



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-4-77-86>
УДК 616.127-005.8-036.11-005.4-06:616.132.2-007.271]-073.86

Магнитно-резонансная оценка распространенности ишемического паттерна повреждения сердца у пациентов с острым инфарктом миокарда в зависимости от наличия обструктивного поражения коронарных артерий

О.В. Мочула, Д.А. Воробьева, В.Ю. Усов, К.В. Завадовский

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

Аннотация

На сегодняшний день фактически не представлены работы, которые посвящены анализу различных типов повреждения ишемического и неишемического паттернов у пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ) в зависимости от характера атеросклеротического поражения коронарного русла.

Цель настоящей работы: оценка частоты ишемического паттерна повреждения сердца у пациентов с ОИМ в зависимости от наличия обструктивного поражения коронарных артерий (КА).

Материал и методы. В исследование ретроспективно были включены пациенты с рабочим диагнозом острого коронарного синдрома (ОКС), которым была проведена магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца с контрастированием в течение первой недели после госпитализации. Сканирование выполняли на томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Протокол включал стандартные импульсные последовательности. На T2- взвешенных изображениях (ВИ), T1-ВИ и в IR-режиме на изображениях визуально оценивали наличие отека и рубца/некроза соответственно. Паттерн острого ишемического повреждения миокарда левого желудочка (ЛЖ) представлял собой усиление интенсивности сигнала на T2-ВИ как признак отека миокарда, отсроченное контрастирование (ОК) с типичным ишемическим характером контрастирования – как признак субэндокардиального/субтрансмурального/трансмурального характера повреждения миокарда. Некоронарогенный характер повреждения миокарда определялся как интрамиокардиальное/субэпикардиальное ОК.

Результаты. На основе данных коронарной ангиографии (иКАГ) пациенты были разделены на две группы: пациенты с ОИМ с ангиографически значимым стенозом КА (MICAD), пациенты с ОИМ с необструктивным поражением КА (MINOCA). Было выявлено, что частота встречаемости субэндокардиального паттерна ОК сердца при ранней МРТ не различается в группах пациентов с ОИМ на фоне обструктивного и необструктивного поражения КА. Для пациентов с MICAD наиболее характерным магнитно-резонансным (МР) паттерном было трансмуральное ОК, в том числе в сочетании с микроваскулярной обструкцией (МВО). Для пациентов с MINOCA наиболее характерным МР-паттерном было интрамиокардиальное мелкоочаговое/очаговое ОК. Субэпикардиальное ОК с равной частотой встречалось у пациентов с MICAD и MINOCA.

Выводы. Наиболее патогномичным МР-паттерном повреждения миокарда при ОИМ на фоне обструктивного поражения КА является трансмуральный тип ОК с феноменом МВО или без него. Выявление субэндокардиального типа ОК у пациентов с ОИМ без обструктивного поражения КА позволяет стратифицировать данных пациентов в более высокую группу риска с дальнейшим изменением тактики лечения.

Ключевые слова:

МРТ сердца с контрастированием, острый коронарный синдром, MICAD, MINOCA, отсроченное контрастирование, субэндокардиальный, трансмуральный, интрамиокардиальный характер повреждения миокарда.

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Прозрачность финансовой деятельности:

исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда N 21-75-00051, <https://rscf.ru/project/21-75-00051/>.

Соответствие принципам этики:

Для цитирования:

информированное согласие получено от каждого пациента. Исследование одобрено этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 164 от 23.11.2017 г.).

Мочула О.В., Воробьева Д.А., Усов В.Ю., Завадовский К.В. Магнитно-резонансная оценка распространенности ишемического паттерна повреждения сердца у пациентов с острым инфарктом миокарда в зависимости от наличия обструктивного поражения коронарных артерий. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2022;37(1):77–86. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-1-77-86>.

The prevalence of ischemic pattern of heart damage in patients with acute myocardial infarction depending on the presence of obstructive coronary artery disease: Magnetic resonance study

Olga V. Mochula, Darya A. Vorobeva, Wladimir Yu. Ussov,
Konstantin V. Zavadovsky

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

Abstract

Currently, there are practically no works that are devoted to the analysis of different types of damage to ischemic and non-ischemic patterns in patients with acute myocardial infarction (AMI), depending on the nature of atherosclerotic lesions of the coronary arteries. In this regard, the aim of this work was to evaluate the frequency of ischemic pattern of heart damage in patients with AMI depending on the presence of obstructive coronary artery disease.

Material and Methods. The study retrospectively included patients with a working diagnosis of acute coronary syndrome (ACS) who underwent contrast-enhanced cardiac magnetic resonance (MR) imaging (CMR) during the first week after hospitalization. A 1.5 T CMR was performed using a standard protocol. T2-WI, T1-WI, and IR-images were visually assessed for edema and scar/necrosis, respectively. The pattern of acute ischemic damage to the left ventricular (LV) myocardium was an increase in the signal intensity on T2-WI as a sign of myocardial edema and late gadolinium enhancement (LGE) with a typical ischemic nature of contrast enhancement: subendocardial/subtransmural/transmural. The non-ischemic nature of myocardial injury was defined as intramyocardial/subepicardial LGE.

Results. Based on invasive coronary angiography (ICA) data, patients were divided into two groups: group of myocardial infarction (MI) and coronary artery disease (MICAD group) and group of MI and non-obstructive coronary arteries (MINOCA group). It was found that the frequencies of occurrence of subendocardial pattern of cardiac LGE in early CMR did not differ in the groups of AMI patients against the background of obstructive and non-obstructive coronary artery disease (CAD). The most characteristic MR-pattern in MICAD patients was transmural LGE, including that in combination with microvascular obstruction (MVO). The most characteristic MR-pattern in MINOCA patients was mid-wall/insertion point LGE. Subepicardial LGE occurred with equal frequency in MICAD and MINOCA patients.

Conclusion. The most pathognomonic MR-pattern of myocardial damage in AMI against the background of obstructive CAD was the transmural type of LGE with or without the phenomenon of MVO. Identification of the subendocardial type of LGE in patients with MINOCA allowed to stratify these patients into a higher risk group with a further change in treatment tactics.

Keywords:

contrast-enhanced CMR, acute coronary syndrome, MICAD, MINOCA, LGE, subendocardial, transmural, mid-wall pattern of myocardial damage.

Conflict of interest:

the authors do not declare a conflict of interest.

Financial disclosure:

the study was supported by a grant of the Russian Science Foundation (project No. 21-75-00051).

Adherence to ethical standards:

informed consent was obtained from all patients. The study was approved by the Ethics Committee of Cardiology Research Institute of Tomsk NRMС (protocol No. 164 from 23.11.2017).

For citation:

Mochula O.V., Vorobeva D.A., Ussov W.Yu., Zavadovsky K.V. The prevalence of ischemic pattern of heart damage in patients with acute myocardial infarction depending on the presence of obstructive coronary artery disease: Magnetic resonance study. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2022;37(1):77–86. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2022-37-1-77-86>.

Введение

В Российской Федерации ежегодно регистрируется в среднем 520 тыс. случаев острого коронарного синдрома (ОКС), из них острый инфаркт миокарда (ОИМ) составляет 36,4%. Именно с этим патологическим состоянием связаны высокие показатели госпитальной летальности и отдаленной сердечно-сосудистой смертности, особенно при наличии осложнений и коморбидности [1]. Согласно четвертому универсальному определению инфаркта миокарда, выделяют ОИМ на фоне обструктивного и необструктивного (менее 50%) поражения коронарных артерий (КА). В последнем случае рекомендуется использовать термин MINOCA (myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries) [2]. MINOCA является рабочим диагнозом, требующим проведения дополнительного обследования с целью определения этиологического фактора. К причинам ОИМ без обструктивного поражения КА можно отнести разрыв нестабильной бляшки с последующим тромбозом дистального венечного русла, спазм или эмболию КА, микроваскулярную дисфункцию, воспалительные процессы в миокарде и др. [3]. Выбор лечебной тактики пациентов с MINOCA зависит от этиологического фактора, характера и протяженности поражения миокарда.

В обновленных рекомендациях Европейского общества кардиологов (ESC) по ведению пациентов с ОИМ без подъема сегмента ST магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца предлагается во всех случаях с MINOCA с неочевидной причиной (класс 1B) [4]. В рекомендациях Американской ассоциации кардиологов также обозначено, что МРТ является единственным неинвазивным методом визуализации, который целесообразно использовать для дальнейшего обследования после инвазивной коронарной ангиографии (ИКАГ) у этой категории пациентов [5].

В единичных публикациях упоминается преимущественно неишемический паттерн повреждения миокарда у пациентов с MINOCA [6]. В основном пуле работ в данном направлении характеристика магнитно-резонансного (МР) изменения ткани миокарда имеет лишь описательный характер и исходит, в первую очередь, от этиологического фактора, приведшего к ОИМ. Однако работ, посвященных анализу различных типов повреждения ишемического и неишемического паттернов у пациентов с ОИМ в зависимости от характера атеросклеротического поражения коронарного русла, не представлено.

Цель работы: оценка частоты ишемического паттерна повреждения сердца у пациентов с ОИМ в зависимости от наличия обструктивного поражения КА.

Материал и методы

В исследование ретроспективно были включены пациенты с рабочим диагнозом ОКС при поступлении по скорой медицинской помощи, которым было проведено МР-исследование сердца с контрастированием в течение первой недели после госпитализации. Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании, наличие у пациента кардиостимулятора, клаустрофобия, ферромагнитные и/или электронные имплантаты среднего уха, большие металлические имплантаты, кровоостанавливающие клипсы сосудов головного мозга, хроническая болезнь почек 4–5-й стадий (скорость клубочковой фильтрации – СКФ < 30 мл/мин), нестабильная гемодинамика (отек легких, кардиогенный шок), аллергические реакции в анамнезе на введение парамагнитного контраста,

острые психические расстройства (соматогенный делирий). Данное исследование соответствует положениям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Информированное письменное согласие было получено от всех пациентов. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом.

Протокол МРТ сердца. На 2–7-е сут после госпитализации всем пациентам было проведено МР-исследование сердца с контрастированием. Сканирование выполняли на томографе Vantage Titan (Toshiba Medical Systems Corporation, Япония) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл с использованием 8-канальной приемной катушки.

Протокол включал стандартные импульсные последовательности (ИП): ИП TSE, взвешенные по T1 и T2 по короткой оси в двухкамерной проекции; кино-изображения (ИП GRE-SSFP) – по короткой и длинной осям в двух/четырёхкамерной проекциях; ИП TSE T1-взвешенных изображений (ВИ) в раннюю фазу контрастирования и отсроченное контрастирование (ОК); ИП GRE режим «Inversion recovery» с подбором времени инверсии через 8–15 мин после внутривенного введения контрастного препарата по короткой оси в двухкамерной проекции, по длинной оси в 2–4-камерной проекциях. В качестве контраста был использован парамагнитный контрастный препарат гадобутрол (Гадовист Bayer, AG) из расчета 0,15–0,2 мл на 1 кг массы тела пациента. На основе базового кардиологического пакета Cardiac (Toshiba Medical Systems Corporation, Япония) получены изображения миокарда с ЭКГ-синхронизацией, синхронизацией с дыханием.

Анализ МР-изображений. Данные МР-исследований были проанализированы независимо от результатов инвазивной коронарной ангиографии. Кино-изображения оценивались на предмет локальных аномалий движения стенок левого желудочка (ЛЖ). На T2-ВИ, T1-ВИ и в IR-режиме на изображениях визуально оценивали наличие отека и рубца/некроза соответственно. Каждую последовательность оценивали в соответствии с 17-сегментарной моделью Американской ассоциации кардиологов [7].

Паттерн острого ишемического повреждения миокарда ЛЖ представлял собой усиление интенсивности сигнала на T2-ВИ как признак отека миокарда и отсроченное контрастирование (ОК) с типичным ишемическим характером контрастирования (субэндокардиального / субтрансмурального / трансмурального) в сегментах, соответствующих бассейнам кровоснабжения КА. Некоронарогенный характер повреждения миокарда определялся как интрамиокардиальное/субэпикардиальное ОК.

Исследование выполнено с использованием научно-исследовательского оборудования «Медицинская геномика» Томского НИМЦ РАН на базе Центра коллективного пользования.

Статистический анализ. Количественные показатели, имевшие нормальное распределение, представлены средними значениями и стандартными отклонениями ($M \pm SD$) или медианами и межквартильными интервалами ($Me (Q_1; Q_3)$) – в случае отсутствия нормального распределения. Нормальность распределения показателей проверялась по критерию Шапиро – Уилка. Категориальные показатели представлены абсолютными (n) и относительными (%) частотами встречаемости. Сравнение категориальных показателей в группах выполнялось с помощью точного критерия Фишера. Для выявления статистически значимых различий количественных показателей в группах применялся критерий Манна – Уитни.

В качестве критического уровня значимости был выбран $p = 0,05$. Статистический анализ данных проводился в пакете STATISTICA 10.

Результаты

В период с 2017 по 2021 гг. в отделение неотложной кардиологии по скорой помощи поступили 6 713 пациентов с рабочим диагнозом ОКС, из их числа 5 371 был поставлен диагноз ОИМ. При поступлении всем пациентам была выполнена диагностическая иКАГ (аппарат Axiom Artis, Siemens, Erlangen, Германия), а также проводились все необходимые лабораторно-диагностические исследования с оценкой динамики уровня биохимических маркеров повреждения кардиомиоцитов в крови согласно стандартам оказания скорой медицинской помощи. В соответствии с критериями включения в окончательную выборку были включены 66 пациентов (средний возраст – $62,3 \pm 10,46$ лет, 62,12% мужчин). Раннее МРТ сердца с контрастированием было проведено всем 66 больным,

средний период проведения исследования после госпитализации составил $6,5 \pm 3,4$ дней. Все пациенты перенесли МР-исследование удовлетворительно, побочных эффектов или осложнений не наблюдалось. Прекращение исследования потребовалось у 8 пациентов на этапе позиционирования, поскольку пациенты испытывали затрудненное дыхание, усиление одышки, дополнительная помощь не требовалась. Три пациента были исключены в связи с техническими сложностями при выполнении МР-исследования (рис. 1). На основе данных иКАГ пациенты были разделены на две группы: пациенты с ОИМ с ангиографически значимым ($> 50\%$) стенозом КА (MICAD), пациенты с ОИМ с необструктивным поражением КА (MINOCA). Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1. В подавляющем большинстве (93,75%) группу MICAD формировали пациенты с ОИМ с подъемом сегмента ST. Группа MINOCA включала пациентов более чем в половине случаев (55,9%) с ОИМ без подъема сегмента ST (см. табл. 1).

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование

Table 1. Clinical characteristics of patients included in the study

Признаки Signs		Все пациенты All patients (n = 66)	MICAD (n = 32; 48,5%)	MINOCA (n = 34; 51,5%)	p
Возраст, лет Age, years		62,3 ± 10,5	61,9 ± 10	62,7 ± 11,1	0,65
День выполнения МРТ Time of CMR, days		6,4 ± 3,3	6,0 ± 3,4	6,7 ± 3,2	0,5
Мужчины Males		41 (62,12%)	24 (75%)	17 (50%)	0,06
Данные анамнеза и объективных исследований Data of anamnesis and objective studies					
ОКС с подъемом сегмента ST ACS with ST-segment elevation		43 (65,2%)	30 (93,8%)	13 (38,2%)	< 0,0000
ИМТ BMI		29,1 (25,6; 33,5)	28 (26; 33,3)	27 (25,5; 33,7)	0,68
Риск Grace, % GRACE score, %		2 (2; 4)	2,2 (2; 5)	2 (1; 3)	0,08
Классификация по шкале Killip Killip classification	1	37 (56,1%)	22 (68,8%)	15 (44%)	0,052
	2	4 (6,1%)	2 (6,3%)	2 (5,9%)	0,67
	3	2 (3%)	1 (3%)	1 (3%)	0,7
	4	5 (7,6%)	3 (9,4%)	2 (5,9%)	0,7
Стенокардия в анамнезе Angina pectoris		28 (42,4%)	10 (31,3%)	18 (53%)	0,09
Дислипидемия Dyslipidemia		54 (81,8%)	27 (84,4%)	27 (79,4%)	0,7
СД DM		9 (13,6%)	4 (12,5%)	5 (14,7%)	0,5
ОНМК Stroke		4 (6%)	1 (3%)	3 (8,8%)	0,6
Данные лабораторных исследований Laboratory data					
СКФ по EPI GFR		77,8 (63; 91)	81 (63,4; 89)	77 (63; 95)	0,93
КФК ч/з 24 ч CK 24 h		461 (117; 1046)	912 (571; 2423)	136,5 (64,5; 308,5)	< 0,0001
КФК-МВ ч/з 24 ч CK-MB 24 h		33 (14,8; 113)	104 (42; 256)	18,4 (12,4; 32,4)	0,0001
Тропонин I ч/з 24 ч Troponin I 24 h		1 (0,3; 10,4)	9,5 (1; 18,6)	0,4 (0,02; 0,9)	< 0,0001
СРБ ч/з 24 ч CRP 24 h		7,2 (4; 30)	13 (4,6; 34,5)	4,6 (2,3; 14)	0,06

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, СД – сахарный диабет, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, СКФ – скорость клубочковой фильтрации, EPI – Epidemiology collaboration, КФК – креатинкиназа, КФК-МВ – креатинкиназа-МВ, СРБ – С-реактивный белок.

Note: ACS – acute coronary syndrome, BMI – body mass index, DM – diabetes mellitus, GFR – glomerular filtration rate, CK – creatine kinase, CK-MB – creatine kinase-MB, CRP – high-sensitivity C-reactive protein.

Результаты инвазивной коронарной ангиографии. Стентирование инфаркт-связанной КА было выполнено 26 пациентам. По данным ИКАГ, у пациентов с ОИМ обструктивное поражение КА встречалось в 48,5% случаев, неструктивное поражение КА – в 27,2%, интактные КА диагностированы у 24,3% пациентов. Анализ данных ангиографического исследования по сосудистым регионам показал, что передняя нисходящая и правая коронарная артерии чаще были подвержены атеросклеротическому обструктивному (>50%) поражению по сравнению с огибающей артерией (рис. 2).

Пациенты с MICAD ($n = 32$) характеризовались однососудистым поражением КА в 56% случаев, двухсосудистым – в 19%, трехсосудистым – в 25% (рис. 3а). В свою очередь, у пациентов группы MINOCA ($n = 34$), согласно данным ИКАГ, интактные КА диагностированы в 41,2%, однососудистое неструктивное поражение КА – в 41,2%, а также двух- и трехсосудистое неструктивное поражение КА – в 14,7 и 2,9% соответственно (рис. 3б). Результаты МРТ сердца с контрастированием. Данные

о частоте встречаемости различных типов ОК в исследуемой группе пациентов представлены в таблице 2. У пациентов MICAD в 84,4% случаев визуализировался ишемический паттерн повреждения миокарда ЛЖ, характеризующийся субэндокардиальным (15%) или трансмуральным (14%) типом ОК с признаками или без (16%) микроваскулярной обструкции (МВО), соответствующий бассейнам кровоснабжения КА.

Пациенты с MINOCA преимущественно характеризовались неишемическим паттерном повреждения миокарда (65%), как правило, соответствующим интрамиокардиальному мелкоочаговому (34,3%) или субэпикардиальному (6,7%) включению контрастного препарата. В трети случаев (26,5%) имели место признаки ишемического повреждения миокарда.

Следует отметить, что среди пациентов групп MICAD и MINOCA смешанный тип повреждения миокарда (ишемический и неишемический МР-паттерны) встречался реже и не имел статистически значимых различий ($p = 0,7$), составляя 12,5 и 8,8% соответственно.

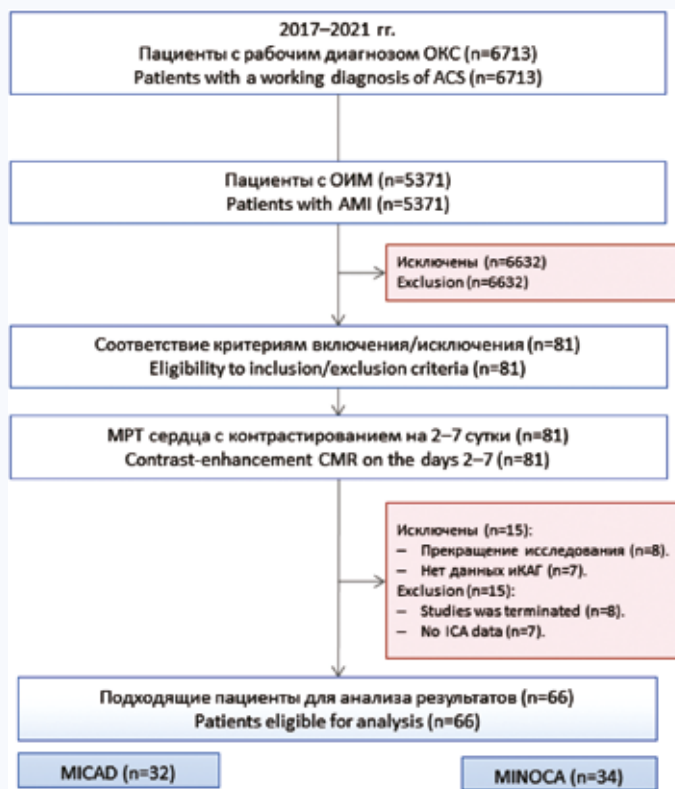


Рис. 1. Схема, отражающая формирование исследуемой выборки

Fig. 1. A flowchart showing the formation of study sample

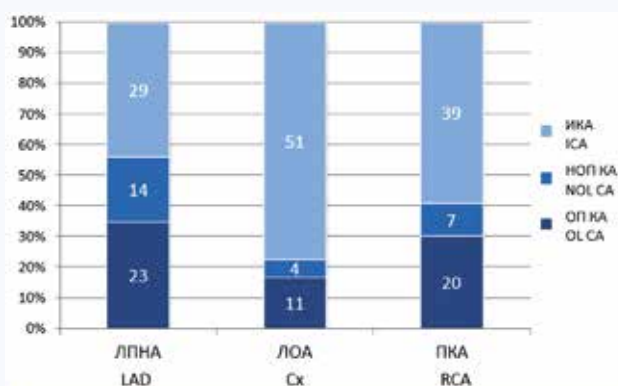


Рис. 2. Данные ИКАГ. Значимость степени стеноза в бассейнах КА

Примечание: ЛПНА – левая передняя нисходящая артерия, ЛОА – левая огибающая артерия, ПККА – правая коронарная артерия, ИКА – интактные коронарные артерии, НОП КА – неструктивное поражение коронарных артерий, ОП КА – обструктивное поражение коронарных артерий.

Fig. 2. Invasive coronary angiography data. Significance of stenosis degree in the coronary artery territories

Note: LAD – left anterior descending artery, Cx – circumflex artery, RCA – right coronary artery, ICA – intact coronary arteries, NOL CA – non-obstructive lesion of the coronary arteries, OL CA – obstructive lesion of the coronary arteries.

Таблица 2. Встречаемость различных типов отсроченного контрастирования в группах MICAD и MINOCA

Table 2. Incidence of different types of late gadolinium enhancement in groups of patients with MICAD and MINOCA

Типы отсроченного контрастного усиления по данным МРТ сердца Types of late gadolinium enhancement on CMR	MICAD (n = 32; 48,5%)	MINOCA (n = 34; 51,5%)			p
		БП КА ICA 16 (47%)	НЗП КА NOL CA 18 (53%)		
Ишемический тип повреждения Ischemic type of damage	27	5	4	9	0,0000
Неишемический тип повреждения Non-ischemic type of damage	1	10	12	22	0,0000
Смешанный тип повреждения Mixed type of damage	4	1	2	3	0,7

Примечание: БП КА – без признаков поражения коронарных артерий, НЗП КА – ангиографически незначимый стеноз коронарных артерий.

Note: ICA – intact coronary arteries, NOL CA – non-obstructive lesion of the coronary arteries.

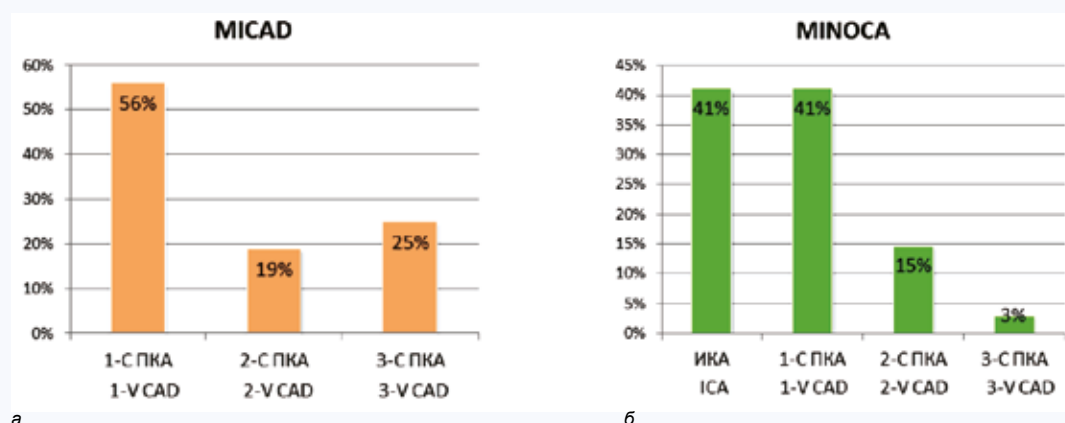


Рис. 3. Характер атеросклеротического поражения КА у пациентов группы MICAD (а) и MINOCA (б)

Примечание: 1-С ПКА – однососудистое поражение коронарных артерий, 2-С ПКА – двухсосудистое поражение коронарных артерий, 3-С ПКА – трехсосудистое поражение коронарных артерий, ИКА – интактные коронарные артерии.

Fig. 3. The patterns of atherosclerotic lesions in the coronary arteries in groups of patients with MICAD (a) and MINOCA (b)

Note: 1-V CAD – single-vessel coronary artery disease, 2-V CAD – two-vessel coronary artery disease, 3-V CAD – three-vessel coronary artery disease, ICA – intact coronary arteries.

Показательные примеры МРТ-картины повреждений сердца в группах MINOCA и MICAD представлены на рисунках 4, 5.

Сравнительный анализ данных иКАГ и МРТ сердца. Для детального анализа частоты встречаемости различных паттернов ОК было проанализировано 198 сосудистых регионов. Показано, что пациенты групп MICAD и

MINOCA имели статистически значимые различия в частоте встречаемости, ишемического и неишемического типа контрастирования ($p = 0,0009$). Между группами MICAD и MINOCA выявлены статистически значимые различия по частоте встречаемости трансмурального/субтрансмурального типа ОК и его сочетании с МВО (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение частоты встречаемости различных типов отсроченного контрастирования миокарда и характера поражения сосудистых регионов по данным иКАГ

Table 3. Comparison of the frequency of occurrence for various types of late gadolinium enhancement and the nature of damage to vascular regions according to invasive coronary angiography data

Типы отсроченного контрастного усиления по данным МРТ сердца Types of late gadolinium enhancement on CMR	p^a	p^b
Субэндокардиальный тип (<50% повреждения стенки) Subendocardial type (transmurality < 50%)	0,69	0,0009
Субтрансмуральный тип (51–75% повреждения стенки) Subtransmural type (transmurality 51–75%)	0,017	
Трансмуральный тип (76–100% повреждения стенки) Transmural type (transmurality 76–100%)	0,013	
Субэндокардиальный тип и микроваскулярная обструкция Subendocardial type + microvascular obstruction	0,114	
Трансмуральный тип и микроваскулярная обструкция Transmural type + microvascular obstruction	0,0003	

Окончание табл. 1
End of table 1

Типы отсроченного контрастного усиления по данным МРТ сердца Types of late gadolinium enhancement on CMR	p^a	p^b
Интрамиокардиальное мелкоочаговое/очаговое отсроченное контрастирование Mid-wall/insertion points	0,0001	
Субэпикардиальный тип Subepicardial type	0,07	

Примечание: α – различия в группе MICAD – MINOCA по характеру отсроченного контрастирования, β – различия в группе MICAD – MINOCA по ишемическому (п. 1–5) и неишемическому (п. 6–7) типу отсроченного контрастирования.

Note: α – the differences between groups of MICAD and MINOCA in terms of late gadolinium enhancement types, β – the differences between groups of MICAD and MINOCA in terms of ischemic (it. 1–5) and non-ischemic (it. 6–7) values of LGE types.

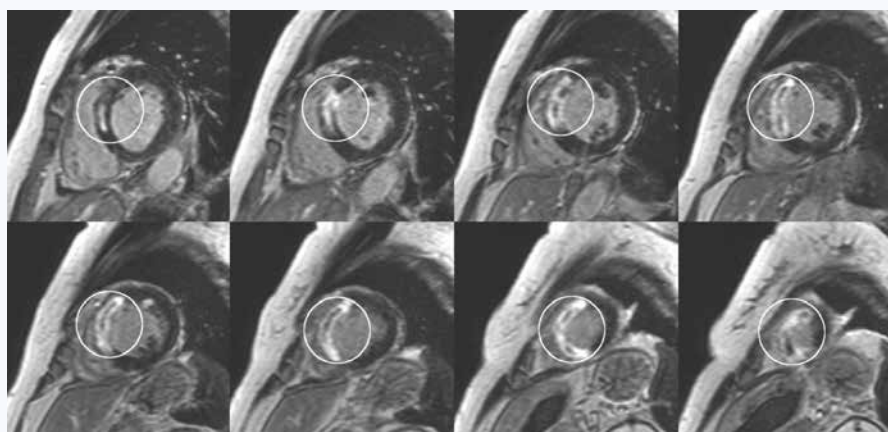


Рис. 4. МРТ сердца с контрастированием по короткой оси левого желудочка у пациента группы MICAD. В области межжелудочковой перегородки и передней стенки визуализируется трансмуральное отсроченное контрастирование с признаками микроваскулярной обструкции (белый контур)
Fig. 4. Contrast-enhanced CMR short-axis images of the left ventricle in a patient of MICAD group. Transmurular late gadolinium enhancement with microvascular obstruction is determined in the area of interventricular septum and anterior wall (white outline)

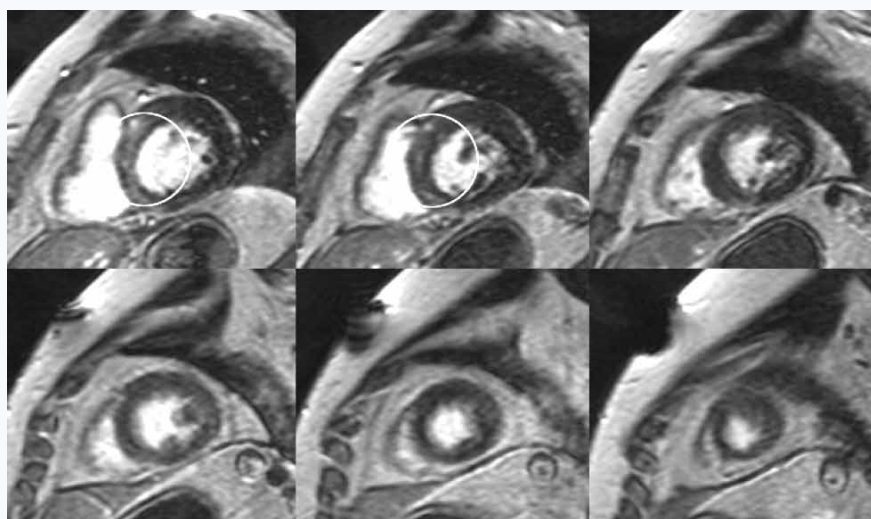


Рис. 5. МРТ сердца с контрастированием по короткой оси левого желудочка у пациента из группы MINOCA. В области межжелудочковой перегородки базального отдела визуализируется интрамиокардиальное очаговое отсроченное контрастирование (белый контур)
Fig. 5. Contrast-enhanced CMR short-axis images of the left ventricle in a patient of MINOCA group. Mid-wall delayed contrast enhancement is determined in the area of the basal segments of the interventricular septum (white outline)

В группе пациентов с MINOCA преимущественно имело место отсутствие МР-паттерна повреждения миокарда или интрамиокардиальное ОК, которое имело статистически значимое отличие. Важно отметить, что другие типы ОК не отличались в обследуемых группах.

Обсуждение

В результате данного исследования было выявлено, что частота встречаемости субэндокардиального паттерна ОК сердца при ранней МРТ не различается в группах

пациентов с ОИМ на фоне обструктивного и необструктивного поражения КА. Для ОИМ с обструктивным поражением КА наиболее характерным МР-паттерном было трансмуральное ОК, в том числе в сочетании с МВО. Для ОИМ с необструктивным поражением КА наиболее характерным МР-паттерном было интрамиокардиальное мелкоочаговое/очаговое ОК. Субэпикардиальное ОК как классический признак некоронарогенного повреждения с равной частотой встречался как у пациентов с обструктивным поражением КА, так и без ангиографически значимого сужения КА.

В настоящее время принято считать, что субэндокардиальный характер ОК является специфическим паттерном повреждения миокарда ишемического генеза [7]. Однако существует ряд работ, в которых продемонстрировано, что этот МР-признак не является патогномичным лишь для ишемического повреждения сердечной мышцы. Так, S. Yang и соавт. [8] показали, что у пациентов с гигантоклеточным миокардитом субэндокардиальный паттерн был наиболее частым и выявлялся в 53% случаев. На основании этого авторы предполагают, что данный фенотип контрастирования является относительно специфическим для гигантоклеточного миокардита. Схожие данные получены у пациентов с клинически диагностированным миокардитом, но с отрицательными результатами эндокардиальной биопсии [9]. Противоположные данные представлены в работе N.S. Yelges и соавт. (2007), в которой у пациентов с клиническим подозрением на острый миокардит никогда не визуализировалось субэндокардиальное ОК [10]. При изучении типов ОК ЛЖ у пациентов с дилатационной кардиомиопатией в работе R. Li и соавт. [11] показано, что интрамиокардиальный тип контрастирования является наиболее частым, однако другие типы ОК, в том числе и субэндокардиальный, также встречаются при данной патологии [12]. Согласно результатам нашего исследования, частота встречаемости субэндокардиального паттерна ОК сердца при ранней МРТ не различается в группах пациентов с ОИМ на фоне обструктивного и необструктивного поражения КА. Для пациентов с коронарогенной этиологией повреждения миокарда характерным было выявление субтрансмурального и трансмурального ОК.

Известно, что характер и степень ОК является существенным независимым предиктором глобальной функции ЛЖ и его неблагоприятного ремоделирования в среднесрочной и долгосрочной перспективе после ОИМ [13]. Согласно данным R.J. Kim и соавт. [14], трансмуральность ОК позволяет прогнозировать восстановление систолической функции в дисфункциональных сегментах. В работе M. Reindl и соавт. [15] показано, что более высокий риск сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с ОИМ объясняется большим размером инфаркта без дополнительного вклада локализации инфаркта как такового. Дополнительным неблагоприятным прогностическим фактором, который увеличивает риск неблагоприятных событий, является феномен МВО [13, 16]. При этом выявление феномена МВО в нашем исследовании было характерным лишь для группы MICAD. В этом аспекте наши данные согласуются с результатами исследования L. Saba и соавт. [6], где феномен МВО не

определялся у пациентов с MINOCA. Таким образом, обструктивное поражение КА преимущественно сопровождается трансмуральным типом повреждения миокарда, тогда как субэндокардиальное повреждение не является специфическим паттерном ОИМ при значимой степени стеноза КА.

Проведение МРТ сердца в ранний период при поступлении пациента с диагнозом ОКС без или с подъемом сегмента ST дает возможность выявления характера и объема повреждений миокарда, тем самым максимизируя диагностическую ценность метода, что особенно актуально при потенциально обратимых состояниях (острый миокардит, кардиомиопатия такоубо) [17]. Важно отметить, что ранняя инвазивная стратегия лечения пациентов с ОКС продемонстрировала рост выявления клинических случаев, при которых отсутствует обструктивное поражение КА. Согласно данным T.F.S. Pustjens и соавт., встречаемость таких случаев среди пациентов с ОКС составляет 14% [18, 19].

Показано, что пациенты с MINOCA представляют собой клиническую дилемму с последующим неопределенным клиническим ведением и тактикой лечения, а в дифференциальной диагностике главную роль может играть МРТ. Так, в работе L. Saba и соавт. была оценена диагностическая роль МРТ сердца у пациентов с ОИМ без обструктивного поражения КА и продемонстрировано, что ОК встречается нечасто и имеет преимущественно очаговый характер [6]. Результаты нашего исследования, во многом согласуются с данными указанной работы, однако L. Saba и соавт. не приводят информации о частоте встречаемости субэндокардиального/субэпикардиального ОК у пациентов с MINOCA. В нашем исследовании было показано, что субэпикардиальное ОК как классический признак некоронарогенного повреждения с равной частотой встречался и у пациентов с обструктивным поражением КА. Данные ряда работ [10, 12], свидетельствуют, что субэпикардиальное ОК ассоциировано преимущественно с миокардитом, однако в нашем исследовании пациенты без обструктивного поражения КА имели схожий паттерн без признаков острого миокардита.

Ограничения

Ограничивающим фактором данного исследования можно назвать небольшую выборку пациентов. Тем не менее, были выявлены статистически значимые различия в частоте встречаемости трансмурального типа ОК в группах с MINOCA и MICAD. Кроме того, на данном этапе исследования прогностическая ценность различных типов контрастирования в исследуемых группах не была проанализирована.

Выводы

Наиболее патогномичным МР-паттерном повреждения миокарда при ОИМ на фоне обструктивного поражения КА является трансмуральный тип ОК с феноменом МВО или без него. Выявление субэндокардиального типа ОК у пациентов с ОИМ без обструктивного поражения КА позволяет стратифицировать данных пациентов в более высокую группу риска с дальнейшим изменением тактики лечения.

Литература / References

1. Барбараш О.Л., Дупляков Д.В., Затеишиков Д.А., Панченко Е.П., Шахнович Р.М., Явелов И.С. и др. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(4):4449. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4449.
2. Barbarash O.L., Duplyakov D.V., Zateishnikov D.A., Panchenko E.P., Shakhnovich R.M., Yavelov I.S. et al. 2020 Clinical practice guidelines for Acute coronary syndrome without ST segment elevation. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4):4449. (In Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4449.
3. Thygesen K., Alpert J.S., Jaffe A.S., Chaitman B.R., Bax J.J., Morrow D.A. et al. White H.D. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;72(18):2231–2264. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.1038.
4. Ibanez B., James S., Agewall S., Antunes M.J., Bucciarelli-Ducci C., Bueno H. et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2018;39(2):119–177. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx393.
5. Collet J.P., Thiele H., Barbato E., Barthélémy O., Bauersachs J., Bhatt D.L. et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur. Heart J.* 2021;42(14):1289–1367. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa575.
6. Tamis-Holland J.E., Jneid H., Reynolds H.R., Agewall S., Brilakis E.S., Brown T.M. et al. Contemporary diagnosis and management of patients with myocardial infarction in the absence of obstructive coronary artery disease: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139(18):e891–e908. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000670.
7. Saba L., Fellini F., De Filippo M. Diagnostic value of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in patients with acute coronary syndrome with normal coronary arteries. *Jpn. J. Radiol.* 2015;33(7):410–417. DOI: 10.1007/s11604-015-0440-3.
8. Schulz-Menger J., Bluemke D.A., Bremerich J., Flamm S.D., Fogel M.A., Friedrich M.G. et al. Standardized image interpretation and post processing in cardiovascular magnetic resonance: Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) board of trustees task force on standardized post processing. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2013;15(1):35. DOI: 10.1186/1532-429X-15-35.
9. Yang S., Chen X., Li J., Sun Y., Song J., Wang H. et al. Late gadolinium enhancement characteristics in giant cell myocarditis. *ESC Heart Fail.* 2021;8(3):2320–2327. DOI: 10.1002/ehf2.13276.
10. Yang S.J., Li J.H., Li L., Chen X.Y., Yin G., Zhou Y.P. et al. Role of cardiac magnetic resonance imaging in myocarditis patients with biopsy negative: a retrospective case series study. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2021;49(1):23–30. (In Chin.). DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20200908-00718.
11. Yelgec N.S., Dymarkowski S., Ganame J., Bogaert J. Value of MRI in patients with a clinical suspicion of acute myocarditis. *Eur. Radiol.* 2007;17(9):2211–2217. DOI: 10.1007/s00330-007-0612-3.
12. Li R., Cui C., Lan T., Chen X.Y., Yin G., Lu M.J. et al. Late gadolinium enhancement distribution pattern of left ventricular wall in patients with dilated cardiomyopathy: A preliminary study. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2020;48(11):922–929. (In Chin.). DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20200813-00638.
13. Budge L.P., Salerno M. The role of cardiac magnetic resonance in the evaluation of patients presenting with suspected or confirmed acute coronary syndrome. *Cardiol. Res. Pract.* 2011;2011:605785. DOI: 10.4061/2011/605785.
14. Khan J.N., McCann G.P. Cardiovascular magnetic resonance imaging assessment of outcomes in acute myocardial infarction. *World J. Cardiol.* 2017;9(2):109–133. DOI: 10.4330/wjc.v9.i2.109.
15. Kim R.J., Wu E., Rafael A., Chen E.L., Parker M.A., Simonetti O. et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 2000;343(20):1445–1453. DOI: 10.1056/NEJM200011163432003.
16. Reindl M., Holzkecht M., Tiller C., Lechner I., Schiestl M., Simma F. et al. Impact of infarct location and size on clinical outcome after ST-elevation myocardial infarction treated by primary percutaneous coronary intervention. *Int. J. Cardiol.* 2020;301:14–20. DOI: 10.1016/j.ijcard.2019.11.123.
17. Алексеева Я.В., Вышлов Е.В., Рябов В.В., Мочула О.В., Усов В.Ю., Марков В.А. и др. Феномены микрососудистого повреждения миокарда при первичном инфаркте миокарда с подъемом сегмента ST. *Кардиологический вестник*. 2019;2(14):54–60. DOI: 10.17116/Cardiobulletin20191402154.
18. Alekseeva Ya.V., Vyshlov E.V., Ryabov V.V., Mochula O.V., Usov V.Yu., Markov V.A. et al. Phenomenons of microvascular injury in primary myocardial infarction with ST-segment elevation. *Russian Cardiology Bulletin*. 2019;2(14):54–60 (In Russ.). DOI: 10.17116/Cardiobulletin20191402154.
19. Dastidar A.G., Rodrigues J.C.L., Johnson T.W., De Garate E., Singhal P., Baritussio A. et al. Myocardial infarction with nonobstructed coronary arteries: Impact of CMR early after presentation. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2017;10(10-A):1204–1206. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.11.010.
20. Pustjens T.F.S., Appelman Y., Damman P., Ten Berg J.M., Jukeema J.W., de Winter R.J. et al. Guidelines for the management of myocardial infarction/injury with non-obstructive coronary arteries (MINOCA): A position paper from the Dutch ACS working group. *Neth. Heart J.* 2020;28(3):116–130. DOI: 10.1007/s12471-019-01344-6.
21. Pasupathy S., Air T., Dreyer R.P., Tavella R., Beltrame J.F. Systematic review of patients presenting with suspected myocardial infarction and nonobstructive coronary arteries. *Circulation*. 2015;131(10):861–870. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.011201.

Информация о вкладе авторов

Мочула О.В. – концепция и разработка дизайна исследования, сбор, статистическая обработка, интерпретация полученных данных, подготовка исходного варианта рукописи, проведение МРТ-исследований сердца.

Воробьева Д.А. – планирование методов получения результатов, сбор данных, клиническая характеристика пациентов.

Усов В.Ю. – проведение МРТ-исследований сердца, редактирование текста рукописи.

Завадовский К.В. – концепция и гипотеза исследования, редактирование окончательной версии рукописи.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ругаясь за их точность и безупречность.

Сведения об авторах

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.

Information on author contributions

Mochula O.V. – concept and design of the study, collecting clinical data, carrying out CMR studies, statistical processing of data, interpretation of obtained data, and preparation of the initial version of the manuscript.

Vorobeva D.A. – methodological support, collecting clinical data, and clinical characteristics of patients.

Usov W.Yu. – carrying out CMR studies and editing the manuscript.

Zavadovsky K.V. – concept and hypothesis of the study and editing the final version of the manuscript.

All authors have given their final consent to the submission of manuscript and agreed to be responsible for all aspects of work vouching for their accuracy and flawlessness.

Information about the authors

Olga V. Mochula, 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.

Воробьева Дарья Алексеевна, младший научный сотрудник, отделение неотложной кардиологии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-6425-8949.

E-mail: darya.lipnyagova@yandex.ru.

Усов Владимир Юрьевич, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-7978-5514.

E-mail: ussov1962@yandex.ru.

Завадовский Константин Валерьевич, д-р мед. наук, заведующий отделом лучевой диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-1513-8614.

E-mail: Konstz@cardio-tomsk.ru.

 **Мочула Ольга Витальевна**, e-mail: mochula.olga@gmail.com.

Darya A. Vorobeva, Junior Research Scientist, Department of Emergency Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-6425-8949.

E-mail: darya.lipnyagova@yandex.ru.

Wladimir Yu. Ussov, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-7978-5514.

E-mail: ussov1962@yandex.ru.

Konstantin V. Zavadovsky, Dr. Sci. (Med.), Head of Division of Radiology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-1513-8614.

E-mail: Konstz@cardio-tomsk.ru.

 **Olga V. Mochula**, e-mail: mochula.olga@gmail.com.

Received February 24, 2022

Поступила 24.02.2022