

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-2-23-33>

# Значение двухмерной спекл-трекинг-эхокардиографии левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий

Матвеева М.Г.\*, Алехин М.Н.

ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой”  
Управления делами Президента Российской Федерации;  
121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Российская Федерация

Данная статья представляет собой обзор литературы, посвященный анализу перспективных направлений использования показателей деформации левого предсердия, оцененных с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии для прогнозирования фибрилляции предсердий (ФП). Показатели деформации левого предсердия в различные фазы сердечного цикла являются независимыми предикторами ФП как у пациентов с сердечной недостаточностью, так и в общей популяции. Добавление показателей деформации левого предсердия к традиционным эхокардиографическим параметрам позволит эффективно выбирать пациентов с ФП как

для катетерной абляции, так и определять пациентов с высоким риском рецидива ФП после катетерной абляции.

**Ключевые слова:** спекл-трекинг-эхокардиография, деформация левого предсердия, фибрилляция предсердий, катетерная абляция

**Цитирование:** Матвеева М.Г., Алехин М.Н. Значение двухмерной спекл-трекинг-эхокардиографии левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2023; 2: 23–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-2-23-33>.

Фибрилляция предсердий (ФП) в настоящее время является наиболее часто встречаемой сердечной аритмией во всем мире и характеризуется быстрым неорганизованным возбуждением предсердий с последующей нерегулярной активностью желу-

дочков. Распространенность заболевания составляет от 2 до 4% в популяции и ожидается ее дальнейший рост, что обусловлено увеличением продолжительности жизни населения и активным поиском недиагностированной ФП [1]. ФП связана с развити-

Матвеева Марина Георгиевна – канд. мед. наук, врач отделения функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6056-835X>

Алехин Михаил Николаевич – доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии ФГБУ ДПО “Центральная государственная медицинская академия” Управления делами Президента Российской Федерации; заведующий отделением функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

**Контактная информация\*:** Матвеева Марина Георгиевна – e-mail: [mgmatveeva@yandex.ru](mailto:mgmatveeva@yandex.ru)

ем сердечной недостаточности, дисфункции левого желудочка (ЛЖ) и ухудшением качества жизни, а из-за развития кардиоэмболических осложнений она ассоциируется с повышенным риском инсульта и сердечно-сосудистой смерти [2, 3]. При этом примерно в 25% случаев причиной криптогенного ишемического инсульта является недиагностированная ФП [4]. Поэтому определение диагностических параметров для выявления пациентов с риском развития ФП с целью своевременного выбора тактики лечения имеет важное значение.

Причиной ФП являются дилатация и фиброз левого предсердия (ЛП) с последующей его дисфункцией и задержкой электромеханической проводимости, что приводит к структурному и функциональному ремоделированию ЛП [1, 5]. Дилатация ЛП является важным показателем прогнозирования ФП [6], а индекс максимального объема ЛП – единственный официальный предиктор нежелательных сердечно-сосудистых событий, включенный в клинические рекомендации [7]. Недавние исследования показывают, что дисфункция ЛП может предшествовать изменениям структуры ЛП [8]. Структурные изменения ЛП обычно связаны с хронической перегрузкой давлением, тогда как функциональные свойства ЛП обусловлены его сократительной способностью и условиями мгновенной нагрузки, которые зависят от податливости легочных вен и свойств ЛЖ [5]. Следовательно, оценка деформации ЛП, как показателя функционального состояния ЛП, может быть более чувствительным маркером ранних субклинических изменений в ЛП и способна играть важную роль в прогнозировании выявления ФП и ее рецидива [9].

**Цель этого обзора литературы** – анализ перспективных направлений использования показателей деформации ЛП для прогнозирования ФП.

**Показатели деформации ЛП при спекл-трекинг-эхокардиографии (СТЭхоКГ).** Анализ деформации ЛП проводится с помощью двухмерной СТЭхоКГ, которая представляет собой неинвазивную недоплеровскую ультразвуковую методику оценки функции миокарда, не зависящую от угла сканирования и поступательных движений сердца и обладает хорошей воспроизводимостью [10].

Изначально для оценки деформации ЛП использовалось программное обеспечение, разработанное для анализа деформации ЛЖ. Это программное обеспечение наиболее широко используется в клинической практике и исследовательских целях [11]. В последние годы появилось специализированное программное обеспечение Automated functional imaging (AFI) для оценки функции ЛП, которое позволяет воспользоваться автоматическим алгоритмом определять стенки ЛП, что уменьшает необходимость вмешательства со стороны врача и способствует лучшей воспроизводимости результатов [12].

Для оценки деформации ЛП используется апикальная четырехкамерная и/или двухкамерная позиция с достаточной частотой кадров (не менее 40 кадров в секунду). На первый взгляд, анализ деформации ЛП может показаться простым, однако на практике он сопряжен с определенными трудностями. Апикальная позиция должна быть выведена таким образом, чтобы ЛП визуализировалось полностью на протяжении всего сердечного цикла в максимально длинном сечении, избегая его укорочения, как это часто бывает при выведении стандартной апикальной позиции. ЛП располагается в дальнем поле ультразвукового окна, что влияет на качество изображения. Уменьшение ширины сектора ультразвукового изображения до размеров ЛП позволяет увеличить частоту кадров, плотность линий и латеральное разрешение, т.е. оптимизировать изображение. Далее следует определить зону интереса. Для этого необходимо провести трассировку эндокардиальной поверхности ЛП начиная с одной стороны митрального клапана, экстраполируя ее между устьями легочных вен и ушка ЛП, и заканчивая другой стороной митрального клапана. Стенка ЛП очень тонкая, а межпредсердная перегородка чрезвычайно подвижная, поэтому ее бывает сложно отследить. Зона интереса должна покрывать только миокард ЛП и не захватывать относительно неподвижный перикард. Движение концевых отделов зоны интереса (медиальная и латеральная части митрального клапана) должно следовать за движением митрального кольца. Рекомендованная толщина зоны интереса для ЛП составляет 3 мм. Затем результаты трассировки

следует визуально сравнить с движением стенки ЛП. В случае если зона интереса отклоняется от движения стенки ЛП, то необходимо выполнить корректировку или выбрать другой клип для анализа. За нулевое значение на графике деформации ЛП в настоящее время рекомендовано принимать зубец R электрокардиограммы [10, 12, 13].

Деформация ЛП оценивается как глобальная продольная деформация и графически представляется в виде кривой, состоящей из трех фаз (см. рисунок а): деформация ЛП в фазу резервуара, деформация ЛП в фазу кондуита (проведения) и деформация ЛП в фазу сокращения.

Деформация ЛП в фазу резервуара измеряется как разница величины деформации при открытии митрального клапана минус величина деформации в конце диастолы ЛЖ (имеет положительное значение). Деформация ЛП в фазу резервуара отражает состояние ЛП в период, когда митральный клапан закрыт, и этот показатель может быть чувствительным к изменениям податливости, сократимости и расслабления ЛП, что наблюдается при развитии фиброза ЛП [13, 14].

Деформация ЛП в фазу кондуита (проведения) измеряется как разница величины деформации в начале сокращения ЛП минус величина деформации при открытии митрального клапана (имеет отрицательное значение). В фазу кондуита ЛП работает как проводник, перенося кровь из легочных вен в ЛЖ, и на деформацию ЛП в фазу кондуита могут влиять изменения преднагрузки, расслабление и жесткость ЛЖ [13, 14].

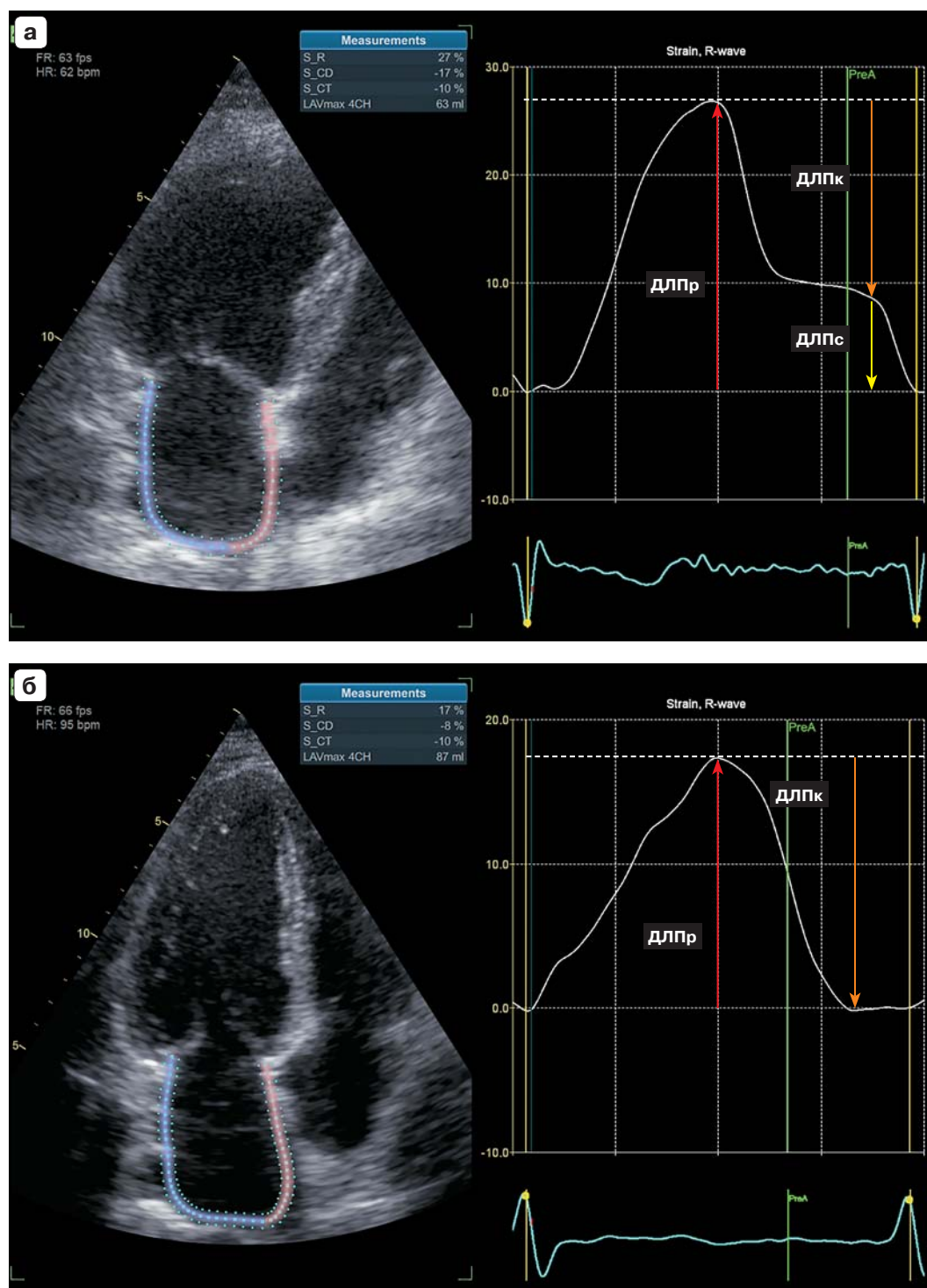
Деформация ЛП в фазу сокращения измеряется как разница между величиной деформации в момент начала сокращения ЛП и в конце диастолы ЛЖ (имеет отрицательное значение). В эту фазу ЛП работает как “насос”, увеличивая наполнение ЛЖ. Деформация ЛП в фазу сокращения является показателем внутренней сократимости ЛП [13, 14].

У пациентов с ФП кривая деформации ЛП имеет ряд особенностей. Деформация ЛП в фазу сокращения у пациентов с ФП отсутствует (см. рисунок б). В качестве нулевого базового показателя у пациентов с ФП используется зубец R электрокардиограммы. Деформация ЛП в фазу кондуита

имеет то же значение, что и деформация ЛП в фазу резервуара, но с отрицательным показателем [11].

“Золотым стандартом” в оценке степени фиброза миокарда ЛП является магнитно-резонансная томография (МРТ). По данным S.S. Kuppahally и соавт., у пациентов с персистирующей и постоянной формой ФП степень фиброза предсердий отрицательно коррелирует с деформацией и скоростью деформации ЛП по результатам МРТ с отсроченным контрастированием [15]. Однако сложность выполнения и ограниченная доступность не позволяют использовать этот метод в широкой клинической практике. Поэтому в последние годы появляется все больше работ, в которых для оценки степени фиброза используется СТЭхоКГ, как более доступный и легко воспроизводимый метод. Снижение деформации ЛП в фазу резервуара, оцененной методом СТЭхоКГ, хорошо коррелирует со степенью фиброза, измеренного с помощью МРТ, гистологических методов и при электроанатомическом картировании области низкого напряжения [16–18].

В проспективном когортном исследовании с большой выборкой (4466 человек), где оценивалась связь функции ЛП с возникновением ФП в общей популяции, показатели деформации ЛП постепенно снижались при наличии сердечно-сосудистых факторов риска. Причем показатели деформации ЛП в фазу резервуара и сокращения были достоверно связаны с развитием ФП [5]. Согласно результатам этой работы, деформация ЛП в фазу сокращения может быть более сильным прогностическим фактором возникновения ФП, чем деформация ЛП в фазу резервуара. И это объясняется следующими моментами. Во-первых, деформация ЛП в фазу сокращения оставалась значимо связанной с развитием ФП даже у пациентов с нормальным размером ЛП и нормальной систолической функцией ЛЖ. Во-вторых, снижение деформации ЛП в фазу сокращения на 1% было связано с повышением риска возникновения ФП на 8% в течение 5 лет наблюдения, в то время как снижение деформации ЛП в фазу резервуара ЛП на 1% было связано с повышением риска возникновения ФП только на 5%. В исследовании MESA низкие значения деформации ЛП в фазы резервуара



**Рисунок.** Спекл-трекинг-эхокардиография в оценке деформации левого предсердия. **а** – у пациента с синусовым ритмом: ДЛПр – деформация ЛП в фазу резервуара (красная стрелка), ДЛПк – деформация ЛП в фазу кондукта (оранжевая стрелка), ДЛПс – деформация ЛП в фазу сокращения (желтая стрелка); **б** – у пациента с фибрилляцией предсердий: ДЛПр – деформация ЛП в фазу резервуара (красная стрелка), ДЛПк – деформация ЛП в фазу кондукта (оранжевая стрелка).

**Figure.** Speckle-tracking echocardiography in the assessment of left atrium strain. **a** – in a patient with sinus rhythm: LASr – LA strain in the reservoir phase (red arrow), LAScd – LA strain in the conduit phase (orange arrow), LASct – LA strain in the contraction phase (yellow arrow); **б** – in a patient with atrial fibrillation: LASr – LA strain in the reservoir phase (red arrow), LAScd – LA strain in the conduit phase (orange arrow).



и сокращения также были связаны с высоким риском ФП и других предсердных аритмий (суправентрикулярная тахикардия, частые преждевременные сокращения предсердий) [19].

Сниженные значения показателей деформации ЛП ассоциированы с ФП не только в общей популяции, но и у пациентов с **сердечной недостаточностью (СН)**. В многоцентровом исследовании, включающем 2461 пациента с СН и синусовым ритмом, было показано, что деформация ЛП в фазу резервуара менее 18% может быть независимым предиктором впервые возникшей ФП в течение 5-летнего наблюдения (ОШ 1,60; 95% ДИ 1,18–2,17) [20]. В другом исследовании Е. Jasic-Szpak и соавт. также продемонстрировали высокую прогностическую ценность показателей деформации ЛП в фазы резервуара и сокращения в возникновении ФП у симптоматических пациентов с СН с сохранной фракцией выброса ЛЖ (СНсФВЛЖ). По мнению авторов, добавление показателей деформации ЛП в диагностический алгоритм (CHARGE-AF и CHA2DS2-VASc) может помочь выявить пациентов с СНсФВЛЖ с высоким риском развития ФП [21].

**Артериальная гипертензия (АГ) и сахарный диабет (СД)** считаются одними из наиболее распространенных факторов риска ФП [22]. А. Furukawa и соавт., используя трехмерную СТЭхоКГ, показали, что деформация ЛП в фазу резервуара была максимально снижена в группе пациентов с АГ и пароксизмальной ФП в анамнезе, а сочетание деформации ЛП в фазу резервуара с индексированным объемом ЛП является независимым предиктором возникновения пароксизмальной ФП [22]. У пациентов с СД также наблюдается значительное снижение деформации ЛП в фазу резервуара независимо от биомаркеров и ЭхоКГ-параметров по сравнению с контрольной группой (пациенты с СД без ФП). Таким образом, можно предположить, что сниженные показатели функции ЛП у пациентов с основными факторами сердечно-сосудистого риска могут быть связаны с возникновением ФП [23].

Пароксизмальная ФП рассматривается как частая причина тяжелого **инсульта** и одна из наиболее распространенных скрытых причин криптогенного инсульта [24]. Часто инсульту предшествуют транзитор-

ные ишемические атаки (ТИА) и в 15% случаев в основе ТИА лежит бессимптомная пароксизмальная ФП [25, 26]. М. Vle и соавт. продемонстрировали, что фракция выброса ЛП (ФВ ЛП) в сочетании со сниженной деформацией ЛП в фазы резервуара и сокращения при многофакторном анализе независимо связаны с пароксизмальной ФП у пациентов с криптогенным инсультом. Авторы определили оптимальные пороговые значения для прогнозирования ФП: ФВ ЛП < 55%, деформация ЛП в фазу резервуара < 21,4%, деформация ЛП в фазу сокращения < 12,9% [27]. В обширном когортном исследовании Н. Kamel и соавт. показали, что низкие значения показателя деформации ЛП в фазу резервуара ассоциировались с ишемическим инсультом даже после корректировки на сосудистые факторы риска, фракцию выброса ЛЖ, объем ЛП и клинически выраженную ФП [28]. J. Pagola и соавт. продемонстрировали мультимодальный подход к прогнозированию пароксизмальной ФП с высоким риском эмболии у пациентов с криптогенным инсультом независимо от размера ЛП и возраста пациентов. Так, комбинация деформации ЛП в фазу резервуара < 25% и N-концевого натрийуретического пептида про-b-типа (NT-proBNP) > 283 пг/мл независимо предсказывали возникновение пароксизмальной ФП с высоким риском эмболии [29].

Исследования пациентов с острым ишемическим инсультом без предварительного диагноза ФП показали, что снижение деформации ЛП в фазу резервуара менее 15,5% позволяло прогнозировать развитие повторного инсульта [30]. Также в этой группе пациентов низкие значения деформации ЛП обладали наибольшей прогностической ценностью для оценки рисков развития последующих ФП по сравнению с общепринятой шкалой CHA2DS2-VASc [31, 32].

У пациентов с ФП для оценки риска инсульта и принятия решения о необходимости антикоагулянтной терапии используется шкала CHA2DS2-VASc [25]. Деформация ЛП в фазу резервуара пропорционально уменьшается с увеличением балла CHA2DS2 и показывает высокую взаимосвязь со шкалой риска CHA2DS2, CHA2DS2-VASc в способности выявлять пациентов с высоким риском тромбообразования (оценка по шка-

ле CHADS2  $\geq 2$ ), обеспечивая дополнительную ценность в стратификации риска инсульта [33–35]. Т. Azemi и соавт. показали, что у пациентов с низким риском по шкале CHADS2 (2 балла) и ФП сниженные значения деформации ЛП в фазу резервуара являются чувствительным маркером повышенного риска развития инсульта или ТИА [36].

Лечение пациентов с ФП направлено на предотвращение или уменьшение тромбоэмболий, урежение частоты сердечных сокращений и контроль ритма. При неэффективности медикаментозной терапии у пациентов с симптоматической пароксизмальной или персистирующей ФП с целью контроля ритма и уменьшения рецидивов ФП рекомендована **катетерная абляция (КА)** [37]. КА зарекомендовала себя как эффективная процедура для восстановления синусового ритма и для улучшения симптомов, однако вероятность рецидива после процедуры все еще высока и составляет 25–30% [38]. С целью достижения успеха можно выполнять повторные абляции, но каждая последующая операция более обширна и имеет более высокий риск осложнений. Поэтому, принимая во внимание все особенности, обусловленные повторными вмешательствами, определение потенциальных предикторов рецидива ФП с целью лучшей стратификации рисков является актуальной задачей [38].

Рецидив ФП после КА является результатом взаимодействия многих факторов. С одной стороны, это клинические факторы риска (возраст, пол, артериальная гипертензия, ожирение, употребление алкоголя), с другой – структурное ремоделирование, в основе которого лежит дисфункция ЛП [39]. Все больше данных свидетельствует о том, что функциональная оценка ЛП превосходит размер ЛП в качестве предиктора рецидива ФП после КА [40, 41]. Деформация ЛП в фазу резервуара является независимыми предиктором не только фиброза ЛП, но и рецидива аритмий [42, 43]. У пациентов с рецидивом ФП деформация ЛП в фазу резервуара была значительно ниже по сравнению с теми, у кого сохранялся синусовый ритм после КА. В литературных источниках пороговые значения деформации ЛП значительно варьируют [43]. В ряде исследований у пациентов с па-

роксизмальной ФП пороговые значения деформации ЛП в фазу резервуара, равные 17 и 18,8%, независимо предсказывали рецидив ФП [11, 44, 45]. В метаанализе, включающем пациентов с пароксизмальной и персистирующей ФП, А.В. Nielsen и соавт. выяснили, что деформация ЛП в фазу резервуара с пороговым значением 12,8% связана с повышенным риском рецидива ФП после КА с чувствительностью 80% и специфичностью 87% [46]. В другом метаанализе, включающем 16 126 пациентов с различными формами ФП, показателями, предсказывающими рецидив ФП, были диаметр ЛП более 50 мм, объем ЛП более 150 мл и деформация ЛП в фазу резервуара  $< 19\%$  [47]. У пациентов с персистирующей формой ФП после КА значения деформации ЛП в фазу резервуара, связанные с рецидивом ФП, были еще ниже и составляли менее 10% [48].

У пациентов с пароксизмальной ФП после КА отмечается снижение показателей деформации ЛП не только в фазу резервуара, но также в фазу кондуита и сокращения. Интересные результаты были получены в работе Е. Pilichowska-Paszkiel и соавт. [49]. Деформация ЛП в фазы резервуара и кондуита является наиболее мощным показателем для прогнозирования исхода КА. Однако в ходе многофакторного регрессионного анализа у пациентов с пароксизмальной ФП лучшими параметрами для прогнозирования исхода КА в группе с нормальным размером ЛП оказались деформация ЛП в фазу кондуита (ОШ 1,93; 95% ДИ 1,28–2,92) и в меньшей степени деформация ЛП в фазу резервуара (ОШ 1,35; 95% ДИ 1,17–1,55) [49].

Деформация ЛП в фазу сокращения также является независимым предиктором ФП после КА [50]. Y. Li и соавт. подтвердили прогностическую ценность деформации ЛП в фазу сокращения у пациентов с пароксизмальной формой ФП. В группе пациентов с персистирующей формой ФП подобной зависимости обнаружено не было, что обусловлено снижением или почти полным исчезновением сократительной функции ЛП у этой группы пациентов. Кроме того, авторы показали, что деформация ЛП в фазу сокращения  $< 8\%$  независимо ассоциировалась с рецидивом ФП у пациентов, перенесших КА при последующем наблюдении [50].

В другом большом когортном исследовании на 678 пациентах A.B. Nielsen и соавт. продемонстрировали, что только деформация ЛП в фазу сокращения (при пороговом значении  $<11,1\%$ ) оставалась независимым предиктором рецидива аритмий даже у пациентов с нормальным размером ЛП. Это может указывать на то, что деформация ЛП в фазу сокращения может обнаруживать незначительные изменения миокарда, связанные с рецидивом после абляции, раньше, чем произойдет дилатация ЛП, и, следовательно, может обеспечить более высокую прогностическую ценность по сравнению с анатомическими параметрами, такими как размер ЛП [51].

Другая группа авторов оценивала деформацию ЛП в фазу сокращения через 1 нед и через 3 мес после КА у пациентов с пароксизмальной и персистирующей ФП. Основными результатами их работы было то, что нарушение сократительной функции ЛП в первый день после КА является независимым фактором риска рецидива аритмии при длительном наблюдении (24 мес), и что функция ЛП ухудшается сразу после абляции ФП и частично восстанавливается через 3 мес после процедуры. Снижение функции ЛП в первые дни после абляции является следствием либо прямой травмы, либо оглушения ЛП после КА. А связь измененных показателей деформации ЛП в фазы резервуара и сокращения исходно и через день после абляции с повышенным риском рецидива аритмии авторы объясняют тяжелой дисфункцией ЛП в исходном состоянии. Пороговое значение деформации ЛП в фазу сокращения для прогнозирования рецидива аритмии составило  $<12\%$  с чувствительностью 67,7% и специфичностью 60,5% [52].

Показатели деформации ЛП в различные фазы сердечного цикла показали хорошую прогностическую ценность для выявления пациентов с высоким риском рецидива ФП после КА. Поэтому добавление показателей деформации ЛП к клиническим и традиционным ЭхоКГ-параметрам позволит более эффективно выбирать пациентов с ФП на КА [52].

Информация о клиническом значении деформации ЛП у пациентов с ФП постоянно увеличивается. Показатели деформации ЛП являются значимыми независимыми

предикторами ФП не только у пациентов с СН, но и в общей популяции. Анализ деформации ЛП с использованием методики СТЭхоКГ позволяет выявить ранние нарушения функции ЛП еще до структурных изменений ЛП. Снижение деформации ЛП в фазу резервуара представляет собой самый сильный предиктор прогрессирования ФП от пароксизмальной до персистирующей или постоянной формы [53]. Деформация ЛП в фазу резервуара независимо ассоциируется с ишемическим инсультом и добавление этого показателя в шкалу риска инсульта у пациентов с низким и высоким баллом CHA2DS2-VASc позволяет повысить прогностическую ценность этой шкалы [28, 34, 36]. Сниженные показатели деформации ЛП являются независимыми предикторами рецидива аритмий после абляционной терапии [49, 52].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, оценка деформации ЛП с помощью СТЭхоКГ является перспективной методикой и может помочь выявить субклиническую дисфункцию ЛП, оценить риски возникновения ФП и осуществить отбор пациентов для инвазивного лечения ФП. Вопрос о пороговых значениях, которые могут быть использованы у пациентов с синусовым ритмом и с ФП, остается открытым и требует дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ REFERENCES

1. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., Arbelo E., Bax J.J., Blomström-Lundqvist C., Boriani G., Castella M., Dan G.A., Dilaveris P.E., Fauchier L., Filippatos G., Kalman J.M., La Meir M., Lane D.A., Lebeau J.P., Lettino M., Lip G.Y.H., Pinto F.J., Thomas G.N. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 373–498. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>
2. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K., Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J., Gillum R.F.,



- Kim Y.H., McAnulty J.H., Zheng Z.J., Forouzanfar M.H., Naghavi M., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C.J. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014; 129 (8): 837–847. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119>
3. Arnăutu S.F., Morariu V.I., Arnăutu D.A., Tomescu M.C., Dan T.F., Dragos Jianu C. Left Atrial Strain Helps Identifying the Cardioembolic Risk in Transient Ischemic Attacks Patients with Silent Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Ther. Clin. Risk Manag.* 2022; 18: 213–222. <http://doi.org/10.2147/TCRM.S359490>
4. Rasmussen S.M.A., Olsen F.J., Jørgensen P.G., Fritz-Hansen T., Jespersen T., Gislason G., Biering-Sørensen T. Utility of left atrial strain for predicting atrial fibrillation following ischemic stroke. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2019; 35 (9): 1605–1613. <http://doi.org/10.1007/s10554-019-01601-0>
5. Hauser R., Nielsen A.B., Skaarup K.G., Lassen M.C.H., Duus L.S., Johansen N.D., Sengeløv M., Marott J.L., Jensen G., Schnohr P., Søgaard P., Møgelvang R., Biering-Sørensen T. Left atrial strain predicts incident atrial fibrillation in the general population: the Copenhagen City Heart Study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 23 (1): 52–60. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeab202>
6. Olsen F.J., Johansen N.D., Skaarup K.G., Lassen M.C.H., Ravnkilde K., Schnohr P., Jensen G.B., Marott J.L., Søgaard P., Møgelvang R., Biering-Sørensen T. Changes in left atrial structure and function over a decade in the general population. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 23 (1): 124–136. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab173>
7. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afzal J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39.e14. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
8. Kojima T., Kawasaki M., Tanaka R., Ono K., Hirose T., Iwama M., Watanabe T., Noda T., Watanabe S., Takemura G., Minatoguchi S. Left atrial global and regional function in patients with paroxysmal atrial fibrillation has already been impaired before enlargement of left atrium: velocity vector imaging echocardiography study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2012; 13 (3): 227–234. <http://doi.org/10.1093/ejehoccard/jeab281>
9. Cameli M., Mandoli G.E., Loiacono F., Sparla S., Iardino E., Mondillo S. Left atrial strain: A useful index in atrial fibrillation. *Int. J. Cardiol.* 2016; 220: 208–213. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.197>
10. Alekhin M.N. Two-dimensional speckle tracking of echocardiography for evaluation of myocardium and heart chambers. M.: Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation, 2021: 48–56. (In Russian)
11. Motoc A., Luchian M.L., Scheirlynck E., Roosens B., Chameleva H., Gevers M., Galloo X., von Kemp B., Ramak R., Sieira J., de Asmundis C., Chierchia G.B., Magne J., Weytjens C., Droogmans S., Cosyns B. Incremental value of left atrial strain to predict atrial fibrillation recurrence after cryoballoon ablation. *PloS One*. 2021; 16 (11): e0259999. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0259999>
12. Voigt J.U., Mălăescu G.G., Haugaa K., Badano L. How to do LA strain. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2020; 21 (7): 715–717. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa091>
13. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D., Abraham T.P., Aurigemma G., Edvardsen T., D'Hooge J., Donal E., Fraser A.G., Marwick T., Mertens L., Popescu B.A., Sengupta P.P., Lancellotti P., Thomas J.D., Voigt J.U., Industry representatives, & Reviewers: This document was reviewed by members of the 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee (2018). Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018; 19 (6): 591–600. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeay042>
14. Molnár A.Á., Merkely B. The Added Value of Atrial Strain Assessment in Clinical Practice. *Diagnostics (Basel)*. 2022; 12 (4): 982. <http://doi.org/10.3390/diagnostics12040982>
15. Kuppahally S.S., Akoum N., Burgon N.S., Badger T.J., Kholmovski E.G., Vijayakumar S., Rao S.N., Blauer J., Fish E.N., Dibella E.V., Macleod R.S., McGann C., Litwin S.E., Marrouche N.F. Left atrial strain and strain rate in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation: relationship to left atrial structural remodeling detected by delayed-enhancement MRI. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2010; 3 (3): 231–239. <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.865683>
16. Cameli M., Lisi M., Righini F.M., Massoni A., Natali B.M., Focardi M., Tacchini D., Geyer A., Curci V., Di Tommaso C., Lisi G., Maccherini M., Chiavarelli M., Massetti M., Tanganelli P., Mondillo S. Usefulness of atrial deformation analysis to predict left atrial fibrosis and endocardial thickness in patients undergoing mitral valve operations for severe mitral regurgitation secondary to mitral valve prolapse. *Am. J. Cardiol.* 2013; 111 (4): 595–601. <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.10.049>



17. Lisi M., Mandoli G.E., Cameli M., Pastore M.C., Righini F.M., Benfari G., Rubboli A., D'Ascenzi F., Focardi M., Tsioulpas C., Bernazzali S., Maccherini M., Lisi E., Lindqvist P., Valente S., Mondillo S., Henein M.Y. Left atrial strain by speckle tracking predicts atrial fibrosis in patients undergoing heart transplantation. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2022; 23(6): 829–835. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeab106>
18. Marchandise S., Garnir Q., Scavée C., Varnavas V., le Polain de Waroux J.B., Wauters A., Beauloye C., Roelants V., Gerber B.L. Prediction of Left Atrial Fibrosis and Success of Catheter Ablation by Speckle Tracking Echocardiography in Patients Imaged in Persistent Atrial Fibrillation. *Front. Cardiovasc. Med*. 2022; 9: 856796. <http://doi.org/10.3389/fcvm.2022.856796>
19. Huber M.P., Pandit J.A., Jensen P.N., Wiggins K.L., Patel R.B., Freed B.H., Bertoni A.G., Shah S.J., Heckbert S.R., Floyd J.S. Left Atrial Strain and the Risk of Atrial Arrhythmias From Extended Ambulatory Cardiac Monitoring: MESA. *J. Am. Heart Assoc*. 2022; 11 (21): e026875. <http://doi.org/10.1161/JAHA.122.026875>
20. Park J.J., Park J.H., Hwang I.C., Park J.B., Cho G.Y., Marwick T.H. Left Atrial Strain as a Predictor of New-Onset Atrial Fibrillation in Patients With Heart Failure. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2020; 13 (10): 2071–2081. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.04.031>
21. Jasic-Szpak E., Marwick T. H., Donal E., Przewlocka-Kosmala M., Huynh Q., Gozdzik A., Woznicka A.K., Jankowska E.A., Ponikowski P., Kosmala W. Prediction of AF in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Incremental Value of Left Atrial Strain. *JACC. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 14 (1): 131–144. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.07.040>
22. Furukawa A., Ishii K., Hyodo E., Shibamoto M., Komasa A., Nagai T., Tada E., Seino Y., Yoshikawa J. Three-Dimensional Speckle Tracking Imaging for Assessing Left Atrial Function in Hypertensive Patients With Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Int. Heart J*. 2016; 57 (6): 705–711. <http://doi.org/10.1536/ihj.16-121>
23. Nakanishi K., Daimon M., Fujiu K., Iwama K., Yoshida Y., Hirose K., Mukai Y., Yamamoto Y., Nakao T., Oshima T., Matsubara T., Shimizu Y., Oguri G., Kojima T., Hasumi E., Morita H., Komuro I. Prevalence of glucose metabolism disorders and its association with left atrial remodeling before and after catheter ablation in patients with atrial fibrillation. *Europace*. 2023; 25 (5): euad119. Advance online publication. <http://doi.org/10.1093/europace/euad119>
24. Steger C., Pratter A., Martinek-Bregel M., Avanzini M., Valentin A., Slany J., Stöllberger C. Stroke patients with atrial fibrillation have a worse prognosis than patients without: data from the Austrian Stroke registry. *Eur. Heart J*. 2004; 25 (19): 1734–1740. <http://doi.org/10.1016/j.ehj.2004.06.030>
25. Sanna T., Diener H.C., Passman R.S., Di Lazzaro V., Bernstein R.A., Morillo C.A., Rymer M.M., Thijs V., Rogers T., Beckers F., Lindborg K., Brachmann J., CRYSTAL AF Investigators. Cryptogenic stroke and underlying atrial fibrillation. *New Engl. J. Med*. 2014; 370 (26): 2478–2486. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1313600>
26. Gladstone D.J., Spring M., Dorian P., Panzov V., Thorpe K.E., Hall J., Vaid H., O'Donnell M., Laupacis A., Côté R., Sharma M., Blakely J.A., Shuaib A., Hachinski V., Coutts S.B., Sahlas D.J., Teal P., Yip S., Spence J.D., Buck B., EMBRACE Investigators and Coordinators. Atrial fibrillation in patients with cryptogenic stroke. *New Engl. J. Med*. 2014; 370 (26): 2467–2477. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1311376>
27. Ble M., Benito B., Cuadrado-Godia E., Pérez-Fernández S., Gómez M., Mas-Stachurska A., Tizón-Marcos H., Molina L., Martí-Almor J., Cladellas M. Left Atrium Assessment by Speckle Tracking Echocardiography in Cryptogenic Stroke: Seeking Silent Atrial Fibrillation. *J. Clin. Med*. 2021; 10 (16): 3501. <http://doi.org/10.3390/jcm10163501>
28. Kamel H., Bartz T.M., Longstreth W.T., Jr Elkind M.S.V., Gottdiener J., Kizer J.R., Gardin J.M., Kim J., Shah S. Cardiac mechanics and incident ischemic stroke: the Cardiovascular Health Study. *Sci. Rep*. 2021; 11 (1): 17358. <http://doi.org/10.1038/s41598-021-96702-z>
29. Pagola J., Juega J., Francisco-Pascual J., Bustamante A., Penalba A., Pala E., Rodriguez M., De Lera-Alfonso M., Arenillas J.F., Cabezas J.A., Moniche F., de Torres R., Montaner J., González-Alujas T., Alvarez-Sabin J., Molina C.A., Crypto-AF study group. Predicting Atrial Fibrillation with High Risk of Embolization with Atrial Strain and NT-proBNP. *Translat. Stroke Res*. 2021; 12 (5): 735–741. <http://doi.org/10.1007/s12975-020-00873-2>
30. Sonagliani A., Vincenti A., Baravelli M., Rigamonti E., Tagliabue E., Bassi P., Nicolosi G.L., Anzà C., Lombardo M. Prognostic value of global left atrial peak strain in patients with acute ischemic stroke and no evidence of atrial fibrillation. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2019; 35 (4): 603–613. <http://doi.org/10.1007/s10554-018-1485-z>
31. Kim D., Shim C.Y., Cho I J., Kim Y.D., Nam H.S., Chang H.J., Hong G.R., Ha J.W., Heo J.H., Chung N. Incremental Value of Left Atrial Global Longitudinal Strain for Prediction of Post Stroke Atrial Fibrillation in Patients with Acute Ischemic Stroke. *J. Cardiovasc. Ultrasound*. 2016; 24 (1): 20–27. <http://doi.org/10.4250/jcu.2016.24.1.20>
32. Fauchier L., Clementy N., Pelade C., Collignon C., Nicolle E., Lip G.Y. Patients With Ischemic Stroke and Incident Atrial Fibrillation: A Nationwide Cohort Study. *Stroke*. 2015; 46 (9): 2432–2437. <http://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.010270>
33. Obokata M., Negishi K., Kurosawa K., Tateno R., Tange S., Arai M., Amano M., Kurabayashi M. Left atrial strain provides incremental value for embo-

- lism risk stratification over CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score and indicates prognostic impact in patients with atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2014; 27 (7): 709–716.e4. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2014.03.010>
34. Saha S.K., Anderson P.L., Caracciolo G., Kiotsekoglou A., Wilansky S., Govind S., Mori N., Sengupta P.P. Global left atrial strain correlates with CHADS<sub>2</sub> risk score in patients with atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011; 24 (5): 506–512. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2011.02.012>
35. Islas F., Olmos C., Vieira C., De Agustin J.A., Marcos-Alberca P., Saltijeral A., Almería C., Rodrigo J.L., García Fernández M.A., Macaya C., Pérez de Isla L. Thromboembolic risk in atrial fibrillation: association between left atrium mechanics and risk scores. A study based on 3D wall-motion tracking technology. *Echocardiography.* 2015; 32 (4): 644–653. <http://doi.org/10.1111/echo.12711>
36. Azemi T., Rabdiya V.M., Ayirala S.R., McCullough L.D., Silverman D.I. Left atrial strain is reduced in patients with atrial fibrillation, stroke or TIA, and low risk CHADS<sub>2</sub> scores. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012; 25 (12): 1327–1332. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2012.09.004>
37. Kirchhof P., Benussi S., Kotecha D., Ahlsson A., Atar D., Casadei B., Castella M., Diener H.C., Heidbuchel H., Hendriks J., Hindricks G., Manolis A.S., Oldgren J., Popescu B.A., Schotten U., Van Putte B., Vardas P. ESC Scientific Document Group. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (38): 2893–2962. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw210>
38. Yamaguchi T., Marrouche N.F. Recurrence Post-Atrial Fibrillation Ablation: Think Outside the Pulmonary Veins. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2018; 11 (4): e006379. <http://doi.org/10.1161/CIRCEP.118.006379>
39. Mujović N., Marinković M., Mihajlović M., Mujović N., Potpara T.S. Risk factor modification for the primary and secondary prevention of atrial fibrillation. Part 2. *Kardiol. Pol.* 2020; 78 (3): 192–202. <http://doi.org/10.33963/KP.15240>
40. Saraiva R.M., Demirkol S., Buakhamsri A., Greenberg N., Popović Z.B., Thomas J.D., Klein A.L. Left atrial strain measured by two-dimensional speckle tracking represents a new tool to evaluate left atrial function. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23 (2): 172–180. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2009.11.003>
41. Mirza M., Caracciolo G., Khan U., Mori N., Saha S.K., Srivathsan K., Altemose G., Scott L., Sengupta P., Jahangir A. Left atrial reservoir function predicts atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: a two-dimensional speckle strain study. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2011; 31 (3): 197–206. <http://doi.org/10.1007/s10840-011-9560-6>
42. Lee D.K., Shim J., Choi J.I., Kim Y.H., Oh Y.W., Hwang S.H. Left Atrial Fibrosis Assessed with Cardiac MRI in Patients with Paroxysmal and Those with Persistent Atrial Fibrillation. *Radiology.* 2019; 292 (3): 575–582. <http://doi.org/10.1148/radiol.2019182629>
43. Yasuda R., Murata M., Roberts R., Tokuda H., Minakata Y., Suzuki K., Tsuruta H., Kimura T., Nishiyama N., Fukumoto K., Aizawa Y., Tanimoto K., Takatsuki S., Abe T., Fukuda K. Left atrial strain is a powerful predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: study of a heterogeneous population with sinus rhythm or atrial fibrillation. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 16 (9): 1008–1014. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jev028>
44. Morris D.A., Parwani A., Huemer M., Wutzler A., Bekfani T., Attanasio P., Friedrich K., Kühnle Y., Haverkamp W., Boldt L.H. Clinical significance of the assessment of the systolic and diastolic myocardial function of the left atrium in patients with paroxysmal atrial fibrillation and low CHADS<sub>2</sub> index treated with catheter ablation therapy. *Am. J. Cardiol.* 2013; 111 (7): 1002–1011. <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.12.021>
45. Koca H., Demirtas A.O., Kaypaklı O., Icen Y.K., Sahin D.Y., Koca F., Koseoglu Z., Baykan A.O., Guler E.C., Demirtas D., Koc M. Decreased left atrial global longitudinal strain predicts the risk of atrial fibrillation recurrence after cryoablation in paroxysmal atrial fibrillation. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2020; 58 (1): 51–59. <http://doi.org/10.1007/s10840-019-00573-4>
46. Nielsen A.B., Skaarup K.G., Lassen M.C.H., Djernæs K., Hansen M.L., Svendsen J.H., Johannesssen A., Hansen J., Sørensen S.K., Gislason G., Biering-Sørensen T. Usefulness of left atrial speckle tracking echocardiography in predicting recurrence of atrial fibrillation after radiofrequency ablation: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 36 (7): 1293–1309. <http://doi.org/10.1007/s10554-020-01828-2>
47. Bajraktari G., Bytyçi I., Henein M.Y. Left atrial structure and function predictors of recurrent fibrillation after catheter ablation: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Physiol. Functional Imaging.* 2020; 40 (1): 1–13. <http://doi.org/10.1111/cpf.12595>
48. Parwani A.S., Morris D.A., Blaschke F., Huemer M., Pieske B., Haverkamp W., Boldt L.H. Left atrial strain predicts recurrence of atrial arrhythmias after catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Open Heart.* 2017; 28; 4 (1): e000572. <http://doi.org/10.1136/openhrt-2016-000572>
49. Pilichowska-Paszkiel E., Baran J., Kułakowski P., Zaborska B. Echocardiographic assessment of left atrial function for prediction of efficacy of catheter ablation for atrial fibrillation. *Medicine.* 2021; 100 (38): e27278. <http://doi.org/10.1097/MD.0000000000002728>

50. Li Y., Li Y., Sun L., Ye X., Cai Q., Zhu W., Guo D., Ding X., Wang J., Lv X. Left atrial strain for predicting recurrence in patients with non-valvular atrial fibrillation after catheter ablation: a single-center two-dimensional speckle tracking retrospective study. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2022; 22 (1): 468. <http://doi.org/10.1186/s12872-022-02916-y>
51. Nielsen A.B., Skaarup K.G., Djernæs K., Hauser R., San José Estépar R., Sørensen S.K., Ruwald M.H., Hansen M.L., Worck R.H., Johannessen A., Hansen J., Biering-Sørensen T. Left atrial contractile strain predicts recurrence of atrial tachyarrhythmia after catheter ablation. *Int. J. Cardiol.* 2022; 358: 51–57. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.04.056>
52. Wen S., Indrabhinduwat M., Brady P.A., Pislaru C., Miller F A., Ammash N.M., Nkomo V.T., Padang R., Pislaru S.V., Lin G. Post Procedural Peak Left Atrial Contraction Strain Predicts Recurrence of Arrhythmia after Catheter Ablation of Atrial Fibrillation. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2021; 19 (1): 22. <http://doi.org/10.1186/s12947-021-00250-5>
53. Yoon Y.E., Oh I.Y., Kim S.A., Park K.H., Kim S.H., Park J.H., Kim J.E., Lee S.P., Kim H.K., Kim Y.J., Sohn D.W., Cho G.Y. Echocardiographic Predictors of Progression to Persistent or Permanent Atrial Fibrillation in Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation (E6P Study). *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (6): 709–717. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2015.01.017>

## ***The significance of two-dimensional speckle-tracking echocardiography of the left atrium in patients with atrial fibrillation***

Matveeva M.G.\*, Alekhin M.N.

*Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation;  
15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation*

*Marina G. Matveeva – Cand. of Sci. (Med.), doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6056-835X>*

*Mikhail N. Alekhin – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Division of Therapy, Cardiology, Functional Diagnostics, and Nephrology, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation; Head of Functional Diagnostics Department, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>*

**Correspondence\*** to Dr. Marina G. Matveeva – e-mail: [mgmatveeva@yandex.ru](mailto:mgmatveeva@yandex.ru)

*This article is a review of the literature devoted to the analysis of promising directions for the use of left atrial strain evaluated using speckle-tracking echocardiography to predict atrial fibrillation (AF). Left atrial strain parameters in various phases of the cardiac cycle are independent predictors of AF both in patients with heart failure and in the general population. The addition of left atrial strain parameters to the traditional echocardiographic parameters will make it possible to effectively select patients with AF both for catheter ablation and to identify patients with a high risk of AF recurrence after catheter ablation.*

**Keywords:** speckle-tracking echocardiography, left atrial strain, atrial fibrillation, catheter ablation

**Citation:** Matveeva M.G., Alekhin M.N. The significance of two-dimensional speckle-tracking echocardiography of the left atrium in patients with atrial fibrillation. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2023; 2: 23–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-2-23-33> (In Russian)