать оба типа волокон, или выборочно стимулировать быстро сокращающиеся волокна и повысить их мощность. Исследования, проведенные у лиц с ХОБЛ, продемонстрировали успехи в мышечной силе и выносливости при использовании частоты стимула в пределах колебаний от 35 до 50 Гц [50]. При ХОБЛ эффекты ЧНМС низкой частоты не изучались. Некоторые исследователи рекомендуют сочетать частоты стимулов во время проведения ЧНМС, наиболее близко имитировать нормальный моторный нейронный паттерн стимулов, что оказывало максимальное влияние на функцию мышцы. Данные о продолжительности улучшения в функции мышцы после ограниченного периода (например, несколько недель) тренировки мышцы ЧНМС не имеется, и она изучена только у лиц с хроническими БОД. Формальные рекомендации для пациентов по ЧНМС отсутствуют. Противопоказания к проведению ЧНМС, прежде всего, основаны на экспертных мнениях. Не назначают ЧНМС лицам с имплантированными электрическими приборами, такими как водители ритма или имплантированные дефибрилляторы; или лицам с судорожным расстройством, с неконтролируемыми сердечными аритмиями (особенно желудочковыми), нестабильной стенокардией, недавним инфарктом миокарда, сужениями внутричерепных сосудов и/или эндопротезированием коленного или тазобедренного суставов. У пациентов с тяжелым остеоартрозом необходима подвижность суставов, чтобы стимулировать мышцы, у людей с тяжелыми периферическими отеками или другими проблемами кожи имеются ограничения в размещении электродов для ЧНМС. Метод ЧНМС является безопасным и в целом хорошо переносится. Неблагоприятное воздействие чаще всего проявляется в виде слабой болезненности мышц, которая обычно проходит после первых нескольких сеансов ЧНМС, и связана с амплитудой стимула и выбранной частотой [50]. Амплитуды импульсов более 100 мА могут привести к недопустимому мышечному дискомфорту. Некоторые люди не могут терпеть ЧНМС, даже при более низких амплитудах стимула, и увеличение устойчивости может зависеть от способности пациента переносить интенсивность тренировочных стимулов. В начальном периоде ЧНМС применяются амплитуды стимула, которые приводят к безболезненному сокращению мышцы, и в течение программы тренировки постепенно увеличивается амплитуда стимула в соответствии с переносимостью. Обобщенные данные свидетельствуют о том, что это перспективный способ ЛР, в частности для тяжелобольных пациентов с ХОБЛ. Остается неясной эффективность ЧНМС для лиц с ХОБЛ с высоким базовым уровнем толерантности к физической нагрузке. Влияние ЧНМС на клинически стабильных лиц с хроническими БОД, кроме ХОБЛ, не изучались.

Тренировка инспираторных мышц

Способность инспираторных мышц (ИМ) генерировать присасывающее давление снижается у людей с ХОБЛ [37]. В первую очередь это связано с вредными последствиями легочной гипервоздушности, которая затрудняет сокращение и оказывает давление на диафрагму, ограничивая её механическую функцию. Снижение способности ИМ создавать присасывающее давление способствует плохой переносимости тренировки и ощущению одышки при ХОБЛ. Упражнения на выносливость, несмотря на значительное увеличение толерантности к физической нагрузке и уменьшение одышки, вероятно, не улучшают насосную мощность ИМ потому, что вентиляционная нагрузка во время тренировки всего тела недостаточной амплитуды для того, чтобы обеспечить адаптацию к тренировке. По этой причине перспективно было бы применение конкретной тренирующей нагрузки у лиц с ослабленными ИМ, чтобы увеличить способность к тренировке и уменьшить одышку. Наиболее общие подходы по тренировке ИМ заключаются в использовании оборудования, создающего сопротивление или нагрузку. У пациентов с ХОБЛ тренировка ИМ осуществляется при давлении равном или превышающем на 30% максимальное инспираторное давление (Д макс), что приводит к нарастанию силы и плотности ИМ [51]. В исследованиях у пациентов с ХОБЛ изучили эффекты тренировки ИМ изолированно и в дополнении к физическим упражнениям для всего тела. Мета-анализ результатов тренировки ИМ отдельно по сравнению с дополнением в комплексе или без вмешательства у пациентов с ХОБЛ продемонстрировали значительное улучшение в силе и плотности ИМ [51]. При этом клинически значимо уменьшалась одышка при ежедневной обычной активности и увеличивался инспираторный пиковый поток, увеличивалась дистанция при ходьбе, но не установлено прироста пиковой силы, достигнутой при эргометрии, и клинически значимые улучшения в качестве жизни, связанные со здоровьем, были малы. Тренировку ИМ следует рассматривать в качестве дополнения к физическим упражнениям для всего тела, что улучшает силу и плотность ИМ, но не дает прироста в переносимости максимальной физической нагрузки и уменьшения одышки. Возможно, что тренировка ИМ улучшает состояние пациентов с ХОБЛ и слабостью ИМ, хотя переносимость физических нагрузок у них не достигает статистической значимости и требует проспективного изучения. Программы тренировки ИМ различаются в разных исследованиях, но оптимальную эффективность показали интервальные программы для дыхания с периодами отдыха, которые дают наибольшее изменение Дмакс. Достижения в функции ИМ исчезают через 12 месяцев после прекращения программы тренировки ИМ. Тренировка ИМ, применяемая отдельно, дает преимущества в ряде областей и может быть полезной как дополнение к физическим тренировкам всего тела у пациентов со слабостью ИМ или у лиц, не способных участвовать в циклических или пешеходных тренировках из-за коморбидных состояний. Чтобы получить максимальный эффект от физических тренировок у пациентов с ограничением воздушного потока, необходимо обеспечить их персонализированной фармакотерапией, которая является ключевым компонентом ведения заболевания, включая профилактику и контроль симптомов, снижение частоты обострений, улучшение переносимости физической нагрузки и состояния здоровья в целом [52].

Неинвазивная вентиляция легких

У людей с ХОБЛ ограничение экспираторного потока и увеличение респираторной частоты во время физических упражнений может привести к недостатку времени для опорожнения легких во время выдоха. В результате увеличивается конечный объем выдоха, известный как динамическая гипервоздушность (ГВ), где дыхание играет роль в закрытии легочного объема общей легочной ёмкости. Динамическая ГВ увеличивает внутреннее положительное конечное экспираторное давление и эластическую работу дыхания. Это ассоциируется с высокими уровнями одышки и прекращением физической нагрузки из-за низкой переносимости работы. Неинвазивная вентиляция легких (НВЛ) с положительным давлением снижает нагрузку на респираторную мускулатуру и уменьшает работу дыхания во время физических нагрузок при ХОБЛ, и ассоциируется с быстрым уменьшением одышки, улучшением обмена газов, увеличением минутной вентиляции и продолжительности физических нагрузок. Таким образом, НВЛ может применяться в качестве дополнительной терапии при ЛР и как дополнение к физическим тренировкам (в ночное время или во время реабилитационной программы) [53]. Использование этого метода позволило получить прирост эффектов от программы физических упражнений, вероятно, за счёт увеличения работы, выполненной в покое или при неутомленной респираторной мускулатуре. Наибольшее улучшение отмечалось у пациентов с тяжелой ХОБЛ, и более высоким положительным давлением (устойчивым). Более того, дополнение НВЛ во время сна при тяжелой ХОБЛ улучшало переносимость физических нагрузок и качество жизни в связи с отдыхом респираторной мускулатуры ночью [53]. Поскольку НВЛ не является рутинным методом и требует отделения интенсивной терапии, практически она может осуществляться только в стационаре или другом подразделении, имеющем значительный опыт его применения и только у людей, показавших эффективность от этого метода терапии. Кроме того, НВЛ может использоваться у госпитализированных пациентов с тяжелыми нарушениями легочной функции для улучшения переносимости физических нагрузок в раннем периоде выздоровления при обострении ХОБЛ [54] и с целью обеспечения инспираторного давления больше 10 см H₂O для стабильного состояния пациента. Необходимы дальнейшие исследования для оценки показателя стоимость-эффективность и переносимости НВЛ пациентом в качестве дополнительной реабилитационной техники.

Дыхательные стратегии

Пациенты с ХОБЛ имеют динамическую ГВ, ограничивающую их способность к физическим упражнениям. Тренировка дыхания, направленная на замедление частоты дыхания за счет длительного выдоха, приводит к уменьшению одышки. Были исследованы адаптивные стратегии дыхания с использованием дыхания йоги, дыханием через поджатые губы и компьютерной обратной связи [55, 56]. Исследования показали, что люди, которые проходят дыхательную подготовку, способны принять более медленный, глубокий паттерн дыхания. Дыхание через сжатые губы способствовало уменьшению одышки после 6-минутной ходьбы, а автоматизированная обратная связь дыхания позволила снизить динамическую ГВ [55]. Исследования, использующие эти адаптивные стратегии дыхания, малочисленны (n = 40 [55] и 11 [56]), и, хотя экспертное заключение решительно поддерживает их использование, необходимо больше доказательств для окончательных рекомендаций по их применению в ЛР.

Средства для ходьбы

Использование роллера для помощи в передвижении показало увеличение в функциональном объеме тренировок и уменьшение одышки при физической нагрузке у некоторых пациентов с ХОБЛ. Применение роллера дает облегчение физических нагрузок людям с выраженными нарушениями функциональной работоспособности (т.е., 6-минутное расстояние ходьбы меньше, чем 300 или 400 м) и / или необходимость отдыха во время теста 6-минутной ходьбы из-за невыносимой одышки. Механизм, лежащий в основе этого, по-видимому, связан с фиксацией рук на ролике, в сочетании с положением с наклоном вперед, предназначенным для повышения максимальной самостоятельной вентиляции и силы дыхательных мышц [57]. Пациенты, которые подходят для применения этих устройств ЛР, сообщают об удовлетворенности от их использования в домашних условиях. Кроме того, эта опора полезна для передвижения кислородного баллона лицами, которые получают длительную кислородотерапию, она легко переносима (например, складывается, легковесна), и обеспечивает легкодоступное место для того чтобы сидеть. В дополнение к роллеру существуют другие средства помощи при ходьбе, такие как модернизированная дрезина (велосипед без педалей), которые могут увеличить объем выполнения физических нагрузок на свежем воздухе [58]. На данный момент неизвестно, в какой степени можно использовать роллер или другие подобные приборы для оптимизации ответа на физические упражнения, и повышает ли он ежедневную физическую активность. В повседневной жизни поддерживающие опоры, такие как перила, могут способствовать большей независимости пациента с ХОБЛ.

Заключение

Многообразие методов ЛР, которые можно применять при ХОБЛ, позволяет формировать эффективную реабилитационную программу на основании сочетания индивидуального и группового подходов при ведении этих пациентов. Легочная реабилитация значительно улучшает переносимость физической нагрузки и связанное со здоровьем качество жизни, снижает частоту госпитализаций не менее чем на 42,0% (OR= 0.22; 95% CI 0.08-0.58), и летальность – на 16,0% (OR= 0.28; 95% CI 0.10-0.84) при динамическом наблюдении в течение 25 недель [59].

Обзор исследований ЛР при ХОБЛ отражает сложность и многогранность этой проблемы, требующей изучения и оценки эффективности разработанных про-

грамм при разной степени тяжести заболевания. На данном этапе имеется ряд достижений в ЛР при ХОБЛ и других хронических БОД, среди которых:

- доказательство о пользе и эффективности разнообразных форм физической тренировки в рамках программ ЛР, к ним относятся интервальные и силовые тренировки, тренировка верхних конечностей и чрескожная нервно-мышечная электростимуляция;
- подтверждено, что пациенты с ХОБЛ и ограничением воздушного потока лёгкой степени, участвующие в ЛР, дают улучшения симптомов, переносимости физической нагрузки и качества жизни, также, как и пациенты с более тяжелым течением заболевания;
- показано, что применение методов ЛР вскоре после госпитализации при обострении ХОБЛ, клинически эффективно, безопасно и связано с уменьшением случаев последующих госпитализаций;
- показано, что реабилитационные методы, применяемые в острой или критической фазах болезни, уменьшают степень снижения функциональных показателей и ускоряют восстановление нарушенных функций органов;
- доказана эффективность использования физических упражнений в домашних условиях для уменьшения одышки и увеличения переносимости физических нагрузок у пациентов с ХОБЛ.

В настоящее время реабилитационные технологии продолжают адаптироваться и тестироваться для поддержки физических тренировок, образования пациента, управления обострением и физической активностью. Сфера показателей для определения результатов ЛР расширилась, что позволяет оценить физические упражнения и их эффективность, нижние и верхние границы функций мышц и физической активности при ХОБЛ. Симптомы тревоги и депрессии, преобладающие у людей, направленных на ЛР, могут быть уменьшены этим вмешательством. Полученные положительные результаты ЛР предполагают, что в будущем увеличится потребность в применении и повышении доступности эффективных способов ЛР и совершенствование программ таким образом, чтобы эти меры были нацелены на уникальные потребности сложного пациента [60].

Конфликт интересов. Конфликт интересов не заявлен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spruit M. A., Singh S. J., Garvey Ch., ZuWallack R., Nici L., Rochester C. et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013; 188 (8): e13–e64. DOI:10.1164/rccm.201309-1634ST
2. Wagg K. Unraveling self-management for COPD: what next? *Chronic Respiratory Diseases*. 2012; (9): 5–7. DOI: 10.1177/1479972311435910
3. Gea J., Sancho-Muñoz A., Chalela R. Nutritional status and muscle dysfunction in chronic respiratory diseases: stable phase versus acute exacerbations. *Journal of Thoracic Disease*. 2018; 10 (12): S1332-S1354. DOI:10.21037/jtd.2018.02.66
4. Белевский А. С., Мещерякова Н. Н. Реабилитация больных ХОБЛ. Клинические рекомендации. Хроническая обструктивная болезнь легких. Российское респираторное общество; Под ред. А. Г. Чучалина. – 2-е изд., [испр. и доп.]. Москва. Атмосфера. 2007: 221–232.
5. Aliverti A., Macklem P. T. The major limitation to exercise performance in COPD is inadequate energy supply to the respiratory and locomotor muscles. *International journal of applied exercise physiology*. 2008; (105): 749–751, 755–747. DOI:10.1152/jappphysiol.90336.2008c
6. O'Donnell D. E., Webb K. A. The major limitation to exercise performance in COPD is dynamic hyperinflation. *International journal of applied exercise physiology*. 2008; (105): 753–755, 755–757. DOI:10.1152/jappphysiol.90336.2008b
7. Spruit M. A., Franssen F. M., Rutten E. P., Wagers S. S., Wouters E. F. Agegraded reductions in quadriceps muscle strength and peak aerobic capacity in COPD. *Brazilian Journal of Physiotherapy*. 2012; (16): 148–156. DOI:10.1590/S1413–35552012005000011
8. Малявин А. Г., Епифанов В. А., Глазкова И. И. Реабилитация при заболеваниях органов дыхания. М. ГЭОТАР-Медиа. 2010: 352 с.
9. Овчаренко С. И., Волель Б. А., Галецкайте Я. К. Персонализированный подход к легочной реабилитации больных хронической обструктивной болезнью легких. *Терапевтический архив*. 2017; (3): 18–23. DOI:10.17116/terarkh201789318–23
10. Эргешова Л. А. Физическая реабилитация больных ХОБЛ. *Вестник современной клинической медицины*. 2014; 7 (4): 46–49.
11. Авдеев С. Н., Трушенко Н. В. Новые возможности двойной бронходилатационной терапии у пациентов с хронической обструктивной болез-

- ню легких. *Терапевтический архив*. 2019; 91 (3): 76–85. DOI: 10.26442/00403660.2019.03.000136
12. Harrison S.L., Greening N.J., Williams J.E., Morgan M.D., Steiner M.C., Singh S.J. Have we underestimated the efficacy of pulmonary rehabilitation in improving mood? *Respiratory Medicine*. 2012; (106): 838–844. DOI:10.1016/j.rmed.2011.12.003
 13. Gale N.S., Duckers J.M., Enright S., Cockcroft J.R., Shale D.J., Bolton C.E. Does pulmonary rehabilitation address cardiovascular risk factors in patients with COPD? *BMC Pulmonary Medicine*. 2011; (11): 20 p. DOI:10.1186/1471-2466-11-20
 14. Camillo C.A., Laburu V. de M., Goncalves N.S., Cavalheri V., Tomasi F.P., Fernandes N.A., Ramos D., Marquez Vanderlei L.C., Cipulo Ramos E.M., Probst V.S. et al. Improvement of heart rate variability after exercise training and its predictors in COPD. *Respiratory Medicine*. 2011; (105): 1054–1062. DOI:10.1016/j.rmed.2011.01.014
 15. Hill K., Dolmage T.E., Woon L., Coutts D., Goldstein R., Brooks D. Comparing peak and submaximal cardiorespiratory responses during field walking tests with incremental cycle ergometry in COPD. *Respirology*. 2012; (17): 278–284. DOI:10.1111/j.1440-1843.2011.02089.x
 16. Кербигов О.Б., Аверьянов А.В., Борская Е.Н., Крутова Т.В. Кардиопульмональное нагрузочное тестирование в клинической практике. *Клиническая практика*. 2012; (2): 58–70.
 17. Holland A.E., Hill K., Alison J.A., Luxton N., Mackey M.G., Hill C.J., Jenkins S.C. Estimating peak work rate during incremental cycle ergometry from the 6-minute walk distance: differences between reference equations. *Respiration*. 2011; (81): 124–128. DOI:10.1159/000308464
 18. de Voogd J.N., Sanderma R., Postema K., van Sonderen E., Wempe J.B. Relationship between anxiety and dyspnea on exertion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Anxiety, Stress & Coping*. 2011; (24): 439–449. DOI:10.1080/10615806.2010.520081
 19. Heslop-Marshall K., Baker C., Carrick-Sen D. et al. Randomised controlled trial of cognitive behavioural therapy in COPD. *European Respiratory Journal Open Research*. 2018; (4): 00094–2018. DOI:10.1183/23120541.00094-2018
 20. Seymour J.M., Spruit M.A., Hopkinson N.S., Natanek S.A., Man W.D., Jackson A., Gosker H.R., Schols A.M., Moxham J., Polkey M.I. et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *European Respiratory Journal*. 2010; (36): 81–88. DOI:10.1007/978-3-319-65888-9_6
 21. Van Vliet M., Spruit M.A., Verleden G., Kasran A., Van Herck E., Pitta F., Bouillon R., Decramer M. Hypogonadism, quadriceps weakness, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2005; (172): 1105–1111. DOI:10.1164/rccm.200501-1140C
 22. Wüst R.C., Jaspers R.T., van der Laarse W.J., Degens H. Skeletal muscle capillarization and oxidative metabolism in healthy smokers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2008; (33): 1240–1245. DOI:10.1139/H08-116
 23. Saey D., Michaud A., Couillard A., Côté C.H., Mador M.J., LeBlanc P., Jobin J., Maltais F. Contractile fatigue, muscle morphometry, and blood lactate in chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2005; (171): 1109–1115. DOI:10.1164/rccm.200208-856OC
 24. Jenkins S., Hill K., Cecins N.M. State of the art: how to set up a pulmonary rehabilitation program. *Respirology*. 2010; (15): 1157–1173. DOI:10.1111/j.1440-1843.2010.01849.x
 25. Chodzko-Zajko W.J., Proctor D.N., Fiatarone Singh M.A., Minson C.T., Nigg C.R., Salem G.J., Skinner J.S. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009; (41): 1510–1530. DOI:10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
 26. Garber C.E., Blissmer B., Deschenes M.R., Franklin B.A., Lamonte M.J., Lee I.M., Nieman D.C., Swain D.P. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011; (43): 1334–1359. DOI:10.1249/MSS.0b013e318213fefb
 27. Leung R.W., Alison J.A., McKeough Z.J., Peters M.J. Ground walk training improves functional exercise capacity more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomized trial. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2010; (56): 105–112. DOI:10.1016/s1836-9553(10)70040-0
 28. Breyer M.K., Breyer-Kohansal R., Funk G.C., Dornhofer N., Spruit M.A., Wouters E.F., Burghuber O.C., Hartl S. Nordic walking improves daily physical activities in COPD: a randomized controlled trial. *Respiratory Research*. 2010; (11): 112. DOI:10.1186/1465-9921-11-112
 29. Vogiatzis I., Simoes D.C., Stratakos G., Kourepini E., Terzis G., Manta P., Athanasopoulos D., Roussos C., Wagner P.D., Zakyntinos S. Effect of pulmonary rehabilitation on muscle remodeling in cachectic patients with COPD. *European Respiratory Journal*. 2010; (36): 301–310. DOI:10.1183/09031936.00112909
 30. Mador M.J., Krawza M., Alhajhusian A., Khan A.I., Shaffer M., Kufel T.J. Interval training versus continuous training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2009; (29): 126–132. DOI:10.1097/HCR.0b013e31819a024f
 31. Nasis I.G., Vogiatzis I., Stratakos G., Athanasopoulos D., Koutsoukou A., Daskalakis A., Spetsiotti S., Evangelodimou A., Roussos C., Zakyntinos S. Effects of interval-load versus constant-load training on the BODE Index in COPD patients. *Respiratory Medicine*. 2009; (103): 1392–1398. DOI:10.1016/j.rmed.2009.03.003
 32. Vogiatzis I., Terzis G., Stratakos G., Cherouveim E., Athanasopoulos D., Spetsiotti S., Nasis I., Manta P., Roussos C., Zakyntinos S. Effect of pulmonary rehabilitation on peripheral muscle fiber remodeling in patients with COPD in GOLD stages II to IV. *Chest*. 2011; (140): 744–752. DOI:10.1183/09031936.00112909
 33. Beauchamp M.K., Nonoyama M., Goldstein R.S., Hill K., Dolmage T.E., Mathur S., Brooks D. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease – a systematic review. *Thorax*. 2010; (65): 157–164. DOI:10.1136/thx.2009.123000
 34. Zainuldin R., Mackey M.G., Alison J.A. Optimal intensity and type of leg exercise training for people with chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2011; (11): CD008008. DOI:10.1002/14651858.CD008008.pub2
 35. Vaes A.W., Wouters E.F., Franssen F.M., Uszko-Lencer N.H., Stakenborg K.H., Westra M., Meijer K., Schols A.M., Janssen P.P., Spruit M.A. Task related oxygen uptake during domestic activities of daily life in patients with COPD and healthy elderly subjects. *Chest*. 2011; (140): 970–979. DOI:10.1378/chest.10-3005
 36. O’Shea S.D., Taylor N.F., Paratz J.D. Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD: a systematic review. *Chest*. 2009; (136): 1269–1283. DOI:10.1378/chest.09-0029
 37. Haskell W.L., Lee I.M., Pate R.R., Powell K.E., Blair S.N., Franklin B.A., Macera C.A., Heath G.W., Thompson P.D., Bauman A. American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; (116): 1081–1093. DOI:10.1161/CIRCULATION.107.185649
 38. Beauchamp M.K., Hill K., Goldstein R.S., Janaudis-Ferreira T., Brooks D. Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respiratory Medicine*. 2009; (103): 1885–1891. DOI:10.1016/j.rmed.2009.06.008
 39. Graat-Verboom L., van den Borne B.E., Smeenk F.W., Spruit M.A., Wouters E.F. Osteoporosis in COPD outpatients based on bone mineral density and vertebral fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2011; (26): 561–568.
 40. Miranda F., Simao R., Rhea M., Bunker D., Prestes J., Leite R.D., Miranda H., de Salles B.F., Novaes J. Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; (25): 1824–1830. DOI:10.1519/jsc.0b013e3181e7ff75
 41. Spruit M.A., Eterman R.M., Hellwig V.A., Janssen P.P., Wouters E.F., Uszko-Lencer N.H. Effects of moderate-to-high intensity resistance training in patients with chronic heart failure. *Heart*. 2009; (95): 1399–1408. DOI:10.1136/hrt.2008.159582
 42. Costi S., Crisafulli E., Antoni F.D., Beneventi C., Fabbri L.M., Cini E.M. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: a randomized clinical trial. *Chest*. 2009; (136): 387–395. DOI:10.1378/chest.09-0165
 43. Janaudis-Ferreira T., Hill K., Goldstein R.S., Robles-Ribeiro P., Beauchamp M.K., Dolmage T.E., Wadell K., Brooks D. Resistance army training in patients with COPD: a randomized controlled trial. *Chest*. 2011; (139): 151–158. DOI:10.1378/chest.10-1292
 44. Troosters T., Probst V.S., Crul T., Pitta F., Gayan-Ramirez G., Decramer M., Gosselink R. Resistance training prevents deterioration in quadriceps muscle function during acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2010; (181): 1072–1077. DOI:10.1164/rccm.200908-1203OC

45. Janaudis-Ferreira T., Hill K., Goldstein R., Wadell K., Brooks D. Arm exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2009; (29): 277–283. DOI:10.1097/HCR.0b013e3181b4c8d0
46. Sillen M.J., Speksnijder C.M., Eterman R.M., Janssen P.P., Wagers S.S., Wouters E.F., Uszko-Lencer N.H., Spruit M.A. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English-language literature. *Chest*. 2009; (136): 44–61. DOI:10.1378/chest.08–2481
47. Sillen M.J., Wouters E.F., Franssen F.M., Meijer K., Stakenborg K.H., Spruit M.A. Oxygen uptake, ventilation, and symptoms during low-frequency versus high-frequency NMES in COPD: a pilot study. *Lung*. 2011; (189): 21–26. DOI:10.1007/s00408–010–9265–0
48. Abdellaoui A., Préfaut C., Gouzi F., Couillard A., Coisy-Quivy M., Hugon G., Molinari N., Lafontaine T., Jonquet O., Laoudj-Chenivesse D. et al. Skeletal muscle effects of electro stimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *European Respiratory Journal*. 2011; (38): 781–788. DOI:10.1183/09031936.00167110
49. Ngai S.P., Jones A.Y., Hui-Chan C.W., Ko F.W., Hui D.S. Effect of 4 weeks of Acu-TENS on functional capacity and b-endorphin level in subjects with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2010; (173): 29–36. DOI:10.1016/j.resp.2010.06.005
50. Vanderthommen M., Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2007; (35): 180–185. DOI:10.1097/jes.0b013e318156e785
51. Gosselink R., De Vos J., van den Heuvel S.P., Segers J., Decramer M., Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *European Respiratory Journal*. 2011; (37): 416–425. DOI:10.1183/09031936.00031810
52. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Pocket guide to COPD diagnosis, management, and prevention. A Guide for Health Care Professionals 2017 edition. Disclosure forms for GOLD Committees are posted on the GOLD Website. Available at: <https://goldcopd.org/>
53. Corner E., Garrod R. Does the addition of non-invasive ventilation during pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease augment patient outcome in exercise tolerance? A literature review. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2010; (15): 5–15. DOI:10.1002/pri.451
54. Menadue C., Alison J.A., Piper A.J., Flunt D., Ellis E.R. Bilevel ventilation during exercise in acute or chronic respiratory failure: a preliminary study. *Respiratory Medicine*. 2010; (104): 219–227. DOI:10.1016/j.rmed.2009.08.015
55. Nield M.A., Soo Hoo G.W., Roper J.M., Santiago S. Efficacy of pursed-lips breathing: a breathing pattern retraining strategy for dyspnea reduction. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 2007; (27): 237–244. DOI:10.1097/01.HCR.0000281770.82652.cb
56. Pomidori L., Campigotto F., Amatya T.M., Bernardi L., Cogo A. Efficacy and tolerability of yoga breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 2009; (29): 133–137. DOI:10.1097/HCR.0b013e31819a0227
57. Hill K., Goldstein R., Gartner E.J., Brooks D. Daily utility and satisfaction with rollators among persons with chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008; (89): 1108–1113. DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.032
58. Vaes A.W., Annegarn J., Meijer K., Cuijpers M.W., Franssen F.M., Wiechert J., Wouters E.F., Spruit M.A. The effects of a “new” walking aid on exercise performance in patients with COPD: a randomized cross-over trial. *Chest*. 2012; (141): 1224–1232. DOI:10.1378/chest.11–1076
59. Puhan M.A., Gimeno-Santos E., Scharplatz M., Troosters T., Walters E.H., Steurer J. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Systemic Reviews*. 2011; (10): CD005305. DOI:10.1002/14651858.CD005305.pub2
60. Иванова Г.Е., Труханов А.И. Глобальные перспективы развития медицинской реабилитации. *Вестник восстановительной медицины*. 2017; 6 (82): 2–6.

REFERENCES

1. Spruit M.A., Singh S.J., Garvey Ch., ZuWallack R., Nici L., Rochester C. et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013; 188 (8): e13–e64. DOI:10.1164/rccm.201309–1634ST
2. Wagg K. Unraveling self-management for COPD: what next? *Chronic Respiratory Diseases*. 2012; (9): 5–7. DOI: 10.1177/1479972311435910
3. Gea J., Sancho-Muñoz A., Chalela R. Nutritional status and muscle dysfunction in chronic respiratory diseases: stable phase versus acute exacerbations. *Journal of Thoracic Disease*. 2018; 10 (12): S1332–S1354. DOI:10.21037/jtd.2018.02.66
4. Belevsky A.S., Meshcheryakova N.N. Reabilitaciya bol'nyh HOBL. Klinicheskie rekomendacii. Hronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkih. Rossijskoe respiratornoe obshchestvo; Pod red. A.G. Chuchalina. – 2-e izd., ispr. i dop. [Rehabilitation of COPD patients. Clinical recommendations. Chronic obstructive pulmonary disease. Russian respiratory society; ed. by A.G. Chuchalin. – 2nd ed., corr. and add.]. Moscow. Atmosfera. 2007: 221–232. (In Russ.).
5. Aliverti A., Macklem P.T. The major limitation to exercise performance in COPD is inadequate energy supply to the respiratory and locomotor muscles. *International journal of applied exercise physiology*. 2008; (105): 749–751, 755–747. DOI:10.1152/jappphysiol.90336.2008c
6. O'Donnell D.E., Webb K.A. The major limitation to exercise performance in COPD is dynamic hyperinflation. *International journal of applied exercise physiology*. 2008; (105): 753–755, 755–757. DOI:10.1152/jappphysiol.90336.2008b
7. Spruit M.A., Franssen F.M., Rutten E.P., Wagers S.S., Wouters E.F. Agegraded reductions in quadriceps muscle strength and peak aerobic capacity in COPD. *Brazilian Journal of Physiotherapy*. 2012; (16): 148–156. DOI:10.1590/S1413–35552012005000011
8. Malyavin A.G., Epifanov V.A., Glazkova I.I. Reabilitaciya pri zabolevaniyah organov dyhaniya [Rehabilitation in respiratory diseases]. M. GEOTAR-Media. 2010: 352 p. (In Russ.).
9. Ovcharenko S.I., Volel B.A., Galetskaita Ya.K. Personalizirovannyj podhod k legochnoj reabilitacii bol'nyh hronicheskoy obstruktivnoj bolezn'yu legkih [Personalized approach to pulmonary rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Therapeutic archive*. 2017; (3): 18–23. DOI: 10.17116/terarkh201789318–23 (In Russ.).
10. Ergeshova L.A. Fizicheskaya reabilitaciya bol'nyh HOBL [Physical rehabilitation of COPD patients]. *Bulletin of modern clinical medicine*. 2014; 7 (4): 46–49 (In Russ.).
11. Avdeev S.N., Trushenko N.V. Novye vozmozhnosti dvojnoj bronhodilacionnoj terapii u pacientov s hronicheskoy obstruktivnoj bolezn'yu legkih [New possibilities of double bronchodilation therapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Therapeutic archive*. 2019; 91 (3): 76–85. DOI: 10.26442/00403660.2019.03.000136 (In Russ.).
12. Harrison S.L., Greening N.J., Williams J.E., Morgan M.D., Steiner M.C., Singh S.J. Have we underestimated the efficacy of pulmonary rehabilitation in improving mood? *Respiratory Medicine*. 2012; (106): 838–844. DOI:10.1016/j.rmed.2011.12.003
13. Gale N.S., Duckers J.M., Enright S., Cockcroft J.R., Shale D.J., Bolton C.E. Does pulmonary rehabilitation address cardiovascular risk factors in patients with COPD? *BMC Pulmonary Medicine*. 2011; (11): 20 p. DOI:10.1186/1471–2466–11–20
14. Camillo C.A., Laburu V. de M., Goncalves N.S., Cavalheri V., Tomasi F.P., Hernandez N.A., Ramos D., Marquez Vanderlei L.C., Cipulo Ramos E.M., Probst V.S. et al. Improvement of heart rate variability after exercise training and its predictors in COPD. *Respiratory Medicine*. 2011; (105): 1054–1062. DOI:10.1016/j.rmed.2011.01.014
15. Hill K., Dolmage T.E., Woon L., Coutts D., Goldstein R., Brooks D. Comparing peak and submaximal cardiorespiratory responses during field walking tests with incremental cycle ergometry in COPD. *Respirology*. 2012; (17): 278–284. DOI:10.1111/j.1440–1843.2011.02089.x
16. Kerbikov O.B., Averyanov A.V., Borskaya E.N., Krutova T.V. Kardiopul'monal'noe nagruzochnoe testirovanie v klinicheskoy praktike [Cardiopulmonary load testing in clinical practice]. *Clinical practice*. 2012; (2): 58–70. (In Russ.).
17. Holland A.E., Hill K., Alison J.A., Luxton N., Mackey M.G., Hill C.J., Jenkins S.C. Estimating peak work rate during incremental cycle ergometry from the 6-minute walk distance: differences between reference equations. *Respiration*. 2011; (81): 124–128. DOI:10.1159/000308464
18. de Voogd J.N., Sanderman R., Postema K., van Sonderen E., Wempe J.B. Relationship between anxiety and dyspnea on exertion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Anxiety, Stress & Coping*. 2011; (24): 439–449. DOI:10.1080/10615806.2010.520081

19. Heslop-Marshall K., Baker C., Carrick-Sen D. et al. Randomised controlled trial of cognitive behavioural therapy in COPD. *European Respiratory Journal Open Research*. 2018; (4): 00094–2018. DOI:10.1183/23120541.00094–2018
20. Seymour J.M., Spruit M.A., Hopkinson N.S., Natanek S.A., Man W.D., Jackson A., Gosker H.R., Schols A.M., Moxham J., Polkey M.I. et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *European Respiratory Journal*. 2010; (36): 81–88. DOI:10.1007/978–3–319–65888–9_6
21. Van Vliet M., Spruit M.A., Verleden G., Kasran A., Van Herck E., Pitta F., Bouillon R., Decramer M. Hypogonadism, quadriceps weakness, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2005; (172): 1105–1111. DOI:10.1164/rccm.200501–1140C
22. Wüst R.C., Jaspers R.T., van der Laarse W.J., Degens H. Skeletal muscle capillarization and oxidative metabolism in healthy smokers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2008; (33): 1240–1245. DOI:10.1139/H08–116
23. Saey D., Michaud A., Couillard A., Côté C.H., Mador M.J., LeBlanc P., Jobin J., Maltais F. Contractile fatigue, muscle morphometry, and blood lactate in chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2005; (171): 1109–1115. DOI:10.1164/rccm.200208–856OC
24. Jenkins S., Hill K., Cecins N.M. State of the art: how to set up a pulmonary rehabilitation program. *Respirology*. 2010; (15): 1157–1173. DOI:10.1111/j.1440–1843.2010.01849.x
25. Chodzko-Zajko W.J., Proctor D.N., Fiatarone Singh M.A., Minson C.T., Nigg C.R., Salem G.J., Skinner J.S. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009; (41): 1510–1530. DOI:10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
26. Garber C.E., Blissmer B., Deschenes M.R., Franklin B.A., Lamonte M.J., Lee I.M., Nieman D.C., Swain D.P. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand: quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011; (43): 1334–1359. DOI:10.1249/MSS.0b013e318213feff
27. Leung R.W., Alison J.A., McKeough Z.J., Peters M.J. Ground walk training improves functional exercise capacity more than cycle training in people with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a randomized trial. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2010; (56): 105–112. DOI:10.1016/s1836–9553 (10)70040–0
28. Breyer M.K., Breyer-Kohansal R., Funk G.C., Dornhofer N., Spruit M.A., Wouters E.F., Burghuber O.C., Hartl S. Nordic walking improves daily physical activities in COPD: a randomized controlled trial. *Respirology Research*. 2010; (11): 112. DOI:10.1186/1465–9921–11–112
29. Vogiatzis I., Simoes D.C., Stratakos G., Kourepini E., Terzis G., Manta P., Athanasopoulos D., Roussos C., Wagner P.D., Zakyntinos S. Effect of pulmonary rehabilitation on muscle remodeling in cachectic patients with COPD. *European Respiratory Journal*. 2010; (36): 301–310. DOI:10.1183/09031936.00112909
30. Mador M.J., Krawza M., Alhajhusian A., Khan A.I., Shaffer M., Kufel T.J. Interval training versus continuous training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2009; (29): 126–132. DOI:10.1097/HCR.0b013e31819a024f
31. Nasis I.G., Vogiatzis I., Stratakos G., Athanasopoulos D., Koutsoukou A., Daskalakis A., Spetsiotti S., Evangelodimou A., Roussos C., Zakyntinos S. Effects of interval-load versus constant-load training on the BODE Index in COPD patients. *Respiratory Medicine*. 2009; (103): 1392–1398. DOI:10.1016/j.rmed.2009.03.003
32. Vogiatzis I., Terzis G., Stratakos G., Cherouveim E., Athanasopoulos D., Spetsiotti S., Nasis I., Manta P., Roussos C., Zakyntinos S. Effect of pulmonary rehabilitation on peripheral muscle fiber remodeling in patients with COPD in GOLD stages II to IV. *Chest*. 2011; (140): 744–752. DOI:10.1183/09031936.00112909
33. Beauchamp M.K., Nonoyama M., Goldstein R.S., Hill K., Dolmage T.E., Mathur S., Brooks D. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease – a systematic review. *Thorax*. 2010; (65): 157–164. DOI:10.1136/thx.2009.123000
34. Zainuldin R., Mackey M.G., Alison J.A. Optimal intensity and type of leg exercise training for people with chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2011; (11): CD008008. DOI:10.1002/14651858.CD008008.pub2
35. Vaes A.W., Wouters E.F., Franssen F.M., Uszko-Lencer N.H., Stakenborg K.H., Westra M., Meijer K., Schols A.M., Janssen P.P., Spruit M.A. Task related oxygen uptake during domestic activities of daily life in patients with COPD and healthy elderly subjects. *Chest*. 2011; (140): 970–979. DOI:10.1378/chest.10–3005
36. O’Shea S.D., Taylor N.F., Paratz J.D. Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD: a systematic review. *Chest*. 2009; (136): 1269–1283. DOI:10.1378/chest.09–0029
37. Haskell W.L., Lee I.M., Pate R.R., Powell K.E., Blair S.N., Franklin B.A., Macera C.A., Heath G.W., Thompson P.D., Bauman A. American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; (116): 1081–1093. DOI:10.1161/CIRCULATION.107.185649
38. Beauchamp M.K., Hill K., Goldstein R.S., Janaudis-Ferreira T., Brooks D. Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respiratory Medicine*. 2009; (103): 1885–1891. DOI:10.1016/j.rmed.2009.06.008
39. Graat-Verboom L., van den Borne B.E., Smeenk F.W., Spruit M.A., Wouters E.F. Osteoporosis in COPD outpatients based on bone mineral density and vertebral fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2011; (26): 561–568.
40. Miranda F., Simao R., Rhea M., Bunker D., Prestes J., Leite R.D., Miranda H., de Salles B.F., Novaes J. Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; (25): 1824–1830. DOI:10.1519/jsc.0b013e3181e7ff75
41. Spruit M.A., Eterman R.M., Hellwig V.A., Janssen P.P., Wouters E.F., Uszko-Lencer N.H. Effects of moderate-to-high intensity resistance training in patients with chronic heart failure. *Heart*. 2009; (95): 1399–1408. DOI:10.1136/hrt.2008.159582
42. Costi S., Crisafulli E., Antoni F.D., Beneventi C., Fabbri L.M., Clini E.M. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: a randomized clinical trial. *Chest*. 2009; (136): 387–395. DOI:10.1378/chest.09–0165
43. Janaudis-Ferreira T., Hill K., Goldstein R.S., Robles-Ribeiro P., Beauchamp M.K., Dolmage T.E., Wadell K., Brooks D. Resistance army training in patients with COPD: a randomized controlled trial. *Chest*. 2011; (139): 151–158. DOI:10.1378/chest.10–1292
44. Troosters T., Probst V.S., Crul T., Pitta F., Gayan-Ramirez G., Decramer M., Gosselink R. Resistance training prevents deterioration in quadriceps muscle function during acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2010; (181): 1072–1077. DOI:10.1164/rccm.200908–1203OC
45. Janaudis-Ferreira T., Hill K., Goldstein R., Wadell K., Brooks D. Arm exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2009; (29): 277–283. DOI:10.1097/HCR.0b013e3181b4c8d0
46. Sillen M.J., Speksnijder C.M., Eterman R.M., Janssen P.P., Wagers S.S., Wouters E.F., Uszko-Lencer N.H., Spruit M.A. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English-language literature. *Chest*. 2009; (136): 44–61. DOI:10.1378/chest.08–2481
47. Sillen M.J., Wouters E.F., Franssen F.M., Meijer K., Stakenborg K.H., Spruit M.A. Oxygen uptake, ventilation, and symptoms during low-frequency versus high-frequency NEMS in COPD: a pilot study. *Lung*. 2011; (189): 21–26. DOI:10.1007/s00408–010–9265–0
48. Abdellaoui A., Préfaut C., Gouzy F., Couillard A., Coisy-Quivy M., Hugon G., Molinari N., Lafontaine T., Jonquet O., Laoudj-Chenivisse D. et al. Skeletal muscle effects of electro stimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *European Respiratory Journal*. 2011; (38): 781–788. DOI:10.1183/09031936.00167110
49. Ngai S.P., Jones A.Y., Hui-Chan C.W., Ko F.W., Hui D.S. Effect of 4 weeks of Acu-TENS on functional capacity and b-endorphin level in subjects with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2010; (173): 29–36. DOI:10.1016/j.resp.2010.06.005
50. Vanderthommen M., Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2007; (35): 180–185. DOI:10.1097/jes.0b013e318156e785
51. Gosselink R., De Vos J., van den Heuvel S.P., Segers J., Decramer M., Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *European Respiratory Journal*. 2011; (37): 416–425. DOI:10.1183/09031936.00031810

52. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Pocket guide to COPD diagnosis, management, and prevention. A Guide for Health Care Professionals 2017 edition. Disclosure forms for GOLD Committees are posted on the GOLD Website. Available at: <https://goldcopd.org/>
53. Corner E., Garrod R. Does the addition of non-invasive ventilation during pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease augment patient outcome in exercise tolerance? A literature review. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2010; (15): 5–15. DOI:10.1002/pri.451
54. Menadue C., Alison J. A., Piper A. J., Flunt D., Ellis E. R. Bilevel ventilation during exercise in acute or chronic respiratory failure: a preliminary study. *Respiratory Medicine*. 2010; (104): 219–227. DOI:10.1016/j.rmed.2009.08.015
55. Nield M. A., Soo Hoo G. W., Roper J. M., Santiago S. Efficacy of pursed-lips breathing: a breathing pattern retraining strategy for dyspnea reduction. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 2007; (27): 237–244. DOI:10.1097/01.HCR.0000281770.82652.cb
56. Pomidori L., Campigotto F., Amatya T. M., Bernardi L., Cogo A. Efficacy and tolerability of yoga breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 2009; (29): 133–137. DOI:10.1097/HCR.0b013e31819a0227
57. Hill K., Goldstein R., Gartner E. J., Brooks D. Daily utility and satisfaction with rollators among persons with chronic obstructive pulmonary disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008; (89): 1108–1113. DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.032
58. Vaes A. W., Annegarn J., Meijer K., Cuijpers M. W., Franssen F. M., Wiechert J., Wouters E. F., Spruit M. A. The effects of a “new” walking aid on exercise performance in patients with COPD: a randomized cross-over trial. *Chest*. 2012; (141): 1224–1232. DOI:10.1378/chest.11–1076
59. Puhan M. A., Gimeno-Santos E., Scharplatz M., Troosters T., Walters E. H., Steurer J. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Systemic Reviews*. 2011; (10): CD005305. DOI:10.1002/14651858.CD005305.pub2
60. Ivanova G. E., Trukhanov A. I. Global'nye perspektivy razvitiya medicinskoj reabilitacii [Global prospects for the development of medical rehabilitation]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2017; 6 (82): 2–6 (In Russ.).

Информация об авторах:

Биличенко Татьяна Николаевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией клинической эпидемиологии, Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства; врач-пульмонолог высшей квалификационной категории, Филиал Лечебно-реабилитационного центра “Подмосковье” Федеральной налоговой службы России, e-mail: tbilichenko@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3138-3625>

Information about the authors:

Tatiana N. Bilichenko, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Laboratory of Clinical Epidemiology, Research Institute of pulmonology, Federal Medico-Biological Agency of Russia; pulmonologist of the Highest Qualification Category, the Branch of the Medical Rehabilitation Center «Moscow Area» of the Federal Tax Service of Russia, e-mail: tbilichenko@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3138-3625>

