

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА

Терновой С.К.^{1,2}, Стукалова О.В.¹, Уельхази У.², Сухинина Т.С.¹, Певзнер Д.В.¹

¹ ФГБНУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, Москва, Россия

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

Аннотация

Введение: Острый инфаркт миокарда (ОИМ) — это сложный процесс, включающий отек, некроз и повреждение микрососудов. Несмотря на успехи реперфузионной терапии, риски осложнений (сердечная недостаточность, летальный исход) остаются высокими из-за различий в течении болезни у разных пациентов. Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография (МРТ) позволяет детально оценить особенности поражения миокарда как в зоне инфаркта, так и в непораженном участке. **Цель исследования:** оценить возможности МРТ с контрастированием и T1-картированием в определении функциональных и морфологических изменений как в зоне поражения, так и в непораженной стенке левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с ОИМ. **Материалы и методы:** обследовано 130 пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (средний возраст 59 лет, 73,8% мужчин). Всем пациентам было проведено чрескожное коронарное вмешательство. МРТ сердца (на томографах 1.5 Тл) выполнялась на 4–8 день острого инфаркта миокарда с оценкой функции ЛЖ (кино-МРТ), отека миокарда (T2-взвешенные изображения), оценкой некроза (отсроченное контрастирование), микрососудистой обструкции, а также T1- и T2-картирование для количественной оценки повреждения миокарда и внеклеточного объема. **Результаты:** средний объем инфаркта левого желудочка составил 14,9%, масса гетерогенной (пограничной) зоны — 21 г. Время релаксации T1 и T2 в зоне инфаркта было достоверно выше, чем в здоровом миокарде, что подтверждает наличие отека и некроза. У пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД) зона микрососудистой обструкции была достоверно больше. У больных с СД, артериальной гипертонией и хронической обструктивной болезнью легких выявлены изменения в непораженной стенке ЛЖ: повышение времени нативной T1-релаксации и внеклеточного объема, что указывает на диффузный фиброз или интерстициальный отек даже вне зоны инфаркта. У диабетиков эти показатели были значимо выше, чем у пациентов без диабета. Большие размеры инфаркта и МСО наблюдались у пациентов с исходной окклюзией (закупоркой) артерии и при позднем восстановлении кровотока (более 3 часов). Поражение передней нисходящей артерии приводило к большему размеру инфаркта по сравнению с другими артериями. Размер инфаркта и наличие микрососудистой обструкции имели сильную обратную корреляцию с фракцией выброса левого желудочка. Пациенты с микрососудистой обструкцией (46% выборки) имели достоверно более низкую ФВ и больший размер инфаркта по сравнению с пациентами без микрососудистой обструкции. **Заключение:** МРТ сердца является ключевым методом для комплексной оценки пациентов с ОИМ. Метод позволяет точно измерить зону некроза, выявить микрососудистую обструкцию, отек и изменения в отдаленном от зоны ОИМ миокарде. Особую ценность представляет выявление изменений в непораженном миокарде у пациентов с диабетом и гипертонией, что может объяснять худший прогноз у этих групп.

Ключевые слова:

острый инфаркт миокарда, магнитно-резонансная томография, параметрическое картирование, микрососудистая обструкция, сахарный диабет.

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE HEART IN PATIENTS WITH ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION

Ternovoy S.K.^{1,2}, Stukalova O.V.¹, Ouelhazi O.², Sukhinina T.S.¹, Pevzner D.V.¹

¹ National Medical Research Center of Cardiology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

Abstract

Introduction: Acute myocardial infarction (AMI) is a complex process involving edema, necrosis, and microvascular damage. Despite the success of reperfusion therapy, the risks of complications (heart failure, death) remain high due to variations in the course of the disease among different patients. Multiparametric magnetic resonance imaging (MRI) allows for a detailed assessment of myocardial damage both in the infarcted area and in the non-infarcted area. **The aim** of the study is to evaluate the capabilities of MRI with contrast enhancement and T1 mapping in identifying functional and morphological changes both in the affected area and in the non-affected wall of the left ventricle (LV) in patients with MI. **Methods:** 130 patients with ST-segment elevation myocardial infarction (mean age 59 years, 73.8% men) were examined. All patients underwent percutaneous coronary intervention. MRI of the heart (on 1.5 T

tomographs) was performed on days 4–8 of acute myocardial infarction with assessment of LV function (cine-MRI), myocardial edema (T2-weighted images), assessment of necrosis (delayed contrast), microvascular obstruction, as well as T1- and T2-mapping for quantitative assessment of myocardial damage and extracellular volume. **Results:** myocardial infarction of the right ventricle was detected in 18% of patients. The average volume of LV infarction was 14.9%, and the mass of the heterogeneous (border) zone was 21 g. The T1 and T2 relaxation times in the infarction zone were significantly higher than in the healthy myocardium, confirming the presence of edema and necrosis. In patients with type 2 diabetes mellitus (DM), the microvascular obstruction (MVO) zone was significantly larger. In patients with DM, AH, and COPD, changes were detected in the non-affected LV wall: an increase in native T1-relaxation time and extracellular volume (ECV), which indicates diffuse fibrosis or interstitial edema even outside the infarct zone. In diabetic patients, these indicators were significantly higher than in patients without diabetes. Larger infarct sizes and MSO were observed in patients with initial arterial occlusion (blockage) and late blood flow restoration (more than 3 hours). Lesions of the anterior descending artery (ADA) led to larger infarctions compared to other arteries. The size of the infarct and the presence of MSO had a strong inverse correlation with the ejection fraction (EF) of the LV. Patients with MSO (46% of the sample) had a significantly lower EF and a larger infarct size compared to patients without MSO. **Conclusion:** Cardiac MRI is a key method for the comprehensive assessment of patients with MI. It allows not only to accurately measure the necrosis zone, but also to identify microvascular obstruction, edema, and changes in the remote myocardium. Of particular value is the identification of changes in the "healthy" myocardium in patients with diabetes and hypertension, which may explain the worse prognosis in these groups.

Keywords:

acute myocardial infarction, magnetic resonance imaging, parametric mapping, microvascular obstruction, diabetes mellitus.

Острый инфаркт миокарда (ОИМ) — это сложный каскад патофизиологических процессов в миокарде: отек, ишемическое повреждение, некроз, реперфузионное повреждение и воспаление [1]. Прижизненная визуализация этих процессов долгое время оставалась недоступной для диагностических методов, применяемых в кардиологии. Магнитно-резонансная томография (МРТ) – метод, позволяющий благодаря методикам T2-взвешенной визуализации (для оценки отека), отсроченного контрастирования (для детекции некроза) и T2*-картирования (для выявления геморрагических осложнений) получить не только точную информацию о локализации и размере поражения, но и подробную характеристику острого инфаркта [2]. Это может помочь врачам провести дифференциальную диагностику у пациентов с инфарктом миокарда без обструктивного поражения коронарных артерий (ИМБОКА), а также выявить неишемические причины повреждения миокарда (острый миокардит, синдром Такоцубо и другие состояния) [3].

Несмотря на значительные успехи в лечении острого инфаркта миокарда, достигнутые благодаря внедрению современных методов реперфузии, в первую очередь, эндоваскулярного лечения, частота развития сердечной недостаточности, фатальных аритмий и летальных исходов в постинфарктном периоде остается высокой. Одной из ключевых причин этого является различное течение заболевания у разных пациентов, что связано с размером некроза, сложным комплексом патофизиологических процессов, включающих микрососудистое повреждение, реперфузионное поражение и состояние жизнеспособного миокарда. В связи с этим возникает необходи-

мость в более глубоком и персонализированном подходе к оценке структурно-функциональных изменений миокарда. Мультипараметрическая МРТ может служить методом прогнозирования постинфарктного ремоделирования левого желудочка и стратификации риска пациентов после острого инфаркта миокарда.

Цель исследования:

Оценить возможности МРТ в определение функциональных и морфологических изменений зоны поражения и непораженной стенки с помощью МРТ с контрастированием и T1-картирования.

Материалы и методы:

В исследование были включены 130 больных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Исследование выполнялось на 4-8 день от начала болевого приступа, средний возраст пациентов составил 59 ± 10 лет (от 35 до 87 лет), включено 96 мужчин (73,8%) и 34 женщины.

Все пациенты находились под наблюдением врачей отделения неотложной кардиологии Института Клинической Кардиологии им. А.А. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. Академика Е.И. Чазова» Минздрава РФ.

Диагноз ОИМ устанавливали согласно Четвертому Универсальному определению ИМ [3]. Всем больным в течении 2-4 часов после поступления проводилась коронарная ангиография (КАГ) и пЧКВ инфаркт-связанной артерии (ИСА). Во время госпитализации все пациенты проходили клинико-инструментальное обследование, включающее анализы крови, ЭКГ, ЭХО-КГ, холтеровское мониторирование и другие исследования в соответствии с состоянием пациента, необходимые для определения дальнейшей тактики лечения.

На 2-7-е сутки выполнялась МРТ сердца с контрастированием с помощью одного из сверхпроводящих МР-томографов с напряженностью магнитного поля 1.5 Тл (Magnetom Avanto и Magnetom Aera).

Всем пациентам МРТ выполнялась по протоколу, состоящему из бесконтрастной части для оценки функции ЛЖ, выявление отека миокарда в контрастной: с введением гадолиний-содержащего контрастного препарата и выполнения T1-картирования (до и после введения контрастного препарата) и T2-картирования (рис. 1).

Бесконтрастная часть:

- кино МРТ в режиме TRUEFISP или REALTIME в стандартных проекциях (2- и 4-камерная длинные оси, короткая ось ЛЖ) с оценкой КДО ЛЖ, КСО ЛЖ, ФВ, оценкой нарушений локальной сократимости в соответствии с 17-сегментной схемой ЛЖ [4];
- T2-взвешенные изображения в тех же проекциях для определения отека миокарда (наличие отека выявляли при повышении ИС от поврежденных сегментов ЛЖ более чем в 2 раза по сравнению с другими сегментами).

Для проведения контрастной части использо-

вался гадолиний-содержащий контрастный препарат в дозе 0.15 ммоль/кг веса больного.

Контрастная часть включала: раннее контрастирование (через 2 минуты после внутривенного введения контрастного препарата) в отсроченное контрастирование (через 10-20 минут после внутривенного введения контрастного препарата).

Помимо стандартного обследования, для оценки состояния здорового миокарда в протокол МРТ сердца включено картирование миокарда:

- T1-картирование (до и через 10 минут после введения контрастного препарата);
- T2-картирование.

Участки, накопившие контрастный препарат, расценивались как зоны острого или хронического повреждения миокарда (в зависимости от наличия отека по данным T2-взвешенных изображений). Отдельно оценивали наличие накопления контрастного препарата в миокарде правого желудочка и папиллярных мышц. Зоны сниженной интенсивности МР-сигнала, расположенные внутри области, накопившей контрастный препарат, расценивались как зоны микрососудистой обструкции (МСО) (рис. 2).

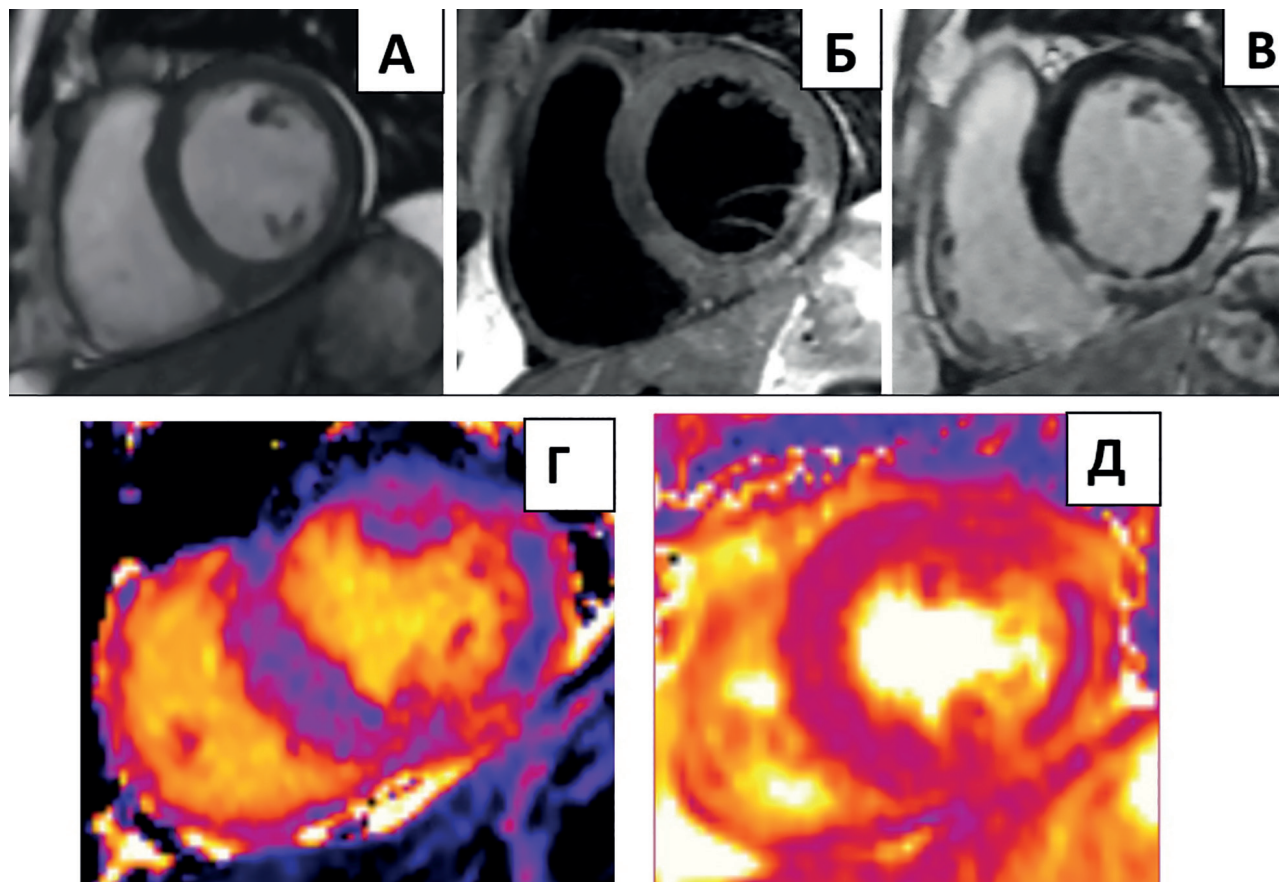


Рис. 1. Импульсные последовательности, входящие в протокол исследования.

А – Д: МРТ сердца, короткая ось левого желудочка. А – кино-МРТ; Б – T2-взвешенное изображение; В – МРТ с контрастированием, отсроченное контрастирование; Г – T1-картирование; Д – T2-картирование

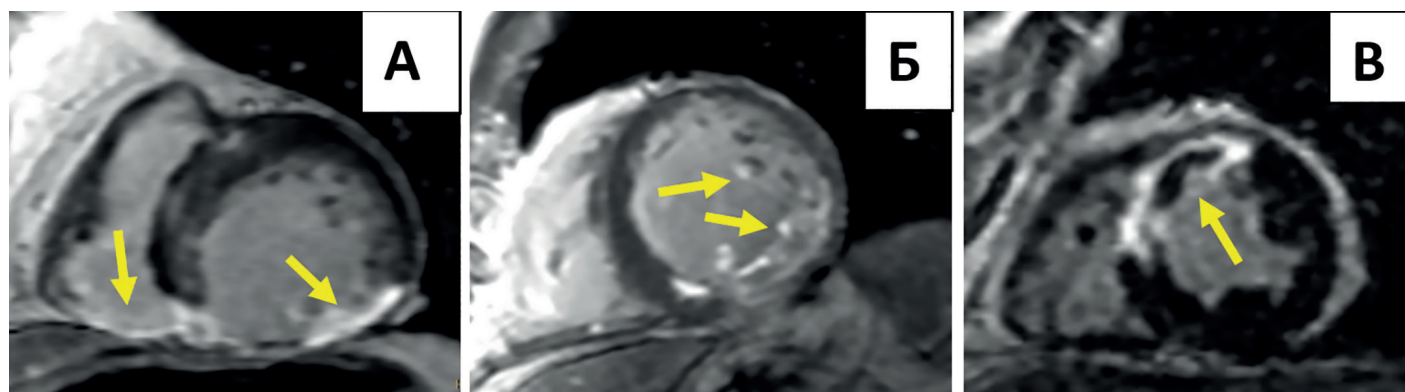


Рис. 1. МРТ-сердца, отсроченное контрастирование, короткая ось левого желудочка.

А – накопление контрастного препарата в миокарде левого и правого желудочков (стрелки); Б – патологическое контрастирование пучков задней и передней папиллярной мышц (стрелки); В – микрососудистая обструкция в центральных отделах зоны инфаркта миокарда в межжелудочковой перегородке (стрелка)

Для оценки функционального и структурного состояния сердца использовалась программа CVI-42 (circle cardiovascular imaging). С помощью программы оценивались следующие параметры: показатели функции ЛЖ (КДОЛЖ, ФВ ЛЖ), локализация и размер зоны инфаркта миокарда, наличие и размер зоны МСО. Кроме того, проводился тканевой анализ миокарда: на основе анализа интенсивности МР-сигнала в зоне повреждения выделялась доля некроза (более 5 стандартных отклонений в сравнении с неповрежденным миокардом) и гетерогенная зона (от 2 до 5 стандартных отклонений). Оценивались масса некроза и масса гетерогенной зоны, а также их доля относительно массы миокарда ЛЖ.

Структурные и функциональные изменения миокарда ЛЖ у больных с ОИМ

ИМ правого желудочка (ПЖ) был выявлен у 24 больных (18%). Все больные, имеющие признаки ИМ ПЖ, имели в анамнезе ИБС, инфаркт-связанной артерией (ИСА) у 20 больных (15%) была правая коронарная артерия (ПКА), у 4 (3%) – передняя нисходящая артерия (ПНА).

При анализе количественных характеристик зоны инфаркта миокарда было установлено, что объемный процент зоны ИМ в миокарде ЛЖ (%ИМ) составил 14,9% [8,8;20,8] с разбросом от 1% до 45%. Масса зоны ИМ (ИМмасс) составила 16,0 г [8,0;24,25], с разбросом от 1,0 до 53,0 г. Масса гетерогенной зоны (ГЗ) составила 21 г [17;27] с разбросом от 7 до 75 г, объемный процент ГЗ в миокарде ЛЖ (%СЗ) – 18,00% [15,415;23,00] с разбросом от 7 до 27,8%. Масса зоны МСО составила 11,8 г [9,5;13,7] с разбросом от 5,6 до 22,9 г.

Время T1-релаксации в зоне ОИМ составило

1266 ± 75 мс, вне зоны – 1022 ± 36 мсек, T2-релаксации в зоне поражения – 90 ± 13, вне зоны – 49 ± 9 мсек. Время и продольной (T1-) и поперечной (T2) релаксации в пораженном и неповрежденном миокарде достоверно отличались ($p < 0,05$).

Основные МР-характеристики ОИМ: взаимосвязь с клиническими характеристиками

Были проанализированы различия основных МРТ характеристик пациентов с ОИМ в группах больных с различными клиническими характеристиками: пол, возраст, курение, наличие сахарного диабета (СД), наличие артериальной гипертензии (АГ), наличие хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), наличие ишемической болезни сердца (ИБС) в анамнезе. Анализ функциональных показателей, структуры поражения не показал достоверных отличий (таблица 1), за исключением больных с СД. У которых зона МСО была достоверно больше. При анализе показателей картирования были выявлены различия во времени T1-релаксации неповрежденной стенки ЛЖ (таблица 1) у больных с ХОБЛ, АГ, СД.

Нами не было найдено достоверных отличий количественных характеристик зоны инфаркта миокарда, полученных при картировании миокарда. В то время, как характеристики неповрежденной зоны в этих группах значимо отличались по временам T1-релаксации, хотя у всех выделенных групп были сравнимы с полученными в группе здоровых лиц (таблица 2).

Разницы времени релаксации T1- неповрежденного миокарда ЛЖ для других клинических характеристик (пол, возраст, длительность СД, наличие ИБС) при бесконтрастном T1-картировании выявлено не было.

Таблица 1

Сравнение характеристик зоны ОИМ в зависимости от клинических характеристик пациентов

	Размер ОИМ	р	Масса зоны МСО	р
Мужской пол	16,0±11,4	0,5	13,3±8,6	0,4
АГ	18,7±12	0,23	5,5±7,0	0,07
Ожирение (ИМТ >30кг\м²)	17,9±10,0	0,65	1,8±7,6	0,46
Курение	14,7±11	0,3	10,3±7,7	0,2
СД2	13,3±10,6	0,9	11,9±9,2	0,05

Таблица 2

Время релаксации T1 непораженной стенки ЛЖ у больных с различными клиническими характеристиками

Показатель	Категории	BP T1 непораженной стенки ЛЖ			р
		М ± SD	95% ДИ	n	
ХОБЛ	нет ХОБЛ	984,74 ± 30,08	936,88 – 1032,60	78	0,031*
	есть ХОБЛ	1024,13 ± 35,34	1016,46 – 1031,80	10	
АГ	есть АГ	1028,17 ± 34,49	1019,48 – 1036,86	76	0,015*
	нет АГ	1007,66 ± 35,96	992,81 – 1022,50	12	
Курение	курит	1022,53 ± 38,73	1009,42 – 1035,63	36	0,968
	не курит	1022,21 ± 34,24	1012,68 – 1031,75	52	
СД	СД (-)	1017,12 ± 35,96	1006,68 – 1027,57	48	0,049*
	СД (+)	1028,60 ± 35,32	1017,31 – 1039,90	40	

Таблица 3

Сравнение МРТ-характеристик больных с МСО и без МСО

Показатель	Наличие МСО (n = 60)	Зоны МСО нет (n = 70)	Р
Масса инфаркта миокарда, %	15,5 ± 7,2	8,0 ± 5,2	0,00001
Масса СЗ, %	18 ± 8,2	21,0 ± 5,6	0,23
BP T1, мс	1012 ± 46	1017 ± 34	0,07
GD BP T1, мс	1266 ± 75	21,0 + 5,6	0,78
BP T1 инфаркта миокарда, мс	492 ± 56	462 ± 44	0,045
GD BP T1 инфаркта миокарда, мс	328 ± 71	367 ± 45	0,056
ФВО, %	29 ± 12	27 ± 10	0,07
ФВО инфаркта миокарда, %	57 ± 16	49 ± 14	0,03

При сравнении внеклеточного объема (ВКО, или ECV) здорового миокарда и инфарктной зоны установлены статистически значимые различия между группой пациентов с СД и без него: для пациентов с ОИМ и СД данный показатель был выше и в сохранном миокарде, и в инфарктной зоне: 24% [22–27] для пациентов без СД и 28% [24–30] для пациентов с СД ($p = 0,002$) и 48% [40–58] для пациентов без СД и 58% [50–61] для пациентов с СД ($p = 0,016$) соответственно.

Отдельно было проанализировано наличие корреляционной связи между клиническими характеристиками больных и количественными характеристиками зоны поражения. Не было выявлено взаимосвязи размеров инфаркта миокарда, зоны микрососудистой обструкции с основными клиническими характеристиками больных (пол, наличие гипертонической болезни, курение). Была найдена положительная умеренной силы корреляция наличия зоны микрососудистой обструкции с наличием СД ($r = 0,46$, $p = 0,04$).

Было проведено сравнение показателей МРТ и состояния коронарного русла и особенностей восстановления коронарного кровотока. Больные с окклюзией инфаркт-связанной артерии имели достоверно больший размер зоны инфаркта по сравнению с больными, у которых инфаркт-связанная артерия была проходима ($17,6 \pm 7,8\%$ и $12,2 \pm 4,9$, $p = 0,0076$), зоны микрососудистой обструкции ($8,7 \pm 5,0$ и $9,1 \pm 3,9$, $p = 0,009$) также достоверно чаще встречались у больных с полной окклюзией коронарной артерии (87% и 33%, $p = 0,022$).

При анализе взаимосвязи размера ИМ и инфаркт-связанной артерии поражение ПНА по сравнению с ПКА и огибающей артерией (ОА) коррелировало с увеличением размера ИМ ($p = 0,04$).

Кроме того, размеры зоны ОИМ и микрососудистой обструкции были достоверно больше в группе больных с поздним восстановлением кровотока ($18,0 \pm 2,3\%$ и $11,3 \pm 1,9\%$).

Отдельно было проанализировано наличие корреляционной связи между клиническими характеристиками больных и количественными характеристиками зоны поражения. Не было выявлено взаимосвязи размеров инфаркта миокарда, зоны МСО с основными клиническими характеристиками больных (пол, наличие ГБ, курение).

При анализе взаимосвязи клинических характеристик пациентов и показателей анализа структуры поражения было выявлено влияние на риск развития МСО размера инфаркта миокарда (ОР 2,81, ДИ 1,38–5,72, $p = 0,0004$) и наличия СД (ОР=1,9, ДИ 1,1–3,26, $p = 0,012$).

Взаимосвязь характеристик ОИМ и функции ЛЖ

Показатели, характеризующие функцию ЛЖ, были взаимосвязаны с выраженностью поражения миокарда ЛЖ.

Объемный процент и масса инфаркта миокарда коррелировали с ФВ ЛЖ ($r = -0,53$, $p < 0,001$, $r = -0,52$, $p < 0,001$), соответственно. Объем и масса СЗ также коррелировали с ФВ ЛЖ ($r = -0,44$, $p < 0,001$, $r = -0,44$, $p < 0,001$), соответственно.

Мы отдельно сравнили две группы больных: с признаками МСО ($n = 60$, 46%) и без признаков МСО ($n = 70$, 54%). Количественные характеристики зоны поражения между этими группами достоверно отличались по размеру ОИМ, ВР Т1 как до, так и после введения контрастного препарата в зону поражения, но не были различны по характеристикам непораженной стенки ЛЖ и размеру гетерогенной зоны (таб.3).

Обсуждение результатов

Исследование не выявило взаимосвязи между структурными характеристиками зоны ОИМ (размер инфаркта, гетерогенная зона, МСО) и клинико-anamnestическими данными пациентов (пол, возраст, АГ, курение, ожирение), что согласуется с предыдущими работами нашего центра [5].

В выполненном исследовании получены значимые различия функциональных и структурных характеристик, связанные с наличием сахарного диабета 2 типа, что подтверждает результаты других работ, анализирующих клинические данные [6]. У пациентов с СД исходно большие КСО и КДО ЛЖ, что, может обуславливать меньший резерв миокарда к восстановлению после ишемии [7]. Исследования, изучающие течение ОИМ у больных с СД, в том числе с применением различных методик кардиовизуализации, противоречивы [8–10]. Исследования инфарктной зоны у пациентов с СД и ОИМ с применением МРТ сердца отсутствуют. В нашем исследовании впервые с применением МРТ показано, что у пациентов с СД 2 типа объем инфаркта достоверно больше, как за счет зоны некроза, так и за счет увеличения массы гетерогенной зоны.

Важным результатом работы является выявление изменений неповрежденной стенки ЛЖ у больных с такими заболеваниями, как артериальная гипертония, хроническая обструктивная болезнь легких, сахарный диабет. При сахарном диабете зафиксировано увеличение нативного времени релаксации Т1 и ВКО, что связывают с интерстициальным отеком и фиброзом [11–13]. Данные по АГ противоречивы: большинство работ

демонстрируют увеличение Т1 и ВКО независимо от наличия гипертрофии миокарда [14-16], однако некоторые исследователи отмечают изменения лишь при гипертрофии ЛЖ [17], а в работе Treibel Т.А. и соавт. получены обратные результаты [18]. Безусловно, эта проблема требует дальнейшего изучения, так как полученные результаты МРТ могут в дальнейшем использоваться для прогнозирования тяжести течения ОИМ у больных с таким распространенным заболеванием, как АГ, и, следовательно, назначать персонифицированную терапию, в том числе превентивную.

Ключевым фактором, определяющим размер инфаркта и МСО, остается время реперфузии. Согласно классическим работам Reimer К.А. и Jennings R.B., к 40-й минуте окклюзии некрозу подвергается 50% миокарда в зоне ишемии, к 3 часам сохраняет жизнеспособность лишь 1/3 миокарда, а к 6 часам процесс некроза практически завершается. Достижение оптимальной реперфузии (TIMI III) в течение 90 мин от начала симптомов значительно снижает смертность. В нашем исследовании время ЧКВ более 3 часов ожидало увеличивало размер инфаркта и МСО, однако размер инфаркта был меньше в подгруппе с исходно неполной окклюзией ИСА (TIMI 2-3) [19].

МСО – один из наиболее значимых предикторов как неблагоприятного исхода ОИМ, так и патологического ремоделирования. Метаанализ Namirani YS и соавт. (2014 г.) показал, что наличие МСО, как на изображениях раннего, так и отсроченного контрастирования, связано в острую фазу ИМ с более низкой ФВ и большим КДО, а также с неблагоприятными исходами болезни и патологическим ремоделированием в более поздние сроки после ИМ [20]. В нашем исследовании пациенты с МСО также отличались более низкой ФВ по сравнению с больными, у которых МСО отсутствовала, разница ФВ была достоверная. Кроме того, размер МСО был связан обратной корреляционной связью с ФВ в острую фазу ОИМ.

Заключение

Выполненная работа подчеркивает ключевую роль МРТ в комплексной оценке пациентов с ОИМ. Метод позволяет не только точно количественно оценить зону некроза и необратимого повреждения (LGE), но и выявить дополнительные патологические процессы (отек, МСО), каждый из которых может вносить вклад в прогноз пациента. Понимание точных механизмов, определяющих размер инфаркта и характер ремоделирования у конкретного пациента, открывает возможности для выявления пациентов с высоким риском

неблагоприятного ремоделирования (например, с признаками МСО или диффузного фиброза в отдаленных сегментах) для более интенсивного наблюдения и лечения. Использование современных возможностей МРТ позволяет не только уточнить прогностическое значение различных феноменов (МСО, гетерогенная зона, изменения «отдаленного» миокарда), но и приблизиться к разработке персонализированного подхода к ведению пациентов с острым инфарктом миокарда.

Литература

1. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2024. / Аверков О. В., Арутюнян Г. К., Дупляков Д. В. [и др.] – doi: 10.15829/1560-4071-2025-6306. EDN IVJCUK // Российский кардиологический журнал. 2025; 30(3):6306
2. Роль магнитно-резонансной томографии сердца в определении прогноза больных с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Часть 1. Показания и противопоказания к исследованию. основные методики. / Тереничева М.А., Стукалова О.В., Шахнович Р.М., Терновой С.К. //Терапевтический архив. 2021. Т. 93. № 4. С. 497-501. DOI: 10.26442/00403660.2021.04.200687.
3. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018) / K. Thygesen, J. S. Alpert, A. S. Jaffe [et al.] – DOI 10.1016/j.jacc.2018.08.1038 // Journal of the American College of Cardiology. – 2018. – Vol. 72, N 18. – P. 2231–2264.
4. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association / M. D. Cerqueira, N. J. Weissman, V. Dilsizian [et al.] – DOI 10.1161/hc0402.102975 // Circulation. – 2002. – Vol. 105, N 4. – P. 539–542/
5. Взаимосвязь клинических и лабораторных показателей с развитием прогностически неблагоприятных характеристик инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST по данным магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием / Тереничева М.А., Шахнович Р.М., Стукалова О.В. [и др.] // Кардиология. – 2021. Т. 61. № 1. С. 44-51. DOI
6. Comparison of outcomes and prognosis of patients with versus without newly diagnosed diabetes mellitus after primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction (the HORIZONS-AMI Study) / K. Ertelt, S. J. Brener, R. Mehran [et al.] – DOI 10.1016/j.amjcard.2017.03.016 // The American journal of cardiology. – 2017. – Vol. 119, N 12. – P. 1917–1923.
7. Особенности характеристик миокарда пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST и сахарным диабетом по данным

- магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием / О. В. Стукалова, Ю. О. Шалагинова, Р. М. Шахнович [и др.] – DOI 10.21518/at2023-001 // Атеротромбоз. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 58–72
8. Effect of diabetes on scintigraphic infarct size in STEMI patients undergoing primary angioplasty / G. De Luca, G. Parodi, R. Sciagrà [et al.] – DOI 10.1002/dmrr.2620 // Diabetes/metabolism research and reviews. – 2015. – Vol. 31, N 3. – P. 322–328.
 9. Comparison of myocardial reperfusion in patients undergoing percutaneous coronary intervention in ST-segment elevation acute myocardial infarction with versus without diabetes mellitus (from the EMERALD Trial) / S. P. Marso, T. Miller, B. D. Rutherford [et al.] – DOI 10.1016/j.amjcard.2007.02.080 // The American journal of cardiology. – 2007. – Vol. 100, N 2. – P. 206–210.
 10. Infarct size, ejection fraction, and mortality in diabetic patients with acute myocardial infarction treated with thrombolytic therapy / J. R. Alegria, T. D. Miller, R. J. Gibbons [et al.] – DOI 10.1016/j.ahj.2007.06.020 // American heart journal. – 2007. – Vol. 154, N 4. – P. 743–750
 11. Evaluation of myocardial fibrosis in diabetes with cardiac magnetic resonance T1-mapping: Correlation with the high-level hemoglobin A1c / Y. Gao, Z. G. Yang, Y. Ren [et al.] – DOI 10.1016/j.diabres.2019.03.004 // Diabetes research and clinical practice. – 2019. – Vol. 150. – P. 72–80.
 12. Increased myocardial extracellular volume assessed by cardiovascular magnetic resonance T1 mapping and its determinants in type 2 diabetes mellitus patients with normal myocardial systolic strain / Y. Cao, W. Zeng, Y. Cui [et al.] – DOI 10.1186/s12933-017-0651-2 // Cardiovascular diabetology. – 2018. – Vol. 17, N 1. – 7.
 13. Left ventricular subclinical myocardial dysfunction in uncomplicated type 2 diabetes mellitus is associated with impaired myocardial perfusion: a contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance study / X. Liu, Z. G. Yang, Y. Gao [et al.] – DOI 10.1186/s12933-018-0782-0 // Cardiovascular diabetology. – 2018. – Vol. 17, N 1. – 139
 14. Comprehensive characterisation of hypertensive heart disease left ventricular phenotypes / J. C. Rodrigues, A. M. Amadu, A. G. Dastidar [et al.] – DOI 10.1136/heartjnl-2016-309576 // Heart. – 2016. – Vol. 102, N 20. – P. 1671–1679.
 15. Extracellular volume by cardiac magnetic resonance is associated with biomarkers of inflammation in hypertensive heart disease / J. A. Pan, E. Michaëlsson, P. W. Shaw [et al.] – DOI 10.1097/HJH.0000000000001875 // Journal of hypertension. – 2019. – Vol. 37, N 1. – P. 65–72.
 16. Comprehensive echocardiographic and cardiac magnetic resonance evaluation differentiates among heart failure with preserved ejection fraction patients, hypertensive patients, and healthy control subjects / I. R. Mordi, S. Singh, A. Rudd [et al.] – DOI 10.1016/j.jcmg.2017.05.022 // JACC. Cardiovascular imaging. – 2018. – Vol. 11, N 4. – P. 577–585
 17. Hypertrophic cardiomyopathy and left ventricular hypertrophy in hypertensive heart disease with mildly reduced or preserved ejection fraction: insight from altered mechanics and native T1 mapping / L. M. Wu, D. L. An, Q. Y. Yao [et al.] – DOI 10.1016/j.crad.2017.04.019 // Clinical radiology. – 2017. – Vol. 72, N 10. – P. 835–843.
 18. Extracellular volume quantification in isolated hypertension - changes at the detectable limits? / T. A. Treibel, F. Zemrak, D. M. Sado [et al.] – DOI 10.1186/s12968-015-0176-3 // Journal of cardiovascular magnetic resonance. – 2015. – Vol. 17, N 1. – 74.
 19. Взаимосвязь структурных изменений миокарда у больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST по данным контрастной МРТ с особенностями коронарного поражения и временем реперфузионной терапии / М. А. Тереничева, Р. М. Шахнович, О. В. Стукалова [и др.] – DOI 10.21569/2222-7415-2021-11-1-114-124 // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 114–124.
 20. Effect of microvascular obstruction and intramyocardial hemorrhage by CMR on LV remodeling and outcomes after myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis / Y. S. Hamirani, A. Wong, C. M. Kramer, M. Salerno – DOI 10.1016/j.jcmg.2014.06.012 // JACC. Cardiovascular imaging. – 2014. – Vol. 7, N 9. – P. 940–952.

Контакты авторов:

Стукалова Ольга Владимировна
e-mail: olgastukalova@mail.ru

Конфликт интересов: отсутствует

Получена (Received) 13.05.2026

Принята в печать (Accepted) 20.06.2026