

Сердце и сосуды | Heart and vessels

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1360>

Современные методы эхокардиографической оценки функционального состояния левого предсердия при фибрилляции предсердий

© Кадырова М.¹, Ялова Е.В.¹, Шебзухова Ф.С.¹, Боташева А.А.¹,
Стребкова Е.Д.^{1,2*}, Кармазановский Г.Г.^{1,3}, Ревешвили А.Ш.^{1,2}

¹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенной сердечной аритмией, сопровождающейся значительной заболеваемостью и смертностью среди всего населения. При ФП именно левое предсердие (ЛП) рассматривается как критический показатель развития неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. Дилатация ЛП с последующим электрофизиологическим ремоделированием частое наблюдение у пациентов с ФП.

Таким образом, особый интерес представляет эхокардиография (ЭхоКГ), в частности использование двухмерной и трехмерной “спекл-трекинг”-ЭхоКГ (Speckle tracking echocardiography) для изучения морфо-функционального состояния ЛП у постели больного.

В настоящее время в отечественной литературе представлено несколько крупных лекционных обзоров по эхокардиографической оценке функции ЛП, но не изучена роль отдельных методов лучевой визуализации и их корреляции друг с другом, существует только пара зарубежных метаанализов по оценке и анализу функционального состояния ЛП у пациентов с ФП. Данная проблема актуальна, так как установление предикторов ФП на ранней стадии, в частности при ее скрытом течении, дает возможность предотвратить развитие ряда осложнений, ассоциированных с аритмией, – от ишемических инсультов до внезапной сердечной смерти.

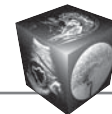
Цель данного литературного обзора: представить данные последних исследований по оценке структуры и функции ЛП с использованием “спекл-трекинг” ЭхоКГ для выявления пациентов с бессимптомным течением ФП или высоким риском ее рецидива после процедур абляции.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, левое предсердие, спекл-трекинг-эхокардиография

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Кадырова М., Ялова Е.В., Шебзухова Ф.С., Боташева А.А., Стребкова Е.Д., Кармазановский Г.Г., Ревешвили А.Ш. Современные методы эхокардиографической оценки функционального состояния левого предсердия при фибрилляции предсердий. *Медицинская визуализация*. 2023; 27 (3): 24–40. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1360>

Поступила в редакцию: 15.05.2023. **Принята к печати:** 22.07.2023. **Опубликована online:** 8.08.2023.



Modern methods of echocardiographic assessment of the functional status of the left atrium in atrial fibrillation

© Madina Kadirova¹, Evgenia V. Yalova¹, Fatima S. Shebzuhova¹, Aida A. Botasheva¹, Elizaveta D. Strebkova^{1, 2*}, Grigory G. Karmazanovsky^{1, 3}, Amiran Sh. Revishvili^{1, 2}

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation; 27, Bolshaya Serpukhovskaya str., Moscow 117997, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1, bld. 1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

³ Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; house 1, Ostrivyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

Atrial fibrillation (AF) is the most common cardiac arrhythmia, accompanied by significant morbidity and mortality among the entire population. In AF, it is the left atrium (LA) that is considered as a critical indicator of the development of adverse cardiovascular events. LA dilation followed by electrophysiological remodeling is a frequent observation in patients with AF.

Thus, echocardiography (EchoCG) is of particular interest, in particular, the use of two-dimensional and three-dimensional Speckle tracking echocardiography (STE) to study the morphofunctional state of LA at the patient's bedside.

Currently, several major lecture reviews on echocardiographic assessment of LA function are presented in the domestic literature, but individual methods of radiation imaging and their correlation with each other have not been studied, there are only a couple of foreign meta-analyses on the assessment and analysis of the functional state of LA in patients with AF. This problem is relevant, since the establishment of predictors of AF at an early stage, in particular with its latent course, makes it possible to prevent the development of a number of complications associated with arrhythmia from ischemic strokes to sudden cardiac death.

The purpose of this literature review is to present the data of recent studies on the assessment of the structure and function of LA using STE to identify patients with asymptomatic AF or a high risk of its recurrence after ablation procedures.

Keywords: atrial fibrillation, left atrium, speckle tracking echocardiography

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Kadirova M., Yalova E.V., Shebzuhova F.S., Botasheva A.A., Strebkova E.D., Karmazanovsky G.G., Revishvili A.Sh. Modern methods of echocardiographic assessment of the functional status of the left atrium in atrial fibrillation. *Medical Visualization*. 2023; 27 (3): 24–40. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1360>

Received: 15.05.2023.

Accepted for publication: 22.07.2023.

Published online: 8.08.2023.

Введение

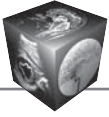
Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенной сердечной аритмией [1, 2], распространенность которой в течение последующего десятилетия может увеличиться вдвое, вследствие стремительного демографического старения населения [3, 4].

Представленная аритмия ассоциирована с высоким риском развития инсультов, сердечной недостаточности, внезапной сердечной смерти, что оказывает значительное влияние на общую заболеваемость и смертность населения страны [2].

Левое предсердие (ЛП) при ФП рассматривается как критический показатель развития неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [5–7].

Дилатация ЛП с последующим электрофизиологическим ремоделированием частое наблюдение у пациентов с ФП. Эти изменения отражают невозможность своевременной адаптации ЛП к быстрым неритмичным сокращениям при ФП, что приводит к необратимому ремоделированию ЛП с исходом в аритмогенную кардиомиопатию. Таким образом, поиск оптимальных методов диагностики и высокоэффективных методов лечения является ведущей проблемой современной аритмологии и лучевой диагностики [8–12].

В настоящее время в ряде работ продемонстрирована необходимость точной оценки и диагностики морфофункционального состояния ЛП [6, 9, 11].



Мультимодальный подход в визуализации ЛП, включающий: эхокардиографию (ЭхоКГ), компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) сердца, позволяет разнопланово оценить линейные, объемные и функциональные показатели, отражающие степень ремоделирования ЛП в различные стадии болезни [5, 11, 12, 13].

Особый интерес представляет ЭхоКГ, в частности использование двумерной (2D) и трехмерной (3D) “спекл-трекинг” (speckle tracking)-ЭхоКГ для изучения морфофункционального состояния ЛП у постели больного [13]. Глобальная продольная деформация и скорость деформации миокарда ЛП позволяют оценить функциональное состояние ЛП при различных патологиях: пороки митрального клапана, предсердные тахикардии, гипертоническая болезнь, сердечная недостаточность и кардиомиопатии.

В отечественной и зарубежной литературе представлено лишь несколько систематических обзоров и метаанализов по ЭхоКГ-оценке функционального состояния ЛП с применением “спекл-трекинг”-технологии [13–15].

Цель данного литературного обзора: представить данные последних исследований по оценке структуры и функции ЛП с использованием “спекл-трекинг”-ЭхоКГ для выявления пациентов с бессимптомным течением ФП или высоким риском ее рецидива после процедур абляции.

Трансторакальная “спекл-трекинг”-эхокардиография Двухмерная “спекл-трекинг”-эхокардиография

“Спекл-трекинг”-ЭхоКГ хорошо зарекомендовала себя для оценки функционального состояния левого желудочка (ЛЖ). Совершенно недавно данный метод стал рассматриваться для изучения регионарной и глобальной функции ЛП [16]. В некоторых исследованиях оценка деформации и скорости деформации ЛП с помощью 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ рассматривается как “золотой стандарт” оценки функционального состояния ЛП [17].

Оценка деформации (strain) и скорости деформации (strain rate) основана на технологии отслеживания пятен (“спеклов”) серой шкалы и позволяет эффективно оценивать регионарную и глобальную функцию ЛП в продольном направлении. Деформация ЛП представляет собой изменение длины стенки ЛП относительно его исходной величины, выраженное в процентах, и может иметь положительные или отрицательные значения, которые отражают его удлинение в диастолу или сокращение в момент систолы [6].

Скорость деформации ЛП – это оценка скорости, с которой происходит деформация миокарда ЛП, и выражается в единицах, обратных секунде. Технология “спекл-трекинг”-ЭхоКГ является угло-независимой и не подвержена эффекту “привязки”, когда движение здорового сегмента тянет за собой пораженный и создает иллюзию его нормального сокращения [6, 18]. Несмотря на все преимущества представленного метода по сравнению с доплеровским [19], имеются и ограничения: требуется высокое качество изображения и нельзя исключать технические сложности измерения из-за тонкостенной структуры миокарда ЛП [6].

До введения технологии “спекл-трекинг”-ЭхоКГ только МРТ с гадолинием позволяла выполнить точный анализ нескольких компонентов деформации миокарда. Несмотря на то что МРТ с гадолинием является “золотым стандартом”, ее рутинное использование ограничено высокой стоимостью, малой доступностью, сложностью получения изображений и длительным анализом данных [6, 11, 16].

Глобальная продольная деформация миокарда ЛП измеряется из четырех- и двухкамерной апикальной проекций, оптимизированных для ЛП, с высокой частотой кадров (50–70 кадров в секунду) [20].

Область интереса должна включать: легочные вены, ушко ЛП (толщина значительно меньше). Рекомендуемым параметром по оценке функции ЛП является глобальная продольная деформация (global longitudinal strain, GLS). В резервуарную фазу, когда происходит наполнение ЛП и его растяжение, возникает положительное продольное напряжение, достигающее пика в систолу желудочков, в конце наполнения ЛП, перед открытием митрального клапана. После открытия митрального клапана происходит пассивное опорожнение ЛП, что приводит к снижению напряжения ЛП до периода плато включительно, соответствующего диастазу. При синусовом ритме после периода плато регистрируется вторая волна кривой напряжения (с меньшей амплитудой), соответствующая систоле предсердий. Рекомендуется использовать программное обеспечение, разработанное специально для анализа деформации ЛП. Измерение должно проводиться в строгой последовательности независимо от фирмы-производителя аппарата.

Определение нулевой точки отсчета при оценке деформации миокарда левого предсердия имеет важное диагностическое значение. Согласно рекомендациям EACVI/ASE/Industry Task force за нулевую точку следует принимать интервал *R-R* при ФП и интервал *P-P* при регистрации у пациента устойчивого синусового ритма (рис. 1)

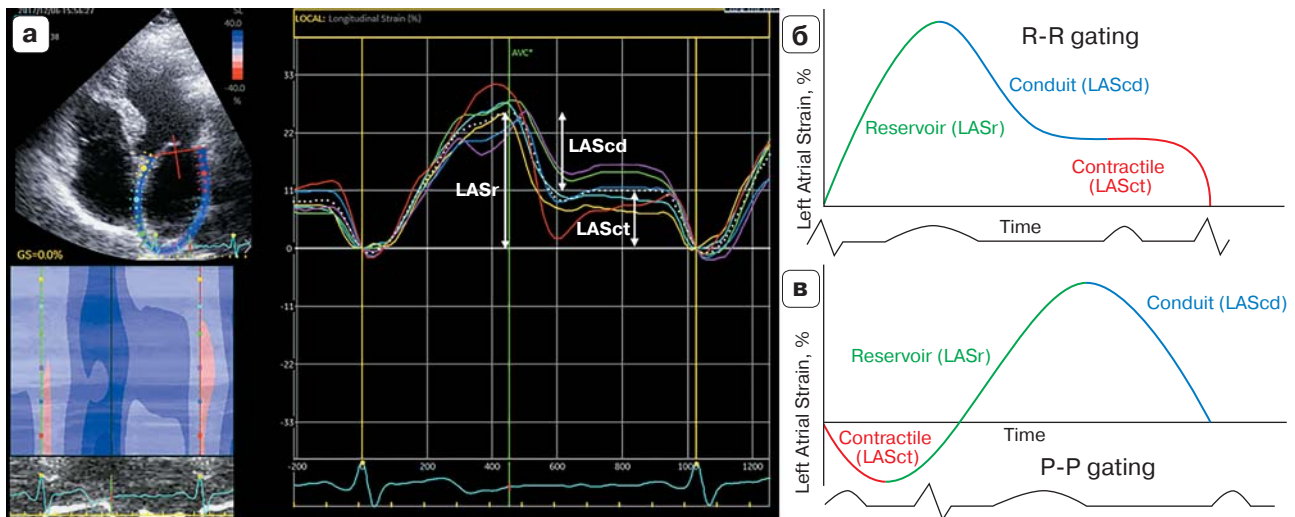


Рис. 1. Измерение деформации ЛП с помощью “спекл-трекинг”-ЭхоКГ из четырехкамерной апикальной проекции, использование интервала *R-R* на электрокардиограмме. Справа – графики деформации миокарда левого предсердия в зависимости от принятой нулевой точки отсчета: *R-R*-интервал (**б**) *P-P*-интервал (при синусовом ритме) (**В**), на которых продемонстрировано изменение показателей деформации в течение всего сердечного цикла. Адаптировано из [19]. Пояснение. LAScd (left atrial conduit strain, деформация ЛП в кондуктивную фазу); LASct (left atrial contractile strain, деформация ЛП в контрактильную фазу); LASr (left atrial reservoir strain, деформация ЛП в резервуарную фазу).

Fig. 1. Measurement of left atrial deformity using “speckle-tracking” echocardiography from a four-chamber apical projection, using the *R-R* interval on an electrocardiogram. On the right is schematically depicted a graph of the curve-deformation of the myocardium of the left atrium, depending on the accepted reference interval (**б**) *R-R* interval (**В**) *P-P* interval (with sinus rhythm), which demonstrates the change in deformation indicators throughout the cardiac cycle. Adapted from [19]. Explanation. LAScd (left atrial conduit strain); LASct (left atrial contractile strain); LASr (left atrial reservoir strain).

[20]. Предпочтительнее использовать интервал *R-R*, так как большинству программных обеспечений его легче выделить, чем интервал *P-P*. Зубец *R* на ЭКГ соответствует конечной диастоле ЛЖ. Однако с помощью математических расчетов одни значения могут быть преобразованы в другие [21, 22].

LASr (LA longitudinal strain reservoir) – деформация ЛП в резервуарную фазу, измеряется как пиковое положительное значение, соответствует заполнению ЛП в момент систолы ЛЖ перед открытием митрального клапана.

LAScd (LA longitudinal strain conduit) – деформация ЛП в кондуктивную фазу, измеряется между открытием митрального клапана и сокращением ЛП в течение его пассивного опорожнения. У пациентов с ФП LAScd имеет то же значение, что и LASr, но с отрицательным знаком.

LASct (LA longitudinal strain contraction) – деформация ЛП в контрактильную фазу активного сокращения (или бустерного насоса), соответствует сокращению ЛП в позднюю диастолу ЛЖ, регистрируется только при синусовом ритме [19, 23].

По аналогии с приведенными выше определениями определены пики на кривой скорости деформации LA:

pLASr – (положительная) пиковая скорость деформации во время фазы пласта, (positive) peak strain rate during reservoir phase.

pLAScd – (отрицательная) пиковая скорость деформации на этапе кондуктивной фазы, (negative) peak strain rate during conduit phase.

pLASct – (отрицательная) пиковая скорость деформации во время фазы сжатия, (negative) peak strain rate during contraction phase.

Стоит обратить внимание, что распределение амплитуды кривой на диаграмме зависит от принятой нулевой точки отсчета.

Так как в резервуарную фазу происходит перерастяжение миокарда предсердия, то LASr характеризуется положительным значением. Вследствие укорочения миокарда ЛП в последующие фазы LAScd и LASct рассматриваются исключительно как отрицательные значения. Стоит отметить, что при ФП LAScd и LASr имеют одинаковые отрицательные значения [24, 25].

Первое пиковое отрицательное значение кривой деформации соответствует сократительной функции ЛП (LASct), пиковое положительное значение кривой деформации соответствует кондуктивной фазе (LAScd), а резервуарная фаза (LASr) представлена суммой двух пиков.

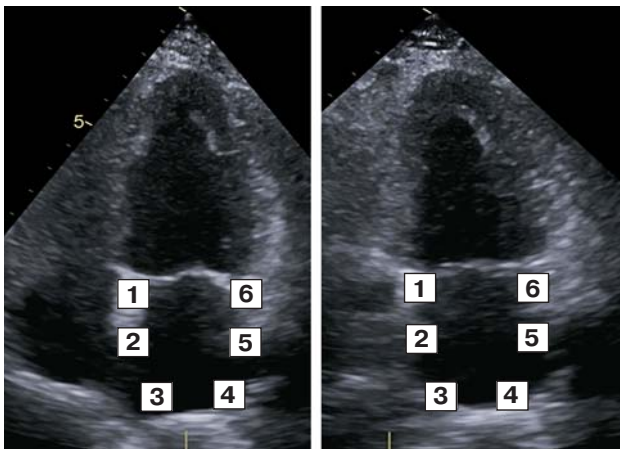
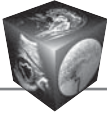


Рис. 2. Схематичное изображение 6 сегментов левого предсердия из четырех- и двухкамерной апикальной проекций. Адаптировано из [26].

Fig. 2. Schematic representation of 6 segments of the left atrium from four- and two-chamber apical projections. Adapted from [26].

Скорость деформации – это пиковая скорость, регистрирующаяся в систолу (S-Sr), раннюю диастолу (E-Sr) и в момент сокращения ЛП (A-Sr).

Эндокардиальная граница ЛП определяется автоматически в виде подковообразной формы из 6 сегментов ЛП. В последующем программное обеспечение самостоятельно определяет область интересов (ROI, region of interest). Определение

области интересов – очень важный этап при выполнении 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ исследования ЛП. Перед обработкой результатов, необходимо выполнить предварительный просмотр подковообразной дуги, которая должна проходить строго вдоль эндокарда в течение всего сердечного цикла. В случае значительных погрешностей автоматизированного выделения эндокарда следует произвести ручную корректировку границ эндокарда. Лучше всего зафиксировать изображение непосредственно перед сокращением ЛП, в данный момент устраняется выпадение стенки миокарда ЛП в межпредсердной перегородке и в области впадения легочных вен. Отслеживание сегментов: латерального кольца, нижнего и нижнезаднего сегмента является очень сложной задачей. Для регистрации данных областей возможно смещение визуализации ЛП незначительно ниже уровня фиброзного кольца митрального клапана для большего охвата интересующих сегментов. Для оценки состояния миокарда ЛП рекомендуют его условное деление на 6 сегментов. Измерения следует выполнять из двух- и четырехкамерной апикальной проекций (рис. 2) [26].

На рис. 3 продемонстрирована автоматически сгенерированная 6-сегментарная модель ЛП [20, 26].

В настоящее время некоторыми авторами рассматриваются более сложные модели сегмен-

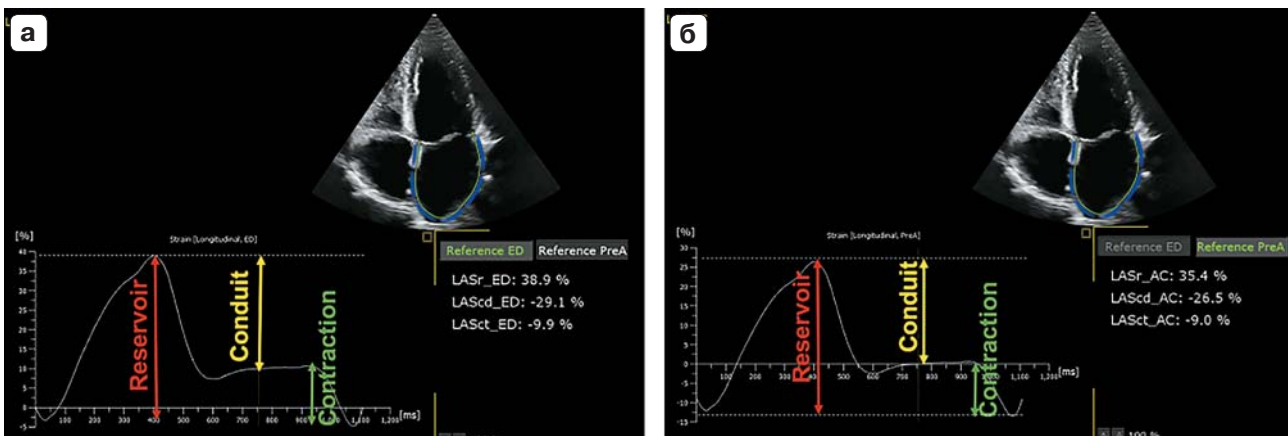


Рис. 3. Измерение продольной деформации ЛП с использованием специального программного обеспечения для выполнения автоматизированного отслеживания эндокарда левого предсердия из апикальной четырехкамерной проекции в соответствии с рекомендациями EACVI/ASE/Industry Task Force стандартизации деформации левого предсердия. **а** – измерение продольной деформации левого предсердия с использованием R-волны (конечная диастола ЛП, end diastole, ED); **б** – измерение продольной деформации ЛП, используя зубец P (сокращение предсердий, atrial contraction, AC). Адаптировано из [20].

Fig. 3. Measurement of longitudinal deformation of the left atrium using special software to perform automated tracking of the left atrium endocardium from an apical four-chamber projection in accordance with the recommendations of the EACVI/ASE/Industry Task Force standardization of left atrium deformation. **a** – measurement of the longitudinal deformation of the left atrium using the R-wave (end diastole of the left atrium, (end diastole, ED); **b** – measurement of longitudinal deformation of the left atrium using the P wave (atrial contraction, atrial contraction, AC). Adapted from [20].

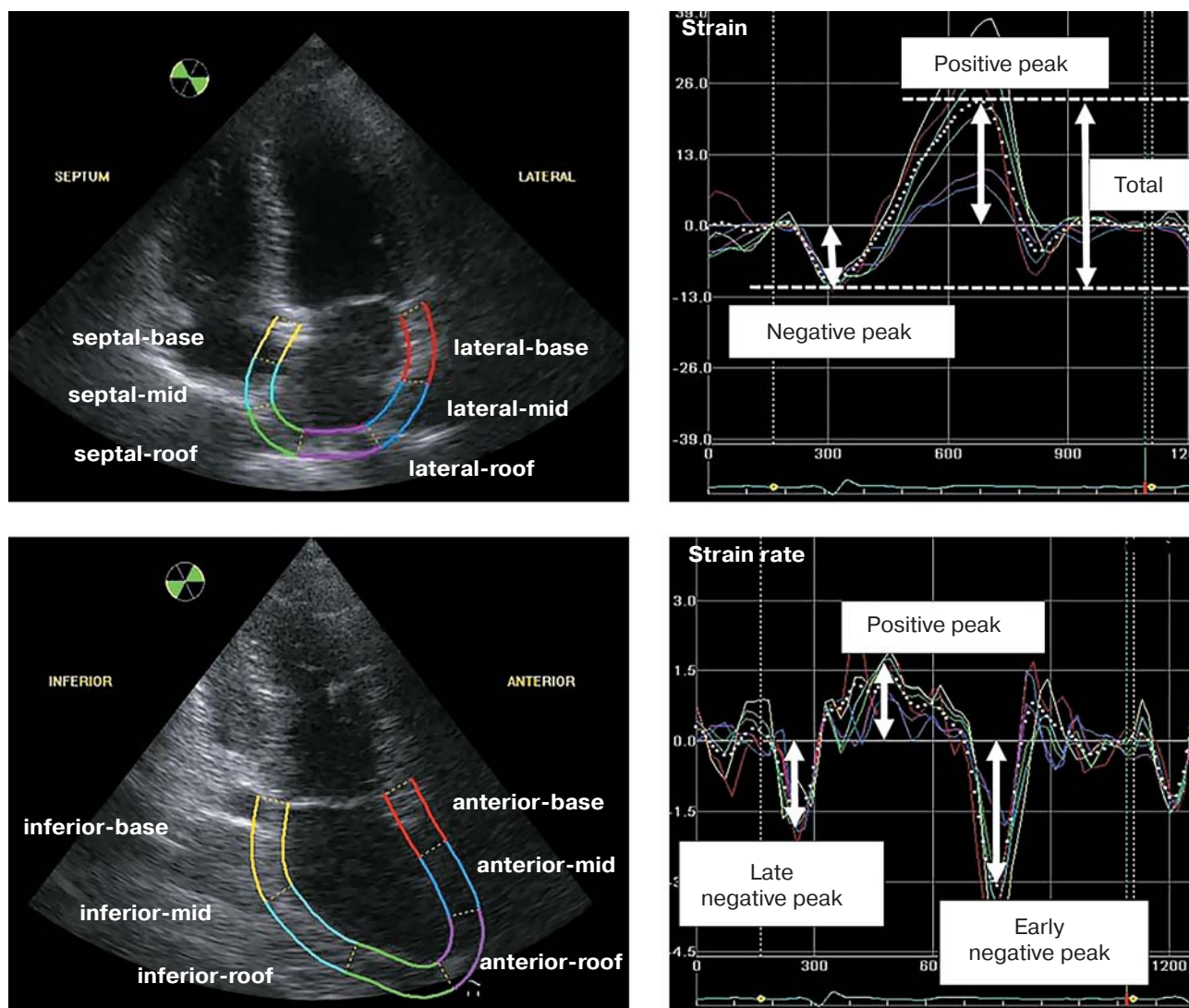
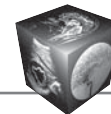


Рис. 4. Анализ продольной деформации и скорости деформации ЛП с использованием “спекл-трекинг”-ЭхоКГ. Представлен анализ 12 сегментов левого предсердия из четырех- и двухкамерной апикальной проекций. Адаптировано из [28].

Fig. 4. Analysis of the longitudinal deformation and the rate of deformation of the left atrium using Speckle tracking echocardiography. The analysis of 12 segments of the left atrium from four- and two-chamber apical projections is presented. Adapted from [28].

тации ЛП. Так, при регистрации деформации ЛП от начала комплекса QRS по ЭКГ используют 12-сегментарную модель ЛП: 6 сегментов регистрируется из четырехкамерной апикальной проекции и 6 сегментов из двухкамерной апикальной проекции (рис. 4) [27, 28].

В других исследованиях была предложена 15-сегментарная модель ЛП из четырех-, двух- и трехкамерной апикальной проекций [29]: 6 сегментов из четырехкамерной апикальной проекции, 6 из двухкамерной апикальной проекции и 3 сегмента по задненижней стенке ЛП в продольном сечении из апикальной проекции.

Такая вариабельность методов измерения и сегментации ЛП неблагоприятно сказывается на систематизации нормальных значений параметров деформации и скорости деформации ЛП, а также на оценке прогностических показателей ремоделирования ЛП и начала патологического процесса.

Достаточно изучено, что определенный сегмент миокарда ЛП имеет свои нормальные значения деформации и скорости деформации. Задняя стенка ЛП подвержена наименьшей деформации, вероятнее всего, это связано с впадением легочных вен и их плотной фиксацией [30], нижняя стен-

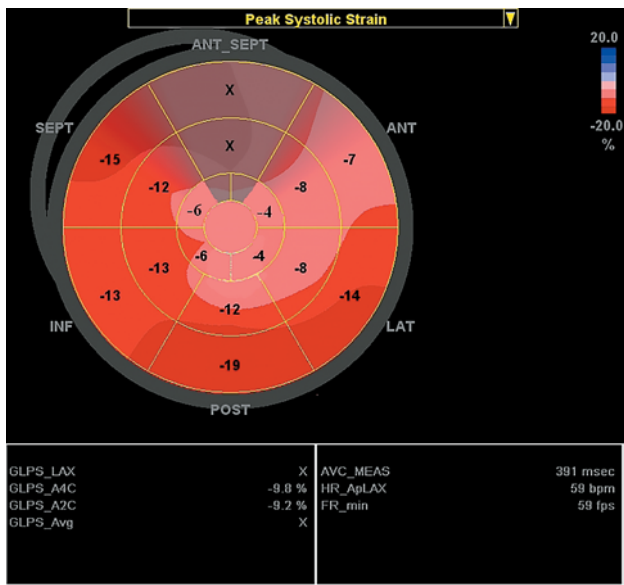
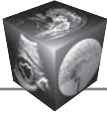


Рис. 5. Полярная диаграмма левого предсердия (по типу bull's eye, "бычий глаз"), полученная при двухмерной "спекл-трекинг"-ЭхоКГ у здорового пациента. Красный цвет отражает контрактильную фазу сердечного цикла ЛП. Базальные значения существенно выше медиальных и снижаются к центру (крыша ЛП, светло-красный цвет). Значения в области переднесептальной стенки исключены, так как отражают восходящий отдел аорты. Адаптировано из [31].

Fig. 5. Polar diagram of the left atrium ("bull's eye"), obtained with two-dimensional Speckle tracking echocardiography in a healthy patient. The red color reflects the contractile phase of the cardiac cycle of the left atrium. Basal values are significantly higher than medial values and decrease towards the center (roof of the left atrium, light red color). Values in the antero-septal wall area are excluded, as they reflect the ascending aorta. Adapted from [31].

ка подвержена наибольшей деформации, что может быть обусловлено ее большей толщиной.

Исключение задней стенки ЛП из анализа при 12-сегментарной модели может привести к завышению показателей деформации и скорости деформации ЛП. Аналогично деформация ЛП в резервуарную фазу больше из двухкамерной апикальной проекции по сравнению с четырехкамерной. Это связано с тем, что четырехкамерная апикальная проекция включает две области с крайне низкими показателями деформации ЛП: межпредсердную перегородку и область впадения легочных вен.

В период сокращения и расслабления ЛП регистрируется самый высокий показатель деформации ЛП в области предсердно-желудочкового соединения с наименьшим показателем деформации в области крыши ЛП (рис. 5).

Особые ограничения в оценку и правильную интерпретацию результатов вносит отсутствие стандартизации, что существенно ограничивает широкое применение данных параметров в рутинной клинической практике. Следовательно, важнейшей задачей любого исследования является определение нормальных значений деформации и скорости деформации ЛП в каждую конкретную фазу.

Нормальные значения существенно варьируют и зависят от: 1) референсной точки отсчета (от начала зубца Р или комплекса QRS), 2) включения крыши ЛП в анализ и 3) проекции ультразвукового датчика. В связи с этим диапазон нормальных значений "спекл-трекинг"-ЭхоКГ резервуарной фазы ЛП варьирует от 27,6 до 59,8% [32, 33].

Знание нормальных значений деформации ЛП в момент каждой фазы сердечного цикла необходимо для комплексного анализа и клинической интерпретации полученных результатов (см. таблицу).

Единственный на сегодняшний день метаанализ нормальных значений ЛП при использовании "спекл трекинг"-ЭхоКГ показал, что деформация ЛП для LASr, LAScd и LASct составляет 39,4% (95% ДИ 38,0–40,8%), 23,0% (95% ДИ 20,7–25,2%) и 17,4% (95% ДИ 16,0–19,0%) соответственно [27].

В метаанализе не было показано статистически значимых различий между деформацией ЛП для азиатской и европеоидных рас. Недавно опубликованы нормальные значения деформации ЛП для населения Азии [36, 37] и Европы [38, 39], которые показали, что деформация ЛП в резервуарную фазу варьирует от 35,9 до 42,5%, а в сократительную фазу составляет от 13,9 до 16,3% [36, 37]. Представленные данные согласуются с показателями метаанализа 2017 г. [27].

J.N. Liao и соавт. показали [37], что значения резервуарной функции ЛП, измеренные с помощью 2D-"спекл-трекинг"-ЭхоКГ у здоровых людей, снижаются с возрастом, тогда как показатели контрактильности ЛП увеличиваются. Аналогичные результаты продемонстрировали коллективы авторов во главе с T. Sugimoto [38] и R.W.J. van Grootel [39]. Также показатели "спекл-трекинг"-ЭхоКГ могут зависеть от пола: у женщин более высокие показатели резервуарной функции ЛП, в отличие от мужчин [36, 38].

Также интересное наблюдение продемонстрировали J.N. Liao и соавт. [37]. Они показали, что со старением у женщин наблюдается более выраженное снижение деформации ЛП (резервуарная функция хуже) по сравнению с мужчинами. Скорее всего, это можно объяснить тем, что у женщин

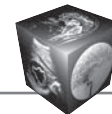


Таблица. Нормальные значения деформации и скорости-деформации левого предсердия при трансторакальной двухмерной “спекл-трекинг”-эхокардиографии

Table. Normal values of deformation and velocity-deformation of the left atrium in transthoracic two-dimensional Speckle tracking echocardiography

Параметр Parameter	Измерение Measurement	Нормальные значения Normal values
Резервуарная фаза левого предсердия Reservoir phase of the left atrium		
LASr = (PALS)	Пик деформации ЛП, измеренный в конце систолы ЛЖ перед открытием МК (высокая корреляция с давлением ЛП/ конечным диастолическим давлением ЛЖ) Peak of LA deformation measured at the end of LV systole, before the opening of the mitral valve (high correlation with LA pressure/ end LV diastolic pressure)	32.1–52.1 (%) [34] 45.5 ± 11.4 (%) [35] 39.4 [38.0–40.8] (%) [21] 35.9 ± 10.6 (%) [36] 27.6–59.8 (%) [27]
S-Sr	Скорость деформации ЛП в момент систолы ЛЖ The rate of LA deformation at the time of LV systole	1.5–3.9 с ⁻¹ [19]
Конduitная фаза левого предсердия The conduit phase of the left atrium		
LAScd	Пик деформации ЛП, измеренный между открытием МК и пассивным опорожнением предсердия The peak of LA deformation measured between the opening of the mitral valve and passive emptying of the atrium	18.0–37.4 (%) [34] 21.9 ± 9.3 (%) [36] 15.7–33.4 (%) [27]
E-Sr	Скорость деформации ЛП в раннюю диастолу ЛЖ The rate of LA deformation in the early LV diastole	1.1–5.1 с ⁻¹ [19]
Контрактивная фаза левого предсердия (фаза бустерного насоса) Contractile phase of the left atrium (booster pump phase)		
LASct	Пик деформации ЛП, измеренный между поздней диастолой ЛЖ и активным опорожнением ЛП Peak of LA deformation measured between late LV diastole and active LA emptying	8.1–20.7 (%) [34] 17.4 [16.0–19.0] (%) [21] 13.9 ± 3.6 (%) [36] 14.0–25.0 (%) [27]
A–Sr = (PACS) (всегда отрицательные значения) (always negative values)	Скорость деформации ЛП в позднюю диастолу ЛЖ The rate of LA deformation in the late LV diastole	от (from) –1.9 до (to) –4 с ⁻¹ [19] –2.1 ± 0.61 с ⁻¹ [34] –0.91 с ⁻¹ [21] –2.11 ± 0.61 с ⁻¹ [35]

пожилого возраста преобладает сердечная недостаточность с сохранной фракцией выброса ЛЖ.

В большинстве случаев изменения показателей LASr обусловлены изменением объема ЛП, что позволяет оценить диастолическую дисфункцию ЛП на ранних этапах его ремоделирования (до первых клинических проявлений) [40].

Важным фактором, влияющим на деформацию ЛП, является зависимость данного параметра от деформации ЛЖ. Исследования показали, что имеется прямая корреляция LASr с глобальной продольной деформацией ЛЖ [41]. Однако в других исследованиях была продемонстрирована обратная корреляция между LASr и объемом ЛП вне зависимости от глобальной продольной де-

формации ЛЖ, что подтверждает важное значение ремоделирования ЛП [42].

Данные наблюдения демонстрируют сложную взаимосвязь ЛП и ЛЖ. Несмотря на то что функция ЛЖ однозначно оказывает влияние на функциональное состояние ЛП, может существовать независимая кардиомиопатия ЛП.

Трехмерная “спекл-трекинг”-эхокардиография

3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ – это новая методика в области ЭхоКГ, сочетающая 3D-ЭхоКГ в реальном времени с анализом отслеживания “спеклов” [43]. Теоретически 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ преодолевает несколько ограничений,

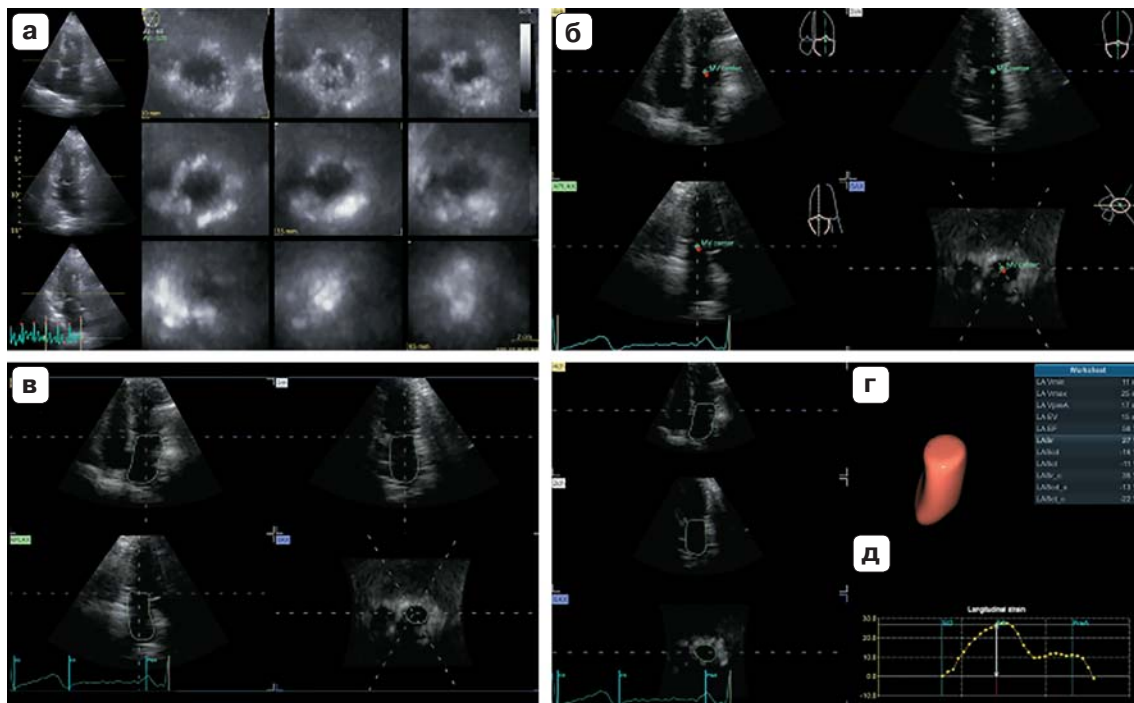
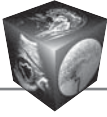


Рис. 6. Оценка функционального состояния ЛП с использованием программного обеспечения 4D Auto LAQ, Echopac, GE Health. **а** – отображение полученных трехмерного изображений ЛП из апикальной четырех-, двух- и трехкамерной проекций; **б** – три ориентира, установленные в соответствующих местах согласно инструкции; **в** – обзор эндокардиального контура ЛП; **г** – построение целевой трехмерной модели ЛП. Кривая зависимости деформации/объема ЛП от времени. Адаптировано из [44].

Fig. 6. Assessment of left atrial functional status using 4D Auto LAQ software, Echopac, GE Health. **a** – display of the obtained three-dimensional images of the left atrium from the apical four-, two- and three-chamber projections; **б** – three landmarks installed in the appropriate places according to the instructions; **в** – review of the endocardial contour of the left atrium; **г** – construction of a target three-dimensional model of the left atrium. The curve of the dependence of the deformation/volume of the left atrium on time. Adapted from [44].

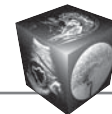
присущих доплеровской и 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ: 1) зависимость от угла, 2) зоны вне области интереса (ROI), 3) геометрические погрешности [44, 45]. В настоящее время исследований, в которых используется 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ, крайне мало. Это обусловлено тем, что ранее не существовало специального программного обеспечения для оценки ЛП, использовались программы для расчета показателей функции ЛЖ. Новое программное обеспечение и результаты его применения на практике при 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ были представлены в работе L. Вao и соавт. (рис. 6) [43].

Результаты исследования L. Вao и соавт. [43] аналогичны ранее опубликованным работам, в которых была описана связь между ФП и увеличенными объемами ЛП, а также нарушением функции ЛЖ, на что указывают обычные измерения объема, полученные с помощью 2D-ЭхоКГ [46, 47], или продольной деформации ЛП и скорости деформации с помощью 2D-“спекл-трекинг” ЭхоКГ [48].

A. Mochizuki и соавт. [49] в своей работе использовали 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ с целью сравнения деформации и синхронности предсердий у здоровых испытуемых и пациентов с ФП. Авторы обнаружили, что 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ занимает меньше времени и более чувствительна. Было обнаружено значительное снижение продольной деформации при различных формах ФП, однако в их исследовании не были сформулированы факторы, препятствующие этому [49].

В исследовании S. Chadaide и соавт. [50] сравнивались параметры деформации ЛП, полученные с помощью 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ у 20 пациентов с ФП и 11 здоровых лиц. Уменьшение пиковой окружной и радиальной деформации было показано во всех сегментах ЛП, в то время как снижение пиковой продольной деформации было обнаружено только в среднем и верхнем сегментах ЛП [50].

F. Atsuko и соавт. [51] попытались оценить влияние пароксизмальной формы ФП на функцию ЛП с использованием 3D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ.



Они продемонстрировали снижение пиковой продольной деформации предсердий, LAEF по сравнению с пациентами с артериальной гипертензией без ФП, что указывало на снижение комплаентности ЛП и его электромеханическое ремоделирование [51].

Фибрилляция предсердий

Согласно действующему руководству, диагноз ФП следует ставить на основании стандартной ЭКГ в 12 отведениях или ЭКГ в одном отведении [52]. В настоящее время распространенность ФП оценивается в 2–4% среди населения [53]. В связи с бессимптомным или своевременным купированием ФП до регистрации ее на ЭКГ у большинства пациентов ФП остается не диагностированной. Данный фактор существенно увеличивает риски развития криптогенного инсульта и внезапной сердечной смерти. При своевременном установлении диагноза ФП вышеописанные жизнеугрожающие осложнения можно нивелировать.

В исследовании REVEAL AF имплантируемый кардиомонитор использовался для выявления ФП у пациентов с высоким риском в течение среднего периода наблюдения 22,5 мес. Частота выявления ФП через 18 мес составила 29,3%, которая в дальнейшем увеличилась до 40,0%, если период наблюдения был продлен до 30 мес, что выявило значительное количество не диагностированной ФП при регистрации стандартной ЭКГ или 24-часового холтеровского мониторирования ЭКГ [54].

Исследование CRYSTAL-AF было направлено на выявление основной формы ФП у пациентов с криптогенным инсультом с использованием имплантируемых устройств непрерывного мониторирования ЭКГ, и частота выявления через 6, 12 и 36 мес составила 8,9, 12,4 и 30% соответственно [55].

Ремоделирование и дисфункция ЛП связаны с ФП [56]. Измерения деформации ЛП более чувствительны по сравнению с объемными измерениями [57], и недавние исследования с использованием 2D-STE показали связь между уменьшением резервуара ЛП и сократительной функцией при пароксизмальной ФП, которая предшествует увеличению ЛП [58, 59].

Y.E. Yoop и соавт. [60] продемонстрировали, что снижение показателей глобальной продольной деформации ЛП в момент систолы является независимым эхокардиографическим предиктором прогрессирования ФП от пароксизмальной до персистирующей. Другое исследование показало, что деформация ЛП является подтверждением у пациентов с криптогенными инсультами в анамнезе бессимптомной пароксизмальной ФП [61].

Таким образом, усиленный скрининг функционального состояния ЛП с помощью “спекл-трекинг”-ЭхоКГ может быть разумно сохранен при нормальных линейных и объемных показателях ЛП.

Эхокардиографические предикторы возврата фибрилляции предсердий после катетерных абляций

Катетерная абляция (КА), включающая изоляцию устьев легочных вен, может быть эффективным методом лечения ФП; однако рецидив ФП по-прежнему остается серьезной проблемой [62]. Известные предикторы рецидива ФП после КА: дилатация ЛП, пожилой возраст пациента, артериальная гипертензия и непароксизмальные формы ФП [63, 64].

Исследования у пациентов с ФП, перенесших КА с восстановлением синусового ритма, показали взаимосвязь между систолическим напряжением ЛП и рецидивом ФП [65, 66].

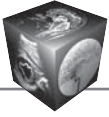
C. Schneider и соавт. [67] изучили влияние параметров strain ЛП, измеренных с помощью доплера, у пациентов с ФП для прогнозирования эффективности КА. Пациенты с высокими показателями деформации и скорости деформации после КА, имеют больший успех удержания устойчивого синусового ритма после абляции.

Пиковую скорость и скорость деформации в каждом сегменте измеряли за сутки до, в течение 24 ч и через 3 мес после КА. Значение деформации напряжения в области перегородки ЛП 20%, полученное до КА, являлось предиктором удержания синусового ритма с чувствительностью 57% и специфичностью 56%. Данный метод не позволяет дифференцировать активное сокращение миокарда от его пассивных движений.

Двухмерная оценка “спекл-трекинг”-ЭхоКГ не зависит от угла и является более достоверным эхокардиографическим методом оценки деформации ЛП. Существует несколько исследований, показавших, что деформация ЛП является предиктором успеха КА [68].

Деформация ЛП отражает работу ЛП в резервную, кондуктивную и бустерную фазы. Кроме того, данный показатель коррелирует со степенью фиброза ЛП, в частности у пациентов с персистирующими формами ФП [68].

Метаанализ 8 исследований с включением 686 пациентов с пароксизмальной формой ФП показал, что глобальная деформация ЛП – предиктор для выявления пациентов с высоким риском возврата ФП после КА [69]. В анализ были включены пациенты с синусовым ритмом или ФП до абляции устьев ЛВ. В группе пациентов с ФП нулевой точкой отсчета считалось начало комплекса



QRS, при синусовом ритме – начало зубца *P*. Пиковый положительный зубец деформации ЛП менее 22,8% являлся предиктором ФП с чувствительностью 78% и специфичностью 75% [69].

Данное значение не зависело от принятого нулевого значения и от программного обеспечения. Деформация ЛП, измеренная на боковой стенке ЛП с помощью 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ, может являться оптимальным параметром для прогнозирования выполнения успешной абляции ФП [65]. R. Yasuda и соавт. [65] в своей работе показали, что показатель глобальной деформации ЛП его боковой и латеральной стенок как у пациентов с синусовым ритмом, так и при ФП является ценным прогностическим маркером возврата ФП после КА. В их исследовании значение ниже 25,3% при базальной боковой деформации являлось предиктором возврата ФП после КА с чувствительностью 81% и специфичностью 72% [65].

A.S. Parwani и соавт. [70] провели анализ у пациентов с персистирующими формами ФП. Данное исследование показало, что низкий положительный пик деформации ЛП менее 10% тесно коррелирует с возвратом ФП после КА.

Метаанализ 2020 г. [24] показал, что пациенты с ФП ($n = 349$) имели более низкое значение LAS 17,47% (SD = 8,75), тогда как в группе без ФП ($n = 531$) средний показатель LAS составил 24,09% (SD = 9,49). Метод измерения общего LAS в разных исследованиях отличался. В 6 исследованиях сообщалось о выполнении отслеживания “спекл-трекинг”-ЭхоКГ во время фазы систолы желудочков, то есть фазы резервуара предсердий, в то время как в 4 исследованиях измерялось общее напряжение во время систолы предсердий. Оба варианта считаются допустимыми, но абсолютные значения могут отличаться. Анализ исследований, в которых измерялся общий strain ЛП во время систолы желудочков, показал минимальную неоднородность при сохранении высокого общего эффекта при меньшей выборке. С другой стороны, анализ strain ЛП, измеренный во время сокращения предсердий, содержал значительную неоднородность наряду с более низким общим эффектом [24].

Визуализация ЛП у пациентов с ФП с использованием 2D-STE в последнее время привлекла большое внимание, и были опубликованы два важных исследования, посвященных применению этих методов в клинической практике [20, 71].

Лучшим методом визуализации для изучения анатомии и функции ЛП на сегодняшний день считается трансторакальная ЭхоКГ и 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ на основе их доступности и простоты использования у постели больного. Другие мето-

ды, такие как 3D-ЭхоКГ, могут быть более точными в измерении объема, в то время как МРТ сердца может лучше оценить фиброз, который является основным патофизиологическим субстратом ФП. Тем не менее эти методы визуализации не так широко доступны и стоят дороже по сравнению со стандартной 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ.

Во многих исследованиях показано, что LAS является предиктором возврата ФП после КА [69, 72]. Другой систематический обзор [72] с включением 1025 пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП показал аналогичные результаты, а именно: что низкий пиковый продольный strain ЛП, измеренный с помощью 2D-“спекл-трекинг”-ЭхоКГ имеет независимую связь с высоким риском ФП после КА.

Поскольку сниженная или отсутствующая сократительная функция ЛП часто встречается у пациентов с ФП, было продемонстрировано, что LASct < 11,1% показал повышенную частоту рецидивов после КА по сравнению с LASct \geq 11,1% в большой когорте из 678 пациентов [73]. В другом исследовании нижние границы нормы LASct у людей в возрасте 50–64 лет составили 9,2% у мужчин и 6,8% у женщин [74].

Прогнозирование вероятности рецидива ФП с использованием анализа деформации ЛП было бы очень ценным при отборе кандидатов для катетерной и торакоскопической абляций.

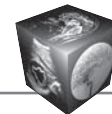
Оценка деформации левого предсердия в прогнозировании инсультов

Понимание взаимосвязи между strain ЛП и риском развития ишемического инсульта может иметь важное клиническое значение, в частности, для стратификации риска при ФП и принятия решений относительно антикоагулянтной терапии.

M. Obokata и соавт. [75] продемонстрировали, что глобальное систолическое напряжение ЛП независимо ассоциировалось с острой эмболией у пациентов с пароксизмальной или персистирующей формой ФП и обеспечило дополнительную диагностическую ценность по сравнению с оценкой CHA2DS2-VASc.

В другом ретроспективном исследовании [76] снижение систолического напряжения ЛП было ассоциировано с повышенным риском инсульта и транзиторными ишемическими атаками у пациентов с пароксизмальной формой ФП и низкими показателями по шкале CHADS2 (≤ 1 до инсульта).

В небольшом ретроспективном исследовании 66 пациентов с постоянной формой ФП J.Y. Shi и соавт. [77] продемонстрировали, что систолическое напряжение ЛЖ и пиковая частота систолического напряжения независимо связаны с пред-



шествующим инсультом. Кроме того, P.C. Hsu и соавт. [78] продемонстрировано, что повышенное отношение трансмитральной скорости E к напряжению ЛП и сниженное напряжение ЛП были связаны с цереброваскулярными событиями и обеспечивали дополнительную ценность модели, содержащей оценку CHA2DS2-VASc и функцию ЛЖ для прогнозирования последующего инсульта [79].

Несколько исследований также продемонстрировали, что деформация ЛП является прогностическим для последующего диагноза ФП у пациентов с ишемическим инсультом. Эти исследования подтверждают гипотезу о том, что функциональное ремоделирование предсердий и уменьшение их сокращения могут привести к последующей тромбоэмболии [80].

Таким образом, анализ напряжения ЛП может стать бесценным прогностическим инструментом при ФП, несмотря на то что для подтверждения этих ранних сообщений требуются более масштабные проспективные исследования у пациентов, перенесших инсульт.

Заключение

“Спекл-трекинг”-ЭхоКГ является новейшим методом двух- и трехмерной ЭхоКГ, лишенная ограничений доплеровских технологий. Благодаря данному методу выполняется всесторонний анализ глобальной и регионарной деформации и скорости деформации миокарда ЛП во всех пространственных плоскостях.

В настоящее время представлен ряд исследований, которые показывают хорошее технико-экономическое обоснование, воспроизводимость и точность данного эхокардиографического метода при различных заболеваниях.

Недавно предложенная трехмерная “спекл-трекинг”-ЭхоКГ демонстрирует многообещающие результаты. Это еще одно технологическое направление, которое, предположительно, может обеспечить более объемный и подробный анализ сердечной динамики, в результате чего ЭхоКГ приблизится к самому продвинутому методу визуализации, при этом сохранив возможность ее выполнения у постели больного.

Таким образом, представленный анализ литературы позволил определить ведущие проблемы двух- и трехмерной “спекл-трекинг”-ЭхоКГ-диагностики. Во-первых, в проанализированных исследованиях представлена значительная вариабельность нормальных значений деформации и скорости деформации ЛП. Во-вторых, в зависимости от сердечного ритма на момент осмотра специалистами используются различные рефе-

ренсные значения для измерения показателей ЛП (начало зубца P или начало комплекса QRS), что имеет существенное значение при интерпретации результатов и их клинической значимости. Особое внимание хочется обратить также на использование разных программных обеспечений для расчета деформации и скорости деформации ЛП.

Все вышесказанное, несмотря на стремительное развитие двух- и трехмерной “спекл-трекинг”-ЭхоКГ, демонстрирует необходимость проведения многоцентровых проспективных исследований на большей когорте пациентов.

Участие авторов

Кадырова М. – ответственность за целостность всех частей статьи.

Ялова Е.В. – подготовка и редактирование текста.

Шебзухова Ф.С. – подготовка и редактирование текста.

Боташева А.А. – подготовка и редактирование текста.

Стребкова Е.Д. – обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Кармазановский Г.Г. – ответственность за целостность всех частей статьи.

Ревিশвили А.Ш. – утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Kadirova M. – responsibility for the integrity of all parts of the article.

Yalova E.V. – text preparation and editing.

Shebzuhova F.S. – text preparation and editing.

Botasheva A.A. – text preparation and editing.

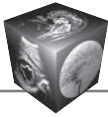
Strebkova E.D. – review of publications, writing text, preparation and creation of the published work.

Karmazanovsky G.G. – responsibility for the integrity of all parts of the article.

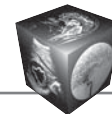
Revishvili A.Sh. – approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

- Chao T.F., Liu C.J., Tuan T.C. et al. Lifetime Risks, Projected Numbers, and Adverse Outcomes in Asian Patients With Atrial Fibrillation: A Report From the Taiwan Nationwide AF Cohort Study. *Chest*. 2018; 153: 453–466. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.10.001>
- Шапкина М.Ю., Маздорова Е.В., Авдеева Е.М., Щербакова Л.В., Рябиков А.Н., Hubacek J., Bobak M., Малютина С.К. Динамика частоты фибрилляции предсердий в российской популяционной выборке за 13 лет наблюдения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022; 21 (8): 3108. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3108>
Shapkina M.Yu., Mazdorova E.V., Avdeeva E.M. et al. Changes in the prevalence of atrial fibrillation in the Russian population over a 13-year follow-up.



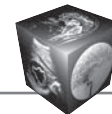
- Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022. 21 (8): 3108. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3108> (In Russian)
3. Brundel B.J.J.M., Ai X., Hills M.T. et al. Atrial fibrillation. *Nat. Rev. Dis. Primers*. 2022; 8 (1): 21. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00347-9>
 4. Benjamin E.J., Muntner P., Alonso A. et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report from the American Heart Association. *Circulation*. 2019; 139: 56–528. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659>
 5. Гурина В.И., Кондратьев Е.В., Кармазановский Г.Г., Хацаюк Е.А. МСКТ-волюметрия левого предсердия у пациентов кардиологического профиля. *Медицинская визуализация*. 2017; 6: 13–18. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-6-13-18>
Gurina V.I., Kondrat'ev E.V., Karmazanovsky G.G., Khatsayuk E.A. MDCT Evaluation of Left Atrial Volume in Patients with Cardiac Diseases. *Medical Visualization*. 2017; 6: 13–18. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-6-13-18> (In Russian)
 6. Павлюкова Е.Н., Кужель Д.А., Матюшин Г.В. Функция левого предсердия: современные методы оценки и клиническое значение. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2017; 13 (5): 675–683. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-5-675-683>
Pavlyukova E.N., Kuzhel D.A., Matyushin G.V. Left atrial function: modern assessment methods and clinical significance. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2017; 13 (5): 675–683. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-5-675-683> (In Russian)
 7. Хажбиева С.М., Темботова Ж.Х., Сергуладзе С.Ю., Проницева И.В., Кваша Б.И., Ханкишиева Ф.Р., Мустапаева З.В. Оценка параметров геометрического, функционального и механического ремоделирования левого предсердия после хирургического лечения изолированной фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2018; 15 (1): 12–23. <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2018.1.2>
Khazhbieva S. M., Tembotova Zh.Kh., Serguladze S.Yu. et al. Evaluation of geometric, functional and mechanical parameters of left atrium remodeling after surgical treatment of isolated atrial fibrillation. *Annaly aritmologii*. 2018; 15 (1): 12–23. <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2018.1.2> (In Russian)
 8. Ревивили А.Ш., Макаренко В.Н., Александрова С.А. Оценка морфологии легочных вен у пациентов с фибрилляцией предсердий с использованием компьютерной ангиографии. *Вестник аритмологии*. 2006; 45: 42–47.
Revishvili S.S., Makarenko V.N., Aleksandrova S.A. Assessment of morphology of pulmonary veins in patients with atrial fibrillation using the computed angiography. *Journal of Arrhythmology*. 2006; 45: 42–47. (In Russian)
 9. Kislitsina O.N., Revishvili A.S., Cox J.L. Unlocking the secrets to regenerating cardiac tissue: an update. *Interact Cardiovasc. Thorac. Surg*. 2018; 26 (1): 146–153. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx264>
 10. Ревивили А.Ш., Кадырова М., Попов В.А., Малышенко Е.С., Кармазановский Г.Г., Стребкова Е.Д., Широков В.С., Новиков М.А., Ялова Е.В., Таймасова И.А. Влияние индексированного объема левого предсердия на эффективность торакоскопического лечения фибрилляции предсердий. *Медицинская визуализация*. 2022; 26 (3): 22–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1162>
Revishvili A.S., Kadirova M., Popov V.A. et al. Influence of Left Atrium Volume Index on effectiveness of Thoracoscopic Ablation in the Treatment of Atrial Fibrillation. *Medical Visualization*. 2022; 26 (3): 22–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1162> (In Russian)
 11. Апарина О.П., Стукалова О.В., Пархоменко Д.В., Миронова Н.А., Буторова Е.А., Болотова М.Н., Макеев М.И., Терновой С.К., Голицын С.П. Характеристика структуры миокарда левого предсердия у больных мерцательной аритмией и здоровых лиц по данным магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием. *Вестник аритмологии*. 2014; 77: 5–12.
Aparina O.P., Stukalova O.V., Parkhomenko D.V. et al. Characteristics of the left atrium myocardium structure in patients with atrial fibrillation and healthy volunteers according to the data of late gadolinium enhancement cardiac magnetic resonance imaging. *Journal of Arrhythmology*. 2014. (77): 5–12. (In Russian)
 12. Delgado V., Di Biase L., Leung M. et al. Structure and Function of the Left Atrium and Left Atrial Appendage: AF and Stroke Implications. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2017; 70: 3157–3172. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.10.063>
 13. Никифоров В.С., Никищенкова Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2017; 13 (2): 248–255. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255>
Nikiforov V.S., Nikishchenkova I.V. Modern Possibilities of Speckle Tracking Echocardiography in Clinical Practice. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2017. 13(2): 248–255. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255> (In Russian)
 14. Сморгон А.В., Лебедев Д.И., Усенков С.Ю., Дубанаев А.А., Арчаков Е.А., Баталов Р.Е., Шелемехов А.Е., Попов С.В. Применение speckle-tracking внутрисердечной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий во время радиочастотной изоляции легочных вен. *Российский кардиологический журнал*. 2017; 7: 117–120. <http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-7-117-120>
Smorgon A.V., Lebedev D.I., Usenkov S.Yu. et al. Speckle-tracking intracardiac echocardiography in atrial fibrillation patients during radiofrequency isolation of pulmonary veins. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 7: 117–120. <http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-7-117-120> (In Russian)
 15. Мусин Т.И., Багманова З.А., Гареев Д.А., Руденко В.Г., Загидуллин Н.Ш. Прогнозирование контроля синусового ритма после радиочастотной абляции у больных с фибрилляцией предсердий с помощью технологии спекл-трекинг и динамика структурно-функциональных показателей левого предсердия. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26 (2S): 42–56. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4256>
Musin T.I., Bagmanova Z.A., Gareev D.A. et al. Prediction of sinus rhythm maintenance after radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation using speckle tracking echocardiography and dynamics of left atrial structural and functional parameters. *Russian Journal of Cardiology*.



- 2021; 26 (2S): 42–56. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4256> (In Russian)
16. Kislitsina O.N., Cox J.L., Shah S.J. et al. Preoperative left atrial strain abnormalities are associated with the development of postoperative atrial fibrillation following isolated coronary artery bypass surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2022; 164 (3): 917–924. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.09.130>
 17. Mandoli G.E., Borrelli C., Cameli M. et al. Speckle tracking echocardiography in heart failure development and progression in patients with apneas. *Heart Fail. Rev.* 2022; 27 (5): 1869–1881. <https://doi.org/10.1007/s10741-021-10197-4>
 18. Hassanin M., Ong G., Connelly K.A. Right Ventricle Longitudinal Strain: A New Tool in Functional Tricuspid Regurgitation Prognostication. *Can. J. Cardiol.* 2021; 37: 945–948. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2021.04.001>
 19. Ferkh A., Clark A., Thomas L. Left atrial phasic function: physiology, clinical assessment and prognostic value. *Heart.* 2023: heartjnl-2022-321609. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2022-321609>
 20. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D. et al. 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: 591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev042>
 21. Pathan F., D'Elia N., Nolan M.T. et al. Normal Ranges of Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30 (1): 59–70.e8. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.09.007>
 22. Кадырова М.В., Ревিশвили А.Ш., Стребкова Е.Д., Широков В.С., Ялова Е.В., Кармазановский Г.Г. Лучевые методы оценки функции левого предсердия при фибрилляции предсердий (Обзор литературы). *Журнал Диагностическая и интервенционная радиология.* 2022; 16 (4): 46–60. <https://doi.org/10.25512/DIR.2022.16.4.05>
Kadirova M., Revishvili A.S., Strebkova E.D. et al. Radiation methods for assessment of left atrium function in atrial fibrillation (literature review). *Journal of Diagnostic and Interventional Radiology.* 2022; 16 (4): 46–60. <https://doi.org/10.25512/DIR.2022.16.4.05> (In Russian)
 23. Cameli M., Lisi M., Righini F.M. et al. Novel echocardiographic techniques to assess left atrial size, anatomy and function. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2012; 10: 4. <https://doi.org/10.1186/1476-7120-10-4>
 24. Mouselimis D., Tsarouchas A.S., Pagourelis E.D. et al. Left atrial strain, intervender variability, and atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: A systematic review and meta-analysis. *Hellenic J. Cardiol.* 2020; 61 (3): 154–164. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2020.04.008>
 25. Donal E., Lip G.Y.H., Galderisi M. et al. EACVI/EHRA Expert Consensus Document on the role of multi-modality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation. *Eur Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 17 (4): 355–383. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev354>
 26. Gan G.C.H., Ferkh A., Boyd A., Thomas L. Left atrial function: evaluation by strain analysis. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2018; 8 (1): 29–46. <https://doi.org/10.21037/cdt.2017.06.08>
 27. Cameli M., Caputo M., Mondillo S. et al. Feasibility and reference values of left atrial longitudinal strain imaging by two dimensional speckle tracking. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2009; 7: 6. <https://doi.org/10.1186/1476-7120-7-6>
 28. Yasuda R., Murata M., Roberts R. et al. 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. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev028>
 29. Saraiva R.M., Demirkol S., Buakhamsri A. et al. 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. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2009.11.003>
 30. Yang C.H., Liu H.T., Lee H.L., Lin F.C., Chou C.C. Left atrial booster-pump function as a predictive parameter for atrial fibrillation in patients with severely dilated left atrium. *Quant Imaging Med Surg.* 2022; 12 (4): 2523–2534. <https://doi.org/10.21037/qims-21-954>
 31. Rimbaş R.C., Dulgheru R.E., Vinereanu D. Methodological Gaps in Left Atrial Function Assessment by 2D Speckle Tracking Echocardiography. *Arq. Bras. Cardiol.* 2015; 105 (6): 625–636. <https://doi.org/10.5935/abc.20150144>
 32. Atas H., Kepez A., Tigen K. et al. Evaluation of left atrial volume and function in systemic sclerosis patients using speckle tracking and real-time three-dimensional echocardiography. *Anatol. J. Cardiol.* 2016; 16: 316–322. <https://doi.org/10.5152/anatoljcardiol.2015.6268>
 33. Kim K.J., Choi H.M., Yoon Y.E. et al. Left atrial mechanical function and global strain in hypertrophic cardiomyopathy. *PLoS One.* 2016; 11: e0157433. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157433>
 34. Singh A., Carvalho Singulane C., Miyoshi T. et al. WASE Investigators. Normal Values of Left Atrial Size and Function and the Impact of Age: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2022; 35 (2): 154–164.e3. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.08.008>
 35. Morris D.A., Takeuchi M., Krisper M. et al. Normal values and clinical relevance of left atrial myocardial function analysed by speckle-tracking echocardiography: multicentre study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 16 (4): 364–372. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev219>
 36. Sun B.J., Park J.H., Lee M. et al. Normal reference values for left atrial strain and its determinants from a large Korean multicenter registry. *J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 28: 186–198. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
 37. Liao J.N., Chao T.F., Kuo J.Y. et al. Age, sex, and blood pressure-related influences on reference values of left atrial deformation and mechanics from a large-scale Asian population. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2017; 10: e006077 <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.006077>
 38. Sugimoto T., Robinet S., Dulgheru R. et al. Echocardiographic reference ranges for normal left atrial function parameters: results from the EACVI NORRE study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 19: 630–638. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev018>
 39. van Grootel R.W.J., Strachinaru M., Menting M.E. et al. In-depth echocardiographic analysis of left atrial function in healthy adults using speckle tracking echocardiography and volumetric analysis. *Echocardiography.* 2018; 35: 1956–1965. <https://doi.org/10.1111/echo.14174>



40. Thomas L., Muraru D., Popescu B.A. et al. Evaluation of Left Atrial Size and Function: Relevance for Clinical Practice. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020; 33 (8): 934–952. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.03.021>
41. Mălăescu G.G., Mirea O., Capotă R. et al. Left Atrial Strain Determinants During the Cardiac Phases. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2022; 15 (3): 381–391. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.09.009>
42. Gan G.C.H., Bhat A., Chen H.H.L. et al. Determinants of LA reservoir strain: Independent effects of LA volume and LV global longitudinal strain. *Echocardiography.* 2020; 37 (12): 2018–2028. <https://doi.org/10.1111/echo.14922>
43. Bao L., Cheng L., Gao X. et al. Left atrial morpho-functional remodeling in atrial fibrillation assessed by three-dimensional speckle tracking echocardiography and its value in atrial fibrillation screening. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2022; 20 (1): 13. <https://doi.org/10.1186/s12947-022-00282-5>
44. Mochizuki A., Yuda S., Oi Y. et al. Assessment of left atrial deformation and synchrony by three-dimensional speckle-tracking echocardiography: comparative studies in healthy subjects and patients with atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2013; 26 (2): 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.10.003>
45. Olsen F.J., Bertelsen L., de Knecht M.C. et al. Multi-modality cardiac imaging for the assessment of left atrial function and the Association with atrial arrhythmias. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 9 (10). <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.004947>
46. Gupta D.K., Shah A.M., Giugliano R.P. et al. Left atrial structure and function in atrial fibrillation: ENGAGE AF-TIMI 48. *Eur. Heart J.* 2014; 35 (22): 1457–1465. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehf500>
47. Shin S.Y., Lim H.E., Choi U.J. et al. Impaired transport function of the left atrium in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation. *Echocardiography.* 2011; 28 (1): 44–51. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8175.2010.01271.x>
48. Shang Z., Su D., Cong T. et al. Assessment of left atrial mechanical function and synchrony in paroxysmal atrial fibrillation with two-dimensional speckle tracking echocardiography. *Echocardiography.* 2017; 34 (2): 176–183. <https://doi.org/10.1111/echo.13434>
49. Mochizuki A., Yuda S., Oi Y. et al. Assessment of left atrial deformation and synchrony by three-dimensional speckle-tracking echocardiography: comparative studies in healthy subjects and patients with atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2013; 26 (2): 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.10.003>
50. Chadaide S., Domsik P., Kalapos A., et al. Three-dimensional speckle tracking echocardiography-derived left atrial strain parameters are reduced in patients with atrial fibrillation (results from the MAGYAR-path study). *Echocardiography.* 2013; 30 (9): 1078–1083. <https://doi.org/10.1111/echo.12218>
51. Atsuko F., Katsuhisa I., Eiichi H. et al. Three-dimensional speckle tracking imaging for assessing left atrial function in hypertensive patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Int. Heart J.* 2016; 57 (6): 705. <https://doi.org/10.1536/ihj.16-121>
52. Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al. 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.* 2020; 42 (5): 373–498. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>
53. Benjamin E.J., Muntner P., Alonso A. et al. Heart disease and stroke statistics – 2019 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2019; 139 (10): e56–e528. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659>
54. Reiffel J.A., Verma A., Kowey P.R. et al. Incidence of previously undiagnosed atrial fibrillation using Insertable cardiac monitors in a high-risk population: the REVEAL AF study. *JAMA Cardiol.* 2017; 2 (10): 1120–1127. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2017.3180>
55. Brachmann J., Morillo C.A., Sanna T. et al. Uncovering atrial fibrillation beyond short-term monitoring in cryptogenic stroke patients: three-year results from the cryptogenic stroke and underlying atrial fibrillation trial. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2016; 9 (1): e003333. <https://doi.org/10.1161/circep.115.003333>
56. Casaclang-Verzosa G., Gersh B.J., Tsang T.S. Structural and functional remodeling of the left atrium: clinical and therapeutic implications for atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51: 1–11. <https://doi.org/10.4022/jafib.986>
57. Hoit B.D. Left atrial size and function: role in prognosis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014; 63: 493–505. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.055>
58. Yuda S., Muranaka A., Miura T. Clinical implications of left atrial function assessed by speckle tracking echocardiography. *J Echocardiogr.* 2016; 14: 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.055>
59. Kojima T., Kawasaki M., Tanaka R. et al. 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: 227–234. <https://doi.org/10.1093/ejechocard/jer281>
60. Yoon Y.E., Oh I.Y., Kim S.A. et al. Echocardiographic Predictors of Progression to Persistent or Permanent Atrial Fibrillation in Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation (E6P Study). *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28: 709–717. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.01.017>
61. Pagola J., González-Alujas T., Flores A. et al. Left atria strain is a surrogate marker for detection of atrial fibrillation in cryptogenic strokes. *Stroke.* 2014; 45: e164–166. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.005540>
62. Tzou W.S., Marchlinski F.E., Zado E.S. et al. Long-term outcome after successful catheter ablation of atrial fibrillation. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2010; 3: 237–242. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.109.923771>
63. Oral H., Knight B.P., Tada H. et al. Pulmonary vein isolation for paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Circulation.* 2002; 105: 1077–1081. <https://doi.org/10.1038/s41569-020-00451-x>
64. Berrueto A., Tamborero D., Mont L. et al. Pre-procedural predictors of atrial fibrillation recurrence after circumferential pulmonary vein ablation. *Eur. Heart J.* 2007; 28: 836–841. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm027>
65. Yasuda R., Murata M., Roberts R. et al. 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: 1008–1014. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev028>



66. Hammerstingl C., Schwekendiek M., Momcilovic D. et al. Left atrial deformation imaging with ultrasound based two-dimensional speckle-tracking predicts the rate of recurrence of paroxysmal and persistent atrial fibrillation after successful ablation procedures. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2012; 23: 247–255. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2011.02177.x>
67. Schneider C., Malisius R., Krause K. et al. Strain rate imaging for functional quantification of the left atrium: atrial deformation predicts the maintenance of sinus rhythm after catheter ablation of atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2008; 29 (11): 1397–1409. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn168>.
68. Kuppahally S.S., Akoum N., Burgon N.S. et al. 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. <https://doi.org/10.1161/circimaging.109.865683>
69. Ma X.X., Boldt L.H., Zhang Y.L. et al. Clinical relevance of left atrial strain to predict recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation: a meta-analysis. *Echocardiography.* 2016; 33 (5): 724–733. <https://doi.org/S1205380612X>
70. Parwani A.S., Morris D.A., Blaschke F. et al. Left atrial strain predicts recurrence of atrial arrhythmias after catheter ablation of persistent atrial fibrillation. *Open Heart.* 2017; 4 (1): e000572. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2016-000572>
71. Moreno-Ruiz L.A., Madrid-Miller A., Martinez-Flores J.E. et al. Left atrial longitudinal strain by speckle tracking as independent predictor of recurrence after electrical cardioversion in persistent and long standing persistent non-valvular atrial fibrillation. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2019; 35: 1587–1596. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01597-7>
72. Nielsen A.B., Skaarup K.G., Lassen M. et al. 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: 1293–1309. <https://doi.org/10.1007/s10554-020-01828-2>
73. Nielsen A.B., Skaarup K.G., Djernaes K. et al. Left atrial contractile strain predicts recurrence of atrial tachyarrhythmia after catheter ablation. *Int. J. Cardiol.* 2022; 358: 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.04.056>
74. Nielsen A.B., Skaarup K.G., Hauser R. et al. Normal values and reference ranges for left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: the Copenhagen City heart study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2021; 23: 42–51. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab201>
75. Obokata M., Negishi K., Kurosawa K. et al. Left atrial strain provides incremental value for embolism risk stratification over CHA2DS2-VASc score and indicates prognostic impact in patients with atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2014; 27: 709–716.e4. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.03.010>
76. Azemi T., Rabdiya V.M., Ayirala S.R. et al. Left atrial strain is reduced in patients with atrial fibrillation, stroke or TIA, and low risk CHADS(2) scores. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012; 25: 1327–1332. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.09.004>
77. Shih J.Y., Tsai W.C., Huang Y.Y. et al. Association of decreased left atrial strain and strain rate with stroke in chronic atrial fibrillation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011; 24: 513–519. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2011.01.016>
78. Hsu P.C., Lee W.H., Chu C.Y. et al. Prognostic role of left atrial strain and its combination index with transmitral E-wave velocity in patients with atrial fibrillation. *Sci. Rep.* 2016; 6: 17318. <https://doi.org/10.1038/srep17318>
79. Olsen F.J., Jørgensen P.G., Møgelvang R. et al. Predicting Paroxysmal Atrial Fibrillation in Cerebrovascular Ischemia Using Tissue Doppler Imaging and Speckle Tracking Echocardiography J Stroke. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2016; 25: 350–359. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.10.004>
80. Kim D., Shim C.Y., Cho I.J. et al. 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: 20–27. <https://doi.org/10.4250/jcu.2016.24.1.20>

Для корреспонденции*: Стребкова Елизавета Дмитриевна – e-mail: elizabeth.strebkova@yandex.ru

Кадырова Мадина – канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Ялова Евгения Владиславовна – младший научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9409-5164>

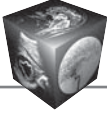
Шебзухова Фатима Султановна – ординатор отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0008-2478-490X>

Боташева Аида Адамовна – ординатор отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0008-5566-2577>

Стребкова Елизавета Дмитриевна – младший научный сотрудник отделения электрофизиологических рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения аритмий ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России; аспирант по специальности “сердечно-сосудистая хирургия” кафедры ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии РМАНПО Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5837-7255>

Кармазановский Григорий Григорьевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом лучевых методов диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. E-mail: karmazanovsky@ix.ru

Ревивили Амиран Шотаевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого” Минздрава России; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии им. акад. А.В. Покровского РМАНПО Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. E-mail: amirevi@mail.ru



Contact*: Elizaveta D. Strebkova – e-mail: elizabeth.strebkova@yandex.ru

Madina Kadirova – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Ultrasound diagnostics of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Evgenia V. Yalova – junior researcher of the Department of Ultrasound diagnostics of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9409-5164>

Fatima S. Shebzuhova – resident of the Department of Ultrasound diagnostics of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0009-0008-2478-490X>

Aida A. Botasheva – resident of the Department of Ultrasound diagnostics of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0009-0008-5566-2577>

Elizaveta D. Strebkova – junior researcher departments of electrophysiological X-ray endovascular methods of diagnostics and treatment of arrhythmias of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; postgraduate student of cardiovascular surgery specialty of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5837-7255>

Grigory G. Karmazanovsky – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiation Methods of Diagnostics of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of radiology department of Pirogov Russian national research medical university, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. E-mail: karmazanovsky@ixv.ru

Amiran Sh. Revishvili – Academician of the Russian Academy of Science, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Director of A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Head of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology named after A.V. Pokrovsky, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>. E-mail: amirevi@mail.ru