

ISSN 2311-4495
ISSN 2410-5155 (Online)
УДК 616.127-005.8-036.1-07-073
<https://doi.org/10.18705/2311-4495-2025-12-5-453-462>

Взаимосвязь структурных особенностей постинфарктного миокарда и нарушения сердечного ритма

Е. В. Аверьянова, Н. А. Донецкая, Н. С. Плаксин,
В. Э. Олейников

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

Контактная информация:

Аверьянова Елена Владимировна,
ФГБОУ ВО «ПГУ»,
ул. Красная, д. 40, Пенза, Россия, 440026.
E-mail: averyanova-elena90@bk.ru

Резюме

Актуальность. Трансформация морфологии постинфарктного миокарда меняет электрические характеристики сердечной мышцы, повышая риск развития жизнеопасных аритмий. **Цель исследования** состояла в сопоставлении структурных и электрических особенностей сердечной мышцы у постинфарктных больных. **Материалы и методы.** Участниками исследования стали 105 (85,4 %) больных, перенесших ИМ, в возрасте $56,7 \pm 8,4$ года. Через 6 месяцев после ИМ пациентам выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца (томограф GE SIGNA Voyager, GE HealthCare, США) с введением контраста — гадолиновой кислоты. Через 6 и 12 месяцев после ИМ пациентам проводилось многосуточное мониторирование электрокардиограммы (ММЭКГ) в течение 72 часов. **Результаты.** По данным ММЭКГ неустойчивые пароксизмы ЖТ зарегистрированы у 9 (6,8 %) больных. С частой ($>30/ч$) желудочковой экстрасистолией (ЖЭ) коррелировали процент рубцовой зоны — $r=0,679$ ($p=0,0101$), масса гетерогенной зоны — $r=0,721$ ($p=0,00951$). Установлена ассоциация между полиморфной ЖЭ с наличием участков микрососудистой обструкции $r=0,812$ ($p=0,0095$) и интрамиокардиального кровоизлияния $r=0,798$ ($p=0,0114$). Большинство параметров вегетативной регуляции и турбулентности сердечного ритма показали умеренную отрицательную взаимосвязь с массой рубца. По данным однофакторного регрессионного анализа установлены маркеры риска неустойчивой ЖТ: масса рубцовой зоны, конечный диастолический размер, наклон турбулентности, параметр вариабельности SDNN. **Заключение.** Предикторами неустойчивых пробежек желудочковых тахикардий в течение 12 месяцев после перенесенного инфаркта миокарда являются масса рубцовой зоны, значения конечного диастолического размера левого желудочка, значения наклона турбулентности и параметра вариабельности SDNN.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, аритмии, магнитно-резонансная томография сердца, многосуточное мониторирование электрокардиограммы, электрическая нестабильность миокарда, миокардиальный фиброз

Для цитирования: Аверьянова Е.В., Донецкая Н.А., Плаксин Н.С., Олейников В.Э. Взаимосвязь структурных особенностей постинфарктного миокарда и нарушения сердечного ритма. *Трансляционная медицина*. 2025;12(5):453-462. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2025-12-5-453-462>; <https://elibrary.ru/UDMDRH>

The relationship between the structural features of postinfarction myocardium and cardiac arrhythmias

Elena V. Averyanova, Natalia A. Donetskaya, Nikita S. Plaksin,
Valentin E. Oleinikov

Federal state Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Penza State University”, Penza, Russia

Corresponding author:

Elena V. Averyanova,
Penza State University,
40 Krasnaya str., Penza, Russia, 440026.
E-mail: averyanova-elena90@bk.ru

Abstract

Background. Transformation of the morphology of the post-infarction myocardium changes the electrical characteristics of the heart muscle, increasing the risk of life-threatening arrhythmias. **Objective.** The aim of the study was to compare the structural and electrical features of the heart muscle in post-infarction patients. **Design and methods.** The study participants were 105 (85.4 %) patients who had suffered an MI, aged 56.7±8.4 years. Six months after the MI, the patients underwent cardiac magnetic resonance imaging (MRI) (GE SIGNA Voyager tomograph, GE HealthCare, USA) with the introduction of a contrast agent — gadoteric acid. Six and 12 months after the MI, the patients underwent multi-day electrocardiogram monitoring (MMEKG) for 72 hours. **Results.** According to MMEKG, unstable paroxysms of VT were registered in 9 (6.8 %) patients. Frequent (>30/h) ventricular extrasystoles (VE) were correlated with the percentage of scar zone — $r=0.679$ ($p=0.0101$), the mass of the heterogeneous zone — $r=0.721$ ($p=0.00951$). An association was established between polymorphic VE with the presence of areas of microvascular obstruction $r=0.812$ ($p=0.0095$) and intramyocardial hemorrhage $r=0.798$ ($p=0.0114$). Most parameters of autonomic regulation and heart rate turbulence showed a moderate negative relationship with the scar mass. According to the data of univariate regression analysis, risk markers of unstable VT were established: scar zone mass, end-diastolic size, turbulence slope, SDNN variability parameter. **Conclusion.** Predictors of unstable runs of ventricular tachycardias within 12 months after myocardial infarction are the mass of the scar zone, the values of the left ventricular end-diastolic diameter, the values of the turbulence slope and the SDNN variability parameter.

Keywords: myocardial infarction, arrhythmias, cardiac magnetic resonance imaging, multi-day electrocardiogram monitoring, electrical instability of the myocardium, myocardial fibrosis

For citation: Averyanova EV, Donetskaya NA, Plaksin NS, Oleinikov VE. The relationship between the structural features of postinfarction myocardium and cardiac arrhythmias. *Translational Medicine*. 2025;12(5):453-462. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2025-12-5-453-462>; <https://elibrary.ru/UDMDRH>

Список сокращений: АВ — атриовентрикулярный, ВСР — вариабельность сердечного ритма, ДИ — доверительный интервал, ЖНР — жизнеугрожающие нарушения ритма, ЖТ — желудочковая тахикардия, ИМ — инфаркт миокарда, ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, КДО — конечный диастолический объем, КДР — конечный диастолический размер, КСР — конечный систолический

размер, МАТ — микровольтная альтернация зубца Т, ММ ЭКГ — многосуточное мониторирование электрокардиограммы, МРТ — магнитно-резонансная томография, МСО — микрососудистая обструкция, МФ — миокардиальный фиброз, НЖТ — наджелудочковая тахикардия, ОР — отношение рисков, СА — синоатриальный, ТСР — турбулентность сердечного ритма, ФВ — фракция выброса, ХН — хронотропная нагрузка, ЭКГ — электрокардиограмма.

Введение

Постинфарктный период для пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда (ИМ), таит опасности в виде жизнеугрожающих нарушений ритма (ЖНР), являющихся важнейшим механизмом внезапной сердечной смерти. ЖНР часто носят бессимптомный характер и далеко не всегда фиксируются при суточном мониторинге электрокардиограммы (ЭКГ) [1, 2].

Морфологические и электрофизиологические особенности сердечной мышцы неразрывно связаны, что особенно актуально для больных, перенесших ИМ. В постинфарктном миокарде ввиду развития ремоделирования сочетаются участки с различными электрическими свойствами — миокардиальный фиброз (МФ), гибернирующий миокард, зоны гипертрофированной сердечной мышцы. В дополнение к неоднородности структуры после ИМ происходит формирование коллатерального коронарного кровотока, что способствует образованию областей сердечной мышцы с различными метаболическими особенностями [3, 4]. Все это обуславливает электрофизиологическую гетерогенность постинфарктного миокарда, являющуюся субстратом ЖНР по механизму *re-entry*, реже — триггерной активности [4, 5]. Ремоделирование сердечной мышцы после ИМ и формирование аневризмы левого желудочка сопряжены с перерастяжением проводящих путей системы Гиса-Пуркинье и ретардацией трансмембранных потенциалов, пролонгацией фазы реполяризации, что способствует развитию аритмий по механизму постдеполяризационной активности [6].

Современное лечение ИМ невозможно представить без эффективной реваскуляризации. Однако, несмотря на несомненную пользу, момент реперфузии в ряде случаев может усугубить повреждение кардиомиоцитов, вызвать ишемически-реперфузионное повреждение. Патологические механизмы реперфузионных нарушений ритма продолжают активно исследоваться, в их основе лежит образование более сложного субстрата с неоднородными электрофизиологическими свойствами, создающего условия для формирования множественных цепей *re-entry* [7].

В ряде крупных исследований была отмечена ведущая роль МФ в качестве аритмогенного субстрата ЖНР у больных, перенесших ИМ, показана связь между степенью накопления гадолиния в миокарде и наличием желудочковых тахикардий (ЖТ) [8, 9].

Структурная негетерогенность постинфарктного миокарда во главе с МФ меняет электрические характеристики сердечной мышцы, приводя к развитию жизнеугрожающих аритмических событий [9]. Поэтому установление взаимосвязи морфологических особенностей постинфарктного миокарда с нарушениями сердечного ритма и их предикторами

представляет актуальное направление современной кардиологии и заслуживает дальнейшего изучения.

Цель настоящего исследования состояла в сопоставлении морфологических особенностей миокарда и показателей электрической нестабильности у больных, перенесших инфаркт миокарда.

Материалы и методы

Включались пациенты в возрасте 30–70 лет, перенесшие ИМ с подъемом и без подъема сегмента ST, который был подтвержден результатами коронарографии, повышением уровня кардиоспецифических ферментов и результатами эхокардиографического исследования. Критерии не включения: повторный ИМ, несинусовый ритм, наличие в анамнезе хронической сердечной недостаточности III–IV функциональных классов по NYHA, ожирение 2 и 3 степеней, сахарный диабет инсулинозависимый.

На проведение данного одноцентрового проспективного исследования получено одобрение локального этического комитета (протокол № 5 от 28.01.2022).

Включено 123 больных в возрасте $56,7 \pm 8,4$ года, преимущественно мужчины — 115 (93,5 %). Всем участникам выполнено чрескожное коронарное вмешательство со стентированием инфаркт-связанной коронарной артерии, которому у 39 (31,7 %) человек предшествовала системная тромболитическая терапия. Пациенты, принявшие участия в настоящем исследовании, получали лечение в соответствии с клиническими рекомендациями [9].

Через 6 месяцев после ИМ пациентам проводили магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца на томографе GE SIGNA Voyager (GE HealthCare, США) с введением контраста — гадотеровой кислоты, определяли объем, массу рубца, гетерогенной зоны, микрососудистой обструкции (МСО), интрамиокардиального кровоизлияния (ИМК), оценивали индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ), конечный диастолический размер (КДР), конечный диастолический объем (КДО), конечный систолический размер (КСР), конечный систолический объем (КСО), рассчитывали фракцию выброса (ФВ) по методу Simpson. Структурные и функциональные характеристики миокарда изучались в стандартных проекциях, использовались методы T1-, T2- и T2*-картирования. Распределение контрастного вещества оценивали на 7-й и 10-й минутах с использованием программы Circle Cardiovascular Imaging Inc. (CVI42).

На 6-м и 12-м месяцах после острой сердечно-сосудистой катастрофы всем больным при помощи комплекса телеметрической регистрации ЭКГ «АСТРОКАРД-ТЕЛЕМЕТРИЯ» (ЗАО «Медитек», Россия) проводили многосуточное мониторирование ЭКГ (ММ ЭКГ) на протяжении 72 часов.

Фиксировали эпизоды депрессии и элевации сегмента ST, синоатриальные (СА) и атриовентрикулярные (АВ) блокады, экстрасистолию, пробежки тахикардии, пароксизмы фибрилляции предсердий. Оценивали параметры электрической нестабильности — турбулентность сердечного ритма (ТСР), поздние потенциалы желудочков (ППЖ), дисперсию QT, микровольтную альтернацию зубца Т (МАТ), спектральные и временные характеристики вариабельности сердечного ритма (ВСР), хронотропной нагрузки (ХН) на миокард.

В качестве конечной точки считали пробежки ЖТ (≥ 3 комплекса QRS), которые были зарегистрированы по результатам ММ ЭКГ на 6-м и 12-м месяцах постинфарктного периода.

Статистическая обработка проводилась с помощью программы Statistica 13.0 (StatSoftInc., США). Количественные характеристики признаков с нормальным распределением представлены как среднее и его стандартное отклонение. В случае распределения значений признака, отличного от нормального, данные представлялись в виде медианы с 25 % и 75 %-квантилями. При статистической обработке данных

использовали корреляционный анализ Спирмена. Для выявления факторов, влияющих на развитие конечной точки, использовали метод логистического регрессионного анализа с определением относительного риска (ОР) и его 95 % доверительного интервала (ДИ). За порог статистической значимости принимали $p < 0,05$.

Результаты

Участие в исследовании завершили 105 (85,4 %) больных. Причины выбывания: 1 — смерть по причине развития фибрилляции желудочков, 17 — отказ от дальнейшего участия или несоблюдение графика визитов и выполнения процедур протокола исследования.

По результатам ММ ЭКГ (рис. 1), проведенного дважды в течение года после ИМ — на 6-м и 12-м месяцах постинфарктного периода, более чем у половины пациентов фиксировалась полиморфная ЖЭ, у трети — частая ($>30/ч$) ЖЭ и наджелудочковая экстрасистолия, парная ЖЭ выявлена у четвертой части больных, неустойчивые пароксизмы ЖТ зарегистрированы у 9 (6,8 %) человек. Из 69 (51,9 %) пациентов с пробежками наджелудочковой тахикардии (НЖТ) только у 1 (0,8 %) они имели устойчивый характер.

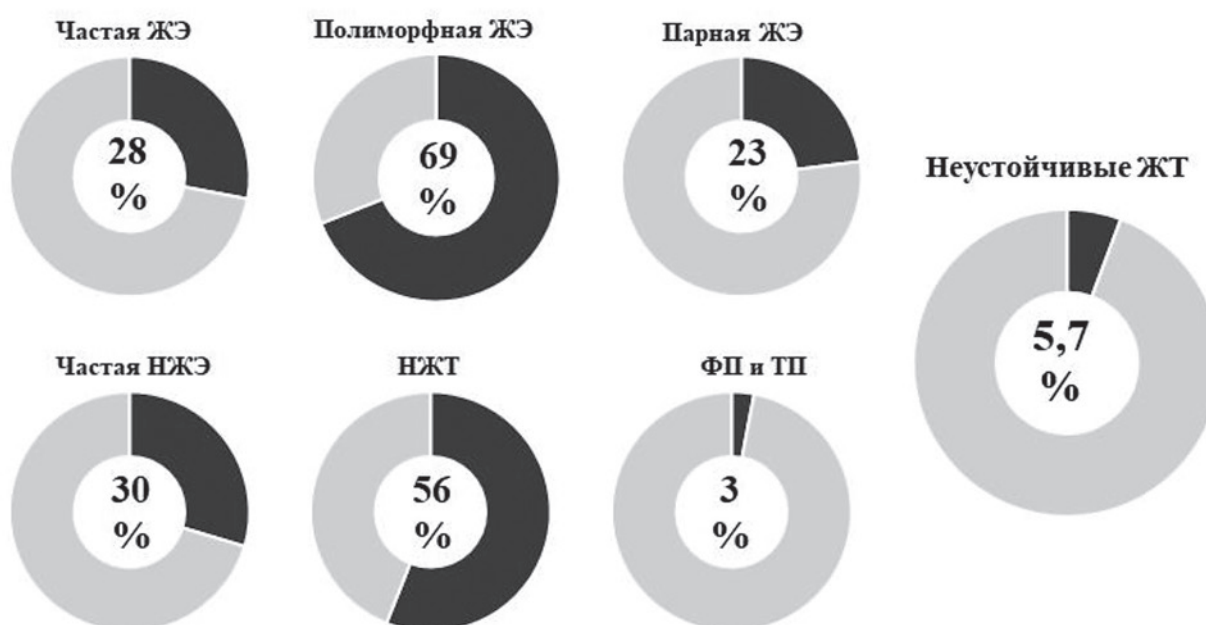


Рис. 1. Структура нарушений сердечного ритма в постинфарктном периоде по данным многосуточного мониторингирования электрокардиограммы через 12 месяцев после инфаркта миокарда

Примечания: ЖТ — желудочковая тахикардия; ЖЭ — желудочковая экстрасистолия; НЖТ — наджелудочковая тахикардия; НЖЭ — наджелудочковая экстрасистолия; ТП — трепетание предсердий; ФП — фибрилляция предсердий.

Figure 1. Structure of cardiac arrhythmias in the post-infarction period according to multi-day electrocardiogram monitoring 12 months after myocardial infarction

Notes: VT — ventricular tachycardia; PVC — premature ventricular contraction; SVT — supraventricular tachycardia; PAC — premature atrial contraction; AFL — atrial flutter; AF — atrial fibrillation.

Постоянная форма трепетания предсердий развилась у 1 (0,8 %) больного, пароксизмы фибрилляции предсердий зафиксированы у 3 (2,3 %). Ишемические изменения сегмента ST по данным ММ ЭКГ выявлены у 24 (18 %) пациентов, у 22 (16,5 %) — эпизоды СА- и АВ-блокад, из которых АВ-блокада 1 ст. — у 4 (3 %) лиц, АВ-блокада 2 ст. — у 4 (3 %), СА-блокада 2 ст. — у 13 (9,7 %), сочетание АВ- и СА-блокад у 1 (0,8 %) больного. Клинически значимая асистолия, продолжительностью более 2000 мсек. на фоне СА-блокады 2 ст., зафиксирована у 1 (0,8 %) пациента.

Сохраненная ФВ (≥ 50 %) была зарегистрирована у 70 пациентов (67 %), умеренно сниженная ФВ (41–49 %) — у 25 человек (24 %), низкая ФВ — у 10 больных (9 %). Основные морфологические характеристики постинфарктного миокарда по данным МРТ сердца с контрастированием представлены в таблице 1.

По данным корреляционного анализа процент рубцовой зоны ассоциировался с частой ($>30/ч$) желудочковой экстрасистолией (ЖЭ) — $r=0,679$, $p=0,0101$. Отмечена высокая корреляция массы гетерогенной зоны с регистрацией частой ЖЭ ($r=0,721$, $p=0,00951$), также имеется заметная взаимосвязь с полиморфной ЖЭ ($r=0,626$, $p=0,00958$).

Установлена взаимосвязь между политопной ЖЭ с наличием участков МСО и ИМК — $r=0,812$ ($p=0,0095$) и $r=0,798$ ($p=0,0114$). Объем этих зон коррелировал с регистрацией частой наджелудочковой экстрасистолии (НЖЭ) в постинфарктном периоде — $r=0,582$ ($p=0,0209$) и $r=0,523$ ($p=0,032$) соответственно.

Значения дисперсии интервала QT коррелировали с наличием МСО и ИМК, массой и объемом зоны МСО (рис. 2).

Нарушенная ТСР выявлена у 44 (42 %) пациентов в постинфарктном периоде, поздние потенциалы

Таблица 1. Морфологические особенности сердца у больных через 6 месяцев после инфаркта миокарда по данным МРТ с контрастированием

Table 1. Morphological characteristics of the heart in patients 6 months after myocardial infarction according to contrast-enhanced MRI

Показатель	Значение
ФВ, %	51,6 \pm 7,94
ИММЛЖ, г/м ³	63,9 \pm 15,7
КДР, мм	47,7 (43,5; 54,8)
КСР, мм	32,7 (28,9; 42,1)
КДО, мл	171,3 \pm 38,5
Масса рубца, г	20,7 (9,87; 33,55)
Объем рубца, мл	19,8 (9,45; 35,02)
Масса рубца, %	17,02 (7,84; 27,59)
Гетерогенная зона, г	11,5 \pm 7,03
Объем гетерогенной зоны, мл	10,99 \pm 6,69
Гетерогенная зона, %	5,81 \pm 3,77
Наличие зоны МСО, n (%)	23 (22 %)
Наличие зоны ИМК, n (%)	14 (13 %)

Примечания: при параметрическом распределении данные представлены в виде $M\pm SD$, при непараметрическом — Me (Q25 %; Q75 %); ИМК — интрамиокардиальное кровоизлияние; ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка; КДО — конечный диастолический объем; КДР — конечный диастолический размер; КСР — конечный систолический размер; МСО — микрососудистая обструкция; МРТ — магнитно-резонансная томография.

Notes: For parametric distribution, data are presented as $M\pm SD$; for non-parametric distribution — as Me (Q25 %; Q75 %); ICH — intramyocardial hemorrhage; LVMI — left ventricular mass index; EDV — end-diastolic volume; EDD — end-diastolic diameter; ESD — end-systolic diameter; MVO — microvascular obstruction; MRI — magnetic resonance imaging.

желудочков — у 4 (3,8 %) лиц, МАТ — у 30 (28,6 %) больных. Обнаружена заметная корреляционная взаимосвязь массы рубцовой зоны с показателем временного анализа ВСП — триангулярный индекс, HRVti ($r=0,598$, $p=0,0109$). Большая часть показателей состояния вегетативной регуляции сердечного ритма демонстрировали умеренно выраженную отрицательную ассоциацию с массой рубца: стандартное отклонение средних величин RR-интервалов — SDNN ($r=-0,469$, $p=0,0089$) и его среднее значение — SDNNi ($r=-0,423$, $p=0,0206$), средний показатель стандартной погрешности для всех синусовых RR-интервалов за каждые 5 минут в течение суток — SDANN ($r=-0,384$, $p=0,0304$), корень квадратный суммы разностей последующих интервалов RR — rMSSD ($r=-0,401$, $p=0,0179$), индекс триангулярной интерполяции гистограммы RR-интервалов — TINN ($r=-0,450$, $p=0,0185$), мощность общего спектра — TotP ($r=-0,399$, $p=0,0221$), ультранизкочастотный компонент — ULfP ($r=-0,383$, $p=0,0382$), VLfP ($r=-0,356$, $p=0,0253$) — ультранизкочастотный компонент LfP ($r=-0,379$, $p=0,0285$), HfP

($r=-0,427$, $p=0,0335$). Параметры TSP также продемонстрировали умеренную корреляцию с массой рубцовой зоны: отмечена отрицательная корреляция для наклона турбулентности — TS ($r=-0,532$, $p=0,0077$) и положительная — для начала турбулентности — TO ($r=-0,469$, $p=0,00986$). Каких-либо взаимосвязей параметров вегетативной регуляции сердечной деятельности с массой и объемом гетерогенной области, наличием зон МСО и ИМК не установлено.

Вместе с тем выявлена умеренной силы корреляция между процентом времени нагрузки миокарда повышенной частотой сердечного ритма (T_a , %) в ночные часы и характеристиками рубцовой зоны — массой, объемом и площадью, в то время как другие параметры не продемонстрировали какую-либо ассоциацию с особенностями структуры постинфарктного миокарда (табл. 2).

Таким образом, масса, объем и процент гетерогенной и рубцовой зон в постинфарктном периоде тесно коррелируют с регистрацией желудочковых нарушений ритма — частой ЖЭ, полиморфной ЖЭ,

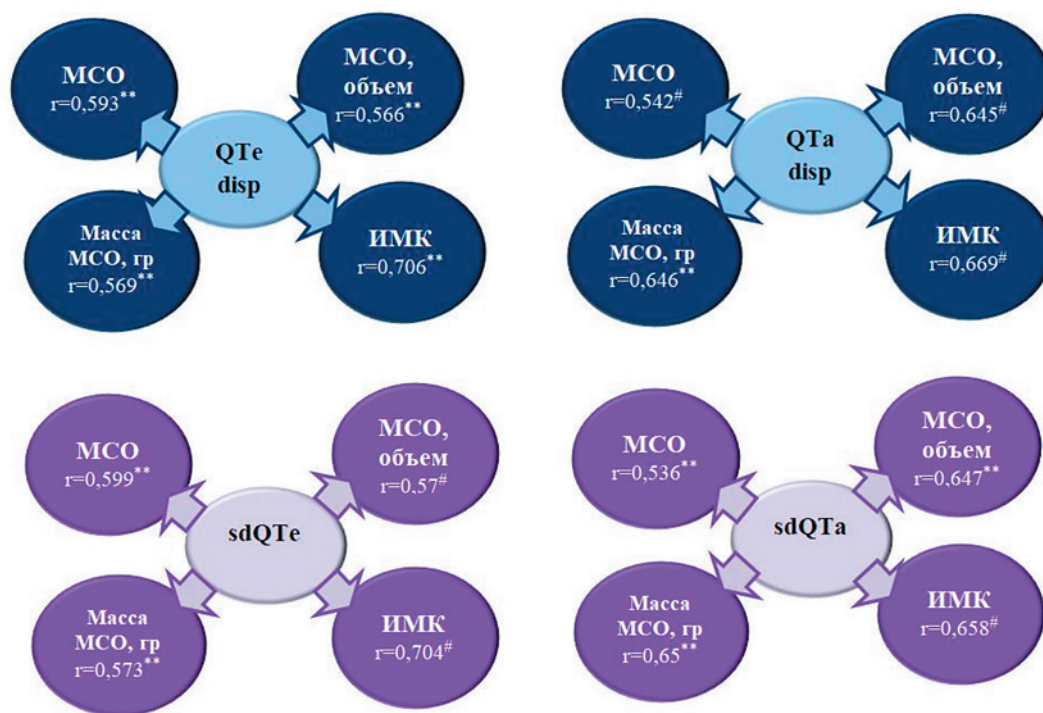


Рис. 2. Корреляция дисперсии QT и морфологических особенностей миокарда

Примечания: QTe disp — дисперсия QT до окончания волны T; sdQTe — стандартное отклонение дисперсии QT до окончания волны T; QTa disp — дисперсия QT до пика волны T; sdQTa — стандартное отклонение дисперсии QT до пика волны T; * — $p<0,05$; # — $p<0,01$; ** — $p<0,001$ — статистически значимые отличия.

Figure 2. Correlation between QT dispersion and myocardial morphological characteristics

Notes: QTe disp — QT dispersion to the end of the T-wave; sdQTe — standard deviation of QT dispersion to the end of the T-wave; QTa disp — QT dispersion to the peak of the T-wave; sdQTa — standard deviation of QT dispersion to the peak of the T-wave; * — $p<0.05$; # — $p<0.01$; ** — $p<0.001$ — statistically significant differences.

Таблица 2. Хронотропная нагрузка на миокард и параметры МРТ**Table 2.** Chronotropic stress on the myocardium and MRI parameters

	Та, %, сутки	Та, %, день	Та, %, ночь	Sa, сутки	Sa, день	Sa, ночь
Масса рубца, г	0,297	0,104	0,509#	0,115	-0,032	0,203
Объем рубца, мл	0,295	0,102	0,517*	0,113	-0,033	0,202
Масса рубца, %	0,329	0,105	0,586#	0,170	-0,005	0,263
Гетерогенная зона, г	0,096	0,015	0,185	0,065	-0,013	0,097
Гетерогенная зона, объем, мл	0,096	0,013	0,188	0,065	-0,013	0,097
Гетерогенная зона, %	0,190	0,091	0,293	0,161	0,068	0,191

Примечания: * — $p < 0,05$; # — $p < 0,01$ — статистически значимые отличия.

Notes: * — $p < 0.05$; # — $p < 0.01$ — statistically significant differences.

Таблица 3. Факторы, ассоциированные с риском развития неустойчивых пробежек желудочковой тахикардии в постинфарктном периоде**Table 3.** Factors associated with the risk of nonsustained ventricular tachycardia in the post-infarction period

Показатель	χ^2	ОР (95 % ДИ)	р-уровень
Масса рубца, г	3,021	1,011 (1,001–1,021)	0,043
КДР, мм	2,761	1,014 (1,0015–1,103)	0,042
SDNN (ночь), мсек.	2,413	0,932 (0,848–0,991)	0,031
Патологические значения TS	0,896	1,201 (1,019–3,073)	0,046

Примечания: SDNN — стандартное отклонение средних величин RR-интервалов; TS — наклон турбулентности сердечного ритма.

Notes: SDNN — standard deviation of NN intervals; TS — turbulence slope.

в то время как наличие зон МСО и ИМК — с частой НЖЭ. Большая масса и объем рубца ассоциируются с нарушением вегетативной регуляции сердечного ритма — патологической ТСР, снижением ВСР, ростом ХН на миокард в ночные часы.

В таблице 3 представлены результаты однофакторного логистического регрессионного анализа, по результатам которого установлены маркеры риска неустойчивой ЖТ в течение 12 месяцев постинфарктного периода: масса рубцовой зоны, значения КДР и SDNN, наличие патологической TS.

Обсуждение

Одну из важнейших задач современной кардиологии составляет своевременное выявление лиц высокого

риска жизнеопасных ЖНР. Увеличение продолжительности холтеровского мониторирования ЭКГ до 72 часов существенно повышает вероятность детекции данного нарушения ритма у больных ИМ [1, 11].

При постинфарктном ремоделировании происходит сложная адаптационно/дезадаптационная перестройка морфологии и электрофизиологии миокарда вследствие перенесенной острой сердечной катастрофы. Очаговый и интерстициальный фиброз обуславливают гетерогенность структуры постинфарктного миокарда с неоднородностью электрических свойств, предрасполагающих к формированию субстрата аритмогенного потенциала [8, 12].

Уникальным методом, позволяющим изучить особенности морфологии постинфарктного миокарда,

является МРТ сердца с контрастированием гадолинием. Данный метод стал использоваться не только для оценки объемных и функциональных показателей сердечной мышцы, но как технология неинвазивной визуализации миокардиального фиброза, отличающаяся высокой воспроизводимостью результатов. Ряд авторов отметили взаимосвязь массы рубцовой зоны и ее процентного содержания с пробежками неустойчивых ЖТ [8, 9].

В настоящее исследование включались пациенты с первичным инфарктом миокарда, относительно молодого возраста, без хронической сердечной недостаточности в анамнезе, всем больным выполнена реваскуляризация во время индексного события. Критерии включения, вероятно, оказали влияние на частоту появления желудочковых нарушений ритма. По нашим данным, масса рубцовой зоны ассоциирована с риском неустойчивых ЖТ в постинфарктном периоде, в то время как зона МСО, ИМК, ишемического повреждения достоверной взаимосвязи не показали.

Некоторые исследовательские группы считают, что глубокое изучение глобальных деформационных характеристик поможет в отборе больных высокого аритмического риска [8, 13–15]. Особое внимание уделяется параметру глобальной продольной деформации, ранее в нашем исследовании в остром периоде ИМ данный показатель также продемонстрировал прогностическую ценность детекции неустойчивых ЖТ [16].

Вегетативная дисфункция — гиперсимпатикотония является облигатным спутником морфологических изменений сердечной мышцы, способствуя постинфарктному патологическому ремоделированию, которое в свою очередь замыкает порочный круг данного отрицательного симбиоза, усугубляя вагально-симпатический дисбаланс [17]. Таким образом, постинфарктное ремоделирование нарушает автономную регуляцию сердечного ритма за счет гиперсимпатикотонии, которая проявляется снижением параметров ВСП, повышением хронотропной нагрузки на миокард и патологической ТСП. В ходе настоящего исследования установлена взаимосвязь нарушенной ТСП — отклонение TS от нормального уровня, и низких значений SDNN в ночные часы с повышением риска возникновения неустойчивых пробежек ЖТ.

Заключение

В результате комплексной оценки структурных и электрофизиологических особенностей сердечной мышцы установлено, что предикторами неустойчивых пробежек желудочковых тахикардий в течение 12 месяцев после перенесенного инфаркта миокарда являются масса рубцовой зоны, значения конечного диастолического размера левого желудочка, значения

параметра variability SDNN в период ночного сна и наличие нарушенной турбулентности сердечного ритма — отклонение от нормального уровня значений TS. Эти данные могут быть использованы для стратификации риска развития данной жизнеопасной аритмии у постинфарктных больных, для реализации своевременных лечебно-профилактических мероприятий.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Финансирование / Funding

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-25-20088 (<https://rscf.ru/project/24-25-20088/>) / The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation (Project No. 24-25-20088) (<https://rscf.ru/project/24-25-20088/>).

Соответствие нормам этики / Compliance with ethical principles

Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований. / The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Авторы заявляют об отсутствии использования генеративного искусственного интеллекта. / The authors declare no use of Generative AI in the preparation of this manuscript.

Список литературы / Reference

1. Олейников В. Э., Рогоза А. Н., Аверьянова Е. В. и др. Преимущества многосуточного телеметрического мониторинга электрокардиограммы у пациентов, перенесших инфаркт миокарда. *Кардиологический вестник*. 2024;19(2):39–46. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241902139>
2. Oleynikov VE, Rogoza AN, Averyanova EV, et al. The advantages of multi-day telemetric monitoring of an electrocardiogram in patients who have suffered a myocardial infarction. *Cardiological Bulletin*. 2024;19(2):39–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241902139>
3. Salari N, Morddarvanjoghi F, Abdolmaleki A, et al. The global prevalence of myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023;23(1):206. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03231-w>
4. Scalise RM, Sarro RD, Caracciolo A, et al. Fibrosis after myocardial infarction: an overview on cellular processes, molecular pathways, clinical evaluation and prognostic value. *Med Sci*. 2021;9(1):16. <https://doi.org/10.3390/medsci9010016>

4. Leancă SA, Crișu D, Petriș AO, et al. Left ventricular remodeling after myocardial infarction: from physiopathology to treatment. *Life*. 2022;12(8):1111. <https://doi.org/10.3390/life12081111>
5. Vyas R, Changal KH, Bhuta S, et al. Impact of intramyocardial hemorrhage on clinical outcomes in ST-elevation myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*. 2022;1(6):1100444. <https://doi.org/10.1016/j.jscai.2022.100444>
6. Peek N, Hindricks G, Akbarov A, Tjijssen JG. Sudden cardiac death after myocardial infarction: individual participant data from pooled cohorts. *Eur Heart J*. 2024;45(43):4616–4626. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae326>
7. Русак Т. В., Гелис Л. Г., Медведева Е. А. и др. Структурно-функциональные изменения сердца при ишемически-реперфузионном повреждении миокарда. *Евразийский кардиологический журнал*. 2022;(3):74–82. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2022-3-74-82>
- Rusak TV, Gelis LG, Miadzedzeva AA, et al. Cardiac structural and functional changes in ischemia-reperfusion injury of myocardium. *Eurasian heart journal*. 2022;(3):74–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2022-3-74-82>
8. Garcia MJ, Kwong RY, Scherrer-Crosbie M, et al. American heart association council on cardiovascular radiology and intervention and council on clinical cardiology. State of the art: imaging for myocardial viability: a scientific statement from the American Heart Association. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2020;13(7):e000053. <https://doi.org/10.1161/HCI.0000000000000053>
9. Wang Y, Li Q, Tao B, et al. Fibroblasts in heart scar tissue directly regulate cardiac excitability and arrhythmogenesis. *Science*. 2023;381(6665):1480–1487. <https://doi.org/10.1126/science.adh9925>
10. Российское кардиологическое общество. Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(11):4103. <https://doi.org/10.15829/29/1560-4071-2020-4103.2020>
- Russian Society of Cardiology. Clinical practice guidelines for Acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4103. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/29/1560-4071-2020-4103.2020>
11. Аверьянова Е. В., Тонкоглаз А. А., Чернова А. А. и др. Комплексная модель многофакторного прогнозирования жизнеугрожающих желудочковых нарушений ритма у больных инфарктом миокарда. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(1):4215. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4215>. EDN: OODLYB
- Averyanova EV, Tonkoglaz AA, Chernova AA, et al. Complex multifactorial prediction model for life-threatening ventricular arrhythmias in patients with myocardial infarction. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(1):4215. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4215>. EDN: OODLYB
12. Jáuregui B, Soto-Iglesias D, Penela D, et al. Cardiovascular magnetic resonance determinants of ventricular arrhythmic events after myocardial infarction. *Europace*. 2022;24(6):938–947. <https://doi.org/10.1093/europace/euab275>
13. Dandel M, Javier MF, Javier Delmo EM, et al. Weaning from ventricular assist device support after recovery from left ventricular failure with or without secondary right ventricular failure. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2021;11(1):226–242. <https://doi.org/10.21037/cdt-20-288>
14. Лебедев Д. С., Михайлов Е. Н., Неминуший Н. М. и др. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7):4600. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4600>
- Lebedev DS, Mikhailov EN, Neminschiy NM, et al. Ventricular arrhythmias. Ventricular tachycardias and sudden cardiac death. 2020 Clinical guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7):4600. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4600>
15. Gyoten T, Amiya E, Kinoshita O, et al. Myocardial recovery evaluation from ventricular assist device in patients with dilated cardiomyopathy. *ESC Heart Fail*. 2022;9(4):2491–2499. <https://doi.org/10.1002/ehf2.13951>
16. Nikoo MH, Naemi R, Moarefi A, Attar A. Global longitudinal strain for prediction of ventricular arrhythmia in patients with heart failure. *ESC heart failure*. 2020;7(5):2956–2961. <https://doi.org/10.1002/ehf2.12910>
17. Замахина О. В., Бунова С. С., Усачева Е. В. и др. Ремоделирование левого желудочка сердца в зависимости от вегетативного статуса у больных, перенесших инфаркт миокарда. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;3:347–354. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24681> (Дата обращения: 20.08.2025).
- Zamahina OV, Bunova SS, Usacheva EV, et al. Remodeling of the left ventricle of the heart depending on the autonomic status in patients with myocardial infarction. *Modern problems of science and education*. 2016;3:347–354. (In Russ). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24681> (Available from: 20.08.2025).

Информация об авторах:

Елена Владимировна Аверьянова — кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии, ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза, Россия, averyanova-elena90@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9925-2096>;

Наталья Александровна Донецкая — заведующий отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог, ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко», Пенза, Россия, enigmee@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6423-6889>;

Никита Сергеевич Плаксин — аспирант, ассистент кафедры терапии ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза, Россия, nik15379@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9551-7701>;

Валентин Элиевич Олейников — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой «Терапия»,

ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза, Россия, v.oleynikof@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-7463-9259>.

Вклад авторов:

Аверьянова Е. В. — сбор данных; ведение базы данных; проведение обследования пациентов; контроль исследования; интеллектуальный анализ полученных данных; составление и доработка рукописи на предмет важного интеллектуального содержания; Донецкая Н. А. — исследование и набор пациентов; сбор данных; проведение обследования пациентов; статистическая обработка полученных данных; анализ полученных результатов; Плаксин Н. С. — исследование и набор пациентов; статистическая обработка полученных данных; написание черновика рукописи; Олейников В. Е. — концепция исследования и дизайн исследования; контроль исследования; доработка рукописи на предмет важного интеллектуального содержания; окончательное утверждение научной статьи.

Authors information:

Elena V. Averyanova — MD, PhD, Associate Professor of the Department of Therapy, Penza State University, Penza, Russia, averyanova-elena90@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9925-2096>;

Natalia A. Donetskaya — MD, Head of the Department of Radiology, Radiologist, NN Burdenko Penza Regional Clinical Hospital, Penza, Russia, enigmee@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6423-6889>;

Nikita S. Plaksin — MD, Postgraduate Student, Assistant of the Department of Therapy, Penza State University, nik15379@yandex.ru, Penza, Russia, <https://orcid.org/0009-0001-9551-7701>;

Valentin E. Oleynikov — MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Therapy, Penza State University, v.oleynikof@gmail.com, Penza, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-7463-9259>.

Contribution of the authors:

Averyanova E. V. — data collection; maintaining a database; conducting patient examinations; monitoring research; intellectual analysis of the data obtained; compilation and revision of the manuscript for important intellectual content; Doneckaya N. A. — research and recruitment of patients; data collection; conducting patient examinations; statistical processing of the data obtained; analysis of the results obtained; Plaksin N. S. — research and recruitment of patients; statistical processing of the data obtained; writing a draft manuscript; Oleynikov V. E. — research concept and research design; research control; revision of the manuscript for important intellectual content; final approval of the scientific article.

Поступила в редакцию / Received: 20.09.2025

Принята к публикации / Revised: 06.11.2025
