

ОСОБЕННОСТИ КУРАЦИИ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ЗАТЯЖНЫХ ВАРИАНТАХ ТЕЧЕНИЯ COVID-19

Л. А. Балыкова¹, А. В. Жолинский², М. С. Тарасова²✉, С. А. Ивянский¹, С. А. Базанович², М. В. Ширманкина¹, Р. А. Беспалов¹, П. В. Ефимов³, Ж. В. Гришина², С. А. Парастаев^{2,3}

¹ Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Саранск, Россия

² Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Представлен обзор публикаций, посвященных отсроченным клиническим и функциональным проявлениям коронавирусной инфекции SARS-CoV2 в контингенте спортсменов национального и международного уровней; дана характеристика распространенности полиорганных поражений при затяжном течении коронавирусной инфекции среди спортсменов, а также лиц, не занимающихся спортом. Описаны результаты ретроспективного анализа данных клинико-инструментального и лабораторного тестирования спортсменов сборной команды России, перенесших COVID-19. Выделены наиболее информативные показатели, отражающие состояние спортсменов с пролонгированным течением коронавирусной инфекции; определены подходы к безопасному возобновлению спортивной деятельности, сформирован перечень наиболее значимых критериев допуска к тренировочному и соревновательному процессу. Определены параметры, подлежащие включению в прогностическую модель (бинарную логистическую регрессию) динамики резидуальных полиорганных нарушений у спортсменов, в том числе несовершеннолетних, перенесших коронавирусную инфекцию или вирусную пневмонию иной этиологии.

Ключевые слова: спорт высших достижений, элитные спортсмены, коронавирусная инфекция SARS-CoV2, постковидный синдром, сердечно-сосудистая система, миокардит в спорте, мультисистемный воспалительный синдром, бинарная логистическая регрессия

Финансирование: статья подготовлена в рамках прикладной научно-исследовательской работы «Изучение влияния новой коронавирусной инфекции COVID-19 на здоровье и функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов и разработка методических рекомендаций по обследованию спортсменов, включая несовершеннолетних, по допуску спортсменов к тренировкам и соревнованиям после перенесенного заболевания COVID-19, по восстановлению их здоровья и функционального состояния» (шифр «COVID-22»), выполняемой ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России по государственному контракту №107.003.22.14 от 25 июля 2022 г.

Вклад авторов: Л. А. Балыкова — разработка концепции, написание текста, редактирование; А. В. Жолинский — разработка концепции, редактирование; М. С. Тарасова, М. В. Ширманкина, Ж. В. Гришина — поиск и анализ источников, написание текста; С. А. Ивянский, Р. А. Беспалов — поиск и анализ источников, разработка инструмента математического моделирования, написание текста; С. А. Базанович — определение подходов к математическому моделированию и их оптимизация; П. В. Ефимов — поиск и анализ источников, определение подходов к математическому моделированию и их оптимизация, написание текста; С. А. Парастаев — поиск и анализ источников, редактирование.

✉ **Для корреспонденции:** Мария Сергеевна Тарасова
ул. Б. Дорогомиловская, д. 5, г. Москва, 121059, Россия; tarasovams@sportfmba.ru

Статья получена: 25.05.2023 **Статья принята к печати:** 20.06.2023 **Опубликована онлайн:** 30.06.2023

DOI: 10.47183/mes.2023.021

PARTICULARITIES OF CURATION OF ATHLETES WITH PROTRACTED COURSE OF COVID-19

Balykova LA¹, Zholin A V², Tarasova MS²✉, Ivansky SA¹, Bazanovich SA², Shirmankina MV¹, Bespalov RA¹, Efimov PV³, Grishina ZhV², Parastayev SA^{2,3}

¹ Ogaryov National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

² Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

This paper reviews publications covering the delayed clinical and functional manifestations of SARS-CoV2 among athletes competing at national and international levels; we describe the prevalence of multiorgan failure associated with protracted COVID as registered in sportsmen and people not going in for sports. The review reports the results of a retrospective analysis of data yielded from clinical, instrumental and laboratory tests undertaken by the Russian national team athletes that had COVID-19. We highlight the most informative indicators that reflect the condition of sportsmen with protracted coronavirus infection course, define the approaches making resumption of active training safe and compile the list of the most significant criteria supporting admission to such training and competitions. Lastly, the paper presents the parameters subject to inclusion in the prognostic model (binary logistic regression) describing the dynamics of residual multiorgan failure in athletes, including minors, who have had COVID-19 or viral pneumonia of a different etiology.

Keywords: elite sports, elite athletes, SARS-CoV2 coronavirus infection, post-Covid syndrome, cardiovascular system, myocarditis in sports, multisystem inflammatory syndrome, binary logistic regression

Funding: the article was prepared as part of the applied research work "Investigation of the impact of COVID-19 on health and functional state of elite athletes and development of methodological recommendations for examination of athletes, including minors, before allowing them to train and compete after COVID-19, with the aim to ensure restoration of their health and functional state" (code "COVID-22"); the work is done by the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency of Russia under state contract № 107.003.22.14 of July 25, 2022.

Author contributions: Balykova LA — development of the concept, text authoring, editing; Zholin AV — development of the concept, editing; Tarasova MS, Shirmankina MV, Grishina ZhV — search for and analysis of sources, text authoring; Ivansky SA, Bespalov RA — search for and analysis of sources, development of the mathematical modeling tool, text authoring; Bazanovich SA — definition of approaches to mathematical modeling and their optimization; Efimov PV — search for and analysis of sources, definition of approaches to mathematical modeling and their optimization, text authoring; Parastayev SA — search for and analysis of sources, editing.

✉ **Correspondence should be addressed:** Maria S. Tarasova
B. Dorogomilovskaya, 5, Moscow, 121059, Russia; tarasovams@sportfmba.ru

Received: 25.05.2023 **Accepted:** 20.06.2023 **Published online:** 30.06.2023

DOI: 10.47183/mes.2023.021

Пандемия COVID-19 повлияла на все аспекты нашей жизни, затронув и такую социально значимую сферу, как спорт. Инфекция SARS-CoV2, помимо рисков, обусловленных тяжестью острой симптоматики и возможностью осложнений, нередко проявляется и долгосрочными последствиями, которые могут ограничивать эффективность профессиональной деятельности реконвалесцентов, в том числе и спортсменов национального и международного уровней (элитных и субэлитных атлетов — по терминологии МОК). Для снижения вероятности реализации указанных рисков необходимы комплексные (многовекторные) мероприятия не только в остром периоде заболевания [1], но и в целом при угрозе эпидемических ситуаций, а также в последующем периоде наблюдения и, прежде всего, в процессе возобновления спортивной деятельности. Для формирования эффективного инструмента предупреждения тяжелых отсроченных эффектов инвазии SARS-CoV-2 в настоящее время продолжается поиск ранних маркеров как скрытых, так и персистирующих повреждений различных функциональных систем. Данная сфера исследовательской деятельности обладает особой значимостью именно в спортивной среде и, прежде всего, среди молодых атлетов. В первую очередь, это связано с недостаточным пониманием влияния предшествующих физических нагрузок высокой интенсивности на течение коронавирусной, да и иных вирусных инфекций, что не позволяет вычлнить когорту риска тяжелого течения заболевания среди, казалось бы, здоровых лиц, отличающихся высокими характеристиками функционального состояния и эффективностью адаптационных и компенсаторных механизмов. Кроме того, на текущий момент недостаточно четко очерчены варианты прогноза течения и возможных исходов коронавирусной инфекции у атлетов, а также наиболее вероятные риски развития осложнений в зависимости от возраста, пола и вида спортивной деятельности, от тяжести и характера клинического течения заболевания. Все это делает крайне актуальными изучение влияния коронавирусной инфекции на состояние здоровья спортсменов и поиск предикторов развития осложнений (в том числе отсроченных), прежде всего, со стороны кардиоваскулярной системы.

Варианты течения коронавирусной инфекции COVID-19

По дефиниции ВОЗ, COVID-19 — заболевание, проявляющееся тяжелым острым респираторным синдромом, вызываемым коронавирусом SARS-CoV-2. Первая информация об инфекции, обусловленной инвазией нового вируса, датирована 31 декабря 2019 г., а 11 марта 2020 г. стало днем объявления пандемии [2].

Изначально COVID-19 считали острой инфекцией с полным разрешением проявлений легкой и средней степеней тяжести в течение 2–3 недель. Однако со временем стали накапливаться данные о симптоматике, продолжающейся более длительное время — до 6 месяцев и даже дольше.

National Institute for Health and Care Excellence (NICE) 30 октября 2020 г. впервые предложил выделять следующие формы COVID-19:

- 1) острый COVID-19 — субъективные и объективные проявления длительностью до 4 недель;
- 2) продолжающийся симптоматический COVID-19 — от 4 до 12 недель;
- 3) постковидный синдром [3].

Определение понятия «Постковидный синдром»

Изначально термин «Post-COVID-19» был введен для характеристики состояния, развивающегося у лиц с вероятной или подтвержденной инфекцией SARS-CoV-2 в анамнезе чаще через 3 месяца от начала болезни, с симптомами, которые длятся не менее 2 месяцев и не могут быть объяснены альтернативным диагнозом [3]; код МКБ-10 — «U09.9 Состояние после COVID-19» — был легитимизирован в сентябре 2020 г. (МКБ-11 — RA02; в настоящее время данный код отражает лишь неуточненные состояния). Проявления указанного симптомокомплекса могут либо возникать после выздоровления пациента с острым эпизодом COVID-19, либо сохраняться после первичного заболевания. Наиболее часто возникающие симптомы: усталость, одышка, когнитивная дисфункция и другие, которые, как правило, затрудняют повседневную деятельность; они могут изменяться с течением времени или рецидивировать [4].

Распространенность полиорганных симптомов постковидного синдрома

По данным статистического обзора и метаанализа 60 исследований (257 348 пациентов), среди лиц с синдромом post-COVID-19 отмечено преобладание пациентов мужского пола, а также констатирована тенденция к периодизации симптоматики [5]. Преобладающие признаки данного синдрома приведены в табл. 1.

Кардиальные проявления инфекции SARS-CoV-2 и постковидного синдрома

Как известно, возможность достижения высоких спортивных результатов (прежде всего, в циклических и игровых видах спорта) во многом обусловлена текущим и прогнозируемым состоянием сердечно-сосудистой системы (ССС), которую рассматривают как одну из наиболее значимых, но в то же время уязвимых в обеспечении общей и специальной физической работоспособности; иными словами: снижение эффективности функционирования ССС — это один из важнейших факторов, лимитирующих спортивную производительность [6] и перспективу дальнейшего профессионального роста (включая риски преждевременного завершения спортивной карьеры или развития кардиальных катастроф, т. е. внезапной сердечной смерти, или ВСС). Особая ситуация может развиваться на фоне перенесенной коронавирусной инфекции, которая может затруднить дифференциальную диагностику адаптационного ремоделирования, признаков стрессорной кардиопатии, а также поствоспалительного повреждения миокарда [7, 8].

В ходе наших предварительных наблюдений (данные Медицинского института Университета им. Н. П. Огарева) было установлено, что почти у 40% атлетов, перенесших COVID-19, развились стойкие изменения параметров эхокардиографической визуализации, как морфометрических (размеры сердца), так и функциональных (сократимость миокарда левого желудочка) (рис.).

Практически закономерными, но существенно менее устойчивыми в наблюдаемом нами контингенте спортсменов были признаки дезадаптации ССС в ходе контролируемого нагрузочного тестирования — снижение толерантности к дозированным физическим нагрузкам, гемодинамические сдвиги, признаки электрической нестабильности миокарда.

Таблица 1. Частота встречаемости признаков синдрома post-COVID-19 (по данным Alkodaymi et al.)

Период наблюдения	3–6 месяцев	6–9 месяцев
Признак		
Общие и легочные проявления		
Усталость	32% (n = 7268, 25 исследований)	36% (n = 8191, 19 исследований)
Одышка	25% (n = 8132, 28 исследований)	–
Кашель	15 % (n = 7539, 22 исследований)	–
Аллопеция	9% (n = 478, 4 исследования)	10% (n = 4276, 5 исследований)
Нервно-психические проявления		
Расстройства сна	24% (n = 4369, 8 исследований)	29% (n = 242000, 12 исследований)
Тревога	21% (n = 4324, 7 исследований)	23% (n = 240756, 7 исследований)
Депрессия	14% (n = 4099, 5 исследований)	23 % (n = 4377, 6 исследований)
Нарушение концентрации внимания	22% (n = 466, 5 исследований)	22 % (n = 854, 4 исследования)
Когнитивные расстройства	14% (n = 670, 6 исследований)	15% (n = 1987, 5 исследований)
Головная боль	12% (n = 5699, 12 исследований)	14% (n = 7170, 13 исследований)
Аносмия	9% (n = 5400, 16 исследований)	15 % (n = 6596, 17 исследований)
Агевзия	8% (n = 5127, 13 исследований)	13% (n = 6505, 16 исследований)
Сердечно-сосудистые проявления		
Непереносимость физических нагрузок	19% (n = 5203, 6 исследований)	45% (n = 850, 5 исследований)
Учащенное сердцебиение	14 % (n = 5401, 8 исследований)	14% (n = 4735, 7 исследований)
Боли в грудной клетке	11 % (n = 5758, 15 исследований)	12% (n = 4318, 10 исследований)
Поражения опорно-двигательного аппарата		
Суставные боли	14% (n = 4829, 8 исследований)	23% (n = 5288, 8 исследований)
Миалгия	12% (n = 5453, 10 исследований)	19 % (n = 3490, 9 исследований)
Поражения ЖКТ		
Диарея	10% (n = 4908, 7 исследований)	5% (n = 3318, 8 исследований)
Тошнота	8% (n = 480, 3 исследования)	4% (n = 3419, 8 исследований)

Вариативность степени выраженности и стабильности изменений лабораторных показателей была отмечена нами и по лабораторным параметрам, обладающим диагностической значимостью при воспалительных заболеваниях миокарда, а также стрессиндуцированных изменений ССС у спортсменов, т. е. по биохимическим маркерам повреждения миокарда. Так, профессиональные атлеты с признаками дезадаптивного ремоделирования ССС чаще демонстрировали более высокие уровни кардиальной фракции креатинфосфокиназы, тропонина I, нежели у менее тренированных спортсменов — 27% против 6,3% ($p < 0,05$). Кроме того, в 65% случаев нами было установлено повышение уровня кортизола в дебюте заболевания, с последующим его восстановлением до референсных значений у 55% атлетов, перенесших коронавирусную инфекцию; выраженные изменения, индуцированные инвазией коронавируса, были отмечены также по уровням КФК и ЛДГ, — у 80 и 58% атлетов соответственно, с последующим восстановлением у 65 и 60% из них.

Перечисленные маркеры могут отражать не только напряженность механизмов обеспечения текущего состояния миокардиальной функции, но и с определенной долей вероятности прогнозировать вектор последующих изменений (при учете особенностей динамики, по крайней мере, в течение месяца после верификации заболевания).

Проявления длительно текущих вариантов течения коронавирусной инфекции и постковидного синдрома варьируются (внутригрупповые различия) и зачастую носят волнообразный характер, что приводит к многообразию проявлений и их ассоциаций, а также к неоднородности динамики. При этом следует уточнить, что данных о

распространенности пролонгированного COVID-19 недостаточно, но, судя по ряду исследований, в мире с ним живут более 144 млн человек, при этом большинство из них имеют симптомы, которые в целом оказывают негативное влияние на качество жизни и функциональный статус [9].

Отметим, что полученные нами эхокардиографические данные в определенной степени коррелируют с результатами, которые документированы у пациентов, перенесших COVID-19, вегетативную дисрегуляцию, связанную с ригидностью аорты, а также вентрикуло-аортальную недостаточность и дисфункцию левого желудочка, даже через 6 месяцев после выписки из стационара. Эти расстройства могут быть обусловлены пролонгацией инфекции [10].

Публикуемые данные свидетельствуют также о том, что вакцинация лиц с постковидным синдромом может предотвращать прогрессирование устойчивой симптоматики. В некоторых случаях специфическая иммунопрофилактика может даже полностью устранить симптомы, что, возможно, объясняется кумулятивным защитным эффектом многократных прививок в предотвращении рецидивирующих вирусных инфекций. Исследование «случай-контроль» в Великобритании с участием более 4000 пациентов показало, что две дозы вакцины снизили распространенность и тяжесть стойких кардиальных проявлений COVID-19 у вакцинированных, по сравнению с лицами, которые не были вакцинированы; при этом у привитых инфекция чаще протекала бессимптомно [11].

Схожие, но статистически более значимые результаты были получены и в ретроспективном когортном исследовании TriNetX (США), охват которого превышал

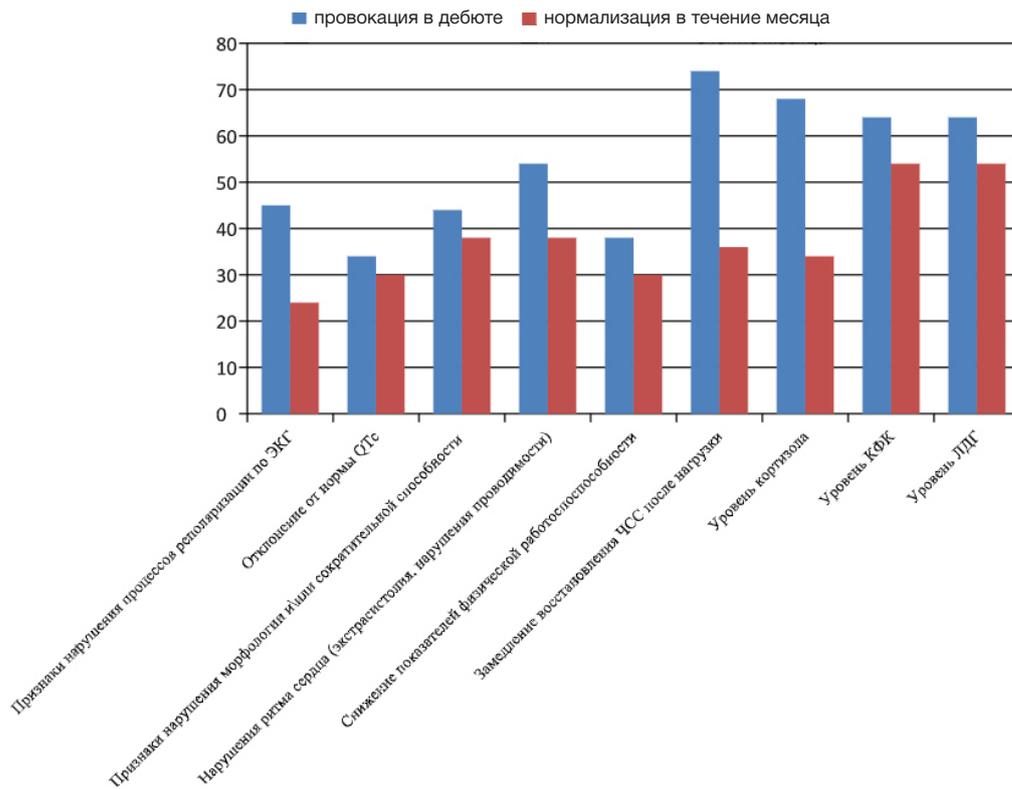


Рис. Реакция клинико-лабораторных маркеров состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов на фоне перенесенной коронавирусной инфекции

81 млн электронных медицинских карт; в ходе этой глобальной работы проводили оценку отсроченных осложнений COVID-19 (т. е. выявленных спустя 6 месяцев после подтвержденной инфекции SARS-CoV-2), в том числе в их связи с числом вакцинаций — 1 против 2. Введение одной дозы было ассоциировано с более низким последующим риском госпитализации в отделение интенсивной терапии, интубации или вентиляции легких, гипоксемии, потребности в кислороде, дыхательной недостаточности, гиперкоагулопатии, венозной тромбоэмболии, судорог, психотических расстройств и выпадения волос; еще более низкие риски для большинства исходов были установлены при ревакцинации. Этот механизм, вероятно, обусловлен снижением риска или тяжести развития повторной инфекции [12]. Еще в одном исследовании, проведенном во Франции с участием 910 пациентов, у которых уже было констатировано пролонгированное течение COVID-19, вакцинация сопровождалась снижением тяжести постковидного синдрома, улучшала качество жизни через 2 месяца после введения вакцины и фактически удвоила частоту наступления ремиссии длительно существовавших симптомов [13]. Однако подобные исследования нуждаются в продолжении.

Существует и определенный дефицит публикаций, в которых было бы документировано усугубление кардиоваскулярной дисфункции у пациентов с постковидным синдромом, развившимся на фоне хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы.

В значительной мере это связано с недостаточным уровнем понимания механизмов воздействия SARS-CoV-2 как такового и инициированных им острых патологических процессов на функционирование кардиоваскулярной системы и прогрессирование ее хронических поражений.

Большинство медицинских вмешательств при COVID-19 представляют собой медицинские испытания, направленные на то, чтобы компенсировать и предотвратить прогрессирование острых клинических проявлений, а также доказать эффективность медикаментозных подходов. Исследования в сфере кардиологии были преимущественно направлены на выяснение клеточных механизмов развития и соответственно на разработку обоснованных диагностических и терапевтических стратегий; подобные изыскания базировались на деятельности многоцентровых/национальных исследовательских групп (например, Европейского общества кардиологов), которые подготовили научное заявление о связанных с COVID-19 сердечно-сосудистых осложнениях, охватывающих заболевания миокарда и перикарда. Затем на первый план начали выходить исследовательские проекты, ориентированные на расширение активного образа жизни, что позволяет реализовать превентивную направленность мероприятий в отношении хронической патологии. В контексте длительности пандемии COVID-19 и вероятностных рисков иных глобальных потрясений, обусловленных вирусной инвазией, необходимо широкое внедрение национальных протоколов, ориентированных не только

Таблица 2. Степень риска поражения ССС на фоне перенесенной коронавирусной инфекции, при условии детекции изменений лабораторных и инструментальных показателей

Признак риска	Снижение работоспособности	Высокий уровень КФК	Возникновение нарушений ритма и проводимости	Повышение уровня кортизола	Замедление времени восстановления ЧСС на нагрузку
Относительный, у.е.	3,75	2,34	3,77	2,42	3,86
Абсолютный, у.е.	0,6	0,22	0,38	0,35	0,58

на устранение непосредственных угроз, но и на создание долгосрочных поведенческих детерминант, снижающих распространенность ССЗ [14]. С нашей точки зрения, существенную роль в повышении действенности данного направления деятельности мирового сообщества может оказать использование прогностических моделей, построенных на основе математического анализа валидных показателей, отражающих состояние систем жизнеобеспечения.

Инструментально и лабораторно подтвержденные проявления, верифицирующие диагноз инфекции SARS-CoV-2 и постковидного синдрома

У некоторых пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, сердечные симптомы (например, боль в груди, одышка, усталость и учащенное сердцебиение) персистируют в течение нескольких месяцев после заболевания; однако возможен и иной сценарий развития ситуации — длительное выявление исключительно инструментально и лабораторно выявленных признаков органических поражений, в том числе и миокарда [15–19].

Одной из основных проблем является развитие миокардита, который может протекать бессимптомно или субклинически, но являясь при этом аритмогенным субстратом, что несет выраженный риск внезапной сердечной смерти [20, 21]. При этом физические нагрузки во время острой фазы течения миокардита могут усугубить повреждение миокарда и быть триггером развития фатальных аритмий [20–23]. В связи с этим были разработаны рекомендации по возобновлению спортивной деятельности (Return to Play) после перенесенной коронавирусной инфекции [24, 25].

Кроме того, необходимым признается проведение дифференциальной диагностики между воспалительным поражением миокарда и его спортивным ремоделированием [20, 22].

В рамках проспективного многоцентрового наблюдательного исследования (CUSA) с участием более 19 000 спортсменов было проведено обследование сердечно-сосудистой системы пациентов с положительным результатом на установление факта инфицирования SARS-CoV-2 ($n = 3018$). Изменения на ЭКГ были выявлены у 0,7% (21/2999), на ЭхоКГ — у 0,9% (24/2556) спортсменов [26].

В систематическом обзоре были проанализированы данные 16 исследований, включавших 890 реконвалесцентов, перенесших COVID-19: диагноз миокардит был установлен у 14% общей численности исследуемого контингента; позднее контрастное усиление (lategadoliniumenhancement, LGE), отражающее формирование фиброза миокарда, было отмечено, по данным МРТ, у 20,5% от общей численности обследуемых [22]. 35,5% пациентов, вошедших в анализируемую выборку, были спортсменами: у 17,1% из них были документированы МРТ-изменения, и в том числе, миокардит в 2,5% случаев, а среди лиц, не занимающихся спортом, — в 62,5% и 23,9% соответственно [27].

В другом, более репрезентативном, обзоре представлен анализ статей, включающих данные о 3131 спортсмене, перенесшем COVID-19. В разных исследованиях диагноз «миокардит» был установлен у 0–15% спортсменов, перикардиальный выпот отмечен в 0–58% случаев, позднее контрастное усиление по МРТ — в 0–46% [28]. Очевидно, значительный разброс данных связан с разными критериями включения пациентов (в том числе и сроками

проведения исследования, начиная с подтверждения факта инфицирования), отсутствием контрольной группы и различными методиками оценки результатов, хотя именно МРТ является наиболее чувствительным и специфичным неинвазивным методом диагностики миокардита у любой категории лиц, включая перенесших коронавирусную инфекцию. Считается, что диагностическая ценность метода возрастает при его проведении через 1–3 месяца после COVID-19 [29].

МРТ-изменения в виде очагового фиброза миокарда (как постмиокардитического, так и постишемического) в выборке элитных спортсменов констатируют довольно часто — в 24–38% случаев; указанные проявления не связаны с коронарной патологией и требуются динамическое наблюдение, поскольку они могут быть субстратом жизнеугрожающих аритмий [30–32].

Наиболее близкими к реальным значениям нам представляются данные небольшого исследования [33], включавшем 26 спортсменов, которым МРТ сердца проводили после перенесенной коронавирусной инфекции: у 4 (15,4%) спортсменов были выявлены признаки миокардита, у 8 (30,8%) — позднее контрастное усиление без повышения T2, что свидетельствует о предшествующем повреждении/фиброзе миокарда. В целом среди атлетов-реконвалесцентов МРТ-признаки миокардита в совокупности с иными критериями, позволяющими установить соответствующий диагноз, были зафиксированы в 0–2,3–7,6% случаев; чаще определялись другие признаки — перикардиальный выпот, нарушение сократимости миокарда, аномальные движения стенок или перегородки [34–38]. Установлено, что миокардит чаще развивается у спортсменов мужского пола и у лиц младше 21 года с мультисистемным воспалительным синдромом (MCSB), ассоциированным с COVID-19 [26, 35, 36, 39–43].

При проведении суточного (Холтеровского) мониторинга (ХМ ЭКГ) спортсменам, перенесшим коронавирусную инфекцию в бессимптомной или легкой форме ($n = 90$), были выявлены наджелудочковая и желудочковая экстрасистолии — в 53,3 и 52,2% случаев соответственно [44].

Уровень одного из биохимических маркеров миокардиального повреждения — тропонина выходил за верхний предел референтного интервала у 0,9% (24/2719) спортсменов, при этом не сообщалось о четкой взаимосвязи уровней биомаркера с изменениями ЭхоКГ и МРТ сердца. Отсутствие подобной ассоциации было констатировано и в других исследованиях [26, 28, 33, 34, 45], что еще раз подтверждает проблематичность дифференциальной диагностики постковидных изменений и трансформации миокарда вследствие спортивных нагрузок.

Таким образом, имеются весьма разнообразные данные об изменении миокарда у спортсменов, перенесших коронавирусную инфекцию. Молодые атлеты, в целом, как правило, имеют меньший риск развития кардиоваскулярных осложнений; у части атлетов вовлечение в патологический процесс сердца может не сопровождаться клиническими симптомами [27, 28]. Большинство авторов сходятся во мнении, что субъективные проявления (жалобы на слабость, утомляемость, снижение работоспособности) нетипичны для реконвалесцентов-спортсменов. Пациентам с повышением уровня тропонина, аномалиями ЭКГ, позволяющими заподозрить миокардит (диффузная инверсия зубца Т, подъем сегмента ST без его реципрокной депрессии, расширение комплекса QRS), и/или эхокардиографическими аномалиями, типичными

для миокардита (аномалии движения стенки желудочка, снижение сократимости миокарда, перикардиальный выпот, дилатация желудочков, аномальное напряжение желудочков), рекомендуется консультация кардиолога и при наличии показаний — проведение МРТ [34]. Стандартная ЭКГ уступает по диагностической значимости Холтеровскому мониторингу в ходе определения электрической нестабильности миокарда и аритмий; максимальную информативность в диагностике повреждения миокарда у спортсменов, перенесших COVID-19, имеет ЭхоКГ в сочетании с применением биомаркеров (тропонин I/T).

У 27–31% пациентов с COVID-19 отмечаются тромбоэмболические осложнения [46]. Учитывая риск развития коагулопатий, в ряде случаев возникает необходимость определения параметров свертываемости: D-димер, международное нормализованное отношение (MHO), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновое время [24, 45]. До пандемии COVID-19 повышение уровня D-димера выше 400 нг/мл отмечали у 7,9% игроков в регби, а медиана составляла 231 нг/мл (215; 270); после перенесенной коронавирусной инфекции повышенные уровни D-димера определяли в 2 раза чаще — в 17,3% случаев, при медиане 270 нг/мл (215; 318) [47]. Следует помнить, что в повышении уровня D-димера может вносить и присущий регби спортивный травматизм [47].

Типичными проявлениями постковидного синдрома являются также разнообразные психологические и вегетативные расстройства, симптомы астении [48, 49].

У спортсменов может возникнуть постнагрузочная слабость, напоминающая синдром хронической усталости или фибромиалгию [50]. У некоторых атлетов возникают жалобы на одышку и сердцебиение, в том числе в ортостазе, что требует исключения синдрома постуральной тахикардии [51].

Надо отметить, что организационные подходы к обеспечению диагностического поиска в выборке спортсменов с кардиальными симптомами отличаются от общих, достаточных для верификации постковидного синдрома. Определяющую значимость в его диагностике в целом имеет объективная характеристика типа и тяжести клинических проявлений, в то время как для пациентов с подозрением на поражение кардиоваскулярной системы обязательными компонентами процесса диагностики признаны:

1) базовое лабораторное тестирование (общий анализ крови, базовая метаболическая панель, тропонин T, С-реактивный белок);

2) ЭКГ;

3) ЭхоКГ;

4) ХМ ЭКГ;

5) комплексная оценка состояния дыхательной системы; рекомендуется также обследование для выявления ортостатической гипотензии и постуральной тахикардии [34].

Консультация кардиолога показана пациентам (в том числе реконвалесцентам), у которых:

1) обнаружены аномальные результаты кардиологического тестирования;

2) документирована патология ССС с вновь возникшими или ухудшающимися симптомами;

3) подтверждены кардиальные осложнения COVID-19;

4) выявлены кардиальные и/или респираторные симптомы, которые невозможно объяснить иным образом [34].

Методические аспекты безопасного возвращения к профессиональной спортивной деятельности

В настоящее время существуют различные клинические рекомендации, регламентирующие возобновление физических нагрузок после перенесенной коронавирусной инфекции, все принятые протоколы учитывают стратификацию спортсменов в соответствии с течением заболевания. Так, при бессимптомном течении COVID-19 рекомендуется воздерживаться от физических нагрузок, как минимум, 2 недели; предложено ориентироваться на ЭКГ в состоянии покоя и при выявлении отклонений проводить, как минимум, ЭхоКГ и нагрузочные пробы [52, 53].

Схожий, т. е. достаточно консервативный, но в то же время более высокой степени мультимодальности подход к принятию решения о возможности возвращения к тренировочной активности развивает и Американская коллегия кардиологов [34, 52, 54] — в программу обследования должна входить так называемая «триада тестов»: это не только ЭКГ в 12 отведениях и ЭхоКГ, но и определение уровня сердечного тропонина (высококочувствительным методом). Однако при принятии решения о возобновлении тренировочной активности необходимо практически во всех случаях опираться на результаты нагрузочного тестирования; такова консолидированная в 2015 г. позиция кардиологических экспертных сообществ Нового света [56].

В отдельном обсуждении нуждается результативность протоколов, включающих МРТ, — их применение позволяет верифицировать поражение миокарда и перикарда, ассоциированное с COVID-19 [33, 36, 37, 39]; однако анализ значительных объемов данных, сведенных в Американской профессиональной когорте ($n = 789$) и многоцентровом регистре исходов кардиальных состояний у спортсменов ($n = 3,018$), продемонстрировал низкую выявляемость миокардита у спортсменов (0,6–0,7%) [26, 40]. Одно из последующих исследований, целью которого было обобщение данных о диагностической значимости МРТ-скрининга в спортивных контингентах, показало инцидентность миокардита на уровне 2,3% [35]. Показанием к проведению МРТ сердца с контрастированием эксперты European Association of Preventive Cardiology (EAPC) признали факт повышения уровня тропонина [23]; в случае госпитализации атлетов или при документированном поражении сердца методология диагностического поиска должна быть расширена, прежде всего, за счет биохимических тестов (мозговой натрийуретический пептид и его концевой фрагмент) [56].

Иными словами: профессиональные сообщества согласовали позицию о необходимости проведения «триадного скрининга» вне зависимости от характера симптоматики. Кроме того, признанной оказалась и позиция о целесообразности мониторинга спортсменов в возрасте до 21 года после перенесенной коронавирусной инфекции; наблюдение продолжительностью до 8 недель создает предпосылки для своевременной диагностики МСВС [55].

В целом при развитии миокардита необходимо руководствоваться ранее принятыми рекомендациями, так как в настоящее время нет доказательств того, что миокардит при коронавирусной инфекции клинически и патофизиологически существенно отличается от его иных форм [47]. Возобновление тренировок рекомендуется через 3–6 месяцев при нормализации функции левого желудочка и уровней сердечных биомаркеров, отсутствии

клинических проявлений и ЭКГ-нарушений на фоне проб с физической нагрузкой, а также ХМ ЭКГ [23, 56].

Подходы к построению прогностической математической модели, основанной на использовании валидных предикторов мультиорганных поражений, свойственных затяжному течению коронавирусной инфекции

При формировании подходов к прогнозированию уровней рисков, обусловленных коронавирусной инфекцией, мы использовали методы многомерного статистического анализа, в частности — бинарную логистическую регрессию. Логистическая регрессия — это разновидность множественной регрессии, общее назначение которой состоит в анализе связи между несколькими независимыми переменными (называемыми также регрессорами или предикторами) и зависимой переменной. Бинарную логистическую регрессию применяют в случае, когда зависимая переменная является бинарной (т. е. может принимать только два значения).

Необходимые расчеты были проведены в структуре мероприятий ретроспективного анализа данных медицинских карт 59 спортсменов сборных команд страны, перенесших COVID-19, которые прошли углубленные медицинские обследования при решении вопроса о допуске к занятиям спортом и через полгода после возобновления тренировочного процесса. Наиболее перспективными, т. е. отвечающими требованиям к включению в математическую модель, были признаны следующие характеристики: установление факта снижения работоспособности в ходе нагрузочного тестирования, замедление времени восстановления ЧСС, а также эпизоды повышения уровня КФК и кортизола (табл. 2).

Такие факторы, как снижение физической работоспособности и удлинение периода постнагрузочного восстановления, соответствовали и более высокому уровню абсолютного риска. Вероятно, именно резистентностью ассоциированных с вирусной

инвазией расстройств восстановительных процессов и можно объяснить факт замедления динамики показателей работоспособности в период реконвалесценции после перенесенной инфекции (рис.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная в литературе частота встречаемости поражения кардиоваскулярной системы у спортсменов-реконвалесцентов новой коронавирусной инфекцией варьирует в довольно широких пределах; атлеты, не достигшие возраста 25 лет, имеют меньший риск развития ассоциированной с коронавирусом кардиальной симптоматики, в сравнении с представителями более возрастной группы.

У большинства атлетов, перенесших COVID-19 в легкой или бессимптомной формах, биомаркеры поражения миокарда, а также показатели стандартной ЭКГ и ЭхоКГ остаются в пределах референтных значений. При наличии жалоб кардиального профиля и/или после болезни в среднетяжелой и тяжелой формах решение вопроса о возобновлении занятий спортом может быть принято лишь с учетом данных кардиологического обследования, включающего, как минимум, ЭКГ, ЭхоКГ и определение уровня тропонина.

Наиболее информативны следующие диагностические критерии постковидного миокардиального повреждения: по стандартной ЭКГ — диффузная инверсия зубца Т, подъем сегмента ST без его реципрокной депрессии, расширение комплекса QRS, появление новых не физиологичных ЭКГ-паттернов, а также, но уже по ЭхоКГ — аномалии движения стенки левого желудочка, снижение сократимости миокарда, дилатация желудочков, аномальное напряжение желудочков, перикардиальный выпот, появление новых/усугубление имеющихся нарушений.

Включение указанных показателей в математическую модель — логистическую регрессию — открывает перспективу для прогнозирования рисков развития постковидного синдрома и предикции мультиорганных поражений.

Литература

- Zholinsky AV, Kruglova IV, Feshchenko VS, Risukhina YV, Fomin AV, Galaktionova NM, et al. Federal medical biological agency of Russia's efforts to support Russian athletes during COVID-19 outbreak. *Sport Sci Health*. 2022; 18 (3): 831–7. DOI: 10.1007/s11332-021-00861-5. Epub 2021 Nov 6. PMID: 34777596; PMCID: PMC8571973.
- World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/europe/emergencies/situations/covid-19>
- Амиров Н. Б., Давлетшина Э. И., Васильева А. Г., Фатыхов Р. Г. Постковидный синдром: мультисистемные «дефициты». *Вестник современной клинической медицины*. 2021; 14 (6).
- 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: 10.1016/S1473-3099(21)00703-9. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34951953; PMCID: PMC8691845.
- Alkodaymi MS, Omrani OA, Fawzy NA, Shaar BA, Almamlouk R, Riaz M, et al. Prevalence of post-acute COVID-19 syndrome symptoms at different follow-up periods: a systematic review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect*. 2022; 28 (5): 657–66. DOI: 10.1016/j.cmi.2022.01.014. Epub 2022 Feb 3. PMID: 35124265; PMCID: PMC8812092.
- Perrone MA, Volterrani M, Manzi V, Barchiesi F, Iellamo F. Heart rate variability modifications in response to different types of exercise training in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021; 61 (10): 1411–5. DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12480-6. Epub 2021 Jun 17 PMID: 34137572.
- Powell AW, Urbina EM, Orr WB, Hansen JE, Baskar S. EKG abnormalities in a youth athlete following COVID-19: it's not always myocarditis! *Pediatr Cardiol*. 2022; 43 (8): 1922–5. DOI: 10.1007/s00246-022-02935-8. Epub 2022 May 27. PMID: 35622085; PMCID: PMC9136195.
- Tanacli R, Doebelin P, Götze C, Zieschang V, Faraghi A, Stehning C, et al. COVID-19 vs. Classical myocarditis associated myocardial injury evaluated by cardiac magnetic resonance and endomyocardial biopsy. *Front Cardiovasc Med*. 2021; 8: 737257. DOI: 10.3389/fcvm.2021.737257. PMID: 35004872; PMCID: PMC8739473
- Wulf HS, Abbafati C, Aerts JG, et al. A global systematic analysis of the occurrence, severity, and recovery pattern of long COVID in 2020 and 2021. *medRxiv*. 2022.
- Oikonomou E, Lampsas S, Theofilis P, Souvaliotis N, Papamikroulis GA, Katsarou O, et al. Impaired left ventricular deformation and ventricular-arterial coupling in post-COVID-19: association with autonomic dysregulation. *Heart Vessels*. 2023; 38 (3): 381–93. DOI: 10.1007/s00380-022-02180-2. Epub 2022 Sep 28.

11. Antonelli M, et al. Risk factors and disease profile of post-vaccination SARS-CoV-2 infection in UK users of the COVID Symptom Study app: a prospective, community-based, nested, case-control study. *The Lancet Infectious Diseases*. 2022; 22: 43–55
12. Taquet M, Dercon Q, Harrison PJ. Six-month sequelae of post-vaccination SARS-CoV-2 infection: a retrospective cohort study of 10,024 breakthrough infections. 2021. DOI: 10.1101/2021.10.26.21265508. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2021.10.26.21265508>.
13. Tran V-T, Perrodeau E, Saldanha J, Pane I, Ravaut P. Efficacy of COVID-19 vaccination on the symptoms of patients with long COVID: a target trial emulation using data from the ComPaRe e-cohort in France. 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-1350429/v1. Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1350429/v1>.
14. Ashton RE, Philips BE, Faghy M. The acute and chronic implications of the COVID-19 virus on the cardiovascular system in adults: A systematic review. *Prog Cardiovasc Dis*. 2023; 76: 31–37. DOI: 10.1016/j.pcad.2023.01.003.
15. Sandoval Y, Januzzi JL, Jr, Jaffe AS. Cardiac troponin for assessment of myocardial injury in COVID-19: JACC review topic of the week. *J Am CollCardiol*. 2020; 76: 1244–58.
16. Carfi A, Bernabei R, Landi F, et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA*. 2020; 324: 603–5.
17. Logue JK, Franko NM, McCulloch DJ, et al. Sequelae in adults at 6 months after COVID-19 infection. *JAMA Netw Open*. 2021; 4.
18. Giustino G, Croft LB, Stefanini GG, et al. Characterization of myocardial injury in patients with COVID-19. *J Am CollCardiol*. 2020; 76: 2043–55.
19. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) *JAMA Cardiol*. 2020; 5: 1265–73.
20. O'Connor FG. COVID-19: Return to sport or strenuous activity following infection. *UpToDate*. Literature review current through: May 2022. This topic last updated: Mar 28, 2022.
21. Ali-Ahmed F, Dalgaard F, Al-Khatib SM. Sudden cardiac death in patients with myocarditis: evaluation, risk stratification, and management. *Am Heart J*. 2020; 220: 29–40.
22. Phelan D, Kim JH, Elliott MD, et al. Screening of potential cardiac involvement in competitive athletes recovering from COVID-19: an expert consensus statement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020; 13 (12): 2635–52. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.10.005.
23. Pelliccia A, Solberg EE, Papadakis M, et al. Recommendations for participation in competitive and leisure time sport in athletes with cardiomyopathies, myocarditis, and pericarditis: position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J*. 2019; 40 (1): 19–33.
24. Wilson MG, Hull JH, Rogers J, et al. Cardiorespiratory considerations for return-to-play in elite athletes after COVID-19 infection: a practical guide for sport and exercise medicine physicians. *Br J Sports Med*. 2020; 54 (19): 1157–61. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102710.
25. Dove J, Gage A, Kriz P, Tabaddor RR, Owens BD. COVID-19 and review of current recommendations for return to athletic play. *R I Med J*. 2020; 103 (7): 15–20. Published 2020 Sep 1.
26. Moulson N, Petek BJ, Drezner JA, et al. SARS-CoV-2 Cardiac Involvement in Young Competitive Athletes. *Circulation*. 2021; 144 (4): 256–66. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054824.
27. Kim JY, Han K, Suh YJ. Prevalence of abnormal cardiovascular magnetic resonance findings in recovered patients from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2021; 23 (1): 100. DOI: 10.1186/s12968-021-00792-7.
28. Van Hattum JC, Spies JL, Verwijns SM, et al. Cardiac abnormalities in athletes after SARS-CoV-2 infection: a systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021; 7 (4): e001164. Published 2021 Oct 12. DOI: 10.1136/bmjsem-2021-001164.
29. Kelle S, Bucciarelli-Ducci C, Judd RM, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) recommended CMR protocols for scanning patients with active or convalescent phase COVID-19 infection. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020; 22: 61.
30. Małek LA, Bucciarelli-Ducci C. Myocardial fibrosis in athletes-Current perspective. *Clin Cardiol*. 2020; 43 (8): 882–8.
31. Ahmad SA, Khalid N, Shlofmitz E, Chhabra L. Myocardial fibrosis and arrhythmogenesis in elite athletes. *Clin Cardiol*. 2019; 42 (9): 788.
32. Zhang CD, Xu SL, Wang XY, Tao LY, Zhao W, Gao W. Prevalence of myocardial fibrosis in intensive endurance training athletes: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2020; 7: 585692.
33. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol*. 2021; 6 (1): 116–8. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4916.
34. Gluckman TJ, Bhavne NM, Allen LA, 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): 1717–56.
35. Daniels CJ, Rajpal S, Greenshields JT, et al. Prevalence of clinical and subclinical myocarditis in competitive athletes with recent SARS-CoV-2 infection: results from the Big Ten COVID-19 Cardiac Registry. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 1078–87.
36. Brito D, Meester S, Yanamala N, et al. High prevalence of pericardial involvement in college student athletes recovering from COVID-19. *J Am Coll Cardiol Img*. 2021; 14: 541–55.
37. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, et al. COVID-19 Myocardial Pathology Evaluation in Athletes With Cardiac Magnetic Resonance (COMPETE CMR). *Circulation*. 2021; 143: 609–12.
38. Hwang CE, Kussman A, Christle JW, et al. Findings from cardiovascular evaluation of National Collegiate Athletic Association Division I collegiate student athletes after asymptomatic or mildly symptomatic SARS-CoV-2 infection. *Clin J Sport Med*. Published online June 24, 2021.
39. Starekova J, Bluemke DA, Bradham WS, et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 945–50.
40. Martinez MW, Tucker AM, Bloom OJ, et al. Prevalence of inflammatory heart disease among professional athletes with prior COVID-19 infection who received systematic return-to-play cardiac screening. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 745–52.
41. Valverde I, Singh Y, Sanchez-de-Toledo J, et al. Acute cardiovascular manifestations in 286 children with multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19 infection in Europe. *Circulation*. 2021; 143: 21–32.
42. Sirico D, Basso A, Reffo E, et al. Early echocardiographic and cardiac MRI findings in multisystem inflammatory syndrome in children. *J Clin Med*. 2021; 10 (15): 3360.
43. Palabiyik F, Akcay N, Sevetoglu E, et al. Imaging of multisystem inflammatory disease in children (MIS-C) associated With COVID-19. *Acad Radiol*. 2021; 28: 1200–8.
44. Cavigli L, et al. A prospective study on the consequences of SARS-CoV-2 infection on the heart of young adult competitive athletes: implications for a safe return-to-play. *International journal of cardiology*. 2021; 336: 130–6. DOI: 10.1016/j.ijcard.2021.05.042.
45. Modica G, Bianco M, Sollazzo F, et al. Myocarditis in athletes recovering from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19 (7): 4279.
46. Ibarrola M, Dávolos I. Myocarditis in athletes after COVID-19 infection: the heart is not the only place to screen. *Sports Med Health Sci*. 2020; 2: 172–3.
47. Chevalier L, Cochet H, Mahida S, et al. ASCCOVID investigators. Resuming training in high-level athletes after mild COVID-19 infection: a multicenter prospective study (ASCCOVID-19). *Sports Med Open*. 2022; 8 (1): 83. DOI: 10.1186/s40798-022-00469-0.
48. Gamal DM, Ibrahim RA, Samaan SF. Post COVID-19 syndrome in a prospective cohort study of Egyptian patients. *Egypt Rheumatol Rehabil*. 2022; 49 (1): 12. Available from: <https://doi.org/10.1186/s43166-021-00104-y>.
49. Nabavi N. Long COVID: how to define it and how to manage it.

- BMJ. 2020; 370: m3489. Published 2020 Sep 7. DOI: 10.1136/bmj.m3489.
50. Giusto E, Asplund CA. Persistent COVID and a return to sport. *Curr Sports Med Rep.* 2022; 21 (3): 100–4.
 51. Blitshteyn S, Whitelaw S. Postural orthostatic tachycardia syndrome (POTS) and other autonomic disorders after COVID-19 infection: a case series of 20 patients. *Immunol Res.* 2021; 69 (2): 205–11. DOI: 10.1007/s12026-021-09185-5.
 52. Phelan D, Kim JH, Chung EH. A game plan for the resumption of sport and exercise after coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *JAMA Cardiol.* 2020; 5: 1085–6.
 53. Baggish A, Drezner JA, Kim J, Martinez M, Prutkin JM. The resurgence of sport in the wake of COVID-19: cardiac considerations in competitive athletes. *Br J SportsMed.* 2020; 54: 1130–1.
 54. Kim JH, Levine BD, Phelan D, et al. Coronavirus disease 2019 and the athletic heart: emerging perspectives on pathology, risks, and return to play. *JAMA Cardiol.* 2021; 6: 219–27.
 55. Feldstein LR, Rose EB, Horwitz SM, et al. Multisystem inflammatory syndrome in U.S. children and adolescents. *N Engl J Med.* 2020; 383: 334–46.
 56. Maron BJ, Udelson JE, Bonow RO. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 3: hypertrophic cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and other cardiomyopathies, and myocarditis: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol.* 2015; 66: 2362–71.

References

1. Zholinsky AV, Kruglova IV, Feshchenko VS, Risukhina YV, Fomin AV, Galaktionova NM, et al. Federal medical biological agency of Russia's efforts to support Russian athletes during COVID-19 outbreak. *Sport Sci Health.* 2022; 18 (3): 831–7. DOI: 10.1007/s11332-021-00861-5. Epub 2021 Nov 6. PMID: 34777596; PMCID: PMC8571973.
2. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/europe/emergencies/situations/covid-19>
3. Amirov NB, Davletshina Ehl, Vasileva AG, Fatyxov RG. Postkovidnyj sindrom: mul'tisistemnye «deficity». *Vestnik sovremennoj klinicheskoj mediciny.* 2021; 14 (6). Russian.
4. 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: 10.1016/S1473-3099(21)00703-9. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34951953; PMCID: PMC8691845.
5. Alkodaymi MS, Omrani OA, Fawzy NA, Shaar BA, Almamlouk R, Riaz M, et al. Prevalence of post-acute COVID-19 syndrome symptoms at different follow-up periods: a systematic review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect.* 2022; 28 (5): 657–66. DOI: 10.1016/j.cmi.2022.01.014. Epub 2022 Feb 3. PMID: 35124265; PMCID: PMC8812092.
6. Perrone MA, Volterrani M, Manzi V, Barchiesi F, Iellamo F. Heart rate variability modifications in response to different types of exercise training in athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2021; 61 (10): 1411–5. DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12480-6. Epub 2021 Jun 17 PMID: 34137572.
7. Powell AW, Urbina EM, Orr WB, Hansen JE, Baskar S. EKG abnormalities in a youth athlete following COVID-19: it's not always myocarditis! *Pediatr Cardiol.* 2022; 43 (8): 1922–5. DOI: 10.1007/s00246-022-02935-8. Epub 2022 May 27. PMID: 35622085; PMCID: PMC9136195.
8. Tanacli R, Doebelin P, Götz C, Zieschang V, Faragli A, Stehning C, et al. COVID-19 vs. Classical myocarditis associated myocardial injury evaluated by cardiac magnetic resonance and endomyocardial biopsy. *Front Cardiovasc Med.* 2021; 8: 737257. DOI: 10.3389/fcvm.2021.737257. PMID: 35004872; PMCID: PMC8739473
9. Wulf HS, Abbafati C, Aerts JG, et al. A global systematic analysis of the occurrence, severity, and recovery pattern of long COVID in 2020 and 2021. *medRxiv.* 2022.
10. Oikonomou E, Lampsas S, Theofilis P, Souvaliotis N, Papamikroulis GA, Katsarou O, et al. Impaired left ventricular deformation and ventricular-arterial coupling in post-COVID-19: association with autonomic dysregulation. *Heart Vessels.* 2023; 38 (3): 381–93. DOI: 10.1007/s00380-022-02180-2. Epub 2022 Sep 28.
11. Antonelli M, et al. Risk factors and disease profile of post-vaccination SARS-CoV-2 infection in UK users of the COVID Symptom Study app: a prospective, community-based, nested, case-control study. *The Lancet Infectious Diseases.* 2022; 22: 43–55
12. Taquet M, Dercon Q, Harrison PJ. Six-month sequelae of post-vaccination SARS-CoV-2 infection: a retrospective cohort study of 10,024 breakthrough infections. 2021. DOI: 10.1101/2021.10.26.21265508. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2021.10.26.21265508>.
13. Tran V-T, Perrodeau E, Saldanha J, Pane I, Ravaut P. Efficacy of COVID-19 vaccination on the symptoms of patients with long COVID: a target trial emulation using data from the ComPaRe e-cohort in France. 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-1350429/v1. Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1350429/v1>.
14. Ashton RE, Philips BE, Faghy M. The acute and chronic implications of the COVID-19 virus on the cardiovascular system in adults: A systematic review. *Prog Cardiovasc Dis.* 2023; 76: 31–37. DOI: 10.1016/j.pcad.2023.01.003.
15. Sandoval Y, Januzzi JL, Jr, Jaffe AS. Cardiac troponin for assessment of myocardial injury in COVID-19: JACC review topic of the week. *J Am CollCardiol.* 2020; 76: 1244–58.
16. Carfi A, Bernabei R, Landi F, et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA.* 2020; 324: 603–5.
17. Logue JK, Franko NM, McCulloch DJ, et al. Sequelae in adults at 6 months after COVID-19 infection. *JAMA Netw Open.* 2021; 4.
18. Giustino G, Croft LB, Stefanini GG, et al. Characterization of myocardial injury in patients with COVID-19. *J Am CollCardiol.* 2020; 76: 2043–55.
19. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) *JAMA Cardiol.* 2020; 5: 1265–73.
20. O'Connor FG. COVID-19: Return to sport or strenuous activity following infection. *UpToDate.* Literature review current through: May 2022. This topic last updated: Mar 28, 2022.
21. Ali-Ahmed F, Dalgaard F, Al-Khatib SM. Sudden cardiac death in patients with myocarditis: evaluation, risk stratification, and management. *Am Heart J.* 2020; 220: 29–40.
22. Phelan D, Kim JH, Elliott MD, et al. Screening of potential cardiac involvement in competitive athletes recovering from COVID-19: an expert consensus statement. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020; 13 (12): 2635–52. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.10.005.
23. Pelliccia A, Solberg EE, Papadakis M, et al. Recommendations for participation in competitive and leisure time sport in athletes with cardiomyopathies, myocarditis, and pericarditis: position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J.* 2019; 40 (1): 19–33.
24. Wilson MG, Hull JH, Rogers J, et al. Cardiorespiratory considerations for return-to-play in elite athletes after COVID-19 infection: a practical guide for sport and exercise medicine physicians. *Br J Sports Med.* 2020; 54 (19): 1157–61. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102710.
25. Dove J, Gage A, Kriz P, Tabaddor RR, Owens BD. COVID-19 and review of current recommendations for return to athletic play. *R I Med J.* 2020; 103 (7): 15–20. Published 2020 Sep 1.
26. Moulson N, Petek BJ, Drezner JA, et al. SARS-CoV-2 Cardiac Involvement in Young Competitive Athletes. *Circulation.* 2021; 144 (4): 256–66. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054824.
27. Kim JY, Han K, Suh YJ. Prevalence of abnormal cardiovascular

- magnetic resonance findings in recovered patients from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2021; 23 (1): 100. DOI: 10.1186/s12968-021-00792-7.
28. Van Hattum JC, Spies JL, Verwijs SM, et al. Cardiac abnormalities in athletes after SARS-CoV-2 infection: a systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2021; 7 (4): e001164. Published 2021 Oct 12. DOI: 10.1136/bmjsem-2021-001164.
 29. Kelle S, Bucciarelli-Ducci C, Judd RM, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) recommended CMR protocols for scanning patients with active or convalescent phase COVID-19 infection. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020; 22: 61.
 30. Małek LA, Bucciarelli-Ducci C. Myocardial fibrosis in athletes—Current perspective. *Clin Cardiol*. 2020; 43 (8): 882–8.
 31. Ahmad SA, Khalid N, Shlofmitz E, Chhabra L. Myocardial fibrosis and arrhythmogenesis in elite athletes. *Clin Cardiol*. 2019; 42 (9): 788.
 32. Zhang CD, Xu SL, Wang XY, Tao LY, Zhao W, Gao W. Prevalence of myocardial fibrosis in intensive endurance training athletes: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2020; 7: 585692.
 33. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol*. 2021; 6 (1): 116–8. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4916.
 34. Gluckman TJ, Bhavne NM, Allen LA, 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): 1717–56.
 35. Daniels CJ, Rajpal S, Greenshields JT, et al. Prevalence of clinical and subclinical myocarditis in competitive athletes with recent SARS-CoV-2 infection: results from the Big Ten COVID-19 Cardiac Registry. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 1078–87.
 36. Brito D, Meester S, Yanamala N, et al. High prevalence of pericardial involvement in college student athletes recovering from COVID-19. *J Am Coll Cardiol Img*. 2021; 14: 541–55.
 37. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, et al. COVID-19 Myocardial Pathology Evaluation in Athletes With Cardiac Magnetic Resonance (COMPETE CMR). *Circulation*. 2021; 143: 609–12.
 38. Hwang CE, Kussman A, Christle JW, et al. Findings from cardiovascular evaluation of National Collegiate Athletic Association Division I collegiate student athletes after asymptomatic or mildly symptomatic SARS-CoV-2 infection. *Clin J Sport Med*. Published online June 24, 2021.
 39. Starekova J, Bluemke DA, Bradham WS, et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 945–50.
 40. Martinez MW, Tucker AM, Bloom OJ, et al. Prevalence of inflammatory heart disease among professional athletes with prior COVID-19 infection who received systematic return-to-play cardiac screening. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 745–52.
 41. Valverde I, Singh Y, Sanchez-de-Toledo J, et al. Acute cardiovascular manifestations in 286 children with multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19 infection in Europe. *Circulation*. 2021; 143: 21–32.
 42. Sirico D, Basso A, Reffo E, et al. Early echocardiographic and cardiac MRI findings in multisystem inflammatory syndrome in children. *J Clin Med*. 2021; 10 (15): 3360.
 43. Palabiyik F, Akcay N, Sevketoglu E, et al. Imaging of multisystem inflammatory disease in children (MIS-C) associated With COVID-19. *Acad Radiol*. 2021; 28: 1200–8.
 44. Cavigli L, et al. A prospective study on the consequences of SARS-CoV-2 infection on the heart of young adult competitive athletes: implications for a safe return-to-play. *International journal of cardiology*. 2021; 336: 130–6. DOI: 10.1016/j.ijcard.2021.05.042.
 45. Modica G, Bianco M, Sollazzo F, et al. Myocarditis in athletes recovering from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19 (7): 4279.
 46. Ibarrola M, Dávalos I. Myocarditis in athletes after COVID-19 infection: the heart is not the only place to screen. *Sports Med Health Sci*. 2020; 2: 172–3.
 47. Chevalier L, Cochet H, Mahida S, et al. ASCCOVID investigators. Resuming training in high-level athletes after mild COVID-19 infection: a multicenter prospective study (ASCCOVID-19). *Sports Med Open*. 2022; 8 (1): 83. DOI: 10.1186/s40798-022-00469-0.
 48. Gamal DM, Ibrahim RA, Samaan SF. Post COVID-19 syndrome in a prospective cohort study of Egyptian patients. *Egypt Rheumatol Rehabil*. 2022; 49 (1): 12. Available from: <https://doi.org/10.1186/s43166-021-00104-y>.
 49. Nabavi N. Long COVID: how to define it and how to manage it. *BMJ*. 2020; 370: m3489. Published 2020 Sep 7. DOI: 10.1136/bmj.m3489.
 50. Giusto E, Asplund CA. Persistent COVID and a return to sport. *Curr Sports Med Rep*. 2022; 21 (3): 100–4.
 51. Blitshteyn S, Whitelaw S. Postural orthostatic tachycardia syndrome (POTS) and other autonomic disorders after COVID-19 infection: a case series of 20 patients. *Immunol Res*. 2021; 69 (2): 205–11. DOI: 10.1007/s12026-021-09185-5.
 52. Phelan D, Kim JH, Chung EH. A game plan for the resumption of sport and exercise after coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *JAMA Cardiol*. 2020; 5: 1085–6.
 53. Baggish A, Drezner JA, Kim J, Martinez M, Prutkin JM. The resurgence of sport in the wake of COVID-19: cardiac considerations in competitive athletes. *Br J Sports Med*. 2020; 54: 1130–1.
 54. Kim JH, Levine BD, Phelan D, et al. Coronavirus disease 2019 and the athletic heart: emerging perspectives on pathology, risks, and return to play. *JAMA Cardiol*. 2021; 6: 219–27.
 55. Feldstein LR, Rose EB, Horwitz SM, et al. Multisystem inflammatory syndrome in U.S. children and adolescents. *N Engl J Med*. 2020; 383: 334–46.
 56. Maron BJ, Udelson JE, Bonow RO. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 3: hypertrophic cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and other cardiomyopathies, and myocarditis: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66: 2362–71.