

Роль спекл-трекинг – эхокардиографии в современной диагностике и прогнозе при коронарной недостаточности

А. Г. Тюрина, А. Т. Хамидова, Н. В. Рыбалко, Г. А. Газарян, К. А. Попугаев

ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения Москвы»

РЕЗЮМЕ

Эхокардиография является одним из первоочередных методов диагностики ишемической болезни сердца (ИБС), оценки ближайшего и отдаленного прогнозов. Однако визуальное определение аномального движения стенок миокарда левого желудочка (ЛЖ) не всегда позволяет выявить скрытую или транзиторную ишемию миокарда и провести дифференциальную диагностику с другими заболеваниями, сопровождаемыми нарушениями сократимости. В этой связи спекл-трекинг – эхокардиография (СТЭ) является широкодоступным неинвазивным методом, который может легко и быстро предоставить уточняющую информацию и значительно дополнить стандартное эхокардиографическое исследование, так как позволяет выявить малозаметные повреждения миокарда и локальные зоны ишемии, соответствующие картине коронарного поражения, с получением важной уточняющей информации в виде наглядной схемы, весьма простой в использовании для дифференциальной диагностики и лечения. Поэтому метод, все чаще используемый при различных проявлениях коронарной недостаточности, в том числе при врожденных аномалиях кровоснабжения сердца, и удобный в применении как в покое, так и вместе со стресс-эхокардиографией, демонстрирует хорошие результаты с точки зрения диагностики и прогнозирования ИБС, количественной интерпретации появившейся или сохраняющейся ишемии, оценки клинического течения, исхода и ремоделирования ЛЖ. Ниже мы попытались отразить имеющиеся в настоящее время данные о значении СТЭ для оценки и последующего наблюдения острых и хронических форм ИБС, коснуться основных достижений и открытий в использовании параметров двумерной и трехмерной деформации и их потенциального применения для более широкого внедрения метода в клиническую практику.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ишемическая болезнь сердца, острый коронарный синдром, спекл-трекинг – эхокардиография, глобальный продольный стрейн, регионарный продольный стрейн, постсистолический индекс, 3D-эхокардиография.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Role of speckle-tracking echocardiography in diagnosis and further prognosis of coronary heart disease

L. G. Tyurina, L. T. Khamidova, N. V. Ryubalko, G. A. Gazaryan, K. A. Popugaev

Research Institute for Emergency Medicine n.a. N. V. Sklifosovsky, Moscow, Russia

SUMMARY

Echocardiography is one of the first-line methods of detection and evaluation of coronary artery disease, which helps clinicians in the diagnostic and prognostic evaluation of this disease. However, visual assessment of abnormal left ventricular myocardial wall motion is not always appropriate in detecting less severe or transient myocardial ischemia and in making an accurate differential diagnosis. Speckle-tracking echocardiography is a widely available non-invasive tool that can easily and quickly provide clarifying information and significantly extend the standard echocardiographic study, as the method allows you to identify subtle myocardial damage and local areas of ischemia that correspond to the pattern of coronary disease, and obtain an objective report in the form of simple visual scheme, very easy to use for differential diagnosis and treatment. Therefore, this method, which is increasingly used in various manifestations of coronary insufficiency and is convenient to use both at rest and with stress echocardiography, has proved efficient results in terms of predicting coronary heart disease, quantitative interpretation of emerging or persistent ischemia, assessment of the clinical course and outcome, and left ventricular remodeling. In this review, we have attempted to reflect the currently available findings that demonstrate the significance of speckle-tracking echocardiography for the evaluation and follow-up of coronary heart disease, including some congenital anomalies of the coronary arteries, and to touch on the main achievements and discoveries in the use of two-dimensional and three-dimensional deformation parameters and their potential application for a wider introduction into clinical practice.

KEYWORDS: coronary heart disease, acute coronary syndrome, chronic coronary syndrome, speckle-tracking echocardiography, global longitudinal strain, regional longitudinal strain, post-systolic index, 3D-echocardiography.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Список сокращений

АН – аортальная недостаточность
ГПС – глобальный продольный стрейн
ГЦС – глобальный циркулярный стрейн
ДИ – доверительный интервал
ИБС – ишемическая болезнь сердца
КА – коронарные артерии
КАГ – коронарная ангиография
КТ – компьютерная томография
ЛЖ – левый желудочек
МН – митральная недостаточность
МРТ – магнитно-резонансная томография
ОИМ – острый инфаркт миокарда
ОКС – острый коронарный синдром
ОКС ↑ST – острый коронарный синдром с подъемом сегмента ST
ОКС без ST – острый коронарный синдром без подъема сегмента ST
ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь
ПС – продольный стрейн
ПИКС – постинфарктный кардиосклероз

ПППС – пиковый предсердный продольный стрейн
ПСИ – постсистолический индекс
ПСУ – постсистолическое укорочение
РСУ – раннее систолическое удлинение
СС – стабильная стенокардия
СН – сердечная недостаточность
СТ – синдром Такоцубо
СТЭ – спекл-трекинг – эхокардиография
СЭ – стресс-эхокардиография
ТПД – территориальная продольная деформация
ХКС – хронический коронарный синдром
ФВ – фракция выброса
ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство
NPV – отрицательная прогностическая ценность
OR/OSH – отношение шансов
PPV – положительное прогностическое значение
WMSI – индекс подвижности стенок ЛЖ

Эхокардиография является важным неинвазивным диагностическим методом, нашедшим широкое применение в кардиологии. Из года в год спектр ее использования возрастает. Постепенное внедрение в клиническую практику технологии недоплеровского, угол-независимого отслеживания спеклов – пятен серой шкалы, генерируемых взаимодействием между ультразвуковым лучом и волокнами миокарда при стандартной двумерной сонографии, известной как спекл-трекинг – эхокардиография (СТЭ), и ее эффективность в диагностике и стратификации риска при различных заболеваниях сердца [1–3] с большей вероятностью позволили оценить дополняющую ценность и преимущества метода в том числе при оценке локальной сократимости ЛЖ у пациентов с ИБС [4, 5]. Смещение спеклов – небольших участков миокарда, выполняющих роль акустических маркеров, отслеживается с помощью программного обеспечения в течение сердечного цикла, и путем анализа движения каждого функционального участка система вычисляет деформацию, а также скорость деформации выбранных сегментов и позволяет полуавтоматически обрабатывать данные в трех пространственных направлениях – продольном, радиальном и циркулярном, а также провести оценку вращения ЛЖ. Учитывая тесную связь анализа деформации с сердечным циклом, проведение исследования у пациентов с высокой ЧСС и аритмиями не всегда представляется достоверным.

Несмотря на некоторые ограничения, метод позволяет изучить систолическую функцию, используя продольное напряжение или деформацию, отражающую укорочение субэндокардиальных продольных волокон. По этой причине в нормальных условиях ее значение выражается в процентах с отрицательным знаком. Циркулярная деформация, измеряющая укорочение камеры желудочка по периметру, оценивается в парастернальной проекции по короткой оси, поэтому при нормальных условиях ее значения также отражаются в процентом соотношении с отрицательными значениями. Радиальная деформация, измеряющая утолщение миофибрилл, расположенных в направлении к центру полости ЛЖ, измеряется по парастернальной проекции по короткой оси и поэтому отражается положительными значениями. Скручивание представляет собой разницу среднего вращения верхушки и основания желудочка и представлена разницей в абсолютных значениях, поэтому в норме указываются положительные значения. И наконец, кручение – это скручивание ЛЖ, нормализованное к постоянно основанию – верхушка сердца.

Из всех представленных выше параметров продольная деформация является наиболее используемой, так как отражает изменение работы субэндокардиальных волокон, которые первыми страдают при поражении коронарных артерий (КА). Поэтому глобальный продольный стрейн (ГПС) ЛЖ достиг большего клинического значения. Метод показывает усредненные значения продольного стрейна (ПС) по каждому сегменту из апикальных четырех-, двух- и трехкамерной (длинной оси ЛЖ) проекций для получения 17-сегментной модели ЛЖ. Для анализа все шесть стенок ЛЖ традиционно разделяют на три уровня – базальный, средний и верхушечный. Несмотря на то что

данные разных авторов в этом вопросе несколько разнятся, нормальным значением ПС принято считать –20 %, хотя допускается, что этот параметр в какой-то мере зависит от фирмы-производителя аппарата, технических аспектов или индивидуальных особенностей пациента.

Анализ движения спеклов позволяет определить ишемическое субэндокардиальное повреждение по нескольким критериям. Наиболее часто используемым параметром для оценки раннего поражения субэндокардиальных волокон всех камер сердца является продольная деформация или ПС. Глобальная продольная деформация, или глобальный продольный стрейн (ГПС), ЛЖ на схеме «бычий глаз» наглядно демонстрирует региональную оценку повреждения ЛЖ в соответствии с коронарной васкуляризацией миокарда [6]. Эти данные могут быть полезны для быстрой постановки диагноза в неопределенных случаях острого коронарного синдрома (ОКС) и при других формах ИБС, в англоязычной литературе отождествляемых с хроническим коронарным синдромом (ХКС), а также в предоставлении полезной прогностической информации. Кроме того, анализ отслеживания спеклов может быть выполнен на изображениях, полученных при стресс-эхокардиографии (СЭ) для оценки менее чувствительного к стандартной методике повреждения миокарда в случае сомнительных результатов стресс-теста или для оценки жизнеспособности миокарда [7]. Также было показано, что оценка СТЭ является достоверной для выявления фиброза миокарда [8], следовательно, метод может быть использован в качестве неинвазивного маркера постинфарктного рубца миокарда.

Острый коронарный синдром

Последние рекомендации Европейского общества кардиологов (ESC) по подходам к диагностике и лечению ОКС без подъема сегмента ST [9] (ОКСб↑ST) и ХКС [10] предлагают использование СТЭ для подтверждения диагноза у пациентов, у которых при клиническом подозрении на ИБС при эхокардиографии отмечается визуальное отсутствие аномалий движения стенок. Высокая чувствительность и специфичность метода определены для пороговых значений ГПС ЛЖ более –18,8 % (86 и 73 %) и глобального циркулярного стрейна (ГЦС ЛЖ) более $-17,8 \pm 4,8$ % (87 и 76 % соответственно) в выявлении значимого стенозирующего коронарного поражения (см. *табл.*) у пациентов с болью в груди и при неубедительных данных электрокардиографического исследования (ЭКГ) и анализа крови [11], что существенно дополняет определение суммарного индекса подвижности стенок (WMSI).

Метаанализ, включающий 1385 пациентов, проанализировал возможность использования ГПС ЛЖ для выявления ИБС, демонстрируя удовлетворительные результаты в качестве неинвазивного маркера. Средние значения ГПС ЛЖ для пациентов с ИБС и без нее составили: –16,5 % (95 %-ный доверительный интервал [ДИ]: от –15,8 до –17,3 %) и –19,7 % (95 % ДИ: –18,8 и –20,7 %) соответственно. Кроме того, отклоняющиеся от нормы значения ГПС ЛЖ коррелировали с выявленными формами ИБС от среднетяжелой до тяжелой степени с чувствительностью и специфичностью 74,4 и 72,1 %, коэффициентом положительного и отрицательного правдоподобия 2,90 и 0,35

Таблица
Пороговые значения параметров оценки деформации для диагностики
и прогностической оценки ИБС на основе анализа литературы

	ОКС	Диагноз			Прогноз		
		ХКС			ОКС		
		В покое			СЭ	ОКС ↑ST	ОКС6 ↑ST
		1-сосудистое	2-сосудистое	3-сосудистое поражение			
ГПС ЛЖ		> -18,4% [39]	> -17,35% [39]	> -15,33% [39]		> -13 / -14% [71, 72]	
Регионарный ПС ЛЖ	Для ОКС6 ↑ST: -19,4% для среднего РПС ЛЖ для стенозирования ПМЖВ -16,36% для ОА,-18% для РПС для ПКА [22]	≥ -18,3% для ПМЖВ, ≥ -19,3 для ОА, ≥ -18 для ПКА [39]					
ПСУ	-13,9% [68]						
ГРС	-22,6 ± 5,7 % для значимого поражения коронарного русла [11]						
ГЦС	> -17,8 ± 4,8% для значимого поражения коронарного русла [11], -13,3% для сегментарного ГЦС при трансмуральном поражении [18]						
СЭ + ГПС ЛЖ					> -16% в фазе восстановления [59]		
ПС своб. ст. ПЖ	≥ -17...-18 [89]					≥ -15,5% [90]	
3D-СТЭ	3D-ГПС ЛЖ: -11,4% / -9,9 ± 2,6% [92, 93] 3D GAS: > -21% [95]						

соответственно. Площадь, ограниченная ROC-кривой и осью доли ложных положительных классификаций (area under ROC curve, AUC¹) и диагностическое отношение шансов (OR) составило 0,81 и 8,50 соответственно [12].

Схема «бычий глаз» ГПС ЛЖ предлагает простую и быструю оценку распространения ишемии миокарда посредством оценки регионального ПС: разделение стенок сердца на 17 сегментов от вершины к основанию и визуализация очерченной синей области в определенных сегментах позволяют определить зоны нарушения кровоснабжения, соответствующие пораженной КА (рис. 1). Более того, региональный ПС может быть полезен для дифференциальной диагностики между ОКС и другими заболеваниями, такими как синдром Такоцубо, для которого характерна деформация ЛЖ с вовлечением апикального отдела, или острый миокардит, при котором пораженные участки на схеме не соответствуют типичной топографии КА [11].

Некоторые авторы утверждают, что анализ региональной функции ЛЖ с помощью сегментарного ПС не рекомендуется из-за меньшей надежности, большей вариабельности параметров в зависимости от используемого оборудования и разных исполнителей исследования [13]. Считают, что применение региональной деформации в сопоставлении с типичными механизмами поражения целесообразнее для установления соответствующего диагноза, чем оценка исходя сугубо из числовых значений деформации сегмента и использование ГПС ЛЖ в качестве отдельного диагностического критерия [2]. Высокая частота сердечных сокращений, отсутствие записи ЭКГ и плохое акустическое окно, часто присутствующее при острых состояниях, обусловленных вынужденным положением и ограничением подвижности и сотрудничеством пациентов, сильно сужают рамки применения метода в острой фазе.

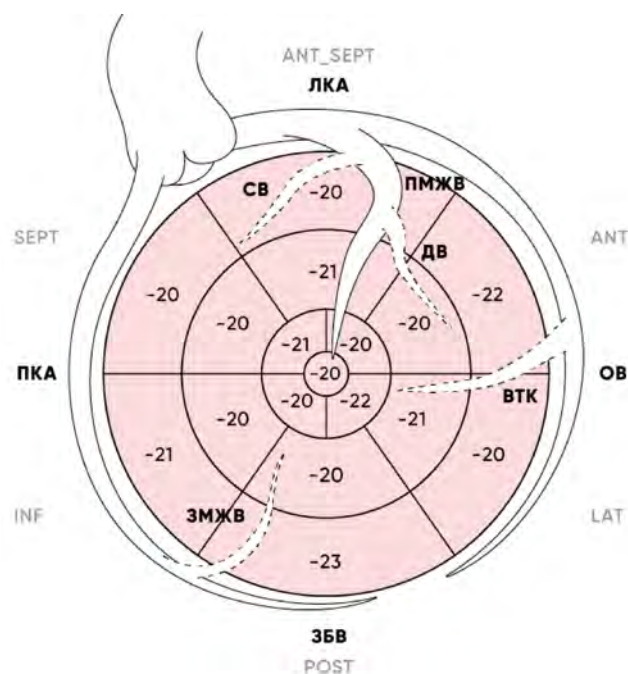


Рисунок 1. Схема ГПС ЛЖ «бычий глаз». Карта «бычий глаз» продольного среза в зависимости от топографии коронарного кровоснабжения (при наиболее часто встречающемся правом типе кровоснабжения сердца) на 17-сегментной модели (приведенные значения на схематическом изображении соответствуют варианту нормы).

Примечание. ANT – передние сегменты, ANT-SEPT – переднеперегородочные сегменты, SEPT – перегородочные сегменты, LAT – боковые сегменты, POST – задние сегменты, INF – нижние сегменты, LKA – левая коронарная артерия, ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь, СВ – септальная ветвь, ДВ – диагональная ветвь, ОВ – опоясывающая артерия, ВТК – ветвь тупого края, ПКА – правая коронарная артерия, ЗМЖВ – задняя межжелудочковая ветвь, ЗБВ – заднебоковая ветвь. При нормальных значениях деформации схема окрашена в интенсивные цвета красной шкалы; в зависимости от уровня снижения показателя деформации шкала окрашивания регионарно меняется от красного до оттенков синего цвета, что очень наглядно свидетельствует о значимых изменениях.

¹Интервал AUC и интерпретация качества модели: 0,5–0,6 – неудовлетворительное, 0,6–0,7 – среднее, 0,7–0,8 – хорошее, 0,8–0,9 – очень хорошее, 0,9–1,0 – отличное.

По этим причинам в последних руководствах Европейского общества кардиологов для оценки ИБС рекомендовалось использование компьютерной томографии сердца (КТ) [9, 10], а в Национальном институте здоровья и качества медицинской помощи Великобритании (NICE) отдавалось предпочтение магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца исходя из широкого спектра анатомической и функциональной информации и высокой отрицательной прогностической ценности (NPV) [14] у молодых пациентов с болью в груди и низкой предтестовой вероятностью в диагностике острого и хронического коронарного синдрома (ХКС) [15].

В группе из 206 пациентов КТ позволила избежать проведения КАГ и дополнительных функциональных тестов в 42,6 и 63,7% случаев [16], в другом исследовании показатели ГПС ЛЖ были сопоставимы с результатами КТ в плане исключения и подтверждения ИБС [17]. Тем не менее недостатками КТ по-прежнему остаются высокие затраты, низкая доступность и потребность в специально обученной команде операторов и клиницистов, необходимая для проведения данного вида исследования.

При остром коронарном синдроме (ОКС), учитывая низкую времязатратность СТЭ и простоту ее выполнения, метод может быть применен до КАГ в случае неясного диагноза и после реваскуляризации для дальнейшей стратификации риска. У больных, госпитализированных в кардиореанимационное отделение, снижение регионарного ПС ЛЖ позволяло выявить поражение в соответствующем бассейне КА, подтвержденное при последующей КАГ. Расчет ПС после реваскуляризации показал прогностическую значимость в выявлении расширения зоны некроза миокарда вследствие недавней ишемии, ремоделирования ЛЖ, а также постпроцедурных ближайших и отдаленных осложнений, таких как сердечная недостаточность (СН) [18, 19].

Следует отметить, что у пациентов с ОКСб $\uparrow$ ST ГПС ЛЖ оказался более точным, чем оценка суммарного индекса подвижности стенок (WMSI) в выявлении признаков острой коронарной окклюзии и показаний к безотлагательной реперфузионной терапии [20]. Эти возможности метода демонстрируют значимость применения СПЭ на раннем этапе обследования, которая была отражена в последних рекомендациях по ОКСб $\uparrow$ ST [9]. В частности, схема «бычий глаз» ПС ЛЖ может определять распространение и локализацию трансмурального некроза с зоной нежизнеспособного миокарда [21].

Исследование, изучающее диагностическую значимость ГПС ЛЖ и регионарного ПС ЛЖ в прогнозировании коронарного поражения у пациентов с подозрением на ОКСб $\uparrow$ ST с нормальной глобальной и локальной систолической функцией, показало, что ГПС был значительно нарушен у пациентов с выраженным стенозом КА в сравнении с пациентами без поражения коронарного русла ($-16,7 \pm 3,4\%$ и $-22,4 \pm 2,9\%$, $p < 0,001$) [22]. Регионарный ПС позволял определить пораженную КА: переднюю межжелудочковую ветвь (ПМЖВ), огибающую артерию (ОА) и правую коронарную артерию (ПКА). Эти данные подтверждают большую диагностическую ценность ГПС

по сравнению с визуальной эхокардиографической оценкой движения стенки. Чувствительность и специфичность значения ГПС более $-19,7\%$ в выявлении значительного стеноза КА составила 81 и 88%, $AUC = 0,92$ ($p < 0,001$).

Оценка деформации миокарда при эхокардиографии также может способствовать исключению выраженного стеноза КА у пациентов с подозрением на ОКСб $\uparrow$ ST с неизменной ЭКГ-картиной и нормальным уровнем кардиоспецифических ферментов. В исследовании пациентов, направленных в отделение неотложной помощи с подозрением на ОКСб $\uparrow$ ST, ГПС ЛЖ превосходил обычные эхокардиографические параметры в выявлении пациентов со значимым стенозом КА (более 50% сужение просвета) и без него, с чувствительностью и специфичностью 93 и 78% ($AUC = 0,87$, положительное прогностическое значение $-0,74$ (PPV), NPV $-0,92$) [23]. Другое исследование показало, что ГПС и оценка риска ОКС по шкале GRACE были независимыми предикторами ИБС при многомерном анализе у пациентов с типичным для нестабильной стенокардии болевым синдромом и характерными изменениями сердечных биомаркеров, помогая в верификации диагноза ОКСб $\uparrow$ ST (ГПС: ОШ = 0,51; $p < 0,001$; по шкале GRACE: ОШ = 0,93; $p = 0,007$) [24].

Диагностическая ценность ГПС ЛЖ в определении площади инфаркта миокарда оценивалась посредством метаанализа, включающего 11 исследований и 765 пациентов, в которых сравнивали показатели ГПС ЛЖ с поздним накоплением гадолиния как референсного метода [25]. Сопоставление с показателями ГПС выявило чувствительность и специфичность 77 и 86% соответственно, с $AUC = 0,70$. Для трансмурального инфаркта (в качестве порогового значения было использовано 50%-ное вовлечение миокарда) ГПС показал чувствительность и специфичность 76 и 79% соответственно и $AUC = 0,65$. Эти результаты позволяют предположить, что ГПС ЛЖ при элевации сегмента ST может быть использован в качестве неинвазивного диагностического параметра для оценки площади инфаркта миокарда.

Следующие результаты были получены при анализе скручивания ЛЖ у пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ): была выявлена прямая корреляция между значениями скручивания и площадью распространения инфаркта миокарда [26]. Экспериментальные модели показали, насколько сохранены или незначительно изменены торсионные свойства ЛЖ при субэндокардиальной ишемии и в какой значительной степени они снижены при трансмуральном поражении. Заслуживает внимания, что существенное снижение данного показателя отмечалось уже через 10 минут после окклюзии ПМЖВ ($p < 0,050$) [27, 28]. Не вызывает противоречий и исследование других авторов, которые описывали явное улучшение показателей скручивания ЛЖ после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) [29].

Еще одна область применения метода, представляющая клинический интерес, описана в работе по обследованию пациентов с миокардиальным мышечным мостиком ПМЖВ. Отмечалось, что у пациентов с систолическим сужением артерии $\geq 50\%$ систолическая и диастолическая

функции ЛЖ не были нарушены, в то время как показатель регионарного среднего систолического пика продольного стрейна в бассейне ПМЖВ являлся отличным предиктором систолического сужения артерии $\geq 50\%$ у пациентов с данной врожденной аномалией ПМЖВ [30].

Из заболеваний, имитирующих на первый взгляд коронарное поражение, надо отдельно отметить не столь редко встречающийся синдром Такоцубо (СТ), при котором имеет место транзиторное снижение перфузии миокарда без атеросклеротического поражения КА. Этиология данного заболевания, которое связывают с эмоциональным стрессом и высоким уровнем катехоламинов и серотонина, все еще является предметом исследований. Спровоцированная временная систолическая дисфункция ЛЖ имитирует ОКС [31, 32]. Как правило, кинетические нарушения сосредоточены по верхушечной области в виде гипо-, а или дискинеза верхушечных сегментов миокарда, иногда с гипокинезом средних сегментов на фоне сохраненной сократимости или гиперкинеза базальных отделов сердца – синдром так называемого апикального баллонирования, наблюдающимся в течение нескольких дней с последующим восстановлением [33]. Эхокардиография играет ключевую роль в выявлении и мониторинге общих и регионарных нарушений систолической функции, на которую при данном состоянии опираются подходы к диагностике и лечению. При проведении СТЭ изменения деформации можно охарактеризовать скорее как циркулярные, чем соответствующие определенным бассейнам коронарных артерий, а свойства скручивания / раскручивания ЛЖ ухудшаются в острой фазе [34]. Метод также позволяет четко определить восстановление функций миокарда у больных с СТ через месяц после острой фазы по сравнению с пациентами с ОИМ [35].

ИБС, стабильная стенокардия

До настоящего времени стабильная стенокардия была основным направлением исследования СТЭ при ИБС. В частности, значимость снижения показателя ГПС ЛЖ в качестве прогностического признака поражения КА была отмечена в покое и при стресс-эхокардиографии как при наличии клинических симптомов, так и без них [7, 36, 37].

В группе из 216 пациентов с выраженным поражением КА, выявленным при КАГ в связи с подозрением на ИБС, отмечалось преобладание ГПС в покое более -18% ($p < 0,0001$) с чувствительностью и специфичностью 91,1 и 63,0 %, PPV $-80,4\%$, NPV -81% [38]. В аналогичной когорте больных при стратификации с учетом изолированного, двух- и трехсосудистого поражения КА ГПС ЛЖ составил более $-18,44\%$ (AUC = 0,95), более $-17,35\%$ (AUC = 0,9) и более $-15,33\%$ (AUC = 0,68), при этом отмечалась высокая достоверность регионарного ГПС ЛЖ в прогнозе локализации пораженного сосуда ($p \leq 0,001$) [39]. Еще в одном исследовании, включающем 211 пациентов без учета лиц с сахарным диабетом, оценили точность ГПС более -19% для выявления стеноза КА $\geq 70\%$ или ствола ЛКА $\geq 50\%$: AUC для инфаркт-связанной артерии (ИСА) составила 0,818 для ОА, 0,764 – для ПМЖВ и 0,723 – для ПКА соответственно [40]. Эти результаты

подтвердили дополнительную ценность СТЭ для достоверного выявления и уточнения локализации ишемии миокарда по зонам коронарной перфузии.

Авторы Radwan и Hussein отметили у больных со стабильной стенокардией снижение показателей ГПС соответственно увеличению количества пораженных КА с положительной корреляцией между ГПС и фракцией выброса (ФВ) ЛЖ ($r = 0,33$; $p = 0,036$). В их исследовании представлены пороговые значения для ГПС несколько ниже по сравнению с другими работами (ГПС выше $-15,6\%$, AUC = 0,88, 95 % для прогноза значимой ИБС; $p \leq 0,001$). По-видимому, более значимые отклонения ГПС ЛЖ могли быть обусловлены более выраженным поражением КА [41].

В двух исследованиях анализировалась оценка ГПС у пациентов с нормальной глобальной и (или) регионарной сократимостью по данным стандартной эхокардиографии в покое, которым впоследствии проводилась КАГ. Первое исследование продемонстрировало обратную корреляцию между показателями ГПС и SYNTAX ($r^2 = 0,38$, $p < 0,001$) и определило оптимальное пороговое значение ГПС выше $-13,95\%$ для выявления выраженного поражения коронарного русла (чувствительность и специфичность 71 и 90%; $p < 0,001$) [42]. Во втором исследовании при ГПС и радиальной деформации отмечалось нарушение систолической функции, несмотря на нормальное движение стенки у пациентов с многососудистым поражением КА [43].

Biering-Sorensen и др. в группе из 296 пациентов со стабильной стенокардией, отсутствием ИБС в анамнезе и нормальной ФВ ЛЖ обнаружили, что ГПС был независимым предиктором ИБС после многопараметрического анализа исходных данных, нагрузочного теста и обычной эхокардиографии (ОШ = 1,25; $p = 0,016$ на 1 % снижения) и предоставлял дополнительную ценную уточняющую информацию в сочетании с нагрузочным тестом (AUC = 0,84) [44]. В другом исследовании, проведенном у более молодых пациентов (средний возраст $51,0 \pm 8,7$ года) с подозрением на ИБС подтверждалось, что регионарный ГПС определял, какая КА была стенозирована [45].

Что касается пациентов с ИБС и СД 2 типа – работ, посвященных этой проблеме, пока еще недостаточно. В исследовании пациентов со стабильной стенокардией II–III ФК и СД II типа показатели продольной сегментарной систолической деформации миокарда выше -15% , -16% и -17% на уровне базальных, средних и верхушечных сегментов позволили диагностировать нарушение сегментарной систолической функции миокарда ЛЖ с чувствительностью и специфичностью 92 % (95 % ДИ: 80–97) и 53 % (95 % ДИ: 40–64), что позволило авторам удостовериться в том, что оценка регионарной продольной деформации является более чувствительным маркером тяжести коронарного поражения, чем визуальная оценка глобальной и регионарной сократимости [46].

В другом исследовании при наличии обструктивной ИБС, определяемой стенозом $\geq 75\%$, ГПС был существенно ниже у пациентов с СД, чем у пациентов без него ($16,65 \pm 2,29\%$ против $17,32 \pm 2,27\%$; $p < 0,050$). Анализ статистических данных показал, что ГПС может эффективно выявлять обструктивную ИБС у пациентов без сахарного

диабета (пороговое значение –18,35%, чувствительность 78,8%, специфичность 77,5%). Но обструктивную ИБС у пациентов с диабетом метод выявлял при более низком пороговом значении с неадекватной чувствительностью и специфичностью (пороговое значение –17,15%; чувствительность и специфичность 61,1 и 52,9%). Данное исследование показало, что продольная деформация нарушена больше у пациентов с ИБС в сочетании с СД по сравнению с пациентами с одним из этих состояний, что указывает на синергетический эффект ИБС и СД на нарушение деформации. Чтобы максимизировать диагностическую ценность СТЭ при выявлении ИБС, авторы предлагают классифицировать пациентов на группы с СД и без СД и использовать различные пороговые значения для пикового систолического значения продольной деформации [47].

Трехслойный анализ

Дополнительный СТЭ анализ деформации трех слоев миокарда – эпикардимального, среднего и эндокардимального – может быть информативным у пациентов с ИБС из-за специфического распространения ишемического повреждения, начинающегося с эндокарда и достигающего эпикарда при трансмуральном инфаркте миокарда, а также для дифференциальной диагностики эндокардимальной или трансмуральной ишемии, ее отсутствия или острого миокардита.

Несколько исследований сосредоточили внимание на трехслойном анализе с более широким применением циркулярной и радиальной деформации. В частности, Liu и соавт. применили кривые рабочих характеристик (ROC) для оценки эффективности трехслойного анализа СТЭ у пациентов с ОКСб $\uparrow$ ST. Авторы показали, что эндокардимальный ГПС и региональный ПС ПМЖВ были значительно лучшими маркерами выраженного стеноза ПМЖВ, чем показатели в среднем и эпикардимальном слоях этих пациентов (AUC = 0,91 и 0,87 соответственно). Территориальную продольную деформацию по ПМЖВ (РПД ПМЖВ) рассчитывали как среднюю пиковую систолическую продольную деформацию сегментов, кровоснабжаемых ПМЖВ, для всех слоев миокарда [48]. Еще в трех исследованиях оценивали диагностическую ценность циркулярной деформации с анализом слоев в идентификации рубцового поражения и трансмуральных изменений при инфаркте миокарда, авторы получили хорошие результаты при сравнении с МРТ [49–51]. В другой работе, включающей 285 пациентов с клиническим подозрением на стабильную стенокардию при нормальной ФВ и отсутствии ИБС в анамнезе, напротив, обнаружили, что анализ ГПС ЛЖ эпикардимального и среднего миокардимального слоев имел значительно более высокую диагностическую значимость по сравнению с эндокардимальным для прогнозирования значимого поражения КА со стенозом более 70% [37]. Таким образом, использование трехслойного анализа методом СТЭ для оценки поражения КА до сих пор остается спорным и к его результатам следует относиться с осторожностью. В качестве попытки повысить точность диагностики у больных стабильной ИБС многие авторы сочетали трехслойный анализ с применением СЭ.

Применение СТЭ в комбинации со СЭ становится все более востребованным в клинической практике, несмотря на ряд возникающих ограничений, таких как высокая частота сердечных сокращений и плохое акустическое окно из-за положения пациентов. По мнению некоторых авторов, этому методу не хватает стандартизации и эталонных значений, а результат в большой мере зависит от опыта оператора. Однако появляется все больше данных, рекомендующих использование этой комбинации в клинической практике [2, 52].

Первые исследования СЭ с добутамином показали, что для диагностики ИБС стрейн ЛЖ сопоставим с суммарным индексом подвижности стенок (WMSI) [53]. Позже деформация ЛЖ в сочетании со СЭ с добутамином показала большую прогностическую ценность, чем WMSI, для выявления значимых стенозов КА у пациентов со стабильной ИБС. В одном из исследований сниженный уровень ГПС на фоне высоких доз добутамина имел AUC = 0,81 (чувствительность и специфичность 89,4 и 64,7%) по сравнению с 0,78 для WMSI [54]. В другом наблюдении диагностическая ценность ГПС для прогнозирования гемодинамически значимого поражения КА была подтверждена при КАГ и при стресс-МРТ сердца с аденозином с AUC = 0,95, чувствительностью и специфичностью 94 и 92% [55]. В исследовании наших авторов еще 2008 года отмечалось, что ГПС более –20,0% при достижении субмаксимальной ЧСС является высокоспецифичным показателем в диагностике стенозирующего поражения основных КА. Наибольшая чувствительность этого показателя была отмечена для ПМЖВ, наименьшая – для ОА [56]. В другом исследовании предложили использование своего эхокардиографического критерия в виде снижения ГПС ЛЖ при проведении нагрузочной пробы на 3,3% в качестве отдельного показателя для выполнения КАГ у пациентов с предтестовой вероятностью ИБС более 15% [57].

Кроме того, показатели ГПС ЛЖ в фазе восстановления были самыми значимыми предикторами обструктивной ИБС и хорошо сопоставлялись с изменениями во время исследования позитронной эмиссионной томографии – объемом, локализацией и глубиной ишемии миокарда [58]. Так, Park и соавт. обнаружили, что эндокардимальный ГПС ЛЖ более –16% в фазе восстановления во время СЭ с добутамином был важным предиктором выраженного поражения в коронарном русле со значительным преобладанием чувствительности, специфичности, PPV и NPV по сравнению с визуальной оценкой (91, 91, 79 и 96% против 48, 83, 52 и 81% соответственно) [59].

У 132 пациентов, которым проводилась СЭ с аденозином и КАГ, эндокардимальный, среднежелудочковый и эпикардимальный ПС ЛЖ имели сходные диагностические значения с высокой специфичностью, хотя и демонстрировали умеренную чувствительность, что может ограничить их клиническое применение [60]. Тем не менее использование СТЭ во время стресс-эхокардиографии в клинической практике может быть весьма важным при оценке малозаметной ишемии миокарда у пациентов с сердечно-сосудистыми факторами риска [61].

Примечательно, что в двух исследованиях оценивали использование СТЭ во время СЭ в группах, почти полностью состоящих из женщин. В первом, по сравнению с контролем, обнаруживались значительно сниженные значения ГПС, глобальной радиальной деформации, скорости деформации и ГЦС при ангиографически подтвержденной ИБС и положительной эхокардиографической пробой с физической нагрузкой, демонстрирующие высокую точность ГПС и ГЦС в обнаружении ИБС ($AUC = 0,96$, чувствительность и специфичность – 97 и 86%) [62]. Другое исследование оценивало значимость СТЭ во время СЭ в диагностике микрососудистой стенокардии. Установлено, что наиболее прогностически релевантным параметром при микроваскулярной стенокардии во время СЭ является ГЦС [63].

Постсистолическое укорочение

Некоторые авторы рассматривают расчет постсистолического укорочения (ПСУ) при анализе деформации у пациентов с ИБС как равноценный или даже диагностически более значимый критерий, чем обычно используемые параметры стрейна ЛЖ, так как его наличие является характерным признаком миокардиальной дисфункции ишемического генеза [64, 65]. ПСУ определяется как задержка сокращения, выражающаяся дополнительным пиком в конце систолы после закрытия створок аортального клапана и наблюдается в основном в фазу изоволюмического расслабления [66]. Это связано с тем, что региональное сокращение миокарда зависит не только от самой сократительной функции определенного участка, но и от напряжения окружающего его миокарда. Поэтому при снижении регионарной сократимости вследствие ишемии миокарда амплитуда укорочения во время выброса уменьшается, появляются раннее систолическое удлинение и ПСУ, расцениваемые как маркеры ишемии. В некоторых случаях ишемии миокарда при визуальном отсутствии нарушений локальной сократимости анализ кривой деформации ЛЖ показывает ПСУ, появляющееся как пик регионарного ПС, возникающий после закрытия аортального клапана.

Наиболее часто используемым параметром для количественной оценки ПСУ является постсистолический индекс (ПСИ), рассчитываемый по формуле: (пиковая постсистолическая деформация – пиковая систолическая деформация) / пиковая постсистолическая деформация $\times 100\%$. Время от закрытия аортального клапана до пика постсистолического напряжения используется в качестве еще одного значимого показателя [67]. Оценка ПСУ важна для выявления острой ишемии, так как задержка сокращения возникает в участке миокарда с нарушенной сократительной функцией [68]. Установлено, что этот критерий является надежным показателем для диагностики ИБС в покое и во время СЭ [46], а также считается полезным в оценке прогноза у больных со стабильной стенокардией [69].

Прогноз

Оценка пациентов с острыми и хроническими формами ИБС с помощью СТЭ улучшает прогностическую оценку особенно у лиц с сохраненной ФВ, поскольку метод способен предсказать дисфункцию миокарда еще до снижения общей систолической функции сердца [70]. Это очень

важный фактор, так как развитие СН и летального исхода вследствие ОИМ напрямую зависит от степени поражения сердечной мышцы.

По данным ряда работ, метод продемонстрировал связь с клиническими исходами ОКС. В исследовании, включающем больных как с элевацией сегмента ST, так и без элевации ST, ГПС ЛЖ более -13% при первом измерении был расценен предиктором риска неблагоприятных клинических событий и меньшей выживаемости [71]. К аналогичному выводу пришли авторы другого исследования, по данным которого, ГПС ЛЖ более -14% у пациентов с ОИМ и сохраненной или умеренно сниженной ФВ ЛЖ ($> 40\%$) был независимым признаком ухудшения прогноза, значительного повышения риска развития СН и сердечно-сосудистой смертности [72].

У 70 пациентов с ОКСб $\uparrow$ ST менее 72 часов нарушение исходного ГПС ЛЖ и отсутствие его улучшения через 24 часа после реваскуляризации ассоциировалось с отрицательным ремоделированием ЛЖ, определяемым как отсутствие улучшения функции ЛЖ, и увеличением конечно-диастолического объема ЛЖ $\geq 15\%$ ($OШ = 4,3$, $p < 0,0001$; $OШ = 1,45$, $p < 0,0100$ соответственно) [73].

Эти результаты соотносятся с недавним исследованием наших авторов по оценке деформации у пациентов с ИМ $\uparrow$ ST с целью прогнозирования развития СН по результатам 6-месячного наблюдения после реваскуляризации. Отмечалось, что ГПС менее $13,5\%$, измеренный на 7-е сутки, позволяет предсказать повышение $BNP \geq 35$ пг/мл через 6 месяцев после ЧКВ с чувствительностью и специфичностью 81 и 80% ($AUR = 0,757$; $p = 0,008$). При этом сопоставление ГЦС с повышением BNP не обладало прогностической значимостью. А пороговое значение параметра ГПС $-9,5\%$ в остром периоде заболевания позволяло предсказать развитие СН, сопровождавшееся снижением ФВ ниже 40% с чувствительностью и специфичностью 95 и 71% , $AUR = 0,804$, 95% ДИ (0,673; 0,936); $p = 0,001$ [74].

По результатам многомерного анализа, включающего 659 пациентов с недавно перенесенным ОИМ, ГПС ЛЖ и скорость деформации значимо и независимо коррелировали с трехлетней смертностью от всех возможных причин, включая повторный инфаркт, попытку реваскуляризации и госпитализацию по поводу СН ($OШ = 4,5$ для ГПС ЛЖ более $-15,1\%$ и $4,4$ для скорости деформации ЛЖ более $-1,06\text{ с}^{-1}$), а ГПС ЛЖ превосходил по своей диагностической информативности ФВ ЛЖ и WMSI [75].

Van Mourik и соавт. продемонстрировали преобладание диагностической ценности СТЭ, по сравнению с визуальной эхокардиографической оценкой, в точности выявления постинфарктных рубцов в группе пациентов, проанализированных в среднем через 110 дней после развития ОКС $\uparrow$ ST [76]. Ранняя оценка остаточного ишемического повреждения и жизнеспособности миокарда после ОИМ может помочь оптимизировать терапевтическую тактику в целях предотвращения серьезных осложнений, таких как ремоделирование ЛЖ с развитием или прогрессирующим ухудшением СН, аритмий и внезапной сердечной смерти, или выявлять пациентов, потенциально подходящих для кардиохирургического лечения, механической поддержки кровообращения или превентивной имплантации внутрисердечного кардиовертера-дефибриллятора.

Важно отметить, что оценка распространенности трансмуральной ишемии миокарда и степени повреждения эндокарда играет важную роль в прогнозе ИБС не только в острой фазе, но и во время последующего наблюдения, при котором СТЭ может быть очень полезной благодаря высокой доступности и скорости выполнения метода. Так, Жоусе и соавт. использовали СТЭ для оценки отделенных результатов у 105 пациентов с первичным ЧКВ при ОКС $\uparrow$ ST. Исследование проводилось исходно, после вмешательства и через 3 месяца в сочетании со СЭ, через год выполнялась контрольная КАГ. Было обнаружено, что у пациентов с выраженным поражением КА в течение года отмечалось значительное снижение ГПС ЛЖ во время СЭ от периода покоя до пика нагрузки ($-16,8 \pm 0,5\%$ до $-12,6 \pm 0,5\%$) по сравнению с пациентами без выраженной ИБС ($-16,6 \pm 0,4\%$ до $-14,3 \pm 0,3\%$) с чувствительностью и специфичностью 87 и 46%, AUC = 0,70 [77].

В другом исследовании, сравнивающем 94 пациента с первичным ОИМ и 137 пациентов со стабильной стенокардией, каждому из которых была проведена коронарная реваскуляризация, было показано, что у пациентов со стабильной ИБС добавление в регрессионный анализ к стандартным эхокардиографическим параметрам полученного значения эндокардиального ГПС ЛЖ выше -20% существенно улучшало предикторную ценность развития сердечных событий (с чувствительностью и специфичностью 79 и 84%, AUC = 0,86), в то время как тот же анализ у пациентов с ОИМ был безуспешным [78].

Применение СТЭ других камер сердца при ИБС

Несмотря на то что наиболее изученной камерой сердца для оценки ИБС является ЛЖ, представляющий наибольшую часть миокарда и в большей мере отвечающий за насосную функцию сердца и сердечный выброс, другие камеры сердца могут быть либо непосредственно вовлечены в ишемическое поражение сердца, в частности левое предсердие (ЛП) при поражении ОА и правый желудочек (ПЖ) в случае гемодинамически значимого стеноза ПКА, либо может развиваться их вторичное поражение вследствие постишемической острой или хронической СН [79].

Поскольку применение СТЭ ЛП и ПЖ все чаще используется для оценки СН, значимости пороков клапанов, артериальной гипертензии и т. д. [80, 81], демонстрируя большую простоту применения вне зависимости от опыта оператора [82], эти измерения также все больше применяются у пациентов с ИБС.

У 68 пациентов с ОИМ, которым проводилось лечение посредством неотложного или срочного ЧКВ, значения пикового предсердного продольного стрейна (ПППС) были ниже у пациентов с поражением ОА по сравнению с поражением в бассейне других КА, в то время как индекс объема ЛП не показал никаких различий в зависимости от локализации коронарного поражения. Это подтверждает важность оценки деформации ЛП по сравнению с размерными показателями в ранней диагностике повреждения миокарда [83].

В небольшом исследовании с участием пациентов со стабильной ИБС и проведенным ЧКВ показатели ПППС и пиковой предсердной контрактильной деформации были

значительно снижены у пациентов с оценкой по шкале SYNTAX ≥ 33 [84]. Значения стрейна ЛП также соотносились с клиническим исходом в группе пациентов с ОИМ и проведенным ЧКВ [85].

В то же время у пациентов с типичным синдромом Такоубо, которым проводилась трансторакальная доплерография в острой фазе и при последующем наблюдении (через 32 ± 18 дней), ПППС был транзиторно нарушен в начале проявления заболевания и ассоциировался с внутрибольничными осложнениями. Более того, показатели стрейна ЛП улучшались параллельно с динамическим улучшением ГПС ЛЖ, соответствуя типичным особенностям временного поражения миокарда при данном заболевании [86].

Еще в одной работе у 87 пациентов с коронарной патологией, включающей поражение ПКА, при проведении СТЭ была обнаружена дисфункция ПЖ. При многофакторном анализе показатель ПС свободной стенки ПЖ был независимым предиктором поражения ПКА (ОШ = 1,07; 95%; $p = 0,020$) [87]. Считают, что его можно использовать в качестве надежного маркера дисфункции ПЖ у пациентов с нижним ОИМ [88]. Пороговое значение ПС свободной стенки ПЖ, по данным разных авторов, более или равно $-17, -18$ при значимом и особенно проксимальном поражении ПКА, но утверждение этого параметра требует дальнейших исследований. Кроме того, изображения ПЖ обрабатывались только из одной позиции, следовательно, не могли отражать общую оценку функции ПЖ. Трехмерные исследования могут в дальнейшем помочь решить эту проблему. Авторы еще одной работы обнаружили случаи дисфункции ПЖ при поражении ПМЖВ, что свидетельствует о том, что влияние ПМЖВ на функцию ПЖ следует учитывать в будущих исследованиях [89]. Более того, вовлечение ПЖ имело значительные прогностические последствия при ИБС: у пациентов с острым ИМ, осложнившимся кардиогенным шоком, прогноз был хуже при признаках дисфункции ПЖ, по данным эхокардиографии, а значения ПС свободной стенки ПЖ, равные или более $-15,5\%$ ассоциировались с неблагоприятными ССС у пациентов с нижним ОИМ и проведенным ЧКВ [90]. Antoni и другие авторы также показали, что снижение деформации ПЖ было независимым предиктором смерти, повторного инфаркта и госпитализации по поводу СН (ОР = 1,08) у пациентов с ОИМ и проведенным эндоваскулярным лечением. Наконец, оценка деформации ПЖ являлась значимым дополнением к анализу клинических данных, характеристик инфаркта, функции ЛЖ и определению изменения фракционной площади (FAC) ПЖ [91].

Трехмерная деформация

Успешное развитие технических возможностей визуализации сердца и усовершенствование выпускаемого оборудования привели к большей доступности трехмерной (3D) эхокардиографии, которая обеспечивает дополнительное представление об анатомии сердца и оценивается как превосходящее 2D-эхокардиографию для оценки геометрии сердца. Однако значение оценки 3D-деформации в клинической практике остается обсуждаемым также из-за зависимости полученных расчетных данных от поставщика

оборудования и отсутствия стандартизации. Тем не менее недавние исследования показали потенциальную роль 3D-стрейна для оценки пациентов со стабильными и нестабильными формами ИБС.

Исследование, включающее 255 пациентов с ОКБ $\uparrow$ ST и выполненным ЧКВ продемонстрировало, что 3D-ГПС ЛЖ был сильнейшим предиктором обратного ремоделирования ЛЖ (ОШ = 1,43, $p = 0,0200$) и серьезных неблагоприятных сердечных событий (ОШ = 1,44, $p < 0,0001$), превосходя двумерное определение ГПС ЛЖ в прогнозировании исхода [92]. Аналогичные результаты по трехмерной деформации, как и для индекса обратного ремоделирования ЛЖ, были получены в другом исследовании пациентов с ОКБ $\uparrow$ ST [93]. Более того, у пациентов с ОКБ $\uparrow$ ST 3D-СТЭ выполнялась до проведения ЧКВ и показывала, что значения 3D-ГПС ЛЖ более $-13,5\%$ помогают выявлять пациентов со значительным поражением коронарного русла (AUC = 0,84) [94]. Наконец, у 130 пациентов со стабильной стенокардией 3D-ГПС ЛЖ коррелировал со шкалой Gensini с чувствительностью 88,9% и специфичностью 92,9% для значений ГПС выше -10% , при этом оценивалась глобальная площадь деформации (GAS) – новая функция трехмерной эхокардиографии, объединяющая в себе оценку продольной и циркулярной деформации с чувствительностью 97,2% и специфичностью 88,1% при пороговом значении более -21% для обнаружения критического поражения коронарного русла, соответствующего оценке по шкале Gensini ≥ 20 [95]. В исследовании НМИЦК имени Е. И. Чазова по сравнительной оценке применения технологий СТЭ в двухмерном и трехмерном режимах у больных с ХСН с сохранной и сниженной систолической функцией ЛЖ показатель GAS в диапазоне от $-14,0$ до $-20,8\%$ выявлял пациентов с ХСН с сохранной ФВ ЛЖ, а со значениями менее $-14,0\%$ – больных со сниженной ФВ ЛЖ [96].

Несмотря на эти многообещающие результаты, в метаанализе по определению площади инфаркта миокарда диагностическая ценность 3D-ГПС оказалась ниже, чем у 2D-ГПС [26], что говорит о необходимости проведения более объединенных и согласованных исследований для определения преимуществ 3D-оценки в этой клинической ситуации.

Вышеприведенные исследования свидетельствуют о высокой значимости оценки ГПС ЛЖ в диагностике и прогнозировании ИБС. Снижение этого показателя у больных со скрытыми и типичными проявлениями стенокардии, как правило, сочетается с гемодинамически значимым поражением КА. Ключом к диагностике является дополняющая и уточняющая ценность анализа регионарной деформации. Однако для нее характерна вариативность, которая усложняет интерпретацию, требующую опыта. Чувствительность метода в оценке сегментов ЛЖ может различаться в зависимости от их расположения и их эхокардиографической визуализации, часто ограниченной плохим акустическим окном. В этой связи многие авторы отдают предпочтение более легкому и быстрому в анализе ГПС ЛЖ, чтобы избежать недооценки или переоценки повреждений миокарда. Сложно не согласиться с тем, что для развития использования метода в практике и повышения

его диагностической эффективности необходимо использование СТЭ в сопоставлении с клиническими данными, которые существенно отличаются при острых и хронических формах ИБС.

В завершение приводим несколько примеров, демонстрирующих уточняющую способность глобального и регионального стрейна ЛЖ в выборе оптимальной тактики лечения.

Клинический пример 1

Пациент Б., 68 лет, поступил 19.01.2023 в отделение неотложной кардиологии института с диагнозом «ИБС: стенокардия II–III ФК, ПИКС неизвестной давности, СД II типа» с целью определения коронарного резерва перед урологической операцией. При стандартной Эхо-КГ – нарушения локальной сократимости по нижней стенке на базальном и среднем уровнях с ФВ -48% . По данным КАГ выявлен эксцентрический стеноз ПМЖВ в месте отхождения ДВ до 75%, стеноз ДВ – 75% в проксимальной трети, критический стеноз (85–90%) ПКА на границе проксимальной и средней трети. По данным СТЭ (оценка ПС ЛЖ) от 24.01.23, отмечалось снижение глобальной продольной деформации (индекс ГПС = $-11,7\%$) с преобладанием патологических изменений в двух зонах – выраженное снижение деформации ниже-боковых сегментов на базальном, среднем уровнях с переходом на верхушечный сегмент, а также значительное снижение базальных и средних передних и переднеперегородочных сегментов с переходом на передний верхушечный сегмент. 25.01.23 выполнено стентирование ПКА. 27.01.23 проведено холтеровское мониторирование, при котором признаков ишемии не выявлено. Рекомендовано плановое ЧКВ на ПМЖВ вторым этапом. Представленное наблюдение свидетельствует о практической значимости ПС ЛЖ в определении показаний и последовательности проведения вмешательств на ПКА и ПМЖВ (рис. 2).

Клинический пример 2

Пациент А., 72 лет, поступил 18.01.2023 в отделение кардиореанимации института с диагнозом «ОКБ $\uparrow$ ST, ПИКС, СД II типа, НК 2Б». В июле 2022 года перенес ИМ $\uparrow$ ST в грудных отведениях, при экстренной КАГ: ствол ЛКА в д/з 50% с вовлечением устья ОА и ПМЖВ, ПМЖВ в проксимальной трети 70%, в средней трети – окклюзия, СВ – стеноз 80%, ОВ в устье и в проксимальной трети – 70%, в средней трети – 99%; ВТК в дистальной трети – 70%, ПКА – окклюзия в проксимальной трети; выполнено ЧКВ со стентированием ПМЖВ. В анамнезе резекция почки в 2014 году, в анализах крови – анемия (гемоглобин 95 г/л), лейкопения, снижение азотовыделительной функции. При стандартной Эхо-КГ отмечались НЛС по верхушке, переднеперегородочной, передней, боковой и нижней стенкам ЛЖ на среднем уровне с ФВ 35%, дилатацией всех камер сердца, МР – 3 ст., ЛГ – 2 ст. По данным СТЭ (оценка ПС ЛЖ) от 24.01.2023 отмечалось выраженное снижение глобальной продольной деформации миокарда с преобладанием региональных изменений по перегородочной области на базальном уровне, передней, боковой, нижебоковой и перегородочной областям на среднем уровне с переходом на верхушку ЛЖ.

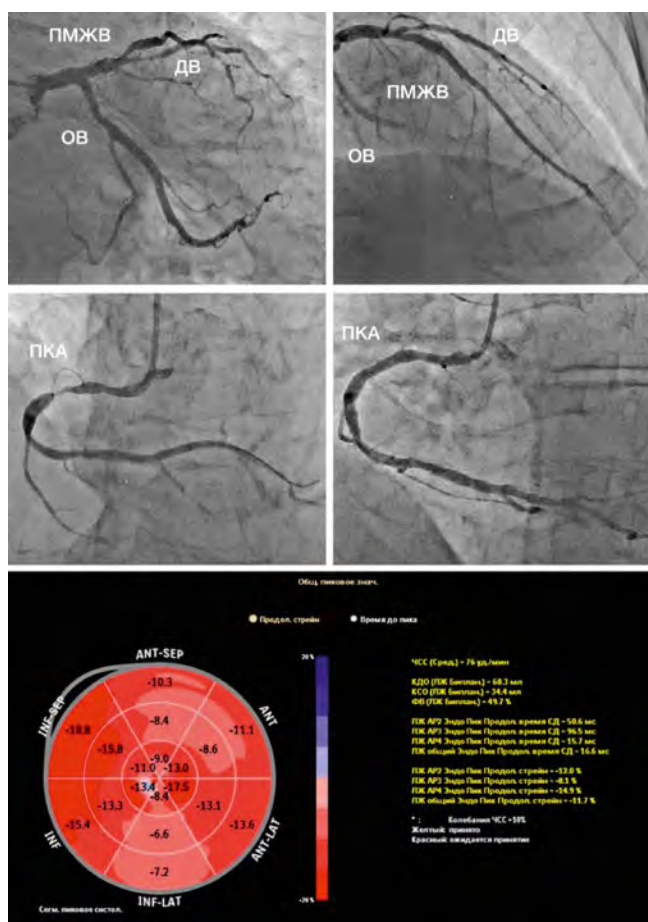


Рисунок 2. Коронароангиограммы, схема «бычий глаз» глобальной продольной деформации пациента (описание в тексте).
Примечание: ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь, ДВ – диагональная ветвь, ОВ – огибающая ветвь, ПКА – правая коронарная артерия.

Индекс GLS = $-9,5\%$. Рекомендовано обсуждение с рентген-хирургами возможности восстановления критического стеноза в средней трети ОВ. В представленном наблюдении оценка ПС ЛЖ позволила уточнить данные, полученные при стандартной Эхо-КГ, и дополнить представление о тяжести ишемической кардиомиопатии при решении вопроса о выборе метода реваскуляризации (рис. 3).

Клинический пример 3

Пациент Е., 58 лет, поступил 23.01.2023 с диагнозом «ОКСб $\uparrow$ ST, ПИКС». Жалобы на повторяющиеся боли за грудиной длительностью 5–10 минут с 4 утра. В марте 2022 года выполнено стентирование ПКА в средней трети по поводу нижнего ИМ. На ЭКГ без изменений. По данным стандартной Эхо-КГ: умеренный гипокинез нижнего базального сегмента, ФВ – 60% . По данным СТЭ (оценка ПС ЛЖ) от 24.01.2023 отмечалось некоторое снижение деформации нижнего базального сегмента ЛЖ ($-17,4\%$) на фоне сохранной деформации миокарда других зон, глобальная продольная деформация – в пределах нормальных показателей. Индекс ГПС = $-22,3\%$. По данным КАГ, ПМЖВ: стеноз в средней трети – 65% , ПКА – стент в средней трети проходим, без значимых изменений. Наблюдение демонстрирует, что оценка ПС ЛЖ в сопоставлении с данными КАГ позволила определить показания к оптимальной тактике лечения – отсутствие необходимости экстренного применения ЧКВ на ПМЖВ (рис. 4).

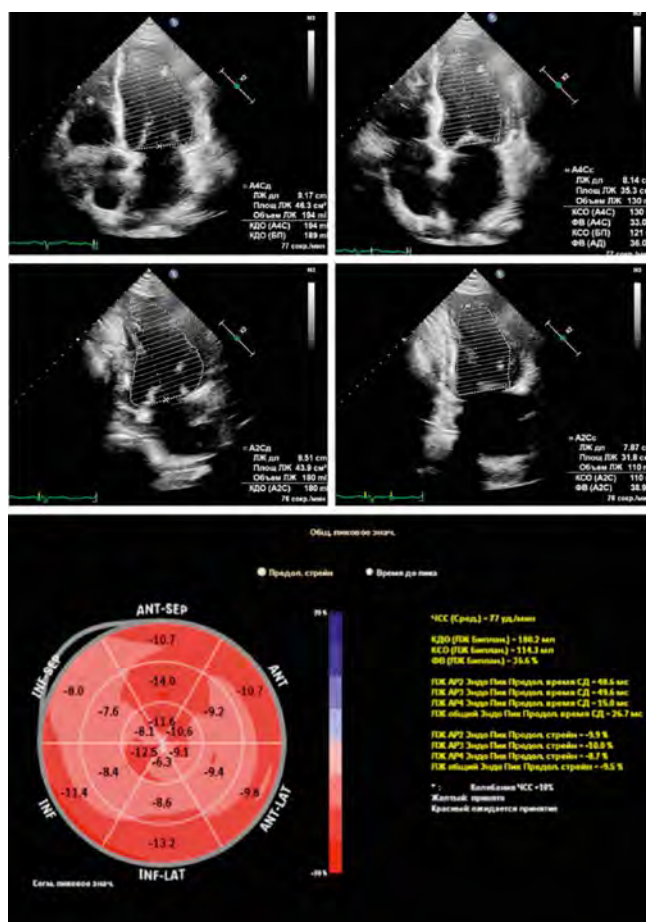


Рисунок 3. Размеры камер сердца с измерением фракции выброса по методу Simpson, схема «бычий глаз» глобальной продольной деформации.

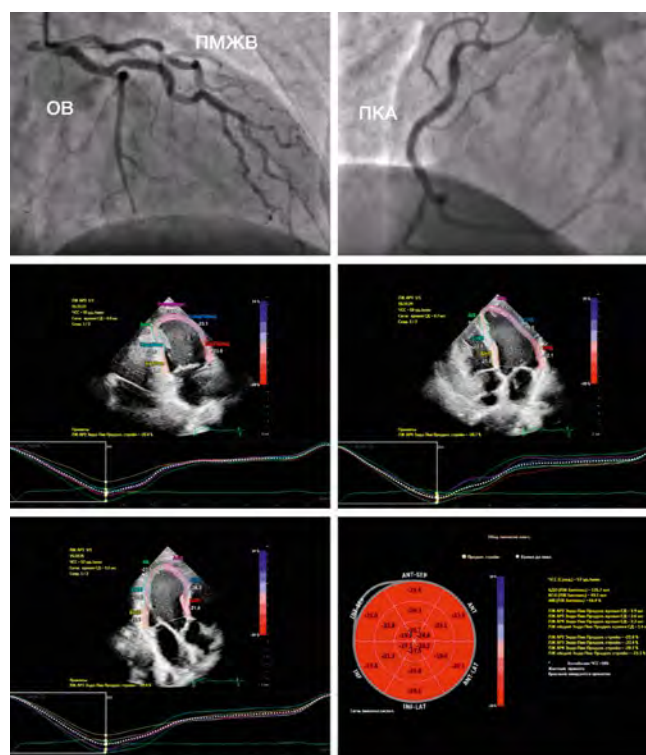


Рисунок 4. Коронароангиограммы, двумерные эхограммы с выделением сегментов ЛЖ и графиками продольной деформации миокарда, схема «бычий глаз» глобальной продольной деформации пациента (описание в тексте).
Примечание: ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь, ОВ – огибающая ветвь, ПКА – правая коронарная артерия.

Список литературы / References

- Медведев П.И., Алейкин М.Н., Сидоренко С.А. Диагностические возможности спекл-трекинг эхокардиографии у больных ишемической болезнью сердца. Кардиология. 2016; 56 (2): 79–84. <http://doi.org/10.18565/кардио.2016.2.79-84>
- Medvedev P.I., Alekhin M.N., Sidorenko S.A. Diagnostic possibilities of speckle-tracking echocardiography in patients with ischemic heart disease. Cardiology. 2016; 56 (2): 79–84. <http://doi.org/10.18565/кардио.2016.2.79-84>
- Pastore M.C., Mandoli G.E., Aboumarie H.S., Santoro C., Bandiera F., D'Andrea A. et al. Basic and advanced echocardiography in advanced heart failure: an overview. Heart Fail Rev. 2020; 25 (6): 937–948. <http://doi.org/10.1007/s10741-019-09865-3>
- Morris D.A., Ma X.-X., Belyavskiy E., Kumar R.A., Kropf M., Kraft R. et al. Left ventricular longitudinal systolic function analysed by 2D speckle-tracking echocardiography in heart failure with preserved ejection fraction: A meta-analysis. Open Heart. 2017; 4 (2): e000630. <http://doi.org/10.1136/openhrt-2017-000630>
- Buccheri S., Monte I., Mangiafico S., Bottari V., Leggio S., Tamburino C. Feasibility, reproducibility, and agreement between different speckle tracking echocardiographic techniques for the assessment of longitudinal deformation. BioMed Res Int. 2013; 2013: 297895. <http://doi.org/10.1155/2013/297895>
- Takeuchi M., Wu V.C. Application of left ventricular strain to patients with coronary artery disease. Curr Opin Cardiol. 2018; 33 (5): 464–469. <http://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000536>
- Cameli M., Mandoli G.E., Sciacaluga C., Mondillo S. More than 10 years of speckle tracking echocardiography: Still a novel technique or a definite tool for clinical practice? Echocardiography. 2019; 36 (5): 958–970. <http://doi.org/10.1111/echo.14339>
- Mandoli G.E., Pastore M.C., Vassilevaite K., Cameli P., D'Ascenzi F., Focardi M. et al. Speckle tracking stress echocardiography: A valuable diagnostic technique or a burden for everyday practice? Echocardiography. 2020; 37 (12): 2123–2129. <http://doi.org/10.1111/echo.14894>
- Cameli M., Mondillo S., Righini F.M., Lisi M., Dokollari A., Lindqvist P. et al. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation. J Card Fail. 2016; 22 (11): 901–907. <http://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.02.012>
- Collet J.-P., Thiele H., Barabato E., Barthélémy O., Bauersachs J., Bhatt D.L. et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. Eur Heart J. 2021; 42 (14): 1289–1367. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa575>
- Knutti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barabato E., Funck-Brentano C. et al. 2019 ESC guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. Eur Heart J. 2020; 41 (3): 407–477. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>
- Schroeder J., Hamada S., Gründinger N., Ruben T., Allikot E., Ulbrich K. et al. Myocardial deformation by strain echocardiography identifies patients with acute coronary syndrome and nondiagnostic ECG presenting in a chest pain unit: A prospective study of diagnostic accuracy. Clin Res Cardiol. 2015; 105 (3): 248–256. <http://doi.org/10.1007/s00392-015-0916-2>
- Liou K., Negishi K., Ho S., Russell E.A., Cranney G., Qai S.Y. Detection of obstructive coronary artery disease using peak systolic global longitudinal strain derived by two-dimensional speckle-tracking: A systematic review and meta-analysis. J Am Soc Echocardiogr. 2016; 29 (8): 724–735.e4. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2016.03.002>
- Zito C., Longobardo L., Citro R., Galdieri M., Oreto L., Careri M.L. et al. Ten years of 2D longitudinal strain for early myocardial dysfunction detection: A clinical overview. BioMed Res Int. 2018; 2018: 8979407. <http://doi.org/10.1155/2018/8979407>
- Carabba N., Migliorini A., Pradella S., Acquafresca M., Guglielmo M., Boggiano A. et al. Old and new NICE guidelines for the evaluation of new onset stable chest pain: A real world perspective. BioMed Res Int. 2018; 2018: 3762305. <http://doi.org/10.1155/2018/3762305>
- Catalano O., Moro G., Mori A., Perotti M., Gualco A., Frascaroli M. et al. Cardiac magnetic resonance in stable coronary artery disease: Added prognostic value to conventional risk profiling. BioMed Res Int. 2018; 2018: 2806148. <http://doi.org/10.1155/2018/2806148>
- Carabba N., Berteotti M., Taborchi G., Ciatti F., Acquafresca M., Moroni M. et al. Integration of CTA in the diagnostic workup of new onset chest pain in clinical practice. BioMed Res Int. 2019; 2019: 2647079. <http://doi.org/10.1155/2019/2647079>
- Bertini M., Mollema S.A., Delgado V., Antoni M.L., Ng A.C.T., Holman E.R. et al. Impact of time to reperfusion after acute myocardial infarction on myocardial damage assessed by left ventricular longitudinal strain. Am J Cardiol. 2009; 104 (4): 480–485. <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.04.010>
- Sjøli B., Ørn S., Grenne B., Ihlen H., Edvardsen T., Brunvand H. Diagnostic capability and reproducibility of strain by Doppler and by speckle tracking in patients with acute myocardial infarction. JACC Cardiovasc Imaging. 2009; 2 (1): 24–33. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2008.10.007>
- Localaiza J., de la Rosa A., Izquierdo M.M., Jiménez J.J., Iribarren J.L., García-González M.J. et al. Left ventricular global longitudinal systolic strain predicts adverse remodeling and subsequent cardiac events in patients with acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. Int J Cardiovasc Imaging. 2015; 31 (3): 575–584. <http://doi.org/10.1007/s10554-015-0593-2>
- Eek C., Grenne B., Brunvand H., Aakhus S., Endresen K., Smiseth O.A. et al. Strain echocardiography predicts acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. Eur J Echocardiogr. 2010; 11 (6): 501–508. <http://doi.org/10.1093/ejehocardiography/ehq008>
- Mele D., Florencia A., Chiodi E., Gardini C., Benea G., Ferrari R. Polar plot maps by parametric strain echocardiography allow accurate evaluation of non-viable transmural scar tissue in ischemic heart disease. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2016; 17 (6): 668–677. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jev191>
- Caspar T., Samet H., Ohana M., Gervain P., Ghannudi S.E., Talha S. et al. Longitudinal 2D strain can help diagnose coronary artery disease in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome but apparent normal global and segmental systolic function. Int J Cardiol. 2017; 236: 91–94. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.02.068>
- Dahlslett T., Karlén S., Grenne B., Eek C., Sjøli B., Skulstad H. et al. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. J Am Soc Echocardiogr. 2014; 27 (5): 512–519. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2014.01.019>
- Atici A., Barman H.A., Dumaz 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): 512–520. <http://doi.org/10.1111/echo.14275>
- Diao K.Y., Yang Z.G., Ma M., He Y., Zhao Q., Liu X. et al. The diagnostic value of global longitudinal strain (GLS) on myocardial infarction size by echocardiography: A systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2017; 7 (1): 10082. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-09096-2>
- Nucifora G., Marson N.A., Bertini M., Delgado V., Siebelink H.-M.J., van Werkhoven J.M. et al. Reduced left ventricular torsion early after myocardial infarction is related to left ventricular remodeling. Circ Cardiovasc Imaging. 2010; 3 (4): 433–442. <http://doi.org/10.1161/circimaging.109.926196>
- Knudsen M.L., Galbraith P.D., Hildebrand K.L., Tyberg J.V., Beyar R. Dynamics of left ventricular apex rotation during angioplasty: a sensitive index of ischemic dysfunction. Circulation. 1997; 96 (3): 801–808. <http://doi.org/10.1161/01.cir.96.3.801>
- Huang J., Yan Z.N., Fan L., Rui Y.F., Song X.T. Left ventricular longitudinal function assessment in rabbits after acute occlusion of left anterior descending coronary artery by two-dimensional speckle tracking imaging. BMC Cardiovasc Disord. 2017; 17 (1): 219. <http://doi.org/10.1186/s12872-017-0655-6>
- Spinelli L., Morisco C., di Panzillo E.A., Izzo R., Trimarco B. Reverse left ventricular remodeling after acute myocardial infarction: The prognostic impact of left ventricular global torsion. Int J Cardiovasc Imaging. 2013; 29 (4): 787–795. <http://doi.org/10.1007/s10554-012-0159-5>
- Zhang M., Yang J., Ma C., Liu M. Longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography to evaluate left ventricular function in patients with myocardial bridging of the left anterior descending coronary artery. Echocardiography. 2019; 36 (6): 1066–1073. <http://doi.org/10.1111/echo.14357>
- Laborde C.R., Delmas C., Miale-Perez J., Pizzinat N., Biendel-Picquet C., Boudou N. et al. First evidence of increased plasma serotonin levels in Tako-Tsubo cardiomyopathy. BioMed Res Int. 2013; 2013: 847069. <http://doi.org/10.1155/2013/847069>
- Moscacelli S., Montecucco F., Carbone F., Valbusa A., Massobrio L., Porto I. et al. An emerging cardiovascular disease: Takotsubo syndrome. BioMed Res Int. 2019; 2019: 6571045. <http://doi.org/10.1155/2019/6571045>
- Wan S.-H., Liang J.J. Takotsubo cardiomyopathy: etiology, diagnosis, and optimal management. Res Report Clin Cardiol. 2014; 5: 297–303. <http://doi.org/10.2147/rjcc.s46021>
- Ghaedi J.R., Wiffitt I.S., Prasad A., Sharkey S., Dole K., Akashi Y.J. et al. International expert consensus document on takotsubo syndrome (Part II): Diagnostic workup, outcome, and management. Eur Heart J. 2018; 39 (22): 2047–2062. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy077>
- Meimoun P., Abouh S., Boulanger J., Luyck-Bore A., Martis S., Clerc J. Relationship between acute strain pattern and recovery in Takotsubo cardiomyopathy and acute anterior myocardial infarction: A comparative study using two-dimensional longitudinal strain. Int J Cardiovasc Imaging. 2014; 30 (8): 1491–1500. <http://doi.org/10.1007/s10554-014-0494-9>
- Mahjoob M.P., Parsa S.A., Mazarei A., Safi M., Khasheshi I., Esmaeili S. Rest 2D speckle tracking echocardiography may be a sensitive but nonspecific test for detection of significant coronary artery disease. Acta Biomed. 2018; 88 (4): 457–461. <http://doi.org/10.23750/abm.v88i4.5445>
- Hagemann C.A., Hoffmann S., Hagemann R.A., Fritz-Hansen T., Olsen F.J., Jørgensen P.G. et al. Usefulness of layer-specific strain in diagnosis of coronary artery disease in patients with stable angina pectoris. Int J Cardiovasc Imaging. 2019; 35 (11): 1989–1999. <http://doi.org/10.1007/s10554-019-01652-3>
- Choi J.O., Cho S.W., Song Y.B., Cho S.J., Song B.G., Lee S.-C. et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. Eur J Echocardiogr. 2009; 10 (5): 695–701. <http://doi.org/10.1093/ejehocardiography/ehp041>
- Moustafa S., Erbat K., Swaleem F., Galal A. The correlation between speckle tracking echocardiography and coronary artery disease in patients with suspected stable angina pectoris. Indian Heart J. 2018; 70 (3): 379–386. <http://doi.org/10.1016/j.ijh.2017.09.020>
- Zuo H.J., Yang X.T., Liu Q.G., Zhang Y., Zeng H.-S., Yan J.-T. et al. Global longitudinal strain at rest for detection of coronary artery disease in patients without diabetes mellitus. Curr Med Sci. 2018; 38 (3): 413–421. <http://doi.org/10.1007/s11596-018-1894-1>
- Radwan H., Hussein E. Value of global longitudinal strain by two-dimensional speckle tracking echocardiography in predicting coronary artery disease severity. Egypt Heart J. 2017; 69 (2): 95–101. <http://doi.org/10.1016/j.ehj.2016.08.001>
- Vrethos A., Dawson D., Grigoras C., Nihoyannopoulos P. Correlation between global longitudinal peak systolic strain and coronary artery disease severity as assessed by the angiographically derived SYNTAX score. Echo Res Pract. 2016; 3 (2): 29–34. <http://doi.org/10.1530/ERP-16-0005>
- Xie M.Y., Lv Q., Wang J., Yin J.-B. Assessment of myocardial segmental function with coronary artery disease in multi-vessel coronary disease patients with normal wall motion. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2016; 20 (8): 1582–1589.
- Biering-Sørensen T., Hoffmann S., Mogelvang R., Iversen A.Z., Galatius S., Fritz-Hansen T. et al. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. Circ Cardiovasc Imaging. 2014; 7 (1): 58–65. <http://doi.org/10.1161/circimaging.113.000989>
- Anwar A.M. Accuracy of two-dimensional speckle tracking echocardiography for the detection of significant coronary stenosis. J Cardiovasc Ultrasound. 2013; 21 (4): 177–182. <http://doi.org/10.4250/jcu.2013.21.4.177>
- Науменко Е.П. Возможности спекл-трекинг эхокардиографии в оценке распространенности ишемического поражения миокарда вследствие коронарного атеросклероза у пациентов со стабильной стенокардией напряжения II–III функционального класса и сахарным диабетом 2 типа. Проблемы здоровья и экологии. 2015; 4 (46): 49–54.
- Naumenko E.P. The potential of speckle-tracking echocardiography in the evaluation of the prevalence of ischemic heart disease associated with coronary atherosclerosis in patients with stable angina pectoris of II–III functional class and diabetes mellitus type 2. Health and ecology issues. 2015; 4 (46): 49–54.
- Zuo H., Yan J., Zeng H., Li W., Li P., Liu Z. et al. Diagnostic power of longitudinal strain at rest for the detection of obstructive coronary artery disease in patients with type 2 diabetes mellitus. Ultrasound Med Biol. 2015; 41 (1): 89–98. <http://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.08.011>
- Liu C., Li J., Ren M., Wang Z.-Z., Li Z.-Y., Gao F. et al. Multilayer longitudinal strain at rest may help to predict significant stenosis of the left anterior descending coronary artery in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome. Int J Cardiac Imaging. 2016; 32 (12): 1675–1685. <http://doi.org/10.1007/s10554-016-0959-0>
- Becker M., Ocklenburg C., Allikot E., Fitting A., Balzer J., Krombach G. et al. Impact of infarct transmural on layer-specific impairment of myocardial function: A myocardial deformation imaging study. Eur Heart J. 2009; 30 (12): 1467–1476. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp112>
- Allikot E., Neizel M., Tiemann S., Krass V., Becker M., Zwicker C. et al. Layer-specific analysis of myocardial deformation for assessment of infarct transmural: Comparison of strain encoded cardiovascular magnetic resonance with 2D speckle tracking echocardiography. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2013; 14 (6): 570–578. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jev229>
- Tarascio M., Leo L.A., Klersy C., Murzilli R., Moccetti T., Faletta F.F. Speckle-tracking layer-specific analysis of myocardial deformation and evaluation of scar transmural in chronic ischemic heart disease. J Am Soc Echocardiogr. 2017; 30 (7): 667–675. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2017.03.015>
- Cameli M., Bombardieri T., Dokollari A., Sassi C.G., Losito M., Sparla S. et al. Longitudinal strain stress-echo evaluation of aged marginal donor hearts: feasibility in the Adonors project. Transplant Proc. 2016; 48 (2): 399–401. <http://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.12.036>
- Gaibazzi N., Pizzagalli F., Reverberi C., Porter T.R. Rest global longitudinal 2D strain to detect coronary artery disease in patients undergoing stress echocardiography: A comparison with wall-motion and coronary flow reserve responses. Echo Res Pract. 2014; 1 (2): 61–70. <http://doi.org/10.1530/ERP-14-0020>
- Rumbinaite E., Zaliaduonyte-Peksiene D., Lapinskas T., Žvirblyte R., Karuzas A., Jonauskienė I. et al. Early and late diastolic strain rate vs global longitudinal strain at rest and during dobutamine stress for the assessment of significant coronary artery stenosis in patients with a moderate and high probability of coronary artery disease. Echocardiography. 2016; 33 (10): 1512–1522. <http://doi.org/10.1111/echo.13282>
- Rumbinaite E., Zaliaduonyte-Peksiene D., Viešelis M., Čeponienė I., Lapinskas T., Žvirblyte R. et al. Dobutamine-stress echocardiography speckle-tracking imaging in the assessment of hemodynamic significance of coronary artery stenosis in patients with moderate and high probability of coronary artery disease. Medicina. 2016; 52 (6): 331–339. <http://doi.org/10.1016/j.medic.2016.11.005>
- Павлюкова Е.Н., Егорова В.Ю. Анализ деформации миокарда в режиме Strain и Strain rate при стресс-эхокардиографии с добутином в зависимости от степени стеноза коронарных артерий. Сибирский медицинский журнал. 2008; 23 (4–2): 7–10.
- Pavlyukova Ye.N., Yegorova V.Yu. Analysis of myocardial deformation in the strain and strain rate regions during stress-echocardiography in dependence on coronary artery stenosis grade. The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. 2008; 23 (4–2): 7–10.
- Кучмин А.Н., Ярославцев М.Ю., Афонников Н.В., Галова Е.П., Евсюков К.Б., Морозов С.Л. и др. Применение методики пространственного смещения структуры миокарда (спекл-трекинг) для определения показаний к проведению коронароангиографии у пациентов, страдающих ишемической болезнью сердца. Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2020; 2 (70): 70–73.
- Kuchmin A.N., Yaroslavtsev M.Yu., Afendikov N.V., Galova E.P., Evsyukov K.B., Morozov S.L. et al. The use of methods of spatial displacement of the myocardial structure (speckle tracking) to determine the indications for coronary angiography in patients suffering from coronary heart disease. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2020; 2 (70): 70–73.

58. Uusitalo V., Luotolahti M., Pietilä M., Wendelin-Saarenhovi M., Hartiala J., Saraste M. et al. Two-dimensional speckle-tracking during dobutamine stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016; 29 (5): 470–479. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.12.013>
59. Park J.H., Woo J.S., Ju S., Jung S.W., Lee I., Kim J.B. et al. Layer-specific analysis of dobutamine stress echocardiography for the evaluation of coronary artery disease. *Medicine.* 2016; 95 (32): e4549. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000004549>
60. Eljensen J.A., Poulsen S.H., Mortensen J., May O. Diagnostic value of layer-specific global longitudinal strain during adenosine stress in patients suspected of coronary artery disease. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2017; 33 (4): 473–480. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-1022-x>
61. Loncarevic B., Trifunovic D., Soldatovic I., Vujsicetic B. Silent diabetic cardiomyopathy in everyday practice: a clinical and echocardiographic study. *BMC Cardiovasc Disord.* 2016; 16 (1): 242. <https://doi.org/10.1186/s12872-016-0395-z>
62. Hubbard R.T., Calle M.C.A., Barros-Gomes S., Kukuzke J.A., Pellikka P.A., Gulati R. et al. 2-Dimensional speckle tracking echocardiography predicts severe coronary artery disease in women with normal left ventricular function: A case-control study. *BMC Cardiovasc Disord.* 2017; 17 (1): 231. <https://doi.org/10.1186/s12872-017-0656-5>
63. Mandoli G.E., Cameli M., Minardi S., Crudele F., Lunghetti S., Mondillo S. Layer-specific strain in dipyridamole stress echo: a new tool for the diagnosis of microvascular angina. *Echocardiography.* 2018; 35 (12): 2005–2013. <https://doi.org/10.1111/echo.14180>
64. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A., Haugaa K.H., Urheim S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J.* 2016; 37 (15): 1196–1207. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>
65. Алейкин М.Н., Степанова А.И. Эхокардиография в оценке постсистолического укорочения миокарда левого желудочка сердца. *Кардиология.* 2020; 60 (12): 110–116. <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.12.n1087>
66. Alekhin M.N., Stepanova A.I. Echocardiography in the assessment of postsystolic shortening of the left ventricle myocardium of the heart. *Cardiology.* 2020; 60 (12): 110–116.
67. Cameli M., Mondillo S., Galderisi M., Mandoli G.E., Ballo P., Nistri S. et al. Speckle tracking echocardiography: A practical guide. *G Ital Cardiol.* 2017; 18 (4): 253–269. <https://doi.org/10.1714/2683.27469>
68. Shimoni S., Gendelman G., Ayzenberg O., Smirin N., Lysansky P., Edri O. et al. Differential effects of coronary artery stenosis on myocardial function: the value of myocardial strain analysis for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011; 24 (7): 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2011.03.007>
69. Brainin P., Hoffmann S., Fritz-Hansen T., Olsen F.J., Jensen J.S., Biering-Sørensen T. Usefulness of postsystolic shortening to diagnose coronary artery disease and predict future cardiovascular events in stable angina pectoris. *J Am Soc Echocardiogr.* 2018; 31 (8): 870–879. e3. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.05.007>
70. Asanuma T., Nakatani S. Myocardial ischaemia and postsystolic shortening. *Heart.* 2015; 101 (7): 509–516. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2013-305403>
71. Pastore M.C., De Carli G., Mandoli G.E., D'Ascenzi F., Focardi M., Contomi F. et al. The prognostic role of speckle tracking echocardiography in clinical practice: Evidence and reference values from the literature. *Heart Fail Rev.* 2021; 26 (6): 1371–1381. <https://doi.org/10.1007/s10741-020-09945-9>
72. Choi S.W., Park J.H., Sun B.J., Park Y., Kim Y.J., Lee I.S. et al. Impaired two-dimensional global longitudinal strain of left ventricle predicts adverse long-term clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction. *Int J Cardiol.* 2015; 196: 165–167. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.05.186>
73. Ersbøll M., Valeur N., Mogensen U.M., Andersen M.J., Møller J.E., Velazquez E. J. 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>
74. D'Andrea A., Cocchia R., Caso P., Riegler L., Scarfelle R., Salemo G. et al. Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent nonST elevation myocardial infarction. *Int J Cardiol.* 2011; 153 (2): 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.08.025>
75. Олейников В.Э., Голубева А.В., Галимская В.А., Барменкова Ю.А., Шиготарова Е.А., Бабина А.В. Спекл-трекинг эхокардиографии в ранней диагностике хронической сердечной недостаточности после инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST. Российский кардиологический журнал. 2021; 26 (1): 29–35. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4088>
76. Oleinikov V.E., Golubeva A.V., Galimskaya V.A., Barmentkova Yu.A., Shigotarov E.A., Babina A.V. Speckle-tracking echocardiography in the early diagnosis of heart failure after ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology.* 2021; 26 (1): 29–35.
77. Antoni M.L., Mollema S.A., Delgado V., Atary J.Z., Boersma E. et al. Prognostic importance of strain and strain rate after acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2010; 31 (13): 1640–1647. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq105>
78. van Mourik M.J.W., Zaar D.V.J., Smulders M.W., Heijman J., Lumens J., Dokter J.E. et al. Adding speckle-tracking echocardiography to visual assessment of systolic wall motion abnormalities improves the detection of myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019; 32 (1): 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.09.007>
79. Joyce E., Hoogslag G.E., Al Amri I., Debonnaire P., Katsanos S., Box J.J. et al. Quantitative dobutamine stress echocardiography using speckle-tracking analysis versus conventional visual analysis for detection of significant coronary artery disease after ST-segment elevation myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015; 28 (12): 1379–1389. e1. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.07.023>
80. Scharrenbroich J., Hamada S., Keszei A., Schröder J., Napp A., Almall 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. *Clin Cardiol.* 2018; 41 (1): 111–118. <https://doi.org/10.1002/clc.12260>
81. Cameli M., Pastore M.C., Henin M.Y., Mondillo S. The left atrium and the right ventricle: two supporting chambers to the failing left ventricle. *Heart Fail Rev.* 2019; 24 (5): 661–669. <https://doi.org/10.1007/s10741-019-09791-4>
82. Mandoli G.E., Pastore M.C., Benfari G., Bisleri G., Maccherini M., Lisi G. et al. Left atrial strain as a pre-operative prognostic marker for patients with severe mitral regurgitation. *Int J Cardiol.* 2021; 324: 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.009>
83. Ikejider Y., Sebbani M., Hendy I., Khramz M., Khatouri A., Bendris L. Impact of arterial hypertension on left atrial size and function. *BioMed Res Int.* 2020; 2020: 2587530. <https://doi.org/10.1155/2020/2587530>
84. Cameli M., Miglirona M.H., Magne J., Mandoli G.E., Benfari G., Ancona R. et al. Multicentric atrial strain comparison between two different modalities: MASCOT HT study. *Diagnostics.* 2020; 10 (11): 946. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10110946>
85. Lee D.H., Park T.H., Lee J.E., Cho Y.-R., Park K., Park J.S. et al. Left atrial function assessed by left atrial strain in patients with left circumflex branch culprit acute myocardial infarction. *Echocardiography.* 2015; 32 (7): 1094–1100. <https://doi.org/10.1111/echo.12828>
86. Said K.M., Nassar A.I., Fouad A., Ramzy A.A., Abd Allah M.F.F. Left atrial deformation analysis as a predictor of severity of coronary artery disease. *Egypt Heart J.* 2018; 70 (4): 353–359. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2018.09.004>
87. Antoni M.L., ten Brinke E.A., Atary J.Z., Marsan N.A., Holman E.R., Scholij M.J. et al. Left atrial strain is related to adverse events in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Heart.* 2011; 97 (16): 1332–1337. <https://doi.org/10.1136/hrt.2011.227678>
88. Meimoun P., Stracchi V., Boulanger J., Maris S., Botoro T., Zemir H. et al. The left atrial function is transiently impaired in Takotsubo cardiomyopathy and associated to in-hospital complications: A prospective study using two-dimensional strain. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2020; 36 (2): 299–307. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01722-6>
89. Chang W.T., Tsai W.C., Liu Y.W., Lee C.H., Liu P.Y., Chen J.Y. et al. Changes in right ventricular free wall strain in patients with coronary artery disease involving the right coronary artery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014; 27 (3): 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.11.010>
90. Focardi M., Cameli M., Carbone S.F., Massoni A., De Vito R., Lisi M. et al. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015; 16 (1): 47–52. <https://doi.org/10.1093/ehjci/ehv156>
91. Rallidis L.S., Makavos G., Nihoyannopoulos P. Right ventricular involvement in coronary artery disease: Role of echocardiography for diagnosis and prognosis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014; 27 (3): 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.12.001>
92. Park S.J., Park J.H., Lee H.S., Kim M.S., Park Y.K., Park Y. et al. Impaired RV global longitudinal strain is associated with poor long-term clinical outcomes in patients with acute inferior STEMI. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015; 8 (2): 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.10.011>
93. Antoni M.L., Scherptong R.W., Atary J.Z., Boersma E., Holman E.R., van der Wal A.C.E. et al. Prognostic value of right ventricular function in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2010; 3 (3): 264–271. <https://doi.org/10.1161/circimaging.109.914366>
94. Iwahashi N., Kirigaya J., Abe T., Horii M., Toya N., Hanajima Y. et al. Impact of three-dimensional global longitudinal strain for patients with acute myocardial infarction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020; jeaa241. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa241>
95. Zhong J., Liu P., Li S., Huang X., Zhang Q., Huang J. et al. A comparison of three-dimensional speckle tracking echocardiography parameters in predicting left ventricular remodeling. *J Healthcare Eng.* 2020; 2020: 8847144. <https://doi.org/10.1155/2020/8847144>
96. Biswas A.K., Haque T., Bonik D., Choudhury S.R., Khan S.R., Malik F.T. Identification of significant coronary artery disease in patients with non-ST segment elevation acute coronary syndrome by myocardial strain analyses using three-dimensional speckle tracking echocardiography. *Echocardiography.* 2018; 35 (12): 1988–1996. <https://doi.org/10.1111/echo.14181>
97. Dogus M., Simsek E., Cinar C.S. 3D-speckle tracking echocardiography for assessment of coronary artery disease severity in stable angina pectoris. *Echocardiography.* 2019; 36 (2): 320–327. <https://doi.org/10.1111/echo.14214>
98. Саидова М.А., Сохибназарова В.Х., Авалия А.А., Терещенко С.Н. Сравнительная оценка применения технологий спекл-трекинг эхокардиографии в двухмерном и трехмерном режимах у больных с хронической сердечной недостаточностью с сохранной и сниженной систолической функцией левого желудочка. *Кардиологический вестник.* 2020; 1: 64–70. <https://doi.org/10.36396/MS.2020.16.1.009>
99. Saidova M.A., Sokhibnazarova V.H., Avalyan A.A., Tereshchenko S.N. Comparative evaluation of speckle tracking echocardiography technologies in two-dimensional and three-dimensional modes in patients with chronic heart failure with preserved and reduced systolic function of the left ventricle. *Russian Cardiology Bulletin.* 2020; 1: 64–70.

Статья поступила / Received 02.03.23
Получена после рецензирования / Revised 10.03.23
Принята к публикации / Accepted 22.03.23

Сведения об авторах

Тюрина Ляля Георгиевна, врач отделения ультразвуковой диагностики.
E-mail: tyurina.lyalya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9941-8885

Хамидова Лайла Тимарбековна, д.м.н., рук. отдела лучевой диагностики.
E-mail: layla72@mail.ru. РИНЦ ID: 968715. SPIN-code: 9820-4643.
ORCID: 0000-0002-9669-9164

Рыбалко Наталья Владимировна, д.м.н., в.н.с. отделения ультразвуковой и функциональной диагностики. E-mail: rybalko_dr@mail.ru. РИНЦ ID: 507463.
SPIN-code: 40051432. ORCID: 0000-0001-6973-4430

Газарян Георгий Арташесович, д.м.н., проф., зав. отделением неотложной кардиологии с методами неинвазивной функциональной диагностики.
E-mail: gigrs@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5090-6212

Попугаев Константин Александрович, д.м.н., зам. директора, рук. регионального сосудистого центра. E-mail: PopugaevKA@sklif.mos.ru.
РИНЦ ID: 582947. ORCID: 0000-0003-1945-323X

ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения Москвы»

Автор для переписки: Тюрина Ляля Георгиевна. E-mail: tyurina.lyalya@mail.ru

About authors

Tyurina Lyalya G., physician of Dept of Ultrasound Diagnostics.
E-mail: tyurina.lyalya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9941-8885

Khamidova Layla T., DM Sci (habil.), head of Dept of Radiology Diagnostics.
E-mail: layla72@mail.ru. RCS ID: 968715. SPIN-code: 9820-4643.
ORCID: 0000-0002-9669-9164

Rybalko Natalia V., DM Sci (habil.), leading researcher of Dept of Ultrasound and Functional Diagnostics. E-mail: rybalko_dr@mail.ru. RCS ID: 507463.
SPIN-code: 40051432. ORCID: 0000-0001-6973-4430

Gazaryan Georgiy A., DM Sci (habil.), professor, head of Department of Urgent Clinical Cardiology with Non-invasive Functional Diagnostic Techniques.
E-mail: gigrs@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5090-6212

Popugaev Konstantin A. DM Sci (habil.), deputy director, head of the Regional Vascular Centre. E-mail: PopugaevKA@sklif.mos.ru. RCS ID: 582947.
ORCID: 0000-0003-1945-323X

Research Institute for Emergency Medicine n.a. N.V. Sklifosovsky, Moscow, Russia

Corresponding author: Tyurina Lyalya G. E-mail: tyurina.lyalya@mail.ru

Для цитирования: Тюрина Л.Г., Хамидова Л.Т., Рыбалко Н.В., Газарян Г.А., Попугаев К.А. Роль спекл-трекинг – эхокардиографии в современной диагностике и прогнозе при коронарной недостаточности. *Медицинский асфавит.* 2023; (16): 7–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-16-7-18>.

For citation: Tyurina L.G., Khamidova L.T., Rybalko N.V., Gazaryan G.A., Popugaev K.A. Role of speckle-tracking echocardiography in diagnosis and further prognosis of coronary heart disease. *Medical alphabet.* 2023; (16): 7–18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-16-7-18>.

