

## Миокардиты после инфекции COVID-19 (SARS-CoV-2) у юных спортсменов: роль методов неинвазивной электрокардиологии

Л.М. Макаров, В.Н. Комолятова, И.И. Киселева, Д.А. Бесспорточный, А.Г. Акопян, А.В. Дмитриева, Н.В. Аксенова

ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

## Methods of non-invasive electrocardiology in the detection of myocardial damage after COVID-19 (SARS-CoV-2) infection in young elite athletes

L.M. Makarov, V.N. Komoliatova, I.I. Kiseleva, D.A. Bessportochny, A.G. Akopyan, A.V. Dmitrieva, N.V. Aksenova

Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Aid and Technologies of Federal Medical and Biology Agency, Moscow, Russia

Влияние новой коронавирусной инфекции, вызванной SARS-CoV-2, на состояние сердечно-сосудистой системы у несовершеннолетних спортсменов остается неопределенным. «Золотым стандартом» их выявления признана магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием гадолинием. Однако массовый скрининг с помощью магнитно-резонансной томографии спортсменов не выявил преимуществ перед проведением исследования по показаниям. Проведен анализ результатов углубленного медицинского обследования у 1505 юных атлетов, членов юношеских сборных РФ, проходивших обследование в Центре синкопальных состояний и аритмий сердца с 1 сентября 2021 г. по 31 июня 2022 г. Из них 236 (15,7%) спортсменов перенесли инфекцию, вызванную SARS-CoV-2, за 6 мес, предшествующих углубленному медицинскому обследованию. I этап обследования включал осмотр, электро- и эхокардиографию, велоэргометрию. Более углубленное обследование потребовалось 22 (9,3%) спортсменам в связи с выявленными изменениями первого этапа (II этап). Он включал холтеровское мониторирование электрокардиограммы с оценкой турбулентности ритма сердца, микровольтной альтернации Т-зубца и вариабельности ритма сердца, а также электрокардиографию высокого разрешения. При этом 7 (32%) спортсменов с выявленными на этом этапе изменениями были направлены на магнитно-резонансную томографию (III этап). По ее результатам в 4 (1,7% из 236) случаях был диагностирован миоперикардит, назначено необходимое лечение и наблюдение. Заключение. Отмечается низкая (менее 2%) вовлеченность поражения миокарда у юных элитных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2. Дополнительные методы неинвазивной электрокардиологии, такие как электрокардиография высокого разрешения, холтеровское мониторирование с оценкой вариабельности ритма сердца, турбулентности ритма сердца и микровольтной альтернации зубца Т, позволяют определить показания к проведению магнитно-резонансной томографии сердца.

**Ключевые слова:** дети, инфекция SARS-CoV2, миокардиты у спортсменов, юные элитные спортсмены, неинвазивная электрокардиология, поздние потенциалы желудочков, вариабельность ритма сердца, микровольтная альтернация Т.

**Для цитирования:** Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Киселева И.И., Бесспорточный Д.А., Акопян А.Г., Дмитриева А.В., Аксенова Н.В. Миокардиты после инфекции COVID-19 (SARS-CoV-2) у юных спортсменов: роль методов неинвазивной электрокардиологии. Рос вестн перинатол и педиатр 2024; 69(3): 65–72. DOI: 10.21508/1027-4065-2024-69-3-65-72

The impact of the new coronavirus infection (SARS-CoV-2) on the state of the cardiovascular system in minor athletes is uncertain. The “golden” standard for their detection is cardiac magnetic resonance imaging with gadolinium contrast. However, mass screening of athletes using magnetic resonance imaging has not shown any advantage over conducting research according to indications. An analysis of the results of an in-depth medical examination of 1505 young athletes, members of youth teams of the Russian Federation, who were examined at the Center for Syncope and Cardiac Arrhythmias from September 1, 2021 to June 31, 2022, was carried out. 236 athletes (15.7%) suffered SARS-CoV-2 infection for the 6 months preceding the in-depth medical examination. Stage I of the examination included examination, electrocardiography, echocardiography, and bicycle ergometry. 22 athletes (9.3%) required a more in-depth examination due to the identified changes in the first stage (stage II). It included Holter monitoring with assessment of heart rate turbulence, microvolt alternation of the T wave and heart rate variability, and high-resolution electrocardiography. Seven athletes (32%), with changes identified at this stage, were sent for magnetic resonance imaging (stage III). Based on its results, myocarditis was diagnosed in 4 cases (1.7% of 236), and the necessary treatment and observation were prescribed. Conclusion. There is a low (less than 2%) involvement of myocardial damage in young elite athletes who have had SARS-CoV-2 infection. Additional methods of non-invasive electrocardiology, such as high-resolution electrocardiography, Holter monitoring with assessment of heart rate variability, heart rate turbulence and microvolt alternation of the T wave, make it possible to determine indications for cardiac magnetic resonance imaging.

**Key words:** children, SARS-CoV2 infection, myocarditis in athletes, young elite athlete, noninvasive electrocardiology, late potential, heart rate variability, T wave alternans.

**For citation:** Makarov L.M., Komoliatova V.N., Kiseleva I.I., Bessportochny D.A., Akopyan A.G., Dmitrieva A.V., Aksenova N.V. Methods of non-invasive electrocardiology in the detection of myocardial damage after COVID-19 (SARS-CoV-2) infection in young elite athletes. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2024; 69(3): 65–72 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2024-69-3-65-72

**М**иокардиты — одна из основных причин внезапной сердечной смерти у спортсменов [1–3]. Имеются многочисленные сообщения о развитии миокардитов у больных, перенесших инфекцию COVID-19 (SARS-CoV-2), в том числе у спортсменов [4–8]. Однако данные о распространенности и клинической значимости миокардитов 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 [5–8]. Клиническим «золотым стандартом» постановки диагноза миокардит/миоперикардит признана магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием гадолинием, однако обсуждается ценность использования метода у переболевших спортсменов как обязательного или выполняемого по определенным показаниям [9, 10].

**Цель исследования:** определение роли современных методов неинвазивной электрокардиологии в определении показаний к проведению магнитно-резонансной томографии сердца и выявлению миокардитов у юных элитных спортсменов, перенесших инфекцию COVID-19 (SARS-CoV-2).

#### Характеристика детей и методы исследования

Исследование выполнено в рамках части прикладной научно-исследовательской работы «Изучение влияния новой коронавирусной инфекции COVID-19 на здоровье и функциональное состояние

© Коллектив авторов, 2024

**Адрес для корреспонденции:** Макаров Леонид Михайлович — д.м.н., проф., рук. Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0002-0111-3643 e-mail: dr.leonidmakarov@mail.ru

Комолятова Вера Николаевна — д.м.н., врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0002-3691-7449

Киселева Ирина Ивановна — врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0003-3285-3211

Бесспорточный Дмитрий Алексеевич — врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0002-3699-2289

Акопян Ануш Григорьевна — врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0002-4867-0594

Дмитриева Алена Владимировна — врач Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0002-0314-5235

Аксенова Наталья Валентиновна — рук. Центра спортивной медицины Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, ORCID: 0000-0003-1525-177X

115409 Москва, ул. Москворечье, д. 20

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 здоровья и функционального состояния» (Шифр «COVID-22»), выполняемой ФГБУ ФНКЦ детей и подростков ФМБА России по контракту № 37В/ЦСМ /22 от 10 августа 2022 г.

Проведен ретроспективный анализ результатов обследования 236 юных элитных спортсменов, членов юношеских сборных России 14–17 (16 ± 1) лет, перенесших инфекцию SARS-CoV-2 в период с 1 сентября 2021 г. по 31 июня 2022 г. и проходивших кардиологическое тестирование в рамках регулярного углубленного медицинского обследования. Срок от перенесенной инфекции до обследования составил от 1 до 6 мес.

На первом этапе обследования (рис. 1) у всех спортсменов собирали анамнез, проводили физикальное обследование с измерением артериального давления. При опросе основное внимание уделяли факту перенесенной коронавирусной инфекции, специфическим симптомам, которые ее сопровождают (потеря вкуса, обоняния); оценивали общие симптомы интоксикации, сопровождавшие инфекцию, длительность повышения температуры тела и течения заболевания, наличие патологических шумов в сердце; выполняли оценку признаков сердечной недостаточности. Всем спортсменам на этом этапе проводилась 12-канальная электрокардиография покоя, велоэргометрия по протоколу PWC 170 и эхокардиография. Оценка электрокардиограммы (ЭКГ) основывалась на Сиэттлских и международных критериях анализа ЭКГ спортсменов, выявлении нарушений ритма сердца и признаков метаболических и ишемических изменений в миокарде (изменений зубца Т, сегмента ST, интервала Q–T) [11, 12]. Велоэргометрию проводили с анализом показателей ЭКГ и артериального давления на каждой ступени пробы и в период восстановления. Эхокардиографию выполняли по стандартным критериям с оценкой сократительной способности миокарда, камер сердца и параметров гемодинамики.

При выявлении патологических отклонений на I этапе спортсмен переходил на II этап обследования, который включал дополнительно проведение электрокардиографии высокого разрешения с определением поздних потенциалов желудочков (tot fQRS — норма менее 114 мс, Last 40 — норма менее 38 мс и RMS40 — норма более 20 Гц), протокол холтеровского мониторирования, с оценкой частоты сердечных сокращений, аритмий, динамики показателей реполяризации желудочков (изменения комплекса ST–T–QT), снижения variability ритма сердца (показатель менее SDNN 100 мс, pNN50 менее 15%), эпизоды микровольтной альтернации зубца Т по временному методу с использованием возрастных нормативов, редукции турбулентности ритма сердца

(возрастные нормативы — показатель onset менее 0% и slope более 6 мс/RR) [13–18]. Дополнительно определяли биохимические маркеры поражения миокарда: тропонин I и N-концевой предшественник мозгового натрийуретического пептида (NT-pro-BNP), уровень креатинфосфокиназы и ее фракции MB определяли у всех спортсменов в рамках углубленного медицинского обследования.

При наличии отклонений на этом этапе обследования спортсмен переходил на III этап, на котором проводилось магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием гадолинием.

### Результаты

У большинства спортсменов коронавирусная инфекция, вызванная SARS-CoV-2, протекала в легкой форме (потеря обоняния и/или вкуса), часто

бессимптомно (наличие положительных тестов с полимеразной цепной реакцией при обследовании перед соревнованиями); только у одного спортсмена развилась пневмония, потребовавшая его госпитализации. По данным физикального обследования патологических изменений в сердце не выявлено ни в одном случае. У 22 (9,3%) спортсменов на I этапе обследования выявлены изменения сердечно-сосудистой системы, которые потребовали более углубленного обследования (табл. 1). Только у 2 (9%) из них отмечены некоторые нарушения гемодинамических параметров при эхокардиографии. В остальных случаях нарушения были выявлены с помощью методов обычной неинвазивной электрокардиологии — электрокардиографии и велоэргометрии. Нами не отмечено взаимосвязи между тяжестью течения инфекции SARS-CoV-2 по данным анамнеза и выявленными

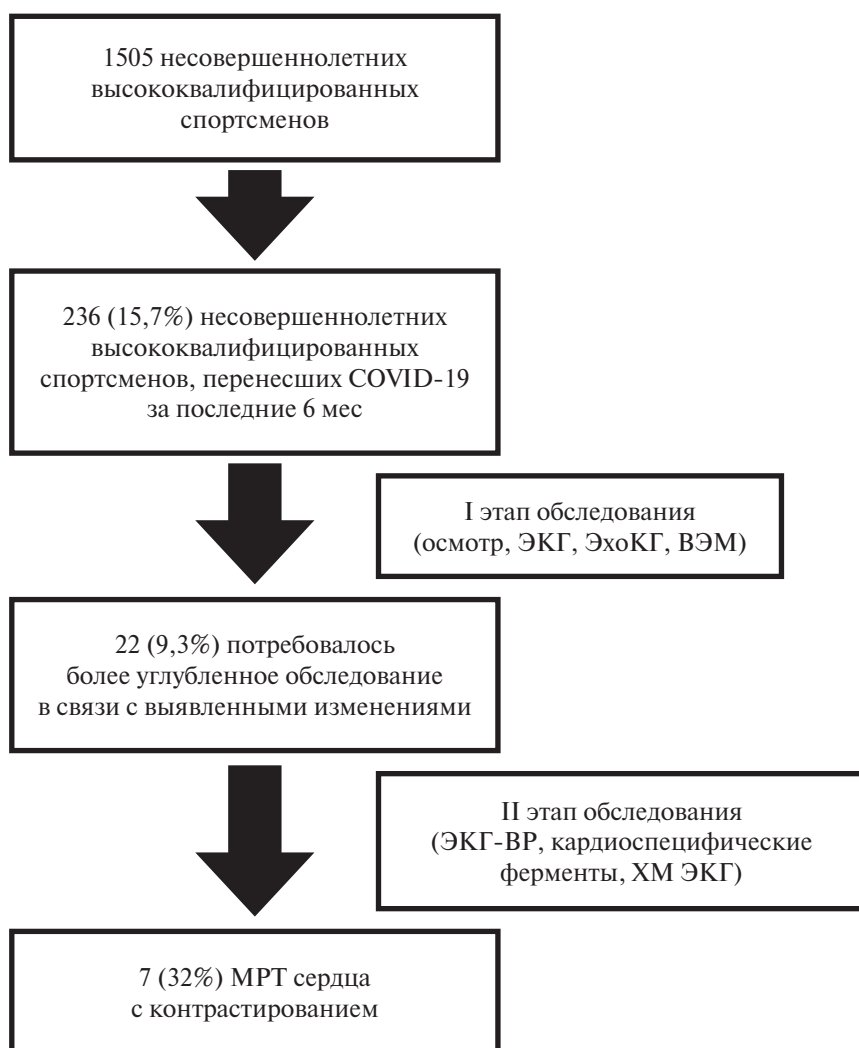


Рис. 1. Алгоритм и результаты трехэтапного обследования несовершеннолетних высокопрофессиональных спортсменов 14–17 лет, перенесших инфекцию SARS-CoV-2.

ВЭМ — велоэргометрия; ХМ — холтеровское мониторирование; ЭКГ — электрокардиограмма; ЭКГ-ВР — электрокардиография высокого разрешения; ЭхоКГ — эхокардиография.

Fig. 1. Algorithm and results of a three-stage examination of highly professional minor athletes aged 14–17 years who have had SARS-CoV-2 infection.

изменениями. Один спортсмен был ранее госпитализирован с ковидной пневмонией, однако при кардиологическом обследовании поражение сердца у него не выявлено. Ни в одном случае не было увеличения уровня тропонина I и NT-pro-BNP.

По результатам электрокардиографии высокого разрешения у 2 (9%) из 22 спортсменов зарегистрированы поздние потенциалы желудочков по всем трем показателям: tot fQRS —  $122 \pm 5$  мс при норме менее 114 мс, Last 40 —  $42 \pm 5$  мс при норме более 38 мс и RMS40 —  $18 \pm 3$  Гц при норме более 20 Гц. Наличие этих изменений позволило предположить возможное течение постковидного миокардита, который впоследствии и был подтвержден данными магнитно-резонансной томографии.

При холтеровском мониторинге ЭКГ практически у всех спортсменов определялась синусовая брадикардия и только у 3 (16%) из 22 отмечалась синусовая тахикардия согласно существующим критериям [14]. У 2 из них отмечено снижение показателей вариабельности ритма сердца при холтеровском мониторинге [14]. У одного спортсмена после месячного отдыха частота сердечных сокращений нормализовалась, поэтому синусовая тахикардия была расценена как проявление перетренированности. Ни один из 18 спортсменов, имевших нагрузочную желудочковую экстрасистолию, не продемонстрировал при холтеровском мониторинге ЭКГ частых желудочковых экстрасистол, представленность экстрасистолии колебалась от единичных до 105 за сутки (менее 1%), и в суточном цикле ассоциировалась с подъемом частоты сердечных сокращений (дневной циркадный тип). У 2 (11,1%) из 18 выявлена редукция турбулентности ритма сердца — показателя, ассоциированного со злокачественным характером экстрасистолии на фоне возможного поражения миокарда [17]. У одного спортсмена при холтеровском мониторинге ЭКГ в утренние часы была зарегистрирована короткая пробежка неустойчивой желудочковой тахикардии из трех комплексов QRS. У 3 пациентов с нагрузочной желудочковой экс-

трасистолией при холтеровском мониторинге ЭКГ регистрировалось увеличение микровольтной альтернации зубца Т выше 55 мкВ [15].

Всем спортсменам, продемонстрировавшим нарушение процесса реполяризации желудочков (отрицательные зубцы Т) при велоэргометрии, проводилось сравнение выявленных изменений с данными предыдущих углубленных медицинских обследований, у 3 (37,5%) схожие изменения наблюдались и до перенесенной инфекции. Это позволило исключить у них постковидный характер изменений. В тех случаях, когда нарушения реполяризации желудочков сочетались с нагрузочной желудочковой экстрасистолией, пациенты были направлены на проведение магнитно-резонансной томографии. Таким образом, после II этапа обследования 7 (32%) из 22 спортсменов были направлены на проведение магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием. Магнитно-резонансная томография проведена у 6 из них (табл. 2). Один спортсмен результаты томографии не предоставил, его дальнейшая спортивная судьба не известна. У 4 (1,7%) из 236 спортсменов по результатам магнитно-резонансной томографии был диагностирован миоперикардит. У спортсмена с пробежкой неустойчивой желудочковой тахикардии изменений при магнитно-резонансной томографии не выявлено. Спортсмены с подтвержденным миокардитом были отстранены от занятий спортом на 6 мес с последующим контрольным обследованием.

### Обсуждение

Осложнения после инфекции, вызванной SARS-CoV-2, у спортсменов регистрируются во всех системах организма, но самой уязвимой оказалась сердечно-сосудистая [9]. Однако распространенность и клиническая манифестация поражения сердца у спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, значительно различаются [4–9]. Симптомы перенесенной инфекции, как правило, не определяли тяжесть течения и осложнения, что подтвердило и наше исследование. Так, в исследовании S. Rajpal

Таблица 1. Изменения сердечно-сосудистой системы у 22 юных элитных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2  
Table 1. Cardiovascular changes in 22 young elite athletes who had SARS-CoV-2 infection

Выявленные изменения	Абс. число спортсменов (n=236)	% 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 КДД ЛЖ	2	0,8
ЖЭС на ВЭМ	18	7,6
Отрицательные зубцы Т на ВЭМ	8	3,3

Примечание. АВБ — атриовентрикулярная блокада; ВЭМ — велоэргометрия; ЖЭС — желудочковая экстрасистолия; КДД ЛЖ — конечный диастолический диаметр левого желудочка; QTc — скорректированный интервал Q–T по формуле Базетта Q–T/RR.

и соавт. (2021) [7] клинически значимые симптомы заболевания отмечались у 27% спортсменов, а миокардиты выявили у 46%. В исследовании D. Brito и соавт. (2021) [5] и Ł.A. Małek и соавт. (2021) [19] симптомы отмечены в 70–77% случаев, а миокардитах не выявлены.

Наиболее часто в мире используется протокол сердечно-сосудистых тестов после перенесенной инфекции SARS-CoV-2, называемый «триадное тестирование» (электрокардиография, эхокардиография, определение уровня тропонина) [9]. В нашем исследовании мы не выявили увеличение уровня тропонина I и NT-pro-BNP, что, очевидно, связано с отсутствием остроты процесса и сердечной недостаточности. Изменения при эхокардиографии выявлены только у 2 (9%) из 22 спортсменов с отклонениями. В остальных 20 (91%)

случаях изменения выявлены методами обычной неинвазивной электрокардиологии (электрокардиография и велоэргометрия).

Следует отметить, что у спортсменов необходимо разделять поражение сердца, которое обусловлено перенесенной острой коронавирусной инфекцией, и изменения, возможно, существовавшие и ранее, которые не имеют отношения к перенесенному заболеванию. Разделить два этих состояния бывает порой трудно, и в таких случаях следует полагаться на анализ предыдущих обследований и оценку связи между выявленными аномалиями и зарегистрированными симптомами. В нашем исследовании у 3 (37,5%) из 22 спортсменов схожие изменения отмечались при обследованиях и до перенесенной инфекции, что позволило исключить постковидный характер выявленных изменений.

Таблица 2. Результаты обследования на II и III этапах юных элитных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2  
Table 2. Results of the 2nd and 3rd stages of the examination (see text) of young elite athletes who had a SARS-CoV-2 infection

№	Возраст (годы), пол, вид спорта	ЭКГ	ЭхоКГ	ВЭМ	ХМ и ЭКГ ВР	МРТ
1	17, ж, хоккей на траве	Тахикардия, удлинение интервала Q–Tс > 460 мс	Норма	Нарушение реполяризации желудочков, нагрузочная ЖЭС	Тахикардия, нарушения реполяризации желудочков, редкая ЖЭС, наличие МАТ, ППЖ	Данные, подтверждающие подострый миоперикардит
2	16, ж, бадминтон	ЖЭС	Норма	ЖЭС во время исследования	Наличие МАТ	Изменения не выявлены
3	16, м, хоккей	АВБ 2-й степени Мобитц-1	Норма	АВБ 1-й степени в начале пробы и в период восстановления	Частые эпизоды АВБ 1–2-й степени (Мобитц-1 и 2), ППЖ	Острый миоперикардит
4	15, м, бокс	Нарушение реполяризации желудочков (депрессия сегмента ST до 0,5 мм в V4–V6)	Снижение сократительной способности (ФВ 53%), диастолическая дисфункция ЛЖ	Нарушения реполяризации желудочков усугубляются на фоне нагрузки	Нарушения реполяризации желудочков, тахикардия, снижение ВРС	Результатов нет
5	16, ж, волейбол	Удлинение интервала Q–T (Q–Tс > 460 мс)	Дилатация ЛЖ (КДДЛЖ до 61 мм), ФВ в норме	Норма	Тахикардия, снижение ВРС, АВБ 1-й и 2-й степени (Мобитц-1 и 2), редукция ТРС	Данные, подтверждающие острый миокардит
6	15, ж, спортивная гимнастика	Норма	Норма	Нарушение реполяризации желудочков, нагрузочная ЖЭС	Нарушение реполяризации желудочков, редкая ЖЭС, редукция ТРС	Данные, подтверждающие миоперикардит
7	16, м, плавание	Норма	Норма	Нарушение реполяризации желудочков	Пробежка полиморфной ЖТ, наличие МАТ	Изменения не выявлены

Примечание. АВБ — атриовентрикулярная блокада; ВРС — вариабельность ритма сердца; ВЭМ — велоэргометрия; ЖТ — желудочковая тахикардия; ЖЭС — желудочковая экстрасистолия; КДДЛЖ — конечный диастолический диаметр левого желудочка; МАТ — микровольтная альтернация зубца Т; МРТ — магнитно-резонансная томография; ППЖ — поздние потенциалы желудочков; ТРС — турбулентность ритма сердца; ФВ — фракция выброса; ХМ — холтеровское мониторирование; ЭКГ ВР — электрокардиография высокого разрешения.

При обследовании 105 пациентов, выздоровевших от COVID-19 и обследуемых на 37–44-й день после выписки, не обнаружено гемодинамически значимых систолической и диастолической дисфункций при эхокардиографии [20]. В одно из самых крупных исследований у спортсменов были включены 3018 (15,6%) спортсменов из 19 378, проходивших обследование на предсоревновательном скрининге [21]. Когорта состояла из спортсменов из 42 колледжей/университетов по 26 различным спортивным дисциплинам, включая американский футбол (36%), бейсбол (9%), бег по пересеченной местности/легкая атлетика (8%), лакросс (6%) и баскетбол (6%). Средний возраст включенных в исследования спортсменов был 20 лет. У большинства спортсменов коронавирусная инфекция протекала бессимптомно (33%) или с легкими симптомами (29%), часто сопровождалась потерей вкуса или обоняния (40%), головной болью (39%) и болью в горле (31%). Сердечно-легочные симптомы (боль в грудной клетке, одышка, учащенное сердцебиение или непереносимость физической нагрузки) во время острого заболевания или после возвращения к физической нагрузке были зарегистрированы у 13% спортсменов. Для оценки поражения сердечно-сосудистой системы у 74% использовался протокол «триадного тестирования» (электрокардиография, эхокардиография, тропонин), 198 спортсменов прошли магнитно-резонансную томографию, выполненную в рамках протокола первичного сердечно-сосудистого скрининга, независимо от тяжести симптомов или результатов других тестов, и 119 спортсменов прошли магнитно-резонансную томографию по клиническим показаниям. Аномальные результаты «триадного тестирования», возможно, связанные с поражением сердца SARS-CoV-2, были обнаружены с помощью эхокардиографии у 24 (0,9%) из 2556, при электрокардиографии в 12 отведениях — у 21 (0,7%) из 2999 и оценки уровня тропонина — у 24 (0,9%) из 2719 исследуемых. У 65 спортсменов был выявлен хотя бы один аномальный тест, у 2 спортсменов было два аномальных теста (электрокардиография и эхокардиография), и ни у одного спортсмена не было отклонений во всех 3 «триадных» тестах. На основании «триадного тестирования» и магнитно-резонансной томографии сердца был выявлен 81 (2,7%) спортсмен с определенным или вероятным поражением сердца после перенесенной инфекции, вызванной SARS-CoV-2, и 56 (1,9%) спортсменов, у которых выявленные изменения не связаны с перенесенной инфекцией. Проведенный однофакторный анализ в этом исследовании показал, что прогностически значимыми предикторами возможного поражения сердца после перенесенной SARS-CoV-2-инфекции были европеоидная раса (отношение шансов — ОШ 7,6; 95% доверительный интервал — ДИ 2,2–26,1), баскетбол (ОШ 5,1; 95% ДИ 1,8–14,5), симптомы

поражения сердца и легких, которые наблюдались во время острой стадии болезни или появились при возобновлении физической нагрузки (ОШ 4,2; 95% ДИ 1,4–12,4) и один или несколько патологических «триадных тестов» (ОШ 48,2; 95% ДИ 18,5–125,6). При многофакторном анализе после поправки на пол и расу ведущими в прогнозе поражения сердца оказались симптомы поражения сердца и легких (ОШ 3,1; 95% ДИ 1,2–7,8) и любой аномальный «триадный тест» (ОШ 37,4% 95% ДИ 13,3–105,3) [18].

Еще одно исследование, посвященное анализу поражения сердечно-сосудистой системы у спортсменов, — учащихся университетов, перенесших COVID-19, опубликовано в 2021 г. [22]. Субклиническое или клиническое течение миокардита выявлено у 37 (2,3%) из 1597 спортсменов при помощи «триадного тестирования». У 9 спортсменов с клиническим течением миокардита преобладали боли в области сердца, нарушения дыхания и сердцебиение, 28 из 37 спортсменов не имели жалоб во время обследования. При этом у 5 (4 с клиническим течением) наблюдались изменения на ЭКГ и у 5 (2 с клиническим течением) — при эхокардиографии. Уровень тропонина повышался у 6 спортсменов (2 с клиническим течением) с миокардитом. Во всех 37 случаях диагноз миокардита был установлен по данным магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием. Таким образом, информативность магнитно-резонансной томографии в 7,4 раза превосходила информативность других тестов в диагностике миокардита [22]. Однако диагностическая ценность магнитно-резонансной томографии как метода массового скрининга всех спортсменов, перенесших SARS-CoV-2-инфекцию, в настоящее время неизвестна [9, 21].

В проведенном нами исследовании отклонение от нормы, возможно, связанное с SARS-CoV-2 и поражением сердца, во всей группе из 236 переболевших спортсменов обнаружено с помощью электрокардиографии в 1,2% случаев, с помощью эхокардиографии — в 0,8%. Из традиционных электрокардиографических маркеров на ЭКГ при холтеровском мониторинге и велоэргометрии для выявления группы спортсменов с подозрением на поражение миокарда наиболее типичными изменениями были наличие снижения зубцов Т, усиливающегося при нагрузке, и атриовентрикулярной блокады 2-й степени Мобиц-2 (см. табл. 2). В то же время у спортсмена с пробежкой полиморфной неустойчивой желудочковой тахикардией при холтеровском мониторинге ЭКГ изменений по данным магнитно-резонансной томографии не выявлено. У 50% спортсменов с доказанным миокардитом наблюдались поздние потенциалы по трем критериям желудочков, редукция показателей турбулентности ритма сердца и патологические значения микровольтной альтернации зубца Т (рис. 2), косвенно указываю-

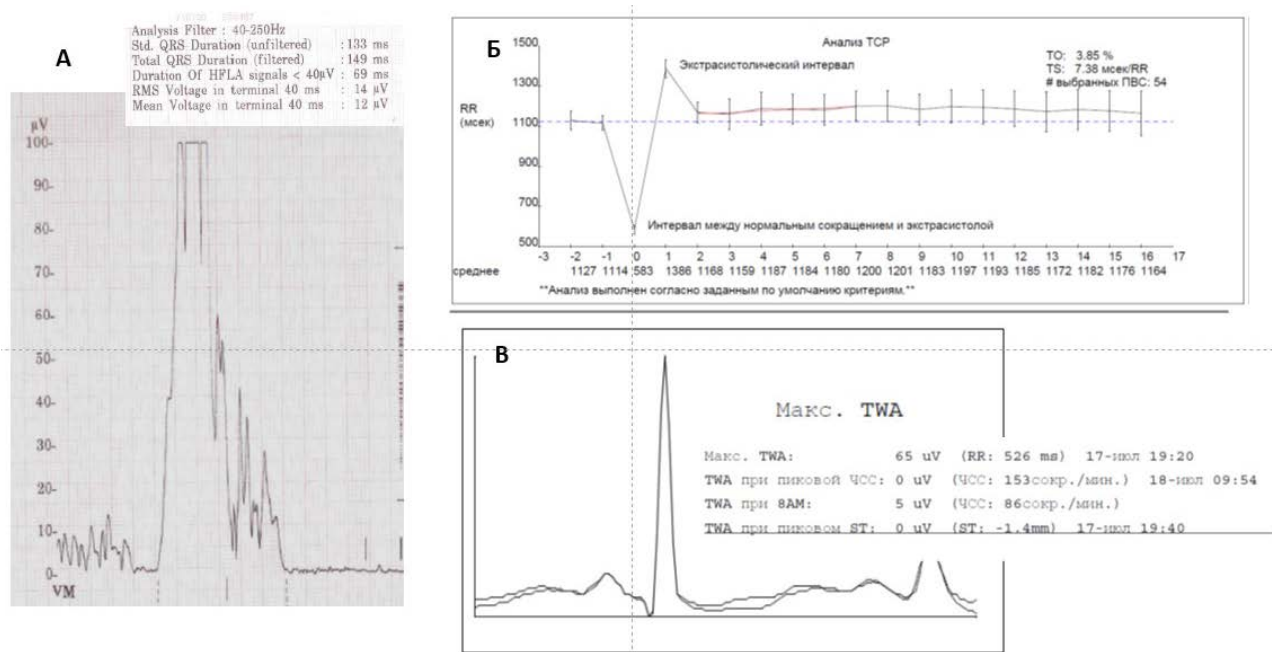


Рис. 2. Результаты обследования с применением дополнительных методов неинвазивной электрокардиологии Анны Х., 17 лет, хоккей на траве (см. табл. 2).

а – ЭКГ-ВР (поздние потенциалы желудочков): fQRS – 149 мс (норма до 114 мс), Last 40 – 69 мс (норма до 38 мс), RMS – 12 µV (норма более 20 µV); б – турбулентность ритма сердца: TO – 3,85% (норма менее 0), TS – 7,38 мс/RR (норма более 6,0 мс/RR); в – микровольтная альтернация Т зубца 65 µV (норма менее 55 µV).

Fig. 2. Results of additional methods of non-invasive electrocardiology Anna H. 17 years old field hockey (Table 2).

а – HR ECG (late ventricular potentials): fQRS –149 ms (normal up to 114 ms), Last 40 – 69 ms (normal up to 38 ms), RMS –12 µV (normal more than 20 µV); б – turbulence of the heart rhythm: TO –3.85% (norm less than 0%), TS – 7.38 ms/RR (norm more than 6.0 ms/RR); в – microvolt alternation of the T wave 65 µV (norm less than 55 µV).

шие на возможное поражение миокарда. Регистрация поздних потенциалов желудочков у больных с острым миокардитом ассоциировалась с худшим прогнозом и большей степенью поражения миокарда [23].

### Заключение

Отмечается низкая (менее 2%) распространенность определенного, вероятного или возможного поражения сердца после инфекции, вызванной SARS-CoV-2, у юных элитных спортсменов. «Золотым стандартом» диагностики поражения мио-

карда у юных спортсменов, перенесших инфекцию SARS-CoV-2, признана магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием гадолинием, однако современные методы неинвазивной электрокардиологии, такие как электрокардиография высокого разрешения, оценка variability и турбулентности ритма сердца, микровольтной альтернации зубца Т при холтеровском, мониторинговании электрокардиограммы, информативны для определения показаний к магнитно-резонансной томографии.

### ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Makarov L. Sudden cardiac death in young athletes. In: Sudden Cardiac Death. Editors P. Magnusson, J.A. LeQuang IntechOpen (London, UK) 2020; 51–62. DOI: 10.5772/intechopen.90627 ISBN 978–1–83880–069–7
2. Harmon K.G., Asif I.M., Maleszewski J.J., Owens D.S., Prutkin J.M., Salerno J.C. 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. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015431
3. Peterson D.F., Kucera K., Thomas L.C., Maleszewski J., Rosenthal G. L., Chung E. H. et al. Aetiology 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): 1196–1203. DOI: 10.1136/bjsports-2020–102666
4. Clerkin K.J., Fried J.A., Raikhelkar J., Sayer G., Griffin J.M., Masoumi A. et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. Circulation 2020; 141: 1648–1655. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046941
5. Brito D., Meester S., Yanamala N., Patel H.B., Balci B.J., Casaclang-Verzosa G. et al. High prevalence of pericardial involvement in college student athletes recovering from COVID-19. JACC Cardiovasc Imaging 2021; 14: 541–555. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.10.023
6. Clark D.E., Parikh A., Dendy J.M., Diamond A.B., George-Durrett K., Fish F.A. et al. COVID-19 myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR). Circulation 2021; 143: 609–612. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052573

7. Rajpal S., Tong M.S., Borchers J., Zareba K.M., Obaraki T.P., Simonetti O.P., Daniels C.J. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiology* 2021; 6: 116–118. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4916
8. Starekova J., Bluemke D.A., Bradham W.S., Eckhardt L.L., Grist T.M., Kasmirek J.E. et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging. *JAMA Cardiology* 2021; 6(8): 945–950. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.7444
9. Gluckman T.J., Bhave N.M., Allenet L.A., Chung E.H., Spatz E.S., Ammirati E. 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: 1717–1756. DOI: 10.1016/j.jacc.2022.02.003
10. Puntmann V.O., Carerj M.L., 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: 1265–1273. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.3557
11. Drezner J.A., Ackerman M.J., Anderson J., Ashley E., Asplund C.A., Baggish A.L. et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the ‘Seattle criteria’ *Br J Sports Med* 2013; 47(3): 122–124. DOI: 10.1136/bjsports-2012-092067.
12. Sharma S., Drezner J.A., Baggish A., Papadakis M., Wilson M.G., Prutkin J.M. et al. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Eur Heart J* 2018; 39(16): 1466–1480. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw631
13. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. 3-е издание. М.: Медпрактика-М, 2013; 696 с. [Makarov L.M. ECG in pediatrics. 3th ed. Moscow: Medpraktika-M, 2013; 696 p. (in Russ.)] ISBN 978–5–98803–297–7
14. 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(106): 6–71. [Makarov L.M., Komolyatova V.N., Kupriyanova O.O., Pervova E.V., Ryabykina G.V., Sobolev A.V. et al. Russian National Guidelines on the Use of Holter Monitoring in Clinical Practice. *Rossiiskii kardiologicheskij zhurnal* 2014; 2(106): 6–71. DOI: 10.15829/1560-4071-2014-2-6-71. (in Russ.)]
15. Verrier R.L., Klingenheben T., Malik M., El-Sherif N., Exner D.V., Hohnloser S.H. et al. Microvolt T-Wave Alternans. Physiological Basis, Methods of Measurement, and Clinical Utility—Consensus Guideline by International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1309–1324. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.06.029
16. Makarov L., Komoliatova V. Microvolt T-wave alternans during Holter monitoring in children and adolescents. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2010; 15(2): 138–144. DOI: 10.1111/j.1542-474X.2010.00354.x
17. Schmidt G., Malik M., Barthel P., Schneider R., Ulm K., Rolnitzky L. et al. Heart rate turbulence after ventricular premature beats as predictor of mortality after acute myocardial infarction. *Lancet* 1999; 353: 130–196. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)08428-1
18. Макаров Л.М. Холтеровское мониторирование. 4-е изд. ИД М.: Медпрактика-М; 2017: 504. [Makarov L.M. Holter monitoring. 4th ed. Moscow: Medpraktika-M; 2017: 504. (in Russ.)] ISBN 978–5–98803–362–2
19. Małek Ł.A., Marczak M., Miłosz-Wieczorek B., Konopka M., Braksator W., Drygas W., Krzywański J. Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19: a magnetic resonance study. *J Magn Reson Imaging* 2021; 53: 1723–1729. DOI: 10.1002/jmri.27513
20. Catena C., Colussi G., Bulfone L., Da Porto A., Tascini C., Sechi L.A. Echocardiographic comparison of COVID-19 patients with or without prior biochemical evidence of cardiac injury after recovery. *J Am Soc Echocardiogr* 2021; 34: 193–195. DOI: 10.1016/j.echo.2020.10.009
21. Moulson N., Petek B.J., Drezner J.A., Harmon K.G., Kliethermes S.A., Patel M.R., Baggish A.L. Outcomes Registry for Cardiac Conditions in Athletes Investigators. SARS-CoV-2 cardiac involvement in young competitive athletes. *Circulation* 2021; 144: 256–266. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054824
22. Daniels C. J., Rajpal S., Greenshields J.T., Rosenthal G.L., Chung E.H., Terrin M. et al. Prevalence of clinical and sub-clinical myocarditis in competitive athletes with recent SARS-CoV-2 infection results from the big ten COVID-19 cardiac registry. *JAMA Cardiology* 2021; 6(9): 1078–1087. DOI: 10.1001/jamacardio.2021.5505
23. Mestre J.L., Madrid A. H., Moro C. Signal averaged electrocardiography in patients with acute myocarditis. *Int J Cardiol* 1996; 53(1): 87–89. DOI: 10.1016/0167-5273(95)02479-4

Поступила: 14.03.24

Received on: 2024.03.14

Часть научно-исследовательской работы «Изучения 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 здоровья и функционального состояния» (Шифр «COVID-22»), выполняемой ФГБУ ФНКЦ детей и подростков ФМБА России по контракту № 37В/ЦСМ/22 от 10 августа 2022 г.

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Part of the research work “Studying the impact of the new coronavirus infection COVID-19 on the health and functional state of highly qualified athletes and developing methodological recommendations for the examination of athletes, including minors, for the admission of athletes to training and competitions after suffering from COVID-19 disease, for recovery health and functional state” (Code “COVID-22”) performed by the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency of Russia under contract No. 37B/TsSM/22 dated August 10, 2022.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.