



Влияние характеристик ишемического повреждения на систолическую функцию левого желудочка у пациентов с острым инфарктом миокарда

Олейников В. Э.¹, Салаямова Л. И.¹, Донецкая Н. А.^{1,2}, Вдовкин А. В.²

Цель. Изучить особенности лабораторных показателей и характеристики зоны инфаркта по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) в зависимости от глобальной систолической функции левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ) после реваскуляризации.

Материал и методы. Включено 78 пациентов с первичным ОИМ. На 7-10 сут. выполняли МРТ сердца с контрастированием. В крови анализировали мозговой натрийуретический пептид (BNP). С помощью МРТ сердца определяли характеристики рубцовой ткани, перинфарктной гетерогенной зоны (ПГЗ), микрососудистой обструкции (МСО) и интрамиокардиального кровоизлияния (ИМК), индекс глобального контрастирования.

Результаты. По результатам МРТ пациентов разделили на группы: 1-я — с фракцией выброса (ФВ) ЛЖ $\geq 50\%$ ($n=50$), 2-я — с ФВ ЛЖ 40-49% ($n=21$), 3-я — с ФВ ЛЖ $<40\%$ ($n=7$).

Показатель BNP в 1 группе оказался равен 106,8 (37,5; 248) нг/мл, во 2 группе — 232,6 (170,1; 337,7) нг/мл, в 3 — 548,5 $\pm$ 236,4 нг/мл ($p_{1-3}<0,05$). Масса рубцовой ткани была минимальной в 1 группе — 10,3 (2,4; 20,0) г, промежуточные значения отмечены во 2 группе — 34,7 $\pm$ 21,3 г, максимальные (59,4 $\pm$ 37,6 г) — в 3 группе ($p_{1-2}, <0,01$). По характеристикам ПГЗ различия выявлены только между пациентами с сохраненной и умеренно сниженной ФВ. МСО диагностирована у 26% пациентов с ФВ $\geq 50\%$, у 47,6% больных с ФВ 40-49% и 85,7% с ФВ $<40\%$ ($p_{1-3}<0,01$). Частота выявления ИМК преобладала во 2 группе (33,3%) по сравнению с 1 группой (12%) ($p_{1-2}<0,05$). Индекс глобального контрастирования был наименьшим в 1 группе (14,7 (8,8; 27,9)%), промежуточные значения выявлены во 2 группе (33,3 $\pm$ 12,6%), наиболее высокие — в 3 группе (54,2 $\pm$ 19,5%) ($p_{1-2}, <0,05$).

Заключение. Выявлены факторы риска снижения систолической функции ЛЖ у больных ОИМ после реваскуляризации: размеры рубцовой ткани, ПГЗ, характеристики МСО и ИМК, индекс глобального контрастирования, уровень BNP.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография сердца, паттерн ишемического повреждения, фракция выброса левого желудочка, систолическая дисфункция левого желудочка, острый инфаркт миокарда.

Отношения и деятельность. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, проект № 23-25-00381.

¹ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет, Пенза; ²ГБУЗ Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко, Пенза, Россия.

Олейников В. Э.* — д.м.н., профессор, зав. кафедрой "Терапия", ORCID: 0000-0002-7463-9259, Салаямова Л. И. — к.м.н., доцент, доцент кафедры "Терапия", ORCID: 0000-0001-7130-0316, Донецкая Н. А. — зав. отделением лучевой диагностики, главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике Пензенской области, аспирант кафедры "Терапия", ORCID: 0000-0001-6423-6889, Вдовкин А. В. — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики, ORCID: 0000-0002-0142-381X.

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

вч — высокочувствительный, ИКДО — индекс конечного диастолического объема, ИКСО — индекс конечного систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, ИМпST — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, иУО — индекс ударного объема, ЛЖ — левый желудочек, МРТ — магнитно-резонансная томография, МСО — микрососудистая обструкция, ОИМ — острый инфаркт миокарда, ПГЗ — перинфарктная гетерогенная зона, ПНА — передняя нисходящая артерия, ФВ — фракция выброса, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ЭхоКГ — эхокардиография, BNP — мозговой натрийуретический пептид.

Рукопись получена 08.07.2023

Рецензия получена 20.07.2023

Принята к публикации 23.07.2023



Для цитирования: Олейников В. Э., Салаямова 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. EDN HBCFIR

Effect of ischemic injury characteristics on left ventricular systolic function in patients with acute myocardial infarction

Oleynikov V. E.¹, Salyamova L. I.¹, Donetskaya N. A.^{1,2}, Vdovkin A. V.²

Aim. To study laboratory and magnetic resonance imaging (MRI) characteristics of infarction area depending on left ventricular (LV) global systolic function in patients with acute myocardial infarction (AMI) after revascularization.

Material and methods. A total of 78 patients with primary AMI were included. On days 7-10, contrast-enhanced cardiac MRI was performed. Blood brain natriuretic peptide (BNP) was analyzed. Cardiac MRI was used to determine the characteristics of scar tissue, peri-infarct zone (PIZ), microvascular obstruction (MVO), intramyocardial hemorrhage (IMH) and the global contrast index.

Results. According to the MRI, patients were divided into following groups: group 1 — LV ejection fraction (LVEF) $\geq 50\%$ ($n=50$), group 2 — LVEF 40-49% ($n=21$), group 3 — LVEF $<40\%$ ($n=7$).

The BNP in groups 1, 2, 3 was 106,8 (37,5; 248), 232,6 (170,1; 337,7) and 548,5 $\pm$ 236,4 ng/ml, respectively ($p_{1-3}<0,05$). The scar tissue mass in groups 1, 2, 3 was 10,3 (2,4; 20,0), 34,7 $\pm$ 21,3, 59,4 $\pm$ 37,6 g, respectively ($p_{1-2}, <0,01$). PIZ

differences were found only between patients with preserved and mildly reduced EF. MVO was diagnosed in 26% of patients with LVEF $\geq 50\%$, in 47,6% of patients with LVEF of 40-49% and 85,7% with LVEF $<40\%$ ($p_{1-3}<0,01$). The detection rate of IMH prevailed in the 2nd group (33,3%) compared with the 1st group (12%) ($p_{1-2}<0,05$). The global contrast index was the lowest in the 1st group (14,7 (8,8; 27,9)%), intermediate in the 2nd group (33,3 $\pm$ 12,6%), the highest in the 3rd group (54,2 $\pm$ 19,5%) ($p_{1-2}, <0,05$).

Conclusion. The following risk factors for a decrease in LV systolic function in patients with AMI after revascularization were identified: the size of scar tissue, PIZ, MVO and IMH characteristics, global contrast index, BNP level.

Keywords: cardiac magnetic resonance imaging, ischemic injury pattern, left ventricular ejection fraction, left ventricular systolic dysfunction, acute myocardial infarction.

Relationships and Activities. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project № 23-25-00381.

*Corresponding author:
v.oleynikov@gmail.com

¹Penza State University, Penza; ²Burdenko Penza Regional Clinical Hospital, Penza, Russia.

Oleinikov V. E.* ORCID: 0000-0002-7463-9259, Salyamova L. I. ORCID: 0000-0001-7130-0316, Donetskaya N. A. ORCID: 0000-0001-6423-6889, Vdovkin A. V. ORCID: 0000-0002-0142-381X.

Received: 08.07.2023 **Revision Received:** 20.07.2023 **Accepted:** 23.07.2023

For citation: Oleinikov V. E., Salyamova L. I., Donetskaya N. A., Vdovkin A. V. Effect of ischemic injury characteristics on left ventricular systolic function in patients with acute myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(8):5516. doi:10.15829/1560-4071-2023-5516. EDN HBCFIR

Ключевые моменты

- Ухудшения структурных и объемных показателей левого желудочка (ЛЖ) обуславливают снижение эффективности сокращения сердца и систолическую дисфункцию после острого инфаркта миокарда по данным магнитно-резонансной томографии.
- У пациентов с умеренно сниженной и низкой фракцией выброса ЛЖ большинство параметров ишемического повреждения оказались выше по сравнению с больными с фракцией выброса $\geq 50\%$.
- Все компоненты паттерна ишемического повреждения, атеротромбоз передней нисходящей артерии и уровень мозгового натрийуретического пептида являются факторами риска снижения систолической функции ЛЖ $< 50\%$.

Key messages

- Impaired structural and volume left ventricular (LV) parameters cause a decrease in heart contraction efficiency and systolic dysfunction after acute myocardial infarction according to magnetic resonance imaging.
- In patients with mildly reduced and reduced LV ejection fraction, most parameters of ischemic injury were higher compared with patients with ejection fraction $\geq 50\%$.
- All components of the ischemic injury pattern, atherothrombosis of the anterior descending artery, and brain natriuretic peptide levels are risk factors for decreased LV systolic function $< 50\%$.

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является одним из основных осложнений острого инфаркта миокарда (ОИМ) и закономерным исходом сердечно-сосудистого континуума, влияющим на инвалидизацию и смертность населения во всем мире. Результаты исследования ЭПОХА-ХСН продемонстрировали увеличение роли перенесенного инфаркта миокарда как причины ХСН, что отчасти обусловлено значительными успехами в лечении острой стадии заболевания [1].

Фракция выброса (ФВ) остается основной характеристикой контрактильной функции левого желудочка (ЛЖ), определяющей прогноз пациентов в постинфарктном периоде [2]. Частота систолической дисфункции у пациентов с острым коронарным синдромом варьирует от 12,6 до 36,6% в зависимости от способа определения и сроков оценки состояния ЛЖ [3]. Снижение ФВ $< 40\%$ ассоциировано с высоким риском смертности и повторных госпитализаций, а также ухудшением качества жизни больных ОИМ [4].

Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) остается методом выбора для первоначальной идентификации ишемического повреждения, систолической и диастолической дисфункции ЛЖ [5]. Альтернативой ЭхоКГ является магнитно-резонансная томография

(МРТ) сердца с контрастированием. Метод позволяет с высокой точностью определять объемы и функции желудочков. К преимуществам МРТ сердца также можно отнести возможность количественно охарактеризовать рубцовую и перинфарктную зоны, участки отека, микрососудистую обструкцию (МСО) и интрамиокардиальное кровоизлияние (ИМК) (рис. 1). Этот метод визуализации не только позволяет обнаружить и оценить размер инфаркта, но и выявить дополнительные характеристики рубцовой ткани, имеющие прогностическое значение [6].

Цель настоящего исследования заключалась в изучении особенностей лабораторных показателей и МРТ-характеристик зоны инфаркта в зависимости от глобальной систолической функции ЛЖ у пациентов с ОИМ после реваскуляризации.

Материал и методы

В исследование включено 78 пациентов с ОИМ, госпитализированных в отделение неотложной кардиологии. Локальный этический комитет одобрил протокол исследования и индивидуальную регистрационную карту. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Критерии включения: возраст от 30 до 70 лет; первичный ОИМ с подъемом или без подъема сегмента ST, подтвержденный электрокардиограммой, диаг-

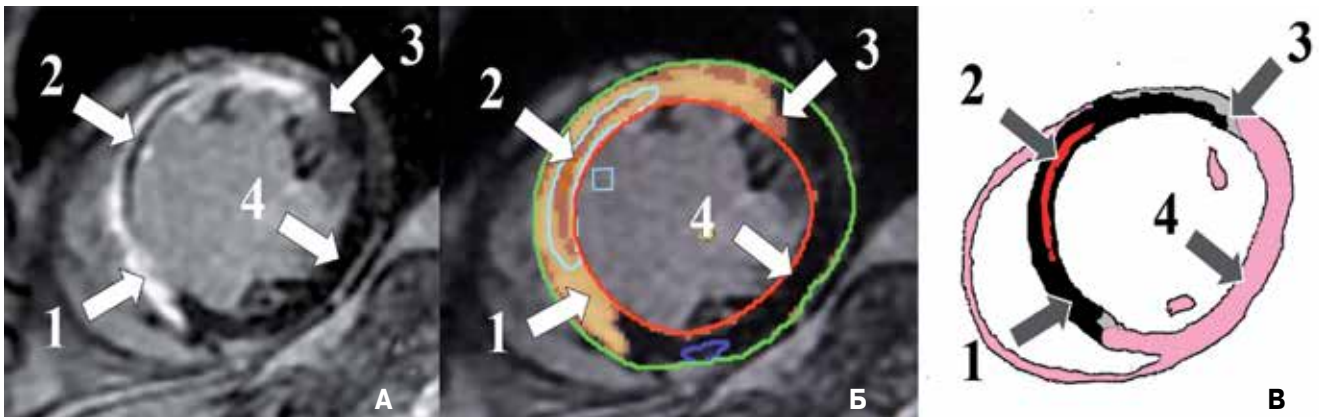


Рис. 1. Паттерн ишемического поражения по данным МРТ сердца (собственное наблюдение): **А** — отсроченное контрастирование; **Б** — постобработка; **Б'** — схематичное изображение. Зоны инфаркта: 1. некроз; 2. МСО; 3. гетерогенная зона; 4. неповрежденный миокард.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

ностически значимым повышением тропонина I; наличие инфаркт-связанной артерии по данным коронароангиографии.

Критерии исключения: повторный или рецидивирующий ОИМ, гемодинамически значимый стеноз ствола левой коронарной артерии $>30\%$, тяжелые сопутствующие заболевания, наличие в анамнезе ХСН III-IV функционального класса.

Всем пациентам выполняли коронароангиографию. Первичное чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) на инфаркт-связанной артерии проведено 51 больному, фармакоинвазивная стратегия использовалась у 27 человек.

Больные получали медикаментозное лечение по поводу ОИМ в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями.

На 7-10 сут. от начала заболевания пациентам выполняли МРТ сердца с контрастированием на томографе GE SIGNA Voyager (GE HealthCare) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. В качестве внутривенного контрастного вещества использовали парамагнитный контрастный препарат Кларискан (гадотеровая кислота, GE Healthcare AS). Бесконтрастная часть протокола сканирования включала анатомические срезы, кино-режимы по длинной оси ЛЖ в 2- и 4-камерной проекциях, по короткой оси ЛЖ; программы T1-, T2- и T2*-картирования. В соответствии с постконтрастной частью исследования проводили сканирование программой 2D MDE на 7-й мин по короткой оси и на 10-12-й мин по длинной оси в 2- и 4-камерной проекциях; на 15-й мин постконтрастное T1-картирование в последовательности 2D MOLLI, на 20-й мин сканирование программой MDE FIESTA по короткой оси. Обработку изображений выполняли с использованием программы CVI42 (Circle Cardiovascular Imaging Inc.). Определяли следующие показатели ЛЖ: индексы конечного диастолического (иКДО) и систолического (иКСО) объемов, индекс ударного объ-

ема (иУО), ФВ, индекс массы миокарда (иММЛЖ), индекс локальной сократимости (ИЛС). Паттерн ишемического повреждения анализировали по постишемическому отсроченному контрастированию, идентифицирующему рубцовую и перинфарктную гетерогенную зоны (ПГЗ); МСО и ИМК. Проводили количественную оценку массы и объема некроза, ПГЗ, их размер относительно массы миокарда ЛЖ; массу и объем МСО, ИМК, их размер относительно массы рубца. Трансмуральность поражения изучали по индексу глобального контрастирования [7].

По результатам коронароангиографии в соответствии со шкалой SYNTAX определяли тяжесть поражения коронарного русла.

Мозговой натрийуретический пептид (BNP) и высокочувствительный (вч) С-реактивный белок оценивали в крови на 7-9 сут. Вч тропонин I регистрировали в динамике трижды, в работе представлены максимальные значения показателя.

Статистический анализ данных осуществляли программой STATISTICA 13 (StatSoft). Количественные данные представляли как среднее значение и стандартное отклонение при нормальном распределении ($M \pm SD$) или как медиана и межквартильный размах при непараметрическом распределении (Me (Q25%; Q75%)). Значимость различий между параметрическими данными оценивали критерием Стьюдента, между непараметрическими — критерием Манна-Уитни. Качественные данные сравнивали с помощью критерия χ^2 . Логистический регрессионный анализ использовали для выявления переменных, предсказывающих снижение ФВ ЛЖ. Статистически значимыми различиями считалось значение $p < 0,05$.

Результаты

По результатам МРТ сердца пациентов разделили на группы: 1-я — с ФВ ЛЖ $\geq 50\%$ ($n=50$), 2-я — с умеренно сниженной ФВ ЛЖ 40-49% ($n=21$), 3-я — с низкой ФВ ЛЖ $<40\%$ ($n=7$). Сравнимые группы

Таблица 1

Сравнительная характеристика групп

Показатель	ФВ $\geq 50\%$ (n=50)	ФВ 40-49% (n=21)	ФВ $<40\%$ (n=7)	p
	1	2	3	
Возраст, лет	54,7 $\pm$ 8,2	58 (54; 64)	61,1 $\pm$ 5,8	p ₁₋₃ =0,03
Мужчины/женщины, n (%)	43/7 (86/14)	21/0 (100/0)	7/0 (100/0)	нд
Индекс массы тела, кг/м ²	27,6 $\pm$ 3,5	27,3 $\pm$ 3,8	28,1 $\pm$ 4,8	нд
ИБС в анамнезе, n (%)	11 (22)	6 (28,6)	2 (28,6)	нд
Артериальная гипертензия в анамнезе, n (%)	45 (90)	19 (90,5)	5 (71,4)	нд
ИМнST/ИМбнST, n (%)	46/4 (92/8)	20/1 (95,2/4,8)	7/0 (100/0)	нд
SYNTAX, баллы	15,8 $\pm$ 7,6	19,2 $\pm$ 10,3	21,1 $\pm$ 10,7	нд
Инфаркт-связанная артерия:				
ПНА, n (%)	17 (34)	11 (52,4)	6 (85,7)	p ₁₋₃ =0,009
ПКА, n (%)	21 (42)	6 (28,6)	0 (0)	p ₁₋₃ =0,031
Другая артерия, n (%)	12 (24)	4 (19)	1 (14,3)	нд
Фармакоинвазивная стратегия/первичное ЧКВ, n (%)	13/37 (26/74)	6/15 (28,6/71,4)	6/1 (85,7/14,3)	p _{1,2-3} <0,01
Время "боль-ТЛТ", мин	100 (55; 120)	117,1 $\pm$ 65,8	206,7 $\pm$ 135,3	нд
Время "боль-ЧКВ", мин	277,5 (185; 380)	285 (185; 560)	538,6 $\pm$ 402	нд

Примечание: данные представлены в виде M $\pm$ SD при нормальном распределении, Me (Q 25%; Q 75%) — при непараметрическом, p — достоверность.

Сокращения: ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМбнST — инфаркт миокарда без подъема сегмента ST, ИМнST — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, нд — недостоверные различия, ПКА — правая коронарная артерия, ПНА — передняя нисходящая артерия, ТЛТ — тромболитическая терапия, ФВ — фракция выброса, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Таблица 2

Показатели МРТ сердца в группах сравнения

Показатель	ФВ $\geq 50\%$ (n=50)	ФВ 40-49% (n=21)	ФВ $<40\%$ (n=7)	p ₁₋₂	p ₁₋₃	p ₂₋₃
	1	2	3			
Стандартные показатели МРТ сердца						
иКДО, мл/м ²	75,1 (66,6; 84,9)	78,7 $\pm$ 15,2	89,9 $\pm$ 25,8	0,610	0,253	0,313
иКСО, мл/м ²	63,2 (56,1; 74,5)	80,5 $\pm$ 16,8	116,5 $\pm$ 34,3	<0,001	<0,001	0,030
иУО, мл	86,3 $\pm$ 17,2	69,7 $\pm$ 14,1	62,5 $\pm$ 11,9	<0,001	0,001	0,313
иММЛЖ, г/м ²	58,5 (49,6; 70,8)	60,1 (56,7; 71,8)	76,1 $\pm$ 17,8	0,178	0,019	0,080
ФВ, %	56,3 (52,6; 60,9)	47,2 (44,1; 49,0)	36,7 (32,8; 38,3)	<0,001	<0,001	<0,001
ИЛС	1,4 (1,1; 1,6)	1,9 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,4	<0,001	<0,001	0,004
Параметры ишемического повреждения по данным МРТ сердца						
Масса рубца, г	10,3 (2,4; 20,0)	34,7 $\pm$ 21,3	59,4 $\pm$ 37,6	<0,001	0,001	0,080
Объем рубца, мл	9,8 (2,3; 19,0)	33,1 $\pm$ 20,3	56,7 $\pm$ 35,6	<0,001	0,001	0,080
Масса ПГЗ, г	9,3 (3,8; 15,2)	17,5 $\pm$ 8,7	15,3 $\pm$ 6,9	<0,001	0,060	0,633
Объем ПГЗ, мл	8,9 (3,6; 14,5)	16,7 $\pm$ 8,3	14,6 $\pm$ 6,6	<0,001	0,061	0,633
Масса МСО, г	0,8 (0,5; 1,2)	3,4 $\pm$ 1,6	8,9 $\pm$ 7,0	0,001	0,003	0,112
Объем МСО, мл	0,81 (0,5; 1,2)	3,3 $\pm$ 1,5	8,5 $\pm$ 6,6	0,001	0,001	0,112
Масса ИМК, г	0,5 (0,5; 1,0)	2,3 $\pm$ 1,7	3,5 $\pm$ 1,4	0,074	0,134	0,306
Объем ИМК, мл	0,45 (0,4; 1,0)	2,2 $\pm$ 1,7	3,5 $\pm$ 1,2	0,063	0,134	0,306
Индекс глобального контрастирования, %	14,7 (8,8; 27,9)	33,3 $\pm$ 12,6	54,2 $\pm$ 19,5	<0,001	<0,001	0,023

Примечание: данные представлены в виде M $\pm$ SD при нормальном распределении, Me (Q 25%; Q 75%) — при непараметрическом, p — достоверность.

Сокращения: иКДО — индекс конечного диастолического объема, иКСО — индекс конечного систолического объема, ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние, иММЛЖ — индекс массы миокарда, иУО — индекс ударного объема, МРТ — магнитно-резонансная томография, МСО — микрососудистая обструкция, ПГЗ — перинфарктная гетерогенная зона, ФВ — фракция выброса.

не различались по полу, некоторым антропометрическим и анамнестическим данным (табл. 1). Больные 3 группы оказались старше по возрасту 1 группы.

По результатам коронароангиографии пациенты были сопоставимы по шкале SYNTAX. В 1 группе гемодинамически значимый стеноз одной коронар-

ной артерии выявлен в 38% случаев, двух — в 34%, трех и более — в 28%; во 2 группе — в 33,3%, 42,9% и 23,8%; в 3 группе — в 28,6%, 14,3% и 57,1% случаев, соответственно (p₁₋₂; 1, 2-3>0,05). Поражение передней нисходящей артерии (ПНА) в качестве инфаркт-связанной наблюдалось достоверно чаще в группе с

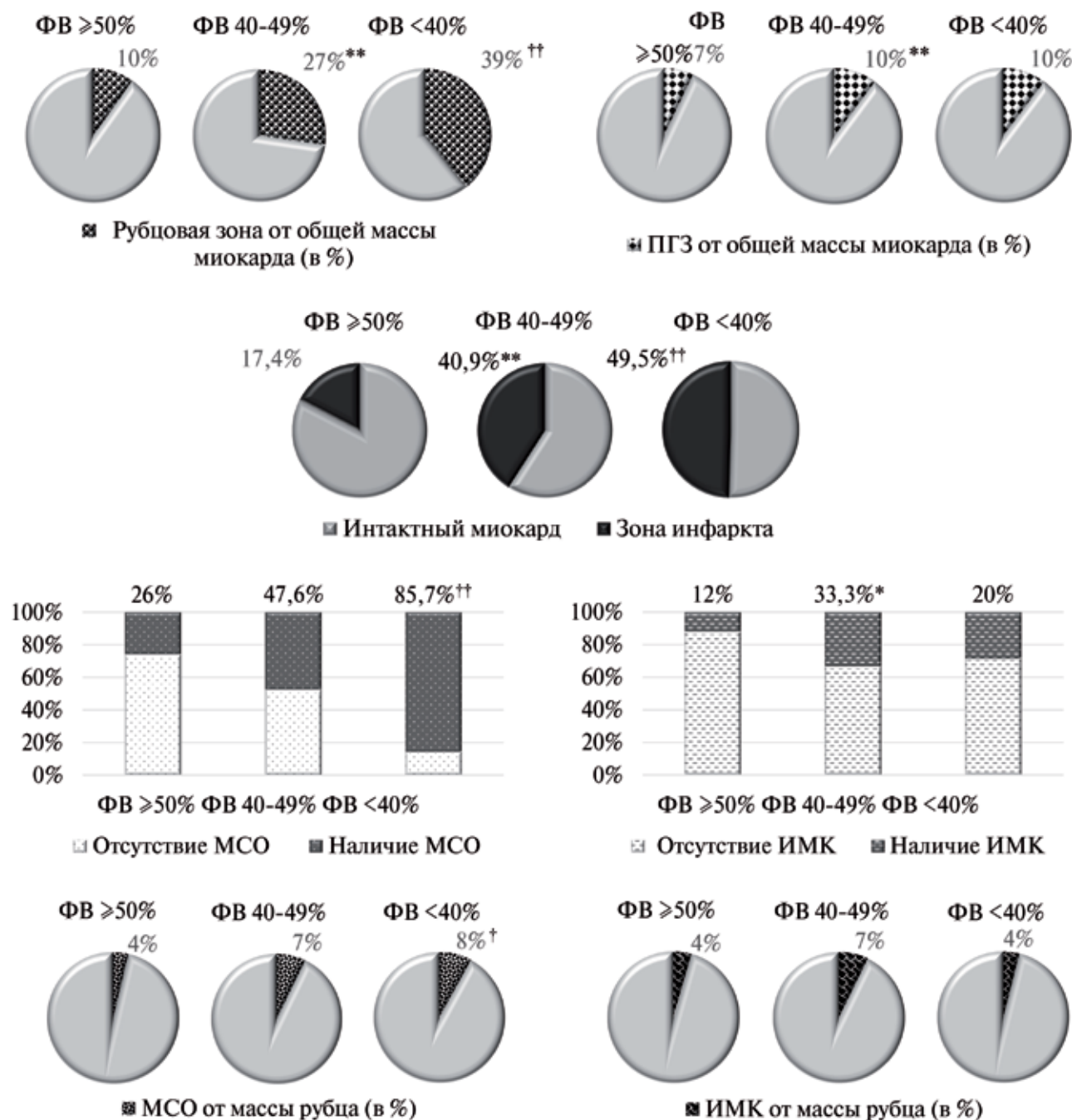


Рис. 2. Характеристики зоны инфаркта в группах сравнения.

Примечание: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$ — достоверные отличия между 1 и 2 группами, † — $p < 0,05$, †† — $p < 0,01$ — достоверные отличия между 1 и 3 группами.

Сокращения: ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние, МСО — микрососудистая обструкция, ПГЗ — перинфарктная гетерогенная зона, ФВ — фракция выброса.

низкой ФВ по сравнению с сохраненной ФВ. В свою очередь, атеротромбоз в правой коронарной артерии выявлен в 42% у 1 группы, в то время как в 3 группе ни у одного пациента. У больных с ФВ < 40% в качестве реперфузионной терапии чаще использовалась фармакоинвазивная стратегия.

Сравниваемые группы различались по большинству анализируемых структурных и функциональных характеристик ЛЖ по данным МРТ сердца (табл. 2).

При сопоставимом ИКДО пациенты с ФВ ≥ 50% имели наименьшие значения ИКСО, промежуточные значения зарегистрированы в группе ФВ 40-49%, наибольшие — у лиц с ФВ < 40%. Уровень иУО был ниже во 2 и 3 группах по сравнению с 1. В свою очередь, иММЛЖ преобладал у больных с ФВ 40-49%. Снижение ФВ оказалось сопряжено с увеличением ИЛС.

При анализе паттерна ишемического повреждения выявлено ухудшение характеристик зоны инфаркта

Таблица 3

**Факторы риска снижения ФВ ЛЖ <50% у больных ОИМ
по данным однофакторного анализа**

Показатель	β	B	p
Поражение ПНА в качестве инфаркт-связанной	0,306	0,404	0,006
Масса рубца, г	0,639	0,018	<0,001
Объем рубца, мл	0,640	0,019	<0,001
Рубцовая зона от общей массы миокарда, в %	0,621	0,025	<0,001
Масса ПГЗ, г	0,366	0,029	0,001
Объем ПГЗ, мл	0,366	0,030	0,001
ПГЗ от общей массы миокарда, в %	0,270	0,027	0,017
Общая зона инфаркта от массы миокарда, в %	0,581	0,019	<0,001
Наличие МСО	0,345	0,470	0,002
Масса МСО, г	0,678	0,122	<0,001
Объем МСО, мл	0,685	0,130	<0,001
МСО от массы рубца, в %	0,482	0,047	0,039
Масса ИМК, г	0,544	0,236	0,036
Объем ИМК, мл	0,565	0,253	0,028
Индекс глобального контрастирования, в %	0,695	0,028	<0,001
ИЛС	0,776	1,023	<0,001
BNP, пг/мл	0,367	0,001	0,006

Примечание: β — коэффициент регрессии, B — угловой коэффициент, характеризующий величину, на которую в среднем изменится признак при увеличении переменной на единицу своего измерения, p — достоверность.

Сокращения: ИЛС — индекс локальной сократимости, ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние, МСО — микрососудистая обструкция, ПГЗ — перинфарктная гетерогенная зона, ПНА — передняя нисходящая артерия, BNP — мозговой натрийуретический пептид.

(табл. 2, рис. 2). Пациенты с ФВ 40-49% и <40% имели сопоставимо высокие значения массы и объема рубцового повреждения по сравнению с больными с ФВ $\geq 50\%$. При этом рубцовая ткань (в %) от общей массы миокарда оказалась минимальной в 1 группе, промежуточные значения отмечены во 2 группе, максимальные — в 3 группе. По характеристикам ПГЗ различия выявлены только между пациентами с сохраненной и умеренно сниженной ФВ. Зона инфаркта, включающая рубцовую ткань и ПГЗ, в группе ФВ $\geq 50\%$ занимала в среднем 17,4% от общей массы миокарда, тогда как при ФВ 40-49% она оказалась в 2,4 раза больше, в группе ФВ <40% — в 2,8 раза.

В отличие от группы с сохраненной ФВ ЛЖ у большинства больных с низкой ФВ отмечалась МСО. Однако при анализе массы и объема МСО их значения оказались сопоставимо высокими во 2 и 3 группах по сравнению с 1. Частота выявления ИМК преобладала у больных с умеренно сниженной ФВ. По другим характеристикам данного параметра группы не различались.

Интересные результаты получены при анализе индекса глобального контрастирования. Наименьшие значения выявлены в 1 группе больных, промежуточные — во 2 группе, наиболее высокие — в 3 группе.

В раннем периоде ОИМ у пациентов с ФВ $\geq 50\%$ вч тропонин I составил 13033,7 (2537; 38100) пг/мл, у больных с ФВ 40-49% — 35787,2 (7420,3; 90647,6) пг/мл ($p_{1-2}=0,090$), с ФВ <40% — 110718 $\pm$ 80538 ($p_{1-3}=0,003$).

Подобные различия отмечались и для BNP. В 1 группе показатель оказался равен 106,8 (37,5; 248) нг/мл, во 2 группе — 232,6 (170,1; 337,7) нг/мл, в 3 — 548,5 $\pm$ 236,4 нг/мл ($p_{1-3}=0,026$). По уровню вч С-реактивного белка группы не различались.

При однофакторном регрессионном анализе определены факторы риска снижения ФВ ЛЖ у больных ОИМ (табл. 3). Наиболее высокие значения коэффициента регрессии β ($>0,500$) отмечены для массы и объема рубцовой ткани, рубца (в %) в сочетании с общей зоной инфаркта (в %) от массы миокарда; массы и объема МСО, массы и объема ИМК, индекса глобального контрастирования и ИЛС. Менее выраженная связь наблюдалась для характеристик ПГЗ, наличия МСО и ее процента от массы рубца. Поражение ПНА в качестве симптом-связанной также оказалось ассоциировано с ухудшением систолической функции ЛЖ. Из лабораторных показателей только BNP продемонстрировал его независимую роль в снижении ФВ <50%.

Обсуждение

Метод МРТ сердца является "золотым стандартом" оценки таких характеристик ЛЖ, как объемы, ФВ, масса миокарда. Его использование рекомендовано для диагностики ХСН у пациентов с неоптимальной визуализацией по данным трансторакальной ЭхоКГ. Превосходное разрешение МРТ позволяет проводить высокоточную и воспроизводимую

количественную оценку вышеперечисленных параметров [5]. В настоящем исследовании у лиц с ФВ ЛЖ <40% снижение иУО и повышение ИКСО, ИЛС являлись закономерным отображением снижения систолической функции ЛЖ, а гипертрофия миокарда не повышала его сократительную способность.

Среди методов визуализации постинфарктных изменений МРТ является наиболее многообещающим из-за уникальных характеристик ткани миокарда, высокого разрешения и возможности количественной оценки повреждения миокарда. У больных с ОИМ МРТ можно использовать для определения размера инфаркта и сохраненного миокарда, МСО, ИМК, т.е. основных прогностически значимых маркеров повреждения [6, 7].

Визуализированные при МРТ размеры зон инфаркта вычислялись в граммах или в процентах от массы ЛЖ. Локальное контрастирование способно обнаруживать даже небольшие области некроза, что позволяет выявить субэндокардиальный инфаркт, составляющий по массе всего лишь 1 г [8]. В настоящем исследовании масса рубцовой ткани в группе лиц с ФВ 40-49% оказалась в 3,4 раза больше, а в группе ФВ <40% в 5,8 раз, чем у больных с сохраненной с ФВ.

Постишемическое повреждение миокарда является морфологически неоднородным. В его структуру помимо ядра инфаркта входит ПГЗ — участок, граничащий с неповрежденным миокардом, состоящий из некротизированных, ишемизированных и интактных кардиомиоцитов [9]. В настоящей работе пациенты с умеренно сниженной ФВ характеризовались более высокими значениями массы, объема ПГЗ, а также долей пораженной части от общей массы миокарда ЛЖ в отличие от 1 группы. По данным Jensch PJ, et al. (2022), объем ПГЗ >14 мл являлся предиктором серьезных неблагоприятных сердечных событий, таких как смерть, повторный инфаркт миокарда, стойкая сердечная недостаточность в течение одного года после ОИМ. Таким образом, данный показатель является потенциальным маркером для стратификации риска у пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) [10].

У больных ОИМ с ФВ ЛЖ >50%, перенесших первичное ЧКВ, наличие и выраженность МСО ассоциированы с развитием фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий при 5-летнем наблюдении [11]. Примечательно, что объем МСО $\geq 2,6\%$ от массы ЛЖ улучшил долгосрочную стратификацию риска неблагоприятного исхода после ИМпST по сравнению с такими традиционными показателями МРТ, как объемы и ФВ ЛЖ [12]. Комбинация МСО и ИМК является предиктором снижения ФВ ЛЖ у больных первичным ИМпST. Кроме того, по результатам корреляционного анализа выявлена взаимосвязь между площадью ИМК по МРТ и систолической дисфункцией ЛЖ по ЭхоКГ [13].

Согласно результатам настоящего исследования, пациенты с умеренно сниженной и низкой ФВ имели сопоставимо высокие значения МСО по сравнению с группой ФВ $\geq 50\%$. При этом МСО чаще отмечалась в 3 группе больных. При сравнении ИМК получены более скромные различия. В частности, ИМК чаще выявляли у пациентов с ФВ 40-49%. По количественным характеристикам данного параметра различий не зафиксировано.

При МРТ показателем пространственной распространности инфаркта служит индекс глобального контрастирования [6]. В группе пациентов с высоким индексом глобального контрастирования отмечено увеличение частоты МСО и более высокие значения маркеров некроза миокарда [7]. В нашей работе выраженность систолической дисфункции ассоциировалась с прогрессирующим ухудшением данного параметра. В частности, ФВ <40% характеризовалась максимально высокими значениями индекса глобального контрастирования.

К числу ключевых диагностических биомаркеров, используемых в рутинной клинической практике у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца, относятся кардиоспецифические изоформы тропонинов и натрийуретические пептиды. Тропонин I рекомендуется определять как для диагностики повреждения миокарда при остром коронарном синдроме, так и оценки риска неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в общей популяции [14]. В исследовании Мочулы О. В. и др. (2022) выявлена положительная корреляция между глобальным размером повреждения ЛЖ по данным МРТ и уровнем тропонина I у больных ОИМ [7]. В популяции лиц, не имевших сердечно-сосудистых заболеваний на момент включения в исследование, исходно более высокий N-концевой промозговой натрийуретический пептид оказался связан со снижением ФВ ЛЖ и риском образования рубца в миокарде по МРТ через 10 лет наблюдения [15]. Вполне закономерно нами установлено преобладание как вч тропонина I, так и BNP в группе лиц с ФВ <40%.

Заключение

В настоящей работе наличие систолической дисфункции ЛЖ у пациентов с первичным ОИМ характеризовалось закономерным ухудшением структурных и объемных показателей, снижением эффективности сокращения сердца по данным МРТ.

У лиц с умеренно сниженной и низкой ФВ отмечено преобладание большинства параметров паттерна ишемического повреждения по сравнению с больными с ФВ $\geq 50\%$. Между группами с ФВ 40-49% и <40% зарегистрированы различия только по индексу глобального контрастирования, определяющему трансмуральное поражение.

Выявлены следующие факторы риска снижения систолической функции ЛЖ у больных первичным ОИМ после реваскуляризации: размеры рубцовой ткани, ПГЗ; процент общей зоны инфаркта от массы миокарда; наличие и размеры МСО; масса и объем ИМК,

индексы глобального контрастирования и локальной сократимости, атеротромбоз ПНА, уровень BNP.

Отношения и деятельность. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, проект № 23-25-00381.

Литература/References

1. Polyakov DS, Fomin IV, Belenkov YuN, et al. Chronic heart failure in the Russian Federation: what has changed over 20 years of follow-up? Results of the EPOCH-CHF study. *Kardiologiia*. 2021;61(4):4-14. (In Russ.) Поляков Д. С., Фомин И. В., Беленков Ю. Н. и др. Хроническая сердечная недостаточность в Российской Федерации: что изменилось за 20 лет наблюдения? Результаты исследования ЭПОХА-ХСН. *Кардиология*. 2021;61(4):4-14. doi:10.18087/cardio.2021.4.n1628.
2. Krikunov PV, Vasyuk YuA, Krikunova OV. Predictive value of echocardiography in post myocardial infarction setting. Part 1. *Russian Journal of Cardiology*. 2017;(12):120-8. (In Russ.) Крикунов П. В., Васюк Ю. А., Крикунова О. В. Прогностическая значимость эхокардиографии после острого инфаркта миокарда. Часть 1. *Российский кардиологический журнал*. 2017;(12):120-8. doi:10.15829/1560-4071-2017-12-120-128.
3. Kwok CS, Bachmann MO, Mamas MA, et al. Effect of age on the prognostic value of left ventricular function in patients with acute coronary syndrome: A prospective registry study. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2017;6(2):191-8. doi:10.1177/2048872615623038.
4. Yildiz I, Rencüzoğulları I, Karabağ Y, et al. Predictors of left ventricular ejection function decline in young patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Rev Assoc Med Bras* (1992). 2022;68(6):802-7. doi:10.1590/1806-9282.20220033.
5. Pozo E, Sanz J. Imaging Techniques in the Evaluation of Post-infarction Function and Scar. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67(9):754-64. doi:10.1016/j.rec.2014.04.009.
6. Souto ALM, Souto RM, Teixeira ICR, et al. Myocardial Viability on Cardiac Magnetic Resonance. *Arq Bras Cardiol*. 2017;108(5):458-69. doi:10.5935/abc.20170056.
7. Mochula OV, Sulejmanova AS, Sukhareva AE, et al. Relationship between the degree of myocardial damage according to contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging and laboratory data in patients with acute myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(11):5226. (In Russ.) Мочула О. В., Сулейманова А. С., Сухарева А. Е. и др. Взаимосвязь степени повреждения миокарда по данным магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием и лабораторных данных у пациентов с острым инфарктом миокарда. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(11):5226. doi:10.15829/1560-4071-2022-5226.
8. Locca D, Bucciarelli-Ducci C, Ferrante G, et al. New universal definition of myocardial infarction applicable after complex percutaneous coronary interventions? *JACC Cardiovasc Interv*. 2010;3(9):950-8. doi:10.1016/j.jcin.2010.06.015.
9. Robbers LFHJ, Delewi R, Nijveldt R, et al. Myocardial infarct heterogeneity assessment by late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance imaging shows predictive value for ventricular arrhythmia development after acute myocardial infarction. *European Heart Journal — Cardiovascular Imaging*. 2013;14(12):1150-8. doi:10.1093/ehjci/jet111.
10. Jensch PJ, Stiermaier T, Reinstadler SJ, et al. Prognostic relevance of peri-infarct zone measured by cardiovascular magnetic resonance in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Int J Cardiol*. 2022;347:83-8. doi:10.1016/j.ijcard.2021.11.017.
11. Galea N, Dacquino GM, Ammendola RM, et al. Microvascular obstruction extent predicts major adverse cardiovascular events in patients with acute myocardial infarction and preserved ejection fraction. *Eur Radiol*. 2019;29(5):2369-77. doi:10.1007/s00330-018-5895-z.
12. Symons R, Pontone G, Schwiter J, et al. Long-Term Incremental Prognostic Value of Cardiovascular Magnetic Resonance After ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: A Study of the Collaborative Registry on CMR in STEMI. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(6):813-25. doi:10.1016/j.jcmg.2017.05.023.
13. Alekseeva YV, Vyshlov EV, Mochula OV, et al. Effect of intramyocardial haemorrhage on structural and functional echocardiographic parameters of myocardium after ST-segment elevation myocardial infarction with. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(12):4032. (In Russ.) Алексеева Я. В., Вышлов Е. В., Мочула О. В. и др. Анализ влияния геморрагического пропитывания миокарда на структурно-функциональные показатели миокарда по данным эхокардиографии у пациентов с первичным инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(12):4032. doi:10.15829/1560-4071-2020-4032.
14. Kontsevaya AV, Myrzammatova AO, Drapkina OM. Biomarkers in predicting cardiovascular risk: new prospects of troponin I. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2020;19(3):2584. (In Russ.) Концевая А. В., Мырзамматова А. О., Драпкина О. М. Биомаркеры в прогнозировании сердечно-сосудистого риска: новые возможности тропонина I. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020;19(3):2584. doi:10.15829/1728-8800-2020-2584.
15. Rahsepar AA, Bluemke DA, Habibi M, et al. Association of Pro-B-Type Natriuretic Peptide With Cardiac Magnetic Resonance-Measured Global and Regional Cardiac Function and Structure Over 10 Years: The MESA Study. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(8):e019243. doi:10.1161/JAHA.120.019243.