

Сережина Е.К., Обрезан А.Г.

ООО «Международный медицинский центр «СОГАЗ», Санкт-Петербург, Россия

## ЗНАЧИМОСТЬ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С СОХРАНЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА

Систематический обзор, в основе которого лежат 19 работ, опубликованных на ресурсах Elsevier, PubMed, Embase, Scopus, найденных по ключевым словам на английском языке: LA strain (Left atrial strain – деформация ЛП), STE (спектральная следящая эхокардиография), HF (сердечная недостаточность), HFpEF (СНсФВ), освещает результаты и выводы исследований по возможности применения эхокардиографической оценки деформации миокарда левого предсердия (ЛП) в режиме 2D для ранней диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) в повседневной клинической практике. Анализ результатов включенных в обзор исследований показал значимое снижение всех функций ЛП у пациентов с СНсФВ. Кроме того, многие работы продемонстрировали ассоциацию между снижением показателей деформации ЛП и пожилым возрастом, фибрилляцией предсердий, гипертрофией левого желудочка, систолической дисфункцией левого и правого желудочков, диастолической дисфункцией ЛЖ. Таким образом, результаты обзора свидетельствуют о значительных возможностях использования показателей деформации ЛП в оценке ранних стадий как систолической, так и диастолической миокардиальной дисфункции. Необходимо заметить, что ввиду недостаточной изученности функциональных систолических и диастолических индексов ЛП, учитывая их возрастающее значение в диагностике и прогнозе пациентов с СНсФВ, помимо существующих моделей стратификации риска данного заболевания, включающих клинические характеристики и/или другие эхокардиографические данные, эти параметры должны попасть в фокус внимания дальнейших исследований.

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ключевые слова      | Сердечная недостаточность; эхокардиография; левое предсердие; скорость деформации; спектральная следящая эхокардиография; СНсФВ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Для цитирования     | Serezhina E.K., Obrezan A.G. The significance of left atrial myocardial deformation assessment by speckle tracking echocardiography in the early diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. <i>Kardiologiia</i> . 2021;61(8):68–75. [Russian: Сережина Е.К., Обрезан А.Г. Значимость эхокардиографической оценки деформации миокарда левого предсердия в ранней диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. <i>Кардиология</i> . 2021;61(8):68–75] |
| Автор для переписки | Сережина Елена Константиновна. E-mail: zlotnikova.elena.konst@gmail.com                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

### Актуальность

Сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) является сложным и весьма распространенным гетерогенным заболеванием. Так, данная патология встречается у каждого десятого пожилого человека, а ее доля среди всех форм СН превышает 50%, при этом со временем число пациентов, страдающих данным заболеванием, лишь растет [1]. В связи с этим проблема ранней диагностики СНсФВ становится весьма актуальной. Однако следует отметить, что несмотря на большое количество проведенных исследований, международным медицинским сообществом не была выработана единая позиция относительно диагностических критериев данного заболевания. Так, Американская ассоциация кардиологов убеждена, что диагностика СНсФВ должна быть основана на типичных симптомах и признаках СН у пациента с нормальным значением ФВ левого желудочка (ЛЖ), без значительных клапанных аномалий по данным эхокардиографии и других провоцирующих СН факторов [2]. В то же время Европейское общество кардиологов настаивает на наличии диастолической дисфункции, наряду с симптомами и признаками СН,

а также нормальной или умеренно сниженной функции ЛЖ для диагностики СНсФВ [3]. Развитие визуализирующих методик позволяет выявлять новые параметры СНсФВ, которые охарактеризуют ранние проявления данной патологии. Спектральная следящая эхокардиография (Speckle Tracking Echocardiography-STE-) – является информативным, неинвазивным, легко воспроизводимым в амбулаторных условиях методом оценки деформационных свойств миокарда [4].

### Цель

В систематическом обзоре представить результаты и выводы исследований по применению эхокардиографической оценки деформации миокарда левого предсердия (ЛП) в режиме 2D для ранней диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) в повседневной клинической практике.

### Материал и методы

В основе данного обзора лежат 19 работ, посвященных возможностям и роли эхокардиографической оцен-

ки деформации миокарда левого предсердия в ранней диагностике СНсФВ. Был проведен поиск и анализ работ, посвященных теме обзора и опубликованных на ресурсах Elsevier и PubMed, Embase, и Scopus, по ключевым словам: «LA strain, STE, HF, СНсФВ».

## Результаты

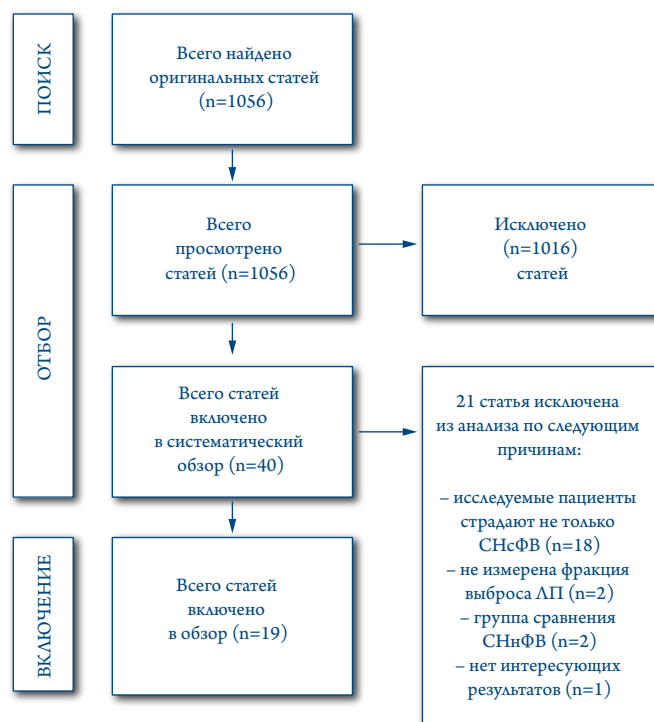
Систематический обзор и выбор исследований изложены в блок-схеме PRISMA (рис. 1). Из 1054 уникальных статей, прошедших скрининг, в окончательный анализ были включены 2 экспериментальных (1 рандомизированное контролируемое и 1 рандомизированное неконтролируемое), 3 ретроспективных и 17 проспективных наблюдательных исследования. Все они, освещенные в нашем анализе, включали в себя 1974 пациента с СНсФВ и 571 здорового исследуемого. Для оценки функции левого предсердия (ЛП) большинство работ использовали эхокардиографию (ЭхоКГ), в то время как только три базировались на данных компьютерной томографии. Семь исследований исключали пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП), тогда как средняя доля таковых в остальных работах составляла 24%.

Согласно изученным данным нормальный диапазон деформации ЛП фазы резервуара составляет 38,0–40,8%, для деформации фазы кондуита 20,7–25,2%, а для сократительной деформации – 16–19% [5]. Доказано, что снижение пиковой продольной деформации ЛП менее 17,5% обладает 89% чувствительностью и 55% специфичностью при диагностике СНсФВ [6].

Резервуарная функция ЛП, оцененная в 8 исследованиях, была значимо снижена у пациентов с СНсФВ по сравнению с группой контроля. Кроме того, 5 исследований показали снижение функции кондуита ЛП у пациентов с СНсФВ, при этом возраст пациента и значение  $E/e'$  значимо коррелировали с исследуемым параметром. В то же время насосная функция ЛП была значимо снижена у пациентов с СНсФВ по сравнению с группой контроля по данным 7 исследований.

Глобальная продольная сократимость миокарда ЛП тесно связана с его фиброзом и деформацией еще до ремоделирования сердечной камеры. STE необходима для раннего выявления повышенного давления в ЛП [5]. В исследовании Morris D.A. с соавт. продемонстрирова-

**Рисунок 1.** Блок-схема PRISMA, отражающая поиск и работу над литературными источниками для систематического обзора



СНсФВ – сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, СНнФВ – сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса.

ли, что параметры деформации ЛП положительно коррелировали с давлением наполнения ЛЖ (митральное  $E/e'$  соотношение), в то время как функция ЛП, оцененная как волюметрическим, так и 2-D STE методами – со степенью диастолической дисфункции [7].

Более того, Singh A. с соавт, основываясь на выраженности снижения деформации ЛП, определили степени диастолической дисфункции ЛЖ (ДДЛЖ) и выявили их корреляцию с нарушением всех вышеописанных функций ЛП. Так, функции кондуита и резервуарная ухудшались с прогрессией ДДЛЖ как при сравнении между ее степенями, так и между любой степенью ДДЛЖ и группой контроля. Интересно, что насосная функция первоначально увеличивалась у пациентов с ДДЛЖ 1-й степени, однако затем снижалась с прогрессией диастолической дисфункции (табл. 1) [8].

**Таблица 1.** Взаимосвязь диастолической дисфункции ЛЖ со снижением деформации ЛП

| Степень ДДЛЖ | Деформация ЛП, % | Резервуарная функция ЛП, % | Функция кондуита ЛП, % | Насосная функция ЛП, % |
|--------------|------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 степень    | 37±13            | 131±58                     | 29±15                  | 36±9                   |
| 1 степень    | 29±8             | 125±48                     | 26±18                  | 39±7                   |
| 2 степень    | 22±9             | 99±66                      | 24±12                  | 28±13                  |
| 3 степень    | 13±6             | 89±27                      | 21±8                   | 15±8                   |

ДДЛЖ – диастолическая дисфункция левого желудочка, ЛП – левое предсердие.

Таблица 2. Характеристика исследований параметров ЛП у пациентов с СНсФВ

| Автор, год публикации | Тип исследования | СНсФВ, n | Контроль, n | Соотношение возраста, СНсФВ / контроль | Соотношение количества пациентов, СНсФВ / контрольной группы | Наличие ФП, СНсФВ / контроль | Наличие артериальной гипертензии, СНсФВ / контроль | Наличие СА СНсФВ / контроль | ИМТ кг/м <sup>2</sup> , СНсФВ / контроль | ФВ ЛЖ, %, СНсФВ / контроль | Наличие ожирения, СНсФВ / контроль | Метод измерения ЛП | СНсФВ критерии                                                       | Продолжительность наблюдений, мес |
|-----------------------|------------------|----------|-------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Reddy, 2019 [16]      | Проспективное    | 238      | 125         | 68±10/<br>58±14                        | 38/44                                                        | 17/0                         | 90/71                                              | 16/29                       | 32,9±7,1/<br>28,4±5,5                    | 63±6/<br>63±5              | –                                  | ЭХОКГ              | Клиническая картина. ФВ ЛЖ >50%                                      | –                                 |
| Telles, 2019 [17]     | Проспективное    | 49       | 22          | 69,4±8/<br>67±9,9                      | 28,6/22,7                                                    | 26,5/4,5                     | 67/73                                              | 14/23                       | 30,2±5/<br>30,3±5,4                      | 62,6±6,1/<br>61,4±6,7      | 51/50                              | ЭХОКГ              | Клиническая картина. ФВ ЛЖ >50%                                      | –                                 |
| Li, 2018 [18]         | Проспективное    | 55       | 33          | 61±13/<br>58±11                        | 45,5/36,4                                                    | –                            | 93/–                                               | 43/–                        | –                                        | 59,6±6,5/<br>62,1±4,4      | 9                                  | ЭХОКГ              | ASE. ФВ ЛЖ >50%                                                      | –                                 |
| Issa, 2017 [19]       | Ретроспективное  | 40       | 40          | 72,1±13/<br>72,1±12,7                  | 50/50                                                        | 0                            | 96/98                                              | 60/40                       | 32,5±11,3/<br>27,7±5,2                   | 62,9±3,56/<br>64,3±3,31    | –                                  | ЭХОКГ              | ACCf/АНА. ФВ ЛЖ >50%                                                 | –                                 |
| Kanagala, 2017 [12]   | Проспективное    | 140      | 48          | 73±9/<br>73±5                          | 49/50                                                        | 31/–                         | 91/46                                              | 50/0                        | 34±7/<br>25±3                            | 56±5/<br>58±5              | –                                  | КТ                 | Клиническая картина. ФВ ЛЖ >50%                                      | 20,3                              |
| Aung, 2017 [20]       | Проспективное    | 38       | 45          | 62,5±5,7/<br>64,2±6,6                  | 50/53,3                                                      | 0                            | 60,5/55,6                                          | 13,2/13,3                   | 28,1±1,99/<br>27,3±1,97                  | 62,9±4,2/<br>62,8±4,1      | –                                  | ЭХОКГ              | ESC. ФВ ЛЖ >50%                                                      | –                                 |
| Von Roeder, 2017 [13] | Проспективное    | 22       | 12          | 65±9/<br>58±9                          | 14/75                                                        | 23/0                         | 96/67                                              | 14/3                        | 30,3±4,1/<br>26,8±2,6                    | 67±8/<br>63±10             | –                                  | ЭХОКГ и КТ         | Клиническая картина. Диагностическая дисфункция по ЭХОКГ. ФВ ЛЖ >50% | –                                 |
| Sugimoto, 2017 [21]   | Проспективное    | 20       | 32          | 72,6±10,3/<br>56,5±14,6                | 40/38                                                        | 0                            | 74/66                                              | 42/6                        | 28,3±5/<br>25,6±4,3                      | 56±11/<br>67±6             | –                                  | ЭХОКГ              | ESC. LVEF >50%                                                       | –                                 |
| Butysi, 2016 [22]     | Проспективное    | 74       | 29          | 61±8/<br>56±9                          | 28,44                                                        | 9,9/–                        | 84,6/–                                             | 54,6/–                      | 29,7±4/<br>27±3,7                        | 61,4±8/<br>61±10           | –                                  | ЭХОКГ              | Клиническая картина. ФВ ЛЖ >50%                                      | –                                 |
| Freed, 2016 [23]      | Ретроспективное  | 308      | 0           | 65±13                                  | 36                                                           | 25                           | 75                                                 | 30                          | 31,5±8,6                                 | 61,0±6,4                   | 50                                 | ЭХОКГ              | Framingham                                                           | 13,8                              |

**Таблица 2 (продолжение). Характеристика исследований параметров ЛП у пациентов с СНсФВ**

| Автор, год публикации | Тип исследования  | Число пациентов, включенных в исследование | Средний возраст, лет | Соотношение количества пациентов, включенных в исследование, к общему числу пациентов | Наличие ФП, СНсФВ / контроль | Наличие артериальной гипертензии, СНсФВ / контроль | Наличие СА, СНсФВ / контроль | ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , СНсФВ / контроль | ФВ ЛЖ, %, СНсФВ / контроль | Наличие ожирения, СНсФВ / контроль | Метод измерения ЛП | СНсФВ критерии                           | Продолжительность наблюдений, мес. |
|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| Hung, 2016 [24]       | Ретроспективное   | 40                                         | 61±10,2 / 57,5±7,7   | 47,5 / 59                                                                             | -                            | -                                                  | -                            | 26,2±2,6 / 24,6±2                         | -                          | -                                  | ЭХОКГ              | ФВ ЛЖ >50%                               | 33,5                               |
| Sanchis, 2016 [25]    | Проспективное     | 74                                         | 76,6±7,2 / 71,3±11,4 | 26,7 / 23,9                                                                           | 39,2 / 0                     | 86,5 / 63                                          | 23 / 11                      | -                                         | 59,8±5,2 / 60,8±3,7        | -                                  | ЭХОКГ              | ESC. ФВ ЛЖ ≥45%                          | 44,4                               |
| Santos, 2016 [6]      | Рандомизированное | 357                                        | 68,9±7,9             | 43,3                                                                                  | 21,6                         | 93                                                 | 41,6                         | 32,9 / 7,1                                | 60,4±7,7                   | 59,8                               | ЭХОКГ              | ФВ ЛЖ ≥45%                               | 31                                 |
| Meleznikov, 2015 [26] | Ретроспективное   | 101                                        | -                    | 71±10 / 63±7                                                                          | 42 / 47                      | 42 / 0                                             | 93 / 57                      | 47 / 0                                    | 62±5,9 / 62±4,3            | -                                  | ЭХОКГ              | Framingham. ФВ ЛЖ >50%                   | -                                  |
| Wang, 2015 [27]       | Проспективное     | 80                                         | -                    | 66±8                                                                                  | 64                           | 0                                                  | 47                           | 27,3                                      | 63                         | -                                  | ЭХОКГ              | ESC. ФВ ЛЖ >50%                          | 36                                 |
| Santos, 2014 [28]     | Рандомизированное | 135                                        | 70±9 / 68±6          | 39 / 32                                                                               | 23 / -                       | 92 / 0                                             | 35 / 0                       | 29,6±5,7 / 25,2±3,7                       | 59±7 / 60±3                | -                                  | ЭХОКГ              | ХСН II-IV ФК, BNP >400 пг/мл, ФВ ЛЖ ≥45% | -                                  |
| Kowalick, 2014 [14]   | Проспективное     | 10                                         | 69,7 / 40,6          | 70,50%                                                                                | 0                            | -                                                  | -                            | -                                         | 63,6±3 / 67,4±6,4          | -                                  | КТ                 | ESC. ФВ ЛЖ >50%                          | -                                  |
| Morris, 2015 [7]      | Проспективное     | 377                                        | 69,9±9,2 / 36,1±12,7 | 53,4%                                                                                 | -                            | -                                                  | -                            | 28,6±5,1 / 22,4±2,5                       | 62,7±6,7 / 63,6±5,7        | -                                  | ЭХОКГ              | LDD, ФВ ЛЖ >50%                          | -                                  |
| Al Saikhan, 2019 [15] | Проспективное     | 171                                        | 62±13 / 59±10        | 64,3%                                                                                 | 11 / -                       | -                                                  | -                            | 27,1±5,3 / 26,1±4,4                       | 54,9±5,3 / 66,2±5,7        | -                                  | ЭХОКГ              | ФВ ЛЖ ≥45% / ГЛЖ / ГЛП                   | -                                  |

СНсФВ – сердечная недостаточность с сохранной фракцией выброса, ИМТ – индекс массы тела, ФП – фибрилляция предсердий, BNP – натрийуретический пептид, СА – сахарный диабет, ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка, ГЛП – гипертрофия левого предсердия, ESC – критерии Европейского кардиологического общества, ACC / AHA / ASE – критерии американских кардиологических обществ, LDD – проба с низкими дозами добутинамина КТ- компьютерная томография, ХСН – хроническая сердечная недостаточность.

Важно заметить, что при использовании инвазивного измерения конечного диастолического давления ЛП было доказано, что данные деформации ЛП являются более точными предикторами его повышения более 12 мм рт. ст., чем широко используемое отношение  $E/e'$  [9]. Другое исследование продемонстрировало более высокую эффективность и диагностическую значимость деформации ЛП в выявлении повышенного давления наполнения ЛЖ и его диастолической дисфункции по сравнению с ФВ ЛП, индексом объема ЛП и  $E/e'$  вне зависимости от ФВ ЛЖ [10].

Более того, была выявлена положительная корреляция между данными STE ЛП и компьютерной томографии с отслеживанием маркированных патернов миокарда – количественным методом оценки движения вокселей тканей на стандартных снимках без стационарной прецессии [11–14].

Кроме того, Al Saikhan L. С соавт. показали, что более низкие показатели пиковой продольной деформации ЛП коррелируют с более высоким уровнем NT-pro-BNP [15].

Таким образом, все рассмотренные исследования, посвященные оценке основных параметров ЛП и использовавшие параметр деформации, показали значимое снижение всех функций данной камеры сердца у пациентов с СНсФВ по сравнению с группой контроля. Кроме того, многие исследования продемонстрировали, что сниженные показатели деформации ЛП чаще ассоциировались с пожилым возрастом, фибрилляцией предсердий, гипертрофией ЛЖ, систолической дисфункцией левого и правого желудочков, диастолической дисфункцией ЛЖ. Характеристики проведенных исследований, а также участвующих в них пациентов приведены в таблице 2.

## Обсуждение

Как известно, в основе патофизиологического механизма СНсФВ лежит диастолическая дисфункция ЛЖ. Диастола – важный компонент сердечного цикла, в течение которого происходит наполнение ЛЖ, что определяет последующий систолический выброс. Многие факторы способствуют оптимальному наполнению ЛЖ, в том числе венозный возврат, приток крови из малого круга кровообращения в ЛП и его опорожнение в ЛЖ. Нарушение данного процесса увеличивает давление в полости ЛП, что приводит к его дилатации, а следовательно, и к дисфункции миокарда [29]. Помимо механических нарушений ЛП, его эндокринная дисфункция, выражающаяся в снижении синтеза предсердного натрийуретического пептида и/или развитии резистентности к нему, регуляторная недостаточность ЛП (симпатическая перегрузка, избыточный вазопрессин), а также его ремоделирование могут играть роль в реализации сложных патофизиологических механизмов, связанных с дисфункцией ЛП и СНсФВ [30]. Действительно, было показано, что хронически повышенное давление наполнения ЛЖ вызывает эксцентрическую гипертрофию и ремоделирование ЛП, что, в свою очередь, может привести к снижению сократительной способности и, следовательно, к механической предсердной дисфункции в патофизиологии СНсФВ [12, 31].

Поскольку генез СНсФВ различен, в настоящее время не достигнут международный консенсус относительно параметров, однозначно характеризующих ее. Уточним, что в 2019 году Европейским обществом кардиологов были определены большие и малые критерии диагностики СНсФВ, представленные в таблице 3 [32].

Таблица 3. Критерии СНсФВ

| Большие критерии                                                                                                                                                                          | Малые критерии                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $e'$ септальная <7 см/с или $e'$ латеральная <10 см/с, у лиц моложе 75 лет;<br>$e'$ септальная <5 см/с или $e'$ латеральная <7 см/с, у лиц старше 75 лет.                                 | Соотношение $E/e'$ в пределах от 9 до 14                                                                                                                                                                                     |
| Соотношение $E/e' \geq 15$                                                                                                                                                                | Снижение глобальной продольной сократимости ЛЖ <16%                                                                                                                                                                          |
| Пиковая скорость трикуспидальной регургитации более 2,8 м/с                                                                                                                               | Индекс объема ЛП в пределах 29–34 мл/м <sup>2</sup> при синусовом ритме и 34–40 мл/м <sup>2</sup> при фибрилляции предсердий                                                                                                 |
| Давление в легочных венах более 35 мм рт. ст.                                                                                                                                             | ИММЛЖ $\geq 115$ г/м <sup>2</sup> у мужчин и $\geq 95$ г/м <sup>2</sup> у женщин                                                                                                                                             |
| Повышение индекса объема ЛП >34 мл/м <sup>2</sup> при синусовом ритме и >40 мл/м <sup>2</sup> при фибрилляции предсердий                                                                  | Повышение уровня NT-proBNP в пределах 125–220 пг/мл или BNP в пределах 35–80 пг/мл при синусовом ритме, или повышение уровня NT-proBNP в пределах 375–660 пг/мл или BNP в пределах 105–240 пг/мл при фибрилляции предсердий. |
| ИММЛЖ $\geq 149$ г/м <sup>2</sup> у мужчин и $\geq 122$ г/м <sup>2</sup> у женщин                                                                                                         | –                                                                                                                                                                                                                            |
| Повышение уровня NT-proBNP более 220 пг/мл или BNP более 80 пг/мл при синусовом ритме, или повышение уровня NT-proBNP более 660 пг/мл или BNP более 240 пг/мл при фибрилляции предсердий. | –                                                                                                                                                                                                                            |

$e'$  – ранняя пиковая диастолическая скорость релаксации миокарда,  $E$  – ранняя диастолическая скорость трансмитрального кровотока, ИММЛЖ – индекс массы миокарда ЛЖ, NT-proBNP – предшественник мозгового натрийуретического пептида, BNP – натрийуретический пептид.



При подсчете набранных баллов 1 большой критерий оценивается в 2 балла, а малый – 1 балл. При сумме баллов более 5 диагноз СНсФВ считается верифицированным, в то время как суммарный балл от 2 до 4 требует проведения дополнительных исследований, таких как нагрузочные пробы или инвазивные методики. Если сумма баллов не превышает 1, то диагноз СНсФВ маловероятен [31].

Следует отметить, что существующие параметры неинвазивных методик обладают недостаточной чувствительностью и специфичностью для точной классификации пациентов с начальными проявлениями СНсФВ. Для выполнения данной задачи в 2D ЭХОКГ в настоящее время используются следующие объемные показатели ЛП:

**Полная фракция выброса (ФВЛП)**

$$(LA_{\max} - LA_{\min}) / LA_{\max}$$

**Индекс растяжения (EI)**

$$(LA_{\max} - LA_{\min}) / LA_{\min}$$

**Пассивная ФВЛП**

$$(LA_{\max} - LA_{\text{pre-a}}) / LA_{\max}$$

**Активная ФВЛП**

$$(LA_{\text{pre-a}} - LA_{\min}) / LA_{\text{pre-a}}$$

где  $LA_{\max}$  – конечно-систолический объем ЛП,  $LA_{\min}$  – конечно-диастолический объем ЛП,  $LA_{\text{pre-a}}$  – объем ЛП сразу после его систолы (совпадает с зубцом р на ЭКГ) [15].

Использование индекса объема ЛП, как и других вышеупомянутых объемных показателей ЛП, в качестве одного из эхокардиографических критериев СНсФВ имеет свои ограничения. Так, например, данная методика, в отличие от STE, является углозависимой и имеет ограниченную область применения [33]. Вследствие этого неудовлетворительная визуализация и использование нестандартных эхокардиографических окон могут оказать существенное негативное влияние на проведение геометрических расчетов и значительно снизить точность проводимого вычисления. Кроме того, в консенсусе говорится о косвенной корреляции индекса объема ЛП с давлением наполнения ЛЖ. В то время как последние исследования продемонстрировали более высокую эффективность и диагностическую значимость оценки деформации ЛП в выявлении повышенного давления наполнения ЛЖ и его ДД по сравнению с ФВ ЛП, индексом объема ЛП и  $E/e'$  [10]. Вычисление объемных показателей ЛП требует большего количества времени, чем STE.

Вследствие вышесказанного, большую диагностическую значимость приобретает оценка параметров деформации миокарда в режиме 2D (STE). Это метод

оценки сердечной функции, визуализирующий каждую область миокарда как определенную, относительно стабильную и уникальную структуру паттернов, что позволяет отличать ее от других областей миокарда в течение сердечного цикла. Следует еще раз отметить, что данная методика является углом-независимой. При помощи данного метода могут быть измерены параметры, определяющие как систолическую, так и диастолическую функцию миокарда в трех взаимоперпендикулярных плоскостях: деформация (S-strain) и скорость деформации (SR-strain-rate) [4].

Как известно, основными направлениями деформации миокарда являются продольная, радиальная и циркулярная. Несмотря на то, что данная визуализирующая методика разрабатывалась для оценки функции ЛЖ, исследователи показали возможность ее применения и для ЛП. Однако ввиду толщины стенки ЛП и отличительной ориентации в нем мышечных волокон, в настоящее время возможна оценка лишь его продольной деформации [11].

ЛП выполняет несколько функций, каждая из которых может быть охарактеризована определенными показателями STE.

- Функция резервуара крови, поступающей в ЛП из легочных вен во время систолы ЛЖ и его изоволюметрической диастолы. Во время этой фазы сердечного цикла происходит растяжение мышечных волокон, отмечается положительная деформация ЛП с пиковым значением во время завершения данной фазы – открытия митрального клапана.
- Функция канала, пассивно проводящего кровь в ЛЖ. В эту фазу напряжение мышечных волокон снижается до плато, которое соответствует диастазу, отмечается «нулевая» деформация.
- Функция насоса, подкачивающего кровь в ЛЖ. Во время этой фазы наблюдается сокращение и укорочение мышечных волокон ЛП и, следовательно, отрицательная деформация ЛП.

Следует отметить, что реализация каждой из вышеописанных функций, в свою очередь, зависит, в том числе и от работы ЛЖ. Так, сократительная способность ЛЖ влияет на функцию резервуара ЛП. Выполнение задачи кондукта также обусловлено диастолической функцией миокарда ЛЖ, а конечное диастолическое давление ЛЖ и эластичность его волокон определяют выполнение насосной функции ЛП. Таким образом, по мере прогрессирования дисфункции ЛЖ, несмотря на гиперфункцию ЛП, его вклад в наполнение ЛЖ уменьшается, что может быть причиной внутренней дисфункции предсердия, вызванной повышенной нагрузкой на его миокард [5]. Ввиду вышесказанного ДД ЛЖ приводит к нарушению функций ЛП, что играет важную роль в патофизиологии СНсФВ.

В настоящее время для диагностики СНсФВ активно рассматриваются параметры STE, характеризующие работу ЛП. Однако, ввиду вариации методологических подходов к исследованию его продольной сократимости, диапазон нормальных значений сильно варьируется от 27,6 до 59,8%. Для оценки данного параметра исследователи использовали разные проекции: чаще – двух- и четырехкамерные апикальные, реже – трехкамерную апикальную или трехкамерную проекцию по короткой оси. При этом в каждой из них зона интереса разбивается на 6 сегментов, формируя таким образом 12 сегментов. Смещение маркеров представляет собой движения ткани и предоставляет как пространственные, так и временные данные для расчета векторов скорости. Количественные кривые, представляющие все сегменты, выражены для каждой переменной. Регионарная деформация ЛП и кривая скорости деформации могут быть проанализированы вместе с временными точками сердечного цикла, так что релаксационные и сократительные функции каждого сегмента ЛП могут быть проанализированы детально.

Освещенные нами выше работы демонстрируют высокую чувствительность и специфичность снижения пиковой продольной деформации ЛП менее 17,5% в диагностике СНсФВ [6]. Более того, данный показатель может быть использован и для прогноза у пациентов с СН. Так, Hewing B с соавт. доказали, что снижение продольной деформации ЛП менее 23% в значительной степени связано с ухудшением функционального класса СН по Нью-Йоркской классификации (NYHA) и риском госпитализации по причине СН в 2-летнем интервале, независимо от возраста и пола [34].

Следует отметить, что многие исследования выявили частую ассоциацию между сниженными показателями деформации ЛП и пожилым возрастом, фибрилляцией предсердий, гипертрофией ЛЖ, систолической дисфункцией левого и правого желудочков, ДД ЛЖ [1].

## Выводы

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о значительных возможностях использования показателей деформации ЛП в оценке ранних стадий как систолической, так и диастолической дисфункции миокарда.

Однако, несмотря на множественные положительные корреляции и доказанную эффективность STE, до сих пор не разработаны единые рекомендации по измерению деформации ЛП, вследствие чего значения данного показателя сильно варьируются. Кроме того, тонкостенное ЛП создает трудности при реализации STE, в связи с чем необходимы дальнейшее углубленное изучение возможностей данного визуализирующего метода в диагностике ранних стадий СНсФВ и усовершенствование техники ее проведения. Таким образом, ввиду недостаточной изученности функциональных индексов ЛП, учитывая их возрастающее значение в диагностике и прогнозе пациентов с СНсФВ, помимо существующих моделей стратификации риска, включающих клинические характеристики и/или другие эхокардиографические данные, эти параметры должны оказаться в фокусе внимания дальнейших исследований.

*Конфликт интересов не заявлен.*

**Статья поступила 20.10.2020**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Upadhyay B, Kitzman DW. Heart failure with preserved ejection fraction: New approaches to diagnosis and management. *Clinical Cardiology*. 2020;43(2):145–55. DOI: 10.1002/clc.23321
2. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE, Colvin MM et al. 2017 ACC/AHA/HFSA Focused Update of the 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Failure Society of America. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017;70(6):776–803. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.04.025
3. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*. 2016;37(27):2129–200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128
4. Serezhina E.K., Obrezan A.G. New imaging techniques in the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. *Russian Medical Journal. Medical Review*. 2019;3(1–2):52–6. [Russian: Сережина Е.К. Обрезан А.Г. Новые визуализирующие методики в диагностике сердечной недостаточности с сохранной фракцией выброса. *Русский Медицинский Журнал. Медицинское обозрение*. 2019;3(1–2):52–6]
5. Mandoli GE, Sisti N, Mondillo S, Cameli M. Left atrial strain in left ventricular diastolic dysfunction: have we finally found the missing piece of the puzzle? *Heart Failure Reviews*. 2020;25(3):409–17. DOI: 10.1007/s10741-019-09889-9
6. Santos ABS, Roca GQ, Claggett B, Sweitzer NK, Shah SJ, Anand IS et al. Prognostic Relevance of Left Atrial Dysfunction in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Circulation: Heart Failure*. 2016;9(4):e002763. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002763
7. Morris DA, Takeuchi M, Krisper M, Kohncke C, Bekfani T, Carstensen T et al. Normal values and clinical relevance of left atrial myocardial function analysed by speckle-tracking echocardiography: multicentre study. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2015;16(4):364–72. DOI: 10.1093/ehjci/jeu219
8. Singh A, Addetia K, Maffessanti F, Mor-Avi V, Lang RM. LA Strain for Categorization of LV Diastolic Dysfunction. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2017;10(7):735–43. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.08.014
9. Cameli M, Sparla S, Losito M, Righini FM, Menci D, Lisi M et al. Correlation of Left Atrial Strain and Doppler Measurements with Invasive Measurement of Left Ventricular End-Diastolic Pressure in Patients

- Stratified for Different Values of Ejection Fraction. *Echocardiography*. 2016;33(3):398–405. DOI: 10.1111/echo.13094
10. Frydas A, Morris DA, Belyavskiy E, Radhakrishnan A, Kropf M, Tadic M et al. Left atrial strain as sensitive marker of left ventricular diastolic dysfunction in heart failure. *ESC Heart Failure*. 2020;7(4):1956–65. DOI: 10.1002/ehf2.12820
11. Buggey J, Hoit BD. Left atrial strain: measurement and clinical application. *Current Opinion in Cardiology*. 2018;33(5):479–85. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000537
12. Kanagala P, Cheng ASH, Singh A, McAdam J, Marsh AM, Arnold JR et al. P565 Left atrial ejection fraction: a novel diagnostic and prognostic biomarker in heart failure with preserved ejection fraction, irrespective of cardiac rhythm. *European Heart Journal*. 2017;38(Suppl 1):98. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx501.P565
13. von Roeder M, Rommel K-P, Kowallick JT, Blazek S, Besler C, Fenger K et al. Influence of Left Atrial Function on Exercise Capacity and Left Ventricular Function in Patients with Heart Failure and Preserved Ejection Fraction. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2017;10(4):e005467. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005467
14. Kowallick JT, Kutty S, Edelmann F, Chiribiri A, Villa A, Steinmetz M et al. Quantification of left atrial strain and strain rate using Cardiovascular Magnetic Resonance myocardial feature tracking: a feasibility study. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2014;16(1):60. DOI: 10.1186/s12968-014-0060-6
15. Al Saikhan L, Hughes AD, Chung W-S, Alsharqi M, Nihoyannopoulos P. Left atrial function in heart failure with mid-range ejection fraction differs from that of heart failure with preserved ejection fraction: a 2D speckle-tracking echocardiographic study. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2019;20(3):279–90. DOI: 10.1093/ehjci/jej171
16. Reddy YNV, Obokata M, Egbe A, Yang JH, Pislaru S, Lin G et al. Left atrial strain and compliance in the diagnostic evaluation of heart failure with preserved ejection fraction. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(7):891–900. DOI: 10.1002/ehf.1464
17. Telles F, Nanayakkara S, Evans S, Patel HC, Mariani JA, Vizi D et al. Impaired left atrial strain predicts abnormal exercise haemodynamics in heart failure with preserved ejection fraction. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(4):495–505. DOI: 10.1002/ehf.1399
18. Liu S, Guan Z, Zheng X, Meng P, Wang Y, Li Y et al. Impaired left atrial systolic function and inter-atrial dyssynchrony may contribute to symptoms of heart failure with preserved left ventricular ejection fraction: A comprehensive assessment by echocardiography. *International Journal of Cardiology*. 2018; 257:177–81. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.12.042
19. Issa O, Peguero J, Podesta C, Diaz D, De La Cruz J, Pirela D et al. Left atrial size and heart failure hospitalization in patients with diastolic dysfunction and preserved ejection fraction. *Journal of Cardiovascular Echography*. 2017;27(1):1–6. DOI: 10.4103/2211-4122.199064
20. Aung SM, Güler A, Güler Y, Huraibat A, Karabay CY, Akdemir I. Left atrial strain in heart failure with preserved ejection fraction. *Herz*. 2017;42(2):194–9. DOI: 10.1007/s00059-016-4456-y
21. Sugimoto T, Bandera F, Generati G, Alfonzetti E, Bussadori C, Guazzi M. Left Atrial Function Dynamics During Exercise in Heart Failure: pathophysiological implications on the right heart and exercise ventilation inefficiency. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2017;10(10):1253–64. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.09.021
22. Bytçi I, Bajraktari G. Left atrial changes in early stages of heart failure with preserved ejection fraction. *Echocardiography*. 2016;33(10):1479–87. DOI: 10.1111/echo.13306
23. Freed BH, Daruwalla V, Cheng JY, Aguilar FG, Beussink L, Choi A et al. Prognostic Utility and Clinical Significance of Cardiac Mechanics in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Importance of Left Atrial Strain. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2016;9(3):e003754. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.115.003754
24. Hung C-L, Yun C-H, Lai Y-H, Sung K-T, Bezerra HG, Kuo J-Y et al. An observational study of the association among interatrial adiposity by computed tomography measure, insulin resistance, and left atrial electromechanical disturbances in heart failure. *Medicine*. 2016;95(24):e3912. DOI: 10.1097/MD.00000000000003912
25. Sanchis L, Andrea R, Falces C, Lopez-Sobrinio T, Montserrat S, Perez-Villa F et al. Prognostic Value of Left Atrial Strain in Outpatients with De Novo Heart Failure. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016;29(11):1035–1042.e1. DOI: 10.1016/j.echo.2016.07.012
26. Melenovsky V, Hwang S-J, Redfield MM, Zakeri R, Lin G, Borlaug BA. Left Atrial Remodeling and Function in Advanced Heart Failure with Preserved or Reduced Ejection Fraction. *Circulation: Heart Failure*. 2015;8(2):295–303. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.114.001667
27. Wang J, Fang F, Wai-Kwok Yip G, Sanderson JE, Feng W, Xie J-M et al. Left ventricular long-axis performance during exercise is an important prognosticator in patients with heart failure and preserved ejection fraction. *International Journal of Cardiology*. 2015; 178:131–5. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.130
28. Santos ABS, Kraigher-Krainer E, Gupta DK, Claggett B, Zile MR, Pieske B et al. Impaired left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction. *European Journal of Heart Failure*. 2014;16(10):1096–103. DOI: 10.1002/ehf.147
29. Henein MY, Lindqvist P. Diastolic function assessment by echocardiography: A practical manual for clinical use and future applications. *Echocardiography*. 2020;37(11):1908–18. DOI: 10.1111/echo.14698
30. Triposkiadis F, Pieske B, Butler J, Parissis J, Giamouzis G, Skoularigis J et al. Global left atrial failure in heart failure: Global left atrial failure. *European Journal of Heart Failure*. 2016;18(11):1307–20. DOI: 10.1002/ehf.645
31. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2019;40(40):3297–317. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz641
32. Khan MS, Memon MM, Murad MH, Vaduganathan M, Greene SJ, Hall M et al. Left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Heart Failure*. 2020;22(3):472–85. DOI: 10.1002/ehf.1643
33. Nemes A, Kormányos Á, Domsik P, Kalapos A, Lengyel C, Forster T. Normal reference values of three-dimensional speckle-tracking echocardiography-derived left atrial strain parameters (results from the MAGYAR-Healthy Study). *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2019;35(6):991–8. DOI: 10.1007/s10554-019-01559-z
34. Hewing B, Theres L, Spethmann S, Stangl K, Dreger H, Knebel F. Left atrial strain predicts hemodynamic parameters in cardiovascular patients. *Echocardiography*. 2017;34(8):1170–8. DOI: 10.1111/echo.13595