

ПОРАЖЕНИЕ СЕРДЦА У ЮНЫХ ЭЛИТНЫХ СПОРТСМЕНОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

Л. М. Макаров^{1,2,3}✉, В. Н. Комолятова^{1,2}, И. И. Киселева¹, Д. А. Беспорточный¹, А. Г. Акопян¹, А. В. Дмитриева¹, Н. В. Аксенова¹¹ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения России, Москва, Россия³ Академия постдипломного образования Федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Влияние коронавирусной инфекции (SARS-CoV-2) на состояние сердца у несовершеннолетних спортсменов остается неопределенным. Целью работы было определение поражения сердца юных элитных спортсменов, перенесших инфекции COVID-19 (SARS-CoV-2). Проведен ретроспективный анализ результатов разработанного трехэтапного медицинского обследования 236 элитных спортсменов 14–17 (16 ± 1) лет, перенесших инфекцию SARS-CoV-2. Первый этап обследования включал осмотр, ЭКГ, ЭХО-КГ, велоэргометрию (ВЭМ), оценку КФК и КФК-МВ. В связи с выявленными изменениями 22-м спортсменам (9,3%) на втором этапе проводили более углубленное обследование, включающее холтеровское мониторирование (ХМ) с оценкой турбулентности ритма сердца (ТРП), микровольтной альтернации Т-зубца (МАТ) и вариабельности ритма сердца (ВРС), ЭКГ высокого разрешения (ЭКГ ВР), определение биохимических маркеров поражения миокарда: тропонин, NTproBNP. Семь спортсменов (3,2%) с выявленными на этом этапе изменениями были направлены на проведение магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с контрастированием гадолинием (третий этап). По ее результатам в четырех случаях (1,7% из 236) был поставлен диагноз миокардит. Таким образом, отмечена низкая (менее 2%) вовлеченность поражения миокарда у юных элитных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2. Разработан алгоритм обследования сердца таких спортсменов. Наиболее информативно выявление аритмий сердца с помощью ЭКГ, ВЭМ и ХМ. Дополнительными методами определения показаний к МРТ сердца как золотому стандарту диагностики миокардита могут быть методы ЭКГ ВР, ВРС, ТРП и МАТ.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция, SARS-CoV-2, миокардит, юные элитные спортсмены, неинвазивная электрокардиология**Финансирование:** исследование выполнено по гранту No 37В/ЦМБ ФМБА России/22 от 10.08.2022.

Вклад авторов: Л. М. Макаров — концепция и дизайн исследования, написание текста рукописи, формулировка выводов; В. Н. Комолятова — анализ данных с помощью статистических и математических методов, сбор данных литературы, формулировка выводов; И. И. Киселева — клиническое обследование спортсменов, сбор данных литературы; Д. А. Беспорточный — проведение инструментальных исследований, работа с графическим материалом; А. Г. Акопян, А. В. Дмитриева — проведение инструментальных исследований; Н. В. Аксенова — отбор групп обследования.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом РНИМУ им. Н. И. Пирогова (протокол № 217 от 18 апреля 2022 г.), проведено в соответствии с требованиями Основ законодательства «Об охране здоровья граждан»; все участники подписали информированное согласие на обследование.

✉ **Для корреспонденции:** Леонид Михайлович Макаров
Москворечье, д. 20, г. Москва, 115409, Россия; dr.leonidmakarov@mail.ru

Статья получена: 27.07.2023 **Статья принята к печати:** 23.08.2023 **Опубликована онлайн:** 30.09.2023**DOI:** 10.47183/mes.2023.042

HEART DISEASE IN YOUNG ELITE ATHLETES HAVING A HISTORY OF COVID-19

Makarov LM^{1,2,3}✉, Komolyatova VN^{1,2}, Kiselyova II¹, Besportochny DA¹, Akopyan AG¹, Dmitrieva AV¹, Aksyonova NV¹¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia³ Academy of Postgraduate Education, Federal Scientific and Clinical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

The impact of coronavirus infection (SARS-CoV-2) on cardiac output in underage athletes is uncertain. The study was aimed to determine heart disease in young elite athletes having a history of COVID-19 (SARS-CoV-2). A retrospective analysis of the results of the developed three-phase medical assessment of 236 elite athletes aged 14–17 (16 ± 1), who had had SARS-CoV-2 infection, was performed. The first phase of assessment involved examination, ECG, ECHO, bicycle ergometry (BEM), creatine kinase and creatine kinase MB tests. During the second phase 22 athletes (9.3%) underwent a more thorough assessment that included Holter monitoring (HM) with heart rate turbulence (HRT), microvolt T-wave alternans (MTWA), heart rate variability (HRV) estimation, signal averaged ECG (SAECG), determination of myocardial damage biochemical markers (troponin, NTproBNP) due to alterations revealed. Seven athletes (3.2%) having alterations revealed during this phase were referred to gadolinium enhancement cardiac magnetic resonance imaging (MRI) (the third phase). Myopericarditis was diagnosed in four cases (1.7% of 236) based on the results. Thus, low myocardial involvement (below 2%) has been revealed in young elite athletes, who have a history of SARS-CoV-2 infection. Cardiovascular assessment algorithm has been developed for such athletes. Detection of cardiac arrhythmias by ECG, BEM, and HM is the most informative. SAECG, HRV, HRT, and MTWA can be used as additional methods to determine indications for MRI as a gold standard of the diagnosis of myocarditis.

Keywords: coronavirus infection, SARS-CoV2, myocarditis, young elite athlete, noninvasive electrocardiology**Funding:** the study was supported by grant № 37B/CSM FMBA Rossii/22 of 10.08.2022.

Author contribution: Makarov LM — study concept and design, manuscript writing, conclusions; Komolyatova VN — data analysis by statistical and mathematical methods, literature data acquisition; Kiselyova II — clinical assessment of athletes, literature data acquisition; Besportochny DA — instrumental assessment, working on graphics; Akopyan AG, Dmitrieva AV — instrumental assessment; Aksyonova NV — selection of populations for assessment.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (protocol № 217 of 18 April 2022) and conducted in accordance with the framework legislation "On Protection of Public Health"; the informed consent to examination was submitted by all participants.

✉ **Correspondence should be addressed:** Leonid M. Makarov
Moskvorechye, 20, Moscow, 115409, Russia; dr.leonidmakarov@mail.ru

Received: 27.07.2023 **Accepted:** 23.08.2023 **Published online:** 30.09.2023**DOI:** 10.47183/mes.2023.042

К настоящему времени имеются достаточно многочисленные данные о поражении сердечно-сосудистой системы, прежде всего развитии миокардитов, у больных, перенесших инфекцию COVID-19 (SARS-CoV-2), в том числе у спортсменов [1–6]. Миокардиты, как известно, часто являются причиной внезапной сердечной смерти (ВСС) в спорте [7–9].

Однако данные о распространенности и клинической значимости поражения сердца у спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, сильно различались (от 1,4 до 56%) в зависимости от критериев оценки заболевания, используемых методов диагностики и других аспектов дизайна исследований [3–5]. «Золотым стандартом» выявления поражения сердца после перенесенной инфекции является МРТ сердца [1]. Однако методика является затратной и не может быть проведена в качестве скринингового исследования. Поиск дополнительных маркеров и факторов является крайне актуальной задачей, которая позволит уточнить круг лиц, которым необходимо проведение этой процедуры. Наиболее часто используемым в мире протоколом сердечно-сосудистых тестов после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 является так называемое «триадное» тестирование (ЭКГ, ЭХО-КГ, уровень тропонина) [2–6]. Миокардиты любой этиологии являются одной из основных причин внезапной смерти спортсменов [7–9]. Аномальные результаты «триадного» тестирования, возможно связанные с поражением сердца SARS-CoV-2, были обнаружены с помощью ЭХО-КГ у 24 (0,9%) из 2556, ЭКГ в 12 отведениях — у 21 (0,7%) из 2999 и по уровню тропонина — у 24 (0,9%) из 2719 [10].

Целью данной работы было определение поражения сердца высококвалифицированных (элитных) спортсменов уровня высшего спортивного мастерства, перенесших инфекции COVID-19 (SARS-CoV-2).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии включения в исследование: возраст спортсменов от 14 до 17 лет; наличие информации от спортсменов или медицинских документов о перенесенной инфекции SARS-CoV-2; прохождение кардиологического обследования в рамках углубленного медицинского обследования (УМО) в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий (ЦСССА) ФНКЦ детей и подростков ФМБА России.

Критерии исключения: возраст спортсменов менее 14 и более 17 лет; отсутствие результатов УМО.

На основании критериев включения для проведения ретроспективного анализа результатов обследования сердечно-сосудистой системы было отобрано 236 из 1505 историй болезни юных элитных спортсменов 14–17 (16 ± 1) лет, заявивших о том, что в период с 1 сентября 2021 г. по 31 июня 2022 г. они перенесли инфекцию SARS-CoV-2. Все спортсмены проходили кардиологическое тестирование в рамках углубленного медицинского обследования (УМО) в Центре синкопальных состояний и сердечных аритмий (ЦСССА) ФНКЦ детей и подростков ФМБА России. Срок от перенесенной инфекции до обследования составил от 1 до 6 месяцев.

Программа обследования включала три этапа. На первом этапе всем спортсменам в рамках проведенного углубленного медицинского обследования проводился сбор анамнеза и жалоб, осмотр с измерением артериального давления, аускультацию, оценку перкуторных границ сердца, 12-канальную ЭКГ (Mac 5500; GE Healthcare, США), ЭХО-КГ (Vivid T8; GE Healthcare,

США) и велоэргометрию, или ВЭМ (CardioSoft 6.5; GE Healthcare, США), расширенный биохимический профиль. При анализе медицинской документации акцент делался на перенесенную коронавирусную инфекцию, специфические симптомы, которые ее сопровождали (потеря вкуса, обоняния), общие симптомы интоксикации, сопровождавшие инфекцию, длительность повышения температуры тела и течения заболевания, а также учитывались неспецифические для коронавирусной инфекции жалобы на сердцебиение, одышку, снижение спортивных результатов, наличие патологических шумов в сердце, оценка признаков сердечной недостаточности. Анализ проведенной ранее 12-канальной ЭКГ основывался на Seattle [11] и International [12] критериях анализа ЭКГ спортсменов, оценивались нарушения ритма сердца и признаки метаболических и ишемических изменений в миокарде (изменений зубца Т, сегмента ST, интервала QT).

ЭХО-КГ проводили по стандартному протоколу с оценкой сократительной способности миокарда, камер сердца и параметров гемодинамики. Размеры сердца оценивали в перерасчете на площадь поверхности тела и сравнивали с нормальными поло-возрастными значениями с учетом z-score отклонений [13]. ВЭМ проводили по протоколу PWC 170 с анализом показателей ЭКГ и артериального давления на каждой ступени пробы и в период восстановления [14]. В биохимическом профиле у всех спортсменов анализировали уровень КФК и КФК-МВ фракции. Нормативными значениями КФК считали показатели от 26 до 174 Ед/л, КФК-МВ 0–24 Ед/л.

При выявлении патологических отклонений на первом этапе спортсмен переходил на второй этап обследования, который включал дополнительно проведение ЭКГ высокого разрешения (ЭКГ ВР) с определением поздних потенциалов желудочков: tot fQRS (норма — менее 114 мс), Last 40 (норма — более 38 мс) и RMS40 (норма — более 20 Гц) [14], холтеровского мониторирования с оценкой аритмий, динамики показателей реполяризации желудочков (ST-, T-, QT-изменения). При анализе результатов холтеровского мониторирования акцент делался на наличие признаков электрической нестабильности миокарда: снижение вариабельности ритма сердца, или ВРС (показатель менее SDNN 100 мс, pNN50 менее 15%) [15], эпизоды микровольтной альтернации зубца Т (более 55 мкВ) [16], редукции турбулентности ритма сердца (показатель onset более 0% и slope более 6 мс/RR) [17].

На этом этапе дополнительно определяли биохимические маркеры поражения миокарда: уровень тропонина (нормальные значения менее 9 нг/мл) и N-концевого натрийуретического пептида (NT-proBNP, нормальные значения менее 125 пг/мл).

При наличии отклонений на этом этапе обследования спортсмен переходил на третий этап, где проводили магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца с контрастированием гадолинием.

Статистический анализ полученных данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistika for Windows, версия 7.0 (StatSoft; США). Для анализа данных использовали методы непараметрической статистики, достоверными считались различия при значениях $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Алгоритм и результаты использованного трехэтапного обследования несовершеннолетних спортсменов,

Таблица 1. Изменения со стороны сердечно-сосудистой системы у несовершеннолетних высокопрофессиональных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, выявленные на первом этапе обследования (см. рис.). АВБ — атрио-вентрикулярная блокада; ВЭМ — велоэргометрия; ЖЭС — желудочковая экстрасистолия; КДДЛЖ — конечный диастолический диаметр левого желудочка; QTc — скорректированный интервал QT по формуле Базетта QT/RR

Выявленные изменения	п спортсменов (% от всей группы)
Желудочковая экстрасистолия на ЭКГ покоя	2 (0,8%)
АВБ 2-й степени Мобитц 1 на ЭКГ покоя	1 (0,4%)
QTc более 460 мс на ЭКГ покоя	5 (2,1%)
Снижение сократительной способности ЛЖ и увеличение КДДЛЖ	2 (0,8%)
ЖЭС на ВЭМ	18 (7,6%)
Отрицательные зубцы Т на ВЭМ	8 (3,3%)

перенесших инфекцию SARS-CoV-2, представлены на рисунке. У большинства спортсменов коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 протекала в легкой форме, чаще бессимптомно (наличие положительных ПЦР тестов при обследовании перед соревнованиями), только у одного спортсмена развилась пневмония, потребовавшая госпитализации. По данным физикального обследования и осмотра, патологических изменений со стороны сердца выявлено не было ни в одном случае. У 22 (9,3%) спортсменов на первом этапе обследования по данным ЭКГ, ВЭМ и ЭХО-КГ были выявлены изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, которые потребовали более углубленного обследования (табл. 1). У шести спортсменов мы наблюдали сочетания нескольких выявленных нарушений. Нами не отмечено взаимосвязи между тяжестью течения инфекции SARS-CoV-2, по данным анамнеза, и необходимостью проведения второго этапа обследования. Один спортсмен, как было указано выше, был ранее госпитализирован с ковидной пневмонией, однако он не имел поражения сердца при кардиологическом обследовании.

Оценку уровня КФК осуществляли у всех спортсменов на первом этапе обследования. В группе, потребовавшей проведения второго этапа, отмечены достоверно более

высокие значения как общего КФК (525 [155, 684] vs 325 [74, 422] Ед./л, $p < 0,05$), так и КФК-МВ (27 [5, 34] vs 21 [7, 24] Ед./л, $p < 0,05$). На втором этапе, ни в одном случае не было выявлено увеличение уровня тропонина и натрийуретического пептида (NT-proBNP).

По результатам ЭКГ-ВР у двух (9%) из 22 спортсменов были зарегистрированы поздние потенциалы желудочков по всем 3-м показателям ЭКГ ВР (tot fQRS — 122 ± 5 мс при норме менее 114 мс, Last 40 — 42 ± 5 мс при норме более 38 мс и RMS40 — 18 ± 3 Гц при норме более 20 Гц). Наличие этих признаков электрической нестабильности миокарда позволило предположить возможное течение постковидного миокардита и направить спортсменов на МРТ.

При проведении ХМ практически все спортсмены демонстрировали синусовую брадикардию, и только у 3 (16%) из 22 показатели ЧСС превышали нормативные значения (синусовая тахикардия) [15]. У двух из них отмечено снижение показателей ВРС. У одного спортсмена после месячного периода отдыха показатели ЧСС нормализовались, поэтому синусовая тахикардия, выявленная при ХМ, была расценена как проявление перетренированности. Ни один из 18 спортсменов, имевших нагрузочную желудочковую экстрасистолию на

Таблица 2. Результаты 3-го этапа обследования спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 (МРТ сердца с контрастированием). АВБ — атрио-вентрикулярная блокада; ВРС — вариабельность ритма сердца; ВЭМ — велоэргометрия; ЖТ — желудочковая тахикардия; ЖЭС — желудочковая экстрасистолия; КДДЛЖ — конечный диастолический диаметр левого желудочка; МАТ — микровольтная альтернация Т зубца; МРТ — магнитно-резонансная томография; ТРС — турбулентность ритма сердца; ФВ — фракция выброса; ХМ — холтеровское мониторирование

	Возраст, пол, вид спорта	ЭКГ	ЭХО-КГ	ВЭМ	ХМ	МРТ
1	17, женщины, хоккей на траве	Тахикардия, удлинение интервала (QTc > 460 мс)	Норма	Нарушение реполяризации желудочков, нагрузочная ЖЭС	Тахикардия, нарушения реполяризации желудочков, редкая ЖЭС, редукция ТРС, наличие МАТ	Данные за подострый миокардит
2	16, женщины, бадминтон	ЖЭС	Норма	ЖЭС во время исследования	Наличие МАТ, тахикардия, снижение ВРС	Изменений не выявлено
3	16, мужчины, хоккей	АВБ 2-й ст. Мобитц 1	Норма	АВБ 1-й ст. в начале пробы и в период восстановления	Частые эпизоды АВ-блокады 2-й ст. Мобитц 1 и 2	Острый миокардит
4	15, мужчины, бокс	Нарушение реполяризации желудочков (депрессия ST до 0,5 мм в V4–V6)	Снижение сократительной способности (ФВ 53%), диастолическая дисфункция	Нарушения реполяризации желудочков усугубляются на нагрузке	Нарушения реполяризации желудочков	Результатов нет
5	16, женщины, волейбол	Удлинение интервала QT (QTc > 460 мс)	Дилатация ЛЖ (КДДЛЖ до 61 мм), ФВ в норме	Норма	Тахикардия, снижение ВРС, АВ-блокады 1-й ст., эпизоды АВБ 2 степени	Данные за острый миокардит
6	15, женщины, спортивная гимнастика	Норма	Норма	Нарушение реполяризации желудочков, нагрузочная ЖЭС	Нарушение реполяризации желудочков, редкая ЖЭС, редукция ТРС	Данные за миокардит
7	16, мужчины, плавание	Норма	Норма	Нарушение реполяризации желудочков	Пробегка полиморфной ЖТ, наличие МАТ	Изменений не выявлено

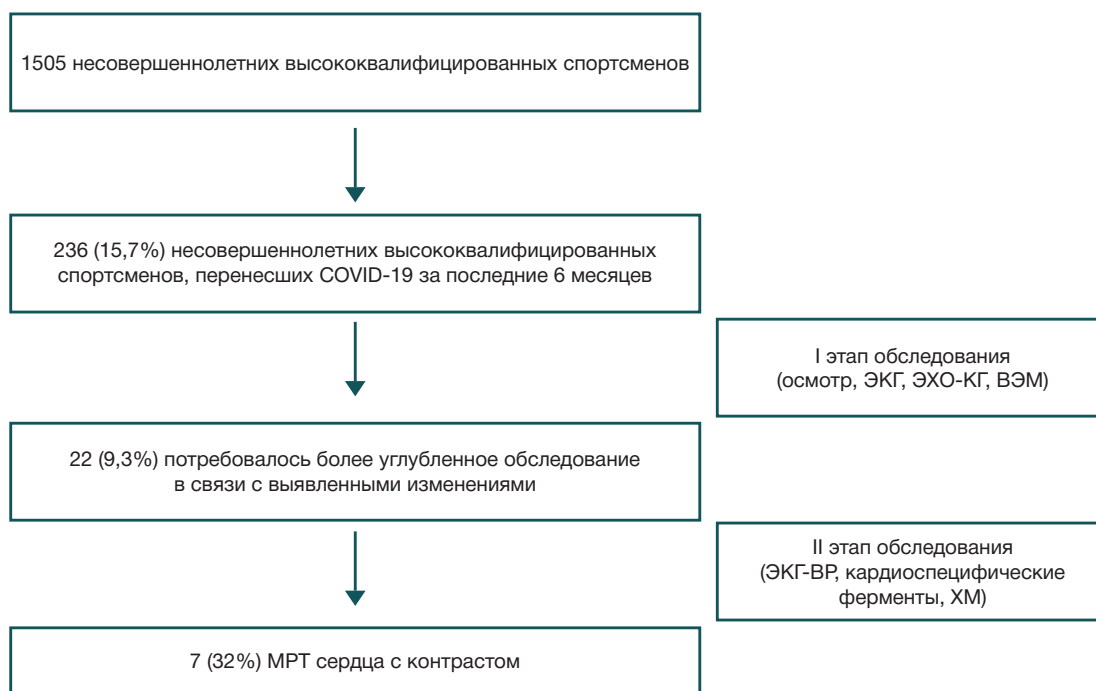


Рис. Трехэтапный алгоритм обследования несовершеннолетних высокопрофессиональных спортсменов 14–17 лет, перенесших инфекцию SARS-CoV-2

ВЭМ, не продемонстрировал при ХМ частых желудочковых экстрасистол, представленность экстрасистолии колебалась от единичных до 105 за сутки (менее 1%), и в суточном цикле ассоциировалась с подъемом ЧСС (дневной циркадный тип). У 2 из 18 (11,1%) была выявлена редукция турбулентности ритма сердца — показателя, ассоциированного с злокачественным характером экстрасистолии на фоне возможного поражения миокарда. У одного спортсмена при ХМ в утренние часы была зарегистрирована короткая пробежка неустойчивой желудочковой тахикардии из трех комплексов QRS, что также потребовало проведения МРТ. У трех пациентов с нагрузочной желудочковой экстрасистолией при ХМ регистрировались увеличения значения микровольтной альтернации Т-зубца выше 55 мкВ. У всех восьми спортсменов, продемонстрировавших нарушение процесса реполяризации желудочков (отрицательные зубцы Т) при ВЭМ (табл.1), имелись аналогичные эпизоды и при ХМ, в виде глубоких отрицательных зубцов Т, преимущественно на фоне синусовой тахикардии. Анализ предыдущих обследований у этих атлетов выявил у трех человек (37,5%) схожие изменения при УМО и до перенесенной инфекции, что позволило исключить постковидный характер изменений. В тех случаях, когда нарушения реполяризации желудочков сочетались с нагрузочной желудочковой экстрасистолией, пациенты были направлены на проведение МРТ. Таким образом, после второго этапа обследования семь (32%) из 22 спортсменов были направлены на проведение МРТ сердца с контрастом (табл. 2), которое проведено у шестидесяти из них. Один спортсмен результаты МРТ не предоставил, его дальнейшая спортивная судьба не известна. У четырех (1,7% из 236) спортсменов по результатам МРТ был диагностирован миоперикардит. У спортсмена с пробежкой неустойчивой желудочковой тахикардии изменений на МРТ выявлено не было. Четверо спортсменов с подтвержденным миокардитом были отстранены от занятий спортом на 6 месяцев, согласно существующим рекомендациям [18].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Осложнения после инфекции SARS-CoV-2 у спортсменов регистрируются во всех системах организма. Самой уязвимой оказалась сердечно-сосудистая система [18]. Однако распространенность и клиническая манифестация поражения сердца у спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, значительно расходятся в разных исследованиях [2–5, 18, 19]. По нашим данным, частота развития воспалительных изменений в миокарде после перенесенной SARS-CoV-2 инфекции у юных спортсменов оказалась невысокой (1,7%) в сравнении с данными, полученными на выборке взрослых пациентов с тяжелым течением болезни (не спортсменов, средний возраст 64 года, 33% женщины) [20]. По нашим данным, только у одного юного спортсмена наблюдалось снижение сократительной способности левого желудочка; к сожалению, данные рекомендованного ему МРТ нам не были предоставлены. В целом частота выявления определенного или вероятного поражения сердца у молодых спортсменов по некоторым данным составила 2,7% [10], что значительно меньше, чем у взрослых пациентов [1].

Симптомы перенесенной инфекции, как правило, не определяли тяжесть течения и осложнения. Так, в одном из исследований клинически значимые симптомы заболевания отмечали у 27% спортсменов, а миокардиты выявили у 46% [4]. Другие авторы отмечали симптомы в 70–77% случаев, а миокардиты не выявили ни в одном [2, 19]. Схожие данные прослеживаются и в нашем исследовании: среди 236 спортсменов только у одного заболевание протекало в умеренно тяжелой форме, он был госпитализирован с диагнозом пневмония, но впоследствии не имел никаких изменений со стороны сердечно-сосудистой системы, и наоборот, у всех спортсменов с подтвержденным миоперикардитом новая коронавирусная инфекция протекала в легкой форме (только потеря вкуса или обоняния). Сам факт перенесенной новой коронавирусной инфекции не всегда

является причиной выявленных сердечных нарушений, частой причиной этих изменений у юных элитных спортсменов является синдром «перетренированности» [21]. Определить связь выявленных изменений с перенесенной инфекцией порой трудно, часто помогает анализ предыдущих обследований. В нашем исследовании анализ предыдущей документации у трех из восьми атлетов с нарушениями процесса реполяризации на нагрузке позволил исключить коронавирусную инфекцию как причину выявленных изменений. У одной спортсменки (пациент 2; табл. 2) желудочковая экстрасистолия сочеталась с синусовой тахикардией и снижением ВРС, но на МРТ изменений выявлено не было, и после короткого периода отдыха показатели ЧСС и ВРС нормализовались.

Наиболее часто используемым в мире протоколом тестов для выявления поражения сердца после перенесенной инфекции SARS-CoV-2 является так называемое «триадное» тестирование (ЭКГ, ЭХО-КГ, уровень тропонина) [18]. С этой целью в нашем исследовании на втором этапе проводился анализ уровня тропонина, однако ни в одном случае он не был повышен. Возможно это объясняется тем, что время от момента перенесенной инфекции до обследования составляло 1–6 месяцев. Хотя повышенные значения тропонина могут сохраняться в течение 52 ± 17 дней после перенесенной инфекции [22]. В одном из самых крупных исследований, посвященных анализу течения и влияния на сердце юных спортсменов, перенесших острую коронавирусную инфекцию, аномальные результаты «триадного» тестирования, возможно связанные с поражением сердца после SARS-CoV-2, были обнаружены с помощью ЭХО-КГ у 24 (0,9%) из 2556, ЭКГ в 12 отведениях у 21 (0,7%) из 2999 и по уровню тропонина — у 24 (0,9%) из 2719. У 65 спортсменов был выявлен хотя бы один аномальный тест, у 2 спортсменов было два аномальных теста (ЭКГ и ЭХО-КГ), и ни у одного спортсмена не было отклонений во всех трех тестах [10]. На основании «триадного» теста и проведенного МРТ миокардит был выявлен у 81 (2,7%) спортсмена после перенесенной SARS-CoV-2 инфекции, а у 56 (1,9%) спортсменов выявленные изменения были не связаны с перенесенной инфекцией. «Триадный» тест оказался высокочувствительным маркером поражения сердца у пациентов, перенесших SARS-CoV-2 инфекцию (ОШ: 37,4; ДИ: 13,3–105,3) в данном исследовании [10]. Мы считаем, что «триадный» тест может быть полезен для выявления поражения сердца у спортсменов, так как в нашем исследовании у 75% с подтвержденным миокардитом были выявлены патологические изменения на ЭКГ и у 25% при ЭХО-КГ. Еще одно исследование у спортсменов, перенесших COVID-19, показало, что информативность МРТ в 7,4 раза превосходила другие тесты в выявлении поражения сердца [23]. Однако ценность МРТ исследования как массового скрининга всех спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, является на сегодня неизвестной [18].

В нашем исследовании наиболее информативными тестами для выявления поражения сердца до МРТ были ЭКГ, ВЭМ и ХМ (табл.1). В качестве дополнительных информативных методов, по нашему мнению, могут использоваться такие методы неинвазивной электрокардиологии, как ЭКГ ВР и исследование турбулентности и вариабельности ритма сердца.

Более широкое использование методики МРТ и дополнительных методик в обследовании спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, позволит более точно определить распространенность поражения сердца в этой группе, так как вопрос об эффективности и информативности скринингового МРТ у всех спортсменов, перенесших SARS-CoV-2 инфекцию, по сравнению с исследованием по конкретным показаниям является пока дискуссионным [10]. Многообразие клинических проявлений, отсутствие тесных ассоциаций между тяжестью перенесенной инфекции и развитием осложнений вызывают множество вопросов о возможности допуска спортсменов, перенесших SARS-CoV-2 инфекцию, к занятиям спортом.

Ограничениями исследования являются его ретроспективный дизайн, с отсутствием возможности сравнения оценки уровня антител к SARS-CoV-2 и ПЦР тестов в начале заболевания с последующими выявленными изменениями, короткий период наблюдения, не позволяющий оценить продолжительный катамнез. В анализ не включалась связь заболевания с антропометрическими данными спортсменов, спортивным стажем, этапами тренировочного процесса, предшествующими травмами и др., что может быть предметом рассмотрения в последующих исследованиях.

ВЫВОДЫ

Среди несовершеннолетних высококвалифицированных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, отмечается низкая распространенность (до 2%) поражения сердца после инфекции. Разработан трехэтапный алгоритм обследования сердечно-сосудистой системы спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2. Наиболее информативным для определения возможного поражения сердца у юных спортсменов, перенесших SARS-CoV-2, явилось выявление аритмий сердца с помощью ЭКГ, велоэргометрии или холтеровского мониторирования. Дополнительными методами определения показаний к МРТ могут быть выявление поздних потенциалов желудочков на ЭКГ высокого разрешения и снижение вариабельности и турбулентности ритма сердца, наличие микровольтной альтернации зубца Т. «Золотым стандартом» диагностики поражения миокарда у несовершеннолетних высококвалифицированных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, является МРТ сердца с контрастированием гадолинием. Однако ценность данного метода как обязательного скрининга всех переболевших спортсменов остается дискуссионной.

Литература

1. Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J, et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. *Circulation*. 2020; 141: 1648–55.
2. Brito D, Meester S, Yanamala N, Patel HB, Balcik BJ, Casaclang-Verzosa G, et al. High prevalence of pericardial involvement in college student athletes recovering from COVID-19. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021; 14: 541–55.
3. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, Diamond AB, George-Durrett K, Fish FA, et al. COVID-19 myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR). *Circulation*. 2021; 143: 609–12.

4. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, Zareba KM, Obarski TP, Simonetti OP, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA cardiology*. 2021; 6: 116–8.
5. Starekova J, Bluemke DA, Bradham WS, Eckhardt LL, Grist TM, Kusmirek JE, et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging. *JAMA Cardiology*. 2021; 6 (8): 945–50.
6. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, Fahim M, Arendt C, Hoffmann J, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID- 19). *JAMA Cardiology*. 2020; 5: 1265–73.
7. Makarov L. Sudden cardiac death in young athletes. In: P. Magnusson, J.A. LeQuang, editors. *Sudden Cardiac Death*. IntechOpen (London, UK). 2020; 51–62. DOI: 10.5772/intechopen.90627.
8. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, et al. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A decade in review. *Circulation*. 2015; 132: 10–19.
9. Peterson DF, Kucera K, Thomas LC, Maleszewski J, Siebert D, Lopez-Anderson M, et al. Etiology and incidence of sudden cardiac arrest and death in young competitive athletes in the USA: a 4-year prospective study. *Br J Sports Med*. 2021; 55 (21): 1196–203.
10. Moulson N, Petek BJ, Drezner JA, Harmon KG, Kliethermes SA, Patel MR, et al. Outcomes Registry for Cardiac Conditions in Athletes Investigators. SARS-CoV-2 cardiac involvement in young competitive athletes. *Circulation*. 2021; 144: 256–66.
11. Drezner J, Ackerman M, Anderson J, Ashley E, Asplund G, Baggish A, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the 'Seattle criteria'. *Br J Sports Med*. 2013; 47 (3): 122–4.
12. Sharma S, Drezner J, Baggish A, Papadakis M, Wilson M, Prutkin J, et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *JACC*. 2017; 69 (8): 1057–75.
13. Kampmann C, Wiethoff CM, Wenzel A, Stolz G, Betancor M, Wippermann CF, et al. Normal values of M mode echocardiographic measurements of more than 2000 healthy infants and children in central Europe. *Heart*. 2000; 83 (6): 667–72.
14. Макаров Л. М. ЭКГ в педиатрии. 3-е издание. М.: Медпрактика-М, 2013; 696 с.
15. Макаров Л. М., Комолятова В. Н., Куприянова О. О., Первова Е. В., Рябыкина Г. В., Соболев А. В., и др. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике. *Российский кардиологический журнал*. 2014; (2): 6–71.
16. Makarov L, Komoliatova V. Microvolt T-wave alternans during Holter monitoring in children and adolescents. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2010; 15 (2): 138–44.
17. Макаров Л. М. Холтеровское мониторирование. 4-е издание. М.: Медпрактика-М, 2017; 504 с.
18. Gluckman TJ, Bhavne NM, Allenet LA, Chung EH, Spatz ES, et al. 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: 1717–56.
19. Małek ŁA, Marczak M, Miłosz-Wieczorek B, Konopka M, Braksator W, Drygas W, et al. Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19: a magnetic resonance study. *J Magn Reson Imaging*. 2021; 53: 1723–9.
20. Daher A, Balfanz P, Cornelissen C, et al. Follow up of patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): pulmonary and extrapulmonary disease sequelae. *Respir Med*. 2020; 174: 106197.
21. Макаров Л. М., Комолятова В. Н., Аксенова Н. В. Анализ причин отводов от занятий спортом юных элитных спортсменов. *Рос. вестн. перинатол. и педиатр*. 2020; 65: (6): 65–71.
22. Hanneman K, Houbois C, Schoffel A, et al. Combined cardiac fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/magnetic resonance imaging assessment of myocardial injury in patients who recently recovered from COVID-19. *JAMA Cardiol*. 2022; 7 (3): 298–308.
23. Daniels CJ, Rajpal S, Greenshields JT, Rosenthal GL, Chung EH, Terrin M, 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 Cardiology*. 2021; 6 (9): 1078–87.

References

1. Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J, et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. *Circulation*. 2020; 141: 1648–55.
2. Brito D, Meester S, Yanamala N, Patel HB, Balcik BJ, Casaclang-Verzosa G, et al. High prevalence of pericardial involvement in college student athletes recovering from COVID-19. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021; 14: 541–55.
3. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, Diamond AB, George-Durrett K, Fish FA, et al. COVID-19 myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR). *Circulation*. 2021; 143: 609–12.
4. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, Zareba KM, Obarski TP, Simonetti OP, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA cardiology*. 2021; 6: 116–8.
5. Starekova J, Bluemke DA, Bradham WS, Eckhardt LL, Grist TM, Kusmirek JE, et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging. *JAMA Cardiology*. 2021; 6 (8): 945–50.
6. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, Fahim M, Arendt C, Hoffmann J, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID- 19). *JAMA Cardiology*. 2020; 5: 1265–73.
7. Makarov L. Sudden cardiac death in young athletes. In: P. Magnusson, J.A. LeQuang, editors. *Sudden Cardiac Death*. IntechOpen (London, UK). 2020; 51–62. DOI: 10.5772/intechopen.90627.
8. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, et al. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A decade in review. *Circulation*. 2015; 132: 10–19.
9. Peterson DF, Kucera K, Thomas LC, Maleszewski J, Siebert D, Lopez-Anderson M, et al. Etiology and incidence of sudden cardiac arrest and death in young competitive athletes in the USA: a 4-year prospective study. *Br J Sports Med*. 2021; 55 (21): 1196–203.
10. Moulson N, Petek BJ, Drezner JA, Harmon KG, Kliethermes SA, Patel MR, et al. Outcomes Registry for Cardiac Conditions in Athletes Investigators. SARS-CoV-2 cardiac involvement in young competitive athletes. *Circulation*. 2021; 144: 256–66.
11. Drezner J, Ackerman M, Anderson J, Ashley E, Asplund G, Baggish A, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the 'Seattle criteria'. *Br J Sports Med*. 2013; 47 (3): 122–4.
12. Sharma S, Drezner J, Baggish A, Papadakis M, Wilson M, Prutkin J, et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *JACC*. 2017; 69 (8): 1057–75.
13. Kampmann C, Wiethoff CM, Wenzel A, Stolz G, Betancor M, Wippermann CF, et al. Normal values of M mode echocardiographic measurements of more than 2000 healthy infants and children in central Europe. *Heart*. 2000; 83 (6): 667–72.
14. Makarov LM. ECG v pediatrii. 3-e izdanie. M.: Medpraktika-M, 2013; 696 s. Russian.
15. Makarov LM, Komoliatova VN, Kuprijanova OO, Pervova EV, Rjabykina GV, Soboлев AV, i dr. Nacional'nye rossijskie rekomendacii po primeneniju metodiki holterovskogo monitorirovanija v klinicheskoy praktike. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal*. 2014;

- (2): 6–71. Russian.
16. Makarov L, Komoliatova V. Microvolt T-wave alternans during Holter monitoring in children and adolescents. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2010; 15 (2): 138–44.
 17. Makarov LM. *Holterovskoe monitorirovanie. 4-e izdanie.* M.: Medpraktika-M, 2017; 504 s. Russian.
 18. Gluckman TJ, Bhavne NM, Allenet LA, Chung EH, Spatz ES, et al. 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: 1717–56.
 19. Małek ŁA, Marczak M, Miłoś-Wieczorek B, Konopka M, Braksator W, Drygas W, et al. Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19: a magnetic resonance study. *J Magn Reson Imaging.* 2021; 53: 1723–9.
 20. Daher A, Balfanz P, Cornelissen C, et al. Follow up of patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): pulmonary and extrapulmonary disease sequelae. *Respir Med.* 2020; 174: 106197.
 21. Makarov LM, Komolyatova VN, Aksenova NV. Analiz prichin otvodov ot zanjatij sportom junyh jelitnyh sportsmenov. *Ros. vestn. perinatol. i pediatri.* 2020; 65: (6): 65–71. Russian.
 22. Hanneman K, Houbois C, Schoffel A, et al. Combined cardiac fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/magnetic resonance imaging assessment of myocardial injury in patients who recently recovered from COVID-19. *JAMA Cardiol.* 2022; 7 (3): 298–308.
 23. Daniels CJ, Rajpal S, Greenshields JT, Rosenthal GL, Chung EH, Terrin M, 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 Cardiology.* 2021; 6 (9): 1078–87.