

Швец Д. А.<sup>1</sup>, Поветкин С. В.<sup>2</sup><sup>1</sup> БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница», Орел, Россия<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск, Россия

## Возможности диагностики ишемической дисфункции левого желудочка с помощью значений деформации, показателей вращения у больных инфарктом миокарда различной локализации

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цель                | Сравнение возможности диагностики регионарной и глобальной дисфункции миокарда с помощью величины продольной, циркулярной деформации, скручивания и раскручивания левого желудочка (ЛЖ) у больных инфарктом миокарда (ИМ) различной локализации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Материал и методы   | Включенных в исследование пациентов (n=121) распределили на 3 группы: больные с нестабильной стенокардией (n=30), больные с передним ИМ (n=45), больные с нижним ИМ (n=46). Проведены клиничко-лабораторное и инструментальное исследования, в том числе эхокардиография. При количественном анализе сократимости ЛЖ измерены максимальные систолические пики регионарной и глобальной продольной, циркулярной деформации, систолической и диастолической ротации, скручивания и раскручивания ЛЖ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Результаты          | Выявлено, что для переднего ИМ характерно поражение верхушечных сегментов ЛЖ, для нижнего ИМ – базальных. При переднем ИМ выявлено снижение продольной деформации менее 14,5% и циркулярной деформации менее 19,3% в апикальном сегменте переднеперегородочной стенки (ППС) ЛЖ. При акинезии апикального сегмента ППС ЛЖ продольная и циркулярная деформация снижаются до менее 10%. Величина циркулярной деформации верхушечного сегмента ППС ЛЖ: порог диагностики 19,3%, чувствительность (Se) 87%, специфичность (Sp) 90% – превосходит таковую продольной деформации в качестве диагностики регионарной ишемической дисфункции при переднем ИМ. Величина циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки ЛЖ при нижнем ИМ имеет большее диагностическое значение для выявления регионарной систолической дисфункции по сравнению со значением продольной деформации данного сегмента ЛЖ. Порог диагностики составил 17,3%, Se 79%, Sp 80%. |
| Заключение          | Снижение циркулярной деформации ППС ЛЖ менее 19,3% в апикальном сегменте ЛЖ более специфично (Sp 90%) для диагностики регионарной систолической дисфункции при переднем ИМ, чем снижение продольной деформации. Величина циркулярной деформации менее 17,3% в базальном сегменте нижней стенки ЛЖ более специфична (Sp 80%) по сравнению с продольной деформацией данного сегмента для диагностики регионарной систолической дисфункции при нижнем ИМ. Преимущественное поражение верхушки ЛЖ при переднем ИМ может приводить к систолической и диастолической дисфункции миокарда, что проявляется снижением циркулярной деформации, скручивания и раскручивания ЛЖ.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ключевые слова      | Деформация; скручивание; раскручивание левого желудочка; инфаркт миокарда                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Для цитирования     | Shvets D.A., Povetkin S.V. Limitations of Diagnosis of Ischemic Left Ventricular Dysfunction Using the Values of Strain, Twist and Untwist in Patients With Myocardial Infarction of Various Localization. <i>Kardiologiia</i> . 2024;64(3):55–62. [Russian: Швец Д.А., Поветкин С.В. Возможности диагностики ишемической дисфункции левого желудочка с помощью значений деформации, показателей вращения у больных инфарктом миокарда различной локализации. <i>Кардиология</i> . 2024;64(3):55–62].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Автор для переписки | Швец Денис Анатольевич. E-mail: denpost-card@mail.ru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Введение

Данные, получаемые при традиционной эхокардиографии (ЭхоКГ), субъективны и зависят от индивидуальных экспертных знаний. Метод отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения (speckle tracking echocardiography, STE) – более воспроизводимый и объективный метод количественной оценки ранних нарушений глобальной и регионарной систолической и диастолической функции левого желудочка

(ЛЖ). STE имеет преимущества по сравнению с ранними методиками измерения деформации миокарда: меньшая угловая зависимость, измерение деформации в продольном, циркулярном и радиальном направлениях, возможность оценки ротации, скручивания и раскручивания миокарда [1–5]. Количественная оценка сократимости миокарда не ограничивается диагностикой постинфарктных фиброзных изменений ЛЖ, все чаще STE используются при оценке жизнеспособности мио-

карда, при проведении стресс-ЭхоКГ, для исследования функции миокарда после реваскуляризации и для оценки прогноза после инфаркта миокарда (ИМ) [1, 2, 6–8]. Для оценки отдаленных исходов после ИМ, согласно результатам исследования VALIANT, допустимо использование величины продольной и циркулярной деформации ЛЖ [9]. По данным исследований, снижение величины продольной деформации служит ранним признаком поражения миокарда и не только при ишемической дисфункции ЛЖ. Сниженные циркулярная деформация и скручивание ЛЖ являются предиктором более выраженной дисфункции и ремоделирования ЛЖ, которые чаще характерны для трансмурального поражения ЛЖ [10–14]. Дисфункция ЛЖ у больных после ИМ является ключевым прогностическим фактором [15]. Показатель STE, который более точно диагностирует регионарную или глобальную дисфункцию ЛЖ при ИМ, может обладать наибольшим прогностическим потенциалом.

## Цель

Сравнение возможности диагностики регионарной и глобальной дисфункции миокарда с помощью про-

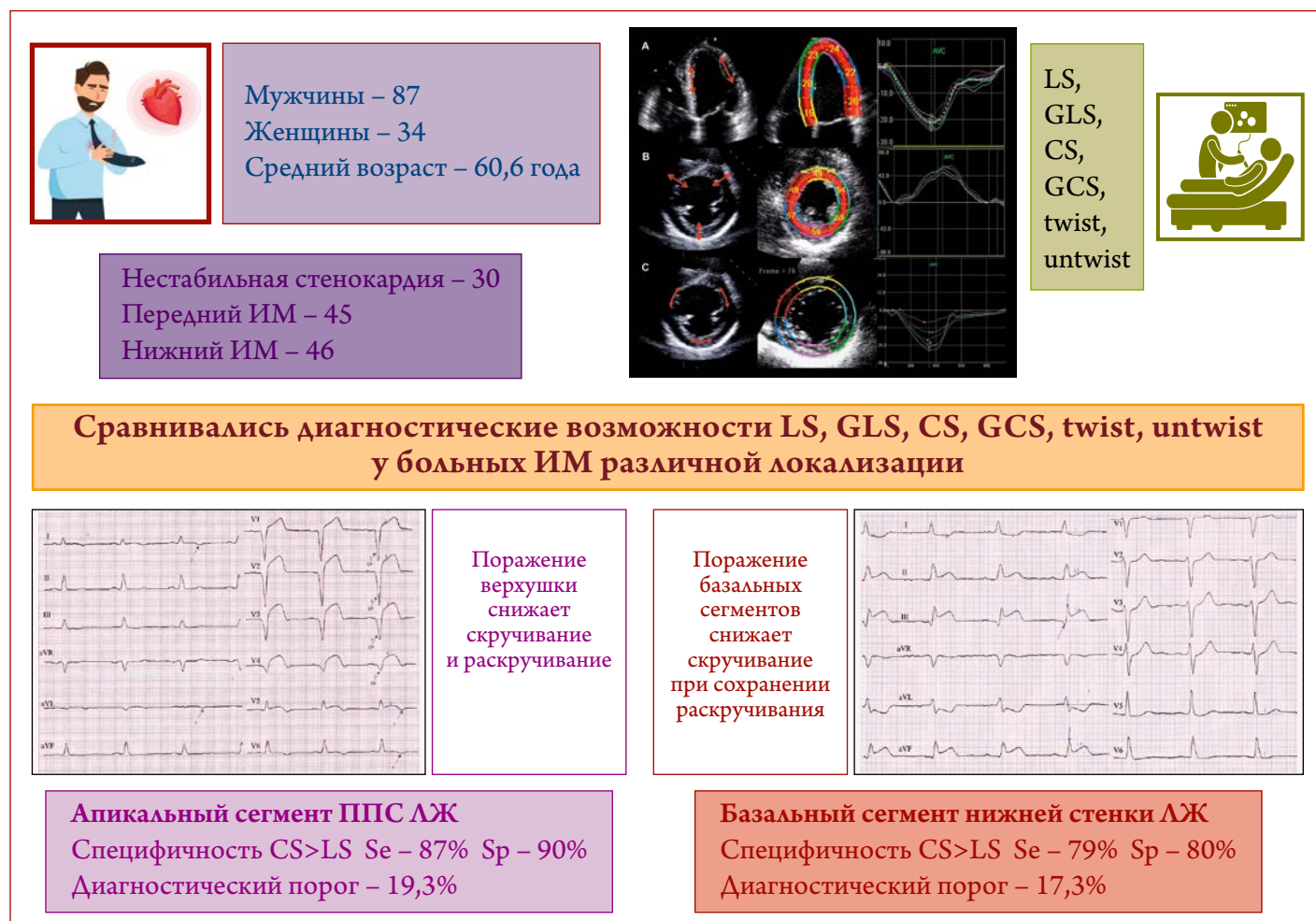
дольной, циркулярной деформаций, скручивания и раскручивания ЛЖ у больных ИМ различной локализации.

## Материал и методы

В исследование был включен 121 пациент с нестабильной стенокардией (НС) и ИМ. Исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования одобрен этическим комитетом Курского государственного медицинского университета. До включения в исследование у всех больных было получено письменное информированное согласие.

Всем больным проведен сбор анамнестических данных и клинико-лабораторные исследования, предусмотренные рекомендациями [15]. Больные разделены на 3 группы: 1-я – больные НС (n=30), 2-я – больные с передним ИМ (n=45), 3-я – больные с нижним ИМ (n=46). Критерии переднего ИМ: электрокардиографические признаки повреждения миокарда в передних отведениях (I, aVL, V1–V4) и выявление зон нарушения локальной сократимости (НЛС) по данным ЭхоКГ в переднеперегородочной стенке (ППС) ЛЖ. Крите-

## Центральная иллюстрация



рии нижнего ИМ: электрокардиографические признаки повреждения миокарда в нижних отведениях (II, III, aVF) и выявление зон НЛС нижней стенки ЛЖ. В группе с передним ИМ было 30 (66,7%) больных с Q-ИМ и 15 (33,3%) – с неQ-ИМ. В группе с нижним ИМ было 25 (54,3%) больных с Q-ИМ и 21 (45,7%) – с неQ-ИМ. В группе НС исключены любые очаговые изменения по результатам электрокардиографии и НЛС по данным ЭхоКГ. Больных ИМ включали в исследование только при наличии 3 критериев: клиничко-лабораторные признаки [15], обязательно одновременное наличие электрокардиографических признаков повреждения миокарда и НЛС по данным ЭхоКГ. В отсутствие одного из 3 критериев больных из исследования исключали. Кроме того, исключены больные, имевшие сочетанные НЛС передней и нижней локализации. Другие критерии исключения: неоптимальное ультразвуковое изображение, нарушения ритма сердца, блокады ножек пучка Гиса.

ЭхоКГ выполняли на сканере Affiniti 70 датчиком S5-1 (1,7–3,5 МГц) через 6,5±2,7 дня от момента госпитализации. Сканирование и измерение основных параметров проводили из апикальных и короткоосевых сечений ЛЖ. Апикальные сечения представлены 2-, 5- (с выносящим трактом ЛЖ) и 4-камерной позициями. Короткоосевые сечения лоцировались на базальном, среднем и апикальном уровнях. Измерения объемов (левого предсердия и ЛЖ), оценку систолической, диастолической функции и НЛС ЛЖ осуществляли согласно рекомендациям Американского общества эхокардиографии и Европейской ассоциации визуализации сердечно-сосудистой системы [1].

Для анализа деформации миокарда использовали качественное двумерное изображение ЭхоКГ. Частота смены кадров составляла от 60 до 80 в секунду. В режиме STE (пакет программ аСМQ) определяли следующие показатели: максимальные систолические пики продольной (longitudinal strain, LS) и циркулярной (circumferential strain, CS) деформации сегментов ЛЖ (%), рассчитывали значения глобальной продольной деформации (global longitudinal strain, GLS) и глобальной циркулярной деформации (global circumferential strain, GCS). В короткоосевых сечениях по кривой вращения определяли пики систолической и диастолической ротации. Скручивание рассчитывали как разницу апикальной и базальной ротаций в градусах. Индексы скручивания и раскручивания – отношение скручивания к размеру длинной оси ЛЖ в апикальном четырехкамерном сечении (°/см). В тексте представлены модули отрицательных значений деформации (кроме табличных значений). Всем обследуемым больным проводили коронарографию

по методике М. Р. Judkins с расчетом индекса Gensini score [15, 16].

Для статистической обработки полученных данных использовали программы Statistica v.13 и SPSS v.23, методы параметрической и непараметрической статистики. В случае нормального распределения (для оценки использовали критерий Колмогорова–Смирнова) при определении значимости различия между средними величинами применяли критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони при множественных сравнениях. Значимость различия категориальных признаков и их частот сравнивали при помощи критерия хи-квадрат. В отсутствие нормального распределения признака проводили сравнение с помощью U-теста Манна–Уитни. Данные в таблицах представлены в виде среднего и его стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) или медианы и межквартильного размаха – Ме [25-й перцентиль; 75-й перцентиль]. Для оценки качества бинарной классификации изучаемого признака проводили построение ROC-кривых. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Основные характеристики исследуемых больных представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, для больных ИМ характерно гендерное преобладание мужского пола (нижний ИМ), табакозависимости (передний и нижний ИМ), менее частое использование антиагрегантов (нижний ИМ), бета-адреноблокаторов (передний ИМ) и процедур реваскуляризации (передний ИМ) по данным анамнеза. Больные ИМ (особенно передним) в среднем имели более значительное расширение левых отделов сердца, нарушения систолической и диастолической функции ЛЖ [1]. Причина, вероятно, в более выраженном поражении коронарных артерий (КА) при переднем ИМ. Выявлено, что при переднем ИМ преобладали НЛС в апикальном сегменте ППС ЛЖ: преимущественно акинезия – у 28 (62,2%) больных и реже гипокинезия – у 17 (37,8%;  $p < 0,05$ ). При этом число случаев акинезии в базальном сегменте ППС ЛЖ было значительно меньше (у 4 больных, 8,9%), чем в апикальном ( $p < 0,001$ ). При нижнем ИМ, наоборот, акинезия чаще выявлялась в базальном сегменте нижней стенки ЛЖ (у 17 больных, 36,9%) и реже – в апикальном сегменте (у 4 больных, 8,7%;  $p < 0,05$ ). Кроме того, частота выявления акинезии апикального сегмента ППС ЛЖ при переднем ИМ существенно выше, чем частота выявления акинезии базального сегмента нижней стенки ЛЖ при нижнем ИМ ( $p < 0,001$ ). В табл. 2 представлены значения деформации сегментов миокарда исследуемых больных.



Таблица 1. Характеристика исследуемых групп больных ИБС

| Показатель                    |         | 1-я группа, НС (n=30) | 2-я группа, передний ИМ (n=45) | 3-я группа, нижний ИМ (n=46) |
|-------------------------------|---------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Пол, n (%)                    | мужчины | 17 (56,7)             | 30 (66,7)                      | 40 (87,0)                    |
|                               | женщины | 13 (43,3%)            | 15 (33,3)                      | 6 (13,0)**                   |
| Возраст, годы                 |         | 61,1±9,0              | 59,9±11,1                      | 60,8±7,7                     |
| Анамнез ССЗ, n (%)            |         | 11 (36,7)             | 20 (44,4)                      | 18 (39,1)                    |
| АГ, n (%)                     |         | 23 (76,7)             | 36 (80)                        | 31 (67,4)                    |
| ДЛП, n (%)                    |         | 11 (36,7)             | 12 (26,7)                      | 14 (30,4)                    |
| Табакозависимость, n (%)      |         | 7 (23,3)              | 24 (53,3)**                    | 23 (50)**                    |
| СД 2-го типа, n (%)           |         | 3 (10)                | 10 (22,2)                      | 6 (13,0)                     |
| Перенесенный ИМ, n (%)        |         | 3 (10)                | 10 (22,2)                      | 7 (15,2)                     |
| Реваскуляризация, n (%)       |         | 9 (30)                | 4 (8,9)*                       | 7 (15,2)                     |
| Предшествующая терапия, n (%) | АА      | 14 (46,7)             | 14 (31,1)                      | 12 (26,1)*                   |
|                               | АПФ/БРА | 14 (46,7)             | 16 (35,5)                      | 16 (34,8)                    |
|                               | БАБ     | 14 (46,7)             | 12 (26,7)*                     | 15 (32,6)                    |
|                               | Статины | 10 (33,3)             | 8 (17,8)                       | 9 (19,6)                     |
| ИМТ, кг/м <sup>2</sup>        |         | 28,0<br>[25,1; 31,2]  | 27,2<br>[25,2; 30,5]           | 26,9<br>[25,4; 29,4]         |
| САД, мм рт. ст.               |         | 120<br>[120; 140]     | 110<br>[100; 130]              | 120<br>[110; 130]            |
| ДАД, мм рт. ст.               |         | 80 [70; 80]           | 70 [60; 80]                    | 80 [70; 80]                  |
| ХСН, n (%)                    | ФК I    | 9 (30)                | 13 (28,9)                      | 11 (23,9)                    |
|                               | ФК II   | 12 (40)               | 19 (42,2)                      | 25 (54,3)                    |
|                               | ФК III  | 9 (30)                | 13 (28,9)                      | 10 (21,8)                    |
| ЧСС, уд./мин                  |         | 67,3±10,8             | 74,2±13,8                      | 69,2±13,1                    |
| индЛП, мл/м <sup>2</sup>      |         | 28,5±8,0              | 35,2±11,7*                     | 29,9±8,1                     |
| индКДОЛЖ, мл/м <sup>2</sup>   |         | 42,9±9,5              | 55,9±17,7**                    | 50,1±14,9                    |
| индКСОЛЖ, мл/м <sup>2</sup>   |         | 15,4±4,4              | 24,5±9,9***                    | 20,7±8,8*                    |
| ФВ ЛЖ, %                      |         | 64,7±6,5              | 55,8±8,3***                    | 58,8±7,5**                   |
| индММЛЖ, г/м <sup>2</sup>     |         | 74,6±15,1             | 91,1±20,9***                   | 84,9±17,2                    |
| ДД, n (%)                     |         | 1 (3,3)               | 12 (26,7)*                     | 8 (17,3)                     |
| Индекс Gensini score          |         | 26,4<br>[0; 47,0]     | 83<br>[51,0; 94,0]***          | 62<br>[38,0; 86,0]***, #     |
| ЧКВ, n (%)                    |         | 16 (53,3)             | 43 (95,5)                      | 37 (80,4)                    |

НС – нестабильная стенокардия; ДЛП – дислипидемия; АА – антиагреганты; АПФ/БРА – ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента/блокаторы рецепторов ангиотензина II, БАБ – бета-адреноблокаторы; ИМТ – индекс массы тела; индЛП – индекс объема левого предсердия; индКДОЛЖ – индекс конечного диастолического объема левого желудочка; индКСОЛЖ – индекс конечного систолического объема левого желудочка; индММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, ДД – диастолическая дисфункция; Различия между значениями показателей 1-й и 2-й групп, а также 1-й и 3-й групп больных: \* –  $p<0,05$ ; \*\* –  $p<0,01$ ; \*\*\* –  $p<0,001$ . Различия между значениями показателей 2-й и 3-й групп больных: # –  $p<0,05$ .

Согласно представленным данным, величина систолической продольной и циркулярной деформации уменьшается в большей степени при переднем ИМ. В апикальных сегментах всех стенок ЛЖ снижены значения как продольной, так и циркулярной деформации, что является следствием преимущественного поражения вер-

Таблица 2. Величина систолической продольной и циркулярной деформации исследуемых групп больных ИБС

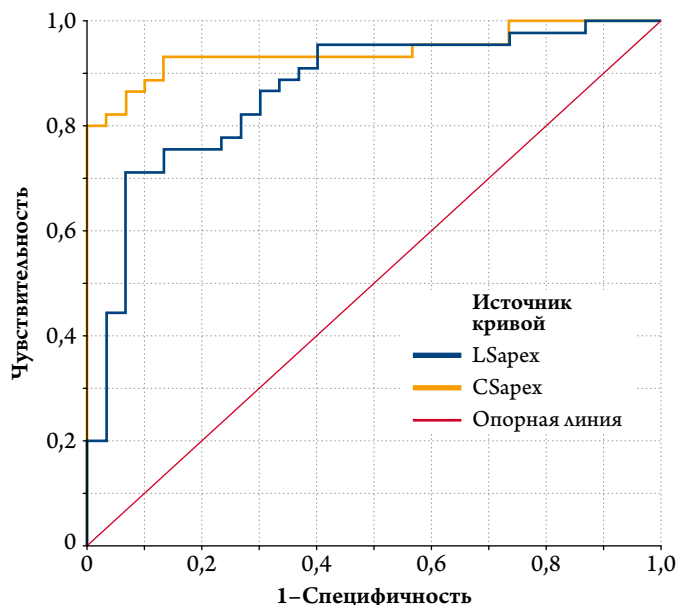
| Показатель |    | 1-я группа, НС (n=30) | 2-я группа, передний ИМ (n=45) | 3-я группа, нижний ИМ (n=46) |
|------------|----|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| ППС        | BC | -8,2±6,3              | -6,8±4,5                       | -8,4±4,5                     |
|            | LS | CC                    | -9,6±5,0                       | -3,2±4,9***                  |
|            | CS | BC                    | -18,3±5,7                      | -9,0±5,8***                  |
|            |    | BC                    | -17,8±9,1                      | -14,3±6,9                    |
|            |    | CC                    | -20,9±5,7                      | -11,2±7,7***                 |
|            |    | BC                    | -29,9±8,8                      | -8,8±10,4***                 |
| НБС        | LS | BC                    | -10,5±5,8                      | -10,5±5,1                    |
|            |    | CC                    | -10,7±4,9                      | -10,0±4,1                    |
|            |    | BC                    | -17,6±5,1                      | -10,2±8,3***, #              |
|            |    | BC                    | -20,5±7,3                      | -19,8±6,5                    |
|            | CS | CC                    | -22,9±7,7                      | -19,9±7,1                    |
|            |    | BC                    | -32,3±8,2                      | -20,2±12,6***                |
| НПС        | LS | BC                    | -9,8±6,9                       | -7,2±3,8*                    |
|            |    | CC                    | -11,6±3,5                      | -7,6±3,9***                  |
|            |    | BC                    | -18,9±5,8                      | -11,8±7,9***                 |
|            |    | BC                    | -20,9±5,9                      | -16,7±5,7*                   |
|            | CS | CC                    | -23,1±4,9                      | -16,2±7,3***                 |
|            |    | BC                    | -30,8±8,3                      | -15,7±12,9***                |
| ПБС        | LS | BC                    | -11,7±5,8                      | -10,2±4,9                    |
|            |    | CC                    | -10,2±5,9                      | -9,4±4,0                     |
|            |    | BC                    | -19,1±6,6                      | -12,0±7,2***                 |
|            |    | BC                    | -19,2±6,7                      | -16,9±7,4                    |
|            | CS | CC                    | -23,1±7,7                      | -18,5±6,7*                   |
|            |    | BC                    | -30,2±8,5                      | -19,8±11,8***                |
| НС         | LS | BC                    | -10,4±6,5                      | -10,2±4,8                    |
|            |    | CC                    | -12,8±4,3                      | -8,9±5,3*                    |
|            |    | BC                    | -18,6±6,1                      | -10,8±7,4***                 |
|            |    | BC                    | -22,1±5,4                      | -20,3±5,5                    |
|            | CS | CC                    | -24,9±5,9                      | -19,6±5,9***                 |
|            |    | BC                    | -31,7±9,2                      | -20,3±11,1***                |
| ПС         | LS | BC                    | -12,6±4,7                      | -8,6±5,1**                   |
|            |    | CC                    | -10,9±5,2                      | -9,1±4,7                     |
|            |    | BC                    | -18,4±6,4                      | -13,6±7,9*                   |
|            |    | BC                    | -16,8±5,3                      | -12,2±6,7**                  |
|            | CS | CC                    | -18,0±7,5                      | -13,9±7,7*                   |
|            |    | BC                    | -30,9±8,4                      | -17,2±12,4***                |

НС – нестабильная стенокардия; ППС – переднеперегородочная стенка; НБС – нижебоковая стенка; НПС – нижнеперегородочная стенка; ПБС – переднебоковая стенка; НС – нижняя стенка; ПС – передняя стенка; BC – базальный сегмент; CC – средний сегмент; BC – верхушечный сегмент. Различия между значениями показателей 1-й и 2-й групп, а также 1-й и 3-й групп больных: \* –  $p<0,05$ ; \*\* –  $p<0,01$ ; \*\*\* –  $p<0,001$ . Различия между значениями показателей 2-й и 3-й групп больных: # –  $p<0,01$ .

хушки при переднем ИМ [17, 18]. При нижнем ИМ чаще снижено значение циркулярной и реже – продольной деформации базального и среднего сегментов нижней, нижнеперегородочной и нижебоковой стенок ЛЖ.

Чувствительность и специфичность диагностики систолической дисфункции ЛЖ при переднем и ниж-

**Рисунок 1.** Кривые ROC-диагностики регионарной систолической дисфункции при переднем инфаркте миокарда величинами продольной и циркулярной деформации апикального сегмента переднеперегородочной стенки левого желудочка



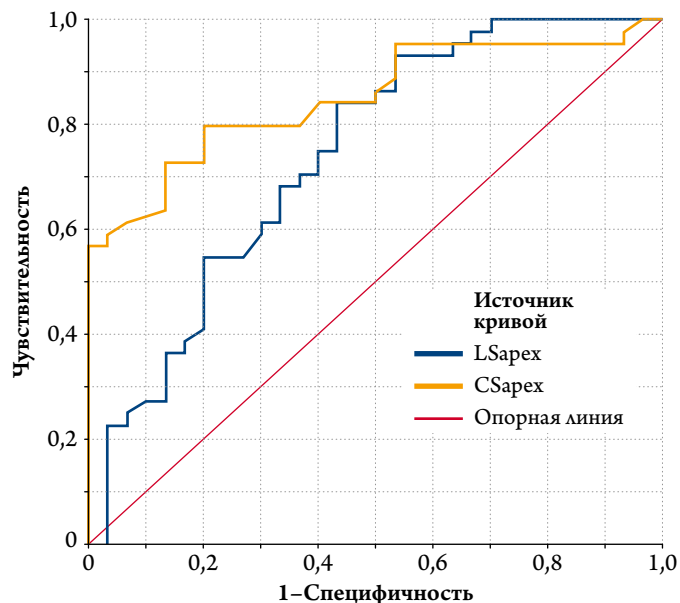
Кривые ROC, характеризующие зависимость наличия регионарной систолической дисфункции при передних инфарктах миокарда от величины продольной и циркулярной деформации апикального сегмента переднеперегородочной стенки левого желудочка. LSapex и CSapex – значения систолических продольной и циркулярной деформации апикального сегмента переднеперегородочной стенки левого желудочка. AUC LS 0,869 [0,785; 0,983];  $p < 0,001$ ; порог диагностики 14,5%, чувствительность 82%, специфичность 73%. AUC CS 0,943 [0,890; 0,996];  $p < 0,001$ ; порог диагностики – 19,3%, чувствительность – 87%, специфичность – 90%

**Таблица 3.** Значения глобальных продольной и циркулярной деформации и показателей ротации и скручивания ЛЖ в исследуемых группах больных ИБС

| Показатель                 | 1-я группа, НС (n=30) | 2-я группа, передний ИМ (n=45) | 3-я группа, нижний ИМ (n=46) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| GLS, %                     | -18,5±4,1             | -7,7±2,9***                    | -12,1±2,7***                 |
| GCS, %                     | -24,2±4,9             | -14,9±5,3****                  | -19,4±4,7****, #             |
| Базальная ротация, °       |                       |                                |                              |
| S                          | -4,7±2,6              | -3,6±1,9                       | -3,3±1,9*                    |
| D                          | -2,3±1,3              | -2,0±1,3                       | -1,8±1,4                     |
| Апикальная ротация, °      |                       |                                |                              |
| S                          | 5,3±2,7               | 3,0±3,3**                      | 4,5±2,9                      |
| D                          | 1,5±1,8               | 0,25±2,1*                      | 1,1±1,5                      |
| Скручивание, °             | 10,0±3,7              | 6,6±3,4***                     | 7,9±3,3*                     |
| Индекс скручивания, °/см   | 1,2±0,53              | 0,75±0,41***                   | 0,92±0,42*                   |
| Раскручивание, °           | 3,8±2,5               | 2,2±2,6*                       | 3,0±1,5                      |
| Индекс раскручивания, °/см | 0,46±0,27             | 0,24±0,29***                   | 0,35±0,22                    |

НС – нестабильная стенокардия; S – систолическая ротация, D – диастолическая ротация. Различия между значениями показателей 1-й и 2-й групп, а также 1-й и 3-й групп больных: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ; \*\*\*\* –  $p < 0,0001$ . Различия между значениями показателей 2-й и 3-й групп больных: # –  $p < 0,0001$ .

**Рисунок 2.** Кривые ROC-диагностики регионарной систолической дисфункции при нижнем инфаркте миокарда величинами продольной и циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки левого желудочка



Кривые ROC, характеризующие зависимость наличия регионарной систолической дисфункции при нижних инфарктах миокарда от величины продольной и циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки левого желудочка. LSbasal и CSbasal – значения систолических продольной и циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки левого желудочка. AUC LS 0,740 [0,621; 0,859];  $p < 0,01$ ; порог диагностики 8,6%, чувствительность 70%, специфичность 63%. AUC CS 0,850 [0,764; 0,936];  $p < 0,001$ ; порог диагностики – 17,3%, чувствительность – 79%, специфичность – 80%. Диагональные сегменты, сгенерированные связями.

нем ИМ с помощью значений регионарной продольной и циркулярной деформации демонстрируют ROC-кривые (рис. 1, 2).

Как видно на рис. 1, наибольшей диагностической ценностью для регионарной систолической дисфункции ЛЖ при переднем ИМ обладает значение циркулярной деформации апикального сегмента.

На рис. 2 можно видеть, что диагностическая ценность циркулярной деформации выше, чем продольной, для выявления регионарной систолической дисфункции при нижнем ИМ.

По некоторым данным, глобальные продольная и циркулярная деформация превосходят регионарную деформацию в качестве критерия диагностики ишемии миокарда (табл. 3) [2, 19].

Индекс скручивания снижен при переднем ИМ за счет снижения апикальной систолической ротации, а при нижнем – за счет снижения базальной систолической ротации. Снижение апикальной диастолической ротации при переднем ИМ приводит к снижению раскручивания ЛЖ.

## Обсуждение

По результатам исследования выявлено, что для переднего ИМ характерно поражение апикальных сегментов ЛЖ, для нижнего ИМ – базальных, что согласуется с особенностью кровоснабжения миокарда [17, 18]. Поэтому оптимальными сегментами для диагностики регионарной систолической дисфункции при переднем ИМ являются верхушечный переднеперегородочный, при нижнем ИМ – базальный сегмент нижней стенки ЛЖ. В отсутствие ИМ равномерное снижение продольной деформации как в верхушечном, так и в базальном сегментах ЛЖ объясняется причинами, не связанными с ишемией ЛЖ [12, 13]. Однако в большей степени сниженное значение деформации миокарда ЛЖ при ИМ объясняется наличием НЛС [1–3, 10, 11, 20]. Более выраженное снижение глобальной деформации (GLS и GCS) ЛЖ при переднем ИМ по сравнению с нижним объясняется преобладанием акинезии миокарда. По этой же причине и регионарная циркулярная деформация при переднем ИМ снижается в большей степени, чем при нижнем. Выявленное снижение продольной деформации менее 14,5% и циркулярной деформации менее 19,3% в апикальном сегменте ППС ЛЖ при переднем ИМ согласуется с данными литературы [1, 2, 13, 21]. Величина циркулярной деформации апикального сегмента ППС ЛЖ снижается менее 10% вследствие преобладания акинезии данного сегмента [10, 11, 22]. Значение циркулярной деформации апикального сегмента ППС ЛЖ (порог диагностики 19,3%, чувствительность 87%, специфичность 90%), превосходит величину продольной деформации в качестве диагностики регионарной ишемической дисфункции при переднем ИМ.

Поражение преимущественно базального сегмента при нижнем ИМ определяет трудность эхокардиографической диагностики регионарной систолической дисфункции ЛЖ. Величина циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки ЛЖ при нижнем ИМ снижается не так существенно, как величина циркулярной деформации апикального сегмента ППС ЛЖ при переднем ИМ, что может быть связано с меньшим числом больных с акинезией базального сегмента нижней стенки ЛЖ. Причина выявленных отличий, помимо гипо- и гипердиагностики величины поражения, может заключаться в меньшем повреждении субэпикардальных волокон при нижнем ИМ. В результате полученных данных величина циркулярной деформации базального сегмента нижней стенки ЛЖ при нижнем ИМ имеет большее диагностическое значение для выявления регионарной систолической дисфункции по сравнению со значением продольной деформации данного сегмента ЛЖ. Порог диагностики составил 17,3%, чувствительность 79%, специфичность 80%.

Причина отличий специфичности продольной и циркулярной деформации в диагностике НЛС может зависеть от акустической картины сочетаний светлых и темных пятен разных сегментов миокарда, которая формируется при отражении ультразвукового луча от разнонаправленных волокон миокарда. При этом формирование характерной ультразвуковой картины, представленной сочетанием темных и светлых пятен, имеет решающее значение для анализа движения стенки желудочков с использованием метода отслеживания пятен [2, 23–25]. Кроме того, величина обратного рассеяния от нижней стенки в короткоосевом сечении более однородна от эпикарда до эндокарда, в отличие от передней стенки ЛЖ [25]. Другой причиной, объясняющей различия диагностических возможностей значений продольной и циркулярной деформации при ИМ передней и нижней локализации, является преобладание восходящего сегмента полосы в эндокарде нижней стенки ЛЖ, где, в отличие от межжелудочковой перегородки, спиральное перекрытие волокон отсутствует [26, 27].

Ротация апикальных сегментов вносит основной вклад в скручивание и раскручивание ЛЖ [26]. Поэтому при переднем ИМ вследствие поражения верхушки ЛЖ индексы скручивания и раскручивания снижаются в большей степени. Указанное обстоятельство может быть причиной негативного прогноза при переднем ИМ по сравнению с прогнозом при нижнем ИМ [15, 18]. При нижнем ИМ выявлено снижение индекса скручивания за счет снижения базальной систолической ротации. Индекс раскручивания при нижнем ИМ снижается незначительно, что связано с сохранением апикальной диастолической ротации. Более выраженное снижение величины раскручивания при ИМ передней локализации можно связать с поражением восходящего сегмента полосы миокарда, которая играет важную роль в диастолическом раскручивании ЛЖ [27, 28].

В отличие от предыдущих исследований показано, как меняются значения регионарной и глобальной деформации, скручивания и раскручивания ЛЖ в зависимости от локализации ИМ, а не только от выраженности поражения и ремоделирования ЛЖ [10–14]. Это позволило выявить преобладающую роль циркулярной деформации в диагностике регионарной систолической дисфункции при ИМ и определить значимость скручивания и раскручивания при переднем ИМ.

## Ограничение исследования

В качестве диагностического критерия нарушения локальной сократимости, особенно при нижнем инфаркте миокарда, оптимальнее использовать магнитно-резонансную томографию миокарда с контрастным усилением гадолинием, так как выявление нарушений локальной



сократимости на основании утолщения стенки левого желудочка в систолу может приводить к гипо- и гипердиагностике величины поражения миокарда.

## Заключение

Снижение циркулярной деформации передней стенки левого желудочка менее 19,3% в апикальном сегменте переднеперегородочной стенки левого желудочка более специфично (90%) для диагностики регионарной систолической дисфункции при переднем инфаркте миокарда, чем снижение продольной деформации. Величина циркулярной деформации менее 17,3% в базальном сегменте нижней стенки левого желудочка более специфична (80%), чем величина продольной деформации данного

сегмента, для диагностики регионарной систолической дисфункции при нижнем инфаркте миокарда.

Преимущественное поражение верхушки левого желудочка при переднем инфаркте миокарда может приводить к систолической и диастолической дисфункции миокарда, что проявляется в снижении циркулярной деформации, скручивания и раскручивания левого желудочка.

*Источников финансирования не было.*

*Конфликт интересов не заявляется.*

**Статья поступила 15.09.2022**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afkhami J, Armstrong A, Ernande L 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. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2015;16(3):233–71. DOI: 10.1093/ehjci/jev014
- Mądry W, Karolczak MA. Physiological basis in the assessment of myocardial mechanics using speckle-tracking echocardiography 2D. Part I. *Journal of Ultrasonography*. 2016;16(65):135–44. DOI: 10.15557/JoU.2016.0015
- Badano LP, Muraru D. The Good, the Bad, and the Ugly of Using Left Ventricular Longitudinal Myocardial Deformation by Speckle-Tracking Echocardiography to Assess Patients After an Acute Myocardial Infarction. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2017;10(7):e006693. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.117.006693
- Voigt J-U, Cijic M. 2- and 3-Dimensional Myocardial Strain in Cardiac Health and Disease. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2019;12(9):1849–63. DOI: 10.1016/j.jcmg.2019.01.044
- Støylen A, Mølmen HE, Dalen H. Left ventricular global strains by linear measurements in three dimensions: interrelations and relations to age, gender and body size in the HUNT Study. *Open Heart*. 2019;6(2):e001050. DOI: 10.1136/openhrt-2019-001050
- Muraru D, Niero A, Rodriguez-Zanella H, Cherata D, Badano L. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography: benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2018;8(1):101–17. DOI: 10.21037/cdt.2017.06.01
- Al Saikhan L, Park C, Hardy R, Hughes A. Prognostic implications of left ventricular strain by speckle-tracking echocardiography in the general population: a meta-analysis. *Vascular Health and Risk Management*. 2019;15:229–51. DOI: 10.2147/VHRM.S206747
- Atici A, Barman HA, Durmaz E, Demir K, Cakmak R, Tugrul S et al. Predictive value of global and territorial longitudinal strain imaging in detecting significant coronary artery disease in patients with myocardial infarction without persistent ST-segment elevation. *Echocardiography*. 2019;36(3):512–20. DOI: 10.1111/echo.14275
- Hung C-L, Verma A, Uno H, Shin S-H, Bourgoun M, Hassanein AH et al. Longitudinal and Circumferential Strain Rate, Left Ventricular Remodeling, and Prognosis After Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;56(22):1812–22. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.06.044
- Huttin O, Marie P-Y, Benichou M, Bozec E, Lemoine S, Mandry D et al. Temporal deformation pattern in acute and late phases of ST-elevation myocardial infarction: incremental value of longitudinal post-systolic strain to assess myocardial viability. *Clinical Research in Cardiology*. 2016;105(10):815–26. DOI: 10.1007/s00392-016-0989-6
- Edvardsen T, Haugaa KH. Strain Echocardiography from Variability to Predictability. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11(1):35–7. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.03.012
- Beyhoffer N, Lohr D, Foryst-Ludwig A, Klopffleisch R, Brix S, Grune J et al. Characterization of Myocardial Microstructure and Function in an Experimental Model of Isolated Subendocardial Damage. *Hypertension*. 2019;74(2):295–304. DOI: 10.1161/HYPERTENSION.119.12956
- Park J-H. Two-dimensional Echocardiographic Assessment of Myocardial Strain: Important Echocardiographic Parameter Readily Useful in Clinical Field. *Korean Circulation Journal*. 2019;49(10):908–31. DOI: 10.4070/kcj.2019.0200
- Becker M, Ocklenburg C, Altiok E, Futing A, Balzer J, Krombach G et al. Impact of infarct transmural extent on layer-specific impairment of myocardial function: a myocardial deformation imaging study. *European Heart Journal*. 2009;30(12):1467–76. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp112
- Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2018;39(2):119–77. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx393
- Rampidis GP, Benetos G, Benz DC, Giannopoulos AA, Buechel RR. A guide for Gensini Score calculation. *Atherosclerosis*. 2019;287:181–3. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2019.05.012
- Otto C.M. Clinical echocardiography: a practical guide. -M.: Logosfera;2019. - 1352 p. [Russian: Отто К.М. Клиническая эхокардиография: практическое руководство. (пер. с англ.) - М.: Логосфера, 2019. - 1352с]. ISBN 978-5-98657-064-8
- Libby P, Bonou RO, Mann DL, Zajps DP. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. In 4 volumes. 8<sup>th</sup>. ed. Vol.3. -M.: Logosfera;2013. - 728 p. [Russian: Либби П., Боную Р.О., Манн Д.Л., Зайпс Д.П. Болезни сердца по Браунвальду: руководство по сердечно-сосудистой медицине. в 4-х томах. 8-е изд. т.3 - М.: Логосфера, 2013. - 728с]. ISBN 978-5-98657-034-1
- Farsalinos KE, Daraban AM, Ünü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt J-U. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(10):1171–1181.e2. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.011
- Pastore MC, De Carli G, Mandoli GE, D'Ascenzi F, Focardi M, Con-toni F et al. The prognostic role of speckle tracking echocardiography in clinical practice: evidence and reference values from the liter-

- ature. *Heart Failure Reviews*. 2021;26(6):1371–81. DOI: 10.1007/s10741-020-09945-9
21. Nagata Y, Wu VC-C, Otsuji Y, Takeuchi M. Normal range of myocardial layer-specific strain using two-dimensional speckle tracking echocardiography. *PLOS ONE*. 2017;12(6):e0180584. DOI: 10.1371/journal.pone.0180584
22. Scharrenbroich J, Hamada S, Keszei A, Schröder J, Napp A, Almallá M et al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease. *Clinical Cardiology*. 2018;41(1):111–8. DOI: 10.1002/clc.22860
23. Milne ML, Schick BM, Alkhazal T, Chung CS. Myocardial Fiber Mapping of Rat Hearts, Using Apparent Backscatter, with Histologic Validation. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2019;45(8):2075–85. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.05.002
24. Pedrizzetti G, Claus P, Kilner PJ, Nagel E. Principles of cardiovascular magnetic resonance feature tracking and echocardiographic speckle tracking for informed clinical use. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2016;18(1):51–63. DOI: 10.1186/s12968-016-0269-7
25. Żmigrodzki J, Cygan S, Kałużyński K. Evaluation of strain averaging area and strain estimation errors in a spheroidal left ventricular model using synthetic image data and speckle tracking. *BMC Medical Imaging*. 2021;21(1):105. DOI: 10.1186/s12880-021-00635-y
26. Buckberg G, Nanda N, Nguyen C, Kocica M. What Is the Heart? Anatomy, Function, Pathophysiology, and Misconceptions. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2018;5(2):33. DOI: 10.3390/jcdd5020033
27. Mora V, Roldán I, Romero E, Saurí A, Romero D, Pérez-Gozalbo J et al. Myocardial Contraction during the Diastolic Isovolumetric Period: Analysis of Longitudinal Strain by Means of Speckle Tracking Echocardiography. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2018;5(3):41. DOI: 10.3390/jcdd5030041
28. Omar AMS, Bansal M, Sengupta PP. Advances in Echocardiographic Imaging in Heart Failure With Reduced and Preserved Ejection Fraction. *Circulation Research*. 2016;119(2):357–74. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.309128