

РЕАБИЛИТАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕРИАТРИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО COVID-19

DOI: 10.37586/2686-8636-4-2025-512-526

УДК: 616.98 : 578.834.1 : 616-082.8-053.9

Курмаев Д. П. , Булгакова С. В. *, Тренева Е. В. , Косарева О. В. , Шаронова Л. А. ,
Долгих Ю. А. 

ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара, Россия

* Автор, ответственный за переписку, Булгакова Светлана Викторовна.
E-mail: geriatry@mail.ru

Резюме







Коронавирусная инфекция 2019 г. (COVID-19) вызвала огромную заболеваемость и смертность во всем мире. У реконвалесцентов нередко отмечается хроническое болезненное состояние, известное как длительный COVID-19 (Long-COVID-19). Связь между COVID-19 и поражением скелетной мускулатуры вызвала значительный интерес медицинского сообщества во всем мире. Саркопения является одним из тяжелых осложнений как острого периода COVID-19, так и Long-COVID-19. Необходима комплексная реабилитация пациентов с целью восстановления силы, массы и функции скелетных мышц после перенесенного COVID-19. Профилактика и лечение саркопении обязательно включает различные виды физических упражнений. Реабилитация пациентов после перенесенного COVID-19 должна осуществляться после проведения комплексной гериатрической оценки для выявления синдрома старческой астении бригадой медицинских специалистов под руководством врача-гериатра. Для реабилитации физических функций ряд авторов предлагают комплексные стратегии физической реабилитации, включающие аэробные и/или силовые тренировки, дыхательную гимнастику. Некоторые виды физических нагрузок могут выполняться даже пациентами в тяжелом состоянии в положении лежа на спине в постели. Телемедицинская помощь имеет ряд преимуществ: большая доступность, отсутствие физического контакта, возможность привлечения консилиума разнопрофильных врачей-специалистов; она позволяет дистанционно консультировать пациентов из отдаленных регионов и исключает риск инфицирования. В данном обзоре литературы рассмотрены основные механизмы развития саркопении после перенесенного COVID-19 и способы реабилитации скелетной мускулатуры гериатрических пациентов.

Ключевые слова: гериатрические пациенты; реабилитация физических функций; COVID-19; постковидный синдром; Long-COVID-19; саркопения, старческая астения, хроническое воспаление; катаболизм; физические упражнения.

Для цитирования: Курмаев Д. П., Булгакова С. В., Тренева Е. В., Косарева О. В., Шаронова Л. А., Долгих Ю. А. Реабилитация физических функций гериатрических пациентов после перенесенного COVID-19. *Российский журнал гериатрической медицины*. 2025 ; 4 (24) : 512–526. DOI: 10.37586/2686-8636-4-2025-512-526.

Поступила: 20.09.2025. Принята к печати: 10.11.2025. Дата онлайн-публикации: 15.12.2025.

REHABILITATION OF PHYSICAL FUNCTIONS OF GERIATRIC PATIENTS AFTER COVID-19

Kurmaev D. P. , Bulgakova S. V. *, Treneva E. V. , Kosareva O. V. , Sharonova L. A. ,
Dolgikh Yu. A. 

Samara State Medical University, Samara, Russia

* Corresponding author: Bulgakova Svetlana Viktorovna. E-mail: geriatry@mail.ru

Abstract

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) has caused significant morbidity and mortality worldwide. Convalescents often experience a chronic condition known as long COVID-19. The relationship between SARS-CoV-2 infection

and skeletal muscle damage has sparked significant interest within the global medical community. Sarcopenia is a severe complication of the acute and long-term phases of the disease. Comprehensive rehabilitation is necessary to restore strength, muscle mass, and skeletal muscle function in patients after they have had the disease. The prevention and treatment of sarcopenia necessarily include various types of physical exercise. Patients should undergo rehabilitation after a comprehensive geriatric assessment to identify frailty syndrome, carried out by a team of medical specialists under the guidance of a geriatrician. Several authors propose comprehensive physical rehabilitation strategies to restore physical function, including aerobic and/or strength training and breathing exercises. Some types of physical exercise can be performed by patients in severe conditions while lying supine in bed. Telemedicine offers greater accessibility by avoiding physical contact and enabling engagement with a multidisciplinary team of specialists. It allows for remote consultations with patients in remote areas and eliminates the risk of infection. This literature review examines the main mechanisms of sarcopenia development after a SARS-CoV-2 infection and methods for skeletal muscle rehabilitation in geriatric patients.

Keywords: geriatric patients, rehabilitation of physical functions, COVID-19, post-COVID syndrome, Long-COVID-19, sarcopenia, frailty, chronic inflammation, catabolism, exercise.

For citation: Kurmaev D. P., Bulgakova S. V., Treneva E. V., Kosareva O. V., Sharonova L. A., Dolgikh Yu. A. Rehabilitation of physical functions of geriatric patients after COVID-19. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2025 ; 4 (24) : 512–526. DOI: 10.37586/2686-8636-4-2025-512-526.

Received: 20.09.2025. Accepted: 10.11.2025. Published online: 15.12.2025.

Введение

Коронавирусная инфекция 2019 г. (COVID-19) — вирусная инфекция, вызываемая коронавирусом-2 (SARS-CoV-2) [1], — привела к огромной заболеваемости и смертности во всем мире. У реконвалесцентов после перенесенного COVID-19 нередко отмечается хроническое болезненное состояние, известное как длительный COVID-19 (постковидный синдром, post-COVID syndrome, post-COVID-19 syndrome, Long-COVID-19) [2]. Long-COVID-19 характеризуется симптомами и отклонениями от нормы, которые сохраняются более 12 недель и могут продолжаться в течение нескольких лет после перенесенной острой вирусной инфекции, вызванной SARS-CoV-2, и не могут быть объяснены другими заболеваниями [3].

Саркопения — это генерализованная потеря силы, массы и функции скелетной мускулатуры, ассоциированная со старением и/или гиподинамией, заболеваниями, мальнутрицией [4]. Патогенез саркопии многогранен и включает в себя множество сложных биологических механизмов. Чтобы отличить саркопению от других состояний, связанных с потерей мышечной массы, предлагается разделить саркопению на два типа: первичная, характеризующаяся первичным снижением мышечной массы и силы в результате старения, и вторичная, при которой потеря мышечной массы связана с сопутствующим заболеванием [5]. Старение сопровождается прогрессирующими изменениями в клеточных и метаболических процессах, которые затрагивают широкий спектр органов и тканей [6, 7].

Многими исследователями отмечена связь развития саркопии со старением [8–10]. Саркопения ассоциирована с нарушениями

микробиоты, гормональной регуляции; инсулинорезистентностью; ожирением [11]. Пагубное влияние на скелетные мышцы оказывает гиподинамия, в том числе вынужденная гиподинамия во время стационарного лечения какого-либо заболевания. Особенно опасна в плане риска развития саркопии гиподинамия в отделении интенсивной терапии [12, 13]. Было подтверждено, что госпитализация связана с острыми изменениями статуса саркопии у пожилых людей [14]. Это особенно касается пожилых людей, у которых изначально чаще наблюдается низкая мышечная масса и функциональные нарушения [15, 16].

Связь между COVID-19 и поражением скелетной мускулатуры вызвала значительный интерес у исследователей [1, 17–26]. В современной литературе описаны биохимические признаки повреждения мышц во время пандемии у госпитализированных пациентов и высказано предположение, что пациенты с COVID-19 подвержены повышенному риску острой саркопии [27, 28]. Из-за патологических свойств SARS-CoV-2 и его негативного влияния на метаболизм была выдвинута гипотеза, что COVID-19 может быть более пагубным для опорно-двигательного аппарата по сравнению с другими состояниями, вызывающими аналогичную продолжительность иммобилизации, такими как перелом конечности или тяжелая пневмония [19]. Тяжелая острая потеря веса во время госпитализации может иметь пагубное влияние на мышечную массу и способствовать развитию острой саркопии [8, 9, 24, 29].

Следует учитывать, что долгосрочные эффекты гиподинамии и постельного режима на опорно-двигательный аппарат пациентов

при госпитализации могут быть не столь выраженными у молодых здоровых групп населения, у которых исходная мышечная масса и сила выше, чем у пожилых людей. У пациентов старше 60 лет воздействие острого заболевания в сочетании с высоким уровнем бездеятельности во время госпитализации, вероятно, будет иметь пагубные последствия для здоровья в долгосрочной перспективе [30]. Тяжелое течение COVID-19 может привести к атрофии мышц, старческой астении и функциональным нарушениям. Кроме того, многие пациенты с COVID-19 — пожилого и старческого возраста, а у некоторых уже имеется старческая астения, которая усугубляется во время COVID-19 [22].

Реабилитация может помочь выздоровлению, улучшить функциональные возможности и качество жизни пациентов. Некоторые из краткосрочных и долгосрочных симптомов COVID-19 могут регрессировать на фоне реабилитационных мероприятий. Однако в начале пандемии COVID-19 не были столь очевидны долгосрочные пагубные последствия для состояния здоровья пациентов и сфере реабилитации не уделялось должного внимания [31]. К счастью, рекомендации по реабилитации были быстро разработаны, включая неотложную физиотерапию для людей с COVID-19 с упором на респираторную помощь и особые меры предосторожности в отношении COVID-19 [32]. Крайне важно обеспечить безопасные и эффективные стратегии реабилитации, чтобы помочь выздоровлению этих людей.

Терапевтические цели лечения саркопении заключаются в том, чтобы обратить вспять или замедлить потерю мышечной силы, уделяя особое внимание сохранению или увеличению мышечной массы. В конечном счете цель состоит в том, чтобы сохранить или улучшить качество жизни и способность выполнять повседневные действия [33]. Реабилитация является ключевым элементом лечения для достижения функционального улучшения. Терапия на основе упражнений — неотъемлемая часть лечения длительного COVID-19 — может проводиться с использованием различных модулей, включая телереабилитацию. Обострение симптомов после нагрузки и ортостатическая гипотензия должны тщательно контролироваться во время упражнений. Для определения оптимального времени, дозировки и модулей необходимы рандомизированные контрольные испытания с большим размером выборки [2].

Рассмотрение основных механизмов развития саркопении после перенесенного COVID-19 и способов реабилитации скелетной мускулатуры гериатрических пациентов является целью данного обзора литературы.

МЕХАНИЗМЫ ПОТЕРИ СКЕЛЕТНО-МЫШЕЧНОЙ МАССЫ ПРИ COVID-19

Саркопения ассоциирована с повышением катаболизма мышечной ткани [23, 24, 29]. Негативную роль играют метаболические нарушения, инсулинорезистентность, сахарный диабет 2 типа [34]. Метаболические нарушения ассоциированы как с риском заболевания COVID-19, так и с его последствиями [35].

Госпитализация из-за COVID-19 может привести к продолжительному постельному режиму. Более тяжелое проявление этой инфекции ассоциируется с госпитализацией в отделение интенсивной терапии или необходимостью инвазивной механической вентиляции легких. Это может привести к дальнейшему ограничению передвижения. Такие продолжительные периоды постельного режима в результате изоляции/карантина или госпитализации при COVID-19 создают дополнительный риск потери мышечной массы, особенно у пожилых пациентов [29]. Это особенно актуально с учетом более высоких показателей госпитализации среди людей в возрасте 65 лет и старше [36].

COVID-19 несет с собой ряд рисков для дальнейшего снижения уровня активности населения в целом. Карантин, самоизоляция, социальное дистанцирование и другие меры, принятые в 2020 г., привели к закрытию тренажерных залов и развлекательных центров, а также к приостановке групповых тренировок и программ реабилитации. Находиться в состоянии гиподинамии для населения никогда не было так просто. В дополнение к сокращению физической активности и независимо от этого из-за самоизоляции при COVID-19 увеличилось время сидения и малоподвижного поведения [37]. Было показано, что не только значительные, но и короткие периоды снижения активности приводят к быстрой потере мышечной массы и физической функции даже у молодых людей [38, 39]. В исследование, проведенное С. Dos Santos с коллегами (2016), были включены 118 пациентов, лечившихся в отделении интенсивной терапии (средний возраст 55 лет). Авторы показали, что толщина мышц, измеренная с помощью УЗИ, отрицательно коррелировала с продолжительностью пребывания в отделении интенсивной терапии, при этом потеря толщины мышц увеличивалась в течение первых 2–3 недель постельного режима. Мышечная ткань, потерянная в эти периоды бездействия, может не быть полностью восстановлена, что приводит к прогрессирующей потере мышечной массы и функции. Мышечная масса и сила, хотя значительно улучшились через 6 мес. после выписки из больницы,

не нормализовались у большинства пациентов [40]. Поэтому, по мнению R. Kirwan и коллег (2020), как ограничение подвижности, имитация постельного режима или госпитализации, так и ступенчатое снижение физической активности может лучше моделировать самоизоляцию при COVID-19 [29]. До 1,7 % мышечного объема может быть потеряно всего за 2 дня постельного режима и ограничения подвижности, а большие потери (5,5 % мышечного объема) наблюдаются уже через 7 дней [41]. Поскольку у некоторых пациентов, инфицированных COVID-19, наблюдается длительность пребывания в отделении интенсивной терапии до 12 дней, потеря мышечной массы является весьма вероятным сценарием [42]. Лица, госпитализированные с COVID-19 в дополнение к симптомам вирусной интоксикации (снижение аппетита, тошнота, рвота и диарея), испытывают длительные периоды гиподинамии [43]. Такое сочетание потери питательных веществ и неиспользования мышц создает среду, благоприятную для катаболизма скелетных мышц [44]. С. Welch и соавторами (2020) было выявлено, что лица, выписанные из больницы после COVID-19, подвергаются повышенному риску потери мышечной массы и, как следствие, функционального нарушения [45].

Внезапное снижение активности и гиподинамия, вызванные ограничительными мерами самоизоляции при COVID-19, точно отражают модель саркопении «катаболического кризиса», предложенную K. L. English и D. Paddon-Jones (2010). В этой модели саркопении не просто постепенный процесс, она фактически ускоряется периодическими периодами бездействия (такими как периоды длительного постельного режима или госпитализации) [46]. В работе Н. J. С. McAuley и коллег (2021) было показано, что у 55 пациентов с обострением хронического респираторного заболевания отмечалась потеря толщины четырехглавой мышцы бедра на 8,3 % в течение медианного периода в 5 дней госпитализации. Авторами наблюдалась устойчивая потеря толщины мышц при 6-недельном наблюдении и лишь частичное восстановление через 3 мес. [12]. У лиц с COVID-19 эти эффекты могут быть более выраженными.

Так, по данным Н. J. С. McAuley и коллег (2021), госпитализация и поступление в отделение интенсивной терапии приводят к снижению как мышечной массы, так и силы даже при коротком пребывании в больнице в течение 5 дней [12]. В среднем потеря 30 % толщины четырехглавой мышцы бедра наблюдалась М. С. De Andrade-Junior и коллегами (2021) после 10 дней иммобилизации в отделении интенсивной терапии COVID-19 [13]. Возможные

механизмы Long-COVID-19 включают продолжающиеся последствия острого повреждения тканей, персистенцию вируса в органах, нарушение регуляции иммунной системы с запуском аутоиммунитета и хронического воспаления, хроническую гипоксию тканей, вызванную коагулопатией, и повреждение эндотелия [2].

Факторы риска длительного COVID-19 различались в разных исследованиях.

Наиболее частым фактором риска Long-COVID-19, по данным ряда авторов, является тяжесть заболевания на момент первичного инфицирования [47–50]. С. Carvalho-Schneider с коллегами в 2021 г. обнаружили, что пожилой возраст связан с сохраняющимися симптомами [48]. Связь старения и длительного течения COVID-19 была подтверждена С. E. Hastie и соавторами (2022) в научной статье [49]. Однако исследование А. Subramanian и коллег (2022) показало, что возраст старше 30 лет был связан с более высоким риском сообщения о длительных симптомах COVID-19 в одномерном анализе, но более низким — в многомерном анализе [51].

Другие факторы риска, связанные с длительным COVID-19, включали женский пол, курение, сопутствующую коморбидную патологию (включая респираторные заболевания и депрессию), социально-экономическую депривацию и уровень личной устойчивости [49–51]. Фактически первый систематический обзор и метаанализ, дающие актуальную оценку распространенности саркопении среди пациентов с COVID-19 путем сопоставления данных последних исследований, был опубликован в Китае Y. Xu и коллегами (2022). Авторы на основании 21 исследования с участием 5407 пациентов с COVID-19 показали, что общая распространенность саркопении среди таких пациентов составила 48,0 %. У пациентов, поступивших в отделение интенсивной терапии, уровень саркопении был намного выше и составил 69,7 %. Пациенты, госпитализированные в общие отделения для престарелых с COVID-19, имели относительно низкую частоту развития саркопении (28,4 %). Анализ обследованных подгрупп по полу показал, что не было существенной разницы между распространенностью саркопении у мужчин и женщин. Это указывает на то, что пациенты как мужского, так и женского пола уязвимы для развития саркопении во время инфекции COVID-19 [52]. По данным М. Paneroni и соавторов (2021), сила мышц также страдает: у 86 % пациентов после перенесенной коронавирусной пневмонии наблюдается слабость четырехглавой мышцы (определяемая как максимальное произвольное изометрическое сокращение

менее 80 % от прогнозируемого нормального значения) [53].

Хотя общая масса тела может вернуться к уровню, существовавшему до заболевания, через несколько месяцев после госпитализации, это не обязательно совпадает с функцией мышц. Несмотря на получение диетической поддержки, рекомендаций по физической активности и физиотерапевтической помощи в период восстановления, 14,3 % пациентов сообщили о постоянной потере мышечной силы через 6 мес. после завершения госпитализации по поводу COVID-19 [54]. Однако эта цифра может быть значительно больше.

Так, проспективное когортное исследование «PHOSP-COVID» (Evans R. A. et al., 2021), в которое было включено 1 077 человек, госпитализированных с COVID-19, показало, что 92,8 % из них все еще испытывали как минимум один постоянный симптом в течение 6 мес. после выписки. Физическая замедленность (49,9 %) и слабость конечностей (46,3 %) были среди наиболее часто сообщаемых симптомов. Функциональные нарушения, обозначенные оценкой ≤ 10 по шкале оценки физической активности, присутствовали у 46,2 % этой группы населения [55]. Восстановление после перенесенного COVID-19 может осложняться стойкими функциональными нарушениями (например, усталостью и мышечной слабостью, дисфагией, потерей аппетита и изменением вкусовых ощущений и обоняния), а также психологическими расстройствами. Поэтому надлежащая оценка нутритивного статуса (изучение рациона питания, антропометрических показателей и состава тела) является одним из основных принципов ведения таких пациентов [56]. По мнению G. Mills и коллег (2023), неясно, сколько времени требуется для того, чтобы мышечная функция вернулась к прежнему уровню у этих людей, или какие реабилитационные стратегии могут быть оптимальными [57].

РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ COVID-19

Еще в период разгара пандемии коронавирусной инфекции, ученые и клиницисты стали задумываться о проблемах реабилитации пациентов после перенесенного COVID-19.

Так, V. A. Goodwin и коллеги в 2021 г. опубликовали систематический обзор литературы «Реабилитация для обеспечения восстановления после COVID-19», в котором показали, что пациенты с тяжелыми респираторными заболеваниями, поступившие в отделение интенсивной терапии, могут получить пользу от физических упражнений и многокомпонентных программ физиотерапии и реабилитации для

улучшения функциональной независимости и ходьбы. Эти доказательства могут быть распространены на людей с COVID-19 или реконвалесцентов. По мнению авторов, в будущих исследованиях необходимо лучше понять траекторию и потребности в реабилитации людей с COVID-19 на протяжении всего периода лечения, чтобы разработать и оценить соответствующие вмешательства [31]. Таким образом, авторы этого раннего систематического обзора [31], считают, что многие реабилитационные стратегии, применяющиеся в лечении тяжелобольных пациентов в отделении интенсивной терапии, необходимо экстраполировать на пациентов с COVID-19. Действительно, в ранний период пандемии коронавирусной инфекции такой подход был вполне оправдан, т. к. крупных научных работ по проблемам реабилитации именно после COVID-19 еще не было.

Последующие научные работы стали учитывать не только лечение и реабилитацию в остром периоде COVID-19, но и во время Long-COVID-19 [22, 23, 58, 59]. Так, в исследовании J. B. Soriano и коллег (2022) было показано, что лечение длительного COVID-19 начинается с комплексной оценки для дифференциальной диагностики пациентов с сохраняющимися симптомами [60]. Важную роль при реабилитации играет комплексная гериатрическая оценка пациентов (КГО) [20, 23, 61].

Занятия физическими упражнениями потенциально могут улучшить мышечную силу и физические функции, а рациональное питание эффективно увеличивает мышечную массу, физические функции и качество жизни. Оба эти метода могут применяться в домашних условиях во время и после пандемии COVID-19 для облегчения саркопении и улучшения показателей здоровья пожилых людей [24]. Многопрофильный командный подход к реабилитации пациентов с длительным течением COVID-19 был предложен Н. J. Chuang и коллегами (2024). После постановки диагноза Long-COVID-19 пациенты с изнурительными симптомами должны быть направлены в многопрофильную реабилитационную группу на ранней стадии для комплексной оценки потребности в реабилитации и планирования дальнейшего лечения. Многопрофильная реабилитационная группа должна включать медицинских работников для удовлетворения индивидуальных потребностей и симптомов каждого пациента. В состав группы могут входить физиотерапевты, логопеды, психологи, диетологи и социальные работники [2]. Постановка целей и задач реабилитации для мультидисциплинарной команды должна производиться врачом-гериатром, который также

контролирует весь процесс взаимодействия между врачами-специалистами с учетом результатов КГО [61].

Алгоритм мультидисциплинарной реабилитации пациента с COVID-19 или Long-COVID-19 представлен на рисунке.

Наиболее распространенные признаки, свидетельствующие о необходимости реабилитации пациентов с длительным COVID-19, это усталость, обострение симптомов после физической нагрузки (post-exertional symptom exacerbation, PESE), одышка, непереносимость физических нагрузок, симптомная ортостатическая гипотензия, когнитивные нарушения, тревога и депрессия, проблемы со сном и артралгия [2]. PESE определяется как усиление симптомов, которые ранее можно было

переносить, таких как усталость, боль, одышка, когнитивные нарушения и другие симптомы, после физической, умственной или эмоциональной нагрузки. Усиление симптомов может возникнуть немедленно или через 12–72 часа после нагрузки и длиться от нескольких часов до нескольких недель [62]. Пациентам с PESE рекомендуется отслеживать начало, продолжительность и интенсивность обострения симптомов и изучать потенциальные провоцирующие факторы, чтобы распознать свои индивидуальные ограничения. Для снижения обострений предлагается самостоятельная тренировка энергосберегающей техники, в то же время следует избегать повышения интенсивности реабилитации без учета PESE [63]. Рандомизированные контролируемые

Рисунок. Многопрофильный командный подход к реабилитации пациентов с COVID-19 или Long-COVID-19 (рисунок адаптирован с изменениями из [2])

Figure: A Multidisciplinary Team Approach to the Rehabilitation of Patients with or Recovering from Long-Term Effects of SARS-CoV-2 Infection (Figure adapted with modifications from [2])



исследования пока не предоставили доказательств эффективности реабилитации при длительном COVID-19, и большинство рекомендаций из международных руководств основаны на мнении экспертов или доказательствах по другим заболеваниям [2].

Н. J. Chuang и соавторами (2024) предлагают ориентированное на пациента лечение с постоянным наблюдением для уменьшения тяжести имеющихся симптомов. Особое внимание следует уделять установлению терапевтических альянсов и формированию разумных ожиданий и целей посредством тщательного их объяснения и обсуждения с пациентами и лицами, осуществляющими уход. Прежде чем начинать реабилитацию с увеличением потребности в кислороде для пациентов с длительным течением COVID-19, необходимо провести оценку, чтобы исключить такие тревожные сигналы, как десатурация при физической нагрузке или сердечная недостаточность [2]. Рентгенография грудной клетки, спирометрия, тест с переходом из положения сидя в положение стоя в течение 1 минуты или тест с 6-минутной ходьбой, или кардиопульмональный нагрузочный тест (cardiopulmonary exercise testing, CPET) могут использоваться для оценки функции легких, переносимости физических нагрузок и изменения сатурации кислородом по мере необходимости. Если у пациентов наблюдаются кардиопульмональные симптомы, такие как боль в груди, одышка, сердцебиение или обморок, электрокардиография, сердечный тропонин, N-терминальный pro-BNP, оценить сердечную недостаточность помогают эхокардиография или дальнейшее кардиологическое обследование [64].

После исключения «красных флагов» следует провести скрининг на PESE и симптомную ортостатическую гипотензию до начала реабилитации [2]. У пациентов с головокружением, одышкой, предобморочным состоянием или обмороком после длительного периода в вертикальном положении следует провести ортостатическую пробу [65]. Синдром постуральной ортостатической тахикардии определяется как увеличение частоты сердечных сокращений более чем на 30 ударов в минуту после вертикализации в течение более 30 секунд. Ортостатическая гипотензия определяется как падение систолического артериального давления более чем на 20 мм рт. ст. после вертикализации в течение более 3 минут [65]. Если у пациентов есть проблемы с эмоциональным состоянием или расстройства сна, можно рассмотреть психологическую и фармакологическую терапию. Снижение стресса на основе осознанности может быть полезным для снижения тревожности, беспокойства,

депрессии и проблем, связанных со сном [66, 67]. Также было показано, что физические упражнения улучшают качество жизни, уменьшают усталость и симптомы депрессии [68, 69]. V. Marcangeli и коллеги (2022) пришли к выводу, что прием протеина в качестве дополнительной терапии в сочетании с силовыми тренировками эффективно способствует увеличению мышечной силы и массы [70]. Ряд исследователей подтверждают, что сочетание физических упражнений с приемом белковых добавок способствует более быстрому восстановлению пациентов с саркопенией [71, 72].

ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ COVID-19

Велоэргометрия в положении лежа

Пациентам с ортостатической гипотензией и низкой переносимостью физических нагрузок следует назначить адекватный питьевой режим с оптимальным содержанием солей в питьевой воде. Таким пациентам необходимо избегать длительного пребывания в вертикальном положении и обильных приемов пищи. Можно рассмотреть компрессионные чулки и бандаж для живота или фармакологическое вмешательство [65].

Даже у тяжелобольных пациентов, которые находятся на постельном режиме, есть возможность проведения физических тренировок с помощью специального велоэргометра [73]. Действительно, по данным A. Wehrle и соавторов (2021), велоэргометрия в положении лежа на спине часто из соображений безопасности используется в качестве альтернативы стандартной велоэргометрии в положении стоя. Одной из основных причин различий между велоэргометрией в положении стоя и в положении лежа на спине, по-видимому, является расстояние по вертикали между активными мышцами и сердцем, которое изменяет гравитационный эффект и, следовательно, влияет на венозный возврат, сердечный выброс и перфузионное давление в активных мышцах [73].

Регулярные аэробные упражнения в положении, отличном от вертикального, такие как велоэргометрия лежа, предпочтительны для профилактики ортостатической гипотензии [2].

Поэтому использование велоэргометрии в положении лежа перспективно при реабилитации пациентов с COVID-19.

Аэробные упражнения и дыхательная гимнастика

Для пожилых пациентов, которые длительное время прикованы к постели или

ограничены в активности из-за серьезных заболеваний, выполнение определенных аэробных упражнений может значительно замедлить возрастное снижение мышечной функции. Многочисленные исследования показали, что сокращение времени, проводимого в сидячем положении, может улучшить состояние при саркопении [74–76].

Даже последствия перенесенного инсульта в виде недержания мочи не могут быть препятствием для дозированных физических упражнений. Так, в исследовании Y. Kido и коллег (2024) было показано, что умеренные аэробные упражнения в виде вставания со стула (фактически приседания с неполной амплитудой и подстраховкой), могут быть полезны для пациентов с постинсультной саркопенией, страдающих недержанием мочи [77].

Реабилитация на основе упражнений — неотъемлемая часть длительной реабилитации после COVID-19 — также предлагается пациентам с длительным COVID-19 для управления усталостью, непереносимостью физических нагрузок, одышкой, проблемами с психическим здоровьем и сном, а также мышечно-скелетной болью. Ухудшение физической формы и нарушение периферической экстракции кислорода могут быть основными ограничивающими факторами физической работоспособности [78].

На основании метаанализа 9 исследований, включавших 464 человека с симптомами Long-COVID-19 и 359 человек без симптомов, среднее пиковое потребление кислорода снизилось на 4,9 (95 % доверительный интервал; -6,4...-3,4) мл/кг/мин, по сравнению с лицами без симптомов Long-COVID-19, с низкой степенью достоверности [78]. Исследование I. Singh и коллег (2022), оценившее пациентов после COVID-19 с использованием инвазивной CPET, продемонстрировало более низкое пиковое потребление кислорода и артериовенозную разницу в кислороде по сравнению с контрольной группой. Между тем не было выявлено существенных различий между группами в сердечном выбросе, снижении вентиляции мертвого пространства и общем легочном сопротивлении при пиковой нагрузке [79]. Кроме того, сообщалось об аномальном характере дыхания, нарушении ритма дыхания и одышке после перенесенной инфекции COVID-19 [80–82].

Таким образом, существует необходимость в специфической кардиопульмональной реабилитации с помощью не только физических тренировок, но и дыхательной гимнастики [83–85]. В 2022 г. в нескольких исследованиях изучалась эффективность программ реабилитации на основе упражнений у пациентов после перенесенного COVID-19 [83, 85–88].

В программу обычно включались аэробные упражнения, силовые тренировки и/или тренировки дыхательных мышц продолжительностью от 6 до 8 недель. Было показано, что реабилитация на основе упражнений снижает одышку, утомляемость, улучшает функциональные возможности, силу, качество жизни и уменьшает расстройства психического здоровья [83, 85, 86].

В рандомизированном контролируемом исследовании A. Jimeno-Almazán и соавторов (2022) было набрано 39 пациентов с длительным COVID-19 и с легкой формой инфекции COVID-19 в острой стадии. Группа вмешательства прошла 8-недельную контролируемую программу аэробных и силовых упражнений с низкой или умеренной интенсивностью, тогда как контрольная группа занималась общей физической активностью в соответствии с рекомендациями ВОЗ без контролируемых сессий. Были выявлены значительные различия между группами в изменении физической работоспособности, силы, качества жизни, одышки, усталости и депрессии в пользу группы вмешательства. Средний показатель $VO_2\max$ улучшился на 2,1 мл/кг/мин⁻¹ в группе вмешательства, в то время как в контрольной группе он оставался неизменным. Была отмечена тенденция к тому, что большая доля участников в группе вмешательства сообщала об отсутствии симптомов при тестировании после вмешательства (42,1 % против 16,7 %; $p = 0,091$) [85].

Другое наблюдательное исследование с участием 58 пациентов с симптомами, сохраняющимися после заражения COVID-19, показало увеличение расстояния 6-минутной ходьбы на $(62,9 \pm 48,2)$ м после 6-недельной программы легочной реабилитации [83].

Социальное дистанцирование и самоизоляция в разгар пандемии предоставили широкую возможность применения телемедицинских консультаций.

Телемедицинская помощь имеет ряд преимуществ: большая доступность, отсутствие физического контакта, возможность привлечения консилиума разнопрофильных врачей-специалистов; она позволяет дистанционно консультировать пациентов из отдаленных регионов и исключает риск инфицирования и передачи возбудителей инфекционных заболеваний [89].

Из-за риска заражения COVID-19 и временного прекращения очной реабилитации теле-реабилитация привлекла большое внимание во время пандемии COVID-19. Ограниченное количество клинических испытаний с небольшими размерами выборки показало, что телереабилитация может уменьшить одышку и улучшить функциональные возможности

у пациентов с инфекцией COVID-19 в острой фазе и после выписки из больницы, хотя показатели побочных эффектов были схожими между пациентами, проходящими телереабилитацию, и контрольной группой [87].

Физические тренировки с отягощениями

В отличие от аэробных упражнений тренировка с отягощениями подразумевает более высокие уровни механического напряжения, сравнительно меньшее количество повторений и больший контроль движения [57]. Выполнение регулярных тренировок с отягощениями с адекватной интенсивностью и объемом приводит к положительной мышечной и неврологической адаптации, что выражается в увеличении площади поперечного сечения мышц и более эффективном вовлечении мышечных двигательных единиц [57].

У пациентов с риском сохранения зависимости от посторонней помощи, приобретенной в больнице (на которую указывает потеря способности выполнять один или несколько основных видов активности повседневной жизни), выполнение упражнений с сопротивлением собственному весу дважды в день во время госпитализации снизило риск функционального ухудшения на 70 % по сравнению с теми, кто получал стандартную помощь. Этот эффект оставался значительным в течение 3 мес. после выписки, несмотря на корректировку клинических характеристик и функциональных показателей при поступлении [90].

Упражнения с внешней нагрузкой также могут использоваться, где это возможно. У госпитализированных пациентов с острым обострением хронического респираторного заболевания максимальная произвольная сила четырехглавой мышцы увеличилась на 9,7 % после 7-дневной программы разгибания колена, при выполнении 3 подходов по 8 повторений с 70 % от их 1-повторного максимума [91]. В амбулаторных условиях силовые тренировки продемонстрировали высокий уровень эффективности и переносимости у людей с респираторными заболеваниями. В метаанализе исследований интервенционных упражнений при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), опубликованном W.H. Liao и соавторами (2015), силовые тренировки увеличили мышечную силу как с включением, так и без включения аэробных упражнений [92]. Важно отметить, что в 18 испытаниях с общим числом участников 750 не было зарегистрировано никаких связанных с этим нежелательных явлений. Даже когда упражнения выполняются с более тяжелыми нагрузками (80 %

от 1-повторного максимума), эффективность и безопасность вмешательства остаются неизменными [93].

Тренировки с отягощениями оказались эффективной стратегией для предотвращения ухудшения состояния мышц и потери силы, вызванных старением и хроническими заболеваниями. По сравнению с аэробными упражнениями тренировки с отягощениями вызывают гораздо большую гипертрофическую и силовую адаптацию в скелетной мышечной ткани [57]. У пожилых людей, находящихся в острой госпитализации, недавний метаанализ (Carneiro M. A. S. et al., 2021) выявил улучшение силы хвата кисти и максимального жима ногами на 2,5 кг и 19,3 кг соответственно после внедрения высокочастотной (5–7 дней в неделю) программы тренировок с отягощениями. Также отмечено улучшение среднего балла в краткосрочной физической батарее на 1,79, что указывает на улучшение функциональных возможностей нижних конечностей [94].

L. M. G. Verstraeten и коллеги (2024) обнаружили, что прогрессивные силовые тренировки могут улучшить физическую форму госпитализированных пожилых людей, которые не могут ходить [95]. I. Jeong с соавторами (2024) подчеркнули потенциал силовых упражнений в регулировании уровня активных форм кислорода в митохондриях (mtROS), стимуляции митохондриального биосинтеза и усилении митохондриальной аутофагии в стареющих скелетных мышцах [96].

Y. Dun с коллегами (2024) провели рандомизированное контролируемое исследование с участием 84 пожилых людей, которое продемонстрировало, что высокоинтенсивные интервальные тренировки (High-Intensity Interval Training, HIIT) приводят к значительному увеличению мышечного индекса и силы хвата по сравнению с непрерывными тренировками средней интенсивности [97]. Исследование, выполненное в 2020 г. A. B. Leuchtmann и соавторами, выявило, что тренировки с отягощением и HIIT были одинаково эффективны против саркопении. Здоровые мужчины старшего возраста ($66,5 \pm 3,8$ года) находились в течение 12 недель наблюдения в обычном режиме физических нагрузок (контрольная группа), либо участвовали в программе тренировок с отягощением или в интервальных тренировках высокой интенсивности в течение этого же периода. Авторы показали, что как силовые тренировки, так и HIIT улучшают васкуляризацию скелетных мышц и активность сукцинатдегидрогеназы миоцитов [98]. V. R. Dos Santos с коллегами (2024) доказали, что 12-недельная программа силовых тренировок пожилых

женщин с саркопенией значительно увеличила их мышечную массу [99].

Безопасность силовых тренировок

Механистически силовые тренировки вызывают как периферические, так и центральные нагрузки на организм. Интенсивные малоповторные силовые упражнения вызывают совершенно иной гемодинамический ответ, чем аэробные упражнения, включая особенно изменения мозгового кровотока. Задержка дыхания при натуживании во время выполнения высокоинтенсивной силовой физической нагрузки представляет собой эквивалент пробы Вальсальвы и вызывает изменения гемодинамики. Сильное натуживание может быть связано с резким снижением мозгового кровотока и повышенным риском обмороков после силовых упражнений [100]. Хотя у людей с респираторными заболеваниями может быть снижена работоспособность, вызванная физиологическая реакция во время силовых тренировок, по-видимому, не приводит к опасным сердечно-легочным проявлениям. Изменения VO_2 и минутной вентиляции во время силовых тренировок пациентов аналогичны таковым изменениям у здоровых людей [101]. Хотя существует несколько явных различий в последствиях и проявлениях хронических респираторных заболеваний и COVID-19, некоторые исследования предполагают лучшую переносимость силовых тренировок в сравнении с аэробными нагрузками [102, 103].

Кроме того, прерывистый характер типичной сессии силовых тренировок позволяет выполнять суммарно больший объем нагрузки, сводя к минимуму риск обострения симптомов [104]. Вероятно, сочетание этих положительных факторов (паузы между подходами при выполнении упражнений, меньшая нагрузка на дыхательную и сердечно-сосудистую системы) приводит к хорошей переносимости силовых тренировок.

Так, систематический обзор (Н. Rice et al., 2020) подтвердил, что силовые тренировки переносились лучше, чем аэробные упражнения (86–95 % против 73 %), у лиц, госпитализированных с ХОБЛ или внебольничной пневмонией [103]. Однако переносимость измерялась по посещаемости сеансов, а не по физическим параметрам, со значительным количеством пропусков из-за логистических причин, таких как прерывания медицинским персоналом или недоступность пациента/терапевта, и, следовательно, это может создавать предвзятость отбора пациентов.

Исключение лиц с определенными клиническими особенностями в некоторых

исследованиях может привести к ограниченной применимости их результатов к пациенту с COVID-19, который, вероятно, страдает от множественных сопутствующих заболеваний [42, 105]. Например, исследование М. Kongsgaard и соавторов (2004) при скрининге ХОБЛ исключило лиц с сердечными заболеваниями, однако после госпитализации с ХОБЛ сопутствующие сердечные заболевания были зарегистрированы у 42,2 % пациентов [93]. Кроме того, вышеупомянутый систематический обзор Н. Rice и коллег (2020) исключил из своих участников пациентов интенсивной терапии — группу, которая, вероятно, больше всего выиграет от применения силовых тренировок из-за высокой вероятности потери мышечной массы и силы [103].

Таким образом, силовые тренировки считаются достаточно безопасными для пациентов и могут входить в реабилитационные программы после перенесенного COVID-19.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физическая реабилитация является обязательным компонентом восстановления пациентов после перенесенного COVID-19. Физические упражнения входят в комплексную программу лечения саркопении, которая бывает частым осложнением тяжелой коронавирусной инфекции. Многочисленные исследования доказали необходимость дозированной аэробной и/или силовой нагрузки в комплексной программе реабилитации реконвалесцентов COVID-19. Long-COVID-19 также требует применения комплексных программ тренировок с целью восстановления силовых и функциональных параметров скелетной мускулатуры. Некоторые авторы считают, что возможно применение интервальных тренировок высокой интенсивности с целью улучшения скелетных мышц. Ряд упражнений с применением велоэргометрии в положении лежа может выполняться даже у тяжелобольных пациентов при постельном режиме. Негативную роль в развитии саркопении у гериатрических пациентов сыграл период самоизоляции, сопровождаемый гиподинамией, нарушением пищевого рациона, психоэмоциональным стрессом. Пожилые и старые люди, выполнявшие регулярные физические упражнения дома в период самоизоляции, отмечали гораздо лучшую сохранность параметров скелетных мышц. Телемедицинские консультации предоставили хорошую возможность дистанционного контроля состояния здоровья пациентов с COVID-19 и Long-COVID-19, поэтому оказали большую пользу для здоровья. Следует отметить, что реабилитация пациентов после перенесенного COVID-19 должна

осуществляться после проведения КГО для выявления синдрома старческой астении бригадой медицинских специалистов под руководством врача-гериатра.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding Sources: This study had no external funding sources.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Conflict of Interests. The authors declare no conflicts of interest.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

ORCID АВТОРОВ:

Курмаев Д. П. / Kurmaev D. P. — 0000-0003-4114-5233
Булгакова С. В. / Bulgakova S. V. — 0000-0003-0027-1786
Тренева Е. В. / Treneva E. V. — 0000-0003-0097-7252
Косарева О. В. / Kosareva O. V. — 0000-0002-5754-1057
Шаронова Л. А. / Sharonova L. A. — 0000-0001-8827-4919
Долгих Ю. А. / Dolgikh Yu. A. — 0000-0001-6678-6411

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Лобанова О. А., Трусова Д. С., Руденко Е. Е. и др. Патоморфология новой коронавирусной инфекции COVID-19. // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. — 2020. — Т. 35. 3 3. С. 47–52. [Lobanova O. A., Trusova D. S., Rudenko E. E., et al. Pathomorphology of a new coronavirus infection COVID-19. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2020 ; 35 (3) : 47–52. (In Russ.)]. doi: 10.29001/2073-8552-2020-35-3-47-52.
2. Chuang H. J., Lin C. W., Hsiao M. Y., et al. Long COVID and rehabilitation. *J Formos Med Assoc*. 2024 ; 123 Suppl 1 : S61–S69. doi: 10.1016/j.jfma.2023.03.022.
3. González-Islas D., Flores-Cisneros L., Orea-Tejeda A., et al. The association between body composition phenotype and insulin resistance in post-COVID-19 syndrome patients without diabetes: A cross-sectional, single-center study. *Nutrients*. 2024 ; 16 (15) : 2468. doi: 10.3390/nu16152468.
4. Cruz-Jentoft A. J., Baeyens J. P., Bauer J. M., et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010 ; 39 (4) : 412–423. doi: 10.1093/ageing/afq034.
5. Sayer A. A., Cooper R., Arai H., et al. Sarcopenia. *Nat Rev Dis Primers*. 2024 ; 10 (1) : 68. doi: 10.1038/s41572-024-00550-w.

6. Deng X., Wang P., Yuan H. Epidemiology, risk factors across the spectrum of age-related metabolic diseases. *J Trace Elem Med Biol*. 2020 ; 61 : 126497. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126497.
7. Chhetri J. K., de SoutoBarreto P., Fougère B., et al. Chronic inflammation and sarcopenia: A regenerative cell therapy perspective. *Exp Gerontol*. 2018 ; 103 : 115–123. doi: 10.1016/j.exger.2017.12.023.
8. Иванникова Е. В., Дудинская Е. Н., Онучина Ю. С. Метаболизм мышечной ткани у лиц пожилого возраста. // *Российский журнал гериатрической медицины*. — 2022. — № 2. — С. 96–102. [Ivannikova E. V., Dudinskaya E. N., Onuchina Yu. S. Muscle metabolism in older adults. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2022 ; (2) : 96–102. (In Russ.)]. doi: 10.37586/2686-8636-2-2022-96-102.
9. Сафонова Ю. А., Торопцова Н. В. Частота и факторы риска саркопении у людей старших возрастных групп. // *Клиницист*. — 2022. — Т. 16, № 2. — С. 40–47. [Safonova Yu. A., Toroptsova N. V. Frequency and risk factors of sarcopenia in the elderly people. *The Clinician*. 2022 ; 16 (2) : 40–47. (In Russ.)]. doi: 10.17650/1818-8338-2022-16-2-K661.
10. Тополянская С. В. Саркопения, ожирение, остеопороз и старость. // *Сеченовский вестник*. — 2020. — Т. 11, № 4. — С. 23–35. [Topolyanskaya S. V. Sarcopenia, obesity, osteoporosis and old age. *Sechenov Medical Journal*. 2020 ; 11 (4) : 23–35. (In Russ.)]. doi: 10.47093/2218-7332.2020.11.4.23-35.
11. Bilski J., Pierzchalski P., Szczepanik M., et al. Multifactorial mechanism of sarcopenia and sarcopenic obesity. Role of physical exercise, microbiota and myokines. *Cells*. 2022 ; 11 (1) : 160. doi: 10.3390/cells11010160.
12. McAuley H. J. C., Harvey-Dunstan T. C., Craner M., et al. Longitudinal changes to quadriceps thickness demonstrate acute sarcopenia following admission to hospital for an exacerbation of chronic respiratory disease. *Thorax*. 2021 ; 76 (7) : 726–728. doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-215949.
13. de Andrade-Junior M. C., de Salles I. C. D., de Brito C. M. M., et al. Skeletal muscle wasting and function impairment in intensive care patients with severe COVID-19. *Front Physiol*. 2021 ; 12 : 640973. doi: 10.3389/fphys.2021.640973.
14. De Spiegeleer A., Kahya H., Sanchez-Rodriguez D., et al. Acute sarcopenia changes following hospitalization: influence of pre-admission care dependency level. *Age Ageing*. 2021 ; 50 (6) : 2140–2146. doi: 10.1093/ageing/afab163.
15. Hartley P., Romero-Ortuno R., Wellwood I., Deaton C. Changes in muscle strength and physical function in older patients during and after hospitalisation: a prospective repeated-measures cohort study. *Age Ageing*. 2021 ; 50 (1) : 153–160. doi: 10.1093/ageing/afaa103.
16. Tanner R. E., Brunker L. B., Agergaard J., et al. Age-related differences in lean mass, protein synthesis and skeletal muscle markers of proteolysis after bed rest and exercise rehabilitation. *J Physiol*. 2015 ; 593 (18) : 4259–4273. doi: 10.1113/JP270699.
17. Woolford S. J., D'Angelo S., Curtis E. M., et al. COVID-19 and associations with frailty and multimorbidity: a prospective analysis of UK biobank participants. *Aging Clin Exp Res*. 2020 ; 32 (9) : 1897–1905. doi: 10.1007/s40520-020-01653-6.
18. Ким О. Т., Драпкина О. М., Родионова Ю. В. Публикационная активность исследователей по медицинским специальностям на русском языке во время пандемии COVID-19: «постковидный синдром». // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. — 2022. — Т. 21, № 6. — С. 22–31. [Kim O. T., Drapkina O. M., Rodionova Yu. V. Russian-language publication activity of medical researchers in during the COVID-19 pandemic: «post-COVID-19 syndrome». *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022 ; 21 (6) : 3299. (In Russ.)]. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3299.
19. Piotrowicz K., Gąsowski J., Michel J. P., Veronese N. Post-COVID-19 acute sarcopenia: physiopathology and

management. *Aging Clin Exp Res.* 2021 ; 33 (10) : 2887–2898. doi: 10.1007/s40520-021-01942-8.

20. Петров М. В., Белугина Т. Н., Бурмистрова Л. Ф., Грачева Ю. Н. Сравнительная оценка качества жизни пациентов со старческой астенией и перенесенным COVID-19 через 3 и 6 месяцев после выписки из стационара. // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* — 2022. — Т. 37, № 1. — С. 123–128. [Petrov M. V., Belugina T. N., Burmistrova L. F., Gracheva J. N. Comparative characteristics of the quality of life in patients with senile asthenia and history of COVID-19 three and six months after discharge from the hospital. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2022 ; 37 (1) : 123–128. (In Russ.)]. doi: 10.29001/2073-8552-2022-37-1-123-128.

21. Бердников Г. А., Кудряшова Н. Е., Мигунова Е. В. и др. Развитие рhabдомиолиза в отдаленном периоде перенесенной новой коронавирусной инфекции COVID-19 (клиническое наблюдение). // *Журнал им. Н. В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* — 2021. — Т. 10, № 3. — С. 452–459. [Berdnikov G. A., Kudryashova N. Y., Migunova E. V., et al. Development of rhabdomyolysis in the long-term period of previous new coronavirus infection COVID-19 (Clinical case report). *Russian Sklifosovsky Journal «Emergency Medical Care».* 2021 ; 10 (3) : 452–459. (In Russ.)]. doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-3-452-459.

22. Курмаев Д. П., Булгакова С. В., Тренева Е. В., Четверикова И. С. Старческая астения, саркопения и COVID-19 у гериатрических пациентов (обзор литературы). // *Успехи геронтологии.* — 2022. — Т. 35, № 5. — С. 726–736. [Kurmaev D. P., Bulgakova S. V., Treneva E. V., Chetverikova I. S. Frailty, sarcopenia and COVID-19 in geriatric patients (Literature review). *Advances in Gerontology.* 2022 ; 35 (5) : 726–736. (In Russ.)]. doi: 10.34922/AE.2022.35.5.009.

23. Ткачева О. Н., Котовская Ю. В., Алексанян Л. А. и др. Согласованная позиция экспертов Российской ассоциации геронтологов и гериатров «Новая коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 у пациентов пожилого и старческого возраста: особенности профилактики, диагностики и лечения» (основные положения). // *Российский журнал гериатрической медицины.* — 2020. — № 4. — С. 281–293 [Tkacheva O. N., Kotovskaya Yu. V., Aleksanian L. A., et al. Consensus statement of the Russian association of gerontologists and geriatricians «Novel coronavirus SARS-COV-2 infection in older adults: specific issues of prevention, diagnostics and management» (key points). *Russian Journal of Geriatric Medicine.* 2020 ; (4) : 281–293. (In Russ.)]. doi: 10.37586/2686-8636-4-2020-281-293.

24. Булгакова С. В., Курмаев Д. П., Тренева Е. В. Саркопения и COVID-19 — сложный патологический дуэт. // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* — 2024. — № 8. — С. 196–215. [Bulgakova S. V., Kurmaev D. P., Treneva E. V. Sarcopenia and COVID-19 — a complex pathological duet. *Experimental and Clinical Gastroenterology.* 2024 ; (8) : 196–215. (In Russ.)]. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-228-8-196-215.

25. Котова М. Б., Максимов С. А., Шальнова С. А. и др. Уровни и виды физической активности в России по данным исследования ЭССЕ-РФ: есть ли след пандемии COVID-19? // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* — 2023. — Т. 22, № 8S. — С. 44–55. [Kotova M. B., Maksimov S. A., Shalnova S. A., et al. Levels and types of physical activity in Russia according to the ESSE-RF study: is there a trace of the COVID-19 pandemic? *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2023 ; 22 (8S) : 3787. (In Russ.)]. doi: 10.15829/1728-8800-2023-3787.

26. Муканеева Д. К., Концевая А. В., Анциферова А. А. и др. Ассоциация ограничительных мер, обусловленных пандемией COVID-19, с изменением физической активности взрослого населения России. // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* — 2021. — Т. 20, № 7. — С. 6–14. [Mukaneeva D. K., Kontsevaya A. V., Antsiferova A. A.,

et al. Association of COVID-19 lockdown measures with changes in physical activity of the adult population of Russia. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2021 ; 20 (7) : 2938. (In Russ.)]. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2938.

27. Greenhalgh T., Knight M., A'Court C., et al. Management of post-acute covid-19 in primary care. *BMJ.* 2020 ; 370 : m3026. doi: 10.1136/bmj.m3026.

28. Morley J. E., Kalantar-Zadeh K., Anker S. D. COVID-19: a major cause of cachexia and sarcopenia? *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020 ; 11 (4) : 863–865. doi: 10.1002/jcsm.12589.

29. Kirwan R., McCullough D., Butler T., et al. Sarcopenia during COVID-19 lockdown restrictions: long-term health effects of short-term muscle loss. *Geroscience.* 2020 ; 42 (6) : 1547–1578. doi: 10.1007/s11357-020-00272-3.

30. Welch C., K Hassan-Smith Z., A Greig C., et al. Acute sarcopenia secondary to hospitalisation — an emerging condition affecting older adults. *Aging Dis.* 2018 ; 9 (1) : 151–164. doi: 10.14336/AD.2017.0315.

31. Goodwin V. A., Allan L., Bethel A., et al. Rehabilitation to enable recovery from COVID-19: a rapid systematic review. *Physiotherapy.* 2021 ; 111 : 4–22. doi: 10.1016/j.physio.2021.01.007.

32. Thomas P., Baldwin C., Bissett B., et al. Physiotherapy management for COVID-19 in the acute hospital setting: clinical practice recommendations. *J Physiother.* 2020 ; 66 (2) : 73–82. doi: 10.1016/j.jphys.2020.03.011.

33. Kuang Q. F., Ni Y. Q., Liu Y. S. Frontiers in nondrug treatment of sarcopenia: a review of pathological mechanisms and the latest treatment strategies. *Aging Med (Milton).* 2025 ; 8 (3) : 200–209. doi: 10.1002/agm2.70011.

34. Самойлова Ю. Г., Матвеева М. В., Хорошунова Е. А., и др. Кардиометаболические факторы риска у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и саркопенией. // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* — 2024. — Т. 23, № 1. — С. 51–61. [Samoilova Yu. G., Matveeva M. V., Khoroshunova E. A., et al. Cardiometabolic risk factors in patients with type 2 diabetes and sarcopenia. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2024 ; 23 (1) : 3655. (In Russ.)]. doi: 10.15829/1728-8800-2024-3655.

35. Карасева А. А., Худякова А. Д., Рагино Ю. И. Нарушения метаболизма и риск заболевания COVID-19. // *Сибирский научный медицинский журнал.* — 2022. — Т. 42, № 1. — С. 4–12. [Karaseva A. A., Khudyakova A. D., Ragino Yu. I. Metabolic disorders and the risk of COVID-19. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2022 ; 42 (1) : 4–12. (In Russ.)]. doi: 10.18699/SSMJ20220101.

36. Garg S., Kim L., Whitaker M., et al. Hospitalization rates and characteristics of patients hospitalized with laboratory-confirmed coronavirus disease 2019 — COVID-NET, 14 States, March 1–30, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020 ; 69 (15) : 458–464. doi: 10.15585/mmwr.mm6915e3.

37. Ammar A., Brach M., Trabelsi K., et al. Effects of COVID-19 home confinement on eating behaviour and physical activity: results of the ECLB-COVID19 international online survey. *Nutrients.* 2020 ; 12 (6) : 1583. doi: 10.3390/nu12061583.

38. Breen L., Stokes K. A., Churchward-Venne T. A., et al. Two weeks of reduced activity decreases leg lean mass and induces «anabolic resistance» of myofibrillar protein synthesis in healthy elderly. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013 ; 98 (6) : 2604–2612. doi: 10.1210/jc.2013-1502.

39. Abadi A., Glover E. I., Isfort R. J., Raha S., Safdar A., Yasuda N., et al. Limb immobilization induces a coordinate down-regulation of mitochondrial and other metabolic pathways in men and women. *PLoS One.* 2009 ; 4 (8) : e6518. doi: 10.1371/journal.pone.0006518.

40. Dos Santos C., Hussain S. N., Mathur S., et al. Mechanisms of chronic muscle wasting and dysfunction after an intensive care unit stay. A pilot study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016 ; 194 (7) : 821–830. doi: 10.1164/rccm.201512-2344OC.
41. Kilroe S. P., Fulford J., Jackman S. R., VAN Loon L. J. C., Wall B. T. Temporal Muscle-specific Disuse Atrophy during One Week of Leg Immobilization. *Med Sci Sports Exerc*. 2020 ; 52 (4) : 944–954. doi: 10.1249/MSS.0000000000002200.
42. Zhou F., Yu T., Du R., et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2020 ; 395 (10229) : 1054–1062. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30566-3.
43. Guan W. J., Ni Z. Y., Hu Y., et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med*. 2020 ; 382 (18) : 1708–1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
44. Ali A. M., Kunugi H. Skeletal muscle damage in COVID-19: a call for action. *Medicina (Kaunas)*. 2021 ; 57 (4) : 372. doi: 10.3390/medicina57040372.
45. Welch C., Greig C., Masud T., et al. COVID-19 and Acute Sarcopenia. *Aging Dis*. 2020 ; 11 (6) : 1345–1351. doi: 10.14336/AD.2020.1014.
46. English K. L., Paddon-Jones D. Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010 ; 13 (1) : 34–39. doi: 10.1097/MCO.0b013e3283333aa66.
47. Huang C., Huang L., Wang Y., et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. *Lancet*. 2023 ; 401 (10393) : e21–e33. doi: 10.1016/S0140-6736(23)00810-3.
48. Carvalho-Schneider C., Laurent E., Lemaigen A., et al. Follow-up of adults with noncritical COVID-19 two months after symptom onset. *Clin Microbiol Infect*. 2021 ; 27 (2) : 258–263. doi: 10.1016/j.cmi.2020.09.052.
49. Hastie C. E., Lowe D. J., McAuley A., et al. Outcomes among confirmed cases and a matched comparison group in the Long-COVID in Scotland study. *Nat Commun*. 2022 ; 13 (1) : 5663. doi: 10.1038/s41467-022-33415-5.
50. Bahmer T., Borzikowsky C., Lieb W., et al. Severity, predictors and clinical correlates of Post-COVID syndrome (PCS) in Germany: A prospective, multi-centre, population-based cohort study. *EClinicalMedicine*. 2022 ; 51 : 101549. doi: 10.1016/j.eclinm.2022.101549.
51. Subramanian A., Nirantharakumar K., Hughes S., et al. Symptoms and risk factors for long COVID in non-hospitalized adults. *Nat Med*. 2022 ; 28 (8) : 1706–1714. doi: 10.1038/s41591-022-01909-w.
52. Xu Y., Xu J. W., You P., et al. Prevalence of Sarcopenia in patients with COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Front Nutr*. 2022 ; 9 : 925606. doi: 10.3389/fnut.2022.925606.
53. Paneroni M., Simonelli C., Saleri M., et al. Muscle strength and physical performance in patients without previous disabilities recovering from COVID-19 pneumonia. *Am J Phys Med Rehabil*. 2021 ; 100 (2) : 105–109. doi: 10.1097/PHM.0000000000001641.
54. Gérard M., Mahmutovic M., Malgras A., et al. Long-term evolution of malnutrition and loss of muscle strength after COVID-19: a major and neglected component of Long COVID-19. *Nutrients*. 2021 ; 13 (11) : 3964. doi: 10.3390/nu13113964.
55. Evans R. A., McAuley H., Harrison E. M., et al. Physical, cognitive, and mental health impacts of COVID-19 after hospitalisation (PHOSP-COVID): a UK multicentre, prospective cohort study. *Lancet Respir Med*. 2021 ; 9 (11) : 1275–1287. doi: 10.1016/S2213-2600(21)00383-0.
56. Barrea L., Grant W. B., Frias-Toral E., et al. Dietary Recommendations for Post-COVID-19 Syndrome. *Nutrients*. 2022 ; 14 (6) : 1305. doi: 10.3390/nu14061305.
57. Mills G., Daynes E., McAuley H. J. C., et al. Resistance Training in Post-COVID Recovery: Rationale and Current Evidence. *J Frailty Sarcopenia Falls*. 2023 ; 8 (3) : 188–194. doi: 10.22540/JFSF-08-188.
58. Ларина В. Н., Карпенко Д. Г., Соловьев С. С., Шерегова Е. Н. Подходы к реабилитации пациентов старшего возраста после перенесенной пневмонии, вызванной SARS-CoV-2: преемственность стационарного и амбулаторного этапов. // *Российский журнал гериатрической медицины*. — 2020. — № 4. — С. 327–332. [Larina V. N., Karpenko D. G., Soloviyev S. S., Sheregova E. N. Rehabilitation of the elderly patients after pneumonia caused by SARS-CoV-2: the continuity of inpatient and outpatient stages. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2020 ; (4) : 327–332. (In Russ.)]. doi: 10.37586/2686-8636-4-2020-327-332.
59. Оленская Т. Л. Опыт организации медико-социального междисциплинарного онлайн-сопровождения лиц старшего возраста в период инфекции COVID-19. // *Российский журнал гериатрической медицины*. — 2021. — № 4. — С. 435–443. [Alenskaya T. L. Experience in organizing medical and social interdisciplinary online support for seniors during COVID-19 infection. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2021 ; (4) : 435–443. (In Russ.)]. doi: 10.37586/2686-8636-4-2021-435-443.
60. Soriano J. B., Murthy S., Marshall J. C., et al. A clinical case definition of post-COVID-19 condition by a Delphi consensus. *Lancet Infect Dis*. 2022 ; 22 (4) : e102–e107. doi: 10.1016/S1473-3099(21)00703-9.
61. Ткачева О. Н., Котовская Ю. В., Рунихина Н. К. и др. Клинические рекомендации «Старческая астения». // *Российский журнал гериатрической медицины*. — 2020. — № 1. — С. 11–46. [Tkacheva O. N., Kotovskaya Yu. V., Runikhina N. K., et al. Clinical guidelines on frailty. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2020 ; (1) : 11–46. (In Russ.)]. doi: 10.37586/2686-8636-1-2020-11-46.
62. Stussman B., Williams A., Snow J., et al. Characterization of post-exertional malaise in patients with Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Front Neurol*. 2020 ; 11 : 1025. doi: 10.3389/fneur.2020.01025.
63. Parker M., Sawant H. B., Flannery T., et al. Effect of using a structured pacing protocol on post-exertional symptom exacerbation and health status in a longitudinal cohort with the post-COVID-19 syndrome. *J Med Virol*. 2023 ; 95 (1) : e28373. doi: 10.1002/jmv.28373.
64. Writing Committee, Gluckman T. J., Bhavne N. M., et al. 2022 ACC expert consensus decision pathway on cardiovascular sequelae of COVID-19 in adults: Myocarditis and other myocardial involvement, Post-Acute Sequelae of SARS-CoV-2 infection, and return to play: A report of the American College of Cardiology solution set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol*. 2022 ; 79 (17) : 1717–1756. doi: 10.1016/j.jacc.2022.02.003.
65. Dani M., Dirksen A., Taraborrelli P., et al. Autonomic dysfunction in 'long COVID': rationale, physiology and management strategies. *Clin Med (Lond)*. 2021 ; 21 (1) : e63–e67. doi: 10.7861/clinmed.2020-0896.
66. Rusch H. L., Rosario M., Levison L. M., et al. The effect of mindfulness meditation on sleep quality: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann N Y Acad Sci*. 2019 ; 1445 (1) : 5–16. doi: 10.1111/nyas.13996.
67. Kriakous S. A., Elliott K. A., Lamers C., Owen R. The effectiveness of mindfulness-based stress reduction on the psychological functioning of healthcare professionals: a systematic review. *Mindfulness (N Y)*. 2021 ; 12 (1) : 1–28. doi: 10.1007/s12671-020-01500-9.
68. Hayden M. C., Limbach M., Schuler M., et al. Effectiveness of a three-week inpatient pulmonary rehabilitation program for patients after COVID-19: a prospective observational study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 ; 18 (17) : 9001. doi: 10.3390/ijerph18179001.

69. Ahmed I., Inam A. B., Belli S., et al. Effectiveness of aerobic exercise training program on cardio-respiratory fitness and quality of life in patients, recovered from COVID-19. *European Journal of Physiotherapy*. 2021 ; 24 (10) : 1–6. doi: 10.1080/21679169.2021.1909649.
70. Marcangeli V., Youssef L., Dulac M., et al. Impact of high-intensity interval training with or without l-citrulline on physical performance, skeletal muscle, and adipose tissue in obese older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022 ; 13 (3) : 1526–1540. doi: 10.1002/jcsm.12955.
71. McKendry J., Lowisz C. V., Nanthakumar A., et al. The effects of whey, pea, and collagen protein supplementation beyond the recommended dietary allowance on integrated myofibrillar protein synthetic rates in older males: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2024 ; 120 (1) : 34–46. doi: 10.1016/j.ajcnut.2024.05.009.
72. Kim S., Park J., Kim D. H., et al. Combined exercise and nutrition intervention for older women with spinal sarcopenia: an open-label single-arm trial. *BMC Geriatr*. 2023 ; 23 (1) : 346. doi: 10.1186/s12877-023-04063-1.
73. Wehrle A., Waibel S., Gollhofer A., Roecker K. Power output and efficiency during supine, recumbent, and upright cycle ergometry. *Front Sports Act Living*. 2021 ; 3 : 667564. doi: 10.3389/fspor.2021.667564.
74. Bailey D. P., Harper J. H., Kilbride C., et al. The frail-LESS (LEss sitting and sarcopenia in frail older adults) remote intervention to improve sarcopenia and maintain independent living via reductions in sedentary behaviour: findings from a randomised controlled feasibility trial. *BMC Geriatr*. 2024 ; 24 (1) : 747. doi: 10.1186/s12877-024-05310-9.
75. Saito Y., Nakamura S., Kasukawa T., et al. Efficacy of exercise with the hybrid assistive limb lumbar type on physical function in mobility-limited older adults: A 5-week randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2024 ; 195 : 112536. doi: 10.1016/j.exger.2024.112536.
76. Mo Y., Chen L., Zhou Y., et al. Sarcopenia interventions in long-term care facilities targeting sedentary behaviour and physical inactivity: A systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 ; 15 (6) : 2208–2233. doi: 10.1002/jcsm.13576.
77. Kido Y., Yoshimura Y., Wakabayashi H., et al. Effect of chair-stand exercise on improving urinary and defecation independence in post-stroke rehabilitation patients with sarcopenia. *Prog Rehabil Med*. 2024 ; 9 : 20240029. doi: 10.2490/prm.20240029.
78. Durstenfeld M. S., Sun K., Tahir P., et al. Use of cardiopulmonary exercise testing to evaluate Long COVID-19 symptoms in adults: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2022 ; 5 (10) : e2236057. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.36057.
79. Singh I., Joseph P., Heerdt P. M., et al. Persistent exertional intolerance after COVID-19: insights from invasive cardiopulmonary exercise testing. *Chest*. 2022 ; 161 (1) : 54–63. doi: 10.1016/j.chest.2021.08.010.
80. Mancini D. M., Brunjes D. L., Lala A., et al. Use of cardiopulmonary stress testing for patients with unexplained dyspnea post-coronavirus disease. *JACC Heart Fail*. 2021 ; 9 (12) : 927–937. doi: 10.1016/j.jchf.2021.10.002.
81. Abdallah S. J., Voduc N., Corrales-Medina V. F., et al. Symptoms, pulmonary function, and functional capacity four months after COVID-19. *Ann Am Thorac Soc*. 2021 ; 18 (11) : 1912–1917. doi: 10.1513/AnnalsATS.202012-1489RL.
82. Szekely Y., Lichter Y., Sadon S., et al. Cardiorespiratory abnormalities in patients recovering from coronavirus disease 2019. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021 ; 34 (12) : 1273–1284.e9. doi: 10.1016/j.echo.2021.08.022.
83. Nopp S., Moik F., Klok F. A., et al. Outpatient pulmonary rehabilitation in patients with long COVID improves exercise capacity, functional status, dyspnea, fatigue, and quality of life. *Respiration*. 2022 ; 101 (6) : 593–601. doi: 10.1159/000522118.
84. Chen H., Shi H., Liu X., et al. Effect of pulmonary rehabilitation for patients with post-COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2022 ; 9 : 837420. doi: 10.3389/fmed.2022.837420.
85. Jimeno-Almazán A., Franco-López F., Buendía-Romero Á., 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. doi: 10.1111/sms.14240.
86. Compagno S., Palermi S., Pescatore V., et al. Physical and psychological reconditioning in long COVID syndrome: Results of an out-of-hospital exercise and psychological – based rehabilitation program. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2022 ; 41 : 101080. doi: 10.1016/j.ijcha.2022.101080.
87. Vieira A. G. D. S., Pinto A. C. P. N., Garcia B. M. S. P., et al. Telerehabilitation improves physical function and reduces dyspnoea in people with COVID-19 and post-COVID-19 conditions: a systematic review. *J Physiother*. 2022 ; 68 (2) : 90–98. doi: 10.1016/j.jphys.2022.03.011.
88. Ahmadi Hekmatikar A. H., Ferreira Júnior J. B., Shahrbanian S., Suzuki K. Functional and psychological changes after exercise training in post-COVID-19 patients discharged from the hospital: a PRISMA-compliant systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 ; 19 (4) : 2290. doi: 10.3390/ijerph19042290.
89. Тренева Е. В., Булгакова С. В., Фатенков О. В. и др. Возможности применения телемедицинских вмешательств в рамках оказания специализированной эндокринологической помощи населению. // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. — 2024. — № 8. — С. 281–290. [Treneva E. V., Bulgakova S. V., Fatenkov O. V., et al. Possibilities of using telemedical interventions in the framework of providing specialized endocrinological care to the population. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2024 ; (8) : 281–290. (In Russ.)]. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-228-8-281-290.
90. Ortiz-Alonso J., Bustamante-Ara N., Valenzuela P. L., et al. Effect of a simple exercise program on hospitalization-associated disability in older patients: a randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2020 ; 21 (4) : 531–537.e1. doi: 10.1016/j.jamda.2019.11.027.
91. Troosters T., Probst V. S., Crul T., et al. Resistance training prevents deterioration in quadriceps muscle function during acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010 ; 181 (10) : 1072–1077. doi: 10.1164/rccm.200908-1203OC.
92. Liao W. H., Chen J. W., Chen X., et al. Impact of resistance training in subjects with COPD: a systematic review and meta-analysis. *Respir Care*. 2015 ; 60 (8) : 1130–1145. doi: 10.4187/respcare.03598.
93. Kongsgaard M., Backer V., Jørgensen K., et al. Heavy resistance training increases muscle size, strength and physical function in elderly male COPD-patients – a pilot study. *Respir Med*. 2004 ; 98 (10) : 1000–1007. doi: 10.1016/j.rmed.2004.03.003.
94. Carneiro M. A. S., Franco C. M. C., Silva A. L., et al. Resistance exercise intervention on muscular strength and power, and functional capacity in acute hospitalized older adults: a systematic review and meta-analysis of 2498 patients in 7 randomized clinical trials. *Geroscience*. 2021 ; 43 (6) : 2693–2705. doi: 10.1007/s11357-021-00446-7.
95. Verstraeten L. M. G., Reijnierse E. M., Spoelstra T., et al. The impact of mobility limitations on geriatric rehabilitation outcomes: Positive effects of resistance exercise training (RESORT). *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 ; 15 (5) : 2094–2103. doi: 10.1002/jcsm.13557.
96. Jeong I., Cho E. J., Yook J. S., et al. Mitochondrial adaptations in aging skeletal muscle: implications for resistance exercise training to treat sarcopenia. *Life (Basel)*. 2024 ; 14 (8) : 962. doi: 10.3390/life14080962.

97. Dun Y., Zhang W., Du Y., et al. High-intensity interval training mitigates sarcopenia and suppresses the myoblast senescence regulator EEF1E1. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 ; 15 (6) : 2574–2585. doi: 10.1002/jcsm.13600.
98. Leuchtmann A. B., Mueller S. M., Aguayo D., et al. Resistance training preserves high-intensity interval training induced improvements in skeletal muscle capillarization of healthy old men: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2020 ; 10 (1) : 6578. doi: 10.1038/s41598-020-63490-x.
99. Dos Santos V. R., Antunes M., Dos Santos L., et al. Effects of different resistance training frequencies on body composition, muscular strength, muscle quality, and metabolic biomarkers in sarcopenic older women. *J Strength Cond Res*. 2024 ; 38 (9) : e521–e528. doi: 10.1519/JSC.0000000000004827.
100. Perry B. G., Lucas S. J. E. The acute cardiorespiratory and cerebrovascular response to resistance exercise. *Sports Med Open*. 2021 ; 7 (1) : 36. doi: 10.1186/s40798-021-00314-w.
101. Houchen-Wolhoff L., Sandland C. J., Harrison S. L., et al. Ventilatory requirements of quadriceps resistance training in people with COPD and healthy controls. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014 ; 9 : 589–595. doi: 10.2147/COPD.S59164.
102. Probst V. S., Troosters T., Pitta F., et al. Cardiopulmonary stress during exercise training in patients with COPD. *Eur Respir J*. 2006 ; 27 (6) : 1110–1118. doi: 10.1183/09031936.06.00110605.
103. Rice H., Harrold M., Fowler R., et al. Exercise training for adults hospitalized with an acute respiratory condition: a systematic scoping review. *Clin Rehabil*. 2020 ; 34 (1) : 45–55. doi: 10.1177/0269215519877930.
104. Beauchamp M. K., Nonoyama M., Goldstein R. S., et al. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease — a systematic review. *Thorax*. 2010 ; 65 (2) : 157–164. doi: 10.1136/thx.2009.123000.
105. Wang D., Hu B., Hu C., et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020 ; 323 (11) : 1061–1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585.