

Эффективность дыхательной гимнастики и технологий виртуальной реальности и механотерапии в программах реабилитации пациентов с постковидным синдромом

М.А. Ансокова[✉], <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>, AnsokovaMA@nmicrk.ru

Л.А. Марченкова, <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>, MarchenkovaLA@nmicrk.ru

Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии; 121099, Россия, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32

Резюме

В статье приведены результаты анализа российских и зарубежных источников о распространенности новой коронавирусной инфекции COVID-19, описана частота и клиническое течение синдрома постковидных нарушений (СПКН), проявления которого могут сохраняться месяцами. Важную роль в восстановлении пациентов с данным синдромом играет медицинская реабилитация, требующая мультидисциплинарного подхода. Методы и технологии в реабилитации пациентов, перенесших COVID-19, разнообразны и освещены в работах многих исследователей по всему миру, а также включены в ряд клинических рекомендаций. В данной статье описаны общие принципы реабилитации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, в т. ч. применение комплекса дыхательной гимнастики: реабилитационные упражнения, разработанные для заболеваний дыхательной системы, тренировки и упражнения на укрепление дыхательных мышц, в т. ч. межреберных, и мышц брюшной стенки; использование технологий виртуальной реальности, применение которых может быть эффективным способом улучшения функциональности и качества жизни пациентов; применение аппаратной механотерапии с биологической обратной связью (физиологические или биомеханические типы), позволяющей грамотно дозировать нагрузку и точность выполнения упражнений, активной вовлечать пациентов в процесс и минимизировать необходимость постоянного контроля. Комбинация традиционных подходов с технологиями VR и механотерапией с биологической обратной связью может дополнительно усилить эффекты реабилитации данной категории пациентов. Приведены данные о разработанном в ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России комплексном методе реабилитации пациентов с постковидным синдромом, который обладает наибольшей эффективностью и перспективой использования, который способствует уменьшению выраженности проявлений постковидного синдрома, позволяет снизить риски нежелательных исходов, улучшить качество жизни пациентов.

Ключевые слова: COVID-19, восстановительное лечение, физическая терапия, лечебная физкультура, телереабилитация, биологическая обратная связь, мышечная сила

Для цитирования: Ансокова М.А., Марченкова Л.А. Эффективность дыхательной гимнастики и технологий виртуальной реальности и механотерапии в программах реабилитации пациентов с постковидным синдромом. *Медицинский совет*. 2023;17(9):144–151. <https://doi.org/10.21518/ms2023-164>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The effectiveness of respiratory gymnastics and technologies of virtual reality and mechanotherapy in rehabilitation programs for patients with post-COVID syndrome

Maryana A. Ansokova[✉], <https://orcid.org/0000-0001-8888-6149>, AnsokovaMA@nmicrk.ru

Larisa A. Marchenkova, <https://orcid.org/0000-0003-1886-124X>, MarchenkovaLA@nmicrk.ru

National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; 32, Novyi Arbat St., Moscow, 121099, Russia

Abstract

The article presents the results of an analysis of Russian and foreign sources on the prevalence of a new coronavirus infection COVID-19, describes the frequency and clinical course of post-covid disorders syndrome, the manifestations of which can persist for months. An important role in the recovery of patients with this syndrome is played by medical rehabilitation, which requires a multidisciplinary approach. Methods and technologies in the rehabilitation of patients who have undergone COVID-19 are diverse and covered in the works of many researchers around the world, and are also included in a number of clinical recommendations. This article describes the general principles for the rehabilitation of patients who have undergone a new coronavirus infection COVID-19, incl. the use of a complex of respiratory gymnastics – rehabilitation exercises designed for diseases of the

respiratory system, training and exercises to strengthen the respiratory muscles, including the intercostal and abdominal wall muscles; the use of virtual reality technologies, the use of which can be an effective way to improve the functionality and quality of life of patients; the use of hardware mechanotherapy with biofeedback (physiological or biomechanical types), which allows you to correctly dose the load and the accuracy of the exercises, more actively involve patients in the process and minimize the need for constant monitoring. The combination of traditional approaches with VR technologies and mechanotherapy with biofeedback can further enhance the effects of rehabilitation in this category of patients. Data are presented on the complex method for the rehabilitation of patients with post-COVID syndrome developed at the Federal State Budgetary Institution “National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, which has the highest efficiency and prospects for use, which helps to reduce the severity of manifestations of the post-COVID syndrome, reduces the risks of undesirable outcomes, and improves the quality of life of patients.

Keywords: COVID-19, rehabilitation treatment, physical therapy, exercise therapy, telerehabilitation, biofeedback, muscle strength

For citation: Ansokova M.A., Marchenkova L.A. The effectiveness of respiratory gymnastics and technologies of virtual reality and mechanotherapy in rehabilitation programs for patients with post-COVID syndrome. *Meditinskii Sovet*. 2023;17(9):144–151. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2023-164>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Коронавирусная инфекция (COVID-19) является острой респираторной инфекцией, которая вызывается новым штаммом коронавируса SARS-CoV2. Этот вирус был впервые выявлен в г. Ухань, провинция Хубэй, Китай, в декабре 2019 г. и быстро распространился по всему миру [1, 2]. Последние несколько лет COVID-19 продолжает быть одной из глобальных проблем для здравоохранения, являясь как социальным, так и экономическим бременем¹ [2, 3].

Согласно последним данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на март 2023 г. общее число зарегистрированных случаев COVID-19 составляет более 755 млн, а число смертей, связанных с этим заболеванием, составляет более 6,8 млн человек².

Однако последствия COVID-19 для здоровья не ограничиваются только острыми осложнениями. Серьезной проблемой могут стать также и последствия инфекции – т. н. синдром постковидных нарушений (СПКН). Большинство пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, сообщают о длительных последствиях, которые могут продолжаться месяцами и даже годами. Такие последствия могут включать усталость, кашель, потерю обоняния или вкуса, бессонницу, депрессию, тревожность и другие психологические проблемы.

Описательные исследования во время первой волны пандемии в 2020 г. показали, что не менее 10–20% субъектов не полностью выздоровели через три недели [4, 5]. Согласно опросу, проведенному Управлением национальной статистики Великобритании (ONS) в 2021 г., у 65% лиц, перенесших COVID-19, симптомы длились более 12 нед. и ограничивали повседневную активность у 20% пациентов³.

Доступные данные о частоте и клиническом течении СПКН ограничены и разнообразны. Некоторые исследования: D. Halpin et al., M. Tenforde et al., C. Carvalho-Schneider et al. – использовали метод структурированного телефонного интервью. В работе D. Halpin были опрошены 100 пациентов в среднем через 48 дней после выписки из больницы, из которых 32 проходили лечение в отделении интенсивной терапии. Общая слабость, одышка, психологический стресс и снижение КЖ были самыми распространенными симптомами.

По данным Национального института здравоохранения и совершенствования медицинской помощи Великобритании (NICE), у 20–30% людей, не госпитализированных в острой фазе, через месяц появился хотя бы один симптом, а через три месяца – у 10% из них. Кроме того, 12% детей в возрасте 2–11 лет и 14,5% детей в возрасте 12–16 лет сообщили о симптомах усталости, кашля, головной боли, мышечных болей, или потери вкуса, или обоняния через пять недель после развития COVID-19⁴.

M. Tenforde et al. проанализировали данные 292 пациентов с коронавирусной инфекцией, которые не были госпитализированы в стационар и имели легкое течение болезни [6]. Из них 94% испытывали один или несколько симптомов, включая кашель (43%), усталость (35%) или одышку (29%). В работе C. Carvalho-Schneider было показано, что у $\frac{2}{3}$ из 150 взрослых пациентов с легким или среднетяжелым течением COVID-19 сохранялись жалобы в течение 2 мес. после выздоровления, преимущественно на потерю обоняния, вкуса, одышку или общую слабость [7].

A. Carfi et al. провели исследование на группе из 143 пациентов, выписанных из больницы, из которых 5% проходили лечение на искусственной вентиляции легких [8]. Через 60 дней после начала заболевания 12,6% не имели симптомов, связанных с COVID-19,

¹ WHO. Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. World Health Organization. Geneva. May 2, 2021. Available at: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.

² Situation update worldwide, as of 10 April 2023. European Centre for Disease Prevention and Control. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/situation-updates>.

³ Office for National Statistics (ONS). The prevalence of long COVID symptoms and COVID-19 complications. Available at: <https://www.ons.gov.uk/news/statementsandletters/theprevalenceoflongcovidsymptomsandcovid19complications>.

⁴ National Institute for Health and Care Excellence (NICE). COVID-19 rapid guideline: managing the long-term effects of COVID-19 (NG188). Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng188>.

32% имели 1–2 симптома, а у 55% было ≥ 3 симптомов, включая усталость (53,1%), одышку (43,4%), боль в суставах (27,3%) или боль в грудной клетке (21,7%) [9].

Данные X. Wang показывают, что при выписке из больницы 40,4% пациентов имеют остаточные симптомы, главным образом кашель (29,0%), утомляемость (7,6%) и отделение мокроты (6,1%). У 9,1% обследованных эти клинические проявления исчезли только через 4 нед. Остаточные проявления COVID-19 через 4 нед. после выписки из больницы были связаны со значительным снижением КЖ у 44,1% реконвалесцентов [10]. Группа авторов сообщила также, что у 52,3% пациентов сохранялась усталость через 10 нед. после заболевания COVID-19, независимо от тяжести инфекции [10].

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

Реабилитация является процессом восстановления здоровья и функциональности человека после травмы, болезни или хирургического вмешательства, а также улучшения соматического и психического состояния [11]. Цели реабилитации различаются в зависимости от конкретной ситуации и нужд пациента [12]. Реабилитация может включать в себя восстановление способности ходить, говорить, пользоваться руками и другими частями тела, для чего используются различные методы и техники, включая физическую терапию, эрготерапию и бальнеологические и физиотерапевтические процедуры [13, 14].

Учитывая, что пациенты, перенесшие инфекцию COVID-19, имеют крайне высокую распространенность полиморфных симптомов, ограничивающих их физическую и социальную активность, назначение реабилитационных мероприятий в данной группе лиц может существенно улучшить их состояние, вернуть трудоспособность и функциональность во всех аспектах жизни [15–18].

Методы и технологии в реабилитации пациентов, перенесших COVID-19, довольно разнообразны и освещены в работах многих исследователей по всему миру, а также включены в ряд клинических рекомендаций [19–23].

L. McNeary et al. в отношении пациентов, перенесших COVID-19, одобряют реабилитацию в безопасной среде с обеспечением защиты персонала и пациентов. В первую очередь уделяется внимание лицам с развитием ОРДС, перенесшим экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ЭКМО), а также длительное время пребывавшим в отделениях реанимации интенсивной терапии (ОРИТ) или на постельном режиме [24]. F. Yang излагает руководящие требования реабилитации у лиц после COVID-19, основанные на принципах 4S (simple, safe, satisfy, save): простота, безопасность, удовлетворенность, сохранность, которые определяют меры по профилактике ухудшения симптомов и включают междисциплинарное и многопрофильное вмешательство для восстановления общей выносливости, функции дыхания, глотания, мышечной силы и психологического состояния [25–27].

Реабилитацию можно проводить как в стационарных, так и в домашних условиях с обязательным контролем во время упражнений жизненно важных параметров, таких как артериальное давление (АД) и кислородное насыщение (SpO₂). Руководящие принципы также включают адекватное проветривание, вентиляцию, уборку и дезинфекцию помещения или процедурных кабинетов [27–29].

Согласно российским клиническим рекомендациям, мероприятия по реабилитации лиц, перенесших COVID-19, следует проводить в мультидисциплинарной команде, состоящей из врача по физической и реабилитационной медицине, врача по лечебной физкультуре (ЛФК), врача-физиотерапевта, инструктора ЛФК, клинического психолога, врача-диетолога, а также врачей других специальностей при необходимости [24].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ГИМНАСТИКИ И УПРАЖНЕНИЙ НА УКРЕПЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

При инфицировании COVID-19 легкие и дыхательные пути являются наиболее уязвимым органом [30–34]. Известно, что даже после выздоровления у лиц, перенесших коронавирусную инфекцию, долгое время могут сохраняться как рентгенологические остаточные явления, так и клинические симптомы: кашель, одышка и дыхательная недостаточность. Кроме того, на фоне длительной иммобилизации в процессе госпитализации у многих больных развивается астения и недостаточное отхождение мокроты [35–38].

В ситуации пандемии, потребовавшей быстрого реагирования и реорганизации системы медицинской помощи, большинство стран в лечении затяжного COVID-19 задействовали подходы, основанные на накопленной научной базе по реабилитации лиц с хронической патологией легких, т. н. респираторной реабилитации. Применение методов респираторной реабилитации у пациентов с началом коронавирусной инфекции помогает не только улучшить кардиореспираторные показатели, но и уменьшить риск развития пневмонии [39–41].

Многие исследования и метаанализы сообщают, что дыхательная гимнастика – реабилитационные упражнения, разработанные для заболеваний дыхательной системы, – играет положительную роль у пациентов с СПКН, улучшая, таким образом, их кардиореспираторную функцию и выносливость [42, 43]. Дыхательная гимнастика может включать в себя упражнения для улучшения вентиляции легких и повышения емкости легких. Согласно исследованию, проведенному в Италии, дыхательная гимнастика может помочь пациентам, перенесшим COVID-19, улучшить функциональность дыхательной системы, повысить газообмен и снизить уровень кислородной недостаточности.

Важным элементом респираторной реабилитации является тренировка и укрепление дыхательных мышц, в т. ч. межреберных, и мышц брюшной стенки, что

доказательно повышает показатели функции легких пациентов, перенесших COVID-19, по результатам спирометрии [44–46].

В дыхательной гимнастике используется диафрагмальное дыхание, которое преимущественно задействует в акте дыхания диафрагму при минимизации активности вспомогательных мышц [47]. Чтобы облегчить вовлечение диафрагмы, вдох следует делать носом [48]. При этом сокращение мышц живота должно происходить в конце выдоха, чтобы увеличить внутрибрюшное давление и вытянуть диафрагму [49]. Дыхание сжатыми губами осуществляется путем носового вдоха с последующим выдохом в сжатые губы, что уменьшает коллапс дыхательных путей и снижает частоту дыхания во время тренировки [50, 51].

Самостоятельный дренаж бронхов – распространенная техника, в которой используется комбинация приемов для стимуляции отделения содержимого дыхательных путей. Применяются короткие вдохи для воздействия на периферические сегменты, за которыми следуют обычные вдохи для продвижения выделений в бронхи среднего диаметра, а также глубокие вдохи и кашель для стимуляции отхаркивания [52]. Форсированный выдох также может быть использован для продвижения секрета [53].

Применение дренажных техник может значительно снизить потребность в поддержке кислородом и даже ИВЛ [54, 55]. Однако стоит отметить, что в острой фазе ранняя мобилизация и минимальная физическая нагрузка предпочтительнее и эффективнее, чем дренажные методики.

Трехсекундная задержка дыхания – метод вентиляции пораженных сегментов легких. Пауза в течение 3 с обеспечивает эффект Пенделлюфта, при котором воздух перемещается из свободных областей в области легких с обструкцией [56–58].

В. Михалевой и соавт. в 2022 г. была разработана и исследована многоступенчатая методика дыхательной гимнастики у пациентов, перенесших COVID-ассоциированную пневмонию. В исследовании приняли участие 30 пациентов в возрасте от 41 до 80 лет. Программа реабилитации включала в себя несколько последовательных уровней нагрузки, и переход на следующий уровень был разрешен только при стабильных показателях SpO₂, ЧСС и ЧДД, а также отсутствии жалоб, связанных с интенсивностью гимнастических упражнений. В результате прохождения курса реабилитации у пациентов было замечено улучшение работы сердечно-сосудистой системы при возрастающей физической нагрузке: существенное снижение частоты сердечных сокращений от 87,0 (75,50; 97,75) до 80,50 (70,00; 84,75) в минуту было достоверно выявлено [59].

В России наиболее широкое распространение получили устройства, которые сочетают дозированное сопротивление выдоху и вибровоздействие. Эти устройства являются прерывателями струи выдыхаемого воздуха с регулируемым сопротивлением выдоху. Наиболее известными являются Flutter, «Инга» и «Пневмовибратор».

Эти устройства создают низкоамплитудные ритмичные колебания давления синусоидальной формы в диапазоне 4–30 Гц. Использование этих устройств оказывает механическое воздействие на ткани легких, структуру мокроты и на нервно-рецепторный аппарат дыхательных путей, что способствует улучшению дренирования.

Стоит отметить, что респираторная реабилитация не рекомендуется для нестабильных критических пациентов или пациентов с прогрессирующим обострением [60].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОГРАММАХ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С COVID-19

В последнее время технологии виртуальной реальности (VR) получили широкое применение в области физической реабилитации [61]. VR дают возможность создания симуляции окружения, в котором пациент может тренировать свои навыки и восстанавливать утраченные функции.

J. Lanier, основателя компании VRL Research Inc. (США), можно назвать создателем термина «виртуальная реальность». В своем определении он описывает VR как «иммерсивную и интерактивную имитацию реалистичных и вымышленных сред, т. е. некий иллюзорный мир, в который погружается и с которым взаимодействует человек, причем создается этот мир имитационной системой, способной формировать соответствующие стимулы в сенсорном поле человека и воспринимать его ответные реакции в моторном поле в реальном времени» [62].

Системы виртуальной реальности (VR-системы) представляют собой новый тип интерфейса, позволяющий человеку погрузиться в трехмерный мир и непосредственно взаимодействовать с ним, манипулируя объектами. В разных областях медицины применение технологий VR показало свои преимущества. Одной из причин, по которой VR оказывает положительное воздействие на организм, является использование принципа полимодального воздействия, основанного на принципах биологически обратной связи [63, 64]. N. Ahmadpour в своем аналитическом обзоре, посвященном оценке действия VR в качестве анальгезирующего средства, отмечает, что технологии VR являются эффективным дополнением или альтернативным методом терапии боли как у детей, так и у взрослых. VR-аналгезия может воздействовать на различных уровнях, чтобы просто облегчить боль или сместить фокус и отвлечь внимание от болевого агента. Однако не удалось провести четкой взаимосвязи между воздействием VR на острую и хроническую боль [65].

M. Gomes et al. отмечают положительное влияние VR в терапии фантомных болей у пациентов с ампутациями конечностей. Они предлагают новое направление – цифровую терапию боли, однако единогласно сходятся в том, что в этой области необходимо продолжать дальнейшие исследования. V. Jones и N. Moore рассматривают VR как неопиоидный метод лечения хронической боли.

В ходе их исследования 30 участникам задавали ряд вопросов: о степени погружения в виртуальную среду, о реалистичности объектов в VR-среде, а также оценивали уровень боли до и после сеанса VR. Результаты исследования показали, что большинство респондентов отметили снижение боли после короткого сеанса VR, а пациенты говорили о крайне малом количестве негативных эффектов, связанных с VR [66].

Применение технологий VR в клинической практике позволяет сократить время и стоимость реабилитации пациентов, а также способно увеличивать количество пациентов, проходящих реабилитацию одновременно [67]. Одним из положительных аспектов использования систем виртуальной реальности является непосредственное и постоянное взаимодействие пациента с лечащим врачом в удаленном формате, что повышает приверженность к лечению [68].

Исследования в данной области показали, что теле-реабилитационные технологии могут способствовать увеличению мотивации пациента к занятиям [69]. Однако необходимо отметить, что применение технологий VR в медицинской реабилитации все еще находится на стадии исследования и многие аспекты их эффективности требуют дальнейшего изучения.

МЕХАНОТЕРАПИЯ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ

В настоящее время в реабилитационных учреждениях все чаще используются методы аппаратной механотерапии с использованием биологической обратной связи (БОС). Такие методы предусматривают проведение занятий на специальных высокотехнологичных тренажерах, которые были разработаны с учетом биомеханики опорно-двигательного аппарата, а также предоставляют биологическую информацию в режиме реального времени, которая в противном случае была бы неизвестна [70].

Типы БОС, используемые в реабилитации, можно разделить на физиологические или биомеханические по характеру регистрируемых тренажером параметров. Физиологическая БОС фиксирует показатели нервно-мышечной, дыхательной и сердечно-сосудистой системы, в то время как биомеханическая БОС включает измерения движения, постурального контроля и показателей силы [71].

Использование тренажеров с БОС в реабилитации может иметь потенциальные терапевтические эффекты, поскольку позволяет получить контроль над физическими процессами [72]. БОС позволяет грамотно дозировать нагрузку, повысить точность выполнения упражнений, активней вовлечь пациентов в процесс лечения и снизить потребность в постоянном контроле и необходимости контакта с медицинскими работниками. Для пациента это позволяет персонализировать физическую терапию, делая ее более специфической [18]. Для персонала больниц – снижает нагрузку и обеспечивает безопасность во время пандемии [73].

Кроме мониторинга состояния пациента, механотерапия с БОС может помочь скорейшему восстановлению утраченных функций и навыков, т. к. основана на принципах нейропластичности – способности нервной системы изменять свою структуру и функцию под воздействием опыта и обучения [74]. В ходе реабилитации БОС позволяет мгновенно заметить ошибки в режиме реального времени и скорректировать их, таким образом, сразу формируя правильные паттерны движений. Соответственно, главным преимуществом механотерапии с БОС является ее индивидуальный подход к каждому пациенту [75].

Большинство исследований механотерапии с БОС сосредоточено на лечении двигательных нарушений верхних и нижних конечностей при неврологических расстройствах, реабилитации пациентов после травмы, инсульта или операции. К. Soon, J. Crosbie подтвердили высокую эффективность БОС для восстановления движений в руках и ногах у больных с парезами и параличами после перенесенного инсульта [73]. В исследовании M. Morris пациенты после операции на коленном суставе могут получить преимущество от БОС в процессе тренировки ходьбы [75]. Также в работе A. Mirelman было показано, что механотерапия с БОС улучшает баланс, координацию и функциональную подвижность у пациентов с болезнью Паркинсона [74].

N. Giardino et al. [76] исследовали эффективность вмешательства с БОС, фиксирующей вариабельность ритма сердца (BCP) и SpO₂, в группе пациентов с ХОБЛ в отношении их физического функционирования, походки и КЖ. Многообещающие результаты этого исследования говорят о значительном улучшении параметров походки, активности и КЖ, однако это вмешательство не сравнивали с контролем.

Перспективным методом видится дыхательная БОС, которая, считывая дыхательные движения, преобразовывает их в звуковые или визуальные сигналы, что облегчает контроль дыхания и осуществление техник респираторной реабилитации [77]. Исследования предполагают, что диафрагмальное дыхание БОС столь же эффективно, как и пропранолол, в облегчении мигренозных головных болей [78]. E. Grossman было показано, что БОС во время дыхательных упражнений является эффективным средством лечения снижения АД и гипертонии [33]. Результаты рандомизированного исследования также показывают, что тренировки с дыхательной БОС, направленные на упорядочение паттерна дыхания, являются эффективным средством лечения панических расстройств [70].

В ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России был разработан новый метод реабилитации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, с применением технологий виртуальной реальности и механотерапии с биологической обратной связью. 14-дневная программа реабилитации включает в себя групповую лечебную гимнастику с дыхательными упражнениями, изокинетические упражнения для нижних конечностей на аппаратах с биологической обратной связью, занятия на

реабилитационной интерактивной системе с акустическим и визуальным сенсорным погружением в виртуальную реальность и занятия на велотренажере-эргометре [79].

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАННОГО КОМПЛЕКСА РЕАБИЛИТАЦИИ У 15 ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

Применяемые в курсе реабилитации дыхательные упражнения способствовали активизации вспомогательных инспираторных мышц, а также положительному влиянию на ритмику дыхания. Формирование правильного паттерна дыхательного акта отражалось в снижении показателя частоты дыхания, отсутствии жалоб на одышку и нарушении дыхания. Кроме того, параллельная комплексная тренировка на аппаратных системах с биологической обратной связью и технологией виртуальной реальности способствовала улучшению моторики и функций суставов нижних и верхних конечностей, когнитивной сферы и мотивации, повышению выносливости дыхательной, сердечно-сосудистой и мышечной систем, а также позволила интегрально улучшить состояние тренируемых параметров у пациентов [79]. Таким образом, разработанный комплексный метод может быть рекомендован для реабилитации пациентов после перенесенной

коронавирусной инфекции в условиях стационарного пребывания в центрах медицинской реабилитации или санаторно-курортных учреждениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день, хотя сама пандемия новой коронавирусной инфекции сходит на нет, многие люди по всему миру продолжают страдать от СПКН, который характеризуется многообразием проявлений и склонностью к длительному, изнуряющему персистированию. Это сказывается на глобальном здоровье населения, снижая его работоспособность, затрагивая как физические, так и психологические аспекты КЖ. Поэтому крайне важно разработать стратегии восстановительного лечения, которые обеспечат оптимальное выздоровление этих пациентов. Учитывая накопленный за последние 3 года научный и клинический опыт, наибольшей эффективностью и перспективами использования в программах реабилитации пациентов с COVID-19 обладают различные методики дыхательной гимнастики и технологии механотерапии и виртуальной реальности с биологической обратной связью.



Поступила / Received 18.04.2023

Поступила после рецензирования / Revised 04.05.2023

Принята в печать / Accepted 10.05.2023

Список литературы / References

- Khot W.Y., Nadkar M.Y. The 2019 Novel Coronavirus Outbreak – A Global Threat. *J Assoc Physicians India*. 2020;68(3):67–71. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32138488>.
- Palacios Cruz M., Santos E., Velázquez Cervantes M.A., León Juárez M. COVID-19, a worldwide public health emergency. *Rev Clin Esp*. 2020;221(1):55–61. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.03.001>.
- Percy E., Luc J.G.Y., Vervoort D., Hirji S., Ruel M., Coutinho T. Post-Discharge Cardiac Care in the Era of Coronavirus 2019: How Should We Prepare? *Can J Cardiol*. 2020;36(6):956–960. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.04.006>.
- Гиният А.Г., Кулжанова Ш.А., Конкаева М.Е., Смагулова З.К., Бейсенбиева Н.Е., Утегенова А.М. и др. Клиническая эффективность противовирусного препарата ремдесивир в комплексном лечении пациентов с коронавирусной инфекцией COVID-19. *Наука и здравоохранение*. 2021;23(3):6–15. <https://doi.org/10.34689/SH.2021.23.3.001>.
- Giniyat A.G., Kulzhanova Sh.A., Konkaeva M.E., Smagulova Z.K., Beisenbieva N.E., Utegenova A.M. et al. Clinical efficacy of the antiviral drug remdesivir in the complex treatment of patients with COVID-19 coronavirus infection. *Nauka i Zdravooxranenie*. 2021;23(3):6–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34689/SH.2021.23.3.001>.
- Alhumayn A., Alsaif A., Enabi J., Bin Nafisah S. A systematic review of the systematic review of post COVID-19 syndrome. *J Med Law Public Health*. 2022;2(1):64–69. <https://doi.org/10.52609/jmlph.v2i1.33>.
- Tenforde M.W., Kim S.S., Lindsell C.J., Rose E.B., Shapiro N.I., Files D.C. et al. Symptom duration and risk factors for delayed return to usual health among outpatients with COVID-19 in a multistate health care systems network: United States, March–June 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020;69:993–998. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6930e1external.icon>.
- Carvalho-Schneider C., Laurent E., Lemaigen A., Beaufile E., Bourbao-Tournois C., Laribi S. et al. Follow-up of adults with non-critical COVID-19 two months after symptoms. *Clin Microbiol Infect*. 2021;(27):258–263. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.09.052>.
- Carfi A., Bernabei R., Landi F. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA*. 2020;324:603–605. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.12603>.
- Бодрова Р.А., Кирьянова В.Р., Цыкунов М.Б., Делян А.М., Садыков И.Ф., Савина А.И., Хусаинова Э.Р. Возможности физической реабилитации при пневмонии. *Вестник восстановительной медицины*. 2020;97(3):31–39. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-31-39>.
- Bodrova R.A., Kiryanova V.R., Tsykunov M.B., Delyan A.M., Sadykov I.F., Savina A.I., Khusainova E.R. Possibilities of physical rehabilitation in pneumonia. *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2020;97(3):31–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-31-39>.
- Wang X., Xu H., Jiang H., Wang L., Lu C., Wei X. et al. Clinical features and outcomes of discharged coronavirus disease 2019 patients: a prospective cohort study. *QJM Mon J Assoc Physicians*. 2020;113:657–665. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcaa178>.
- Townsend L., Dowds J., O'Brien K., Sheill G., Dyer A.H., O'Kelly B. et al. Persistent poor health post-COVID-19 is not associated with respiratory complications or initial disease severity. *Ann Am Thorac Soc*. 2021;18(6):997–1003. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202009-11750S>.
- Владимирский В.Е., Владимирский Е.В., Лунина А.Н., Тубекова М.А., Яковлев М.Ю. Кардиореабилитация: доказательство эффективности. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;(3):89–125. Режим доступа: <https://rjrm.ru/articles>.
- Vladimirsky V.E., Vladimirsky E.V., Lunina A.N., Tubekova M.A., Yakovlev M.Yu. Cardiac rehabilitation: evidence of effectiveness. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;(3):89–125. (In Russ.) Available at: <https://rjrm.ru/articles>.
- Амбражук И.И., Фесюн А.Д. Основные аспекты развития медицинской реабилитации. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018;(4):31–36. Режим доступа: <https://rjrm.ru/wp-content/uploads/2019/02/RJM-2018-2.pdf>.
- Ambrazhuk I.I., Fesyun A.D. The main aspects of the development of medical rehabilitation. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018;(4):31–36. (In Russ.) Available at: <https://rjrm.ru/wp-content/uploads/2019/02/RJM-2018-2.pdf>.
- Кончугова Т.В., Орехова Э.М., Кульчицкая Д.Б. Основные достижения и направления развития аппаратной физиотерапии. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2013;90(1):26–31. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kultury/2013/1/030042-8787201315?ysclid=lhkm8xa5p1639013563>.
- Konchugova T.V., Orekhova E.M., Kulchitskaya D.B. The main achievements and directions of development of apparatus physiotherapy. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii, i Lechebnoi Fizicheskoi Kultury*. 2013;90(1):26–31. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/voprosy-kurortologii-fizioterapii-i-lechebnoj-fizicheskoy-kultury/2013/1/030042-8787201315?ysclid=lhkm8xa5p1639013563>.
- Анварбекова Я.А., Узakov О.Ж. Эффективность реабилитации больных COVID-19 с использованием методов традиционной китайской медицины. *Медицина Кыргызстана*. 2020;(4):25–28.
- Anvarbekova Y.A., Uzakov O.Zh. The effectiveness of the rehabilitation of patients with COVID-19 using the methods of traditional Chinese medicine. *Meditsina Kyrgyzstana*. 2020;(4):25–28. (In Russ.)
- Куликова Н.Г., Кончугова Т.В., Ткаченко А.С., Гильмутдинова И.Р., Нестерова Е.В. Пути совершенствования реабилитации постковидных кардиососудистых осложнений. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2022;99(3–2):115–116. Режим доступа: <https://repository.rudn.ru/records/article/record/86462>.

- Kulikova N.G., Konchugova T.V., Tkachenko A.S., Gilmutdinova I.R., Nesterova E.V. Ways to improve the rehabilitation of post-COVID cardiovascular complications. *Voprosy Kurologii, Fizioterapii, i Lechebnoy Fizicheskoy Kultury*. 2022;99(3–2):115–116. (In Russ.) Available at: <https://repository.rudn.ru/records/article/record/86462>.
17. Huang C., Huang L., Wang X., Li X., Ren L., Gu X. et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet*. 2021;397:220–232. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32656-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32656-8).
 18. Inoue S., Hatakeyama J., Kondo Y., Hifumi T., Sakuramoto H., Kawasaki T. et al. Post-intensive care syndrome: Its pathophysiology, prevention, and future directions. *Acute Med Surg*. 2019;6:233–246. <https://doi.org/10.1002/ams.2.415>.
 19. Иванова Г.Е., Адашева Т.В., Арутюнов Г.П., Аушева А.К., Бабак С.Л., Баландина И.Н. и др. *Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19): временные клинические рекомендации. Версия 3*. 2022. 264 с. Режим доступа: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/202/original/BKP_MP_COVID_19_версия_07112022_без_правок.pdf?1669800267.
 - Ivanova G.E., Adasheva T.V., Arutyunov G.P., Ausheva A.K., Babak S.L., Balandina I.N. et al. *Interim Clinical Guidelines: Medical Rehabilitation for New Coronavirus Infection (COVID-19)*. *Versiya 3*. 2022. 264 p. (In Russ.) Available at: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/061/202/original/BKP_MP_COVID_19_версия_07112022_без_правок.pdf?1669800267.
 20. Светлицкая О.И., Юдина О.А., Кашанский Р.В., Канус И.И. Морфологическая характеристика поражения внутренних органов при остром респираторном дистресс-синдроме вирусно-бактериальной этиологии. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2018;17(2):55–62. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2018.2.55>.
 - Svetlitskaya O.I., Yudina O.A., Kashansky R.V., Kanus I.I. Morphological characteristics of damage to internal organs in acute respiratory distress syndrome of viral and bacterial etiology. *Vestnik of Vitebsk State Medical University*. 2018;17(2):55–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2018.2.55>.
 21. Kurttaş Aytür Y., Köseoğlu B.F., Özemişi Taşkıran Ö., Ordu-Gökçaya N.K., Ünsal Delialioğlu S., Sonel Tur B. et al. Pulmonary rehabilitation principles in SARS-CoV-2 infection (COVID-19): A guideline for the acute and sub-acute rehabilitation. *Türk J Phys Med Rehabil*. 2020;66(2):104–120. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2020.6444>.
 22. Jimeno-Almazán A., Franco-López F., Buendía-Romero Á., Martínez-Cava A., Sánchez-Agar J.A., Sánchez-Alcaraz Martínez B.J. et al. Rehabilitation for post-COVID-19 condition through a supervised exercise intervention: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2022;32(12):1791–1801. <https://doi.org/10.1111/sms.14240>.
 23. Yan M.Z., Yang M., Lai C.L. Post-COVID-19 Syndrome Comprehensive Assessment: From Clinical Diagnosis to Imaging and Biochemical-Guided Diagnosis and Management. *Viruses*. 2023;15(2):533. <https://doi.org/10.3390/v15020533>.
 24. Zhao H.M., Xie Y.X., Wang C. Recommendations for respiratory rehabilitation in adults with COVID-19. *Chin Med J (Engl)*. 2020;133(13):1595–1602. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000000848>.
 25. McNeary L., Maltser S., Verdusco-Gutierrez M. Navigating Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Psychiatry: A CAN Report for Inpatient Rehabilitation Facilities. *PM R*. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12369>.
 26. Grigoletto I., Cavalheri V., Lima F.F., Ramos E.M.C. Recovery after COVID-19: The potential role of pulmonary rehabilitation. *Braz J Phys Ther*. 2020;24(6):463–464. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.07.002>.
 27. Yang F., Liu N., Hu J.Y., Wu L.L., Su G.S., Zhong N.S., Zheng Z.G. Pulmonary rehabilitation guidelines in the principle of 4S for patients infected with 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2020;43(3):180–182. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32164083>.
 28. Grossman E., Grossman A., Schein M.H., Zimlichman R., Gavish B. Breathing-control lowers blood pressure. *J Hum Hypertens*. 2001;15(4):263–269. <https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1001147>.
 29. Kaushik R., Kaushik R.M., Mahajan S.K., Rajesh V. Biofeedback assisted diaphragmatic breathing and systematic relaxation versus propranolol in long term prophylaxis of migraine. *Complement Ther Med*. 2005;13(3):165–174. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2005.04.004>.
 30. Kiekens C., Boldrini P., Andreoli A., Avesani R., Gamna F., Grandi M. et al. Rehabilitation and respiratory management in the acute and early post-acute phase. 'Instant paper from the field' on rehabilitation answers to the COVID-19 emergency. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020;56:323–326. <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.20.06305-4>.
 31. Дедов Д.В. Новая коронавирусная инфекция: клинико-патогенетические аспекты, профилактика, значение витаминов и микроэлементов. *Врач*. 2022;33(2):47–49. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-02-07>.
 - Dedov D.V. New coronavirus infection: clinical and pathogenetic aspects, prevention, importance of vitamins and microelements. *Vrach*. 2022;33(2):47–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-02-07>.
 32. Ng S.K., Chan J.W., Kwan T.L., To S., Chan Y.H., Ng F.Y., Mok T.Y. Six month radiological and physiological outcomes in severe acute respiratory syndrome (SARS) survivors. *Thorax*. 2004;5(10):889–891. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.025762>.
 33. Salmon-Ceron D., Slama D., De Broucker T., Karmochkine M., Pavie J., Sorbets E. et al. Clinical, virological and imaging profile in patients with prolonged forms of COVID-19: a cross-sectional study. *J Infect*. 2021;82(2):e1–e4. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.12.002>.
 34. Shi H., Han X., Jiang N., Cao Y., Alwalid O., Gu J. et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(4):425–434. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(20\)30086-4](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(20)30086-4).
 35. Vardavas C.I., Nikitara K. COVID-19 and smoking: A systematic review of the evidence. *Tob Induc Dis*. 2020;18:20. <https://doi.org/10.18332/tid/2119324>.
 36. Arnold D.T., Hamilton F.W., Milne A., Morley A.J., Viner J., Attwood M. et al. Patient outcomes after hospitalization with COVID-19 and implications for follow-up: results from a prospective UK cohort. *Thorax*. 2021;76:399–401. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-216086>.
 37. Ayoubkhani D., Khunti K., Nafilyan V., Maddox T., Humberstone B., Diamond I., Banerjee A. Post-COVID syndrome in individuals admitted to hospital with COVID-19: retrospective cohort study. *BMJ*. 2021;372:693. <https://doi.org/10.1136/bmj.n693>.
 38. Carott M., Salaffi F., Sarzi-Puttini P., Agostini A., Borgheresi A., Mnorati D. et al. Chest CT features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia: Key points for radiologists. *Radiol Med*. 2020;125:636–646. <https://doi.org/10.1007%2Fs11547-020-01237-4>.
 39. Richards J.B. Calculated decisions: mMRC (Modified Medical Research Council) Dyspnea Scale. *Emerg Med Pract*. 2017;19(Suppl. 10):1–2. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29068638>.
 40. Авдеев С.Н. Патофизиология обострений хронической обструктивной болезни легких. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2019;16(2):75–82. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-2-75-82>.
 - Avdeev S.N. Pathophysiology of exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2019;16(2):75–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-2-75-82>.
 41. Лядов К.В., Конева Е.С., Полушкин В.Г., Султанов Э.Ю., Лукашин М.А. Дыхательная реабилитация у больных вирусной пневмонией на фоне новой коронавирусной инфекции. *Пульмонология*. 2020;30(5):569–576. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2020-30-5-569-576>.
 - Lyadov K.V., Koneva E.S., Polushkin V.G., Sultanov E.Yu., Lukashin M.A. Respiratory rehabilitation in patients with viral pneumonia against the background of a new coronavirus infection. *Pulmonologiya*. 2020;30(5):569–576. (In Russ.) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2020-30-5-569-576>.
 42. Amsalem D., Dixon L.B., Neria Y. The coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak and mental health: current risks and recommended actions. *JAMA Psychiatry*. 2021;78(1):9–10. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2020.1730>.
 43. Aromataris E., Fernandez R., Godfrey C.M., Holly C., Khalil H., Tungpunkom P. Summarizing systematic reviews: Methodological development, conduct and reporting of an umbrella review approach. *Int J Evid-Based Health*. 2015;13:132–140. <https://doi.org/10.1097/xeb.0000000000000055>.
 44. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.
 45. Кирилук Е.В., Неструев М.М., Кабаева Е.Н. Лечебная физкультура в лечении и реабилитации больных вирусной пневмонией, вызванной COVID-19. В: Вечорко В.И. (ред.) *Диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции. Организация работы в условиях многопрофильного стационара*. М.: Практика; 2020. С. 157–166. https://doi.org/10.51833/9785898161804_157.
 - Kirilyuk E.V., Nestruev M.M., Kabaeva E.N. Therapeutic exercise in the treatment and rehabilitation of patients with viral pneumonia caused by COVID-19. In: Vechorko V.I. (ed.) *Diagnosis and treatment of a new coronavirus infection. Organization of work in a multidisciplinary hospital: A guide for physicians*. Moscow: Praktika; 2020. pp. 157–166. (In Russ.) https://doi.org/10.51833/9785898161804_157.
 46. Saadi M.P., Silveira A.D. Cardiopulmonary Exercise Testing in Post-COVID-19 Patients: New Insights Into the Exercise Intolerance. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Arq Bras Cardiol*. 2023;120:e20230058. <https://doi.org/10.36660/abc.20230058>.
 47. Sanli D.E.T., Altundag A., Kandemirli S.G., Yildirim D., Sanli A.N., Saatci O. et al. Relationship between disease severity and serum IL-6 levels in COVID-19 anosmia. *Am J Otolaryngol*. 2021;42(1):102796. <https://doi.org/10.1016%2Fj.amjoto.2020.102796>.
 48. Васильева В.А., Марченкова Л.А. Эффективность комплексной программы реабилитации с включением интерактивной балансотерапии с биологической обратной связью и кинезоидротерапией в снижении массы тела и изменении композитного состава тела у пациентов с ожирением. *Вестник восстановительной медицины*. 2022;21(3):189–201. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-189-201>.
 - Vasilyeva V.A., Marchenkova L.A. Efficiency of a comprehensive rehabilitation program with the inclusion of interactive balance therapy with biofeedback and kinesiohydrotherapy in reducing body weight and changing the composite body composition in patients with obesity. *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2022;21(3):189–201. (In Russ.) <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-3-189-201>.
 49. Ahmed I., Mustafaoglu R., Yeldan I., Yasaci Z., Erhan B. Effect of Pulmonary Rehabilitation Approaches on Dyspnea, Exercise Capacity, Fatigue, Lung Functions, and Quality of Life in Patients with COVID-19: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103(10):2051–2062. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.06.007>.
 50. Bajwah S., Wilcock A., Towers R., Costantini M., Bausewein C., Simon S.T. et al. Managing the supportive care needs of those affected by COVID-19. *Eur Respir J*. 2020;55(4):2000815. <https://doi.org/10.1183/13993003.00815-2020>.

51. Dani M., Dirksen A., Taraborrelli P., Torocastro M., Panagopoulos D., Sutton R., Lim P.B. Autonomic dysfunction in 'long COVID': rationale, physiology and management strategies. *Clin Med (Lond)*. 2021;21:e63–e67. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2020-0896>.
52. Grant C.J., Doig L.F., Everson J., Foster N., Doig C.J. Impact of Patient and Family Involvement in Long-Term Outcomes. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2020;32(2):227–242. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2020.02.005>.
53. Dixit S., Borghi-Silva A., Bairaparedy K.C. Revisiting pulmonary rehabilitation during COVID-19 pandemic: a narrative review. *Rev Cardiovasc Med*. 2021;22(2):315–327. <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2202039>.
54. Gautam A.P., Arena R., Dixit S., Borghi-Silva A. Pulmonary rehabilitation in COVID-19 pandemic era: The need for a revised approach. *Respirology*. 2020;25(12):1320–1322. <https://doi.org/10.1111/resp.13946>.
55. Goodwin V.A., Allan L., Bethel A., Cowley A., Cross J.L., Day J. et al. Rehabilitation to enable recovery from COVID-19: a rapid systematic review. *Physiotherapy*. 2021;111:4–22. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2021.01.007>.
56. Ream E., Richardson A. Fatigue in patients with cancer and chronic obstructive airways disease: A phenomenological enquiry. *Int J Nurs Stud*. 1997;34:44–53. [https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(96\)00032-6](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(96)00032-6).
57. Vitacca M., Ceriana P., Balbi B., Bruschi C., Aliani M., Maniscalco M. et al. The respiratory rehabilitation Mauergeri network service reconfiguration after 1 year of COVID-19. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2021;91(4). <https://doi.org/10.4081/monaldi.2021.1843>.
58. Vitacca M., Salvi B., Lazzari M., Zampogna E., Piaggi G., Ceriana P. et al. Respiratory rehabilitation for patients with COVID-19 infection and chronic respiratory failure: a real-life retrospective study by a Lombard network. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2021;92(5). <https://doi.org/10.4081/monaldi.2021.1975>.
59. Михалева К.А., Михалев В.С., Еремушкин М.А., Гильмутдинова И.Р., Чесникова Е.И. Дыхательная гимнастика для пациентов, перенесших COVID-ассоциированную пневмонию. В: Быкова Е.В., Федорова А.А. (ред.). *Современные технологии и оборудование для медицинской реабилитации, санаторно-курортного лечения и спортивной медицины: Материалы V Международного конгресса VITA REHAB WEEK, Екатеринбург, 12–13 октября 2021 г.* Челябинск: УралГУФК; 2021. 208 с. Режим доступа: http://dvm-reab.ru/zhizn%20s%20dcp/karpova_Tren.pdf. Mikhaleva K.A., Mikhalev V.S., Eremushkin M.A., Gilmuddinova I.R., Chesnikova E.I. Breathing exercises for patients with COVID-associated pneumonia. In: Bykova E.V., Fedorova A.A. (eds.). *Modern technologies and equipment for medical rehabilitation, spa treatment and sports medicine: collection of proceedings of the V International Scientific and Practical Congress VITA REHAB WEEK, Yekaterinburg, October 12–13, 2021*. Ekaterinburg: Ural State University of Physical Culture; 2021. 208 p. (In Russ.) Available at: http://dvm-reab.ru/zhizn%20s%20dcp/karpova_Tren.pdf.
60. Труль А.Р. Дыхательная гимнастика, дыхательная практика, дыхательные тренажеры. *Аллея науки*. 2018;(6):932–935. Режим доступа: https://alley-science.ru/domains_data/files/77June2018/DYHATELNAYa%20GIMNASTIKA,%20DYHATELNAYa%20PRAKTIKA,%20DYHATELNAYe%20TRENAZhYoRY.pdf. Trul A.R. Respiratory gymnastics, respiratory practice, respiratory simulators. *Alleya Nauki*. 2018;(6):932–935. (In Russ.) Available at: https://alley-science.ru/domains_data/files/77June2018/DYHATELNAYa%20GIMNASTIKA,%20DYHATELNAYa%20PRAKTIKA,%20DYHATELNAYe%20TRENAZhYoRY.pdf.
61. Goodwin V.A., Allan L., Bethel A., Cowley A., Cross J.L., Day J. et al. Rehabilitation to enable recovery from COVID-19: a rapid systematic review. *Physiotherapy*. 2021;111:4–22. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2021.01.007>.
62. Ahmadpour N., Weatherall A.D., Menezes M., Yoo S., Hong H., Wong G. Synthesizing Multiple Stakeholder Perspectives on Using Virtual Reality to Improve the Perioperative Experience in Children and Adolescents: Survey Study. *J Med Internet Res*. 2020;22(7):e19752. <https://doi.org/10.2196/19752>.
63. Колыщенко В.А., Еремушкин М.А., Стяжкина Е.М. Перспективы развития систем виртуальной реальности в программах нейрореабилитации. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;(1):52–56. Режим доступа: <https://vvmr.ru/upload/iblock/029/0291ead76783457c741ba00cde73f2c2.pdf?ysclid=lhne6tuk2d758654903>. Kolyshenkov V.A., Eremushkin M.A., Styazhkina E.M. Prospects for the development of virtual reality systems in neurorehabilitation programs. *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2019;(1):52–56. (In Russ.) Available at: <https://vvmr.ru/upload/iblock/029/0291ead76783457c741ba00cde73f2c2.pdf?ysclid=lhne6tuk2d758654903>.
64. Moore N., Ahmadpour N., Brown M., Poronnik P., Davids J. Designing Virtual Reality-Based Conversational Agents to Train Clinicians in Verbal De-escalation Skills: Exploratory Usability Study. *JMIR Serious Games*. 2022;10(3):e38669. <https://doi.org/10.2196/38669>.
65. Ahmadpour N., Randall H., Choksi H., Gao A., Vaughan C., Poronnik P. Virtual Reality interventions for acute and chronic pain management. *Int J Biochem Cell Biol*. 2019;114:105568. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2019.105568>.
66. Matamala-Gomez M., Slater M., Sanchez-Vives M.V. Impact of virtual embodiment and exercises on functional ability and range of motion in orthopedic rehabilitation. *Sci Rep*. 2022;12(1):5046. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08917-3>.
67. Moore N., Ahmadpour N., Brown M., Poronnik P., Davids J. Designing Virtual Reality-Based Conversational Agents to Train Clinicians in Verbal De-escalation Skills: Exploratory Usability Study. *JMIR Serious Games*. 2022;10(3):e38669. <https://doi.org/10.2196/38669>.
68. Yu T., Xu H., Sui X., Zhang X., Pang Y., Yu T. et al. Effectiveness of eHealth Interventions on Moderate-to-Vigorous Intensity Physical Activity Among Patients in Cardiac Rehabilitation: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2023;25:e42845. <https://doi.org/10.2196/42845>.
69. Latreche A., Kelaiaia R., Chemori A., Kerboua A. A New Home-Based Upper- and Lower-Limb Telerehabilitation Platform with Experimental Validation. *Arab J Sci Eng*. 2023;25:1–16. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-07720-0>.
70. Giggins O.M., Persson U.M., Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuro Engineering Rehabil*. 2013;10:60. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-60>.
71. Kaushik R., Kaushik R.M., Mahajan S.K., Rajesh V. Biofeedback assisted diaphragmatic breathing and systematic relaxation versus propranolol in long term prophylaxis of migraine. *Complement Ther Med*. 2005;13(3):165–174. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2005.04.004>.
72. Meuret A.E., Wilhelm F.H., Ritz T., Roth W.T. Feedback of end-tidal pCO₂ as a therapeutic approach for panic disorder. *J Psychiatr Res*. 2008;42(7):560–568. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2007.06.005>.
73. Soon K.S., Lee M.Y., Tsai W.W., Lin C.F. A new trunk sway assessment protocol using biofeedback inertial-based sensing modality for stroke patients. In: *Proceedings of the 2011 International Conference on System Science and Engineering*. Macao, China: IEEE. 2011, pp. 675–678. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2011.5961988>.
74. Mirelman A., Herman T., Nicolai S., Zijlstra A., Zijlstra W., Becker C. et al. Audio-biofeedback training for posture and balance in patients with Parkinson's disease. *J Neuroeng Rehabil*. 2011;8:35. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-35>.
75. Morris M.E., Matyas T.A., Bach T.M., Goldie P.A. Electrogoniometric feedback: its effect on genu recurvatum in stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(12):1147. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1463378>.
76. Giardino N.D., Chan L., Borson S. Combined heart rate variability and pulse oximetry biofeedback for chronic obstructive pulmonary disease: preliminary findings. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2004;29(2):121–133. <https://doi.org/10.1023/b:apbi.0000026638.64386.89>.
77. Öner Cengiz H., Ayhan M., Güner R. Effect of deep breathing exercise with Triflo on dyspnoea, anxiety and quality of life in patients receiving COVID-19 treatment: A randomized controlled trial. *J Clin Nurs*. 2021;31(23–24):3439–3453. <https://doi.org/10.1111/jocn.16171>.
78. Sampaio Rocha-Filho P.A., Voss L. Persistent headache and persistent anosmia associated with COVID-19. *Headache*. 2020;60:1797–1799. <https://doi.org/10.1111/head.13941>.
79. Марченкова Л.А., Чесникова Е.И., Ансокова М.А., Кондратьева М.В., Барышева С.А., Стяжкина Е.М. и др. *Способ реабилитации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19*. Патент RU 2782499 C1, 28.10.2022. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49785015>. Marchenkova L.A., Chesnikova E.I., Ansokova M.A., Kondratieva M.V., Barysheva S.A., Styazhkina E.M. et al. *A method for the rehabilitation of patients who have undergone a new coronavirus infection COVID-19*. Patent RU 2782499 C1, 28/10/2022. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49785015>.

Информация об авторах:

Ансокова Марьяна Аркадьевна, младший научный сотрудник отдела соматической реабилитации репродуктивного здоровья и активного долголетия, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии; 121099, Россия, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32; AnsokovaMA@nmicr.ru

Марченкова Лариса Александровна, д.м.н., главный научный сотрудник, заведующая отделом соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии; 121099, Россия, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32; MarchenkovaLA@nmicr.ru

Information about the authors:

Maryana A. Ansokova, Junior Researcher of the Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; 32, Novyi Arbat St., Moscow, 121099, Russia; AnsokovaMA@nmicr.ru

Larisa A. Marchenkova, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Head of the Department of Somatic Rehabilitation, Reproductive Health and Active Longevity, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology; 32, Novyi Arbat St., Moscow, 121099, Russia; MarchenkovaLA@nmicr.ru