

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ • REVIEWS

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭХОКАРДИОГРАФИИ
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ИБСБазилевич А.В.¹, Неласов Н.Ю.¹, Сидоров Р.В.¹,
Долтмурзиева Н.С.¹, Борщев Г.Г.*², Поспелов Д.Ю.¹,
Оврулова М.М.¹

DOI: 10.25881/20728255_2022_17_2_78

¹ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет», Ростов-на-Дону² ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

Резюме. Ишемическая болезнь сердца (ИБС), как ведущая причина смертности в мире уже на протяжении нескольких десятилетий, не теряет актуальности в изучении как методов ее лечения, так и методов исследования. Хирургическое лечение в настоящее время остается ведущим, что диктует выработку оптимальных методов диагностики состояния сердечной мышцы как перед операцией, для решения вопроса об объеме вмешательства, так и после — для контроля эффективности лечения. Одним из таких методов является эхокардиография. На сегодняшний день существует несколько подходов к проведению ультразвуковой диагностики заболеваний сердца. Стандартное эхокардиографическое исследование, либо стресс-эхокардиография, с использованием апикального расположения датчика и применения тканевого доплеровского режима имеют ряд ограничений, связанных с особенностями оценки механики сердечной мышцы и неизбежной потерей информации об отдельных сегментах миокарда. В то же время технология speckle-tracking эхокардиографии (оценка деформации миокарда) позволяет с большей точностью и простотой оценивать как ранние ишемические изменения, так и жизнеспособность отдельных сегментов миокарда уже после перенесенного инфаркта. В настоящее время методы 2D и 3D speckle-tracking эхокардиографии успешно дополняют стресс-эхокардиографию для более объективного и точного выявления жизнеспособных волокон сердечной мышцы. В данном обзоре представлено определение понятия speckle-tracking эхокардиографии, даны ее основные характеристики, а также преимущества и недостатки данного метода исследования.

Ключевые слова: эхокардиография, speckle-tracking эхокардиография, ишемическая болезнь сердца, коронарное шунтирование.

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС), как ведущая причина смертности в мире уже на протяжении нескольких десятилетий, не теряет актуальности в изучении как методов ее лечения, так и методов исследования. Главной задачей сердечно-сосудистых хирургов и кардиологов становится улучшение качества жизни пациентов с атеросклерозом коронарных артерий. Хирургические методы, такие как коронарное шунтирование и стентирование остаются ведущими в лечении больных ИБС, что диктует выработку оптимальных методов диагностики состояния сердечной мышцы как перед операцией, для решения вопроса об объеме

**APPLICATION OF NOVEL SONOGRAPHIC TECHNOLOGIES
IN CORONARY SURGERY**Bazilevich A.V.¹, Nelasov N.Yu.¹, Sidorov R.V.¹, Doltmurzieva N.S.¹,
Borshchev G.G.*², Pospelov D.Yu.¹, Ovrulova M.M.¹¹ Rostov State Medical University, Rostov-on-Don² Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Coronary heart disease (CHD), as the leading cause of death in the world for several decades, it is still relevant in the development of new methods of diagnosis and treatment in the study of both of its treatment and research methods. Cardiac surgery is the main method of treatment, so it is necessary to develop the optimal methods of preoperative myocardial functional diagnostics to get information about the need for surgical intervention and evaluation of its results. Nowadays various echocardiographic techniques can be used for identifying heart diseases. Standard echocardiographic exam or stress-echo using the apical position of the probe and utilization of tissue Doppler mode have a number of limitations associated with the peculiarities of assessing the mechanics of the heart muscle and the inevitable loss of information about some segments of the myocardium. The speckle-tracking echocardiography technology allows the most accurate estimation of both early ischemic changes and the viability of individual myocardial segments after a heart attack. Currently, 2D and 3D speckle-tracking echocardiography successfully complements stress echocardiography for more objective and accurate detection of viable heart muscle fibers. This review provides a definition of the speckle-tracking echocardiography concept, gives its main characteristics, as well as the advantages and disadvantages of this research method.

Keywords: echocardiography, speckle-tracking echocardiography, coronary heart disease, coronary artery bypass.

вмешательства, так и после — для контроля эффективности лечения [1].

Краткая историческая справка

Ультразвуковые методы исследования известны в медицине с 40-х годов XX столетия, когда австрийский психоневролог К. Дюссик впервые диагностировал опухоль головного мозга методом замеров интенсивности ультразвуковых волн, проходящих сквозь череп пациента [2].

29 октября 1953 г. шведский кардиолог И. Эдлер и инженер К. Герц, используя установку для поиска дефектов обшивки кораблей для оценки состояния митрального

* e-mail: glebcenter@mail.ru

клапана при предоперационной подготовке пациента, впервые в мире зарегистрировали эхо-сигнал от задней стенки левого желудочка и створок митрального клапана. Поэтому их по праву считаются основоположниками эхокардиографии — метода диагностики патологии сердца и сосудов [3].

Первая в СССР эхокардиография была проведена 16 мая 1973 г. Ю.Н. Беленковым, ординатором профессора Н.М. Мухарлямова, в Институте кардиологии им. А.Л. Мясникова, а уже в январе 1974 г. в журнале «Кардиология» вышла первая публикация по результатам измерения размеров сердца с помощью нового метода исследования [3; 4].

Важный этап в развитии ультразвуковой диагностики механики движения волокон сердечной мышцы был ознаменован получением на основе постобработки регионарных скоростей 1D миокардиальной деформации и скорости деформации (Strain и Strain Rate) в 1998 г. Heimdal с соавторами. Метод был доработан в эксперименте на фантомах с последующими клиническими исследованиями этих производных в оценке функции миокарда [5].

Новая эра в изучении функции миокарда началась в 2007 г. с появлением 2D Speckle-tracking и в 2009 г. с получением 3D Speckle-tracking. Эти методы представляют собой фундаментальную альтернативу доплерографической оценке глобальной и региональной деформации миокарда [6].

Виды и формы ультразвукового исследования сердца

На сегодняшний день существует несколько видов ультразвуковой диагностики заболеваний сердца, таких как трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография, стресс-эхокардиография, внутрисосудистая эхокардиография, speckle-tracking эхокардиография, а также 5 форм исследования: одномерная, 2D, 4D и доплеровская [7].

Стандартное эхокардиографическое исследование, стресс-эхокардиография, а также использование доплеровского режима являются обычными в клинической практике, но они имеют ряд ограничений, связанных с оценкой механики сердечной мышцы только в апикальной позиции расположения датчика, что приводит к потере данных об отдельных сегментах миокарда. Появление технологии speckle-tracking позволило решить эту задачу [8–10].

Технология speckle-tracking эхокардиографии

Технология speckle-tracking, в переводе «след пятна» — это анализ картины, которая формируется при прохождении ультразвукового луча через ткани в результате его взаимодействия с волокнами миокарда. Изображение состоит из пятен серой шкалы размером 20–40 пикселей, называемых спеклами. При движении миокарда происходит смещение пятен, что и отражает деформацию миокарда. Проведение методики возможно независимо

от угла сканирования, что позволяет оценивать деформацию миокарда (Strain) в трех направлениях: продольном, радиальном и по окружности [8–11].

Деформация миокардиальных волокон рассчитывается в течение всех фаз сердечного цикла. Однако наиболее значимыми в практическом применении показателями являются пиковая систолическая деформация (наибольшая деформация в период систолы), положительная пиковая систолическая деформация (наличие парадоксального локального удлинения волокон миокарда в раннюю систолу или относительная деформация участка с нарушенной функцией), конечно-систолическая деформация (в момент закрытия аортального клапана), и пиковая деформация (наибольшее значение параметра деформации в течение всего сердечного цикла) [9–12].

Скорость деформации (Strain Rate) — это деформация миокарда в одном направлении в единицу времени, выражается в s^{-1} . Так же как и сама деформация, ее скорость считается положительной при удлинении миокардиального волокна и отрицательной при его укорочении, поэтому скорость систолической деформации в продольном и циркулярном направлениях имеет отрицательное значение, а в радиальном — положительное, и наоборот скорость диастолической деформации положительна в продольном и циркулярном направлениях и отрицательна в радиальном [9; 11; 12].

Кроме оценки продольной и радиальной сократимости метод speckle-tracking эхокардиографии возможно использовать для регистрации и изучения показателей вращения левого желудочка. Вращение — это угловое смещение волокон миокарда по короткой оси вокруг длинной оси левого желудочка. Вращение по часовой стрелке считается положительным, против часовой стрелки — отрицательным, если смотреть со стороны верхушки. Скручивание — это разница между систолическим вращением верхушки и основания левого желудочка. Отношение скручивания к расстоянию между плоскостями основания и верхушки сердца, называют градиентом скручивания. Также большое внимание уделяется и обратному процессу — диастолическому раскручиванию левого желудочка [11; 12].

Отличительной особенностью 4D режима от двухмерного считается одновременная оценка всех параметров деформации миокарда ЛЖ — глобальной продольной (GLS), глобальной циркулярной (GCS) и глобальной радиальной (GRS), что значительно упрощает процедуру оценки деформации, также с помощью данной технологии можно определять новый параметр деформации — глобальную площадь деформации (GAS). Этот параметр отражает суммарную региональную и глобальную деформацию миокарда ЛЖ [10; 13].

В настоящее время методы 2D и 3D speckle-tracking эхокардиографии успешно дополняют стресс-эхокардиографию для более объективного и точного выявления жизнеспособных волокон сердечной мышцы у пациентов после перенесенного инфаркта миокарда [13].

Speckle-tracking эхокардиография при ИБС

Известно, что наиболее подверженными ишемии являются субэндокардиальные волокна миокарда, которые ответственны за систолическую продольную деформацию. Следовательно, глобальная продольная деформация ЛЖ (GLS) является высокочувствительным маркером ишемии миокарда. Эта теория подтверждается в работах S. Moustafa и соавт. и S. Vakhout и соавт., в которых авторами показано статистически значимое снижение показателей GLS у пациентов, имеющих выраженное поражение коронарных артерий, по сравнению с показателями у пациентов без значимого стеноза коронарных артерий по данным коронароангиографии [9; 14–16].

При трансмуральной ишемии ухудшается сокращение не только продольных волокон, но и скручивание за счет снижения апикальной ротации. При этом нарушение апикальной ротации в первую очередь связано со снижением циркулярной деформации (GCS) [14].

T. Caspar и соавт. в своем исследовании выявили, что GLS может использоваться для выявления локализации стеноза, ответственного за ишемию миокарда у пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST, имеющих нормальную систолическую функцию ЛЖ [9; 14; 17].

Также получены данные исследований о статистически значимо меньших значениях показателей локальной продольной деформации ЛЖ как в покое, так и при нагрузочном тесте у пациентов с гемодинамически значимым стенозированием коронарных артерий без нарушений локальной сократимости [14; 18].

Для коронарной хирургии наиболее значимой является возможность прогнозирования эффективности реваскуляризации и развития осложнений с помощью speckle-tracking эхокардиографии. Так, было выявлено, что снижение показателей глобальной продольной деформации миокарда в течение первых суток после реваскуляризации явилось достоверным предиктором достижения пациентами конечной точки в виде смертности от всех причин, госпитализация по поводу повторного инфаркта миокарда (ИМ), хронической сердечной недостаточности или инсульта [14; 19].

Известно, что на ранней стадии развития ИМ является микрососудистая обструкция, которая не приводит к появлению заметных аномалий движения волокон сердечной мышцы во время проведения обычной эхокардиографии, однако микрососудистая обструкция ассоциирована с нарушением функции продольно ориентированных субэндокардиальных волокон ЛЖ, поэтому добавление метода speckle-tracking к ранней оценке пациентов с повышенным уровнем тропонинов является полезным в решении вопроса о том, кому из них может быть рекомендована ранняя инвазивная стратегия лечения [14; 20].

Для выявления жизнеспособных сегментов после ИМ возможно использование speckle-tracking эхокардиографии с добутамином, что в отличие от простой

стресс-эхокардиографии является более объективным и точным. Так, при проведении стресс-эхокардиографии с низкими дозами добутамина анализ скорости деформации и прироста по сравнению с состоянием покоя в сочетании с оценкой индекса подвижности стенок ЛЖ позволяют с высокой точностью определить жизнеспособность миокарда [21].

В стресс-тесте с левосименданом было продемонстрировано, что прирост пиковой систолической скорости деформации более $-0,29 \text{ с}^{-1}$ с высокой чувствительностью предсказывает восстановление функции сегментов после реваскуляризации. Gong и соавт. показали, что чувствительность исследования деформации при проведении стресс-эхокардиографии сравнима с чувствительностью однофотонной ПЭТ для выявления жизнеспособности миокарда, а специфичность и точность с контрастным усиленным МРТ [14; 22; 23].

В отечественной литературе появились работы, показывающие эффективность использования в качестве вазодилатора во время стресс-тестов АТФ. При этом было показано, что по степени расширения коронарного русла, стабильности показателей кровотока в коронарных артериях, скорости окончания действия, а также эффективности антидотов (эуфилин) он не уступает аденозину, однако, является при этом экономически более выгодным препаратом в нашей стране [18].

Ограничения использования speckle-tracking эхокардиографии

Метод «след пятна», несмотря на свои очевидные преимущества, имеет ряд недостатков. Одним из них является невозможность правильной оценки параметров деформации без качественного серошкального изображения и точной идентификации границ эндокарда. Кроме того, оценка параметров деформации в двухмерном режиме обуславливает некоторую потерю данных, так как движение сердца происходит в трехмерной системе координат, вне плоскости сканирования. Однако, данные ограничения нивелируются при использовании трехмерной визуализации в масштабе реального времени (3D speckle-tracking/4D Strain) [9; 22].

Еще одним ограничением при использовании метода является его подверженность воздействию шумов, поэтому для уменьшения их влияния каждый образец получают путем усреднения не менее 3-х последовательных сердечных циклов, однако, провести исследование у пациентов с несинусовым ритмом все же не представляется возможным [10; 22].

Следует также отметить, что технология двухмерной speckle-tracking эхокардиографии требует применения различных пакетов программного обеспечения для разных моделей отслеживания, которое можно использовать только на одном типе оборудования. А результаты исследования зависят от прибора, на котором выполнен анализ, но при этом не являются взаимозаменяемыми между различными производителями [14; 22].

Выводы

Технология speckle-tracking эхокардиографии — прогрессивный метод диагностики функции сердечной мышцы, позволяющий наиболее точно оценивать как ранние ишемические изменения, так и жизнеспособность отдельных сегментов миокарда уже после перенесенного инфаркта.

Однако, значимость этого метода в предоперационной оценке сократимости волокон миокарда для определения необходимости реваскуляризации определенных сегментов сердечной мышцы при хронической окклюзии коронарных артерий, а также риски возникновения реперфузионного синдрома не изучены, что требует дальнейших исследований.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018 // Российский кардиологический журнал. — 2019. — №8. — С.151-226. [2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. Russian Journal of Cardiology. 2019; (8): 151-226. (In Russ).]
2. Sudol-Szopinska I, Martinoli C, Panas-Goworska M. History Page: Leaders in MSK Radiology Karl Dussik, 1908-1968: Pioneer of MSK Ultrasonography. Semin Musculoskelet Radiol. 2021 Feb; 25(1): 184-185. doi: 10.1055/s-0040-1722207.
3. Беленков Ю.Н. Эхокардиография. Как все начиналось (К тридцатилетию первого в России эхокардиографического исследования) // Атмосфера. Новости кардиологии. — 2003. — №3. [Belenkov YuN. Echocardiography: As it started (By 30th of the first echocardiography research in Russia). Atmosphere. News of cardiology. 2003; 3: 2-5. (In Russ).]
4. Академику Юрию Никитичу Беленкову 65 лет // РФК. — 2013. — №1. [Academician Yuriy Nikitch Belenkov is 65 y.o. Rational pharmacotherapy in cardiology. 2013; 9(1): 103-104. (In Russ).]
5. Heimdal A., Stoylen A., Torp H., Skjaerve T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. J. Am. Soc. Echocar-diogr. 1998; 11: 1013-9. doi: 10.1016/s0894-7317(98)70151-8.
6. Cameli M, Mandoli GE, 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. doi: 10.1111/echo.14339.
7. Wu M, Awasthi N, Rad NM, Pluim JPW, Lopata RGP. Advanced Ultrasound and Photoacoustic Imaging in Cardiology. Sensors (Basel). 2021; 21(23): 7947. doi: 10.3390/s21237947.
8. Mandoli GE, Pastore MC, Vasilijevaite K, Cameli P, D'Ascenzi F, Focardi M, Mondillo S, Cameli M. Speckle tracking stress echocardiography: A valuable diagnostic technique or a burden for everyday practice? Echocardiography. 2020 Dec; 37(12): 2123-2129. doi: 10.1111/echo.14894.
9. Никифоров В.С., Никищенкова Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. — 2017. — №13(2). — С.248-255. [Nikiforov VS, Nishchenkova IV. Modern Possibilities of Speckle Tracking Echocardiography in Clinical Practice. Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2017; 13(2): 248-255. (In Russ).] doi: 10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255.
10. Сохибназарова В.Х., Саидова М.А., Терещенко С.Н. Применение новых эхокардиографических технологий неинвазивного изображения миокарда в двумерном и трехмерном режимах у больных хсн с сохранной и сниженной фракцией выброса левого желудочка // Евразийский кардиологический журнал. — 2017. — №2. — С.42-47. [Sohibnazarova VKh, Saidova MA, Tereshchenko SN. Application of new echocardiography technologies of non-doppler myocardial images in 2D and 3D modes in patients with chronic heart failure with preserved and reduced ejection fraction. Eurasian heart journal. 2017; 2: 42-47. (In Russ).]
11. Мухаметгареева А.В., Кашталп В.В., Молчанов А.Н. и др. Возможности использования ультразвуковой оценки деформации миокарда левого желудочка в кардиологии // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2020. — №3. — С.28-43. [Muhametgareeva AV, Kashtalap VV, Molchanov AN, et al. The possibility to use ultrasound estimation of left ventricle strain in cardiology. Ulyanovsk medical and biology journal. 2020; 3: 28-43. (In Russ).] doi: 10.34014/2227-1848-2020-3-28-43.
12. Гриценко О.В., Чумакова Г.А., Трубина Е.В. Возможности speckle tracking-эхокардиографии для диагностики дисфункции миокарда // CardioСоматика. — 2021. — №12(1). — С.5-10. [Gritsenko OV, Chumakova GA, Trubina EV. Features of speckle tracking echocardiography for diagnosis of myocardial dysfunction. Cardiosomatics. 2021; 12(1): 5-10. (In Russ).] doi: 10.26442/22217185.2021.1.200756.
13. Саидова М.А., Сохибназарова В.Х., Авалян А.А., и др. Сравнительная оценка применения технологий спекл-трекинг эхокардиографии в двумерном и трехмерном режимах у больных с хронической сердечной недостаточностью с сохранной и сниженной систолической функцией левого желудочка // Кардиологический вестник. — 2020. — №1. — С.64-71. [Saidova MA, Sokhibnazarova VH, Avalyan AA. 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. Vestnik of Cardiology 2020; 1: 64-71. (In Russ).] doi: 10.36396/MS.2020.16.1.009.
14. Бабкина Т.М., Смирнова А.С. Диагностические возможности эхокардиографии с использованием методики speckle tracking imaging при ишемической болезни сердца // Клини. мед. — 2018. — №96(9). — С.791-795. [Babkina TM, Smirnova AS. Diagnostic possibilities of echocardiography using the technique of speckle tracking imaging in ischemic heart disease. Klin. med. 2018; 96(9): 791-795. (In Russ).] doi: 10.18821/0023-2149-2018-96-9-791-795.
15. Moustafa S, Elrabat K, Swailem 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): 379-86.
16. Bakhoum SWG, Taha HS, Abdelmonem YY, Fahim MAS. Value of resting myocardial deformation assessment by two dimensional speckle tracking echocardiography to predict the presence, extent and localization of coronary artery affection in patients with suspected stable coronary artery disease. Egypt. Heart J. 2016; 68: 171-9.
17. Caspar T, Samet H, Ohana M, Germain P, Ghannudi S, 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: 91-4.
18. Неласов Н.Ю., Поморцев А.В., Арзуманян Э.А., и др. Выявление симптом-связанных коронарных артерий у больных ИБС с помощью трехмерной стресс-эхокардиографии с аденозинтрифосфатом // Инновационная медицина Кубани. — 2021. — №4(24). — С.26-32. [Nelasov NJ, Pomortsev AV, Arzumanyan EA, et al. Detection of symptom-related coronary arteries in patients with coronary artery disease using real-time three-dimensional stress echocardiography with adenosine triphosphate. Innovative Medicine of Kuban. 2021; (4): 26-32. (In Russ).] doi: 10.35401/2500-0268-2021-24-4-26-32.
19. Munk K, Andersen NH, Terkelsen CJ, Bibby BM, Johnsen SP, Bøtker HE, et al. Global left ventricular longitudinal systolic strain for early risk assessment in patients with acute myocardial infarction treated with primary percutaneous intervention. J. Am. Soc. Echocar-diogr. 2012; 25(6): 644-51.
20. Bergerot C, Mewton N, Lacote-Roiron C, Ernande L, Ovize M, Croisille P, et al. Influence of microvascular obstruction on regional myocardial deformation in the acute phase of myocardial infarction: a speckle-tracking echocardiography study J. Am. Soc. Echocar-diogr. 2014; 27(1): 93-100.
21. Павлюкова Е.Н., Егорова В.Ю. Анализ деформации миокарда в режиме Strain и Strain Rate при стресс-эхокардиографии с добутамином в зависимости от степени стеноза коронарных артерий // СМЖ. — 2008. — №4-2. — С.7-10. [Pavlyukova YeN, Yegorova VYu. Analysis of myocardial deformation in the strain and strain rate regimens during stress-echocardiography in dependence on coronary artery stenosis grade. Siberian J. of clinical and experimental medicine. 2008; 4(2): 7-10. (In Russ).]
22. Mondillo S, Galderisi M, Mele D, et al. Echocardiography Study Group Of The Italian Society Of Cardiology. Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. J Ultrasound Med. 2011; 30(1): 71-83.
23. Кошелева Н.А., Мельдина Ю.Н., Ребров А.П. Прогностическое значение спекл-трекинг эхокардиографии при остром инфаркте миокарда // Архив внутренней медицины. — 2016. — №5(31). — С.19-22 [Kosheleva NA, Meldina YuN, Rebrov AP. The spekl-treking predictive value of the echocardiography at the acute myocardial infarction. Archive of the internal medicine. 2016; 5(31): 19-22. (In Russ).] doi: 10.20514/2226-6704-2016-6-5-19-22.