

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

Магнитно-резонансная томография сердца у пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией (COVID-19)

А.С. Максимова, Н.И. Рюмшина, Т.А. Шелковникова, О.В. Мочула,
Н.Д. Анфиногенова, В.Ю. Усов

Томский национальный исследовательский медицинский центр, Научно-исследовательский институт кардиологии,
Томск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Нередким осложнением коронавирусной инфекции (COVID-19) является миокардит.

Цель — сравнить различные паттерны повреждения миокарда у пациентов, перенёсших COVID-19, и пациентов допандемического периода по данным магнитно-резонансной томографии сердца с парамагнитным контрастным усилением.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 47 пациентов, которым выполняли магнитно-резонансную томографию сердца с парамагнитным контрастным усилением для исключения острого миокардита. В группу 1 вошли 34 пациента с перенесённой коронавирусной инфекцией, подтверждённой результатами исследования мазка со слизистой носоглотки методом полимеразной цепной реакции, в группу 2 — 13 человек, магнитно-резонансную томографию сердца которым проводили до начала пандемии коронавирусной инфекции (2017 г.).

Результаты. Средняя продолжительность от появления жалоб до проведения магнитно-резонансной томографии составила 166 дней. Снижение толерантности к физическим нагрузкам обнаружено у 77% пациентов, боль в области сердца, одышка и сердцебиение — у 14 (42%), 30 (88%) и 28 (85%) пациентов группы 1 соответственно. В группе 2 отмечены одышка у 4 (30%) пациентов, боли в области сердца — у 9 (69%), сердцебиение и/или ощущение ритма сердца — у 6 (46%). У пациентов группы 1 поражение миокарда носило более распространённый характер, из них у 1/3 сохранялись усиление лёгочного рисунка и выпот в плевральную полость. В группе 1 мужчины имели более низкую фракцию выброса левого желудочка, меньшие показатели глобальной продольной деформации и более высокие функциональные показатели левого предсердия ($p < 0,05$). У женщин статистические различия отмечались только по количеству поражённых сегментов миокарда левого желудочка.

Заключение. Вирус SARS-CoV-2 вызывает распространённое поражение сердца с вовлечением значительного количества сегментов миокарда. Среди мужчин достоверно чаще развиваются поствоспалительные осложнения в виде нарушения сократительной функции левого желудочка и левого предсердия. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшей оценки долгосрочных последствий перенесённого COVID-19 на сердечно-сосудистую систему. Магнитно-резонансная томография сердца с контрастированием в данном случае может быть чувствительным инструментом визуализации для выявления тяжести поражения сердца.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; сердце; коронавирусная инфекция; COVID-19; миокардит; левое предсердие.

Как цитировать:

Максимова А.С., Рюмшина Н.И., Шелковникова Т.А., Мочула О.В., Анфиногенова Н.Д., Усов В.Ю. Магнитно-резонансная томография сердца у пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией (COVID-19) // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 3. С. 280–291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

Cardiac magnetic resonance imaging in patients with history of COVID-19

Aleksandra S. Maksimova, Nadezhda I. Ryumshina, Tatiana A. Shelkovnikova, Olga V. Mochula, Nina D. Anfinogenova, Wladimir Yu. Ussov

Tomsk National Research Medical Center, Cardiology Research Institute, Tomsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Myocarditis is among the most common complications arising from coronavirus infection (COVID-19).

AIM: This study aims to find the differences in the patterns of myocardial injury between patients who had COVID-19 and those from the pre-pandemic period, as determined by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging.

MATERIALS AND METHODS: The study encompassed a retrospective analysis of 47 patients who underwent contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging to rule out acute myocarditis. Group 1 comprised 34 patients with a confirmed history of COVID-19 through PCR testing (nasal and/or throat swabs), while Group 2 comprised 13 individuals who underwent contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging in 2017 prior to the onset of the COVID-19 pandemic. All patients enrolled in the study had clinical manifestation of cardiac injury without signs of coronary artery disease as an underlying cause of condition.

RESULTS: The mean time from the onset of heart symptoms to the administration of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging was 166 days. In group 1, a decrease in exercise tolerance was observed in 77% of patients, and 14 (42%), 30 (88%), and 28 (85%) of patients complained of chest pain, shortness of breath, and heart palpitations, respectively. In group 2, four patients (30%) had dyspnea, nine patients (69%) complained of chest pain, and six patients (46%) had heart palpitations and/or feeling of arrhythmia. Myocardial injury in group 1 was more generalized. The third of them had displayed preserved increased pulmonary vascularity and pleural effusion. Within group 1, men had significantly lower left ventricular ejection fraction, lower values of global longitudinal deformation, and higher values of left atrial function compared with the corresponding parameters in women. Differences in women were found only in the number of the affected segments in the left ventricular myocardium.

CONCLUSION: SARS-CoV-2 virus caused extended myocardial injury, affecting a significant number of myocardial segments. Men had more frequent postinflammatory complications, characterized by abnormal function of the left ventricle and left atrium. Obtained results require continuous efforts for further assessment of long-term consequences of previous COVID-19 to the cardiovascular system. In this regard, contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging may represent a sensitive imaging tool for the assessment of cardiac injury severity.

Keywords: magnetic resonance imaging; heart; coronavirus infection; COVID-19; myocarditis; left atrium.

To cite this article:

Maksimova AS, Ryumshina NI, Shelkovnikova TA, Mochula OV, Anfinogenova ND, Ussov WYu. Cardiac magnetic resonance imaging in patients with history of COVID-19. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):280–291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

Received: 16.06.2023

Accepted: 10.07.2023

Published: 23.08.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

患过冠状病毒感染 (COVID-19) 患者的心脏磁共振成像

Aleksandra S. Maksimova, Nadezhda I. Ryumshina, Tatiana A. Shelkovnikova,
Olga V. Mochula, Nina D. Anfinogenova, Wladimir Yu. Ussov

Tomsk National Research Medical Center, Cardiology Research Institute, Tomsk, Russian Federation

简评

论证。心肌炎是冠状病毒感染 (COVID-19) 的一种不罕见并发症。

该研究的目的是通过顺磁对比剂增强的心脏磁共振成像，比较患过COVID-19和大流行前患者心肌损伤的不同模式。

材料和方法。一项回顾性研究纳入了47名接受顺磁对比剂增强心脏磁共振成像检查来排除急性心肌炎的患者。第1组包括34名通过鼻咽和/或口咽粘膜涂片聚合酶链反应分析证实曾患过冠状病毒感染的患者，第2组包括13名在冠状病毒大流行 (2017年) 前接受心脏磁共振成像检查的患者。

结果。从发病到磁共振成像的平均时间为166天。在第一组中，77%的患者运动耐量降低了，分别有14 (42%)、30 (88%) 和28 (85%) 名患者出现了心脏疼痛、呼吸困难和心悸。在第2组中，有4名患者 (30%) 出现了呼吸困难，有9名患者 (69%) 出现了心脏疼痛，有6名患者 (46%) 出现了心悸和/或心律不齐。心肌损伤在第1组患者中更为普遍，其中1/3患者有持续性肺强化和胸腔积液。在第1组中，男性的左心室射血分数较低，整体纵向应变较低，左心房功能较高 ($p < 0,05$)。对于女性病人来说，仅在左心室心肌受影响节段的数量上存在统计上的差异。

结论。SARS-CoV-2病毒导致广泛的心脏损伤，累及大量心肌节段。对于男性病人来说，更容易出现左心室和左心房收缩功能障碍等炎症后并发症。结果表明，有必要进一步评估COVID-19对心血管系统的长期影响。在这种情况下，带有对比剂的心脏磁共振成像可能是检测心脏损伤严重程度的灵敏成像工具。

关键词：磁共振成像；心脏；冠状病毒感染；COVID-19；心肌炎；左心房。

引用本文：

Maksimova AS, Ryumshina NI, Shelkovnikova TA, Mochula OV, Anfinogenova ND, Ussov WYu. 患过冠状病毒感染 (COVID-19) 患者的心脏磁共振成像. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):280–291. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD494103>

收到: 16.06.2023

接受: 10.07.2023

发布日期: 23.08.2023

Список сокращений

КДО — конечно-диастолический объём

КСИ — конечно-систолический индекс

КСО — конечно-систолический объём

ЛП — левое предсердие

ЛЖ — левый желудочек

МРТ — магнитно-резонансная томография

ППТ — площадь поверхности тела

ФВ — фракция выброса

LAV (left atrial volume) — объём левого предсердия

LAVi (left atrium volume index) — индекс объёма левого предсердия

LGE (late gadolinium enhancement) — отсроченное контрастное усиление

ОБОСНОВАНИЕ

Инфекция SARS-CoV-2 и вызванный ею COVID-19 стали всемирной пандемией с марта 2020 года. Несмотря на то, что в первую очередь поражается дыхательная система [1], и основной акцент направлен на респираторные осложнения, влияние новой коронавирусной инфекции на сердечно-сосудистую систему колоссально и затрагивает преимущественно пациентов с ранее существовавшей сердечно-сосудистой патологией [2]. Повреждение миокарда может произойти на любой стадии заболевания COVID-19 — вирусной, лёгочной, воспалительной фазе и фазе выздоровления, на поздних сроках после появления симптомов [3]. Доказано, что пациенты с COVID-19 подвержены риску развития аритмий, сердечной недостаточности, миокардита [4]. Механизмы повреждения сердца при SARS-CoV-2 многочисленны и до конца не изучены.

Наиболее частым осложнением коронавирусной инфекции является миокардит. Как правило, клиническая картина миокардита варьирует от лёгких симптомов, таких как усталость и одышка, до молниеносного течения с сердечной недостаточностью и кардиогенным шоком [5]. Визуальная диагностика играет решающую роль в характеристике различных аспектов повреждения миокарда, позволяет поставить точный диагноз и начать лечение на ранней стадии. Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца с контрастированием рекомендована Российским и Европейским обществом кардиологов как высокоинформативный неинвазивный инструментальный метод диагностики миокардита, обеспечивающий детальную анатомическую визуализацию и оценку функциональных нарушений сердца [6, 7].

На сегодняшний день Всемирная организация здравоохранения отменила статус пандемии для коронавирусной инфекции (COVID-19), но при этом отсроченные негативные последствия пандемии только набирают активность в виде серьёзных осложнений, в том числе со стороны сердечно-сосудистой системы. Именно поэтому исследования состояния миокарда после COVID-19 не теряют своей актуальности и требуют дальнейшего изучения [8]. Кроме того, разные дизайны исследований, критерии включения/исключения, различия в методологии

получения изображений, анализе, интерпретации и отчётности об изменениях МРТ сердца играют важную роль в большой неоднородности публикуемых результатов.

Цель исследования — сравнить различные паттерны повреждения миокарда у пациентов, перенёвших коронавирусную инфекцию COVID-19, и пациентов допандемического периода по данным МРТ сердца с контрастированием.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Ретроспективное исследование выполняли в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации.

Условия проведения

Исследование проводили на базе отделения рентгеновских и томографических методов диагностики НИИ кардиологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук. Все пациенты подписывали информированное согласие на проведение МРТ-исследования сердца с парамагнитным контрастным усилением.

Критерии соответствия

Критерии включения в группу 1: наличие ранее подтверждённой инфекции SARS-CoV-2 по данным теста полимеразной цепной реакции; отсутствие симптомов острой респираторной инфекции на момент проведения МРТ сердца; отрицательный результат теста полимеразной цепной реакции на COVID-19; объективные признаки поражения сердца, сопровождающиеся клиническими проявлениями, но без данных за ишемическую болезнь сердца (боль/дискомфорт в груди, ощущение сердцебиения, одышка); средняя продолжительность от появления жалоб до проведения МРТ $166 \pm 17,4$ дней.

Критерии включения в группу 2: объективные признаки поражения сердца, сопровождающиеся клиническими проявлениями, но без данных за ишемическую болезнь сердца как причину возникновения данных симптомов (боль/дискомфорт в груди, ощущение сердцебиения,

одышка); проведение МРТ сердца в период до пандемии COVID-19 (2017 г.).

Критерии исключения для обеих групп: наличие в анамнезе инфаркта миокарда; низкое качество изображений МРТ сердца, затрудняющее анализ.

Протокол магнитно-резонансной томографии сердца

МРТ сердца с парамагнитным контрастным усилением выполняли на МР-томографе Vantage Titan (Toshiba, Япония) с индукцией магнитного поля 1,5 Тл с синхронизацией по электрокардиограмме и дыханию. Получали изображения миокарда по короткой и длинным осям до и после контрастного усиления. В качестве контрастного препарата-парамагнетика использовался 0,5 М Гадобутрол: выполнялось внутривенное введение в дозе 0,1 мл на 1 кг массы тела пациента. Толщина срезов составила 10 мм без промежутков между ними с записью в матрицу 256×256. Стандартный протокол МРТ-исследования сердца включал T1-, T2-взвешенные последовательности, последовательность с подавлением сигнала от жировой ткани для оценки состояния миокарда; динамические SSFP-последовательности для оценки объёмов и функции левого желудочка (ЛЖ); градиентные последовательности инверсия-восстановление (inversion-recovery, GR-IR) для определения участков патологического контрастирования. Подборку времени инверсии (time of inversion, TI) выполняли индивидуально (в среднем TI=300±10 мс). Оценку изменённых участков в миокарде осуществляли с учётом рекомендованной 17-сегментарной модели топической характеристики миокарда ЛЖ.

Анализ МРТ-изображений сердца проводили с использованием программного продукта cvi42 (Circle Cardiovascular Imaging, Calgary, Канада) на базе Центра коллективного пользования «Медицинская геномика». Для диагностики миокардита использовали рекомендованные критерии Lake—Louise: большие — наличие отёка, гиперемии, регионарного фиброза; малые — наличие перикардального выпота или гиперинтенсивный сигнал от перикарда, нарушение локальной сократимости миокарда ЛЖ [9]. Коэффициент отёка миокарда (edema ratio, ER) определяли как отношение интенсивности сигнала миокарда к сигналу скелетных мышц на T2-ВИ (T2-взвешенные изображения). Если значение ER превышало 2,0, то это расценивали как признак наличия отёка миокарда. Оценивали степень относительного накопления парамагнитного контрастного препарата (гиперемия) на T1-ВИ в нижнебоковых сегментах ЛЖ как наиболее часто подвергающихся воспалительным изменениям. Если относительное накопление превышало 4,0, то это расценивали как признак наличия гиперемии миокарда.

Оценивали наличие и характер (субэндокардиальный, субэпикардиальный, интрамуральный) отсроченного контрастирования (late gadolinium enhancement, LGE) и количество вовлечённых сегментов. Параметры

функционального состояния левого и правого желудочков рассчитывали автоматически по контурам эндокарда и эпикарда. Функциональные параметры включали конечно-диастолический объём (КДО), конечно-систолический объём (КСО), фракцию выброса (ФВ), глобальную радиальную и продольную деформацию ЛЖ; минимальные и максимальные объёмы левого и правого предсердия. На основании проведённых измерений рассчитывали следующие показатели:

- индекс объёма левого предсердия (LAVi, мл/м²) = объём ЛП/ППТ, где ЛП — левое предсердие; ППТ — площадь поверхности тела;
 - конечно-диастолический индекс (КДИ): КДИ = КДО/ППТ;
 - конечно-систолический индекс (КСИ): КСИ = КСО/ППТ.
- Рассчитывали функциональные показатели ЛП по формулам:

- фракция опорожнения ЛП (ФО ЛП) = ((LAVmax - LAVmin) / LAVmax) × 100%;
- индекс растяжимости ЛП = ((LAVmax - LAVmin) / LAVmin) × 100% [10].

Кроме этого, оценивали наличие перикардального выпота, выпота в плевральные полости и уплотнение лёгочного рисунка.

Статистическая обработка

Статистический анализ выполняли с использованием программного пакета STATISTICA 10. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных (*n*) и относительных (%) частот. Непрерывные переменные представлены в виде среднего (*m*) и стандартного отклонения (SD) или медианы (*Me*) и межквартильного интервала [*Q1*; *Q3*]. Соответствие нормальному распределению признаков оценивали с помощью критерия Шапиро—Уилка. Сравнение между двумя группами проводили с использованием непарного *t*-критерия Стьюдента (для нормального распределения) или *U*-критерия Манна—Уитни (для распределения, отличного от нормального) для непрерывных переменных или критерия χ^2 для категориальных данных. Значение *p* < 0,05 считали статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В исследование включено 47 пациентов, которым выполняли МРТ сердца с контрастным усилением для исключения острого миокардита. В группу 1 вошли 34 пациента с перенесённой коронавирусной инфекцией, подтверждённой результатами исследования мазка со слизистой носо- и/или ротоглотки методом полимеразной цепной реакции; в группу 2 — 13 человек, которым МРТ сердца проводили по направлению кардиолога до начала пандемии коронавирусной инфекции (2017 г.). Клиническая характеристика пациентов, показатели МРТ сердца исследуемой группы представлены в табл. 1. Пациенты основной

Таблица 1. Клиническая характеристика и параметры магнитно-резонансной томографии сердца у пациентов, переболевших COVID-19, и контрольной группы лиц

Показатель	Группа 1 COVID-19(+) n=34	Группа 2 COVID-19(-) n=13	p
Возраст, лет	62,5 [55; 66]	52 [45; 65]	0,07
Мужской пол, n (%)	12 (35,3)	6 (46,1)	0,49
Индекс массы тела, кг/м ²	30,69±5,22	27,75±4,05	0,08
Площадь поверхности тела, м ²	1,95±0,27	1,97±0,17	0,15
Частота сердечных сокращений, уд./мин	72,73±8,75	78±21,6	0,23
Сопутствующие заболевания, n (%):			
• гипертоническая болезнь	17 (50)	7 (53)	0,81
• сахарный диабет	2 (5)	0	0,37
• ишемическая болезнь сердца	8 (23)	4 (30)	0,61
• хроническая обструктивная болезнь лёгких	9 (26)	1 (7)	0,16
Сердечные симптомы, n (%):			
• боль в области сердца	14 (42)	4 (30)	0,51
• сердцебиение	30 (88)	9 (69)	0,12
• одышка	28 (85)	6 (46)	0,01*
• снижение толерантности к физическим нагрузкам	26 (77)	5 (39)	0,01*
ФВ ЛЖ, %	55,07±19,34	63,31±4,9	0,14
КДО ЛЖ, мл	113 [94,7; 153,8]	135,6 [116,72; 167,79]	0,98
КСО ЛЖ, мл	41 [28,9; 83]	50,87 [46,85; 63,04]	0,31
КДИ ЛЖ, мл/м ²	61,5 [48,2; 72,6]	69,5 [62,1; 79,9]	0,13
КСИ ЛЖ, мл/м ²	22,7 [16,4; 45,7]	26,1 [23,1; 30,6]	0,39
ER	1,5±0,36	1,58±0,39	0,54
Отёк визуально, n (%)	5 (14,7)	0 (0)	0,14
LGE, n (%)	33 (97)	12 (92,3)	0,47
Количество сегментов LGE	6,79±2,36	3,25±1,48	0,000*
Выпот в перикард, n (%)	22 (64,7)	5 (38)	0,10
Выпот в плевральные полости, n (%)	10 (29,4)	0 (0)	0,03*
Уплотнение лёгочного рисунка, n (%)	12 (35,3)	0 (0)	0,01*
GRS LV, %	17,52±9,61	16,86±5,54	0,82
GLS LV, %	-10,51±5,49	-10,96±2,66	0,78
Индекс усиления T1-ВИ нижнебокового сегмента базального отдела	1,54±0,29	1,71±0,53	0,17
Индекс усиления T1-ВИ нижнебокового сегмента среднего отдела	1,53±0,29	1,51±0,5	0,89
Индекс усиления T1-ВИ бокового сегмента апикального отдела	1,55±0,34	1,38±0,33	0,13
LAV max, мл	72,39 [56,3; 110,15]	57,80 [51,84; 96,6]	0,32
LAV min, мл	35,44 [18,47; 62,09]	21,35 [19,0; 42,07]	0,49
RAV max, мл	35,205 [31,08; 53,11]	40,2 [31,8; 51,095]	0,68
RAV min, мл	66,47 [55,96; 96,75]	84,945 [66,14; 93,305]	0,30
LAVi, мл/м ²	39,13 [32,09; 51,09]	27,8 [27,2; 43,89]	0,17
ФО ЛП, %	53,55 [37,26; 163,32]	61,22 [55,35; 64,51]	0,13
ИР ЛП, %	115,28 [59,39; 163,32]	149,7 [121,74; 173,93]	0,30

Примечание. * p < 0,05. ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка; КДО — конечно-диастолический объём; КСО — конечно-систолический объём; КДИ — конечно-диастолический индекс; КСИ — конечно-систолический индекс; ER (edema ratio) — коэффициент отёка миокарда; LGE (late gadolinium enhancement) — отсроченное контрастное усиление; GRS LV (global radial strain left ventricular) — глобальная радиальная деформация левого желудочка; GLS LV (global longitudinal strain left ventricular) — глобальная продольная деформация левого желудочка; T1-ВИ — T1-взвешенные изображения; LAV (left atrial volume) — объём левого предсердия; RAV (right atrium volume) — объём правого предсердия; LAVi (left atrium volume index) — индекс объёма левого предсердия; ФО ЛП — фракция опорожнения левого предсердия; ИР ЛП — индекс растяжимости левого предсердия.

и контрольной групп были сопоставимы по полу, возрасту, индексу массы тела. Снижение толерантности к физическим нагрузкам фиксировали у 77% пациентов, боль в области сердца, одышку и сердцебиение — у 14 (42%), 30 (88%) и 28 (85%) пациентов группы 1 соответственно. В группе 2 отмечены одышка у 4 (30%) пациентов, боли в области сердца — у 9 (69%), сердцебиение и/или ощущение ритма сердца — у 6 (46%).

Группы не отличались между собой по функциональным показателям ЛЖ и ЛП, а также по накоплению контраста в раннюю фазу контрастирования (1–2 минуты). У пациентов группы 1 поражение миокарда носило более распространённый характер, который определяли бóльшим количеством сегментов с отсроченным накоплением контраста по неишемическому типу. Кроме того, у 1/3 пациентов группы 1 к моменту проведения МРТ сердца сохранялись лёгочные изменения, а именно

уплотнение лёгочного рисунка и выпот в плевральную полость (рис. 1).

При внутригрупповом сравнении по полу оказалось, что в группе 1 у мужчин статистически значимо ниже ФВ ЛЖ, меньшие показатели глобальной продольной деформации и выше функциональные показатели ЛП. У женщин статистические различия отмечались только по количеству поражённых сегментов миокарда ЛЖ (табл. 2). Группы мужчин и женщин не отличались по возрасту ($p=0,78$ и $p=0,18$ соответственно).

Основные результаты исследования

Основным результатом проведённого нами исследования является обнаружение у лиц, перенёсших COVID-19, большого количества поражённых сегментов миокарда ЛЖ по данным отсроченного накопления в них контраста-парамагнетика, что является проявлением фиброзных

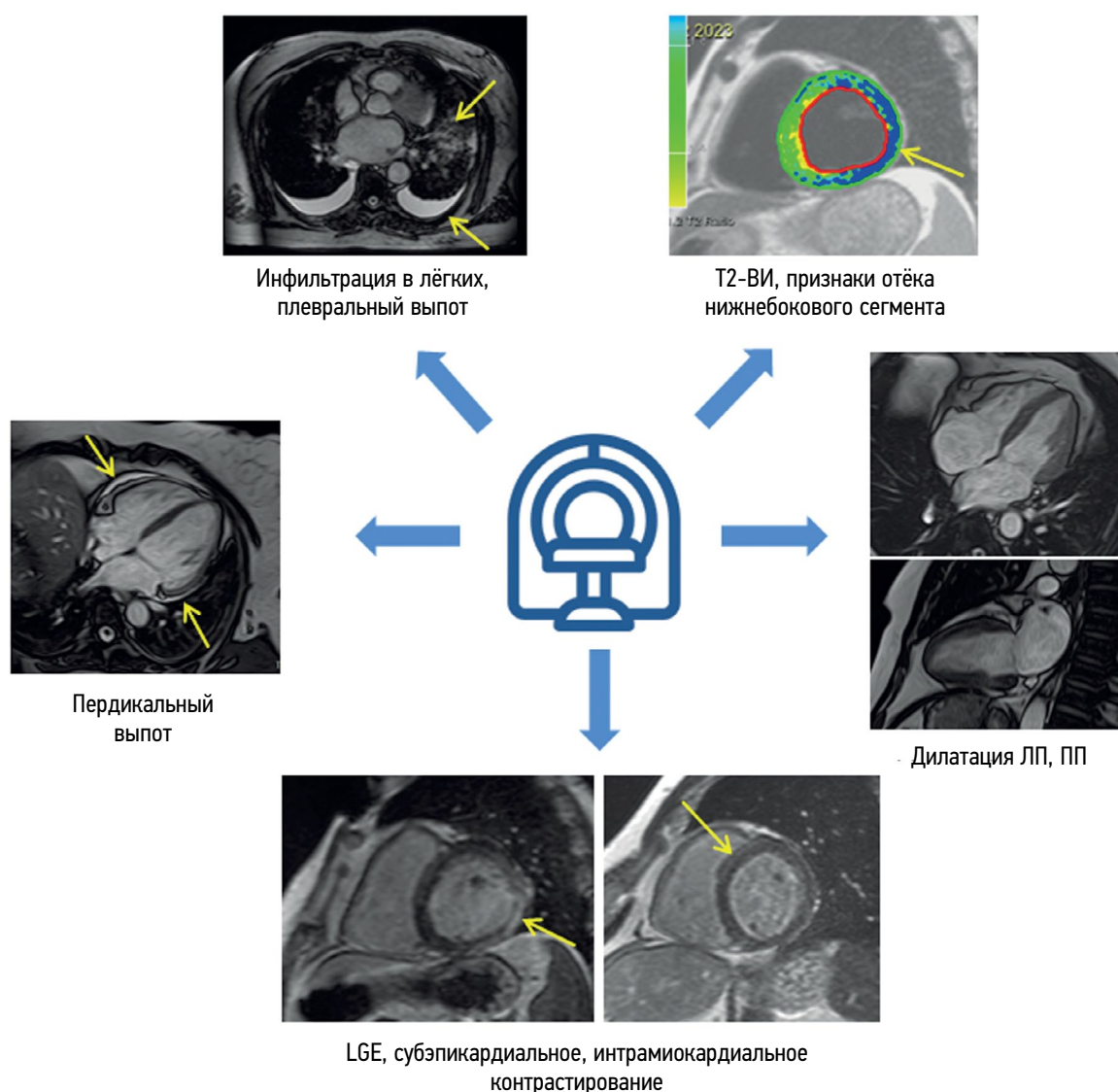


Рис. 1. Характерные симптомы, выявленные при магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием, в группе пациентов, перенёсших COVID-19. T2-ВИ — T2-взвешенное изображение; LGE (late gadolinium enhancement) — режим отсроченного контрастирования; ЛП — левое предсердие; ПП — правое предсердие.

Таблица 2. Сравнительный анализ функции левого желудочка и левого предсердия по данным магнитно-резонансной томографии

Показатель	Мужчины			Женщины		
	COVID-19(+)	COVID-19(-)	<i>p</i>	COVID-19(+)	COVID-19(-)	<i>p</i>
ФВ ЛЖ, %	38 [26,2; 54,5]	63 [62,5; 63,9]	0,04*	65 [59; 70]	64,5 [60,5; 67,7]	0,78
Количество сегментов LGE	7,5 [6,5; 9,5]	4 [3; 4]	0,03*	6,5 [5; 8]	3 [2; 4]	0,00*
Продольная деформация	-7,0 [-9,3; -3,1]	-10,2 [-11,1; -8,2]	0,04*	-14,6 [-15,8; -10,2]	-10,9 [-15; -9,3]	0,62
ЛП, мин. объём, мл	83,8 [37,3; 127,8]	25,6 [18; 35,3]	0,02*	25 [16,1; 35,9]	21,4 [20; 48,9]	0,59
Фракция опорожнения ЛП, %	30,1 [12,1; 47,8]	63,5 [54,9; 68,5]	0,01*	59,9 [53,4; 72,2]	59,9 [55,3; 64,5]	0,94
Индекс растяжимости ЛП, %	43,1 [13,9; 91,9]	173,8 [121,7; 217,9]	0,01*	149,9 [114,7; 259,7]	143,7 [101; 157,9]	0,43

Примечание. * $p < 0,05$. ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, LGE (late gadolinium enhancement) — отсроченное контрастное усиление; ЛП — левое предсердие. Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала [Q1; Q3].

изменений, в сравнении с результатами МРТ пациентов с подозрением на миокардит допандемийного периода, хотя поражение миокарда было неспецифическим. В мужской части выборки отмечали снижение ФВ ЛЖ, уменьшение глобальной продольной деформации ЛЖ, увеличение объёма ЛП на фоне снижения его сократительной функции. Поскольку основной мишенью вируса SARS-CoV-2 является респираторный тракт, ожидаемо, что в группе пациентов, перенёсших COVID-19, нами выявлено неравномерное уплотнение лёгочной ткани и скопление жидкости в плевральных полостях как проявление длительного разрешения респираторной инфекции. Подобных изменений у пациентов контрольной группы не обнаружено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее были представлены данные, что одышка, боли в области сердца являются наиболее распространёнными симптомами COVID-19 [11]. К сожалению, данный симптом сохраняется у пациентов с отрицательным результатом теста на SARS-CoV-2, что приводит к хроническому синдрому COVID-19. Долгосрочные риски и клиническое значение данных симптомов плохо изучены. Мы предположили, что клинические проявления в данной группе пациентов могут быть обусловлены продолжающимся повреждением миокарда за счёт воспаления. Однако у большинства наших пациентов не был выявлен отёк миокарда, а отношение интенсивности сигнала от миокарда к интенсивности сигнала от мышечной ткани на T2-ВИ соответствовало норме. К тому же нами не обнаружено достоверных различий усиления интенсивности миокарда в первые минуты после введения контрастного препарата. Таким образом, в нашей выборке отсутствовали два

из трёх больших МРТ-критериев миокардита — отёк и гиперемия, что, согласно современным рекомендациям [12], не позволяет однозначно говорить о миокардите.

В исследовании Т.Б. Феофановой по оценке сердечно-сосудистой системы 36 пациентов, перенёсших острую вирусную инфекцию COVID-19, отмечено достоверное увеличение ЛП при сохранении ФВ ЛЖ. Так, увеличение ЛП выявлено у 83,3% пациентов и только у 8,4% — снижение систолической функции ЛЖ [13]. Кроме того, большая часть исследуемой авторами группы характеризовалась гипертрофией миокарда ЛЖ (94,4%), развитием лёгочной гипертензии (72,2%), эктопической активностью миокарда предсердий и желудочков, представленной наджелудочковой экстрасистолией (94,4%), желудочковой экстрасистолией (63,9%), пароксизмальной наджелудочковой тахикардией (36,1%). Согласно полученным нами результатам, функция сердца была снижена, но без статистической значимости. ФВ ЛЖ составила в среднем 55%, а медиана КДИ — 61,5 мл/м². LAVi в группе 1 был выше 39,13 мл/м² по сравнению с группой 2 — 27,8 мл/м². В нашей выборке толщина стенки ЛЖ была в пределах нормы, а изменения в лёгких сохранялись у 1/3 пациентов после инфекции COVID-19. Нарушений ритма как распространённого явления постковидных осложнений в нашей выборке не отмечалось.

Имеются сообщения, что первым признаком ремоделирования миокарда ЛЖ является снижение нарушений продольной и/или глобальной деформации ЛЖ [14]. Мы определили снижение показателей продольной деформации ЛЖ у пациентов обеих групп, однако достоверной разницы в значениях между группами не выявлено. Согласно нашим данным, снижение сократительной функции ЛЖ выявлено у 21% пациента, преимущественно у лиц мужского пола.

Интересными оказались полученные нами результаты, свидетельствующие о гендерных различиях между группами. Как уже указывалось выше, у лиц обоего пола группы 1 отмечалось большее поражение миокарда ЛЖ по количеству сегментов с фиброзными изменениями ($p < 0,0000$). При сравнении показателей LAVi, ФО ЛП и индекса растяжимости ЛП между группами мы не обнаружили достоверной разницы, однако при разделении пациентов по полу отмечены достоверно более низкие значения показателей растяжимости и ФО ЛП у пациентов мужского пола, перенёсших коронавирусную инфекцию.

Размер ЛП отражает уровень давления и наполнения ЛЖ, поэтому отражает степень диастолической дисфункции ЛЖ [2, 3]. Ряд исследований продемонстрировал, что увеличение объёма ЛП ассоциировано с риском возникновения фибрилляции предсердий [15–17] и тромбоэмболии в случае, если увеличение объёма ЛП сопровождается дисфункцией у пациентов с фибрилляцией предсердий [18]. У пациентов с сердечной недостаточностью с сохранённой фракцией выброса и синусовым ритмом изменения индексированных объёмов ЛП и ФО ЛП независимо ассоциированы с неблагоприятным сердечно-сосудистым исходом, сравнимым с таковым при персистирующей фибрилляции предсердий, при которой параметры ЛП теряют свою прогностическую значимость [19].

В литературе мало представлены данные о гендерных особенностях ремоделирования ЛП, особенно после перенесённой коронавирусной инфекции. Например, в работе М.В. Чистяковой и соавт. [20], посвящённой исследованию сердца и эндотелиальной дисфункции у больных после COVID-19, показано увеличение LAVi во всех исследуемых группах по сравнению с показателями контрольной группы. Ряд авторов приводит доказательные данные, что именно у женщин показатели ремоделирования ЛП более выражены. Например, у женщин ФО ЛП была значимо меньше — 39% (28; 50) против 50% (42; 55) у мужчин ($p=0,02$) в группе больных с рецидивирующей фибрилляцией предсердий и артериальной гипертонией [10]. Опубликованы данные, что диаметр ЛП был независимым предиктором сердечно-сосудистой смерти у женщин с фибрилляцией предсердий ($p=0,003$) [21, 22]. По данным эхо-КГ через год после выписки, среди лиц, перенёсших подтверждённую пневмонию COVID-19, показано, что индекс объёма опорожнения ЛП значимо ниже в группе с угнетённой глобальной продольной деформацией ЛЖ ($1,3 \pm 0,3$ против $1,4 \pm 0,3$ мл/м²; $p=0,052$) [23]. Вне связи с COVID-19 фибрилляция предсердий чаще встречается у мужчин, но пациенты женского пола демонстрируют более выраженное ремоделирование предсердий при электроанатомическом картировании высокой плотности и большую частоту рецидивов аритмии после абляции фибрилляции предсердий по сравнению с мужчинами. Эти изменения могут способствовать половым

различиям в клиническом течении фибрилляции предсердий у женщин и частично объясняют более высокий риск рецидива [24]. Гендерные особенности изменений в предсердиях пациентов, перенёсших COVID-19, требуют дальнейшего изучения, так как это может иметь клиническое значение как для профилактики фибрилляции предсердий, так и предотвращения рецидивов аритмии после её абляции.

Вероятной причиной ремоделирования ЛП являются выраженная иммунная реакция, сохраняющееся воспаление [25], повреждение эндотелия и тромбогенность микрососудов [26]. Нельзя полностью исключить возможную задержку вируса в кардиомиоцитах с формированием фиброзных изменений.

Столь противоречивые результаты, полученные разными авторами, можно объяснить отсутствием единого подхода к формированию дизайна исследований, что приводит к разнородности изучаемых групп и трудностям в сопоставлении результатов исследований. Однако очевидно, что пациентам, у которых после перенесённой коронавирусной пневмонии выявлено увеличение LAVi, ФО ЛП и индекса растяжимости ЛП на фоне сохранной ФВ ЛЖ, требуется тщательное наблюдение для профилактики развития или своевременного выявления в будущем таких осложнений, как сердечная недостаточность, дисфункция ЛЖ или аритмия.

Ограничения исследования

Во-первых, поскольку каждому пациенту после появления симптомов было проведено одно МРТ-исследование сердца, мы не можем быть уверены, что результаты изменения, о которых сообщалось, также не присутствовали до заражения SARS-CoV-2. В этой связи важно упомянуть, что обнаруженные неишемические LGE могли быть неспецифичными и, возможно, были вызваны ранее не выявленным миокардитом, который присутствовал до заражения SARS-CoV-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вирус SARS-CoV-2, несомненно, вызывает более распространённое поражение сердца с вовлечением большего количества сегментов миокарда. Увеличивается период сохранения остаточных явлений коронавирусной пневмонии, таких как неравномерное уплотнение лёгочной ткани и скопление жидкости в плевральных полостях. Среди мужчин при этом достоверно чаще развиваются поствоспалительные осложнения в виде нарушения сократительной функции ЛЖ и ЛП.

Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшей оценки долгосрочных последствий перенесённого COVID-19 на сердечно-сосудистую систему. МРТ сердца с контрастированием в данном случае может быть чувствительным инструментом визуализации для выявления тяжести поражения сердца.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 22-15-00313).

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

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.С. Максимова, Н.И. Рюмшина, Т.А. Шелковникова — концепция и дизайн исследования, выполнение и анализ МРТ сердца, оформление клинического заключения, написание текста; О.В. Мочула, В.Ю. Усов — выполнение и анализ МРТ сердца, оформление клинического заключения; Н.Д. Анфиногенова — концепция и дизайн исследования, написание английской версии рукописи, общее руководство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., и др. Первичная и проспективная визуализация грудной клетки при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусным поражением легких при COVID-19 // Медицинская визуализация. 2020. Т. 24, № 4. С. 11–26. doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26
2. Srinivasan A., Wong F., Couch L.S., Wang B.X. Cardiac complications of COVID-19 in low-risk patients // *Viruses*. 2022. Vol. 14, N 6. P. 1322. doi: 10.3390/v14061322
3. Cosyns B., Lochy S., Luchian M.L., et al. The role of cardiovascular imaging for myocardial injury in hospitalized COVID-19 patients // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020. Vol. 21, N 7. P. 709–714. doi: 10.1093/ehjci/jeaa136
4. Huang L., Zhao P., Tang D., et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-2019 identified using magnetic resonance imaging // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020. Vol. 13, N 11. P. 2330–2339. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.004
5. Luetkens J.A., Isaak A., Öztürk C., et al. Cardiac MRI in suspected acute COVID-19 myocarditis // *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021. Vol. 3, N 2. e200628. doi: 10.1148/ryct.2021200628
6. Puntmann V.O., Carerj M.L., Wieters I., et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *JAMA Cardiol*. 2020. Vol. 5, N 11. P. 1265–1273. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557
7. Ferreira V.M., Plein S., Wong T.C. et al. Cardiovascular magnetic resonance for evaluation of cardiac involvement in COVID-19: Recommendations by the Society for cardiovascular magnetic resonance // *J Cardiovasc Magn Reson*. 2023. Vol. 25, N 1. P. 21. doi: 10.1186/s12968-023-00933-0
8. Yong S.J. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: Putative pathophysiology, risk factors, and treatments // *Infect Dis (Lond)*. 2021. Vol. 53, N 10. P. 737–754. doi: 10.1080/23744235.2021.1924397
9. Lewis A.J., Burrage M.K., Ferreira V.M. Cardiovascular magnetic resonance imaging for inflammatory heart diseases // *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2020. Vol. 10, N 3. P. 598–609. doi: 10.21037/cdt.2019.12.09

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This research was supported by the Russian Science Foundation (project #22-15-00313).

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.S. Maksimova, N.I. Ryumshina, T.A. Shelkovnikova — concept and design of the study, performance and analysis of cardiac MRI, drafting of the clinical conclusion, drafting of the text; O.V. Mochula, V.Y. Usov — performance and analysis of cardiac MRI, drafting of the clinical conclusion; N.D. Anfinogenova — concept and design of the study, drafting of the English version of the manuscript, general guidance.

10. Кохан Е.В., Озова Е.М., Романова В.А., и др. Фазовый анализ функции левого предсердия у пациентов с артериальной гипертензией и фибрилляцией предсердий: гендерные особенности связи с диастолической дисфункцией и параметрами центрального давления // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2019. Т. 15, № 5. С. 622–633. doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-5-622-633
11. Kravchenko D., Isaak A., Zimmer S., et al. Cardiac MRI in patients with prolonged cardiorespiratory symptoms after mild to moderate COVID-19 // *Radiology*. 2021. Vol. 301, N 3. P. E419–E425. doi: 10.1148/radiol.2021211162
12. Арутюнов Г.П., Палеев Ф.Н., Моисеева О.М., и др. Миокардиты у взрослых. Клинические рекомендации-2020 // Российский кардиологический журнал. 2021. Т. 266, № 11. С. 4790. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4790
13. Феофанова Т.Б., Залетова Т.С., Абакаров Р.М., Зайнудинов З.М. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов, перенесших COVID-19 // *Int J Med Psychol*. 2021. Т. 4, № 7. С. 84–87.
14. Широков Н.Е., Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., и др. Связь вариантов скрытой контрактильной дисфункции левого желудочка и признаков иммунного воспаления у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023. Т. 22, № 3. С. 3434. doi: 10.15829/1728-8800-2023-3434
15. Pozios I., Vouliotis A.I., Dilaveris P., Tsioufis C. Electro-mechanical alterations in atrial fibrillation: Structural, electrical, and functional correlates // *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023. Vol. 10, N 4. P. 149. doi: 10.3390/jcdd10040149
16. Raisi-Estabragh Z., McCracken C., Condurache D., et al. Left atrial structure and function are associated with cardiovascular outcomes independent of left ventricular measures: A UK Biobank CMR study // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022. Vol. 23, N 9. P. 1191–1200. doi: 10.1093/ehjci/jeab266
17. Floria M., Radu S., Gosav E.M., et al. Left atrial structural remodelling in non-valvular atrial fibrillation: What have we learnt

from CMR? // *Diagnostics (Basel)*. 2020. Vol. 10, N 3. P. 137. doi: 10.3390/diagnostics10030137

18. Kim H.D., Cho D.H., Kim M.N., et al. Left atrial dysfunction, fibrosis and the risk of thromboembolism in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation // *Int J Heart Fail*. 2022. Vol. 4, N 1. P. 42–53. doi: 10.36628/ijhf.2021.0043

19. Schönbauer R., Kammerlander A.A., Duca F., et al. Prognostic impact of left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction in sinus rhythm vs persistent atrial fibrillation // *ESC Heart Fail*. 2022. Vol. 9, N 1. P. 465–475. doi: 10.1002/ehf2.13723

20. Чистякова М.В., Говорин А.В., Мудров В.А., и др. Поражение сердца и эндотелиальная дисфункция у больных, перенесших коронавирусную инфекцию // *Вестник терапевта*. 2023. № 1. С. 1–7.

21. Rienstra M., Van Veldhuisen D.J., Hagens V.E., et al. Gender-Related differences in rhythm control treatment in persistent atrial fibrillation // *J Am Coll Cardiol*. 2005. Vol. 46, N 7. P. 1298–306. doi: 10.1016/j.jacc.2005.05.078

22. Proietti M., Raparelli V., Basili S., et al. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation:

The AFFIRM Trial // *Int J Cardiol*. 2016. N 207. P. 258–263. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.01.169

23. Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., Широков Н.Е., и др. Клинико-эхокардиографический профиль пациентов, перенесших пневмонию COVID-19, через год после выписки в зависимости от глобальной продольной деформации левого желудочка // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2022. Т. 37, № 4. С. 52–62. doi: 10.29001/2073-8552-2022-37-4-52-62

24. Wong G.R., Nalliah C.J., Lee G., et al. Sex-Related differences in atrial remodeling in patients with atrial fibrillation: Relationship to ablation outcomes // *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2022. Vol. 15, N 1. P. e009925. doi: 10.1161/CIRCEP.121.009925

25. Bräuninger H., Stoffers B., Fitzek A.D., et al. Cardiac SARS-CoV-2 infection is associated with pro-inflammatory transcriptomic alterations within the heart // *Cardiovasc Res*. 2022. Vol. 118, N 2. P. 542–555. doi: 10.1093/cvr/cvab322

26. Wu L., Jiang Z., Meulendijks E.R., et al. Atrial inflammation and microvascular thrombogenicity are increased in deceased COVID-19 patients // *Cardiovasc Pathol*. 2023. N 64. P. 107524. doi: 10.1016/j.carpath.2023.107524

REFERENCES

1. Ussov WY, Nudnov NV, Ignatenko GA, et al. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19. *Medical Imaging*. 2020;24(4):11–26. (In Russ). doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26

2. Srinivasan A, Wong F, Couch LS, Wang BX. Cardiac complications of COVID-19 in low-risk patients. *Viruses*. 2022;14(6):1322. doi: 10.3390/v14061322

3. Cosyns B, Lochy S, Luchian ML, et al. The role of cardiovascular imaging for myocardial injury in hospitalized COVID-19 patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21(7):709–714. doi: 10.1093/ehjci/jeaa136

4. Huang L, Zhao P, Tang D, et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-2019 identified using magnetic resonance imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(11):2330–2339. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.004

5. Luetkens JA, Isaak A, Öztürk C, et al. Cardiac MRI in suspected acute COVID-19 myocarditis. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021;3(2):e200628. doi: 10.1148/ryct.2021200628

6. 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(11):1265–1273. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557

7. Ferreira VM, Plein S, Wong TC, et al. Cardiovascular magnetic resonance for evaluation of cardiac involvement in COVID-19: Recommendations by the society for cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2023;25(1):21. doi: 10.1186/s12968-023-00933-0

8. Yong SJ. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: Putative pathophysiology, risk factors, and treatments. *Infect Dis (Lond)*. 2021;53(10):737–754. doi: 10.1080/23744235.2021.1924397

9. Lewis AJ, Burrage MK, Ferreira VM. Cardiovascular magnetic resonance imaging for inflammatory heart diseases. *Cardiovascular Diagnosis Therapy*. 2020;10(3):598–609. doi: 10.21037/cdt.2019.12.09

10. Kokhan EV, Ozova M., Romanova VA, et al. Left atrial phasic function in patients with hypertension and recurrent atrial fibrillation: Gender differences of the relationship with diastolic dysfunction and central aortic pressure. *Rational Pharmacotherapy Cardiology*. 2019;15(5):622–633. (In Russ). doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-5-622-633

11. Kravchenko D, Isaak A, Zimmer S, et al. Cardiac MRI in patients with prolonged cardiorespiratory symptoms after mild to moderate COVID-19. *Radiology*. 2021;301(3):E419–E425. doi: 10.1148/radiol.2021211162

12. Arutyunov GP, Paleev FN, Moiseeva OM, et al. 2020 Clinical practice guidelines for myocarditis in adults. *Russ J Cardiol*. 2021;26(11):4790. (In Russ). doi: 10.15829/1560-4071-2021-4790

13. Feofanova TB, Zaletova TS, Abakarov RM, Zainudinov ZM. Assessment of the state of the cardiovascular system in patients with COVID-19. *Int J Med Psychol*. 2021;4(7):84–87. (In Russ).

14. Shirokov NE, Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, et al. Relationship between latent left ventricular contractile dysfunction and signs of immune inflammation in patients with COVID-19 pneumonia. *Cardiovascular Therapy Prevention*. 2023;22(3):3434. (In Russ). doi: 10.15829/1728-8800-2023-3434

15. Pozios I, Vouliotis AI, Dilaveris P, Tsioufis C. Electro-mechanical alterations in atrial fibrillation: Structural, electrical, and functional correlates. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023;10(4):149. doi: 10.3390/jcdd10040149

16. Raisi-Estabragh Z, McCracken C, Condurache D, et al. Left atrial structure and function are associated with cardiovascular outcomes independent of left ventricular measures: A UK Biobank CMR study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(9):1191–1200. doi: 10.1093/ehjci/jeab266

17. Floria M, Radu S, Gosav EM, et al. Left atrial structural remodelling in non-valvular atrial fibrillation: What have we learnt from CMR? *Diagnostics (Basel)*. 2020;10(3):137. doi: 10.3390/diagnostics10030137

18. Kim HD, Cho DH, Kim MN, et al. Left atrial dysfunction, fibrosis and the risk of thromboembolism in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Int J Heart Fail.* 2022;4(1):42–53. doi: 10.36628/ijhf.2021.0043
19. Schönbauer R, Kammerlander AA, Duca F, et al. Prognostic impact of left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction in sinus rhythm vs persistent atrial fibrillation. *ESC Heart Fail.* 2022;9(1):465–475. doi: 10.1002/ehf2.13723
20. Chistyakova MV, Govorin AV, Mudrov VA, et al. Heart damage and endothelial dysfunction in patients with coronavirus infection. *Therapists Bulletin.* 2023;(1):1–7. (In Russ).
21. Rienstra M, van Veldhuisen DJ, Hagens VE, et al. Gender-related differences in rhythm control treatment in persistent atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(7):1298–306. doi: 10.1016/j.jacc.2005.05.078
22. Proietti M, Raparelli V, Basili S, et al. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation: The AFFIRM Trial. *Int J Cardiol.* 2016;(207):258–263. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.01.169

23. Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, Shirokov NE, et al. Clinical and echocardiographic profile of patients one year after COVID-19 pneumonia depending on the left ventricular global longitudinal strain. *Siberian J Clin Experimental Med.* 2022;37(4):52–62. (In Russ). doi: 10.29001/2073-8552-2022-37-4-52-62
24. Wong GR, Nalliah CJ, Lee G, et al. Sex-Related differences in atrial remodeling in patients with atrial fibrillation: Relationship to ablation outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2022;15(1):e009925. doi: 10.1161/CIRCEP.121.009925
25. Bräuninger H, Stoffers B, Fitzek AD, et al. Cardiac SARS-CoV-2 infection is associated with pro-inflammatory transcriptomic alterations within the heart. *Cardiovasc Res.* 2022;118(2):542–555. doi: 10.1093/cvr/cvab322
26. Wu L, Jiang Z, Meulendijks ER, et al. Atrial inflammation and microvascular thrombogenicity are increased in deceased COVID-19 patients. *Cardiovasc Pathol.* 2023;(64):107524. doi: 10.1016/j.carpath.2023.107524

ОБ АВТОРАХ

*** Рюмшина Надежда Игоревна**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 634012, Томск, ул. Киевская, д. 111а;
ORCID: 0000-0002-6158-026X;
eLibrary SPIN: 6555-8937;
e-mail: n.rumshina@list.ru

Максимова Александра Сергеевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-4871-3283;
eLibrary SPIN: 2879-9550;
e-mail: asmaximova@yandex.ru

Шелковникова Татьяна Александровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-8089-2851;
eLibrary SPIN: 1826-7850;
e-mail: ffly@mail.ru

Мочула Ольга Витальевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-7502-7502;
eLibrary SPIN: 3712-8492;
e-mail: mochula.olga@gmail.com

Анфиногенова Нина Джоновна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1106-0730;
eLibrary SPIN: 6784-5440;
e-mail: cardio.intl@gmail.com

Усов Владимир Юрьевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-7352-6068;
eLibrary SPIN: 1299-2074;
e-mail: ussov1962@yandex.ru

AUTHORS' INFO

*** Nadezhda I. Ryumshina**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 111a Kievskaya street, 634012 Tomsk, Russia;
ORCID: 0000-0002-6158-026X;
eLibrary SPIN: 6555-8937;
e-mail: n.rumshina@list.ru

Aleksandra S. Maksimova, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-4871-3283;
eLibrary SPIN: 2879-9550;
e-mail: asmaximova@yandex.ru

Tatiana A. Shelkovnikova, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-8089-2851;
eLibrary SPIN: 1826-7850;
e-mail: ffly@mail.ru

Olga V. Mochula, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-7502-7502;
eLibrary SPIN: 3712-8492;
e-mail: mochula.olga@gmail.com

Nina D. Anfinogenova, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-1106-0730;
eLibrary SPIN: 6784-5440;
e-mail: cardio.intl@gmail.com

Wladimir Yu. Ussov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0002-7352-6068;
eLibrary SPIN: 1299-2074;
e-mail: ussov1962@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author