

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повреждение миокарда по данным магнитно-резонансной томографии сердца с отсроченным контрастированием и факторы, связанные с величиной рубцовой зоны, у пациентов с острым инфарктом миокарда

Олейников В. Э.^{1*}, Салямова Л. И.¹, Алимов Н. В.¹, Донецкая Н. А.^{1,2}, Щербинина А. В.¹, Томашевская Ю. А.¹

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

²ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко», Пенза, Россия

Цель. Изучить некоторые морфофункциональные показатели сердца и выявить маркеры, характеризующие разную величину рубцовой зоны у пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ) и реваскуляризацией.

Материал и методы. В одноцентровое одномоментное наблюдательное исследование включено 202 пациента (91% мужчин) с ОИМ с подъемом (86%) и без подъема сегмента ST (14%) в возрасте 57 [50; 61] лет. Первичное чрескожное коронарное вмешательство проведено 136 больным (67%), фармакоинвазивная реваскуляризация — 66 (33%) пациентам. На 7–10 сутки проводили обследование, включавшее эхокардиографию (ЭхоКГ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца с отсроченным контрастированием. По результатам МРТ больных разделили на группы: 1-я — 43 пациента с отношением массы рубца к массе миокарда левого желудочка (МР/ММЛЖ) <5% или его отсутствием; 2-я — 83 больных с величиной показателя 5–20%; 3-я — 76 человек с МР/ММЛЖ >20%. Для выявления переменных, связанных с различной величиной рубца, использовали однофакторный логистический регрессионный анализ.

Результаты. Пациенты 3-й группы чаще страдали сахарным диабетом 2 типа по сравнению со 2-й группой. ОИМ без подъема сегмента ST преобладал в 1-й группе относительно 2-й и 3-й ($p_{1-2,3} < 0,05$); патологический зубец Q диагностировали в 3 группе в 12,4 и 1,6 раза чаще, чем в 1-й и 2-й группах соответственно ($p_{1-2,3,2-3} < 0,001$). Также отмечено, что 1 группа быстрее получала тромболитическую терапию по сравнению с больными 3-й группы ($p = 0,032$). По данным ЭхоКГ выявлено преобладание повышения индексированных объемных показателей левого желудочка (ЛЖ), индекса массы миокарда ЛЖ у пациентов 3-й группы по сравнению с 1-й и 2-й группами, при этом фракция выброса (ФВ) в 3-й группе была минимальной ($p_{1,2-3} < 0,05$). МРТ выявила дополнительные различия по индексу конечного систолического объема и ФВ ЛЖ между 1-й и 2-й группами. По результатам МРТ сердца в 1-й группе отношение массы перинфарктной гетерогенной зоны к массе рубца составило 123,3 (81,3; 182,1) %, во 2-й группе — 77,2 (57,8; 112,8) %, в 3-й — 42,9 (29,4; 56,4) % ($p_{1-2,3,2-3} < 0,05$). В 1-й группе реперфузионное повреждение выявлено только у одного пациента (2,3%), во 2-й группе — в 34,9%, в 3-й — в 78,9% случаев ($p_{1-2,3,2-3} < 0,05$). По результатам регрессионного анализа общими значимыми показателями для отсутствия рубцовой зоны или МР/ММЛЖ <5% и МР/ММЛЖ >20% были высокочувствительный тропонин I, N-концевой промозговой натрийуретический пропептид; по данным ЭхоКГ — индекс конечного систолического объема, ФВ, индекс массы миокарда ЛЖ; по данным МРТ — индексированные объемные показатели, ФВ, индексы локальной сократимости и глобального контрастирования.

Заключение. У пациентов с ОИМ без признаков рубца или с минимальными его размерами (МР/ММЛЖ <5%), по данным МРТ сердца с отсроченным контрастированием, выявлено отсутствие негативного вклада такой массы рубцовой зоны в морфофункциональные характеристики сердца. Наличие сахарного диабета 2 типа и зубца Q на ЭКГ, повышение уровней в крови высокочувствительного тропонина I и N-концевого мозгового натрийуретического пропептида, а также снижение ФВ ЛЖ и повышение объемных показателей ЛЖ, по данным ЭхоКГ и МРТ, ассоциировались с большей величиной рубца (МР/ММЛЖ >20%).

Ключевые слова: инфаркт миокарда, магнитно-резонансная томография, эхокардиография, рубцовая зона, фракция выброса левого желудочка, индексированные объемные показатели левого желудочка.



Для цитирования: Олейников В. Э., Салямова Л. И., Алимов Н. В., Донецкая Н. А., Щербинина А. В., Томашевская Ю. А. Повреждение миокарда по данным магнитно-резонансной томографии сердца с отсроченным контрастированием и факторы, связанные с величиной рубцовой зоны, у пациентов с острым инфарктом миокарда. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии*. 2026;22(3):265-272. DOI: 10.20996/1819-6446-2026-3374. EDN: VVWMEOV

Myocardial injury on cardiac magnetic resonance imaging with late gadolinium enhancement and factors associated with myocardial scar size in patients with acute myocardial infarction

Oleynikov V. E.^{1*}, Salyamova L. I.¹, Alimov N. V.¹, Donetskaya N. A.^{1,2}, Shcherbinina A. V.¹, Tomashevskaya Yu. A.¹

¹Penza State University, Penza, Russia

²N. N. Burdenko Penza Regional Clinical Hospital, Penza, Russia

Aim. To study quantitative and morphological parameters of myocardial injury using cardiac magnetic resonance imaging (MRI) with late gadolinium enhancement in patients with acute myocardial infarction and to identify factors associated with scar zone size.

Material and methods. The single-centre observational study included 202 patients (91% men) with ST-segment elevation (86%) and non-ST-segment elevation (14%) MI, aged 57 (50; 61) years. Primary percutaneous coronary intervention was performed in 136 patients (67%), and pharmacoinvasive revascularisation was performed in 66 patients (33%). On days 7–10, examination was performed, including echocardiography (Echo) and magnetic resonance imaging (MRI) of the heart

with contrast. Based on cardiac MRI results patients were divided into three groups: Group 1 — 43 patients with LV scar burden of <5% or its absence; Group 2 — 83 patients with LV scar burden of 5-20%; Group 3 — 76 patients with LV scar burden of >20%. One-factor logistic regression analysis was used to identify variables that help diagnose different scar sizes.

Results. Patients in Group 3 were more likely to have type 2 diabetes mellitus compared to Group 2. Non-ST-segment elevation MI was more common in Group 1 compared to Groups 2 and 3 ($p_{1-2,3} < 0.05$); pathological Q waves were diagnosed in Group 3 12.4 and 1.6 times more often than in Groups 1 and 2, respectively ($p_{1-2,3;2-3} < 0.001$). It was also noted that Group 1 received thrombolytic therapy more quickly than Group 3 ($p=0.032$). Echo data revealed a predominance of indexed left ventricular (LV) volume parameters and the LV myocardial mass index in Group 3 compared to Groups 1 and 2, while the ejection fraction (EF) was minimal in Group 3 ($p_{1-2,3} < 0.05$). MRI results revealed additional differences in the end-systolic volume index and LVEF between Groups 1 and 2. According to cardiac MRI results, the ratio of peri-infarction heterogeneous zone mass to the scar mass in Group 1 was 123.3 (81.3; 182.1) %, in Group 2 — 77.2 (57.8; 112.8) %, in Group 3 — 42.9 (29.4; 56.4) % ($p_{1-2,3;2-3} < 0.05$). In Group 1, reperfusion injury was detected in only one patient (2.3%), in Group 2 — in 34.9% of cases, and in Group 3 — in 78.9% ($p_{1-2,3;2-3} < 0.05$). According to the regression analysis results, the following general significant indicators were found for the absence of a scar zone or SM/LVMM <5% and SM/LVMM >20%: high-sensitivity troponin I, N-terminal pro-brain natriuretic peptide; according to EchoCG data — end-systolic volume index, EF, LV myocardial mass index; according to MRI data — indexed volume indicators, EF, indexes of local contractility and global contrast.

Conclusion. A small scar burden had no adverse effect on cardiac morphological or functional parameters in patients with acute myocardial infarction who had no detectable scar or only a minimal scar burden (scar mass/left ventricular myocardial mass <5%) on late gadolinium enhancement cardiac MRI. Type 2 diabetes mellitus and pathological Q waves on electrocardiography, elevated blood levels of high-sensitivity cardiac troponin I and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, as well as reduced left ventricular ejection fraction and increased left ventricular volumes assessed by echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging, were associated with a greater scar burden (scar mass/left ventricular myocardial mass >20%).

Keywords: myocardial infarction, magnetic resonance imaging, echocardiography, scar zone, left ventricular ejection fraction, indexed left ventricular volume indices.

For citation: Oleynikov V. E., Salyamova L. I., Alimov N. V., Donetskaia N. A., Shcherbinina A. V., Tomashevskaya Yu. A. Myocardial injury on cardiac magnetic resonance imaging with late gadolinium enhancement and factors associated with myocardial scar size in patients with acute myocardial infarction. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2026;22(3):265-272. DOI: 10.20996/1819-6446-2026-3374. EDN: WWMEOV

*Corresponding Author (Автор, ответственный за переписку): v.oleynikov@gmail.com

Received/Поступила: 12.05.2026

Review received/Рецензия получена: 05.06.2026

Accepted/Принята в печать: 15.06.2026

Введение

Острая окклюзия коронарной артерии приводит к прогрессирующей трансмуральной ишемии с последующим некрозом миокарда. Своевременная реперфузия и развитый коллатеральный кровоток способствуют уменьшению участка повреждения и спасению кардиомиоцитов [1]. После перенесенного острого инфаркта миокарда (ОИМ) в зоне некроза формируется рубец — участок соединительной ткани, замещающий погибший миокард. Величина рубца относительно общей массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ) оказывает прямое влияние на течение как острого, так и постинфарктного периодов [2]. В клинической практике, однако, встречаются случаи, когда рубцовые изменения минимальны или не выявляются. Этот феномен представляет значительный научный и практический интерес, поскольку отсутствие рубца свидетельствует о более благоприятном течении заболевания и лучшем долгосрочном прогнозе [3].

Развитие современных технологий визуализации сердца способствует изучению и более глубокому пониманию процессов, происходящих в поврежденном миокарде. В частности, магнитно-резонансная томография (МРТ) с отсроченным контрастированием позволяет детально охарактеризовать зону инфаркта, качественно и количественно оценить ее структуру, что несомненно важно для точной диагностики и персонализированного лечения [4]. В свою очередь, эхокардиография (ЭхоКГ) является методом визуализации сердца базового этапа диагно-

стики и рекомендована всем пациентам с ОИМ. Снижение глобальной контрактильности, наличие зон гипо- и акинеза выступают определяющими предикторами развития неблагоприятных кардиальных осложнений [5, 6].

Изучение механизмов, ограничивающих величину рубцовой зоны, открывает перспективы для разработки новых терапевтических стратегий, направленных на предотвращение неблагоприятных событий, связанных с ОИМ.

Цель исследования — изучить некоторые морфофункциональные показатели сердца и выявить маркеры, характеризующие разную величину рубцовой зоны у пациентов с ОИМ и реваскуляризацией.

Материал и методы

В одноцентровое одномоментное наблюдательное исследование включено 202 пациента с ОИМ (183 (91%) мужчины и 19 (9%) женщин) в возрасте 57 (50; 61) лет, госпитализированных в отделение кардиологии с палатой реанимации и интенсивной терапии. Протокол и образцы исходной документации были одобрены локальным этическим комитетом (протокол № 5 от 29.01.2021 г.) Все больные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения: возраст 30-70 лет; ОИМ с подъемом или без подъема сегмента ST, подтвержденный диагностически значимым повышением высокочувствительного тропонина (вЧТр) I в крови, ха-

рактерными изменениями на 12-канальной электрокардиограмме (ЭКГ), наличием симптом-связанной артерии по данным коронароангиографии.

Критерии не включения: повторный инфаркт миокарда; стеноз ствола левой коронарной артерии более 30%; острая сердечная недостаточность III-IV класса по Killip при госпитализации или хроническая сердечная недостаточность III-IV функционального класса в анамнезе; гипертрофия межжелудочковой перегородки и/или задней стенки левого желудочка (ЛЖ) > 14 мм по ЭхоКГ; синусовый ритм; сахарный диабет 1-го или 2-го типа, требующий инсулинотерапии; хроническая болезнь почек 4-5 стадии; другие тяжелые сопутствующие заболевания.

Медикаментозное лечение ОИМ осуществляли в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями [5, 6]. На 7-10 сутки от индексного события пациентам проводили лабораторное и инструментальное обследование.

ЭхоКГ выполняли на ультразвуковом сканере Vivid E95 (GE Healthcare, США) с измерением индексов конечного диастолического (иКДО) и систолического объемов (иКСО), фракции выброса (ФВ) ЛЖ (по Simpson), индекса ММЛЖ и относительной толщины стенок (ОТС).

MPT сердца проводили на томографе GE SIGNA Voyager 1,5 Тл (GE Healthcare, США) с контрастированием гадолиний-содержащим препаратом (гадотеровая кислота, GE Healthcare, Норвегия). С помощью программы CVI42 (Circle Cardiovascular Imaging Inc., Канада) определяли иКДО и иКСО, ФВ ЛЖ, ММЛЖ, индекс локальной сократимости (ИЛС) ЛЖ; анализ паттерна ишемического повреждения включал измерение зоны некроза/рубца (ядро инфаркта; далее по тексту используется термин «масса рубца» (МР) [2, 7]) и массы перинфарктной гетерогенной зоны (МПГЗ), их отношения к ММЛЖ (МР/ММЛЖ, МПГЗ/ММЛЖ); рассчитывали отношение МПГЗ к МР (МПГЗ/МР). Глубину и протяженность поражения оценивали по индексу глобального контрастирования (ИГК). Паттерн реперфузионного повреждения включал выявление микрососудистой обструкции (МСО) и интрамиокардиального кровоизлияния (ИМК), их массы (ММСО, МИМК), в том числе их отношение к ММЛЖ (ММСО/ММЛЖ, МИМК/ММЛЖ).

В крови определяли N-концевой промозговой натрийуретический пропептид (NT-proBNP) на аппарате InfiniteF50 (Tecan Austria GmbH, Австрия). Уровень вчТр I оценивали на анализаторе Architect i2000 (Abbott, США).

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica 13.0 и IBM SPSS Statistics v.26. При параметрическом распределении данные представляли в виде $M \pm SD$, при непараметрическом — $Me [Q25\%; Q75\%]$. Дисперсионный анализ (ANOVA) применяли для выявления различий между тремя группами. Парный межгрупповой анализ нормально распределенных показателей прово-

дили с помощью критерия Стьюдента, для данных с неправильным распределением использовали критерий Манна-Уитни. Качественные показатели анализировали с помощью критерия χ^2 . Для выявления переменных, помогающих диагностировать различную величину рубцовой зоны, использовали однофакторный логистический регрессионный анализ. Рассчитывали отношение шансов (odds ratio (OR)) и 95% доверительный интервал. При $p < 0,05$ различия считали значимыми.

Результаты

По результатам MPT сердца у 15 человек отсутствовал постинфарктный рубец; у 28 пациентов МР/ММЛЖ составила <5%. У пациентов без постинфарктного рубца или с МР/ММЛЖ <5% не выявлено различий по объемным показателям и ФВ ЛЖ, что позволило объединить их в 1-ю группу. У 83 больных величина показателя оказалась равна 5-20%, они составили 2-ю группу; 76 человек имели МР относительно ММЛЖ >20% (3-я группа).

Сравнительный анализ больных представлен в табл. 1. Пациенты 3-й группы чаще страдали сахарным диабетом 2 типа по сравнению с больными 2-й группы. ИМ без подъема сегмента ST преобладал в 1-й группе относительно 2-й и 3-й, в свою очередь, патологический зубец Q на ЭКГ диагностировали у пациентов 3-й группы в 12,4 и 1,6 раза чаще, чем в 1-й и 2-й группах соответственно. Передняя локализация ИМ с инфаркт-связанной передней нисходящей артерией (ПНА) наблюдалась преимущественно в 3-й группе, в то время как у больных 1-й и 2-й групп чаще была поражена правая коронарная артерия. Также отмечено, что 1-я группа быстрее от начала боли за грудиной получала тромболитическую терапию по сравнению с 3-й.

При анализе лабораторных биомаркеров у больных с отсутствием рубца или МР/ММЛЖ <5% наблюдались более низкие значения вчТр I и NT-proBNP, у пациентов с МР/ММЛЖ 5-20% выявлен промежуточный уровень, а у лиц с МР/ММЛЖ >20% их концентрация в крови была наибольшей (см. табл. 1).

Сравниваемые группы различались по большинству некоторых стандартных морфофункциональных показателей ЛЖ по данным визуализирующих методик исследования (табл. 2). Так, иКДО, иКСО у пациентов с МР/ММЛЖ >20% по результатам ЭхоКГ были существенно выше, чем в остальных группах. ФВ ЛЖ в 3-й группе была статистически значимо ниже, чем в других группах. Индекс ММЛЖ был меньше в группах с МР/ММЛЖ $\leq 20\%$, тогда как ОТС ЛЖ была больше во 2-й группе, чем в 3-й.

При анализе объемных и функциональных характеристик ЛЖ по данным MPT сердца обнаружена схожая закономерность. Так, иКДО в 3-й группе превышал значения в остальных группах, а иКСО был

Таблица 1. Сравнительная характеристика групп

Показатель	1-я группа (n=43)	2-я группа (n=83)	3-я группа (n=76)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
Возраст, лет, Ме [25%; 75%]	54 (47; 59)	56 (51; 61)	58 (51; 62,5)	0,305	0,144	0,493
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	3 (7,0)	3 (3,6)	11 (14,5)	0,395	0,223	0,015
ИМ с подъемом сегмента ST, n (%) / ИМ без подъема сегмента ST, n (%)	31 (72,1) / 12 (27,9)	73 (88) / 10 (12)	70 (92,1) / 6 (7,9)	0,026	0,003	0,390
ИМ с зубцом Q, n (%) / ИМ без зубца Q, n (%)	5 (11,6) / 38 (88,4)	38 (45,8) / 45 (54,2)	62 (81,6) / 14 (18,4)	<0,001	<0,001	<0,001
Передний ИМ, n (%) / задний ИМ, n (%)	17 (39,5) / 26 (60,5)	41 (49,4) / 42 (50,6)	52 (68,4) / 24 (31,6)	0,290	0,002	0,015
Поражение ПНА, n (%) / правой коронарной артерии, n (%) / другой артерии, n (%)	15 (34,9) / 17 (39,5) / 11 (25,6)	34 (41) / 34 (41) / 15 (18)	45 (59,2) / 16 (21) / 15 (19,8)	0,506 / 0,871 / 0,317	0,011 / 0,03 / 0,462	0,022 / 0,007 / 0,772
Фармакоинвазивная реваскуляризация, n (%) / первичное чрескожное коронарное вмешательство, n (%)	12 (27,9) / 31 (72,1)	27 (32,5) / 56 (67,5)	27 (35,5) / 49 (64,5)	0,596	0,396	0,690
Время «боль-тромболизис», мин, Ме [25%; 75%]	77 (44; 105)	90 (53; 173)	120 (85; 270)	0,287	0,032	0,210
Время «боль-стент», мин, Ме [25%; 75%]	235 (150; 780)	275 (170; 450)	330 (200; 627,5)	0,896	0,200	0,080
вчТр I, нг/мл, Ме [25%; 75%]	5 (1,4; 13,1)	19,3 (4,3; 37,9)	50 (29,1; 109,2)	<0,001	<0,001	<0,001
NT-proBNP, нг/мл, Ме [25%; 75%]	51,2 (13,5; 215,7)	243,8 (106,8; 559,4)	599,3 (244,6; 1096,3)	<0,001	<0,001	<0,001

вчТр — высокочувствительный тропонин, ИМ — инфаркт миокарда, ПНА — передняя нисходящая артерия, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пропептид, p — статистическая значимость, Ме [25%; 75%] — медиана и интерквартильный интервал

Таблица 2. Морфофункциональные показатели левого желудочка в группах

Показатель	1-я группа (n=43)	2-я группа (n=83)	3-я группа (n=76)	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
Эхокардиография						
иКДО, мл/м ² , М±SD	56,5±16,0	56,5±16,1	64,0±17,7	0,964	0,019	0,005
иКСО, мл/м ² , Ме [25%; 75%]	23,9 (17,3; 31,1)	25,8 (18,9; 33,8)	32,8 (24,8; 39,9)	0,272	<0,001	<0,001
ФВ, %, М±SD	56,8±8,2	54,1±8,2	48,7±9,5	0,1	<0,001	<0,001
ФВ <50%, n (%)	8 (18,6)	24 (28,9)	41 (53,9)	0,208	<0,001	0,001
Индекс ММЛЖ, г/м ² , Ме [25%; 75%]	93,0 (81,0; 111,6)	100,8 (85,9; 118,0)	109,0 (90,9; 135,7)	0,132	<0,001	0,034
ОТС, Ме [25%; 75%]	0,40 (0,40; 0,50)	0,44 (0,39; 0,49)	0,39 (0,35; 0,47)	0,845	0,08	0,021
Магнитно-резонансная томография						
иКДО, мл/м ² , М±SD	76,7±12,2	78,4±16,9	89,1±19,8	0,861	<0,001	<0,001
иКСО, мл/м ² , Ме [25%; 75%]	30,6 (25,7; 34,6)	33,9 (28,9; 40,1)	44,0 (36,0; 53,5)	0,004	<0,001	<0,001
ФВ, %, Ме [25%; 75%]	61,0 (57,1; 64,4)	54,6 (51,9; 58,2)	50,3 (43,3; 54,5)	<0,001	<0,001	<0,001
ФВ <50%, n (%)	1 (2,3)	7 (8,4)	34 (44,7)	0,182	<0,001	<0,001
ИЛС, Ме [25%; 75%]	1,0 (1,0; 1,1)	1,4 (1,2; 1,6)	2,1 (1,6; 2,3)	<0,001	<0,001	<0,001
ИГК, %, Ме [25%; 75%]	2,9 (0; 5,9)	16,2 (11,8; 23,5)	36,8 (29,4; 47,8)	<0,001	<0,001	<0,001

ИГК — индекс глобального контрастирования, иКДО — индекс конечного диастолического объема, иКСО — индекс конечного систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ММЛЖ — масса миокарда левого желудочка, ОТС — относительная толщина стенок, ФВ — фракция выброса, М±SD — среднее ± стандартное отклонение, Ме [25%; 75%] — медиана [интерквартильный интервал]

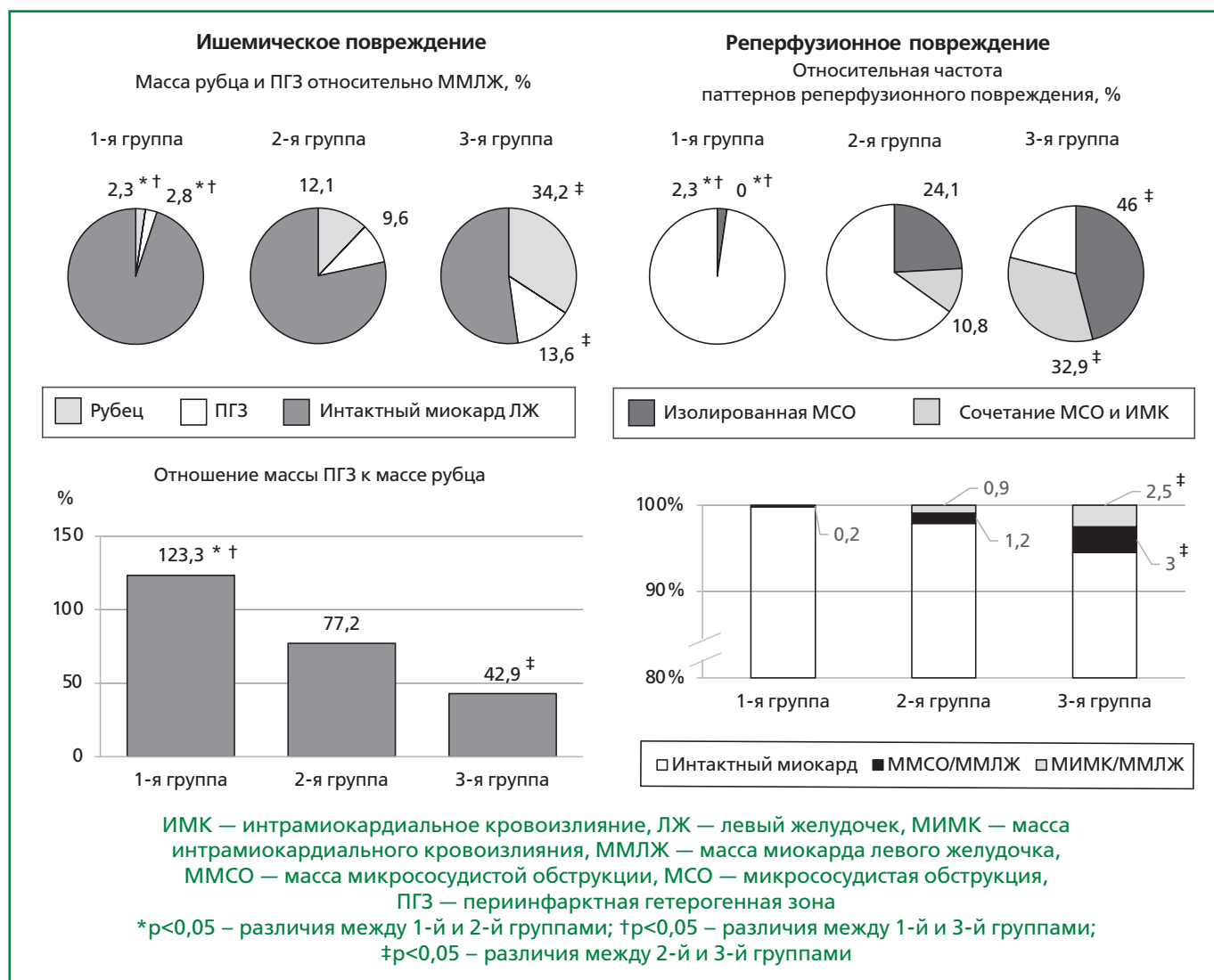


Рисунок. Паттерн ишемического и реперфузионного повреждения в исследуемых группах.

наименьшим в 1-й группе, промежуточные значения выявлены во 2-й группе, максимальные — в 3-й. Аналогичные различия получены для ИЛС и ИГК, благоприятные значения которых наблюдались в 1-й группе. Как следствие, пациенты с малой величиной рубца или его отсутствием характеризовались удовлетворительной глобальной сократительной функцией ЛЖ, в то время как у больных с $MP/ММЛЖ > 20\%$ ФВ ЛЖ была минимальной.

Важный индикатор паттерна ишемического повреждения — $MP/ММЛЖ$ доминировал в 3-й группе (рис.). Показатель $МПГЗ/ММЛЖ$ был минимальным в 1-й группе, промежуточные значения наблюдались во 2-й, наибольшие — в 3-й группе ($p_{1-2,3;2-3} < 0,001$), причем $МПГЗ$ относительно MP в 1-й группе была выше в 1,6 и 2,9 раз, чем во 2-й и 3-й группах ($p_{1-2} = 0,003$, $p_{1-3} < 0,001$), а во 2-й в 1,8 раза, чем в 3-й ($p_{2-3} < 0,001$). В 1-й группе показатель $МПГЗ/MP$ составил 123,3 (81,3; 182,1) %, во 2-й группе — 77,2 (57,8; 112,8) %, в 3-й — 42,9

(29,4; 56,4) % ($p_{1-2,3;2-3} < 0,05$). Следует отметить, что пациенты без рубца были исключены из анализа количественных показателей ишемического повреждения.

В 1-й группе реперфузионное повреждение выявлено только у одного пациента (2,3%), во 2-й группе — в 34,9%, в 3-й — в 78,9% случаев ($p_{1-2,3;2-3} < 0,05$). При этом у больных диагностированы два фенотипа реперфузионного повреждения: изолированная МСО и сочетание МСО и ИМК (см. рис.). Относительная частота их выявления была наибольшей в 3-й группе, промежуточной — во 2-й группе, наименьшей — в 1-й. При этом, показатели $ММСО/ММЛЖ$ и $МИМК/ММЛЖ$ преобладали у пациентов 3-й группы по сравнению со 2-й. Важно, что в 1-й группе только у одного пациента диагностирована изолированная МСО с минимальной величиной $ММСО/ММЛЖ$.

По результатам регрессионного анализа у пациентов с ОИМ определены маркеры, характеризующие наличие большой и малой величины рубца, в том

Таблица 3. Маркеры, характеризующие различную величину рубца по данным магнитно-резонансной томографии

Показатель	МР/ММЛЖ <5% или отсутствие рубца		МР/ММЛЖ >20%	
	OR [95% ДИ]	p	OR [95% ДИ]	p
Клинико-анамнестические и лабораторные данные				
ИМ без подъема сегмента ST	3,460 [1,489; 8,040]	0,004	—	—
ИМ с зубцом Q	0,078 [0,029; 0,208]	<0,001	8,548 [4,300; 16,992]	<0,001
ИМ без зубца Q	12,881 [4,804; 34,541]	<0,001	0,117 [0,059; 0,233]	<0,001
Передний ИМ	0,464 [0,233; 0,923]	0,029	2,540 [1,398; 4,616]	0,002
Задний ИМ	2,155 [1,083; 4,288]	0,029	0,394 [0,217; 0,715]	0,002
Поражение ПНА	—	—	2,281 [1,276; 4,078]	0,005
Сахарный диабет 2 типа	—	—	3,385 [1,197; 9,571]	0,022
вчТр I, пг/мл	0,999 [0,999; 0,999]	<0,001	1,00002 [1,00001; 1,00003]	<0,001
NT-proBNP, пг/мл	0,996 [0,994; 0,998]	<0,001	1,002 [1,001; 1,002]	<0,001
Эхокардиография				
иКДО ЛЖ, мл/м ²	—	—	1,028 [1,009; 1,046]	0,003
иКСО ЛЖ, мл/м ²	0,952 [0,918; 0,987]	0,007	1,062 [1,032; 1,093]	<0,001
ФВ ЛЖ, %	1,074 [1,029; 1,121]	0,001	0,922 [0,890; 0,956]	<0,001
Индекс ММЛЖ, г/м ²	0,981 [0,967; 0,995]	0,007	1,015 [1,005; 1,025]	0,004
ОТС	—	—	0,012 [0,000; 0,588]	0,026
Магнитно-резонансная томография				
иКДО ЛЖ, мл/м ²	0,977 [0,957; 0,998]	0,03	1,039 [1,020; 1,058]	<0,001
иКСО ЛЖ, мл/м ²	0,894 [0,852; 0,938]	<0,001	1,089 [1,056; 1,124]	<0,001
ФВ ЛЖ, %	1,292 [1,184; 1,409]	<0,001	0,846 [0,800; 0,894]	<0,001
ИЛС	0,00003 [0,0000009; 0,001]	<0,001	61,734 [20,520; 185,725]	<0,001
ИГК, %	0,691 [0,609; 0,784]	<0,001	1,210 [1,148; 1,276]	<0,001

OR — odds ratio (отношение шансов), ДИ — доверительный интервал, вчТр — высокочувствительный тропонин, ДИ — доверительный интервал, ИГК — индекс глобального контрастирования, иКДО — индекс конечного диастолического объема, иКСО — индекс конечного систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМ — инфаркт миокарда, ЛЖ — левый желудочек, ММЛЖ — масса миокарда левого желудочка, МР/ММЛЖ — отношение масс рубца к массе миокарда левого желудочка, ОТС — относительная толщина стенок, ПНА — передняя нисходящая артерия, ФВ — фракция выброса, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, OR — отношение шансов

числе его отсутствие (табл. 3). Общими значимыми показателями для отсутствия рубцовой зоны или МР/ММЛЖ <5% и МР/ММЛЖ >20% были: вчТр I, NT-proBNP; по данным ЭхоКГ — иКСО, ФВ ЛЖ, индекс ММЛЖ; по данным МРТ сердца — индексированные объемные показатели ЛЖ, ФВ ЛЖ, ИЛС, ИГК. Для малой величины рубца или его отсутствия дополнительную диагностическую значимость продемонстрировали ИМ без подъема сегмента ST, ИМ без зубца Q, задняя локализация ИМ по ЭКГ; для МР/ММЛЖ >20%: наличие ИМ с зубцом Q, ИМ передней стенки ЛЖ, поражение ПНА в качестве инфаркт-связанной артерии, наличие сахарного диабета 2 типа, иКДО и ОТС по ЭхоКГ.

Обсуждение

Современные технологии МРТ позволяют проводить количественную оценку инфарктной зоны, величина которой определяет прогноз в раннем и отдаленном постинфарктном периодах. Так, по данным W. Stone и соавт. у пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST после первичного чрескожного коронарного вмешательства каждое увеличение размера ин-

фаркта на 5% повышало риск смерти от всех причин на 16%, а размер ИМ >17,9% от ММЛЖ оказался связан с высокой частотой серьезных неблагоприятных сердечных событий, таких как общая смертность, повторный ИМ, госпитализация по поводу сердечной недостаточности [8]. Поэтому несомненный интерес представляет изучение характеристик сердца и поиск доступных в рутинной клинической практике маркеров, ассоциированных с разной величиной рубцовой зоны после ИМ.

Сравнительный анализ анамнестических данных и ЭКГ в представленном исследовании продемонстрировал ряд закономерностей. В частности, сахарный диабет 2 типа у пациентов 3-й группы выявлялся в 4 раза чаще по сравнению с больными 2-й группы, но не 1-й. При этом сахарный диабет 2 типа увеличивал шансы диагностики МР/ММЛЖ >20% в 3,4 раза.

При анализе ЭКГ у пациентов с отсутствием рубцовой зоны или ее величиной <5% ИМ без подъема сегмента ST наблюдался значительно чаще, чем у больных с МР/ММЛЖ 5-20% и >20. Как следствие, вероятность диагностики ИМ без зубца Q в 1-й группе оказалась в 12,9 раз больше, чем при величине рубца ≥5%. В свою очередь, в 3-й группе отмечена

наибольшая относительная частота ИМ с зубцом Q. Таким образом, результаты исследования продемонстрировали важность оценки патологического зубца Q на ЭКГ, но не положения сегмента ST в острую стадию для диагностики различной величины рубца. Схожие результаты представлены D. Lee и соавт., в исследовании которых пациенты без зубца Q, фрагментации комплекса QRS, инверсии зубца T имели средний размер инфаркта по данным МРТ $10,8 \pm 6,9\%$ [9].

Кроме того, в представленной работе большой размер рубцовой зоны выявляли в 2,5 раза чаще при передней локализации ИМ, что закономерно было связано с преобладающим поражением ПНА в качестве инфаркт-связанной артерии.

Реваскуляризация миокарда является основным методом лечения пациентов с ОИМ, способствующим ограничению зоны некроза [5, 6]. Отсутствие зависимости размера рубцовой зоны от метода восстановления коронарного кровотока в настоящем исследовании, при выявленном влиянии времени «боль-тромболизис» на величину рубца, подтверждает важность соблюдения сроков реваскуляризации, но не способа вмешательства [10]. Последнее представляется исключительно важным, учитывая поздние сроки обращения за медицинской помощью и длительное время «боль-реперфузия» в реальной отечественной клинической практике [11].

Кардиоспецифические маркеры широко используют в клинической практике для верификации ОИМ и уточнения прогноза. В работе C. Tiller и соавт. пациенты с размером инфаркта $>19\%$ характеризовались более высокими vcTnI , NT-proBNP и нейтрофильно-лимфоцитарным соотношением, их комбинация позволила точнее диагностировать обширный ОИМ [12]. Результаты представленного исследования подтвердили тесную связь и целесообразность применения vcTnI , NT-proBNP для определения величины рубца в сочетании с рядом представленных в работе показателей.

Во время госпитализации всем больным ОИМ показана трансторакальная ЭхоКГ, результаты которой дают важную информацию о риске краткосрочных и долгосрочных осложнений [13]. A. Bendary и соавт. определили размер инфаркта $<20\%$ от ММЛЖ как небольшой и продемонстрировали меньший КДО, а также лучшие значения ФВ ЛЖ по данным ЭхоКГ по сравнению с пациентами с $\text{MP/ММЛЖ} \geq 20\%$ [14]. В представленной работе пациенты со средней и малой величиной рубца, либо его отсутствием, характеризовались благоприятными значениями объемных показателей ЛЖ по данным ЭхоКГ. Как следствие, частота умеренно сниженной и низкой ФВ была минимальной в 1-й и 2-й группах. Интересно отметить преобладание индекса ММЛЖ в группе $\text{MP/ММЛЖ} > 20\%$ при одновременно наименьшей средней величине ОТС, что, вероятно, обусловлено развитием эксцентрической гипертрофии.

Анализ структурных и функциональных показателей ЛЖ по данным МРТ позволил уточнить дополнительные различия по ИКСО и ФВ между 1-й и 2-й группами. Регрессионный анализ объемных, структурных и функциональных характеристик ЛЖ по данным ЭхоКГ и МРТ подтвердил роль вышеперечисленных показателей в качестве независимых переменных, связанных как с малой, так и большой величиной рубца.

Зона ишемического повреждения является негетерогенной и состоит из ядра некроза и перинфарктной гетерогенной зоны (ПГЗ) — участка, граничащего с интактным миокардом и состоящего из погибших, ишемизированных и неповрежденных кардиомиоцитов [15]. В представленной работе величина рубца и ПГЗ продемонстрировали тесную связь. В частности, выявлены более высокие значения МПГЗ/ММЛЖ по мере увеличения МР/ММЛЖ в группах сравнения. Однако, соотношение рубцовой и гетерогенной зон между собой имело противоположную закономерность: в 3-й группе ПГЗ составила менее половины от величины рубца, в то время как в 1-й группе МПГЗ преобладала над МР в 1,2 раза, что свидетельствует о большей массе потенциально жизнеспособного миокарда, но увеличивает риск развития желудочковых аритмий [16]. Показатель пространственной распространенности инфаркта ИГК оказался независимым маркером как малой, так и большой величины рубца по данным регрессионного анализа.

Реперфузионное повреждение, включающее МСО и ИМК, способствует формированию более широкой зоны некроза миокарда и ассоциировано с неблагоприятным прогнозом [17]. Представленные результаты подтвердили тесную связь величины рубца с частотой разных фенотипов реперфузионного повреждения и их массой. В свою очередь, отношение МР/ММЛЖ $<5\%$ фактически оказалось связано с отсутствием реперфузионного повреждения, поскольку МСО выявлено только у одного больного 1-й группы.

Ограничения исследования

В представленном одноцентровом исследовании среди показателей коронароангиографии анализировали только влияние инфаркт-связанной артерии на величину рубцовой зоны без оценки других характеристик коронарного русла. Расширенный анализ функциональных показателей ЛЖ по данным ЭхоКГ, включающий характеристики диастолической функции, деформации и миокардиальной работы, будет представлен в последующих публикациях.

Заключение

По данным МРТ с отсроченным контрастированием, у пациентов с ОИМ отсутствие признаков рубца или малая его величина ($\text{MP/ММЛЖ} < 5\%$) были ассоциированы с благоприятными значениями структурно-функциональных показателей ЛЖ по данным ЭхоКГ и МРТ,

а также лабораторных маркеров (всТпI и NT-proBNP), что указывает на отсутствие негативного вклада такой минимальной массы рубцовой зоны в некоторые морфофункциональные характеристики сердца в отличие от больных с МР/ММЛЖ >20%.

Наличие сахарного диабета 2 типа, подъем сегмента ST, патологический зубец Q, локализация ИМ по данным ЭКГ, поражение ПНА, лабораторные био-

маркеры (всТпI и NT-proBNP), а также структурные и функциональные показатели ЛЖ, по данным ЭхоКГ и МРТ, были определены в качестве независимых маркеров, характеризующих как малую, так и большую величину рубца.

Отношения и Деятельность. Нет.
Relationships and Activities. None.

References / Литература

- Greulich S, Mayr A, Gloekler S, et al. Time-Dependent Myocardial Necrosis in Patients With ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction Without Angiographic Collateral Flow Visualized by Cardiac Magnetic Resonance Imaging: Results From the Multicenter STEMI-SCAR Project. *J Am Heart Assoc.* 2019;8(12):e012429. DOI:10.1161/JAHA.119.012429.
- Scalise RFM, De Sarro R, Caracciolo A, et al. Fibrosis after Myocardial Infarction: An Overview on Cellular Processes, Molecular Pathways, Clinical Evaluation and Prognostic Value. *Med Sci (Basel).* 2021;9(1):16. DOI:10.3390/medsci9010016.
- Richardson WJ, Clarke SA, Quinn TA, Holmes JW. Physiological Implications of Myocardial Scar Structure. *Compr Physiol.* 2015;5(4):1877-909. DOI:10.1002/cphy.c140067.
- Sillanmäki S, Hartikainen S, Ylä-Herttuala E. Review of Myocardial Ischemia, Scar, and Viability Estimation with Molecular Magnetic Resonance Imaging. *Biomedicines.* 2024;12(8):1681. DOI:10.3390/biomedicines12081681.
- Averkov OV, Harutyunyan GK, Duplyakov DV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Acute myocardial infarction with ST segment elevation electrocardiogram. *Russian Journal of Cardiology.* 2025;30(3):6306. (In Russ.) [Аверков О.В., Арутюнян Г.К., Дупляков Д.В. и др. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2025;30(3):6306]. DOI:10.15829/1560-4071-2025-6306.
- Averkov OV, Harutyunyan GK, Duplyakov DV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Acute coronary syndrome without ST segment elevation electrocardiogram. *Russian Journal of Cardiology.* 2025;30(5):6319. (In Russ.) [Аверков О.В., Арутюнян Г.К., Дупляков Д.В. и др. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2025;30(5):6319]. DOI:10.15829/1560-4071-2025-6319.
- Chalise U, Becirovic-Agic M, Lindsey ML. The cardiac wound healing response to myocardial infarction. *WIREs Mech Dis.* 2023;15(1):e1584. DOI:10.1002/wsbm.1584.
- Stone GW, Selker HP, Thiele H, et al. Relationship Between Infarct Size and Outcomes Following Primary PCI: Patient-Level Analysis From 10 Randomized Trials. *J Am Coll Cardiol.* 2016;67(14):1674-83. DOI:10.1016/j.jacc.2016.01.069.
- Lee DC, Albert CM, Narula D, et al. Estimating Myocardial Infarction Size With a Simple Electrocardiographic Marker Score. *J Am Heart Assoc.* 2020;9(3):e014205. DOI:10.1161/JAHA.119.014205.
- Tereshchenko SN, Duplyakov DV, Uskach TM, et al. Potential of thrombolytic therapy in the early period of ST-elevation myocardial infarction. Expert consensus. *Russian Journal of Cardiology.* 2025;30(6):6417. (In Russ.) [Терещенко С.Н., Дупляков Д.В.,
- Ускач Т.М. и др. Возможности и перспективы тромболитической терапии на ранних сроках инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST. Согласованное мнение экспертов. Российский кардиологический журнал. 2025;30(6):6417]. DOI:10.15829/1560-4071-2025-6417.
- Boytsov SA, Shakhnovich RM, Tereshchenko SN, et al. Features of the Reperfusion Therapy for ST-Segment Elevation Myocardial Infarction According to the Russian Registry of Acute Myocardial Infarction — REGION-IM. *Kardiologiya.* 2024;64(2):3-17. (In Russ.) [Бойцов С.А., Шахнович Р.М., Терещенко С.Н. и др. Особенности реперфузионной стратегии лечения пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST по данным Российского регистра острого инфаркта миокарда — РЕГИОН-ИМ. Кардиология. 2024;64(2):3-17]. DOI:10.18087/cardio.2024.2.n2601.
- Tiller C, Reindl M, Holzknacht M, et al. Biomarker assessment for early infarct size estimation in ST-elevation myocardial infarction. *Eur J Intern Med.* 2019;64:57-62. DOI:10.1016/j.ejim.2019.03.001.
- Prastaro M, Pirozzi E, Gaibazzi N, et al. Expert Review on the Prognostic Role of Echocardiography after Acute Myocardial Infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017;30(5):431-43. DOI:10.1016/j.echo.2017.01.020.
- Bendary A, Affi M, Tawfik W, et al. The predictive value of global longitudinal strain on late infarct size in patients with anterior ST-segment elevation myocardial infarction treated with a primary percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35(2):339-46. DOI:10.1007/s10554-018-1498-7.
- Oleinikov VE, Salyamova LI, Donetskaya NA, Vdovkin AV. Effect of ischemic injury characteristics on left ventricular systolic function in patients with acute myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(8):5516. (In Russ.) [Олейников В.Э., Саламова Л.И., Донецкая Н.А., Вдовкин А.В. Влияние характеристик ишемического повреждения на систолическую функцию левого желудочка у пациентов с острым инфарктом миокарда. Российский кардиологический журнал. 2023;28(8):5516]. DOI:10.15829/1560-4071-2023-5516.
- Oleinikov VE, Salyamova LI, Chernova AA, et al. Impact of reperfusion timing and methods on myocardial structure and function in ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology.* 2026;31(2):6809. (In Russ.) [Олейников В.Э., Саламова Л.И., Чернова А.А. и др. Влияние сроков и методов реперфузии на структурно-функциональное состояние миокарда при инфаркте миокарда с подъемом сегмента ST. Российский кардиологический журнал. 2026;31(2):6809]. DOI:10.15829/1560-4071-2026-6809.
- Vora KP, Kumar A, Krishnam MS, et al. Microvascular Obstruction and Intramyocardial Hemorrhage in Reperfused Myocardial Infarctions: Pathophysiology and Clinical Insights From Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2024;17(7):795-810. DOI:10.1016/j.jcmg.2024.02.003.

Сведения об Авторах/About the Authors

Олейников Валентин Элиевич [Valentin E. Oleynikov]
eLibrary SPIN 9204-2690, ORCID 0000-0002-7463-9259
Саламова Людмила Ивановна [Ludmila I. Salyamova]
eLibrary SPIN 7055-0826, ORCID 0000-0001-7130-0316
Алимов Николай Витальевич [Nikolay V. Alimov]
eLibrary SPIN 6209-9985, ORCID 0009-0007-3984-2271

Донецкая Наталия Александровна [Natalia A. Donetskaya]
eLibrary SPIN 4575-8085, ORCID 0000-0001-6423-6889
Щербинина Анастасия Вячеславовна [Anastasia V. Shcherbinina]
eLibrary SPIN 9390-5918, ORCID 0000-0001-6280-6120
Томашевская Юлия Анатольевна [Yulia A. Tomashevskaya]
eLibrary SPIN 2332-6878, ORCID 0000-0003-3374-9205

Адреса организаций авторов: ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», ул. Красная, д. 40, Пенза, 440026, Россия; ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко», ул. Лермонтова, д. 28, Пенза, 440026, Россия.

Addresses of the authors' institutions: Penza State University, Krasnaya str., 40, Penza, 440026, Russia; N. N. Burdenko Penza Regional Clinical Hospital, Lermontov str., 28, Penza, 440026, Russia.