

ВОЗМОЖНОСТИ СПЕКЛ-ТРЕКИНГ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В ВЫЯВЛЕНИИ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НАПОЛНЕНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

М.Н. Алёхин^{1,2}, С.Б. Муратова^{3*}

¹ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

³ ГК «Медси», Москва

POTENTIALS OF THE SPECKLE-TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY IN DETECTING THE ELEVATED LEFT VENTRICULAR FILLING PRESSURE

M.N. Alekhin^{1,2}, S.B. Muratova^{3*}

¹ Central Clinical Hospital with Outpatient Clinic of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

² Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

³ Group of companies "MEDSI", Moscow, Russia

*E-mail: smuratova115@gmail.com

Аннотация

Повышение давления наполнения левого желудочка (ЛЖ) является важным патофизиологическим звеном при развитии диастолической дисфункции, которое указывает на умеренную и выраженную диастолическую дисфункцию ЛЖ. Несмотря на широкое внедрение стандартных эхокардиографических алгоритмов, их диагностическая надежность остается ограниченной, особенно у пациентов с сохраненной систолической функцией ЛЖ. В последние годы значительное внимание уделяется методике спекл-трекинг эхокардиографии и анализу показателей деформации левого предсердия, отражающим функциональные последствия хронического повышения давления наполнения ЛЖ. В настоящем обзоре обобщены современные данные о роли деформации левого предсердия в неинвазивной оценке давления наполнения ЛЖ, а также рассмотрены возможности комбинированного применения этого метода с традиционными показателями диастолической функции ЛЖ.

Основные положения:

- Спекл-трекинг эхокардиография с количественной оценкой деформации левого предсердия предоставляет дополнительную информацию для выявления повышенного давления наполнения левого желудочка по сравнению с традиционными доплеровскими параметрами.
- Показатель деформации левого предсердия в фазу резервуара отражает хроническую перегрузку левого предсердия давлением и демонстрирует устойчивую связь с инвазивно измеренными показателями давления наполнения левого желудочка.
- Совместная интерпретация показателей деформации левого предсердия и отношения E/e' повышает надежность неинвазивной оценки диастолической функции, особенно у пациентов с сохраненной фракцией выброса.

Ключевые слова: спекл-трекинг, эхокардиография, левое предсердие, деформация, E/e' , давление наполнения левого желудочка, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса

Abstract

The elevated left ventricular filling pressure (LVFP) plays a central role in the pathophysiology of diastolic dysfunction which indicates moderate to severe left ventricular (LV) diastolic dysfunction. Although conventional echocardiographic criteria are widely applied in the clinical practice, their diagnostic value remains suboptimal, particularly in patients with preserved systolic function. Recently, a considerable attention has been paid to the speckle-tracking echocardiography technique and to the analysis of left atrium deformation which reflect functional consequences of chronic LV filling pressure elevation. This review summarizes contemporary evidences on the role of left atrial deformation in non-invasive LVFP assessment and discusses its complementary value when integrated with traditional echocardiographic parameters of LV diastolic function.

Key messages:

- The speckle-tracking echocardiography with quantitative assessment of left atrial strain provides additional information for identifying elevated left ventricular filling pressure, if to compare with conventional Doppler parameters.
- Left atrial reservoir strain reflects chronic atrial pressure overload and demonstrates consistent associations with invasively measured indices of the left ventricular filling pressure.
- Combined interpretation of left atrial strain and E/e' ratio improves the reliability of non-invasive diastolic function assessment, particularly in patients with preserved ejection fraction.

Keywords: speckle-tracking, echocardiography, left atrium, strain, E/e' , left ventricular filling pressure, heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF)

Ссылка для цитирования: Алёхин М.Н., Муратова С.Б. Возможности спекл-трекинг эхокардиографии в выявлении повышенного давления наполнения левого желудочка. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2026; 3: 104–109.

Введение

Оценка давления наполнения левого желудочка (ЛЖ) имеет важное значение для диагностики и клинического ведения пациентов с диастолической дисфункцией и хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса (ХСНсФВ) [1]. Инвазивные методы, включая прямое измерение конечно-диастолического давления левого желудочка (КДД ЛЖ) и давления заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), традиционно рассматриваются как эталонные [1]. Однако их использование в повседневной клинической практике ограничено из-за их инвазивного характера. В этой связи особое внимание уделяется неинвазивным эхокардиографическим алгоритмам оценки диастолической функции, рекомендованным экспертными сообществами. Вместе с тем диагностическая точность этих алгоритмов остается вариабельной, особенно у пациентов с сохраненной фракцией выброса, что затрудняет интерпретацию результатов в ряде клинических ситуаций [1].

Одним из перспективных направлений в неинвазивной оценке давления наполнения является количественный анализ функции левого предсердия (ЛП), поскольку его механика в значительной степени отражает длительное воздействие повышенного диастолического давления. В последние годы развитие технологии спекл-трекинг эхокардиографии позволило объективизировать деформационные характеристики миокарда ЛП и расширить представления о его роли в патофизиологии диастолической дисфункции ЛЖ [2]. Деформация левого предсердия в фазу резервуара (ДЛПр), может рассматриваться как потенциальный маркер хронической перегрузки давлением и ремоделирования предсердия [3, 4].

Интерес к анализу деформации ЛП подтверждается не только зарубежными исследованиями, но и отечественными работами последних лет [3, 5–7]. В российских клинических исследованиях показано, что показатели деформации ЛП изменяются у пациентов с артериальной гипертензией, ХСНсФВ и нарушениями ритма, а также могут дополнять традиционные эхокардиографические показатели при оценке структурно-функционального ремоделирования сердца [3, 5, 6]. Эти данные подчеркивают актуальность внедрения анализа деформации ЛП в клиническую практику и необходимость критической оценки его диагностической ценности.

Целью настоящего обзора является анализ современных данных о диагностической значимости спекл-трекинг эхокардиографии с оценкой деформации ЛП, прежде всего показателя деформации ЛП в фазу резервуара, в выявлении повышенного давления наполнения ЛЖ.

Настоящая работа выполнена в формате нарративного обзора литературы, посвященного оценке диагностической значимости деформации ЛП при повышенном давлении наполнения ЛЖ. Поиск публикаций проводился по заранее определенному алгоритму в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus и Google Scholar и охватывал период с 2015 по 2025 г. В качестве ключевых слов и их комбинаций использовались следующие термины: left atrial strain, left atrial reservoir strain, speckle-tracking echocardiography, left ventricular filling pressure, diastolic dysfunction, HFpEF, LVEDP, pulmonary capillary wedge pressure.

В первичный поиск было включено 180 публикаций, из которых после анализа названий и аннотаций отобрано 54 статьи для полнотекстового анализа. Критериями включения являлись: оригинальные клинические исследования или мета-анализы, использование спекл-трекинг эхокардиографии для оценки деформации ЛП и наличие инвазивной верификации

давления наполнения ЛЖ с использованием КДД ЛЖ (LVEDP), ДЗЛА (pulmonary capillary wedge pressure) или давления в ЛЖ перед систолой предсердия (LV pre-A pressure).

Исключались экспериментальные работы, исследования без инвазивного гемодинамического эталона, публикации с изолированной оценкой объемов ЛП, а также статьи, посвященные исключительно пациентам с фибрилляцией предсердий или выраженной клапанной патологией. В итоговый анализ включены 25 публикаций, соответствующих вышеприведенным критериям включения и исключения.

При отборе публикаций приоритет отдавался работам с одновременной или близкой по времени эхокардиографической и инвазивной оценками гемодинамики, а также исследованиям, в которых представлены показатели диагностической точности, включая чувствительность, специфичность и площадь под ROC-кривой (ROC). Дополнительно анализировались работы, в которых оценивалась интеграция параметров деформации ЛП в существующие диагностические алгоритмы оценки диастолической функции.

Патофизиологические основы взаимосвязи давления наполнения ЛЖ и функции левого предсердия

Функциональное состояние ЛП тесно связано с диастолическим наполнением ЛЖ, однако данная взаимосвязь носит сложный и многофакторный характер. В норме ЛП выполняет резервуарную, кондуктивную и насосную функции, обеспечивая адаптацию к колебаниям давления и объема в диастолу. При нарушении расслабления и снижении комплаентности ЛЖ возрастает диастолическое давление, что приводит к увеличению постнагрузки на ЛП и изменению его механических свойств [8]. Хроническое повышение давления наполнения ЛЖ сопровождается длительным механическим растяжением стенки ЛП, снижением его растяжимости и развитием структурного ремоделирования. Эти процессы наиболее рано отражаются на резервуарной функции предсердия, поскольку именно она зависит от способности ЛП аккумулировать объем крови в фазу систолы ЛЖ. Снижение резервуарной деформации рассматривается как функциональное проявление уменьшения комплаентности предсердия, предшествующее выраженной дилатации [8].

В этом контексте показатель ДЛПр привлекает особое внимание как количественный маркер функционального состояния ЛП. В исследованиях с инвазивной верификацией гемодинамики продемонстрировано, что значения ДЛПр статистически значимо ассоциируются с КДД ЛЖ и давлением в ЛЖ перед систолой предсердия, отражающим преднагрузку до активного сокращения предсердия [9, 10]. Эти данные подтверждают патофизиологическую обоснованность использования ДЛПр для косвенной оценки хронического повышения давления наполнения.

Следует, однако, учитывать, что деформация ЛП может модифицироваться под влиянием ряда факторов, не связанных напрямую с диастолической функцией ЛЖ, включая митральную регургитацию, нарушения ритма (в первую очередь, фибрилляцию предсердий), возрастные изменения и системную артериальную гипертензию [4, 5, 11, 12]. В связи с этим ДЛПр следует рассматривать не как изолированный показатель, а как компонент комплексной оценки диастолической функции и давления наполнения ЛЖ. В отличие от объемных показателей, показатели деформации отражают функциональные изменения предсердия на более ранних этапах ремоделирования.

Спекл-трекинг эхокардиография и показатели деформации ЛП

Спекл-трекинг эхокардиография представляет собой методику количественной оценки деформации миокарда на основе анализа двумерных эхокардиографических изображений, позволяющую проследить движение характерных ультразвуковых паттернов (спеклов) в пределах сердечного цикла. В отличие от доплеровских методик, данный подход в меньшей степени зависит от угла сканирования и обеспечивает возможность объективной оценки механических свойств миокарда ЛП [4, 13].

Для характеристики функции ЛП с использованием спекл-трекинг анализа выделяют три основных компонента деформации [8]:

1. Деформация левого предсердия в фазу резервуара (ДЛПР) (LA reservoir strain (LASr)) – отражает деформацию ЛП из-за его растяжения в фазу систолы ЛЖ и характеризует резервуарную функцию ЛП;
2. Деформация левого предсердия в фазу кондукта (протекания) (ДЛПК) (LA conduit strain) – отражает деформацию ЛП вследствие пассивного переноса крови из левого предсердия в левый желудочек в раннюю диастолу;
3. Деформация левого предсердия в фазу сокращения (ДЛПС) (LA contractile strain) – отражает деформацию ЛП вследствие его активного сокращения в позднюю диастолу.

Среди перечисленных показателей наибольшее клиническое значение в контексте оценки давления наполнения левого желудочка имеет ДЛПР. Это связано с тем, что резервуарная функция ЛП в наибольшей степени отражает его комплаентность и кумулятивное воздействие хронического повышения давления наполнения, тогда как показатели кондуктной и насосной функций в большей мере зависят от частоты сердечных сокращений и фазовой синхронизации [4, 13].

В большинстве клинических исследований анализ деформации левого предсердия выполняется в апикальных четырехкамерной и двухкамерной позициях с ручной или полуавтоматической трассировкой эндокардиального контура. Значения ДЛПР рассчитываются в момент максимального наполнения ЛП, что соответствует окончанию систолы ЛЖ и обеспечивает наилучшую воспроизводимость и сопоставимость результатов между различными исследованиями [4, 13].

Диагностическая значимость деформации ЛП при повышенном давлении наполнения ЛЖ

Данные клинических исследований с инвазивной верификацией гемодинамики свидетельствуют о том, что включение показателей деформации ЛП, прежде всего ДЛПР, повышает точность неинвазивной идентификации пациентов с повышенным давлением наполнения ЛЖ. Это имеет особое значение у пациентов с сохраненной фракцией выброса ЛЖ, у которых традиционные эхокардиографические алгоритмы нередко демонстрируют ограниченную диагностическую определенность [1, 11].

В исследовании KARUM показано, что добавление ДЛПР к алгоритму оценки диастолической функции ЛЖ (American Society of Echocardiography / European Association of Cardiovascular imaging (ASE/EACVI)) приводило к улучшению классификации пациентов по вероятности повышенного давления наполнения, что подтверждалось сопоставлением с инвазивными гемодинамическими данными [1]. В работе A. Lundberg и соавт. продемонстрирована выраженная корреляция ДЛПР с давлением заклинивания легочной артерии, при этом сила ассоциации превосходила соответствующие показатели для отношения скорости раннего диастолического трансмитрального кровотока

(E) к скорости раннего диастолического движения митрального кольца в режиме тканевого доплера (e') (E/e'), традиционно используемого в клинической практике [11].

Важно отметить, что диагностическая значимость ДЛПР в указанных исследованиях подтверждалась не только корреляционным анализом, но и результатами ROC-анализа. В работах с инвазивной верификацией гемодинамики значения площади под ROC-кривой (AUC) для ДЛПР варьировали в диапазоне 0.75–0.83, что соответствует умеренной/хорошей диагностической точности, при чувствительности до 80–88% и специфичности 60–75% в зависимости от исследуемой популяции и используемого инвазивного эталона [8, 11, 14, 15].

Сходные результаты получены и в других клинических исследованиях. У пациентов с синусовым ритмом, ишемической болезнью сердца и нормальной фракцией выброса ЛЖ значения ДЛПР демонстрировали статистически значимые связи с инвазивно измеренным КДД ЛЖ, а также сохраняли диагностическую информативность в подгруппах без выраженной дилатации предсердия [8, 15]. Эти наблюдения указывают на то, что ДЛПР отражает не только структурные изменения, но и функциональные последствия хронической перегрузки давлением.

В совокупности представленные данные позволяют рассматривать ДЛПР как чувствительный дополнительный показатель, повышающий диагностическую надежность неинвазивной оценки давления наполнения, особенно в клинических ситуациях, когда интерпретация традиционных доплеровских параметров затруднена.

Дополнительная роль деформации ЛП и E/e'

Отношение E/e' остается одним из наиболее широко используемых эхокардиографических показателей для неинвазивной оценки давления наполнения ЛЖ [12, 14]. Однако его диагностическая точность может снижаться при изменении геометрии митрального кольца, наличии регионарных нарушений сократимости, фиброза миокарда или несинхронности движения базальных сегментов ЛЖ [14]. В этих условиях интерпретация E/e' требует осторожности и часто нуждается в дополнительной информации.

Включение показателей деформации ЛП, прежде всего ДЛПР, позволяет учитывать функциональные последствия хронической перегрузки давлением и тем самым дополнять традиционные доплеровские показатели. Показано, что комбинация ДЛПР и E/e' обеспечивает более точную идентификацию пациентов с повышенным давлением наполнения ЛЖ по сравнению с использованием каждого из показателей по отдельности, особенно у больных с ишемической болезнью сердца и с ХСНсФВ [14].

Клиническая ценность такого комбинированного подхода подтверждена и в острых состояниях. В частности, у пациентов с синдромом такоцубо добавление ДЛПР к стандартной эхокардиографической оценке позволяло более адекватно отражать текущее гемодинамическое состояние и улучшало неинвазивную оценку давления наполнения ЛЖ [16].

Современные подходы к оценке давления наполнения ЛЖ все чаще ориентированы на интеграцию показателей деформации в многофакторные модели. В недавно предложенных алгоритмах и шкалах (включая интегральный эхокардиографический подход оценки давления наполнения левого желудочка на основе параметров функции левого предсердия, тканевого доплера и отношения E/e' (LATE, Left Atrial – Tissue Doppler – E/e') и новые эхокардиографические алгоритмы оценки давления наполнения ЛЖ) показатели деформации ЛП рассматриваются как элементы,

Таблица 1

Диагностическая значимость деформации левого предсердия в фазу резервуара для выявления повышенного давления наполнения левого желудочка

Авторы, год публикации статьи	Популяция	Количество пациентов	Инвазивный эталон	Показатель	Cut-off ДЛПр	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	AUC (95% ДИ)	Ключевой результат
Toufan M. et al., 2024 [9]	Подозрение на ДД, синусовый ритм, сниженная и нормальная ФВ	90	КДД ЛЖ ≥ 15 мм рт. ст.	ДЛПр	$< 18\%$	78	73	0.79	ДЛПр отражала повышение КДД ЛЖ и превосходила E/e'
Lin J. et al., 2020 [14]	Стабильная ИБС, ФВ $\geq 50\%$	60	КДД ЛЖ > 15 мм рт. ст.	ДЛПр	$< 24.7\%$	87.9	59.3	0.75 (0.62–0.85)	ДЛПр снижалась при росте КДД ЛЖ
				ДЛПр / E/e' МЖП	< 2.1	87.9	74.1	0.83 (0.71–0.92)	Комбинированный индекс имел наивысшую AUC
Lundberg A. et al., 2019 [11]	ХСН, сниженная и нормальная ФВ	80	КДД ЛЖ ≥ 15 мм рт. ст.	ДЛПр	18–23%	65–83	53–84	≈ 0.77	ДЛПр точнее отражала давление наполнения, чем E/e'
Venkateshvaran A. et al., 2022 [1]	Необъяснимая одышка, ФВ ЛЖ $\geq 50\%$	210	КДД ЛЖ ≥ 15 мм рт. ст.	ДЛПр	$< 21\%$	81	64	0.76 (0.68–0.84)	ДЛПр улучшала точность алгоритма ASE/EACVI
Kim M. et al., 2025 [15]	Синусовый ритм, ХСНсФВ-подозрение, ФВ ЛЖ $\geq 50\%$	365	LV pre-A ≥ 15 мм рт. ст.	ДЛПр	$< 24\%$	—	—	0.754 (0.641–0.820)	ДЛПр лучше отражала давление в ЛЖ перед систолой предсердия, чем КДД ЛЖ
			КДД ЛЖ ≥ 16 мм рт. ст.	ДЛПр	$< 24\%$	—	—	0.655 (0.592–0.719)	Более низкая диагностическая значимость

Примечание. ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ДЛПр – деформация левого предсердия в фазу резервуара; AUC (Area Under Curve) – площадь под кривой; ДД – диастолическое давление; КДД ЛЖ – конечное диастолическое давление левого желудочка; МЖП – межжелудочковая перегородка; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ХСНсФВ – хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса; ДИ – доверительный интервал; LV pre-A – давление в ЛЖ перед систолой предсердия.

повышающие диагностическую надежность классификации пациентов по вероятности повышенного давления наполнения, особенно при сохраненной фракции выброса [12, 17–19].

Концепция LATE-подхода (Left Atrial-Tissue Doppler- E/e') в ряде исследований рассматривается как альтернативный интегральный метод неинвазивной оценки давления наполнения ЛЖ [18]. Данный подход основан на сочетанном анализе деформации левого предсердия, прежде всего ДЛПр, скорости движения фиброзного кольца митрального клапана в режиме тканевого доплера (e') и отношения E/e' . Предполагается, что такая комбинация позволяет одновременно учитывать как хроническую перегрузку давлением, отражаемую функцией левого предсердия, так и текущие диастолические характеристики левого желудочка, отражаемые показателями e' и отношением E/e' . Авторы подчеркивают, что LATE-подход может быть особенно полезен в клинических ситуациях с неопределенной диастолической функцией по стандартным алгоритмам. Однако его применение пока ограничено исследовательским контекстом и требует дальнейшей валидации. Сравнительные характеристики диагностической точности ДЛПр, полученные в клинических исследованиях с инвазивной верификацией давления наполнения ЛЖ, представлены в табл. 1.

Представленные в таблице данные демонстрируют, что ДЛПр обладает воспроизводимой диагностической значимостью для выявления повышенного давления наполнения ЛЖ при использовании инвазивных гемодинамических эталонов. Во всех включенных исследованиях показана статистически значимая связь снижения ДЛПр с повышением инвазивно измеренных показателей давления наполнения (КДД ЛЖ, ДЗЛА и давления в ЛЖ перед систолой предсердия) [1, 9, 11, 14, 15].

Ранние исследования с инвазивной верификацией гемодинамики (M. Toufan и соавт.) указывали на диагностически значимое снижение LASr при пороговых значениях около 18%, тогда как более поздние работы, выполненные преимущественно у пациентов с сохраненной фракцией выброса и синусовым ритмом, смещают оптимальный cut-off в диапазон 23–25% [9, 14, 15]. Данные различия, вероятно, отражают неоднородность исследуемых популяций, а также использование различных инвазивных референсных показателей давления наполнения (КДДЛЖ, ДЗЛА и давления в ЛЖ перед систолой предсердия).

Важным является и то, что в ряде исследований комбинированные показатели, включающие ДЛПр и традиционные доплеровские показатели (например, ДЛПр/ E/e') демонстрировали более высокую диагностическую точность по сравнению с изолированным использованием стандартных эхокардиографических критериев [1, 11, 14]. В совокупности представленные данные подтверждают потенциал ДЛПр как клинически значимого неинвазивного маркера хронического повышения давления наполнения ЛЖ, особенно у пациентов с сохраненной фракцией выброса.

Возможные клинические ситуации

Диагностическая ценность показателей деформации ЛП продемонстрирована не только у пациентов с ХСНсФВ, но и в ряде других клинических ситуаций. В частности, снижение ДЛПр ассоциируется с нарушением диастолической функции у больных артериальной гипертензией, что отражает ранние этапы предсердного ремоделирования еще до формирования дилатации левого предсердия [3, 12]. Эти наблюдения согласуются с данными отечественных исследований, в которых показано, что изменения деформационных характеристик левого предсердия

могут выявляться на доклинических стадиях сердечной недостаточности и опережать традиционные эхокардиографические признаки ремоделирования [20, 21].

Аналогичные закономерности описаны в педиатрической практике, а также у реципиентов трансплантированного сердца, где показатели ДЛП коррелируют с инвазивно измеренными параметрами давления наполнения и могут использоваться в качестве маркера текущей гемодинамической нагрузки [17]. В этих популяциях анализ деформации приобретает особую значимость ввиду ограниченной информативности стандартных доплеровских критериев.

Отдельное направление исследований связано с разработкой интегральных эхокардиографических алгоритмов оценки давления наполнения ЛЖ. В одном из исследований предложен многопараметрический алгоритм, объединяющий традиционные показатели диастолической функции и показатели деформации, что позволило повысить точность классификации пациентов по вероятности повышенного давления наполнения ЛЖ, особенно при сохраненной фракции выброса [19]. Сходные концепции интегративного использования анализа деформации обсуждаются и в отечественной литературе, где подчеркивается роль спекл-трекинг эхокардиографии в выявлении субклинических нарушений функции миокарда [7, 22].

Параллельно рассматривается диагностическая роль показателей деформации не только ЛП, но и ЛЖ. Показано, что глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ (ГПСД ЛЖ) может быть связана с показателями давления наполнения ЛЖ, а ее инвазивная валидация подтверждает возможность использования ГПСД ЛЖ как дополнительного маркера давления наполнения ЛЖ в некоторых клинических ситуациях [23]. В то же время данные гемодинамических исследований показывают, что показатели деформации ЛП отражают не только хроническую перегрузку давлением, но и коррелируют с конкретными инвазивными показателями у пациентов с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями [24].

Важно отметить, что диагностическая применимость ДЛП выходит за рамки типичных популяций пациентов с ХСНсФВ и ишемической болезнью сердца. В частности, у пациентов с коарктацией аорты продемонстрирована возможность оценки давления наполнения ЛЖ с использованием ДЛП, что подчеркивает универсальность концепции «левое предсердие как интегральный биомаркер давления наполнения» даже при специфических вариантах гемодинамики и ремоделирования миокарда [25].

Несмотря на убедительные данные о диагностической ценности ДЛП, в литературе представлены и альтернативные точки зрения. В ряде исследований показано, что корреляция ДЛП с инвазивно измеренным КДД ЛЖ может быть умеренной, особенно у пациентов с выраженным ремоделированием миокарда, фибрилляцией предсердий или сопутствующей клапанной патологией. Отмечается также значительная вариабельность пороговых значений ДЛП, используемых для выявления повышенного давления наполнения, что связано с различиями исследуемых популяций, применяемого инвазивного эталона (КДД ЛЖ, ДЗЛА и давления в ЛЖ перед систолой предсердия), а также методологических аспектов измерения деформации.

Согласно исследованию A. Venkateshvaran и соавт. (2022), оценка ДЛП позволяет повысить диагностическую точность алгоритма ASE/EACVI (2016) при сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса, однако авторы подчеркивают зависимость результатов от качества эхокардиографической визуализации и корректности отслеживания эндокардиального контура предсердия. При неудовлетворительном акустическом окне, ожирении, эмфиземе легких, деформациях грудной клетки или выраженном тахипноэ точность отслеживания эндокардиального контура предсердия

существенно снижается, что может приводить к недостоверной оценке стрейна и вариабельности результатов [1].

Дополнительным ограничением спекл-трекинг эхокардиографии является влияние нарушений сердечного ритма. В исследовании Z. Ye и соавт. (2020), посвященном роли деформации левого предсердия в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса, отмечено, что наиболее надежные результаты были получены у пациентов с синусовым ритмом [2]. При фибрилляции предсердий вариабельность продолжительности сердечных циклов и отсутствие стабильной предсердной систолы затрудняют корректное измерение деформации предсердия и ограничивают диагностическую точность метода [4, 11].

Таким образом, несмотря на перспективность спекл-трекинг эхокардиографии как неинвазивного метода оценки повышенного давления наполнения ЛЖ, его диагностическая эффективность во многом определяется качеством визуализации, стабильностью сердечного ритма. Учет указанных факторов является необходимым условием для повышения достоверности и клинической значимости результатов исследования.

В связи с этим большинство авторов подчеркивает, что показатели деформации левого предсердия не должны рассматриваться как изолированный диагностический критерий, а их клиническая ценность максимальна при интеграции с традиционными эхокардиографическими показателями и многопараметрическими алгоритмами оценки диастолической функции ЛЖ.

Заключение

Спекл-трекинг эхокардиография с оценкой деформации ЛП, прежде всего ДЛП, представляет собой чувствительный неинвазивный инструмент выявления повышенного давления наполнения ЛЖ. Использование ДЛП в сочетании с традиционными эхокардиографическими показателями, включая E/e', позволяет повысить диагностическую надежность оценки диастолической функции, особенно у пациентов с сохраненной фракцией выброса. Современные данные позволяют рассматривать анализ деформации ЛП как перспективный элемент эволюции эхокардиографических алгоритмов оценки давления наполнения ЛЖ.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование.

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Литература

1. Venkateshvaran A. et al. Left atrial reservoir strain improves diagnostic accuracy of the 2016 ASE/EACVI diastolic algorithm in patients with preserved left ventricular ejection fraction: insights from the KARUM haemodynamic database // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. – 2022. – V. 23. – No. 9. – P. 1157–1168. DOI: 10.1093/ehjci/jeac036
2. Ye Z. et al. Left atrial strain in evaluation of heart failure with preserved ejection fraction // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 2020. – V. 33. – No. 12. – P. 1490–1499. DOI: 10.1016/j.echo.2020.07.020
3. Мазур Е.С. и др. Деформация левого предсердия в оценке сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у больных артериальной гипертензией // Российский кардиологический журнал. – 2022. – Т. 27. – № 8. – С. 5099. [Mazur E.S. et al. Left atrial strain in the assessing of heart failure with preserved ejection fraction in hypertensive patients // Rossiyskiy Kardiologicheskii Zhurnal (Russian Journal of Cardiology). – 2022. – V. 27. –

- № 8. – Art. 5099. In Russian]. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5099
4. Ma C.S. et al. The novel left atrial strain parameters in diagnosing heart failure with preserved ejection fraction // *Echocardiography*. – 2022. – V. 39. – No. 3. – P. 416–425. DOI: 10.1111/echo.15304
5. Орлова И.Ю. и др. Структурно-функциональное ремоделирование левого предсердия у пациентов с различными формами фибрилляции предсердий // Эффективная фармакотерапия. – 2024. – Т. 20. – № 9. – С. 6–10. [Orlova I.Yu. et al. Structural and functional remodeling of the left atrium in patients with various forms of atrial fibrillation // *Effektivnaya Farmakoterapiya* (Effective Pharmacotherapy). – 2024. – V. 20. – No. 9. – P. 6–10. In Russian]. DOI: 10.33978/2307-3586-2024-20-9-6-10
6. Юсупова А.В. и др. Оценка показателей глобальной продольной деформации левого предсердия в диагностике кардиотоксичности // *Digital Diagnostics*. – 2022. – Т. 3. – № 2. – С. 119–130. [Yusupova A.V. et al. Left atrial longitudinal strain analyses in diagnosis of cardiotoxicity // *Digital Diagnostics*. – 2022. – V. 3. – No. 2. – P. 119–130. In Russian]. DOI: 10.17816/DD108243
7. Пономаренко И.В. и др. Возможности speckle-tracking-эхокардиографии в диагностике субклинической дисфункции левого желудочка // *Кардиология: новости, мнения, обучение*. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 22–29. [Ponomarenko I.V. et al. Possibilities of speckle-tracking echocardiography in the diagnosis of subclinical left ventricular dysfunction // *Kardiologiya: Novosti, Mneniya, Obuchenie* (Cardiology: News, Opinions, Training). – 2023. – V. 11. – No. 2. – P. 22–29. In Russian]. DOI: 10.33029/2309-1908-2023-11-2-22-29
8. Fan J.L. et al. Correlation of left atrial strain with left ventricular end-diastolic pressure in patients with normal left ventricular ejection fraction // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. – 2020. – V. 36. – No. 9. – P. 1659–1666. DOI: 10.1007/s10554-020-01869-7
9. Toufan M. et al. Correlation of left atrial strain with invasively measured left ventricular end-diastolic pressure; determining LA strain cut-off value // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. – 2024. – V. 40. – No. 10. – P. 2069–2075. DOI: 10.1007/s10554-024-03199-4
10. Nishida G. et al. Left atrial strain as a predictor of left ventricular filling pressures in coronary artery disease with preserved ejection fraction: a comprehensive study with left ventricular end-diastolic and pre-atrial contraction pressures // *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. – 2023. – V. 39. – No. 11. – P. 2193–2204. DOI: 10.1007/s10554-023-02938-3
11. Lundberg A. et al. Left atrial strain improves estimation of filling pressures in heart failure: a simultaneous echocardiographic and invasive haemodynamic study // *Clin. Res. Cardiol.* – 2019. – V. 108. – No. 6. – P. 703–715. DOI: 10.1007/s00392-018-1399-8
12. Cai J. et al. Correlation between left atrial strain and left ventricular diastolic function in hypertensive patients // *Zhong Nan Da Xue Xue Bao. Yi Xue Ban.* – 2023. – V. 48. – No. 6. – P. 846–851. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2023.220301
13. Smiseth O.A. et al. Imaging-based method to quantify left ventricular diastolic pressures // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. – 2025. – V. 26. – No. 7. – P. 1184–1194. DOI: 10.1093/ehjci/jeaf017
14. Lin J. et al. Left atrial reservoir strain combined with E/E' as a better single measure to predict elevated LV filling pressures in patients with coronary artery disease // *Cardiovasc. Ultrasound*. – 2020. – V. 18. – No. 1. – Art. 11. DOI: 10.1186/s12947-020-00192-4
15. Kim M. et al. Left atrial reservoir strain as a predictor for left ventricular filling pressure in patients with sinus rhythm // *Sci. Rep.* – 2025. – V. 15. – No. 1. – Art. 36271. DOI: 10.1038/s41598-025-20190-8
16. Iannaccone G. et al. Left atrial strain analysis improves left ventricular filling pressures non-invasive estimation in the acute phase of Takotsubo syndrome // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. – 2023. – V. 24. – No. 6. – P. 699–707. DOI: 10.1093/ehjci/jead045
17. Loar R.W. et al. Left atrial strain correlates with elevated filling pressures in pediatric heart transplantation recipients // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2020. – V. 33. – No. 4. – P. 504–511.e1. DOI: 10.1016/j.echo.2019.11.004
18. Tomlinson S. et al. The LATE score: A novel framework for echocardiographic evaluation of left ventricular filling pressure // *Int. J. Cardiol.* – 2024. – V. 413. – Art. 132371. DOI: 10.1016/j.ijcard.2024.132371
19. Lababidi H. et al. New algorithm for estimating left ventricular filling pressure by echocardiography // *Circulation*. – 2025. – V. 152. – No. 7. – P. 424–435. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.125.074974
20. Сохибназарова В.Х. и др. Оценка деформации левого желудочка и левого предсердия, а также ротационных свойств ЛЖ у больных ХСН по данным эхокардиографической технологии недоплеровского изображения миокарда в двумерном и трехмерном режимах // *Евразийский кардиологический журнал*. – 2018. – № 2. – С. 4–9. [Sohibnazarova V.Kh. et al. Evaluation of deformation of the left ventricle and left atrium, and the rotational properties of the left ventricle in patients with CHF according to the echocardiographic technology of Non-Doppler imaging in two and three-dimensional regimens // *Eurasian Heart Journal*. – 2018. – No. 2. – P. 4–9. In Russian]
21. Shirokov N.E. et al. Diagnostic value of left atrial compliance in determining heart failure with preserved ejection fraction // *Russian Open Medical Journal*. – 2024. – V. 13. – Art. e0409. DOI: 10.15275/rusomj.2024.0409
22. Никифоров В.С. и др. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. – 2017. – Т. 13. – № 2. – С. 248–255. [Nikiforov V.S. et al. Modern possibilities of speckle tracking echocardiography in clinical practice // *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. – 2017. – V. 13. – No. 2. – P. 248–255. In Russian]. DOI: 10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255
23. Tan T.S. et al. Invasive validation of the left ventricular global longitudinal strain for estimating left ventricular filling pressure // *Echocardiography*. – 2021. – V. 38. – No. 7. – P. 1133–1140. DOI: 10.1111/echo.15127
24. Hewing B. et al. Left atrial strain predicts hemodynamic parameters in cardiovascular patients // *Echocardiography*. – 2017. – V. 34. – No. 8. – P. 1170–1178. DOI: 10.1111/echo.13595
25. Egbe A.C. et al. Estimation of left ventricular filling pressure using left atrial strain in coarctation of aorta // *J. Invasive Cardiol.* – 2022. – V. 34. – No. 12. – P. E858–E865. DOI: 10.25270/jic/22.00192