

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-4-105-113>  
УДК: 616.98:578.834.1-036.21-06:616.12-073.86-052

# Обобщенный портрет пациента одного кардиологического центра в период пандемии COVID-19 по данным магнитно-резонансной томографии сердца с парамагнитным контрастным усилением

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

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,  
634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

## Аннотация

**Цель:** изучить влияние пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19) на обобщенный портрет пациента специализированного кардиологического центра по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца.

**Материал и методы.** В исследование были включены ретроспективные данные 987 пациентов, которым была проведена МРТ сердца с парамагнитным контрастным усилением (ПМКУ) в отделении рентгеновских и томографических методов диагностики кардиологического центра с 01.01.2019 по 01.06.2022 гг. Данные получали из электронных медицинских записей, хранящихся в модуле учета инструментальных исследований, выполняемых в кардиологической клинике. Данные содержали информацию о виде и характеристиках протокола исследования, выдавшем направление подразделению, клинических и демографических характеристиках пациентов, диагнозе. Учитывали пол, возраст, режим обращения (амбулаторный, стационарный), количественные данные и неструктурированные текстовые данные МРТ сердца. МРТ сердца с ПМКУ сердца проводилось по стандартной методике на магнитно-резонансном томографе Vantage Titan (Toshiba) 1,5 Тл с ЭКГ-синхронизацией.

**Результаты.** Доля МРТ-исследований сердца в общем числе МРТ-исследований возросла за исследуемый период. Максимальное число выявленных патологий сердца пришлось на 2021 г. Значительно возросло количество и доля выявляемых фиброзно-дистрофических изменений миокарда, которые, вероятно, являются следствием перенесенных воспалительных процессов в сердце (от 67,17% в 2019 г. до 84,14% в 2022 г.). Пик по количеству пациентов в каждой возрастной группе пришелся на 2021 г. и был наиболее выражен у пациентов в возрасте 60–69 лет из группы риска тяжелого течения и осложнений, связанных с COVID-19. В 2020 г. значительно снизилось число выявляемых миокардитов в острой фазе течения: до 10% среди мужчин и 13% среди женщин с последующим постепенным увеличением частоты встречаемости в 2021 г. Доля амбулаторных обращений значительно возросла в 2020 г., но в 2021 г. вышла на допандемийный уровень 2019 г.

**Заключение.** Пандемия COVID-19 вызвала рост потребности в МРТ-визуализации сердца. У пациентов, выздоровевших после COVID-19, персистировали и появлялись новые симптомы поражения миокарда, что может свидетельствовать о хроническом поражении сердца. Основным, ассоциированным с COVID-19 проявлением МРТ с ПМКУ был региональный фиброз миокарда, в связи с чем необходим дальнейший контроль за пациентами для оценки вероятности ремоделирования левого желудочка.

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ключевые слова:</b>                       | коронавирусная инфекция, пандемия, магнитно-резонансная томография сердца, парамагнитное контрастное усиление, здравоохранение.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Конфликт интересов:</b>                   | авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Прозрачность финансовой деятельности:</b> | исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-15-00313).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Для цитирования:</b>                      | Шелковникова Т.А., Максимова А.С., Рюмшина Н.И., Мочула О.В., Ваизов В.Х., Усов В.Ю., Анфиногенова Н.Д. Обобщенный портрет пациента одного кардиологического центра в период пандемии COVID-19 по данным магнитно-резонансной томографии сердца с парамагнитным контрастным усилением. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2022;37(4):105–113. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-4-105-113">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-4-105-113</a> . |

# Magnetic resonance imaging-derived portrait of cardiac patients in one specialized cardiovascular center during COVID-19 pandemic

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

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,  
111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

## Abstract

**Purpose.** The objective of the study was to elucidate the impact of COVID-19 pandemic on cardiac magnetic resonance imaging (CMR)-derived portrait of a patient in one specialized cardiovascular center.

**Material and Methods.** The study comprised 987 patients who underwent CMR with paramagnetic contrast enhancement in cardiovascular center from 01.01.2019 to 01.06.2022. Data were obtained from electronic medical records stored in the electronic module keeping track of instrumental studies. Data contained information on type and characteristics of protocol, referring department, clinical and demographic patient characteristics, and diagnosis. Gender, age, type of visit (ambulatory, in-hospital), instrumental data, and unstructured text were analyzed. Contrast-enhanced CMR was performed according to standard method using 1.5-Tesla MRI system Vantage Titan 1.5T (Toshiba Medical Systems) with ECG-synchronization.

**Results.** Proportion of CMR among all MRI studies increased during the study period. Maximum number of cardiac diseases was detected in 2021. Incidence of fibrosis-dystrophic myocardial changes increased from 67.17% in 2019 to 84.14% in 2022 potentially due to the past cardiac inflammation. Patient numbers in each age group peaked in 2021, and the highest incidence rate was observed in the group of 60-69-year-old patients with high risk for severe COVID-19 course and complications. In 2020, the incidence of acute myocarditis significantly decreased to 10% in men and 13% in women and then gradually increased in 2021. The rate of ambulatory visits significantly increased in 2020, but returned to the pre-pandemic level in 2021.

**Conclusion.** COVID-19 pandemic increased the need for CMR. Patients with history of COVID-19 had persistent and newly occurring symptoms of myocardial damage suggesting chronic cardiac involvement. Regional myocardial fibrosis was the main COVID-19-associated presentation on contrast-enhanced CMR. Continuous follow-up of patients is required to assess their risk for the left ventricular remodeling.

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Keywords:</b>             | coronavirus infection, cardiac magnetic resonance imaging, paramagnetic contrast enhancement, healthcare.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Conflict of interest:</b> | the authors declare no conflict of interest associated with this publication.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Financial disclosure:</b> | the Authors thank the Russian Science Foundation for support of this work (#22-15-00313).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>For citation:</b>         | Shelkovnikova T.A, Maksimova A.S., Ryumshina N.I., Mochula O.V., Vaizov V.Kh., Ussov W.Yu., Anfinogenova N.D. Magnetic resonance imaging-derived portrait of cardiac patients in one specialized cardiovascular center during COVID-19 pandemic. <i>The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2022;37(4):105–113. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-4-105-113">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-4-105-113</a> . |

## Введение

Новая коронавирусная инфекция изменила профиль пациентов, обращающихся за первичной медицинской помощью. За последние три года произошел рост обращений в медицинские учреждения с жалобами на нарушения в работе сердца [1]. Как правило, пациенты отмечают недавнее респираторное заболевание, нередко подтвержденный случай коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванный вирусом SARS-CoV-2. О возможных механизмах поражения сердечно-сосудистой системы опубликовано много работ [2], однако точный патофизиологический механизм до конца не понятен. С самого начала эпидемии представлены многочисленные данные

магнитно-резонансной томографии (МРТ), свидетельствующие о повреждении при COVID-19 за счет ряда клеточных и циркулирующих факторов не только собственно легочной паренхимы [3], но и стенки легочных сосудов, аорты и миокарда [4, 5], головного мозга [6]. Кроме того, с появлением успешной вакцинации бремя острой коронавирусной инфекции уменьшается [7], но остается значительное число пациентов с постоянными симптомами даже спустя месяцы после заражения COVID-19. Национальные институты здравоохранения выделяют средства на исследования этого нового и, вероятно, хронического заболевания [8].

Диагностический алгоритм при COVID-19, как правило, направлен на исключение воспалительных изменений в

миокарде. В то же время отмечается прогрессивное увеличение частоты встречаемости других нозологий, например, кардиомиопатии. Методом выбора инструментальной диагностики кардиологической патологии, согласно рекомендациям Российского и Европейского кардиологических обществ и Американской ассоциации сердца, является МРТ сердца с контрастным усилением [9]. С помощью МРТ сердца с парамагнитным контрастным усилением (ПМКУ) удалось установить, что поражение сердца среди пациентов с томографически документированным поражением легких встречается примерно в 37% случаев [6]. Из этих пациентов с поражением сердца большинство (более 85%) составляют пациенты с множественными очаговыми повреждениями [5]. Вместе с тем вирулентность вируса SARS-CoV-2 и клиническая манифестация COVID-19 изменяются во времени, что требует непрерывного мониторинга и разработки максимально эффективной стратегии и тактики применения диагностических процедур.

Цель работы: изучение влияния пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19) на МРТ-портрет пациента кардиологической клиники.

## Материал и методы

Наблюдательное когортное ретроспективное исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Учитывая ретроспективный наблюдательный характер изучения деидентифицированных данных, получения информированного согласия пациентов на участие в данном исследовании не требовалось. Исследование проводили на базе отделения рентгеновских и томографических методов диагностики кардиологической клиники, которое является единственным профильным подразделением в городе, где проводят МРТ сердца с ПМКУ.

Всего с января 2019 по июнь 2022 г. было проведено 8137 МРТ-исследований. Из этих исследований были отобраны 987 пациентов, которым было выполнено МРТ-исследование сердца с ПМКУ. Критериями включения пациентов в исследование были возраст от 1 до 90 лет, показания для проведения МРТ сердца с ПМКУ и выполненное МРТ сердца с ПМКУ в период с января 2019 по июнь 2022 г. Критериями исключения были противопоказания для назначения ПМКУ, наличие имплантированного искусственного водителя ритма, ферромагнитные клипсы в головном и спинном мозге, металлические инородные тела в орбите, вживленные автоматические дозаторы лекарств, выраженная аритмия, крупные протезы суставов, первый триместр беременности, клаустрофобия.

Всем пациентам, включенным в исследование, было проведено МРТ сердца с ПМКУ по стандартной методике на магнитно-резонансном томографе Vantage Titan (Toshiba) 1,5 Тл с ЭКГ-синхронизацией, синхронизацией по дыханию и получением изображений миокарда по короткой и длинным осям до и после введения гадолиний-содержащего контрастного препарата гадобутрола (Гадовист, Гадобускан). Толщина срезов составляла 5–7 мм при отсутствии промежутков между ними, с записью в матрицу 256 × 256. Протокол МРТ-исследования включал T1-, T2-взвешенные последовательности и последовательность с подавлением сигнала от жировой ткани для оценки состояния миокарда, динамические SSFP-последовательности для оценки объемов и функции левого желудочка, градиентные последовательности инверсия–

восстановление (GR-IR) для выявления участков патологического контрастирования. Время инверсии подбиралось индивидуально (в среднем  $TI = 300 \pm 10$  мс). Оценка измененных участков в миокарде осуществлялась с учетом 17-сегментной системы топической характеристики миокарда левого желудочка.

Для создания «МРТ-портрета» кардиологического пациента были проанализированы электронные медицинские документы, содержащие заключения о проведенных МРТ-исследованиях с ПМКУ. При этом использовались данные исследований электронных медицинских записей, хранящихся в электронном модуле учета инструментальных исследований, выполняемых в кардиологической клинике.

Полученные электронные медицинские данные содержали информацию о виде и характеристиках протокола исследования, подразделении, выдавшем направление, клинических и демографических характеристиках пациентов, диагнозе. Учитывали пол, возраст, режим обращения (амбулаторный, стационарный), количественные данные и неструктурированные текстовые данные МРТ сердца.

Обработку изображений выполнили с использованием научно-исследовательского оборудования «Медицинская геномика» на базе Центра коллективного пользования eFilm 3.4 (MergeHealth, 2010) и Centricity Universal Viewer v.6.0 (GE, 2020).

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакета STATISTICA 10, графики и диаграммы построены с помощью пакета Excel 2010. Категориальные показатели описаны абсолютными и относительными (в %) частотами. Выявление статистически значимых различий по категориальным показателям между независимыми группами проводилось с помощью многопольных таблиц сопряженности по  $\chi^2$ -критерию Пирсона. При проверке всех статистических гипотез пороговый уровень значимости принят равным 0,05.

Исследование, включая дизайн, сбор информации, анализ, интерпретацию данных и публикацию результатов исследования, выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-15-00313).

## Результаты

Заболеваемость COVID-19 на уровне популяции характеризуется волнообразным течением. При этом наибольшее негативное влияние на поток пациентов в нашем институте оказала первая волна коронавирусной инфекции (апрель – май 2020 г.), когда было зарегистрировано резкое снижение ( $p < 0,001$ ) общего количества проведенных исследований, очевидно, ввиду ограничительных мероприятий, самоизоляции, снижения объемов плановой госпитализации и т. д. (рис. 1).

Из общего количества исследований ( $n = 8137$ ) нами были отобраны пациенты только кардиологического профиля, проходившие МРТ сердца с ПМКУ в период пандемии и непосредственно перед ее началом ( $n = 987$ ). Из 987 пациентов, включенных в исследование, 198 пациентов (20,1%) прошли МРТ сердца в 2019 г., 232 пациента (23,5%) – в 2020 г., 330 пациентов (33,4%) – в 2021 г., 227 пациентов (23%) – в течение первых шести месяцев 2022 г. Кроме очевидного возрастания абсолютного числа обращений, доля исследований МРТ сердца в общем числе МРТ исследований отделения возросла и продолжала увеличиваться ( $p < 0,05$ ) (рис. 2).

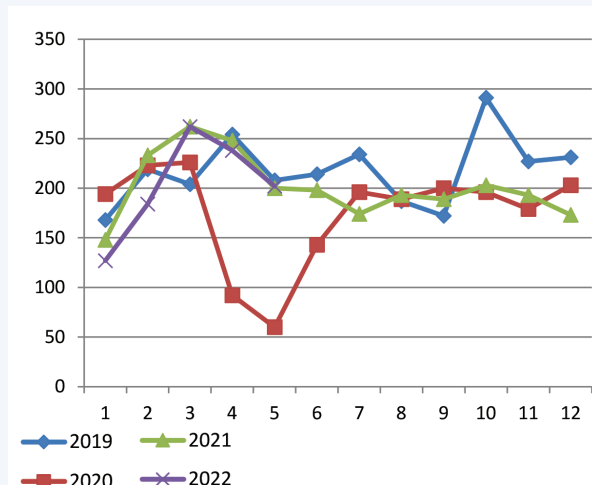


Рис. 1. Ежемесячное количество МРТ исследований, проведенных в период пандемии COVID-19 по месяцам. По оси абсцисс – месяцы. По оси ординат – количество проведенных исследований  
Fig. 1. Monthly number of MRI studies performed during COVID-19 pandemic month by month. Horizontal axis: months. Vertical axis: number of performed studies

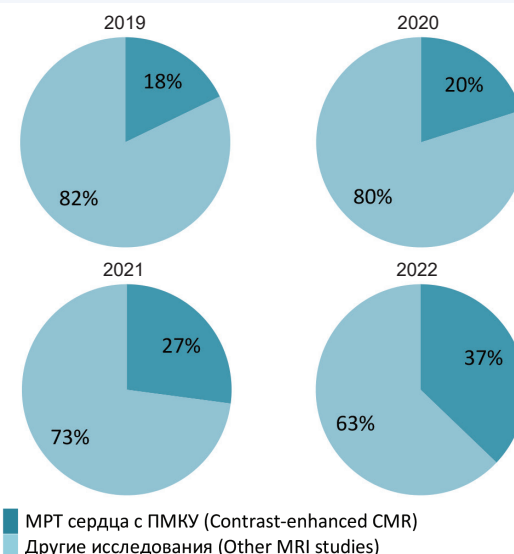


Рис. 2. Доля исследований МРТ сердца с ПМКУ в общем числе МРТ исследований по годам  
Fig. 2. The proportion of contrast-enhanced CMR studies among total number of MRI studies year by year

Отмечен рост обращений пациентов амбулаторного звена. Из общего числа пациентов в 2019 г. амбулаторно обращались 32 (16%), в 2020 г. – 68 (29%), в 2021 г. – 57 (17%), за шесть месяцев 2022 г. – 40 (18%) пациентов (рис. 3).

Доля мужчин в общей группе пациентов, которым было проведено МРТ-исследование сердца, составила 58,59% в 2019 г., 51,72% – в 2020 г., 56,36% – в 2021 г. и значительно увеличилась до 73,13% за первые шесть месяцев 2022 г. В обеих группах значительно увеличилось и продолжило возрастать к 2022 г. количество случаев фиброзно-дистрофических изменений миокарда, выяв-

ленных по данным МРТ с контрастированием (наличие мелких очагов патологического накопления контрастного препарата в интрамиокардиальных и субэпикардиальных отделах, без связи с определенным бассейном кровоснабжения) как среди мужчин (от 52,57% в 2019 г. до 81,03% в 2022 г.), так и среди женщин (от 62,20% в 2019 г. до 87,39% в 2022 г.). При этом число выявленных миокардитов в острой фазе течения резко снизилось в 2020 г. до 10% среди мужчин и до 13% среди женщин среди общего числа выявляемых патологий сердца с последующим постепенным увеличением в 2021 г. (рис. 4).

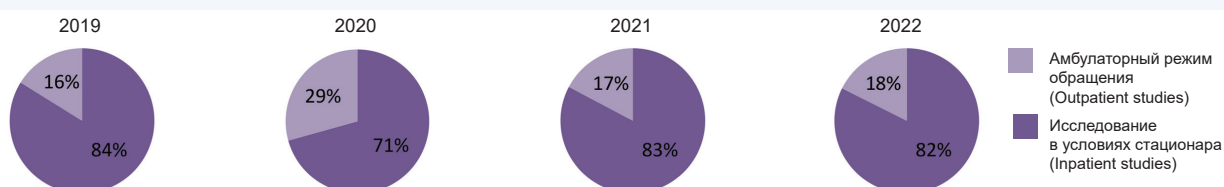


Рис. 3. Доля амбулаторных и стационарных исследований МРТ сердца с ПМКУ в период пандемии COVID-19  
Fig. 3. Proportions of outpatient and inpatient contrast-enhanced CMR studies during COVID-19 pandemic

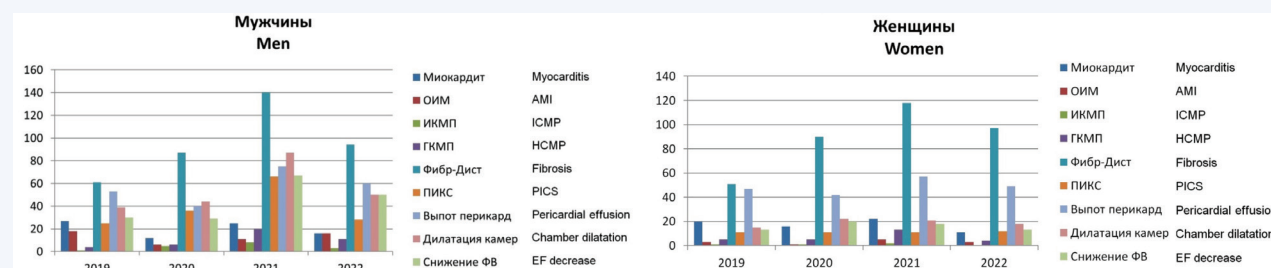


Рис. 4. Распределение сердечно-сосудистых заболеваний и патологических изменений миокарда в период пандемии COVID-19 у мужчин и женщин. По оси ординат – количество пациентов. По оси абсцисс – годы  
Fig. 4. Distribution of cardiovascular diseases and myocardial pathologies in men and women during COVID-19 pandemic. Vertical axis: number of patients. Horizontal axis: years

Примечание: ОИМ – острый инфаркт миокарда, ИКМП – ишемическая кардиомиопатия, ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия, ПИКС – постинфарктный кардиосклероз, Фибр-Дист – фиброзно-дистрофические изменения, ФВ – фракция выброса.  
Note: AMI – acute myocardial infarction, ICMP – ischemic cardiomyopathy, HCMP – hypertrophic cardiomyopathy, PICS – postinfarction cardiosclerosis, EF – ejection fraction.

Необходимо отметить, что подавляющее большинство пациентов, выздоровевших после COVID-19 и направленных на МРТ-сердца, сообщали о сердечных симптомах.

Анализ возрастных показателей продемонстрировал, что пик количества пациентов в каждой возрастной группе приходился на 2021 г. (рис. 5) и был наиболее выражен в группе 60–69 лет, включавшей пациентов из группы риска тяжелого течения и осложнений, связанных с COVID-19. В 2019 г. на долю пациентов возраста 60–69 лет приходилось 11,90% от всех проведенных исследований МРТ сердца, в 2020 г. – 15,95%, в 2021 г. – 24,56% и в 2022 г. – 18,73%.

Основными единицами сердечно-сосудистой патологии, выявленной при МРТ сердца с контрастированием, были миокардит, острый инфаркт миокарда (ОИМ), ишемическая кардиомиопатия (ИКМП), гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП), постинфарктный кардиосклероз (ПИКС) и фиброзно-дистрофические изменения миокарда (ФДИ) (рис. 6). ФДИ характеризовались наличием очагов фиброза некоронарогенного генеза (рис. 7).

Мы проанализировали и сравнили распределение данных патологических состояний сердца по годам в период пандемии COVID-19. На представленной диаграмме видно, что пик каждой из выявляемых патологий (кроме ОИМ) приходится на 2021 г. Кроме этого, значимо возросло количество пациентов с ФДИ, которые, в свою очередь, могут быть следствием перенесенных воспалительных процессов миокарда: 67,17% от общего числа МРТ исследований сердца в 2019 г., 76,29% – в 2020 г., 78,18% – в 2021 г. и 84,14% до июня 2022 г. ( $p < 0,05$ ).

В протоколах исследований пациентов с очагами фиброза некоронарогенного генеза отмечены важные патологические параметры, характеризующие работу сердца, такие как перикардиальный выпот, дилатация камер сердца и снижение сократительной функции левого желудочка. Распределение данных патологических изменений в группе пациентов с ФДИ представлено на рисунке 8.

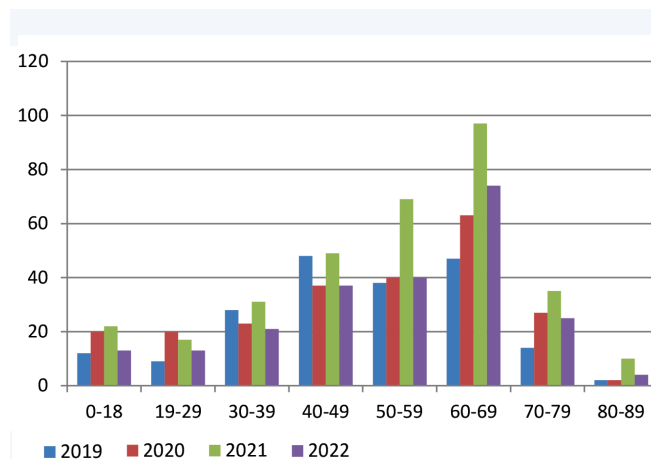


Рис. 5. Распределение по возрасту среди пациентов в период пандемии COVID-19. Ось ординат – количество пациентов. Ось абсцисс – возрастные группы  
Fig. 5. Distribution of patient ages during COVID-19 pandemic. Vertical axis: number of patients. Horizontal axis: age groups

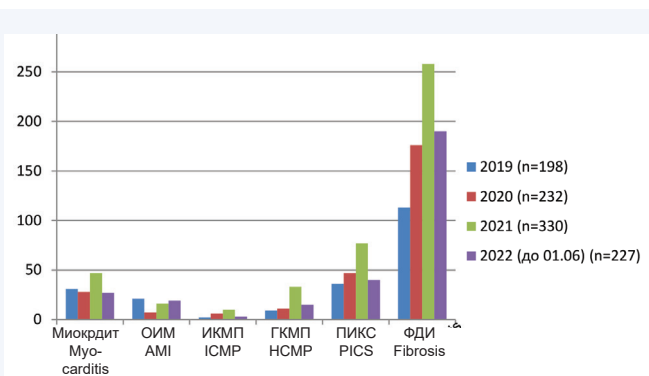


Рис. 6. Распределение сердечно-сосудистых заболеваний в период пандемии COVID-19  
Fig. 6. Distribution of cardiovascular diseases during COVID-19 pandemic  
Примечание: ОИМ – острый инфаркт миокарда, ИКМП – ишемическая кардиомиопатия, ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия, ПИКС – постинфарктный кардиосклероз, ФДИ – фиброзно-дистрофические изменения.  
Note: AMI – acute myocardial infarction, ICMP – ischemic cardiomyopathy, HCMP – hypertrophic cardiomyopathy, PICS – postinfarction cardiosclerosis.

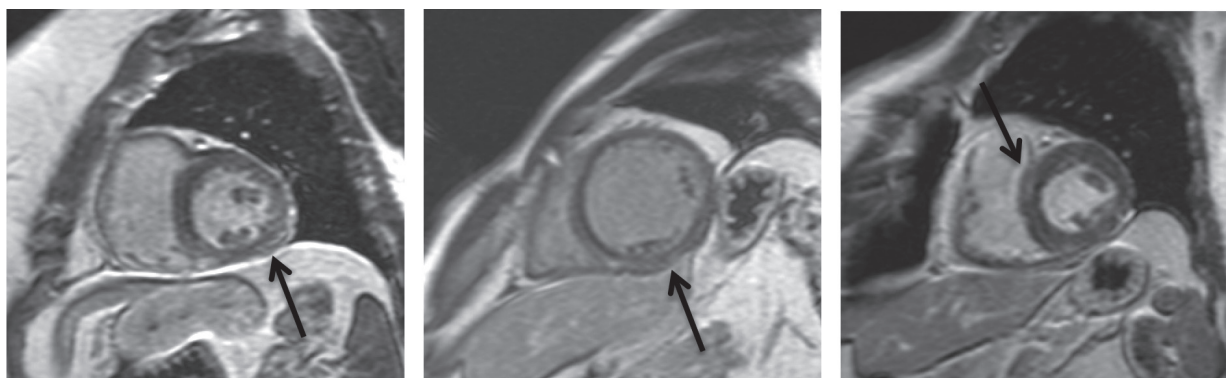
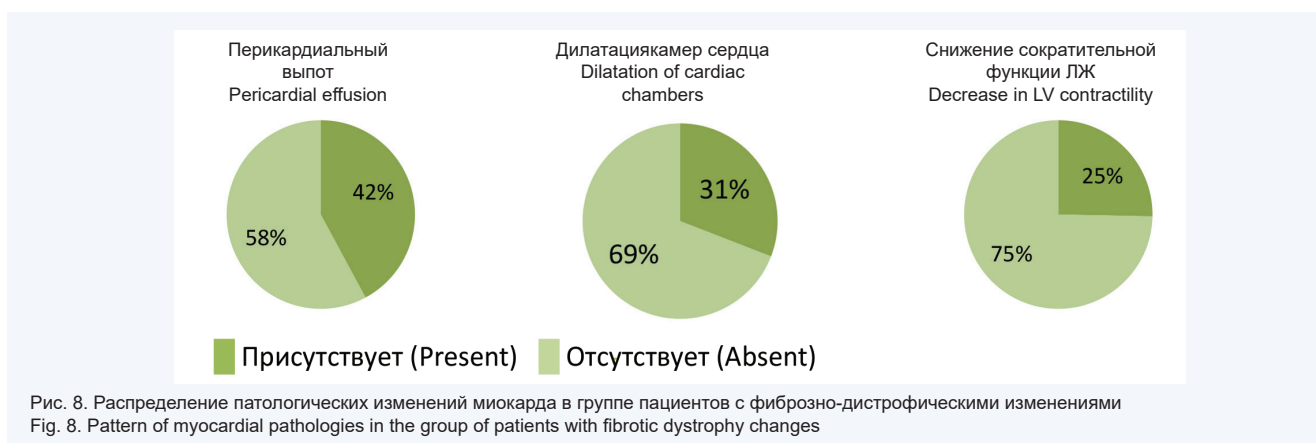


Рис. 7. МРТ сердца с контрастированием у пациентов с фиброзно-дистрофическими изменениями после перенесенного COVID-19. Стрелками указаны участки патологического накопления контрастного препарата в интрамуральных и субэпикардиальных отделах миокарда  
Fig. 7. Cardiac MRI with contrast enhancement in patients with cardiac fibrosis after COVID-19. The arrows indicate the areas of pathological accumulation of the contrast agent in the intramural and subepicardial regions of the myocardium



## Обсуждение

Глобальная пандемия COVID-19 оказала беспрецедентное давление на систему здравоохранения. Во время первой волны вирусных инфекций был зафиксирован спад в большинстве областей здравоохранения, включая плановые процедуры, скрининг, в том числе обследования с использованием МРТ [10].

Неудивительно, что в первые месяцы пандемии и в нашем центре наблюдалось значительное снижение объема диагностических МРТ-исследований (см. рис. 1).

При анализе МРТ-исследований, выполненных в 2019–2022 гг., обращает на себя внимание значительный рост процедур визуализации миокарда. Это согласуется с данными мировой статистики и подтверждает необходимость исследований сердца в связи с прямым (в меньшей степени) и косвенным (через системную воспалительную реакцию) воздействием вируса SARS-CoV-2 на сердечно-сосудистую систему. Кроме того, одной из серьезных проблем является повреждение сердца, связанное с приемом лекарств, назначаемых в ходе лечения COVID-19, особенно при использовании противовирусных препаратов. Еще одна немаловажная и мало изученная проблема – это возможные лекарственные взаимодействия между противовирусными препаратами и пероральными антикоагулянтами [11].

Наше исследование подтвердило влияние возраста и пола пациентов на риск развития сердечно-сосудистых осложнений, что также согласуется с литературными данными [12]. Анализ возрастных показателей показал, что сердечно-сосудистая патология чаще выявляется в группе пациентов 60–69 лет.

Оценка воспалительных изменений миокарда по данным магнитного резонанса сердца в нашем центре проводилась с использованием согласованных критериев Лейк–Луиза [13] – отек, гиперемия, некроз или рубец – на основе оценки интенсивности сигнала на T2-взвешенных изображениях (ВИ), в режимах раннего и отсроченного контрастирования миокарда. Данные критерии были выявлены на основе ограниченного числа опубликованных исследований, и на тот момент диагностическая точность оценивалась в 78%, чувствительность – в 67% и специфичность – в 91%. Несмотря на то, что МР-критерии миокардита, а также методы их оценки были предметом обсуждения, их роль в значительной степени подтверждена, в том числе исследованиями *in vivo* [14].

Однако характеристика ткани для выявления отека при помощи МРТ миокарда с использованием только ин-

тенсивности сигнала имеет некоторые недостатки. Когда воспалительные процессы становятся более распространенными (чаще встречается после первых нескольких дней, когда миокардит переходит из острого состояния в подострое), интенсивность сигналов T2-ВИ и контрастирование также становятся более однородными до такой степени, что отдельные поражения больше не могут быть легко обнаружены при качественном обзоре.

Так, в нашем исследовании признаки активного воспалительного процесса в миокарде по данным МРТ были определены только у 24,3% пациентов из общего количества направленных на исследование в 2019 г., с постепенным снижением числа таких больных до 9,4% к 2022 г., несмотря на то, что подавляющее большинство пациентов, выздоровевших после COVID-19, сообщили о сердечных симптомах. Это явление может быть вызвано двумя причинами. Во-первых, возможно, что симптомы в грудной клетке были вызваны остаточным заболеванием легких, но для подтверждения этого предположения необходимы дальнейшие исследования. Во-вторых, поскольку средняя продолжительность между появлением клинических симптомов и сканированием МРТ составляла 1–2 мес., исследование могло быть выполнено в подострую стадию (на фоне регресса отека). В настоящее время предложены новые методики МРТ сердца – картирование времени релаксации T1 и T2, определение фракции внеклеточного объема, которые, возможно, расширят диагностические возможности этого метода у больных с миокардитом [15]. T1- и T2-картирование позволяют количественно оценить диффузные изменения в миокарде (диффузный отек, фиброз). К сожалению, методы картирования в нашем центре не применялись.

У подавляющего большинства пациентов, которым проводилась МРТ сердца в нашем центре, выявлены мелкие очаги фиброза миокарда некоронарогенного генеза, что согласуется с ранее опубликованными данными [5, 6]. У части пациентов (см. рис. 7) в данной группе обследованных отмечено расширение полостей сердца, наличие перикардиального выпота и/или нарушение сократительной функции левого желудочка. Выявленные изменения могут быть исходом перенесенного ранее воспалительного процесса и могут свидетельствовать о начальном периоде ремоделирования сердца. Так, литературные источники сообщают, что ремоделирование ткани миокарда может предшествовать функциональному ремоделированию левого желудочка [8]. Наши результаты согласуются с этим выводом, поскольку нарушения были

выявлены в основном в структуре сердечной мышцы, а не в функции левого желудочка у большинства обследованных. Необходимо длительное наблюдение за пациентами данной группы, а МРТ сердца с контрастированием является чувствительным инструментом для мониторинга дальнейшего прогресса выздоровления.

Необходимо отметить, что на фоне пандемии COVID-19 нами отмечен рост, хоть и не столь выраженный, другой сердечно-сосудистой патологии (ГКМП, ИКМП и др.), что не исключает отрицательного влияния SARS-CoV-2 или побочных эффектов применения лекарственных препаратов, используемых для лечения COVID-19, на течение основного заболевания, что также требует дальнейшего изучения. Интересно, что повышение количества диагностических процедур и выявленной доли патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы нами отмечено на третий год пандемии COVID-19, что также может свидетельствовать в пользу хронического течения данного заболевания.

### Ограничения исследования

Ограничением нашего исследования явилась невозможность использования протокола картирования, связанная с ограниченными возможностями медицинского оборудования в центре. У большинства включенных в исследование пациентов ранее были умеренные проявления COVID-19, поэтому наш отчет, охватывающий пациентов с тяжелым и критическим течением заболевания, не может отразить весь спектр манифестации данной патологии. Таким образом, выявленная в нашем исследовании

доля пациентов с поражением сердца не может быть экстраполирована на более широкую популяцию и другие когорты пациентов. Тем не менее, это исследование демонстрирует феномен поражения сердца после COVID-19, полученные результаты могут быть полезными, поскольку способствуют формированию настороженности врачей, так как гиподиагностика поражений сердца более вероятна у пациентов с легкой формой инфекции SARS-CoV-2. Наконец, нами было проведено одномоментное наблюдательное МРТ-исследование, в то время как более длительное наблюдение будет полезно для оценки состояния миокарда в динамике, особенно учитывая возможность формирования хронической кардиологической патологии у пациентов, перенесших COVID-19 в легкой и умеренной форме.

### Выводы

Пандемия COVID-19 вызвала рост потребности в визуализации сердца с помощью МРТ, так как заражение вирусом SARS-CoV-2 ассоциировано с увеличением частоты встречаемости впервые диагностированной и прогрессированием ранее существовавшей сердечно-сосудистой патологии. У пациентов, выздоровевших после COVID-19, сохраняются либо появляются симптомы поражения сердца, что может свидетельствовать о хроническом поражении сердца. Основным проявлением МРТ с контрастированием, по данным нашего исследования, был региональный фиброз миокарда, в связи с чем необходим дальнейший контроль за пациентами для оценки вероятности ремоделирования левого желудочка.

### Литература

1. Аншелес А.А., Сергиенко В.Б., Синицын В.Е., Вахромеева М.Н., Ковалев А.Н., Завадовский К.В. и др. Анализ восстановления объемов диагностических исследований кардиологических заболеваний в Российской Федерации во время пандемии COVID-19: результаты Российского сегмента международного исследования INCAPS COVID 2 под эгидой Международного агентства по атомной энергии. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(9):5170. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5170.
2. Петриков С.С., Иванников А.А., Васильченко М.К., Эсауленко А.Н., Алиджанова Х.Г. COVID-19 и сердечно-сосудистая система. Часть 1. Патопатология, патоморфология, осложнения, долгосрочный прогноз. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2021;10(1):14–26. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26.
3. Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., Гуляев В.М., Первак М.Б., Шелковникова Т.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;24(4):11–26. DOI: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26.
4. Кобелев Е., Берген Т.А., Таркова А.Р., Васильцева О.Я., Каменская О.В., Усов В.Ю. и др. COVID-19 как причина хронической легочной гипертензии: патофизиологическое обоснование и возможности инструментальной диагностики. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021;20(5):2844. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2844.
5. Шелковникова Т.А., Пушников Е.Ю., Баев А.Е., Рябов В.В., Усов В.Ю. МР-томографические варианты картины повреждения миокарда и легких у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию (COVID-19) – два типичных клинических примера. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2022;37(1):135–141. DOI: 10.29001/2073-8552-2022-37-1-135-141.
6. Усов В.Ю., Игнатенко Г.А., Нуднов Н.В., Берген Т.А., Гуляев В.М., Первак М.Б. и др. Расширенная МРТ органов грудной клетки и головного мозга в диагностике поражения легких, миокарда и головного мозга при COVID-19. *Университетская клиника*. 2021;(1):144–145.
7. Baden L.R., El Sahly H.M., Essink B., Kotloff K., Frey S., Novak R. et al. Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *N. Engl. J. Med.* 2021;384(5):403–416. DOI: 10.1056/NEJMoa2035389.
8. Dixit N.M., Churchill A., Nsair A., Hsu J.J. Post-acute COVID-19 syndrome and the cardiovascular system: What is known? *Am. Heart J. Plus.* 2021;5:100025. DOI: 10.1016/j.ahjo.2021.100025.
9. Petersen S.E., Friedrich M.G., Leiner T., Elias M.D., Ferreira V.M., Fenski M. et al. Cardiovascular magnetic resonance for patients with COVID-19. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2022;15(4):685–699. DOI: 10.1016/j.jcmg.2021.08.021.
10. Keizman E., Ram E., Kachel E., Sternik L., Raanani E. The impact of COVID-19 pandemic on cardiac surgery in Israel. *J. Cardiothorac. Surg.* 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-49936/v1.
11. Higgins V., Sohaei D., Diamandis E.P., Prassas I. COVID-19: From an acute to chronic disease? Potential long-term health consequences. *Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* 2021;58(5):297–310. DOI: 10.1080/10408363.2020.1860895.
12. Vakili S., Savardashtaki A., Jamalnia S., Tabrizi R., Nematollahi M.H., Jafarinia M. et al. Laboratory findings of COVID-19 infection are conflicting in different age groups and pregnant women: A literature review. *Arch. Med. Res.* 2020;51(7):603–607. DOI: 10.1016/j.arcmed.2020.06.007.
13. Friedrich M.G., Sechtem U., Schulz-Menger J., Holmvang G., Alakija P., Cooper L.T. et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009;53(17):1475–1487. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.02.007.
14. Lagan J., Schmitt M., Miller C.A. Clinical applications of multi-parametric CMR in myocarditis and systemic inflammatory diseases. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2018;34(1):35–54. DOI: 10.1007/s10554-017-1063-9.
15. Liguori C., Farina D., Vaccher F., Ferrandino G., Bellini D., Carbone I. Myocarditis: Imaging up to date. *Radiol. Med.* 2020;125(11):1124–1134. DOI: 10.1007/s11547-020-01279-8.

## References

1. Ansheles A.A., Sergienko V.B., Sinitsyn V.E., Vakhromeeva M.N., Kokov A.N., Zavadovsky K.V. et al. Analysis of the restoration of cardiology diagnostics scope in the Russian federation during the COVID-19 pandemic: Results of the Russian segment of the INCAPS COVID 2 study under the auspices of the International Atomic Energy Agency. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(9):5170. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5170. (In Russ.).
2. Petrikov S.S., Ivannikov A.A., Vasilchenko M.K., Esaulenko A.N., Alidzhanova Kh.G. COVID-19 and cardiovascular system. Part 1. Pathophysiology, pathomorphology, complications, long-term prognosis. *Russian Sklifosovsky Journal of "Emergency Medical Care"*. 2021;10(1):14–26. DOI: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26. (In Russ.).
3. Ussov W.Yu., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., Gulyaev V.M., Pervak M.B., Shelkovnikova T.A. et al. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19. *Medical Visualization*. 2020;24(4):11–26. DOI: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26. (In Russ.).
4. Kobelev E., Bergen T.A., Tarkova A.R., Vasiltsseva O.Ya., Kamenskaya O.V., Usov V.Yu. et al. COVID-19 as a cause of chronic pulmonary hypertension: Pathophysiological rationale and potential of instrumental investigations. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;20(5):2844. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2844. (In Russ.).
5. Shelkovnikova T.A., Pushnikova E.Yu., Baev A.E., Ryabov V.V., Ussov W.Yu. Magnetic resonance syndromes of myocardial damage in patients after new coronavirus infection (COVID-19) - two typical clinical cases. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2022;37(1):135–141. DOI: 10.29001/2073-8552-2022-37-1-135-141. (In Russ.).
6. Ussov W.Yu., Ignatenko G.A., Nudnov N.V., Bergen T.A., Gulyaev V.M., Pervak M.B. et al. Comprehensive MRI of the chest and brain in the diagnosis of injury to thoracic organs, myocardium, and brain in COVID-19. *The University Clinic*. 2021;1(1):144–145. (In Russ.).
7. Baden L.R., El Sahly H.M., Essink B., Kotloff K., Frey S., Novak R. et al. Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *N. Engl. J. Med.* 2021;384(5):403–416. DOI: 10.1056/NEJMoa2035389.
8. Dixit N.M., Churchill A., Nsair A., Hsu J.J. Post-acute COVID-19 syndrome and the cardiovascular system: What is known? *Am. Heart J. Plus*. 2021;5:100025. DOI: 10.1016/j.ahjo.2021.100025.
9. Petersen S.E., Friedrich M.G., Leiner T., Elias M.D., Ferreira V.M., Fenski M. et al. Cardiovascular magnetic resonance for patients with COVID-19. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2022;15(4):685–699. DOI: 10.1016/j.jcmg.2021.08.021.
10. Keizman E., Ram E., Kachel E., Sternik L., Raanani E. The impact of COVID-19 pandemic on cardiac surgery in Israel. *J. Cardiothorac. Surg.* 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-49936/v1.
11. Higgins V., Sohaei D., Diamandis E.P., Prassas I. COVID-19: from an acute to chronic disease? Potential long-term health consequences. *Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* 2021;58(5):297–310. DOI: 10.1080/10408363.2020.1860895.
12. Vakili S., Savardashtaki A., Jamalnia S., Tabrizi R., Nematollahi M.H., Jafarinia M. et al. Laboratory findings of COVID-19 infection are conflicting in different age groups and pregnant women: A literature review. *Arch. Med. Res.* 2020;51(7):603–607. DOI: 10.1016/j.arcmed.2020.06.007.
13. Friedrich M.G., Sechtem U., Schulz-Menger J., Holmvang G., Alakija P., Cooper L.T. et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009;53(17):1475–1487. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.02.007.
14. Lagan J., Schmitt M., Miller C.A. Clinical applications of multi-parametric CMR in myocarditis and systemic inflammatory diseases. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2018;34(1):35–54. DOI: 10.1007/s10554-017-1063-9.
15. Liguori C., Farina D., Vaccher F., Ferrandino G., Bellini D., Carbone I. Myocarditis: Imaging up to date. *Radiol. Med.* 2020;125(11):1124–1134. DOI: 10.1007/s11547-020-01279-8.

## Информация о вкладе авторов

Шелковникова Т.А. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Максимова А.С. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Рюмшина Н.И. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Мочула О.В. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Ваизов В.Х. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Усов В.Ю. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Анфиногенова Н.Д. – вклад в концепцию, дизайн, анализ и интерпретацию данных, проверку важного интеллектуального содержания, написание и рецензию рукописи, общее руководство проектом, окончательное утверждение рукописи для публикации.

Все авторы согласились быть ответственными за все аспекты работы, будучи уверенными в тщательности и добросовестном выполнении представленного исследования.

## Information on author contributions

Shelkovnikova T.A. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Maksimova S.A. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Ryumshina N.I. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Mochula O.V. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Vaizov V.Kh. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Usov W.Yu. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, and final approval of the manuscript for publication.

Anfinogenova N.D. – contribution to study concept, study designs, data analysis, data interpretation, revision of essential intellectual content, writing and revising the manuscript, general supervision of project, and final approval of the manuscript for publication.

Authors agreed to be responsible for all aspects of work vouching its integrity.

## Сведения об авторах

Шелковникова Татьяна Александровна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-8089-2851.

E-mail: [ffily@mail.ru](mailto:ffily@mail.ru).

## Information about the authors

Tatiana A. Shelkovnikova, M.D., Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-8089-2851.

E-mail: [ffily@mail.ru](mailto:ffily@mail.ru).

**Максимова Александра Сергеевна**, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-4871-3283.  
E-mail: [asmaksimova@yandex.ru](mailto:asmaksimova@yandex.ru).

**Рюмшина Надежда Игоревна**, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-6158-026X.  
E-mail: [n.rumshina@list.ru](mailto:n.rumshina@list.ru).

**Мочула Ольга Витальевна**, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-7502-7502.  
E-mail: [mochula.olga@gmail.com](mailto:mochula.olga@gmail.com).

**Ваизов Валерий Харисович**, канд. мед. наук, врач функциональной диагностики, младший научный сотрудник, отделение функциональной и ультразвуковой диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-0004-7717.  
E-mail: [vaizov@mail.ru](mailto:vaizov@mail.ru).

**Усов Владимир Юрьевич**, д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-7352-6068.

**Анфиногенова Нина Джоновна**, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, отделение популяционной кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-1106-0730.  
E-mail: [cardio.intl@gmail.com](mailto:cardio.intl@gmail.com).

 **Анфиногенова Нина Джоновна**, e-mail: [cardio.intl@gmail.com](mailto:cardio.intl@gmail.com).

**Aleksandra S. Maksimova**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-4871-3283.  
E-mail: [asmaksimova@yandex.ru](mailto:asmaksimova@yandex.ru).

**Nadezhda I. Ryumshina**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-6158-026X.  
E-mail: [n.rumshina@list.ru](mailto:n.rumshina@list.ru).

**Olga V. Mochula**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-7502-7502.  
E-mail: [mochula.olga@gmail.com](mailto:mochula.olga@gmail.com).

**Valery Kh. Vaizov**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Functional Diagnostics and Ultrasound, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-0004-7717.  
E-mail: [vaizov@mail.ru](mailto:vaizov@mail.ru).

**Wladimir Yu. Ussov**, M.D., Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-7352-6068.

**Nina D. Anfinogenova**, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Cardiovascular Epidemiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-1106-0730.  
E-mail: [cardio.intl@gmail.com](mailto:cardio.intl@gmail.com).

 **Nina D. Anfinogenova**, e-mail: [cardio.intl@gmail.com](mailto:cardio.intl@gmail.com).

Received October 31, 2022

Поступила 31.10.2022