

Комплексная модель многофакторного прогнозирования жизнеугрожающих желудочковых нарушений ритма у больных инфарктом миокарда

Аверьянова Е. В.¹, Тонкоглаз А. А.¹, Чернова А. А.¹, Донецкая Н. А.^{1,2}, Олейников В. Э.¹

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

Цель. Выявление маркеров развития пробежек желудочковой тахикардии (ЖТ), создание многофакторной модели прогнозирования аритмических событий у больных инфарктом миокарда (ИМ) на госпитальном этапе.

Материал и методы. Объектом исследования стали 80 больных ИМ в возрасте 55,6±8,7 лет. Обследование проводили на 7-9 сут. ИМ: эхокардиография, оценка глобальной продольной деформации (GLS), магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца с применением внутривенного контрастного вещества, определение концентрации N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP). При многосуточном мониторинговании электрокардиограммы (ММ ЭКГ) в течение 72 ч выявляли пробежки ЖТ, выполнялся анализ микровольтной альтернации зубца Т (МАТ), турбулентности сердечного ритма, поздних потенциалов желудочка, вариабельности сердечного ритма, хронотропной нагрузки сердца, дисперсии QT. Конечной точкой считали наличие ≥1 эпизода ЖТ (≥3 комплекса QRS) по данным ММ ЭКГ.

Результаты. У 10 (12,5%) больных, которые составили группу "ЖТ", были зарегистрированы неустойчивые пробежки ЖТ. Остальные 70 (87,5%) человек, не имевших эпизодов ЖТ, вошли в группу сравнения — "С". По данным МРТ установлено, что масса рубцовой ткани — 36,8±23,7 г и её процентное содержание — 28,5±19,8% в группе "ЖТ" было выше, чем в группе "С" — 16,9 (6,5; 27,9) г (p=0,025) и 13,3 (5,8; 22,2)% (p=0,045), соответственно.

По данным однофакторного регрессионного анализа установлены факторы, ассоциированные с риском ЖТ: ишемическая болезнь сердца в анамнезе, высокие значения NT-proBNP, турбулентности сердечного ритма, МАТ, конечный диастолический размер, GLS, масса рубцовой ткани, рубцовая зона от общей массы мио-

карда (%), параметры вариабельности сердечного ритма в ночные часы — ULfP, TINN, SDANN.

Заключение. Предложена многофакторная модель прогнозирования неустойчивой ЖТ у больных ИМ, включающая следующие параметры: конечный диастолический размер, МАТ, NT-proBNP, GLS, массу рубцовой ткани и наличие ишемической болезни сердца в анамнезе.

Ключевые слова: жизнеугрожающие нарушения ритма, инфаркт миокарда, многосуточное мониторирование электрокардиограммы, магнитно-резонансная томография.

Отношения и деятельность. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-25-20088, <https://rscf.ru/project/24-25-20088>.

Поступила 26/09-2024

Рецензия получена 21/10-2024

Принята к публикации 02/11-2024



Для цитирования: Аверьянова Е. В., Тонкоглаз А. А., Чернова А. А., Донецкая Н. А., Олейников В. Э. Комплексная модель многофакторного прогнозирования жизнеугрожающих желудочковых нарушений ритма у больных инфарктом миокарда. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(1):4215. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4215. EDN OODLYB

Complex multifactorial prediction model for life-threatening ventricular arrhythmias in patients with myocardial infarction

Averyanova E. V.¹, Tonkoglaz A. A.¹, Chernova A. A.¹, Donetskaya N. A.^{1,2}, Oleynikov V. E.¹

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

Aim. To identify markers of ventricular tachycardia (VT), as well as to create a multifactorial prediction model for arrhythmic events in inpatients with myocardial infarction (MI).

Material and methods. The study included 80 patients with MI aged 55,6±8,7 years. The following examination was carried out on days 7-9 of MI: echocardiography, assessment of global longitudinal strain

(GLS), contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging (MRI), determination of N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP). During 72-hour electrocardiographic (ECG) monitoring, we detected VT runs, as well as analyzed microvolt T-wave alternans (TWA), heart rate turbulence, late ventricular potentials, heart rate variability, cardiac chronotropic load, and QT dispersion. The end point was the presence

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: averyanova-elena90@bk.ru

[Аверьянова Е. В. — к.м.н., доцент кафедры "Терапия", ORCID: 0000-0001-9925-2096, Тонкоглаз А. А. — инженер-исследователь научной лаборатории "Комплексные методы изучения биомеханики и электрофизиологии сердечно-сосудистой системы", ORCID: 0000-0002-5647-9837, Чернова А. А. — аспирант очной формы обучения кафедры "Терапия", ORCID: 0009-0002-7957-8034, Донецкая Н. А. — зав. отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог, по совместению ассистент кафедры "Терапия", ORCID: 0000-0001-6423-6889, Олейников В. Э. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой "Терапия", ORCID: 0000-0002-7463-9259].

of ≥ 1 VT episode (≥ 3 QRS complexes) according to multi-day ECG monitoring data.

Results. Nonsustained VT runs were recorded in 10 (12,5%) patients, who made up the VT group. The remaining 70 (87,5%) people who did not have VT episodes were included in the comparison group. MRI data established that the scar tissue mass ($36,8 \pm 23,7$ g) and percentage ($28,5 \pm 19,8\%$) in the VT group was higher than in the comparison group ($16,9$ (6,5; 27,9) g ($p=0,025$) and $13,3$ (5,8; 22,2)% ($p=0,045$), respectively).

Univariate regression analysis revealed following factors associated with the VT risk: history of coronary artery disease, high NT-proBNP values, heart rate turbulence, microvolt TWA, end diastolic dimension, GLS, scar tissue mass, scar area from total myocardial mass (%), night-time heart rate variability parameters — ULfP, TINN, SDANN.

Conclusion. A multifactorial model for predicting non-sustained VT in patients with MI is proposed, including the following parameters: end-diastolic dimension, MAT, NT-proBNP, GLS, scar tissue mass, and history of coronary artery disease.

Keywords: life-threatening rhythm disturbances, myocardial infarction, long-term electrocardiogram monitoring, magnetic resonance imaging.

Relationships and Activities. The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation № 24-25-20088, <https://rscf.ru/project/24-25-20088>.

Averyanova E. V. * ORCID: 0000-0001-9925-2096, Tonkogglaz A. A. ORCID: 0000-0002-5647-9837, Chernova A. A. ORCID: 0009-0002-7957-8034, Donetskaya N. A. ORCID: 0000-0001-6423-6889, Oleynikov V. E. ORCID: 0000-0002-7463-9259.

*Corresponding author: averyanova-elena90@bk.ru

Received: 26/09-2024

Revision Received: 21/10-2024

Accepted: 02/11-2024

For citation: Averyanova E. V., Tonkogglaz A. A., Chernova A. A., Donetskaya N. A., Oleynikov V. E. Complex multifactorial prediction model for life-threatening ventricular arrhythmias in patients with myocardial infarction. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(1):4215. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4215. EDN OODLYB

BCP — вариабельность сердечного ритма, BCC — внезапная сердечная смерть, ДИ — доверительный интервал, ЖНР — жизнеугрожающие нарушения ритма, ЖТ — желудочковая тахикардия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, КДР — конечный диастолический размер, ЛЖ — левый желудочек, МАТ — микровольтная альтернация зубца Т, ММ — многосуточное мониторирование, МРТ — магнитно-резонансная томография, ППЖ — поздние потенциалы желудочков, ТСР — турбулентность сердечного ритма, ФВ — фракция выброса, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ЭКГ — электрокардиограмма, ЭхоКГ — эхокардиография, AUC — Area Under the ROC Curve (площадь под кривой), De — диагностическая точность, GLS — глобальная продольная деформация, GWAS — genome-wide association studies (полногеномные исследования ассоциаций), NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, SDANN (мс) — средний показатель стандартной погрешности для всех синусовых RR-интервалов за каждые 5 мин в течение сут., Sen — чувствительность, Sp — специфичность, TINN — индекс триангулярной интерполяции гистограммы RR-интервалов, ULfP (мс²) — ультранизкочастотный компонент.

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Основным механизмом танатогенеза внезапной сердечной смерти являются жизнеугрожающие желудочковые нарушения ритма.
- Желудочковые тахикардии (ЖТ) у больных инфарктом миокарда (ИМ) имеют преходящий характер, поэтому их не всегда удается зафиксировать.

Что добавляют результаты исследования?

- Определены основные факторы, ассоциированные с риском развития неустойчивых ЖТ у больных ИМ.
- Предложена комплексная многофакторная модель прогнозирования риска неустойчивой ЖТ у больных ИМ на госпитальном этапе.

Key messages

What is already known about the subject?

- The main mechanism of thanatogenesis of sudden cardiac death is life-threatening ventricular arrhythmias.
- Ventricular tachycardia (VT) in patients with myocardial infarction (MI) is transient, so it is not always possible to record it.

What might this study add?

- The main factors associated with the risk of non-sustained VT in patients with MI were identified.
- A comprehensive multifactorial model for predicting the nonsustained VT in patients with MI at the hospital stage was proposed.

Введение

Начало XXI века ознаменовалось значительными достижениями в лечении инфаркта миокарда (ИМ), во многом обусловленными широким распространением первичного чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) и внедрением стратегии ранней реваскуляризации. Это в свою очередь позволило значительно снизить показатели летальности. По данным Росстата смертность от ИМ на территории РФ постепенно уменьшилась с 44,6 случаев/100 тыс. населения в 2005г до 34,2 случаев/100 тыс. населения в 2022г [1, 2].

Пациенты, перенесшие ИМ, по-прежнему, подвержены высокому риску развития внезапной сердечной смерти (ВСС), субстратом которой являются структурные изменения миокарда, способствующие развитию жизнеугрожающих желудочковых нарушений ритма (ЖНР) [3, 4]. Согласно данным крупного исследования VALIANT (Valsartan in Acute Myocardial Infarction Trial) риск развития ВСС, несмотря на оптимальную медикаментозную терапию, остается наиболее высоким в течение первых 90 сут. после ИМ [5]. В ряде исследований было продемонстрировано, что частота ВСС в те-

чение месяца после перенесенного ИМ колеблется в пределах 1,2-3,6% [6, 7].

В связи с этим своевременная идентификация больных ИМ с высоким риском развития ВСС, позволяющая индивидуализировать тактику лечения еще на стационарном этапе лечения, является важной задачей [8]. Вопрос осложняется тем, что ЖНР имеют преходящий характер, поэтому далеко не всегда удается их зарегистрировать при стандартном холтеровском мониторинге электрокардиограммы (ЭКГ). Безусловно, увеличение продолжительности регистрации ЭКГ в условиях многосуточного мониторинга (ММ) ЭКГ существенно повышает вероятность регистрации ЖНР, однако данный метод, как правило, малодоступен для больных ввиду разных причин, в т.ч. неудобства в ношении аппарата в течение нескольких дней, отсутствия и нехватки аппаратуры для проведения мониторинга [9].

Представляет интерес разработка комплексного способа многофакторного прогнозирования ЖНР у больных ИМ, который учитывал бы анамнестические данные, результаты лабораторных и инструментальных методов обследования, в т.ч. оценку морфологии и функции сердца (магнитно-резонансная томография — МРТ, эхокардиография — ЭхоКГ), электрическую нестабильность миокарда. Это позволило бы своевременно и точно стратифицировать риски больных и персонализировать профилактические мероприятия, что в свою очередь способствовало бы снижению риска ВСС и улучшению качества жизни больных, перенесших ИМ.

Цель настоящего исследования заключается в идентификации маркеров развития желудочковой тахикардии (ЖТ), полученных при комплексной оценке состояния миокарда, и создании на их основе многофакторной модели риска аритмических событий на госпитальном этапе у больных, перенесших ИМ.

Материал и методы

Открытое одноцентровое проспективное исследование было одобрено локальным этическим комитетом (протокол заседания №5 от 28.01.2022г) и проводилось в кардиологическом отделении с палатой реанимации и интенсивной терапии. Использовали следующие критерии включения: возраст 30-70 лет; первичный ИМ с подъемом и без подъема сегмента ST, подтвержденный 12-канальной ЭКГ, наличием инфаркт-связанной артерии по данным коронароангиографии и диагностически значимым повышением уровня тропонина I. Основные критерии исключения: повторный/рецидивирующий ИМ, стеноз ствола левой коронарной артерии >30%, хроническая сердечная недостаточность III-IV функциональных классов по NYHA (New York Heart Association) в анамнезе; врожденные и приобретенные пороки сердца, индекс массы тела (ИМТ) ≥ 35 кг/м², инсулинозависимый сахарный диабет, тяжелые сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации. Все пациенты

подписали информированное согласие и включены в исследование на 4-7 сут. ИМ.

В исследование включено 80 больных ИМ. Средний возраст больных составил $55,6 \pm 8,7$ лет, среди них преобладали мужчины — 91,3%. Проведению первичного ЧКВ были подвергнуты 52 (65%) человека, фармакоинвазивная стратегия проводилась у 26 (32,5%) пациентов, у 2 больных реваскуляризация не осуществлялась из-за задержки с обращением за медицинской помощью. Все пациенты получали лекарственную терапию согласно действующим клиническим рекомендациям [10, 11].

При поступлении определяли уровень тропонина I высокочувствительным методом на анализаторе Architect i2000 (Abbott Laboratories, США). На 7-9 сут. на анализаторе BECKMAN COULTER AU680 (Olympus, Япония) исследовали значения N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP), креатинина, рассчитывали скорость клубочковой фильтрации (СКФ) по СКД-EPI.

Инструментальные обследования проводили на 7-9 сут. ИМ. ЭхоКГ выполняли на ультразвуковом сканере Vivid GE 95 Healthcare с анализом изображений при помощи программного обеспечения EchoPAC версии 202 (GE Healthcare). Определяли общепринятые объемные параметры: конечный диастолический размер (КДР), конечный систолический размер (КСР), конечный диастолический объем (КДО), конечный систолический объем (КСО), рассчитывали фракцию выброса (ФВ) по методу Симпсона и индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ). С применением методики спекл-трекинг ЭхоКГ оценивали глобальную продольную деформацию (GLS, %).

МРТ сердца проводили на томографе GE SIGNA Voyager (GE HealthCare, США) с применением внутривенного контрастного вещества Кларискан (гадотеро-вая кислота, GE Healthcare) с напряженностью поля 1,5 Тл. Для оценки функциональных и морфологических характеристик миокарда использовали кино-режим МРТ в стандартных проекциях, методики T1-, T2- и T2*-картирования. Отсроченное контрастирование оценивали при помощи программы 2D MDE на 7 и 10 мин. Анализ МР-изображений проводили с использованием программного обеспечения CVI42 (Circle Cardiovascular Imaging Inc.). Изучали следующие показатели: общую массу ишемического повреждения с идентификацией рубцовой ткани и периинфарктной гетерогенной зоны, а также их размеры относительно массы миокарда ЛЖ.

ММ ЭКГ в течение 72 ч осуществляли при помощи комплекса телеметрической регистрации ЭКГ "АСТРОКАРД® — ТЕЛЕМЕТРИЯ" (ЗАО "Медитек", Россия). При анализе записей проводилась оценка нарушений ритма и проводимости, эпизодов депрессии и элевации сегмента ST, микровольтной альтернации зубца Т (МАТ), турбулентности сердечного ритма (ТСР), поздних потенциалов желудочка (ППЖ), вариабельности сердечного ритма (ВСР), хронотропной нагрузки сердца, дисперсии QT [9].

Конечной точкой считали регистрацию пробежек ЖТ (≥ 3 комплекса QRS за 72-часовой период по данным ММ ЭКГ).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США). Данные, соответствующие критериям нормального распределения, представлены как среднее и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Параметры, отличные от

Таблица 1

Сравнительная характеристика групп "С" и "ЖТ"

Показатель	Группа "С" (n=70)	Группа "ЖТ" (n=10)	p
Возраст, лет, Me (Q25; Q75)	57,5 (51; 61)	59 (57; 62)	0,387
Мужчины/женщины, n (%)	63 (90)/7 (10)	10 (100)/0 (0)	0,654
ИМТ, кг/м ² , M±SD	27,5±3,7	28,3±4,6	0,536
ИБС в анамнезе, n (%)	21 (30)	5 (50)	0,367
АГ в анамнезе, n (%)	51 (72,9)	8 (80)	0,924
Длительность АГ, лет, Me (Q25; Q75)/M±SD	4 (2; 8)	7,2±3,7	0,122
Отягощенная наследственность, n (%)	22 (31,4)	4 (40)	0,857
Курение, n (%)	55 (78,6)	7 (70)	0,840
СД 2 типа неинсулинопотребный, n (%)	4 (5,7)	0 (0)	1,000
Первичное ЧКВ, n (%)	46 (65,7)	6 (60)	1,000
Фармакоинвазивная стратегия, n (%)	22 (31,4)	4 (40)	0,857
Без реваскуляризации, n (%)	2 (2,9)	0 (0)	0,589
Время "боль-ТЛТ", мин, Me (Q25; Q75)/M±SD	120 (60; 240)	73,8±44,9	0,292
Время "боль-ЧКВ", мин, Me (Q25; Q75)	285 (170; 620)	228,5 (150; 380)	0,368
ИМ передней/задней стенки ЛЖ, n (%)	37 (52,9)/33 (47,1)	7 (70)/3 (30)	0,497
вТнI, пг/мл, Me (Q25; Q75)	25673,8 (9526; 57216,6)	22504,6 (9200; 27017)	0,766
NT-proBNP, пг/мл, Me (Q25; Q75)	152 (51,2; 341,1)	322,9 (222,8; 364,2)	0,03
Креатинин, мкмоль/мл, Me (Q25; Q75)	87,7 (74,8; 99,4)	93,03±22,67	0,218
рСКФ (СКD-EPI), мл/мин/1,73 м ² , M±SD	83,02±15,78	79,68±20,16	0,548
Сердечная недостаточность по Killip ≥2 класс, n (%)	7 (10)	2 (20)	0,264

Примечание: АГ — артериальная гипертензия, вТнI — тропонин I, определенный высокочувствительным методом, "ЖТ" — группа с желудочковой тахикардией, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, ЛЖ — левый желудочек, рСКФ (СКD-EPI) — скорость клубочковой фильтрации по формуле СКD-EPI, "С" — группа сравнения, СД — сахарный диабет, ТЛТ — тромболитическая терапия, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, M±SD — среднее±стандартное отклонение, Me (Q25; Q75) — медиана (интерквартильный размах), NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид.

Таблица 2

Медикаментозная терапия в группах сравнения

Показатель, n (%)	Группа "С" (n=70)	Группа "ЖТ" (n=10)	p
Статины	70 (100)	10 (100)	1,000
Двойная антиагрегантная терапия	70 (100)	10 (100)	1,000
β-адреноблокаторы	63 (90)	10 (100)	0,654
Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента/ сартаны	67 (95,7)	10 (100)	0,824
Антагонисты кальция	10 (14,29)	2 (20)	1,000
Диуретики	13 (18,57)	3 (30)	0,673

Примечание: "ЖТ" — группа с желудочковой тахикардией, "С" — группа сравнения.

симметричного распределения, описаны в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (Q25; Q75). При сравнении количественных значений показателей, соответствующих нормальному распределению, использовали критерий Стьюдента, для показателей с распределением, отличным от нормального, — критерий Манна-Уитни. Для сопоставления качественных величин применяли χ^2 для несвязанных выборок. За порог статистической значимости принимали $p < 0,05$. Для выявления параметров, влияющих на развитие конечной точки, применяли метод однофакторного регрессионного анализа с определением относительного риска (RR — relative risk) и его 95% доверительного интервала (ДИ). Включение показателей в многофакторную модель при помощи метода множественной логистической регрессии по Коксу осуществлялось в случае отсутствия корреляционной взаимосвязи. Оценка качества предложенного алгоритма проверялась

ROC-анализом, расчетом площади под ROC-кривой (AUC — Area Under the ROC Curve), определением чувствительности (Sen), специфичности (Sp), диагностической точности (De).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда "Ранние предикторы осложненного течения ближайшего и отдаленного постинфарктного периода" № 24-25-20088, <https://rscf.ru/project/24-25-20088>.

Результаты

По результатам ММ ЭКГ за 72 ч неустойчивые пробежки ЖТ были зарегистрированы у 10 (12,5%) из 80 больных, которые составили группу "ЖТ". Пробежки устойчивых ЖТ у больных зафиксированы не были. Остальные 70 (87,5%) человек, не имевших эпизодов ЖТ вошли в группу сравнения — "С".

Таблица 3

Сравнительная характеристика ЭхоКГ параметров в группах "С" и "ЖТ"

Показатель	Группа "С" (n=70)	Группа "ЖТ" (n=10)	p
КДР, мм, М±SD	49,7±6,4	54,3±6,3	0,036
КСР, мм, Ме (Q25; Q75)/M±SD	34 (30; 38)	37,0±7,7	0,247
КДО, мл, М±SD	115,1±33,6	121,4±35,9	0,584
КСО, мл, Ме (Q25; Q75)/M±SD	49,5 (36; 68)	54,1±18,5	0,936
иКДО, мл/м ² , М±SD	58,8±16,1	60,1±19,3	0,817
иКСО, мл/м ² , Ме (Q25; Q75)/M±SD	25,1 (19,2; 34,3)	26,8±9,7	0,890
ФВ ЛЖ, %, Ме (Q25; Q75)/M±SD	55 (47; 62)	54,9±10,7	0,621
ИММЛЖ, г/м ² , Ме (Q25; Q75)/M±SD	105 (90,9; 120,1)	131,7±31,9	0,034
GLS, %, М±SD	-15,1±5,5	-17,1±5,9	0,293

Примечание: "ЖТ" — группа с желудочковой тахикардией, иКДО — индекс конечно-диастолического объема, иКСО — индекс конечно-систолического объема, ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка (ЛЖ), КДО — конечный диастолический объем, КДР — конечный диастолический размер, КСО — конечный систолический объем, КСР — конечный систолический размер, "С" — группа сравнения, ФВ — фракция выброса, GLS — глобальная продольная деформация, М±SD — среднее±стандартное отклонение, Ме (Q25; Q75) — медиана (интерквартильный размах).

Таблица 4

Сравнительная характеристика морфологических параметров по данным МРТ в группах "С" и "ЖТ"

Показатель	Группа "С" (n=70)	Группа "ЖТ" (n=10)	p
Масса ишемического повреждения, г, Ме (Q25; Q75)/M±SD	29,4 (10,8; 47,6)	41,7±18,2	0,163
Масса рубцовой ткани, г, Ме (Q25; Q75)/M±SD	16,9 (6,5; 27,9)	36,8±23,7	0,025
Масса перинфарктной зоны, г, Ме (Q25; Q75)/M±SD	11,0 (6,1; 17,5)	15,9±6,9	0,116
Рубцовая зона от общей массы миокарда, %, Ме (Q25; Q75)/M±SD	13,3 (5,8; 22,2)	28,5±19,8	0,045
Перинфарктная зона от общей массы миокарда, %, Ме (Q25; Q75)/M±SD	8,3 (4,4; 13,9)	12,5±6,4	0,165
Рубцовая зона от общей массы ишемического повреждения, %, М±SD	55,6±18,4	61,2±17,1	0,418

Примечание: "ЖТ" — группа с желудочковой тахикардией, МРТ — магнитно-резонансная томография, "С" — группа сравнения, М±SD — среднее±стандартное отклонение, Ме (Q25; Q75) — медиана (интерквартильный размах).

Стоит отметить, что у 90% больных ЖТ зафиксирована на 2 и 3 сут. ММ ЭКГ. Так, у 5 (50%) аритмия выявлена на 3 сут. мониторинга, у 4 (40%) — на 2 сут., только у 1 (10%) пациента пароксизм зарегистрирован в первые 24 ч.

Группы "С" и "ЖТ" не различались по отдельным антропометрическим, клинико-anamnestическим и лабораторным параметрам. Также не было выявлено межгрупповых различий в используемой тактике реваскуляризации и ее временных интервалах. В группе "ЖТ" зафиксированы более высокие значения NT-proBNP (таблица 1).

Сравнительная характеристика проводимого медикаментозного лечения в обеих группах представлена в таблице 2.

При анализе показателей ЭхоКГ в группе "ЖТ" были выявлены более высокие значения КДР и ИММ ЛЖ по сравнению с группой "С" (таблица 3). В группе "С" сохраненная ФВ (≥50%) была зарегистрирована у 46 (65,7%) пациентов, умеренно сниженная ФВ (41-49%) — у 16 (22,9%) человек, низкая ФВ — у 8 (11,4%) больных. В то время как в груп-

пе "ЖТ" 9 (90%) человек имели ФВ ≥50% и только 1 (10%) больной — умеренно сниженную ФВ.

Результаты МРТ сердца с внутривенным контрастированием продемонстрировали, что масса рубцовой ткани и её процентное содержание от общей массы миокарда в группе "ЖТ" значительно превышало таковые в группе сравнения (таблица 4).

При сравнительном анализе данных ММ ЭКГ в группе "ЖТ" были зафиксированы более высокие показатели МАТ, чем в группе "С", значения которой составили 49,5 (38,4; 68,1) и 35,4 (28,6; 40,6) мкВ соответственно (p=0,002). Патологическая ТСР была выявлена у 14 человек группы "С" (20%) и у 3 пациентов группы "ЖТ" (30%), при этом различия не достигли статистической значимости (p=0,757). ППЖ были зафиксированы у 2 (2,9%) больных в группе "С" и у 2 (20%) пациентов группы "ЖТ". И хотя частота ППЖ во второй группе была выше, статистически значимых различий также не было выявлено (p=0,121). Оценка временных и спектральных параметров ВСР, показателей

Таблица 5

Факторы, ассоциированные с риском развития желудочковой тахикардии у больных ИМ

Показатель	χ^2	RR (95% ДИ)	p
ИБС в анамнезе	1,866	2,373 (1,687-8,204)	0,016
NT-proBNP	3,861	1,001 (1-1,001)	0,049
TINN, ночь	7,493	0,975 (0,957-0,993)	0,006
ULfP, ночь	5,638	1,001 (1-1,002)	0,018
SDANN, ночь	4,902	0,851 (0,738-0,982)	0,027
Патологическая TCP	0,466	1,412 (1,032-5,264)	0,049
MAT	6,934	0,947 (0,904-0,985)	0,008
КДР	3,811	1,093 (1,002-1,195)	0,041
GLS	0,981	0,939 (0,831-0,996)	0,032
Масса рубцовой ткани, г	3,536	1,019 (1,002-1,039)	0,04

Примечание: ДИ — доверительный интервал, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, КДР — конечный диастолический размер, MAT — микровольтная альтернация зубца Т, TCP — турбулентность сердечного ритма, GLS — глобальная продольная деформация, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, RR — relative risk (относительный риск), SDANN — средний показатель стандартной погрешности для всех синусовых RR-интервалов за каждые 5 мин в течение сут., TINN — индекс триангулярной интерполяции гистограммы RR-интервалов, ULfP — ультранизкочастотный компонент.

Таблица 6

Многофакторная модель прогнозирования ЖТ у больных ИМ

Переменная	RR (95% ДИ)	p
ИБС в анамнезе	1,173 (1,033-4,475)	0,039
NT-proBNP	0,971 (0,908-1,000)	0,045
MAT	0,957 (0,902-0,995)	0,028
КДР	0,903 (0,880-0,958)	0,0003
GLS	0,944 (0,859-0,999)	0,014
Масса рубцовой ткани	1,012 (1,002-1,057)	0,041

Примечание: ДИ — доверительный интервал, ЖТ — желудочковая тахикардия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, КДР — конечный диастолический размер, MAT — микровольтная альтернация зубца Т, GLS — глобальная продольная деформация, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, RR — relative risk (относительный риск).

хронотропной нагрузки и дисперсии интервала QT не продемонстрировала межгрупповых различий.

Все вышеописанные параметры были включены в однофакторный регрессионный анализ, в результате которого были выявлены следующие детерминанты, характеризующие риск развития ЖТ: ишемическая болезнь сердца (ИБС) в анамнезе, высокие значения NT-proBNP, ULfP (ультранизкочастотный компонент) (ночь), SDANN (средний показатель стандартной погрешности для всех синусовых RR-интервалов за каждые 5 мин в течение сут.) (ночь), TCP, MAT, КДР, GLS, масса рубцовой ткани, рубцовая зона от общей массы миокарда (%) (таблица 5).

На основании полученных данных с учетом корреляционных взаимосвязей при помощи метода пошагового включения переменных была создана многофакторная регрессионная модель риска развития ЖТ у больных с ИМ, в которую вошли: ИБС в анамнезе, высокие значения NT-proBNP, MAT, КДР, GLS, масса рубцовой ткани (таблица 6) ($F=7,6859$, $p=0,0000036$). Математическая модель, построенная для прогнозирования неустойчивых ЖТ у больных ИМ на госпитальном этапе, имеет вид:

$$h = \frac{1}{(1+e^z)} \times 100\%,$$

в которой $z = -1,359 + 0,214 \times X_1 + 0,237 \times X_2 - 0,233 \times X_3 + 0,397 \times X_4 - 0,268 \times X_5 + 0,261 \times X_6$,

где: X_1 — ИБС в анамнезе (качественно — 1/0); X_2 — NT-proBNP, пг/мл; X_3 — MAT, мкВ; X_4 — КДР, мм; X_5 — GLS, %; X_6 — масса рубцовой ткани, г.

С помощью ROC-анализа проведена оценка качества данной многофакторной модели: AUC = $0,960 \pm 0,025$ с 95% ДИ: 0,911-1,0 (рисунок 1), чувствительность способа составила 70%, специфичность 100%, диагностическая точность 95,71%.

С помощью ROC-анализа проведена оценка качества данной многофакторной модели: AUC = $0,960 \pm 0,025$ с 95% ДИ: 0,911-1,0 (рисунок 1), Sen способа составила 70%, Sp — 100%, De — 95,71%.

Обсуждение

ЖНР — наиболее частая причина смерти больных ИМ [12]. По данным Глобального регистра острых коронарных событий (GRACE — Global Registry of Acute Coronary Events) ЖНР выявляются у 4,9-11,7% пациентов с ИМ [12]. Своевременное выявление лиц высокого риска ВСС является важ-

ной задачей, осложняющейся преходящим характером аритмий. Зафиксировать ЖНР на стандартной ЭКГ и суточном холтеровском мониторинге удается нечасто, поэтому увеличение времени регистрации существенно увеличивает вероятность детекции аритмии. По данным настоящего исследования ММ ЭКГ позволяет выявить ЖНР у 12,5% больных ИМ, в то время как суточное мониторирование только у 1,25% лиц.

Методы неинвазивной оценки электрофизиологической гетерогенности сердечной мышцы у больных ИМ стали доступны при совершенствовании обработки ЭКГ-сигнала. Различными исследовательскими группами проводился анализ ценности ТСР, ВСР, ППЖ, дисперсии QT, MAT в прогнозировании аритмических событий, в т.ч. у лиц, перенесших ИМ [13]. В проспективном исследовании Hoshida K, et al. была выявлена взаимосвязь между MAT, ТСР и аритмическими событиями у пациентов после ИМ [14]. По нашим данным, факторами, ассоциированными с ЖНР у пациентов в острый период ИМ стали параметры ВСР TINN (индекс триангулярной интерполяции гистограммы RR-интервалов), SDANN, ULfP (ультранизкочастотный компонент) в ночные часы, патологическая ТСР, MAT.

Морфология и электрофизиология сердца тесно связаны, что особенно актуально у больных ИМ, поскольку острая сердечно-сосудистая катастрофа ведет к быстрой значительной трансформации структуры миокарда и формированию субстрата электрической нестабильности. ЭхоКГ и МРТ являются взаимодополняющими инструментами визуализации миокарда, позволяющими оценить его морфофункциональное состояние после ИМ.

Одним из часто используемых в клинической практике маркеров высокого аритмического риска является низкая ФВ ЛЖ [15]. Nikoo MH, et al. исследовали возможность применения GLS, как альтернативы ФВ, в качестве предиктора развития желудочковых нарушений ритма. Авторы продемонстрировали, что значения $GLS > -7,2$ см/с способны прогнозировать риск развития ЖТ/фибрилляции желудочков с Sen и Sp, превосходящими ФВ ЛЖ. Однако в данное исследование не были включены пациенты, перенесшие ИМ в ближайшие 3 мес. Изучив прогностическое значение GLS в оценке вероятности развития ЖНР в остром периоде ИМ, авторы сообщили о независимой роли GLS в стратификации риска ВСС у данной когорты больных [16]. По результатам наших данных GLS, наряду со стандартно определяемым параметром КДР, также являлись предикторами ЖНР.

Уникальным методом исследования, позволяющим подробно оценить особенности структурного состояния сердечной мышцы после ИМ, является МРТ сердца с контрастным усилением гадолиния.

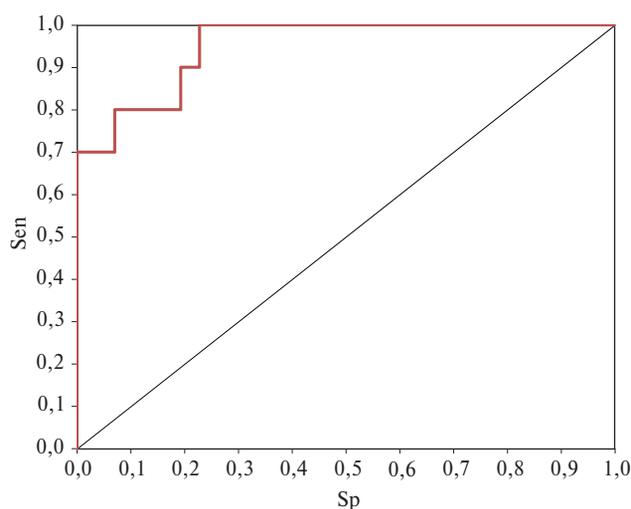


Рис. 1 ROC-кривая, построенная для многофакторной модели прогнозирования неустойчивых ЖТ у больных ИМ на госпитальном этапе.

Примечание: ЖТ — желудочковая тахикардия, ИМ — инфаркт миокарда, Sen — чувствительность, Sp — специфичность.

Группа Weissler-Snir A, et al. выявила, что большее накопление гадолиния ассоциируется с частыми пробежками неустойчивых ЖТ [17]. Alexandre J, et al., проведя одноцентровое ретроспективное исследование, сообщили, что масса рубцовой ткани, её процентное содержание от общей массы миокарда, а также трансмуральность рубца могут быть независимыми факторами в выявлении подгруппы пациентов с ИБС с повышенным риском развития ЖНР [18]. Guo D, et al. установили, что у больных ИМ с ЖНР регистрировалась большая масса рубцовой зоны, чем у пациентов без данных аритмий [19]. В настоящем исследовании выявлено, что масса рубцовой зоны является маркером развития желудочковых нарушений, в то время как периинфарктная зона и область ишемического повреждения не продемонстрировали прогностической ценности.

Таким образом, по результатам настоящего исследования, основу построения многофакторной модели риска ЖНР у больных в острый период ИМ составили параметры, характеризующие морфологические и электрофизиологические особенности миокарда, в совокупности с данными анамнеза и лабораторного обследования. На наш взгляд, данная комплексная модель перспективна для индивидуализации лечебной тактики и способствует проведению своевременных профилактических мер, что позитивно влияет на прогноз.

Ограничения исследования. В исследование были включены пациенты с первичным ИМ, гемодинамически значимым стенозом только инфаркт-связанной коронарной артерии, без хронической сердечно недостаточности в анамнезе. Критерии включения и эффективная реваскуляризация, возможно, оказали влияние на частоту появления ЖТ.

Заключение

Таким образом, полученные результаты продемонстрировали, что ММ ЭКГ у больных ИМ в 10 раз увеличивает шансы фиксации неустойчивых пробежек ЖТ.

На основании широкого спектра полученных данных лабораторно-инструментальных исследований и клинико-anamnestических характеристик построена многофакторная модель риска неустойчивой ЖТ, включающая следующие параметры: КДР, МАТ, NT-proBNP, GLS, массу рубцовой ткани по данным МРТ и наличие ИБС в анамнезе.

Литература/References

- Ageeva LI, Aleksandrova GA, Golubev NA, et al. Zdravooxranenie v Rossii. 2021: Stat.sb./Rosstat. M., 2021. 71 p. (In Russ.) Агеева Л.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А. и др. Здравоохранение в России. 2021: Стат.сб./Росстат. М., 2021. 171 с. <https://rosstat.gov.ru>.
- Aleksandrova GA, Axmetzyanova RR, Golubev NA, et al. Zdravooxranenie v Rossii. 2023: Stat.sb./Rosstat. M., 2023. 179 p. (In Russ.) Александрова Г.А., Ахметзянова Р.Р., Голубев Н.А. и др. Здравоохранение в России. 2023: Стат.сб./Росстат. М., 2023. 179 с. <https://rosstat.gov.ru>.
- Haqqani HM, Marchlinski FE. Electrophysiologic substrate underlying postinfarction ventricular tachycardia: characterization and role in catheter ablation. *Heart rhythm*. 2009;6(8 Suppl):70-6. doi:10.1016/j.hrthm.2009.04.023.
- Donahue JK, Chrispin J, Ajjola OA. Mechanism of Ventricular Tachycardia Occurring in Chronic Myocardial Infarction Scar. *Circ Res*. 2024;134(3):328-42. doi:10.1161/CIRCRESAHA.123.321553.
- Solomon SD, Zelenkofske S, McMurray JJ, et al. Sudden death in patients with myocardial infarction and left ventricular dysfunction, heart failure, or both. *New Engl J Med*. 2005;352(25):2581-8. doi:10.1056/NEJMoa043938.
- Adabag AS, Therneau TM, Gersh BJ. Sudden death after myocardial infarction. *JAMA*. 2008;300(17):2022-9. doi:10.1001/jama.2008.553.
- Mäkikallio TH, Barthel P, Schneider R, et al. Frequency of sudden cardiac death among acute myocardial infarction survivors with optimized medical and revascularization therapy. *Am J Cardiol*. 2006;97(4):480-4. doi:10.1016/j.amjcard.2005.09.077.
- Lebedeva NB, Talibullin IV, Temnikova TB, et al. Clinical and anamnesic characteristics of patients with implanted cardioverter defibrillator in real clinical practice (data from the Kuzbass Registry). *Kardiologiya*. 2021;61(8):40-7. (In Russ.) Лебедева Н.Б., Талибуллин И.В., Темникова Т.Б. и др. Клинико-anamnestические характеристики пациентов с имплантированным кардиовертером-дефибриллятором в реальной клинической практике (данные Кузбасского регистра). *Кардиология*. 2021;61(8):40-7. doi:10.18087/cardio.2021.8.n1651.
- 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.) 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. doi:10.17116/Cardiobulletin20241902139.
- Barbarash OL, Duplyakov DV, Zatejshchikov DA, et al. Acute coronary syndrome without ST segment elevation electrocardiogram. Clinical guidelines 2020. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4):4449. (In Russ.) Барбараш О.Л., Дупляков Д.В., Затежщиков Д.А. и др. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(4):4449. doi:10.15829/1560-4071-2021-4449.
- Russian Society of Cardiology. 2020 Clinical practice guidelines for Acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4103. (In Russ.) Российское кардиологическое общество (РКО). Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(11):4103. doi:10.15829/29/1560-4071-2020-4103.
- Tang EW, Wong CK, Herbison P. Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) hospital discharge risk score accurately predicts long-term mortality post acute coronary syndrome. *Am Heart J*. 2007;153(1):29-35. doi:10.1016/j.ahj.2006.10.004.
- Steinberg JS, Varma N, Cygankiewicz I, et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry. *Heart Rhythm*. 2017;14(7):55-96. doi:10.1016/j.hrthm.2017.03.038.
- Hoshida K, Miwa Y, Miyakoshi M, et al. Simultaneous assessment of T-wave alternans and heart rate turbulence on holter electrocardiograms as predictors for serious cardiac events in patients after myocardial infarction. *Circ J*. 2013;77(2):432-8. doi:10.1253/circj.12-0789.
- Lebedev DS, Mihajlov EN, Neminushchij NM, et al. Ventricular arrhythmias. Ventricular tachycardia and sudden cardiac death. Clinical guidelines 2020. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7):4600. (In Russ.) Лебедев Д.С., Михайлов Е.Н., Неминущий Н.М. и др. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7):4600. doi:10.15829/1560-4071-2021-4600.
- Nikoo MH, Naeemi R, Moarefi A, et al. Global longitudinal strain for prediction of ventricular arrhythmia in patients with heart failure. *ESC Heart Fail*. 2020;7(5):2956-61. doi:10.1002/ehf2.12910.
- Weissler-Snir A, Hindieh W, Spears DA, et al. The relationship between the quantitative extent of late gadolinium enhancement and burden of nonsustained ventricular tachycardia in hypertrophic cardiomyopathy: A delayed contrast-enhanced magnetic resonance study. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30(5):651-7. doi:10.1111/jce.13855.
- Alexandre J, Saloux E, Dugué AE, et al. Scar extent evaluated by late gadolinium enhancement CMR: a powerful predictor of long-term appropriate ICD therapy in patients with coronary artery disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15(1):12. doi:10.1186/1532-429X-15-12.
- Guo D, Hu H, Zhao Z, et al. [Value of myocardial scar in predicting malignant ventricular arrhythmia in patients with chronic myocardial infarction]. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2019;48(5):511-6. Chinese. doi:10.3785/j.issn.1008-9292.2019.10.08.