

ОСОБЕННОСТИ КАРДИОРЕАБИЛИТАЦИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПАНДЕМИИ COVID-19



© К.С. Авдеева*, Т.И. Петелина, А.В. Горбачевский, Ю.А. Шароян, И.Н. Редькина

Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Томск, Россия

Аннотация. На заболевания, связанные с метаболическим синдромом, приходится две трети смертей от неинфекционных заболеваний, большинство из которых могут начинаться еще в раннем возрасте. Провоспалительная среда, наблюдаемая у пациентов с МС при ожирении, может способствовать нарушению иммунной регуляции у пациентов с COVID 19, включая неоптимальные иммунные реакции, гипервоспаление, микрососудистую дисфункцию и тромбоз. Физические упражнения могут быть одной из ключевых мер по уменьшению воспаления у лиц с COVID-19, страдающих ожирением, поскольку могут снизить количество и размер адипоцитов, а также воспалительную реакцию и экспрессию цитокинов, связанные с нарушением иммунной регуляции, опосредованной избытком жировой ткани. С учетом увеличения количества людей с метаболическим синдромом и значимости данной патологии в контексте последствий пандемии COVID-19, а также с учетом важности физической активности в лечении, реабилитации и профилактики факторов кардиометаболического риска, необходимо рассмотреть основные аспекты патогенеза МС, особенности реабилитационных стратегий у пациентов с метаболическим синдромом и ожирением с последствиями перенесенной новой коронавирусной инфекции (НКВИ). Целью обзора стал поиск, обобщение и обсуждение имеющихся литературных данных по развитию и патогенезу метаболического синдрома в длительном постковидном периоде, а также систематизация имеющихся методов кардиореабилитации у данной категории лиц.

Материалы и методы. Поиск и отбор литературных источников осуществлялся в системе опубликованных исследований в научных базах cyberleninka.ru, elibrary.ru, link.springer.com, frontiersin.org, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov, Web of Science, Google Scholar и других.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метаболический синдром; артериальная гипертензия; инсулинорезистентность; ожирение; приверженность к лечению; физическая активность; кардиореабилитация.

CARDIOREHABILITATION OF METABOLIC SYNDROME IN THE AFTERMATH OF THE COVID-19 PANDEMIC

© Ksenia S. Avdeeva*, Tatiana I. Petelina, Irina N. Redkina, Yulia A. Sharoyan, Alexandr V. Gorbachevskii

Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center Of The Russian Academy Of Sciences, Tomsk

ABSTRACT: Metabolic syndrome-related diseases account for two-thirds of non-communicable disease deaths, most of which may begin early in life. The pro-inflammatory environment observed in obese MS patients may contribute to immune dysregulation in COVID-19 patients, including suboptimal immune responses, hyperinflammation, microvascular dysfunction, and thrombosis. Exercise may be a key intervention to reduce inflammation in obese COVID-19 patients as it may reduce adipocyte number and size, as well as inflammatory response and cytokine expression associated with excess adipose tissue-mediated immune dysregulation. Given the increasing number of people with metabolic syndrome and the significance of this pathology in the context of the consequences of the COVID-19 pandemic, as well as the importance of physical activity in the treatment, rehabilitation and prevention of cardiometabolic risk factors, it is necessary to consider the main aspects of the pathogenesis of MS, the features of rehabilitation strategies in patients with metabolic syndrome and obesity with the consequences of previous NVI. The aim of the review was to search, summarize and discuss the available literature data on the development and pathogenesis of metabolic syndrome in the long-term post-COVID period, as well as systematize the available methods of cardiac rehabilitation in this category of people.

MATERIALS AND METHODS: The search and selection of literary sources was carried out in the system of published research in scientific databases cyberleninka.ru, elibrary.ru, link.springer.com, frontiersin.org, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov, Web of Science, Google Scholar and others.

KEYWORDS: metabolic syndrome; arterial hypertension; insulin resistance; obesity; adherence to treatment; physical activity; cardiac rehabilitation.

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



ВВЕДЕНИЕ

Метаболический синдром (МС) — одна из основных проблем здравоохранения в последние годы. МС не является единым заболеванием, это совокупность состояний, которые возникают одновременно и повышают риск сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Основными его компонентами являются ожирение, гипертония, дислипидемия и инсулинорезистентность [1]. Также с МС связаны такие сопутствующие состояния, как протромботическое и провоспалительное состояние, неалкогольная жировая болезнь печени и репродуктивные нарушения [2]. Для постановки диагноза метаболического синдрома используются шесть показателей: окружность талии, уровень глюкозы натощак, уровень триглицеридов, уровень липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), уровень холестерина и величина артериального давления. При несвоевременной коррекции МС значительно повышается риск развития сахарного диабета и сердечно-сосудистых заболеваний [5].

Согласно мнению Van Alsten S.C., данный синдром необходимо рассматривать как системное воспалительное состояние, причем одним из независимых факторов, вызывающих воспаление является низкая физическая активность [3]. МС — это патологическое состояние, при котором в одном организме объединяются несколько факторов метаболического риска, а взаимная корреляция компонентов являются общей почвой для хронических заболеваний, образуя порочный круг, серьезно ухудшающий физическое и психическое здоровье, снижающий качество жизни и приводящий к тяжелым экономическим последствиям [4].

Двумя основными причинами распространения МС являются увеличение потребления высококалорийной пищи, а также снижение физической активности из-за механизированных транспортных средств и сидячего образа жизни. Общая стоимость лечения МС, включая расходы на здравоохранение и потерю потенциальной экономической активности, в мире исчисляется триллионами долларов, что делает крайне важным разработку эффективных программ реабилитации МС и повышения физической активности [6].

Целью обзора стал поиск, обобщение и обсуждение имеющихся литературных данных по развитию и патогенезу метаболического синдрома в длительном постковидном периоде, а также систематизация имеющихся методов кардиореабилитации у данной категории лиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе применялись данные опубликованных исследований в научных базах PubMed, eLIBRARY, cyberleninka.ru, link.springer.com, frontiersin.org, Web of Science, Google Scholar, зарегистрированных с 2010 по 2025 гг. В базах было получено и проанализировано 607 источников, из которых были просмотрены, но отброшены статьи более ранних лет и не полностью соответствующие тематике запроса. Для данного литературного обзора мы использовали статьи, содержащие доказательную экспериментальную и клиническую базу по наиболее современным вопросам, касающимся этиологии и патогенеза метаболического синдрома в условиях последствий пандемии

covid-19, а также вопросам, касающимся методов физической реабилитации и особенностям ее проведения у пациентов с метаболическими нарушениями.

ПАТОГЕНЕЗ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА И ЕГО СВЯЗЬ С ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ И ДЛИТЕЛЬНЫМ COVID-19

Недостаток физической активности приводит к увеличению массы тела, накоплению в организме висцерального жира и к активации воспалительных процессов [7]. По мнению Khanna D., ожирение называют хроническим вялотекущим воспалением или «метаболическим воспалением», которое лежит в основе патогенеза инсулинорезистентности и атеросклероза. Жировая ткань представляет собой сложный секреторный орган, клетки которого — адипоциты выделяют большое количество белков-адипокинов, играющих роль в воспалении, причем у людей с ожирением жировая ткань в основном выделяет провоспалительные адипокины (TNF, интерлейкин (IL)-6, лептин, ангиотензин II, висфатин и резистин), в то время как у худых людей выделяются противовоспалительные (трансформирующий фактор роста-бета (TGF), IL-4, IL-10, IL-13, антагонист рецептора IL-1 (IL-1Ra) и адипонектин) адипокины [8]. Таким образом, хроническое воспаление низкой интенсивности при ожирении характеризуется более высокой концентрацией провоспалительных цитокинов, таких как TNF- α , IL-1 β , MCP-1 и IL-6, и более низкой концентрацией противовоспалительных цитокинов, таких как IL-10, IL-4 и IL-13 [9].

По данным Yarıbeygi H., отсутствие физической активности также тесно связано с инсулинорезистентностью по меньшей мере 9 молекулярными механизмами: хроническое системное воспаление низкой степени, генетическая модуляция элементов инсулинорезистентности, нарушение функции бета-клеток поджелудочной железы, повышение риска дислипидемии и ожирения, митохондриальная дисфункция, повышение окислительного стресса, модуляция экспрессии/функции половых гормонов, уменьшение сосудистой сети, повышение выработки церамидов [10]. Golbidi S. et al утверждают, что существует несколько отдельных механизмов переноса глюкозы: один из которых стимулируется инсулином (фосфатидилинозитол-3-киназа или PI3-киназа), а другой активируется мышечным сокращением (5'AMP-активируемая протеинкиназа). Поскольку активность PI3-киназы снижена в скелетных мышцах пациентов с ожирением и инсулинорезистентностью, то альтернативным способом обойти нарушение передачи инсулинового сигнала в мышцах являются физические упражнения [11].

Интерес к физической активности как к средству борьбы с МС отчасти обусловлен тем, что в последние годы скелетные мышцы рассматриваются как орган, выделяющий активные вещества называемые миокинами. Миокины образуются при сокращении мышц, в том числе и при физических упражнениях, после чего переносятся кровью по всему телу в качестве аутокринных, паракринных или эндокринных веществ и оказывают воздействие на удаленные органы-мишени, обладая при этом многочисленными защитными и профилактическими эффектами [12]. Миокины, вырабатываемые при физических нагрузках, оказывают значительное влияние

на метаболизм жировой ткани, воздействуя на расход энергии, термogenesis и потерю веса. Понимание механизмов, с помощью которых миокины регулируют метаболизм жировой ткани, имеет решающее значение для разработки эффективных методов профилактики и лечения МС и ожирения [13].

Значение физической активности у пациентов с МС возросло с началом пандемии COVID-19, поскольку была выявлена связь между повышенной массой тела и более высокой смертностью и тяжелым течением COVID-19 [14]. Частота инфицирования COVID-19 выше среди пациентов с МС, ожирением, сахарным диабетом, гипертонией и ССЗ, поскольку провоспалительная среда, наблюдаемая у пациентов с МС и ожирением, способствует нарушению иммунной регуляции у пациентов с COVID-19, включая неоптимальные иммунные реакции, гипервоспаление, микрососудистую дисфункцию и тромбоз [15, 16].

Связь между ожирением, МС и SARS-CoV-2 во многом обусловлена механизмом метаболического воспаления, упоминаемым ранее, что предрасполагает данных пациентов к более высокому риску и тяжелому течению SARS-CoV-2 [17]. Высокий уровень рецепторов к вирусу SARS-CoV-2 в жировой ткани, способствует хроническому высвобождению воспалительных медиаторов в организме пациента, в свою очередь истощение Т-клеток из-за хронического воспаления является одной из причин замедленного выведения вируса и постоянной активации воспалительных реакций. В совокупности ослабленный иммунитет, связанный с ожирением у пациентов с МС, является критическим фактором, влияющим на прогрессирование постковидного синдрома на протяжении длительного времени [18].

Хотя 5 мая 2023 г. глава Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) объявил о завершении глобальной чрезвычайной ситуации в области здравоохранения, вызванной COVID-19, однако данное заболевание даже после излечения от него продолжает представлять глобальную угрозу из-за своих долгосрочных последствий [19]. «Длительный COVID» (ДК) можно определить как состояние, возникающее у пациентов с инфекцией, вызванной SARS-CoV-2, развивающееся через 3 месяца после появления симптомов, сохраняющееся не менее 2 месяцев и не объясняемое альтернативными диагнозами, причем данные симптомы могут меняться либо рецидивировать с течением времени [20].

Совокупная распространенность ДК составляет от 9 до 63% и в 6 раз превышает распространенность аналогичных состояний после вирусных инфекций. ДК в первую очередь включает в себя наличие как минимум 1 симптома, такого как усталость, одышка, когнитивные нарушения / «мозговой туман», недомогание после физической нагрузки, проблемы с памятью, боли / спазмы в опорно-двигательном аппарате, кашель, нарушения сна, тахикардия / учащенное сердцебиение, изменение обоняния / вкуса, головная боль, боль в груди и депрессия. Что касается лечения и реабилитации пациентов с ДК, то самой большой проблемой является тот факт, что этот синдром нельзя рассматривать как единое клиническое явление, поэтому он требует комплексного междисциплинарного подхода, учитывающего тип и тяжесть симптомов [21].

По данным Talla A. et al, признаки хронического воспаления диагностируются примерно у 60% пациентов с ДК, причем путем определения протеомной сигнатуры сыворотки крови делаются попытки выделения данной группы пациентов среди всех болеющих ДК [22]. Повышенный уровень IL-6, С-реактивного белка и TNF- α является потенциальным основным набором биомаркеров при ДК, поскольку у людей с более высоким уровнем данных веществ могут наблюдаться долгосрочные симптомы COVID-19 [23].

Также необходимо отметить, что у некоторых пациентов после заражения COVID-19 сахарный диабет, артериальная гипертония и дислипидемия диагностируются впервые. Изменения уровня глюкозы, артериального давления и липидного профиля спустя несколько месяцев после заражения SARS-CoV-2 свидетельствуют о долгосрочных физиологических изменениях в организме после излечения от COVID-19 [24].

В то же время снижение веса и степени ожирения уменьшает секрецию провоспалительных цитокинов, а регулярная физическая активность и упражнения снижают риск сопутствующих ССЗ и способствуют выработке противовоспалительных миокинов за счет сокращения мышц. Таким образом, снижение метавоспаления с помощью регулярных физических упражнений может быть особенно важным защитным механизмом против SARS-CoV-2 [17]. Физические упражнения также могут быть одной из ключевых мер по уменьшению воспаления у лиц с COVID-19, страдающих ожирением, поскольку могут уменьшить количество и размер адипоцитов, а также воспалительную реакцию и экспрессию цитокинов, связанные с нарушением иммунной регуляции, опосредованной избытком жировой ткани [25].

Таким образом, каждый клинический компонент метаболического синдрома может быть скорректирован с помощью физической активности (ФА), которая определяется как любое движение тела, производимое скелетными мышцами и требующее затрат энергии [26]. Необходимо также упомянуть, что ФА влияет не только на снижение массы тела и уменьшение воспаления, но и на всю сердечно-сосудистую систему и организм в целом:

- снижает артериальное давление и частоту сердечных сокращений за счет уменьшения высвобождения сужающего сосуда норадреналина, которое приводит к снижению активности симпатической нервной системы и расширению просвета артерий, а также снижению периферического сосудистого сопротивления;
- уменьшает чувствительность сосудов к эндотелину-1, увеличивает эндотелий-зависимую вазодилатацию за счет увеличения выработки NO;
- вызывает ремоделирование сосудов, которое включает в себя появление новых артерий, увеличение площади поперечного сечения и диаметра существующих вен и артерий, что снижает периферическое сопротивление [27].

Таким образом, понимание того, что патогенез МС, ожирения и гипертонии, как факторов риска ССЗ, после перенесенной инфекции COVID-19 во многом обусловлено дисбалансом между провоспалительными и противовоспалительными адипокинами требует разработки эффективных двигательных реабилитационных программ с целью долгосрочного восстановления после COVID-19.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВИДЫ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ У ЛЮДЕЙ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ И ДЛИТЕЛЬНЫМ COVID-19

Основными видами упражнений при лечении МС и отдельных его элементов являются аэробные и силовые тренировки. Аэробные тренировки — наиболее эффективный вид физической активности при МС, который вызывает расход энергии, снижение массы тела и количества жировой ткани в организме, а также снижение систолического и диастолического артериального давления и воспалительного процесса в сосудистой стенке [26].

Согласно современным клиническим рекомендациям, взрослому следует уделять не менее 150–300 минут в неделю аэробным физическим упражнениям умеренной интенсивности или 75–150 минут в неделю аэробным физическим упражнениям высокой интенсивности [28].

Силовые тренировки (тренировки с отягощениями) увеличивают силу и мышечную массу в большей степени, чем аэробные упражнения, а также чувствительность тканей к инсулину [26, 29]. Наибольший эффект силовых тренировок на снижение артериального давления наблюдается в протоколах с умеренной или интенсивной нагрузкой, частотой не менее 2 раз в неделю и минимальной продолжительностью 8 недель [30].

Аэробные упражнения улучшают функцию митохондрий, повышают сердечный выброс и состояние эндотелия, а силовые тренировки увеличивают мышечную массу, влияют на жесткость артерий и на артериальное давление. Вместе данные виды упражнений снижают инсулинорезистентность и способствуют улучшению контроля уровня глюкозы в крови [31].

Метаанализ Liang C. et al показал, что разные виды физической активности приводят к различным эффектам. Аэробные упражнения оказывают наибольшее влияние на повышение уровня оксида азота (NO), а силовые упражнения — на снижение уровня эндотелина-1 у пациентов с гипертонией. Таким образом, наиболее сильное влияние на уровень NO оказывают высокоинтенсивные аэробные упражнения продолжительностью 35–50 минут 3–4 раза в неделю в течение 10–12 недель, а наиболее сильное влияние на уровень эндотелина-1 оказывают силовые упражнения умеренной интенсивности продолжительностью ≥ 60 минут 6 раз в неделю в течение 15–18 недель [32].

Помимо аэробных и силовых упражнений, согласно данным Li S. et al, для улучшения факторов риска у пациентов с МС рекомендуется программа упражнений китайской гимнастики цигун низкой и средней интенсивности, 6–7 занятий в неделю в течение 24–48 недель [33].

Königstein K. et al подчеркивают, что высокая интенсивность аэробных тренировок вызывает острый воспалительный стресс. Критическим фактором, определяющим адаптацию эндотелия к физическим нагрузкам, по-видимому, является общая нагрузка, а не пик нагрузки и для улучшения функции сосудов может быть предпочтительна продолжительная нагрузка средней интенсивности, а не короткая высокоинтенсивная тренировка [34]. Данные Lino RS говорят о том, что объем и интенсивность упражнений у пациентов с перенесенным COVID-19 являются ключевыми факторами, определяющими положительное влияние ФА, поскольку высокоин-

тенсивные ($>75\%$ $\text{VO}_2 \text{ max}$) упражнения длительностью более 60 минут могут приводить к иммуносупрессивному эффекту, вследствие микротравм в мышцах-мишенях, а механический стресс, вызванный чрезмерными мышечными сокращениями, способствует увеличению выработки простагландинов и лейкотриенов и повышению уровня активных форм кислорода, что в совокупности усиливает воспаление [25].

Таким образом, наилучшие результаты достигаются при сочетании аэробных тренировок с силовыми, при этом несмотря на пользу высокоинтенсивных тренировок, их применение не рекомендуется [26]. Сочетая аэробные упражнения и упражнения с отягощениями, пациенты могут получить пользу от синергетического эффекта этих двух методов.

После перенесенной коронавирусной инфекции аэробные упражнения низкой ($<50\%$ $\text{VO}_2 \text{ max}$) и умеренной ($\geq 50\%$ и $\leq 75\%$ $\text{VO}_2 \text{ max}$) интенсивности продолжительностью менее 60 мин не приводят к обострению воспалительных реакций у лиц с ожирением, а поскольку риск иммуносупрессии невелик, это демонстрирует полезный потенциал данных режимов упражнений в период восстановления после COVID-19 [26]. Интересно, что во время тренировок средней интенсивности в скелетных мышцах также повышается уровень провоспалительных цитокинов (TNF- α и IL-1 β), но одновременно заметно повышается концентрация противовоспалительных цитокинов — антагониста рецептора IL-1 (IL-1ra) и IL-10. Упражнения низкой и средней интенсивности (30–60% от $\text{VO}_{2\text{max}}$) увеличивают выработку противовоспалительных цитокинов (IL-4 и IL-10) Т-клетками [35].

По данным Alves H.R. et al, противовоспалительный эффект физических упражнений может быть связан с эффектами ирисина, вырабатываемого во время физических упражнений, который улучшает метаболизм глюкозы и липидов и ослабляет последствия воспаления, вызванного ожирением, и МС путем активации MAPK (митоген-активированного протеинкиназного пути), который связан с усвоением глюкозы и уменьшением инсулинорезистентности [36].

Таким образом, регулярные физические упражнения средней интенсивности могут быть эффективны для сдвига баланса между про- и противовоспалительными цитокинами в организме в сторону противовоспалительной реакции у пациентов, перенесших COVID-19, а регулярная физическая активность умеренной интенсивности оказывает защитное действие и является важным инструментом на этапе восстановления после COVID-19, что особенно важно для пациентов таких групп риска как ожирение, МС и ССЗ [25].

Помимо медицинских факторов, объясняющих негативную связь COVID-19, МС и ожирения, необходимо упомянуть психологические и социальные факторы. Длительный период самоизоляции и работы из дома во время пандемии привели к изменениям в повседневной физической активности большого количества людей, в результате чего люди стали меньше передвигаться и заниматься физическими упражнениями в сравнении с периодом до пандемии, что привело к снижению расхода энергии и росту веса, способствуя развитию ожирения и связанным с ним метаболическим заболеваниям. Также стресс, вызванный пандемией, часто вызывал

переедание или нездоровое пищевое поведение, которые приводили к увеличению веса [37, 38, 39]. Ippoliti F. связывает с хроническим стрессом дисбаланс между усилением воспалительных реакций и ослаблением противовоспалительных механизмов [40].

Поэтому вполне очевидно, что сочетание физических упражнений и диетического питания дает больший эффект по сравнению с упражнениями без диеты, а основной терапевтической стратегией для лечения и контроля МС, наряду с повышением физической активности, является диета с ограничением калорий [42, 41]. Однако, по данным Welsh A., несмотря на то, что регулярные физические нагрузки могут предотвратить набор веса, 80% людей, которым удалось значительно сбросить вес, не могут сохранить его на длительное время. Это многофакторный процесс, включающий нейрогормональную реакцию на потерю веса, такую как повышение уровня гормонов аппетита (грелина) и снижение уровня анорексигенных гормонов [лептина, глюкагоноподобного пептида-1 (GLP-1)] в дополнение к снижению соблюдения привычек самоконтроля [43]. Таким образом, учитывая многокомпонентность и сложность патогенеза МС, разработка индивидуальной программы физической активности пациента с МС весьма сложна и требует индивидуального подхода.

Согласно Orpert J.M. et al, рекомендации по физической активности и назначения упражнений в стратегии лечения МС зависят от конкретных целей лечения, поставленных для конкретного пациента, включая снижение веса, предотвращение набора веса, предотвращение сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний, сохранение мышечной массы, а также улучшение качества жизни или развитие социальных связей [44].

Обращает на себя внимание тот факт, что длительность упражнений и физической активности, необходимая для эффективного лечения, существенно превышает длительность госпитализации пациента, что подразумевает дальнейшее самостоятельное выполнение упражнений самостоятельно в домашних условиях и реализуется исключительно при наличии высокой приверженности пациента к лечению.

Kim K.B. отмечает важность адаптации программы упражнений таким образом, чтобы в результате получилось индивидуальное персонализированное вмешательство с соответствующим уровнем нагрузки для пациента, с учетом таких факторов, как состояние здоровья, уровень физической подготовки, возраст, пол и прочие важные факторы. Автор утверждает, что индивидуальный подбор компонентов реабилитационных программ в рамках двухстороннего общения между специалистом-реабилитологом и пациентом дает возможность более эффективного снижения выраженности МС и повышение приверженности к физическим упражнениям [45].

Основной причиной низкой приверженности пациентов с МС к увеличению физической активности и ее поддержания в течение длительного времени является наличие разнообразных барьеров и препятствий к их выполнению. Поэтому разработка реабилитационных стратегий, направленных на устранение барьеров, возникающих у пациентов при адаптации к изменениям образа жизни, обеспечивает повышение

приверженности к соблюдению режима физической активности и формированию устойчивых здоровых привычек [46].

Подобные когнитивно-поведенческие стратегии, включающие постановку целей, рекомендации по упражнениям, решение проблем, обратную связь, положительное подкрепление и групповое взаимодействие, способны увеличить количество физической активности на 25–30%. Несмотря на это, приверженность лечению постепенно снижается с 6 по 12 месяц, что требует периодического повторного общения с членами мультидисциплинарной реабилитационной команды, в т.ч. с помощью телемедицинских технологий [47].

Использование компьютерных интернет-программ и мобильных приложений, оценивающих физическую активность, рацион и показатели качества жизни у пациентов с МС, а также телефонное консультирование и интеграция интерактивных программ электронного здравоохранения в медицинскую практику, являются эффективными средствами длительного воздействия на кардиометаболические риски, контроль веса и коррекцию образа жизни у пациентов с МС, поскольку позволяют своевременно взаимодействовать с целевой группой, что дает ряд преимуществ как пациентам-пользователям, так и реабилитологам [48, 49, 50, 51].

Подводя итоги, можно сделать вывод, что для эффективного лечения и реабилитации МС (особенно с учетом последствий COVID-19) необходим комплексный подход, включающий профилактические меры, информирование пациентов, симптоматическое и реабилитационное лечение (в основе которого будут использованы физические нагрузки), психотерапию, консультации по вопросам образа жизни и последующее длительное наблюдение [52].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Метаболическое воспаление. Одной из ключевых характеристик метаболического синдрома и ожирения является метаболическое воспаление низкой интенсивности, которое в значительной степени обусловлено гиперсекрецией провоспалительных цитокинов избыточной жировой тканью. Это состояние усугубляется после перенесенной коронавирусной инфекции, что подчеркивает важность комплексного подхода к лечению и профилактике.
- Физическая активность как метод коррекции. Одним из наиболее эффективных методов коррекции метаболического воспаления у пациентов с ожирением и метаболическим синдромом после перенесенного длительного COVID-19 является физическая активность. Она способствует изменению баланса между про- и противовоспалительными цитокинами в сторону уменьшения воспалительных процессов благодаря выделению миокинов скелетной мускулатурой во время физических упражнений.
- Дозозависимый эффект упражнений. Физические упражнения демонстрируют дозозависимый эффект: высокоинтенсивные тренировки могут иметь провоспалительное действие, в то время как упражнения средней и низкой интенсивности оказывают противовоспалительное воздействие. Понимание

этого является важным при разработке индивидуализированных реабилитационных программ для пациентов.

- Приверженность к терапии. Учитывая, что рекомендуемая продолжительность курса физических упражнений при метаболическом синдроме составляет не менее 8–12 недель, что значительно превышает срок пребывания пациента в стационаре, критически важным является обеспечение высокой приверженности пациента к терапии. Это требует активного вовлечения пациента в процесс реабилитации и поддержки со стороны медицинского персонала.
- Задачи кардиореабилитации. Одной из основных задач кардиореабилитации пациентов с метаболическим синдромом и ожирением, включая тех, кто перенес COVID-19, является устранение барьеров на пути к восстановлению. Это включает в себя формирование высокой приверженности к терапии, установление партнерских отношений между пациентами и реабилитологами, а также наличие обратной связи для оптимизации процесса реабилитации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

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

Участие авторов. Авдеева К.С.: существенный вклад в получение и анализ данных; написание статьи. Петелина Т.И.: существенный вклад в получение и анализ данных; написание статьи. Горбачевский А.В.: существенный вклад в получение и анализ данных; написание статьи. Шароян Ю.А.: существенный вклад в получение и анализ данных; написание статьи. Редькина И.Н.: существенный вклад в получение и анализ данных; написание статьи.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Согласно клиническим рекомендациям по ведению больных с метаболическим синдромом (Москва, 2013 Министерство здравоохранения Российской Федерации) диагностическими критериями МС являются:

основной критерий:

- центральный (абдоминальный) тип ожирения — окружность талии (ОТ) более 80 см у женщин и более 94 см у мужчин;

дополнительные критерии:

- уровень АД >140 и 90 мм рт.ст. или лечение АГ препаратами;
- повышение уровня триглицеридов ($\geq 1,7$ ммоль/л);
- снижение уровня ХС ЛПВП ($< 1,0$ ммоль/л у мужчин; $< 1,2$ ммоль/л у женщин);
- повышение уровня ХС ЛПНП $> 3,0$ ммоль/л;
- нарушенная толерантность к глюкозе (НТГ) — повышенный уровень глюкозы плазмы через 2 ч после нагрузки 75 г безводной глюкозы при ПГТТ $\geq 7,8$ и $< 11,1$ ммоль/л при условии, что уровень глюкозы плазмы натощак составляет менее 7,0 ммоль/л;
- нарушенная гликемия натощак (НГН) — повышенный уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ и $< 7,0$ ммоль/л при условии, что глюкоза плазмы через 2 ч при ПГТТ составляет менее 7,8 ммоль/л;
- комбинированное нарушение НГН/НТГ — повышенный уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ и $< 7,0$ ммоль/л в сочетании с глюкозой плазмы через 2 ч при ПГТТ $\geq 7,8$ и $< 11,1$ ммоль/л.

Достоверным МС считается при наличии 3 критериев: 1 основного и 2 дополнительных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Hsu CN, Hou CY, Hsu WH, Tain YL. Early-Life Origins of Metabolic Syndrome: Mechanisms and Preventive Aspects. *Int J Mol Sci*. 2021;22(21):11872. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms222111872>
2. Cornier MA, Dabelea D, Hernandez TL, Lindstrom RC, Steig AJ, et al. The metabolic syndrome. *Endocr Rev*. 2008;29(7):777-822. doi: <https://doi.org/10.1210/er.2008-0024>
3. Van Alsten SC, Rabkin CS, Sawada N, Shimazu T, Charvat H, et al. Metabolic Syndrome, Physical Activity, and Inflammation: A Cross-Sectional Analysis of 110 Circulating Biomarkers in Japanese Adults. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2020;29(8):1639-1646. doi: <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-19-1513>
4. Lihua M, Kaipeng Z, Xiyan M, Yaowen C, Tao Z. Systematic review and meta-analysis of stress management intervention studies in patients with metabolic syndrome combined with psychological symptoms. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(42):e35558. doi: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000035558>
5. Fahed G, Aoun L, Bou Zerdan M, Allam S, Bou Zerdan M, Bouferraa Y, Assi HI. Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *Int J Mol Sci*. 2022;23(2):786. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms23020786>
6. Saklayen MG. The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Curr Hypertens Rep*. 2018;20(2):12. doi: <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>
7. Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunol*. 2011;11(9):607-15. doi: <https://doi.org/10.1038/nri3041>
8. Khanna D, Welch BS, Rehman A. Pathophysiology of Obesity. 2022 Oct 20. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024
9. Yang Y, Song Y, Hou D. Obesity and COVID-19 Pandemics: Epidemiology, Mechanisms, and Management. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2023;16:4147-4156. doi: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S441762>
10. Yarbeygi H, Maleki M, Sathyapalan T, Jamialahmadi T, Sahebkar A. Pathophysiology of Physical Inactivity-Dependent Insulin Resistance: A Theoretical Mechanistic Review Emphasizing Clinical Evidence. *J Diabetes Res*. 2021;2021:7796727. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/7796727>
11. Gלבדי S, Mesdaghinia A, Laher I. Exercise in the metabolic syndrome. *Oxid Med Cell Longev*. 2012;2012:349710. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/349710>
12. Nishii K, Aizu N, Yamada K. Review of the health-promoting effects of exercise and the involvement of myokines. *Fujita Med J*. 2023;9(3):171-178. doi: <https://doi.org/10.20407/fmj.2022-020>

13. Al-Ibraheem AMT, Hameed AAZ, Marsool MDM, Jain H, Praijwal P, et al. Exercise-Induced cytokines, diet, and inflammation and their role in adipose tissue metabolism. *Health Sci Rep.* 2024;7(9):e70034. doi: <https://doi.org/10.1002/hsr2.70034>
14. Singh R, Rathore SS, Khan H, Karale S, Chawla Y, et al. Association of Obesity With COVID-19 Severity and Mortality: An Updated Systemic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022;13:780872. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.780872>
15. Barkhordarian M, Behbood A, Ranjbar M, Rahimian Z, Prasad A. Overview of the cardio-metabolic impact of the COVID-19 pandemic. *Endocrine.* 2023;80(3):477-490. doi: <https://doi.org/10.1007/s12020-023-03337-3>
16. Bansal R, Gubbi S, Muniyappa R. Metabolic Syndrome and COVID 19: Endocrine-Immune-Vascular Interactions Shapes Clinical Course. *Endocrinology.* 2020;161(10):bqaa112. doi: <https://doi.org/10.1210/endocr/bqaa112>
17. Marino FE, Vargas NT, Skein M, Hartmann T. Metabolic and inflammatory health in SARS-CoV-2 and the potential role for habitual exercise in reducing disease severity. *Inflamm Res.* 2022;71(1):27-38. doi: <https://doi.org/10.1007/s00011-021-01517-3>
18. Jang S, Hong W, Moon Y. Obesity-compromised immunity in post-COVID-19 condition: a critical control point of chronicity. *Front Immunol.* 2024;15:1433531. doi: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1433531>
19. Gusev E, Sarapultsev A. Exploring the Pathophysiology of Long COVID: The Central Role of Low-Grade Inflammation and Multisystem Involvement. *Int J Mol Sci.* 2024;25(12):6389. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms25126389>
20. Soriano JB, Murthy S, Marshall JC, Relan P, Diaz JV; WHO Clinical Case Definition Working Group on Post-COVID-19 Condition. A clinical case definition of post-COVID-19 condition by a Delphi consensus. *Lancet Infect Dis.* 2022;22(4):e102-e107. doi: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(21\)00703-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(21)00703-9)
21. Lippi G, Sanchis-Gomar F, Henry BM. COVID-19 and its long-term sequelae: what do we know in 2023? *Pol Arch Intern Med.* 2023;133(4):16402. doi: <https://doi.org/10.20452/pamw.16402>
22. Talla A, Vasaikar SV, Szeto GL, Lemos MP, Czartoski JL, et al. Persistent serum protein signatures define an inflammatory subcategory of long COVID. *Nat Commun.* 2023;14(1):3417. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38682-4>
23. Lai YJ, Liu SH, Manachevakul S, Lee TA, Kuo CT, Bello D. Biomarkers in long COVID-19: A systematic review. *Front Med (Lausanne).* 2023;10:1085988. doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1085988>
24. Wrona M, Skrypnik D. New-Onset Diabetes Mellitus, Hypertension, Dyslipidaemia as Sequelae of COVID-19 Infection-Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(20):13280. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013280>
25. Lino RS, Silva MSP, Jesus DS, Macedo RC, Lagares LS, et al. Molecular aspects of COVID-19 and its relationship with obesity and physical activity: a narrative review. *Sao Paulo Med J.* 2023;141(1):78-86. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2021.1038.R1.06072022>
26. Chomiuk T, Niezgoda N, Mamcarz A, Śliż D. Physical activity in metabolic syndrome. *Front Physiol.* 2024;15:1365761. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1365761>
27. Shariful Islam M, Fardousi A, Sizar MI, Rabbani MG, Islam R, Saif-Ur-Rahman KM. Effect of leisure-time physical activity on blood pressure in people with hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2023;13(1):10639. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37149-2>
28. Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, Carlson SA, Fulton JE, et al. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA.* 2018;320(19):2020-2028. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>
29. Jiahao L, Jiajin L, Yifan L. Effects of resistance training on insulin sensitivity in the elderly: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Exerc Sci Fit.* 2021;19(4):241-251. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.08.002>
30. Correia RR, Veras ASC, Tebar WR, Rufino JC, Batista VRG, Teixeira GR. Strength training for arterial hypertension treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Sci Rep.* 2023;13(1):201. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26583-3>
31. Al-Mhanna SB, Batrakoulis A, Wan Ghazali WS, Mohamed M, Aldayel A, et al. Effects of combined aerobic and resistance training on glycemic control, blood pressure, inflammation, cardiorespiratory fitness and quality of life in patients with type 2 diabetes and overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ.* 2024;12:e17525. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.17525>
32. Liang C, Song Z, Yao X, Xiao Q, Fu H, Tang L. Exercise interventions for the effect of endothelial function in hypertensive patients: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2024;26(6):599-614. doi: <https://doi.org/10.1111/jch.14818>
33. Li S, Wang P, Wang J, Zhao J, Wang X, Liu T. Effect of mind-body exercise on risk factors for metabolic syndrome including insulin resistance: a meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2024;15:1289254. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1289254>
34. Königstein K, Dipla K, Zafeiridis A. Training the Vessels: Molecular and Clinical Effects of Exercise on Vascular Health-A Narrative Review. *Cells.* 2023;12(21):2544. doi: <https://doi.org/10.3390/cells12212544>
35. Leandro CG, Ferreira E Silva WT, Lima-Silva AE. Covid-19 and Exercise-Induced Immunomodulation. *Neuroimmunomodulation.* 2020;27(1):75-78. doi: <https://doi.org/10.1159/000508951>
36. Alves HR, Lomba GSB, Gonçalves-de-Albuquerque CF, Burth P. Irisin, Exercise, and COVID-19. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022 Jun 17;13:879066. doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.879066>
37. Barkhordarian M, Behbood A, Ranjbar M, Rahimian Z, Prasad A. Overview of the cardio-metabolic impact of the COVID-19 pandemic. *Endocrine.* 2023;80(3):477-490. doi: <https://doi.org/10.1007/s12020-023-03337-3>
38. Lin AL, Vittinghoff E, Olgin JE, Pletcher MJ, Marcus GM. Body Weight Changes During Pandemic-Related Shelter-in-Place in a Longitudinal Cohort Study. *JAMA Netw Open.* 2021;4(3):e212536. doi: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.2536>
39. Clemmensen C, Petersen MB, Sørensen TIA. Will the COVID-19 pandemic worsen the obesity epidemic? *Nat Rev Endocrinol.* 2020;16(9):469-470. doi: <https://doi.org/10.1038/s41574-020-0387-z>
40. Ippoliti F, Canitano N, Businaro R. Stress and obesity as risk factors in cardiovascular diseases: a neuroimmune perspective. *J Neuroimmune Pharmacol.* 2013;8(1):212-26. doi: <https://doi.org/10.1007/s11481-012-9432-6>
41. Joseph MS, Tincopa MA, Walden P, Jackson E, Conte ML, Rubenfire M. The Impact Of Structured Exercise Programs On Metabolic Syndrome And Its Components: A Systematic Review. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2019;12:2395-2404. doi: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S211776>
42. Castro-Barquero S, Ruiz-León AM, Sierra-Pérez M, Estruch R, Casas R. Dietary Strategies for Metabolic Syndrome: A Comprehensive Review. *Nutrients.* 2020;12(10):2983. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12102983>
43. Welsh A, Hammad M, Piña IL, Kulinski J. Obesity and cardiovascular health. *Eur J Prev Cardiol.* 2024;31(8):1026-1035. doi: <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwae025>
44. Oppert JM, Bellicha A, Ciangura C. Physical activity in management of persons with obesity. *Eur J Intern Med.* 2021;93:8-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iejim.2021.04.028>
45. Kim KB, Choe H, Sung H. Effects of Individualized Exercise on Risk Factors of Metabolic Syndrome: A Scoping Review. *J Obes Metab Syndr.* 2024;33(1):20-26. doi: <https://doi.org/10.7570/jomes23020>
46. Deslippe AL, Soanes A, Bouchaud CC, Beckenstein H, Slim M, Plourde H, Cohen TR. Barriers and facilitators to diet, physical activity and lifestyle behavior intervention adherence: a qualitative systematic review of the literature. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2023;20(1):14. doi: <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01424-2>
47. Conraads VM, Deaton C, Piotrowicz E, Santalucia N, Tierney S, et al. Adherence of heart failure patients to exercise: barriers and possible solutions: a position statement of the Study Group on Exercise Training in Heart Failure of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2012;14(5):451-8. doi: <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfs048>
48. Oh B, Cho B, Han MK, Choi H, Lee MN, Kang HC, Lee CH, Yun H, Kim Y. The Effectiveness of Mobile Phone-Based Care for Weight Control in Metabolic Syndrome Patients: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2015;3(3):e83. doi: <https://doi.org/10.2196/mhealth.4222>
49. Kim CJ, Schlenk EA, Kang SW, Park JB. Effects of an internet-based lifestyle intervention on cardio-metabolic risks and stress in Korean workers with metabolic syndrome: a controlled trial. *Patient Educ Couns.* 2015;98(1):111-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pec.2014.10.013>

50. Fappa E, Yannakoulia M, Ioannidou M, Skoumas Y, Pitsavos C, Stefanadis C. Telephone counseling intervention improves dietary habits and metabolic parameters of patients with the metabolic syndrome: a randomized controlled trial. *Rev Diabet Stud*. 2012;9(1):36-45. doi: <https://doi.org/10.1900/RDS.2012.9.36>
51. Jahangiry L, Montazeri A, Najafi M, Yaseri M, Farhangi MA. An interactive web-based intervention on nutritional status, physical activity and health-related quality of life in patient with metabolic syndrome: a randomized-controlled trial (The Red Ruby Study). *Nutr Diabetes*. 2017;7(1):e240. doi: <https://doi.org/10.1038/nutd.2016.35>
52. Assiri AM, Alamaa T, Elenezi F, Alsagheir A, Alzubaidi L, et al. Unveiling the Clinical Spectrum of Post-COVID-19 Conditions: Assessment and Recommended Strategies. *Cureus*. 2024;16(1):e52827. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.52827>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

***Авдеева Ксения Сергеевна**, к.м.н. [**Ksenia S. Avdeeva**]; адрес: Россия, 625026, ул. Мельникайте, д. 111 [address: 111 Melnikaite street, 625026 Tyumen, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2134-4107>; Researcher ID: J-1751-2017; Scopus Author ID: 57210713674; eLibrary SPIN: 8239-3942; e-mail: avdeeva_03@mail.ru

Петелина Татьяна Ивановна, д.м.н. [Tatiana I. Petelina, MD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6251-4179>; Researcher ID: I-8913-2017; Scopus Author ID: 6507194861; eLibrary SPIN: 5896-5350; e-mail: petelina@infarkta.net

Горбачевский Александр Владимирович, м.н.с. [Aleksandr V. Gorbachevskii]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4898-6089>; e-mail: GorbachevskijAV@infarkta.net

Шароян Юлия Андреевна, м.н.с. [Yulia A. Sharoyan]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8155-3779>; eLibrary SPIN: 7785-7911; e-mail: SharoyanUA@infarkta.net

Редькина Ирина Николаевна, м.н.с. [Irina N. Redkina]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0466-7059>; eLibrary SPIN: 3002-2913; e-mail: irina.redk@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

Авдеева К.С., Петелина Т.И., Горбачевский А.В., Шароян Ю.А., Редькина И.Н. Особенности кардиореабилитации метаболического синдрома в условиях последствий пандемии covid-19 // *Ожирение и метаболизм*. — 2025. — Т. 22. — №3. — С. 229-236. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13203>

TO CITE THIS ARTICLE:

Avdeeva KS, Petelina TI, Redkina IN, Sharoyan YuA, Gorbachevskii AV. Cardiorehabilitation of metabolic syndrome in the aftermath of the COVID-19 pandemic. *Obesity and metabolism*. 2025;22(3):229-236. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13203>