

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-295>

# **Взаимосвязь механической дисперсии и желудочковой аритмии у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка с зубцом Q по данным спекл-трекинг-эхокардиографии**

*Л.Т. Илхомова\*, Ф.М. Бекметова, Ш.Н. Дониёров, Б.С. Каримов*

*Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии; 100052 Ташкент, ул. Осие, д. 4, Узбекистан*

**Цель исследования:** определение взаимосвязи между значениями механической дисперсии (МД) и развитием желудочковых аритмий (ЖА) у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), перенесших инфаркт миокарда (ИМ), с использованием двухмерной спекл-трекинг-эхокардиографии.

**Материал и методы.** В исследование было включено 80 пациентов с ИБС и постинфарктным кардиосклерозом (перенесших ИМ левого желудочка (ЛЖ) с зубцом Q на ЭКГ). Пациенты были разделены на 2 группы: с наличием ЖА – 58 пациентов и без ЖА – 22 пациента. Средний возраст пациентов составил  $61,6 \pm 9,7$  года. Первая группа, в свою очередь, была разделена на 3 подгруппы в соответствии с классификацией степени тяжести ЖА В. Lown и М. Wolf: 1-я подгруппа – пациенты с ЖА I–II класса ( $n = 20$ ), 2-я – с ЖА III класса ( $n = 16$ ), 3-я – с ЖА IV–V класса ( $n = 22$ ).

**Результаты.** При анализе показателей стандартной эхокардиографии у больных ИБС, перенесших ИМ, статистически достоверных различий между группами пациентов с и без ЖА не было выявлено. При проведении многофакторного дисперсионного анализа не было выявлено статистически значимых различий по показателю глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS) ( $F = 1,234$ ;  $p = 0,334$ ). Однако пациенты с ЖА IV и V классов продемонстрировали статистически значимые более высокие значения МД ( $F = 96,149$ ;  $p < 0,001$ ). Между значениями МД и количеством желудочковых экстрасистол была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока ( $r_{xy} = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ). Увеличение количества

**Илхомова Лайло Тохировна** – базовый докторант 3-го курса Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0009-0004-3346-1177>

**Бекметова Феруза Матсапаевна** – доктор мед. наук, руководитель лаборатории неинвазивных методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729>

**Дониёров Шухрат Ниматуллаевич** – канд. мед. наук, врач-кардиолог Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0001-7935-3797>

**Каримов Бахтиер Собирович** – врач-кардиолог Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент. <https://orcid.org/0000-0002-5202-929X>

**Контактная информация\*:** Илхомова Лайло Тохировна – e-mail: [laylo0701177@gmail.com](mailto:laylo0701177@gmail.com)

желудочковых экстрасистол на 1 приводит к увеличению МД на 0,002 мс. При построении прогностической модели были получены следующие результаты: площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза ЖА и МД, составила  $0,905 \pm 0,033$  с 95% ДИ 0,841–0,969. Полученная модель была статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Пороговое значение МД в точке отсечения равно 14,95 мс. При МД, равной или превышающей данное значение, прогнозировался высокий риск ЖА. Чувствительность и специфичность метода составили 84,5 и 81,8% соответственно.

**Заключение.** Анализ показателя МД в исследуемых группах продемонстрировал более высокие значения в группе с ЖА в сравнении с группой без ЖА. При этом GLS у пациентов с ЖА не отличался по сравнению с группой без ЖА. Значения МД у пациентов с ИМ 14,95 мс и более ассоциировались с высоким риском развития ЖА. Результаты нашего исследования подчеркивают важную роль использования технологии спекл-трекинг-эхокардиографии с определением МД в прогнозировании ЖА у больных ИБС.

**Ключевые слова:** механическая дисперсия; желудочковая аритмия; инфаркт миокарда; двухмерная спекл-трекинг-эхокардиография; внезапная сердечная смерть; глобальная продольная деформация; левый желудочек

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Цитирование:** Илхомова Л.Т., Бекметова Ф.М., Дониёров Ш.Н., Каримов Б.С. Взаимосвязь механической дисперсии и желудочковой аритмии у пациентов с ишемической болезнью сердца, перенесших инфаркт миокарда левого желудочка с зубцом Q по данным спекл-трекинг-эхокардиографии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2026; 32 (2): 13–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-295>

Поступила в редакцию: 21.09.2024.

Принята к печати: 08.12.2025.

Опубликована online: 1.03.2026.

## ВВЕДЕНИЕ

Возникновение ишемии миокарда, в том числе развитие инфаркта миокарда (ИМ), часто связано с последующим развитием аритмических осложнений [1].

До сих пор актуальным является изучение основных причин внезапной сердечной смерти (ВСС) и определение пациентов с высоким риском развития желудочковых аритмий (ЖА). Однако половина случаев ВСС в четвертом десятилетии жизни связана с ишемической болезнью сердца (ИБС), особенно с острым коронарным синдромом [2].

При остром некрозе миокарда вокруг полностью поврежденного участка формируется перинфарктная зона, состоящая из жизнеспособной ишемизированной ткани [3]. В поздний постинфарктный период вокруг рубцовой ткани сохраняется эта зона, включающая жизнеспособные волокна миокарда. Считается, что именно эта область наиболее подвержена развитию злокачественных аритмий как в остром периоде ИМ, так и при формировании постинфарктного рубца. Это связано с различиями в скорости проведения

и рефрактерности соседних участков миокарда, создающими условия для возникновения re-entry-механизмов [4–7].

Механизмы жизнеугрожающих аритмий при различных степенях ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) после перенесенного ИМ включают образование рубцово-фиброзных зон и так называемой пограничной зоны (*border zone*), создающих анатомический субстрат для устойчивых контуров повторного входа. Дополнительно этому способствует электрофизиологическое ремоделирование – нарушение экспрессии и распределения коннексинов, изменение ионных токов и кальциевого гомеостаза, что приводит к повышенной автоматичности и формированию ранних и поздних постдеполяризаций (EAD/DAD). Увеличенная дисперсия активации и реполяризации дополнительно повышает вероятность локальных блокад проведения и возникновения множественных re-entry-петель. Все это в совокупности формирует основу для развития жизнеугрожающих мономорфных и полиморфных желудочковых тахикардий, а также фибрилляции желудочков [8].

Продемонстрирована роль сниженной насосной функции ЛЖ в основе генеза аритмии как следствие гиперсимпатикотонии и электрической нестабильности миокарда. На основании данных, полученных Р.Д. Курбановым и Г.У. Муллабаевой в 2011 г. в результате наблюдения за 115 мужчинами, перенесшими ИМ, было выявлено, что группа пациентов с ЖА высоких градаций, диагностированными через 2 мес после начала заболевания, характеризовалась значительно большим конечно-диастолическим объемом (КДО) и низкой фракцией выброса (ФВ) [9].

Показатель глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS) в эхокардиографии (ЭхоКГ) продемонстрировал способность к прогнозированию ВСС или злокачественной ЖА независимо от ФВ ЛЖ [10]. В проспективном многоцентровом исследовании пациентов после ИМ значения GLS ЛЖ, измеренные с помощью ЭхоКГ, могли предсказывать аритмические события [10].

Исходя из ранее проводимых научных исследований, вопрос поиска неинвазивных предикторов ВСС остается незавершенным и весьма противоречивым. Этот факт определил **цель нашего исследования**, заключающуюся в оценке прогностического значения новых визуализирующих неинвазивных предикторов ЖА высоких градаций у пациентов с ИБС, перенесших ИМ, на основании двухмерной спекл-трекинг-ЭхоКГ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено на 80 больных, поступивших в отделение рентгенэндоваскулярной хирургии Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии г. Ташкента в период с января 2023 г. по май 2024 г. Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, также все участники исследования подписали информированное согласие на участие в исследовании.

В исследование были включены пациенты, перенесшие ИМ первого типа (по классификации ВОЗ 2012 г.) с зубцом Q в стадии рубцевания, а также с наличием ЖА, классифицированных по В. Lown и М. Wolf. Средний возраст пациентов составил  $61,6 \pm 9,7$  года. В зависимости от наличия ЖА

пациенты были разделены на 2 группы: в первую группу вошло 58 пациентов с наличием ЖА, во вторую группу – 22 пациента без ЖА. Пациенты первой группы, в свою очередь, были разделены на 3 подгруппы в соответствии с классификацией В. Lown и М. Wolf, отражающей степень тяжести ЖА: 1-я подгруппа – пациенты с ЖА I–II классов ( $n = 20$ ), 2-я – с ЖА III класса ( $n = 16$ ), 3-я – с ЖА IV–V классов ( $n = 22$ ).

Критериями исключения из исследования были: наличие аневризмы ЛЖ, большие, в анамнезе которых проводилась реваскуляризация коронарных артерий до обследования, отсутствие ИМ в анамнезе, острый коронарный синдром, фибрилляция предсердий, трепетание предсердий, дисфункция синусового узла, синоаурикулярная и атриоventрикулярная блокады, каналопатии, врожденные пороки сердца, хроническая ревматическая болезнь сердца, клапанные поражения умеренной и тяжелой степени, сопутствующие заболевания, влияющие на вариабельность сердечного ритма (сахарный диабет, гипо- и гипертиреоз, алкоголизм, тяжелая почечная и дыхательная недостаточность), онкологические заболевания.

У пациентов проводились анализ клинико-анамнестических данных, биохимические исследования крови, функциональные методы исследования (суточное ЭКГ-мониторирование, стандартная трансторакальная двухмерная ЭхоКГ, двухмерная спекл-трекинг-ЭхоКГ с оценкой GLS и механической дисперсии (МД)) [11]. Спекл-трекинг-ЭхоКГ выполнялась с использованием технологии AutoStrain на ультразвуковой системе экспертного класса Philips Affiniti 70 с последующей обработкой данных на рабочей станции TomTec Imaging Systems (TomTec Imaging Systems GmbH, Мюнхен, Германия). Двухмерные ЭхоКГ-изображения регистрировались в стандартных апикальных проекциях с частотой 60–90 кадров в секунду. Контуры эндокарда и эпикарда выделялись автоматически с последующей ручной корректировкой при необходимости. МД рассчитывалась как стандартное отклонение времени от начала комплекса QRS до пикового значения продольной деформации в 18-сегментной модели ЛЖ. Все измерения проводились двумя независимыми экспертами для обеспечения достоверности результатов.

Статистический анализ проведен с помощью программного пакета IBM SPSS 28.0.1.0 (Statistical Package for the Social Sciences). Для описания количественных данных использовались показатели среднего значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) при нормальном распределении, а также медианы и квартилей ( $Me [Q1-Q2]$ ) при ненормальном распределении. Проверка нормальности распределения данных осуществлялась с использованием критерия Шапиро–Уилка (для выборок до 50 наблюдений) и критерия Колмогорова–Смирнова (для выборок более 50 наблюдений). Для сравнения количественных показателей между двумя группами применялся непараметрический критерий Манна–Уитни при ненормальном распределении и  $t$ -критерий Стьюдента при нормальном распределении. Для сравнения более чем двух групп использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим пост-хок-анализом или непараметрический тест Краскала–Уоллиса в зависимости от распределения данных. Для оценки различий между парными группами применялся критерий Вилкоксона. Категориальные переменные сравнивались с помощью критерия  $\chi^2$  или точного критерия Фишера. Проведен корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Для оценки вероятности возникновения ЖА при увеличении МД проведен ROC-анализ. Статистическая значимость была определена как значение  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средний возраст пациентов  $61,6 \pm 9,7$  года. Количество мужчин в нашем исследовании составило 59% от общего числа пациентов, а женщин – 41%.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ клинико-лабораторных и ЭхоКГ-показателей пациентов с ЖА и без них.

Между группами не было выявлено значимых различий по большинству параметров, включая возраст, длительность ИБС и артериальной гипертензии (АГ), показатели липидного обмена, артериальное давление, размеры и функцию ЛЖ и предсердия, а также параметры GLS ЛЖ. Исключением стала МД, медиана значений кото-

рой в группе с ЖА была статистически значимо выше и составила  $34,4 [21,3-44,6]$  мс, а в группе без ЖА –  $6,60 [5,1-13,9]$  мс ( $p = 0,027$ ).

Примеры оценки GLS ЛЖ и МД представлены на рис. 1, 2.

Произведено сравнение показателей стандартной трансторакальной ЭхоКГ, ЭКГ и спекл-трекинг-ЭхоКГ в трех подгруппах пациентов с ЖА, стратифицированных по степени выраженности ЖА, согласно классификации В. Lown и М. Wolf (табл. 2).

Результаты анализа показали, что значения КДО, конечно-систолического объема, ударного объема (УО), ФВ, GLS, а также скорректированного интервала QT (QTc) не продемонстрировали статистически значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ).

Единственным ЭхоКГ-показателем, имеющим статистически значимые различия между подгруппами, оказалась МД ( $p < 0,001$ ). Значения МД увеличивались по мере нарастания тяжести ЖА.

Для уточнения межгрупповых различий по показателю МД проведен апостериорный анализ с использованием критерия Тьюки (Tukey HSD) (табл. 3).

Выявлено статистически достоверное увеличение МД с ростом градации ЖА. Исключение составило отсутствие статистически достоверной разницы значений МД между группой пациентов без ЖА и подгруппой с I–II классом градации ЖА.

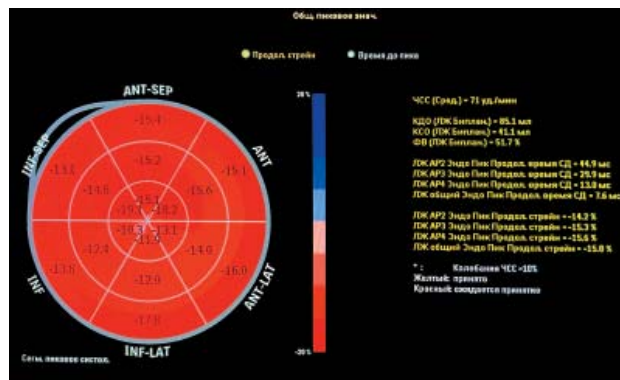
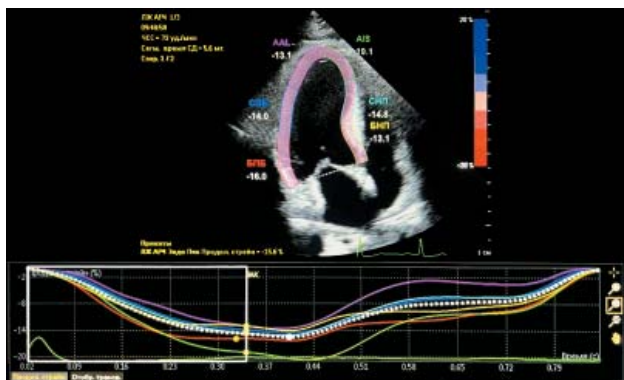
Между значениями МД и количеством желудочковых экстрасистол была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по шкале Чеддока ( $r_{xy} = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ). Увеличение количества желудочковых экстрасистол на 1 приводит к увеличению МД на  $0,002$  мс (рис. 3).

При построении прогностической модели были получены следующие результаты. Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза ЖА и МД, составила  $0,905 \pm 0,033$  с 95% ДИ  $0,841-0,969$ . Полученная модель была статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Пороговое значение МД в точке cut-off равно  $14,95$  мс. При МД, равной или превышающей данное значение, прогнозировался высокий риск ЖА. Чувствительность и специфичность метода составили  $84,5$  и  $81,8\%$  соответственно (рис. 4).

**Таблица 1.** Сравнительный анализ клинико-лабораторных данных и структурно-функциональных характеристик ЛЖ в изучаемых группах**Table 1.** Comparative analysis of clinical and laboratory data and structural and functional LV characteristics in the study groups

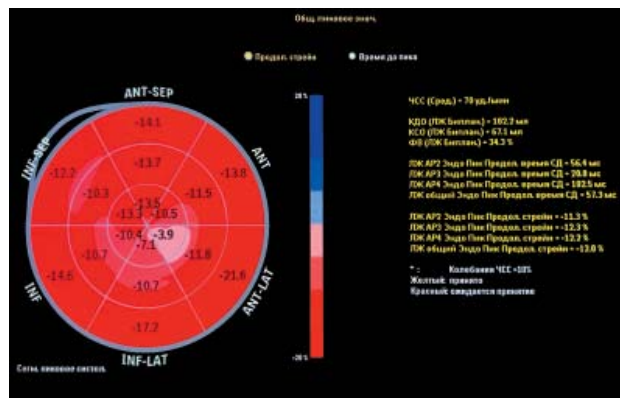
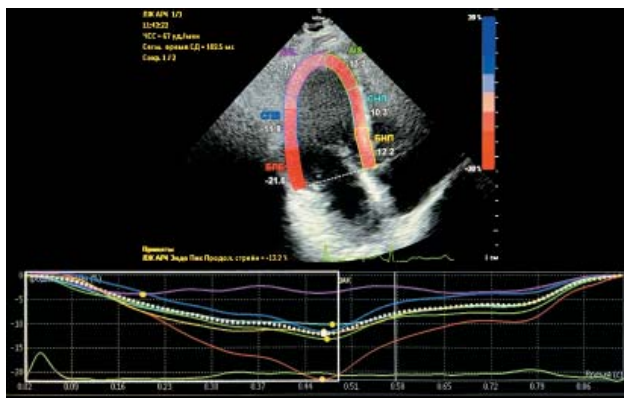
Показатели	Группа с ЖА (M ± SD, Me [Q1–Q3]) (n = 58)	Min	Max	Группа без ЖА (M ± SD, Me [Q1–Q3]) (n = 22)	Min	Max	p
Средний возраст, годы	62,7 ± 9,61	45	84	59,0 ± 9,8	38	72	>0,05
Длительность ИБС, годы	7,92 ± 4,26	4	18	7,65 ± 5,3	2	15	>0,05
Длительность АГ, годы	8,22 ± 4,70	3	16	6,72 ± 5,69	1	13	>0,05
ОХС, мг/дл	186,5 ± 50,0	98	311	194,7 ± 45,5	116	287	>0,05
ТГ, мг/дл	166 [129,0–224]	59	512	162 [122,5–235,7]	94	345	>0,05
ХС ЛПВП, мг/дл	41,9 ± 12,2	26	65	37,6 ± 9,06	26	59	>0,05
ХС ЛПОНП, мг/дл	31,0 [24,7–47,5]	13	72	34,5 [33,0–50,0]	19	69	>0,05
КА ХС, отн. ед.	3,7 ± 1,6	1,4	5	4,30 ± 1,56	2	7,2	>0,05
ЧСС, уд/мин	75,48 ± 11,3	60	94	77,68 ± 15,08	58	98	>0,05
САД, мм рт.ст.	133 ± 19,3	95	160	127,9 ± 17,7	85	160	>0,05
ДАД, мм рт.ст.	83,1 ± 9,35	60	100	80,2 ± 8,3	60	95	>0,05
Syntax Score, баллы	15,8 ± 9,56	4	27	16,22 ± 9,44	5	28	>0,05
Ао, мм	33,58 ± 3,82	28	38	32,3 ± 3,79	28	36	>0,05
Объем ЛП, мл	51,5 ± 15,56	31,4	66,4	45,5 ± 10,5	32,4	60,2	>0,05
Инд. объем ЛП, мл/м <sup>2</sup>	26,15 ± 7,25	18,2	34,8	24,12 ± 5,47	18,8	33,6	>0,05
МЖП ЛЖ, мм	10,7 ± 1,72	8,8	12,7	10,76 ± 2,79	8,4	13,2	>0,05
ЗСЛЖ, мм	10,1 ± 0,97	8,6	12,1	9,9 ± 2,39	7,0	12,9	>0,05
ММЛЖ, гр	207,49 ± 49,8	151,2	264	201,84 ± 52,4	148	266	>0,05
ИММЛЖ, гр/м <sup>2</sup>	105,77 ± 23,36	74,6	131,2	104,65 ± 23,83	72,4	129,6	>0,05
КДР ЛЖ, мм	49,87 ± 10,58	38	61	49,0 ± 5,03	40	59	>0,05
КСР ЛЖ, мм	35,6 ± 10,4	23	47	34,4 ± 5,29	26	44	>0,05
КДО ЛЖ, мл	115,04 ± 37,54	71,4	159	100,3 ± 28,5	69,4	151,5	>0,05
КСО ЛЖ, мл	66,38 ± 34,7	30,2	101,0	54,9 ± 24,58	29,8	91,4	>0,05
УО ЛЖ, мл	49,02 ± 10,1	35,6	62,3	45,4 ± 11,56	32,5	59,8	>0,05
ФВ ЛЖ, %	45,4 ± 11,8	32,4	58,4	46,89 ± 11,00	34,5	59,4	>0,05
GLS, А4 С, %	12,77 ± 3,68	8,7	16,7	13,46 ± 3,80	9,1	17,4	>0,05
GLS, А2 С, %	13,01 ± 3,42	9,1	17,2	13,58 ± 3,54	9,4	17,7	>0,05
GLS, А3 С, %	13,32 ± 3,68	9,0	17,4	13,41 ± 3,55	8,9	17,4	>0,05
GLS, average, %	12,98 ± 3,34	9,8	17,4	13,49 ± 3,43	9,4	17,8	>0,05
МД, мс	34,4 [21,3–44,6]	2,7	84	6,60 [5,1–13,9]	0	20,5	<b>0,027</b>

*Примечание.* ЧСС – частота сердечных сокращений; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ХС – холестерин; ТГ – триглицериды; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; ЛПВП – липопротеиды высокой плотности; ЛПОНП – липопротеиды очень высокой плотности; КА – коэффициент атерогенности. Ао – диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы; ЛП – левое предсердие; ЛЖ – левый желудочек; МЖП – толщина межжелудочковой перегородки; ЗСЛЖ – толщина задней стенки ЛЖ; ММЛЖ – масса миокарда ЛЖ; ИММЛЖ – индексированная масса миокарда ЛЖ; КДР – конечно-диастолический размер ЛЖ; КСР – конечно-систолический размер; КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ; КСО – конечно-систолический объем ЛЖ; УО – ударный объем ЛЖ; ФВ ЛЖ – фракция выброса; А4 – четырехкамерная позиция; А2 – двухкамерная позиция; А3 – трехкамерная позиция; GLS – продольная глобальная деформация ЛЖ; МД – механическая дисперсия.



**Рис. 1.** Результаты GLS ЛЖ и МД (The results of GLS of LV and MD). Пациент У., 1945 г.р. Диагноз: основной: ИБС. Стенокардия напряжения III ФК. ПИКС (2022 г.). Сопутствующие: ГБ III стадии. Степень АГ II. Риск IV. Осложнения: ХСН II А. NYHA III ФК (по NYHA). ЖЭ 0 класса по классификации B. Lown и M. Wolf. GLS 15,0% . МД 7,6 мс.

**Fig. 1.** Results of LV GLS and MD. Patient U., born in 1945. Diagnosis: Primary: CAD. Exertional angina, FC III. Post-infarction cardiosclerosis (2022). Comorbidities: Essential Hypertension Stage III Grade 2 Risk 4. Complications: Chronic Heart Failure Stage IIA NYHA FC III. Ventricular ectopy: Lown-Wolf Class 0. GLS: 15.0% , MD: 7.6 ms.



**Рис. 2.** Результаты GLS ЛЖ и МД (The results of global longitudinal strain of LV and MD). Пациент И., 1969 г.р. Диагноз: основной: ИБС. Стенокардия напряжения III ФК. ПИКС (2023 г.). Сопутствующие: ГБ III стадии. Степень АГ II. Риск IV. Осложнения: ХСН II А. NYHA ФК III (по NYHA). ЖЭ IV класса по классификации B. Lown и M. Wolf. GLS 12,0% . МД 57,3 мс.

**Fig. 2.** Results of LV GLS and MD. Patient I., born in 1969. Diagnosis: Primary: CAD. Exertional angina, FC III. Post-infarction cardiosclerosis (2023). Comorbidities: Essential Hypertension Stage III Grade 2 Risk 4. Complications: Chronic Heart Failure Stage IIA NYHA FC III. Ventricular ectopy: Lown-Wolf Class 4. GLS: 12.0% , MD: 57.3 ms.

**Таблица 2.** Сравнительная характеристика показателей стандартной трансторакальной ЭхоКГ, ЭКГ и спекл-трекинг-ЭхоКГ у пациентов в зависимости от класса ЖА

**Table 2.** Comparative characteristics of standard transthoracic echocardiography, ECG, and speckle-tracking echocardiography parameters according to ventricular arrhythmia (VA) grades

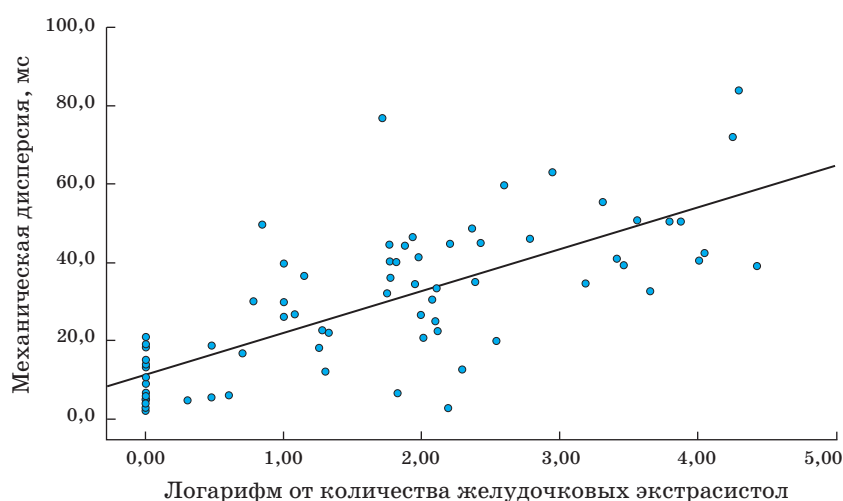
Показатели	0 – без ЖА (n = 22) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА I и II классов (n = 20) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА III класса (n = 16) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	ЖА IV и V классов (n = 22) (M ± SD, Me [Q1–Q3])	F-тест	p
КДО, мл	100,3 ± 28,5	108,7 ± 34,2	121,6 ± 35,7	118,32 ± 42,1	1,39	0,252
КСО, мл	48,1 [36,1–68,5]	48,8 [34,0– 86,3]	56,3 [46,7–87,6]	59,5 [40,9–81,7]	0,97	0,410
УО, мл	45,4 ± 11,56	47,0 ± 10,0	31,8 ± 10,1	48,0 ± 10,9	1,05	0,375
ФВ, %	46,9 ± 11,0	45,8 ± 12,33	45,5 ± 13,18	43,9 ± 11,8	0,29	0,835
GLS, %	13,49 ± 3,43	13,7 ± 3,36	12,3 ± 3,83	12,54 ± 3,27	1,23	0,303
QTc	403,5 ± 25,6	414,9 ± 39,2	409,5 ± 85	424,7 ± 43,4	1,03	0,384
МД, мс	6,6 [5,1–13,9]	16,7 [6,1–22,0]	33,4 [29,9–36,6]	47,3 [41,5–58,5]	96,1	<0,001

*Примечание.* КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ; КСО – конечно-систолический объем ЛЖ; УО – ударный объем ЛЖ; ФВ ЛЖ – фракция выброса ЛЖ; QT – интервал; QTc – скорректированный интервал QT; GLS – глобальная продольная деформация.

**Таблица 3.** Апостериорный анализ различий по механической дисперсии (МД) с использованием критерия Тьюки (Tukey HSD)

**Table 3.** Post-hoc analysis of differences in mechanical dispersion (MD) using Tukey's HSD test

Пара групп	Разница в МД, мс	p
0 vs I–II класса	+10,1	>0,05
0 vs III класса	+26,8	<0,001
0 vs IV–V класса	+40,7	<0,001
I–II класс vs III класса	+16,7	<0,001
I–II класс vs IV–V класса	+30,6	<0,001
III класс vs IV–V класса	+13,9	<0,01



**Рис. 3.** Линейная регрессионная зависимость МД от количества желудочковых extrasystoles.

**Fig. 3.** Linear regression relationship between MD and the number of premature ventricular contractions (PVCs).

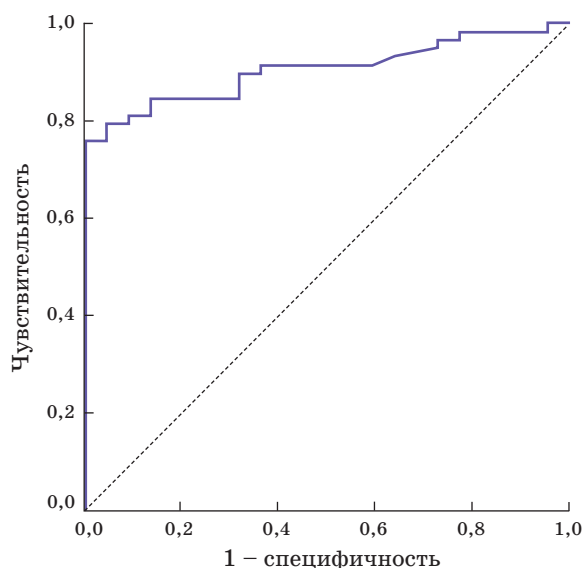


Рис. 4. ROC-анализ вероятности возникновения ЖА при увеличении МД.

Fig. 4. ROC analysis of the probability of VA occurrence with increasing MD.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Использование технологий для изучения связи между новым неинвазивным маркером МД и возникновением аритмий, а также для разработки методов их раннего выявления и профилактики у пациентов с перенесенным ИМ является важной задачей современной медицины. Важность оценки деформационных свойств ЛЖ с использованием GLS для прогнозирования ЖА в раннем периоде острого ИМ отмечена в ряде исследований [10, 12]. Так, М. Ersbøll и соавт. при анализе эхокардиограмм, выполненных в течение 48 ч после госпитализации в рамках проспективного исследования, установили, что GLS в значительной степени связана со смертностью от всех причин или госпитализацией по поводу сердечной недостаточности у пациентов с ИМ и ФВ ЛЖ  $>40\%$  [12].

В многоцентровом перспективном исследовании, проведенном К.Н. Naugaa и соавт., обследовалось 569 пациентов в течение 30 мес с акцентом на прогнозирование ЖА после ИМ. После длительного наблюдения было установлено, что МД, оцениваемая с использованием спекл-трекинг-ЭхоКГ, предсказывала аритмические события независимо от ФВ ЛЖ [10].

Похожие результаты были получены в крупном ретроспективном исследовании Р. Van der Bijl и соавт. В ходе анализа 1185 пациентов, среди которых зарегистрировано 403 случая ЖА, не была выявлена значимая связь между исходным уровнем МД и возникновением ЖА. Вместе с тем было установлено, что значение МД, измеренное через 6 мес после сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ), являлось независимым предиктором развития ЖА. Повышенная МД ЛЖ через 6 мес после СРТ ассоциировалась с увеличением общей смертности и риском ЖА. Таким образом, МД ЛЖ может служить ценным параметром для выявления пациентов с высоким риском неблагоприятного прогноза после имплантации устройства для СРТ [13].

В проведенном нами исследовании при анализе деформационных свойств ЛЖ у больных ИБС, перенесших острый ИМ, были отмечены значительные межгрупповые различия показателя МД, которые достигали максимальных значений по мере роста класса ЖА ( $p = 0,001$ ;  $F = 96,149$ ). Однако значения МД были ниже по сравнению с данными литературы. Мы связываем это с особенностями постобработки данных, которая проводилась с использованием программного обеспечения TomTec Imaging Systems.

В систематическом обзоре с метаанализом Е.З. Голуховой и соавт. мы обратили внимание на то, что в большинстве исследований постобработка данных проводилась на рабочих станциях EchoPAC (GE), и только в одном исследовании использовалась рабочая станция TomTec Imaging Systems. Однако в этом исследовании у пациентов была низкая ФВ ( $<30\%$ ), и они являлись кандидатами на проведение СРТ [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования подчеркивают важность применения технологии спекл-трекинг-эхокардиографии для выявления МД как информативного прогностического маркера ЖА у пациентов с ИБС, перенесших ИМ. При этом показатели глобальной GLS не продемонстрировали статистически значимых различий между группами с и без ЖА. Нами была установлена статистически значимая прямая корреляционная связь умеренной тесноты по

шкале Чеддока ( $r_{xy} = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ) между МД и количеством желудочковых экстрасистол. Значение МД более 14,95 мс ассоциировалось с высоким риском развития ЖА (чувствительность и специфичность 84,5 и 81,8% соответственно). Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования МД в качестве прогностического индикатора риска ЖА в данной популяции пациентов.

#### Участие авторов

Илхомова Л.Т. – проведение исследования; сбор и обработка данных; подготовка и редактирование текста; ответственность за целостность всех частей статьи; утверждение окончательного варианта статьи.

Бекметова Ф.М. – концепция и дизайн исследования; анализ и интерпретация полученных данных.

Дониёров Ш.Н. – обзор публикаций по теме статьи.

Каримов Б.С. – участие в научном дизайне.

#### Authors' participation

Ilkhomova L.T. – conducting research; collection and analysis of data; text preparation and editing; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article.

Bekmetova F.M. – concept and design of the study; analysis and interpretation of the obtained data.

Doniyorov Sh.N. – review of publications.

Karimov B.S. – participation in scientific design.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Tse G. Mechanisms of cardiac arrhythmias. *J. Arrhythm.* 2016; 32 (2): 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.joa.2015.11.003>
- Zeppenfeld K., Tfelt-Hansen J., Riva M. et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur. Heart J.* 2022; 43 (40): 3997–4126. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac262>
- Golukhova E.Z., Gromova O.I., Bulaeva N.I., Bokeria L.A. Sudden Cardiac Death in Patients With Ischemic Heart Disease: From Mechanisms to Clinical Practice. *Kardiologiya.* 2017; 57 (12): 73–81. <https://doi.org/10.18087/cardio.2017.12.10069>
- Josephson M.E., Horowitz L.N., Farshidi A. et al. Recurrent sustained ventricular tachycardia. *Circulation.* 1979; 59 (3): 459–468. <https://doi.org/10.1161/01.cir.59.3.459>
- Carmeliet E. Cardiac ionic currents and acute ischemia: from channels to arrhythmias. *Physiological Reviews.* 1999; 79 (3): 917–1017. <https://doi.org/10.1152/physrev.1999.79.3.917>
- Coronel R., Wilms-Schopman F.J., Dekker L. R., Janse M.J. Heterogeneities in [K<sup>+</sup>]<sub>o</sub> and TQ potential and the inducibility of ventricular fibrillation during acute regional ischemia in the isolated perfused porcine heart. *Circulation.* 1995; 92 (1): 120–129. <https://doi.org/10.1161/01.cir.92.1.120>
- Arnar D.O., Bulling J.R., Martins J.B. Role of the Purkinje system in spontaneous ventricular tachycardia during acute ischemia in a canine model. *Circulation.* 1997; 96 (7): 2421–2429. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.7.2421>
- Clayton R.H., Sridhar S. Re-entry in models of cardiac ventricular tissue with scar represented as a Gaussian random field. *Front. Physiol.* 2024; 15: 1403545. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1403545>
- Kurbanov R.D., Mullabaeva G.U. Modern opportunities of primary prophylaxis of sudden coronary death from a position of early correction of activity the neurohormonal systems at patients with myocardial infarction. *Eurasian Heart J.* 2011; 1: 46–53. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2011-1-46-53>
- Haugaa K.H., Grenne B.L., Eek C.H. et al. Strain echocardiography improves risk prediction of ventricular arrhythmias after myocardial infarction. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2013; 6(8):841–850. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.03.005>
- Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39.e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
- Ersbøll M., Valeur N., Mogensen U M. et al. Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61 (23): 2365–2373. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.061>
- Van der Bijl P., Khidir M.J.H., Lyung M. et al. Reduction in left ventricular mechanical dispersion after 6 months of cardiac resynchronization therapy is associated with superior long-term outcome. *Heart Rhythm.* 2018; 15 (11): 1683–1689. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.05.005>
- Голухова Е.З., Булаева Н.И., Мрикаев Д.В., Александрова С.А., Бердибеков Б.Ш. Прогностическая роль продольной деформации и механической дисперсии левого желудочка по данным спекл-трекинг эхокардиографии у пациентов с ишемической и неишемической кардиомиопатией: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал.* 2022; 27 (3S): 5034. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5034>
- Golukhova E.Z., Bulaeva N.I., Mrikaev D.V. et al. Prognostic value of left ventricular global longitudinal strain and mechanical dispersion by speckle tracking echocardiography in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology.* 2022; 27 (3S): 5034. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5034> (In Russian)

# Association between mechanical dispersion and ventricular arrhythmias in patients with coronary artery disease after Q-Wave left ventricular myocardial infarction assessed by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography

L.T. Ilkhomova\*, F.M. Bekmetova, Sh.N. Doniyorov, B.S. Karimov

Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology;  
4, Osiyo str., Tashkent 100052, Uzbekistan

Laylo T. Ilkhomova – MD, PhD student, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0009-0004-3346-1177>

Feruz M. Bekmetova – MD, Doct. of Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Radiation Diagnostics, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729>

Shukhrat N. Doniyorov – MD, PhD (Med.), cardiologist, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0001-7935-3797>

Bakhtiyor S. Karimov – MD, cardiologist, Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent. <https://orcid.org/0000-0002-5202-929X>

Correspondence\* to Dr. Laylo T. Ilkhomova – e-mail: [laylo0701177@gmail.com](mailto:laylo0701177@gmail.com)

**Objective:** to determine the association between mechanical dispersion (MD) and the development of ventricular arrhythmias (VA) in patients with coronary artery disease (CAD) after myocardial infarction (MI) using two-dimensional speckle-tracking echocardiography (2D-STE).

**Materials and Methods.** The study included 80 patients with CAD and post-infarction atherosclerosis (history of Q-wave left ventricular MI on ECG). Patients were divided into two groups: with ventricular arrhythmias (VA) (n = 58) and without VA (n = 22). The mean age was  $61.6 \pm 9.7$  years. The VA group was further subdivided according to the B. Lown and M. Wolf classification: Class I–II of VA (n = 20) Class III (n = 16) Class IV–V (n = 22).

**Results.** Standard echocardiographic parameters did not differ significantly between patients with and without VA. Multivariate analysis of variance demonstrated no statistically significant differences in left ventricular global longitudinal strain (GLS) ( $F = 1.234$ ;  $p = 0.334$ ). However, patients with class IV–V of VA showed significantly higher MD values ( $F = 96.149$ ;  $p < 0.001$ ). A statistically significant moderate positive correlation (Chaddock scale) was found between MD and the number of premature ventricular contractions (PVCs) ( $r = 0.46$ ;  $p < 0.001$ ). Each additional PVC was associated with an increase in MD by 0.002 ms. ROC curve analysis for the prediction of VAs by MD demonstrated an area under the curve (AUC) of  $0.905 \pm 0.033$  (95% CI: 0.841–0.969;  $p < 0.001$ ). The optimal MD cutoff value was 14.95 ms. MD  $\geq 14.95$  ms predicted a high risk of ventricular arrhythmias with a sensitivity of 84.5% and specificity of 81.8%.

**Conclusions.** Mechanical dispersion was significantly higher in patients with ventricular arrhythmias, whereas GLS did not differ between groups. MD  $\geq 14.95$  ms was associated with an increased risk of ventricular arrhythmias in patients after MI. These findings highlight the clinical value of 2D speckle-tracking echocardiography with MD assessment for risk stratification of ventricular arrhythmias in CAD patients.

**Keywords:** *mechanical dispersion; ventricular arrhythmia; myocardial infarction; two-dimensional speckle-tracking echocardiography; sudden cardiac death; global longitudinal strain; left ventricle*

**Conflict of interests.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financing.** This study had no sponsorship.

**Citation:** Ilkhomova L.T., Bekmetova F.M., Doniyorov Sh.N., Karimov B.S. Association between mechanical dispersion and ventricular arrhythmias in patients with coronary artery disease after Q-Wave left ventricular myocardial infarction assessed by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2026; 32 (2): 13–22. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-295> (In Russian)

Received: 21.09.2024.

Accepted for publication: 08.12.2025.

Published online: 1.03.2026.