



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

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1358>

## Роль эхокардиографии в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка

© Солдатова А.М.\*, Широков Н.Е., Ярославская Е.И.

Тюменский кардиологический научный центр – филиал Томского национального исследовательского медицинского центра Российской академии наук; 625026 Тюмень, ул. Мельникайте, д. 111, Российская Федерация

**Цель исследования:** изучить и проанализировать данные о роли эхокардиографического обследования в оценке диастолической функции левого желудочка и диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ).

**Материал и методы.** Проведен поиск научных публикаций и клинических рекомендаций в информационно-аналитических системах PubMed и Google Scholar за 2016–2022 гг. по следующим ключевым словам: диастолическая дисфункция, диастолический стресс-тест, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, эхокардиография. Дополнительно проведен анализ списков литературы для обнаружения статей, соответствующих критериям поиска.

**Результаты.** Проанализировано 140 статей, 27 из которых использованы для составления обзора. Из списков литературы дополнительно включено 11 статей за 2003–2015 гг. Результаты поиска: созданы блоки статей, внутри которых статьи анализировали для изучения роли эхокардиографического обследования в оценке диастолической функции левого желудочка и диагностике СНсФВ.

**Заключение.** Эхокардиографическое обследование дает важную информацию о структуре и функции сердца и показано всем пациентам с подозрением на СНсФВ. По результатам рутинной оценки показателей тканевой доплерографии врачами ультразвуковой диагностики при выявлении снижения скорости расслабления левого желудочка клинический кардиолог имеет возможность принять решение о необходимости разворачивания алгоритма диагностики СНсФВ методом диастолического стресс-теста. Результаты диастолического стресс-теста в связи с его ограничениями следует интерпретировать в соответствии с клиническим сценарием или вероятностью наличия СНсФВ. Снижение диастолического резерва ( $E/e > 15$ ) – краеугольный камень подтверждения СНсФВ.

Ключевой задачей ближайших клинических испытаний является более четкое выделение различных клинических фенотипов СНсФВ, что позволит улучшить лечение каждого конкретного пациента с СНсФВ.

**Ключевые слова:** диастолическая дисфункция, диастолический стресс-тест, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, эхокардиография

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Солдатова А.М., Широков Н.Е., Ярославская Е.И. Роль эхокардиографии в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (2): 10–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1358>

Поступила в редакцию: 02.05.2023.

Принята к печати: 12.09.2023.

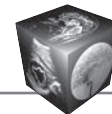
Опубликована online: 01.12.2023.

## Role of echocardiography in heart failure with preserved ejection fraction

© Anna M. Soldatova\*, Nikita E. Shirokov, Elena I. Yaroslavskay

Tyumen Cardiology Research Center – Branch of Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Science; 111, Melnikaite str., Tyumen 625026, Russian Federation

**Abstract.** This study aimed to investigate and analyze data regarding the role of echocardiographic examination in assessing the diastolic function of the left ventricle and diagnosing heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF).



**Materials and methods.** A search of scientific publications and clinical recommendations was conducted in the PubMed and Google Scholar information-analytical systems for the years 2016–2022, using keywords such as diastolic dysfunction, diastolic stress test, heart failure with preserved ejection fraction, and echocardiography. Additionally, literature lists were analyzed to identify articles meeting the search criteria.

**Results.** A total of 140 articles were analyzed, with 27 of them utilized in composing the review. Eleven additional articles from 2003–2015 were included from literature lists. The search results were organized into article blocks, within which articles were analyzed to study the role of echocardiographic examination in assessing the diastolic function of the left ventricle and diagnosing HFpEF.

**Conclusion:** Echocardiographic examination provides crucial information about the structure and function of the heart and is recommended for all patients with suspected HFpEF. Based on routine assessment of tissue Doppler imaging parameters, ultrasound diagnostic physicians can decide on the need to initiate the diagnostic algorithm for HFpEF using the diastolic stress test method. Results of the diastolic stress test, considering its limitations, should be interpreted in accordance with the clinical scenario or the probability of the presence of HFpEF. A reduction in diastolic reserve ( $E/e > 15$ ) is a cornerstone for confirming HFpEF. The key task of upcoming clinical trials is to better differentiate various clinical phenotypes of HFpEF, thereby improving the treatment of each specific patient with HFpEF.

**Keywords:** diastolic dysfunction, diastolic stress test, heart failure with preserved ejection fraction, echocardiography

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

**For citation:** Soldatova A.M., Shirokov N.E., Yaroslavskaya E.I. Role of echocardiography in heart failure with preserved ejection fraction. *Medical Visualization*. 2024; 28 (2): 10–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1358>

**Received:** 02.05.2023.

**Accepted for publication:** 12.09.2023.

**Published online:** 01.12.2023.

## Введение

Повышенное давление наполнения левого желудочка (ЛЖ) – причина одышки и низкой переносимости физической нагрузки у пациентов с сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) (появление ввиду недостаточного растяжения стенок ЛЖ при увеличении объема крови, поступающей из левого предсердия (ЛП) и вен преимущественно нижних конечностей в условиях физической нагрузки). “Золотым стандартом” оценки давления наполнения ЛЖ (или среднего давления в ЛП) для диагностики СНсФВ является катетеризация сердца с расчетом давления заклинивания легочной артерии. Однако инвазивный характер исследования обусловил необходимость поиска более доступных методов исследования для ежедневной клинической практики. На сегодняшний день эхокардиография позволяет неинвазивно оценить диастолическую функцию ЛЖ и давление его наполнения.

Алгоритмы оценки диастолической функции ЛЖ и повышенного давления наполнения ЛЖ подробно описаны в следующих основных документах: рекомендациях Американского общества эхокардиографии и Европейского общества по сердечно-сосудистой визуализации [1] и консенсусном документе Европейской ассоциации специалистов по сердечной недостаточности и Европейского общества кардиологов [2] и клинических рекомендациях Российского кардиологического общества [3].

Диастолическая дисфункция означает неспособность ЛЖ к достаточному наполнению для обеспечения требуемого ударного объема в покое.

Термины “диастолическая дисфункция” и “СНсФВ” не являются эквивалентами. Сложность разделения этих понятий усугубляет и используемая в клинических рекомендациях терминология. Так, в первом руководстве Европейского общества кардиологов и общества специалистов по сердечной недостаточности от 2007 г. был использован термин “диастолическая сердечная недостаточность” [4]. В дальнейшем при определении синдрома с клиническими признаками СН, но без снижения ФВЛЖ стал использоваться термин “СН с нормальной ФВЛЖ”. А в последнем пересмотре рекомендаций он был заменен на “СНсФВ” [2]. Диастолическая дисфункция лежит в основе развития СНсФВ, однако патофизиология СНсФВ более сложная и помимо наличия диастолической дисфункции включает также нарушение сократительного резерва, нарушение функции предсердий и пр. [5], что в совокупности приводит к повышению давления в ЛЖ и легочных венах и клинически проявляется симптомами СНсФВ в виде одышки и неудовлетворительной переносимости физической нагрузки [6, 7].

## Оценка диастолической функции

Для оценки диастолической функции ЛЖ рекомендуется использовать два отдельных алгоритма [1]:

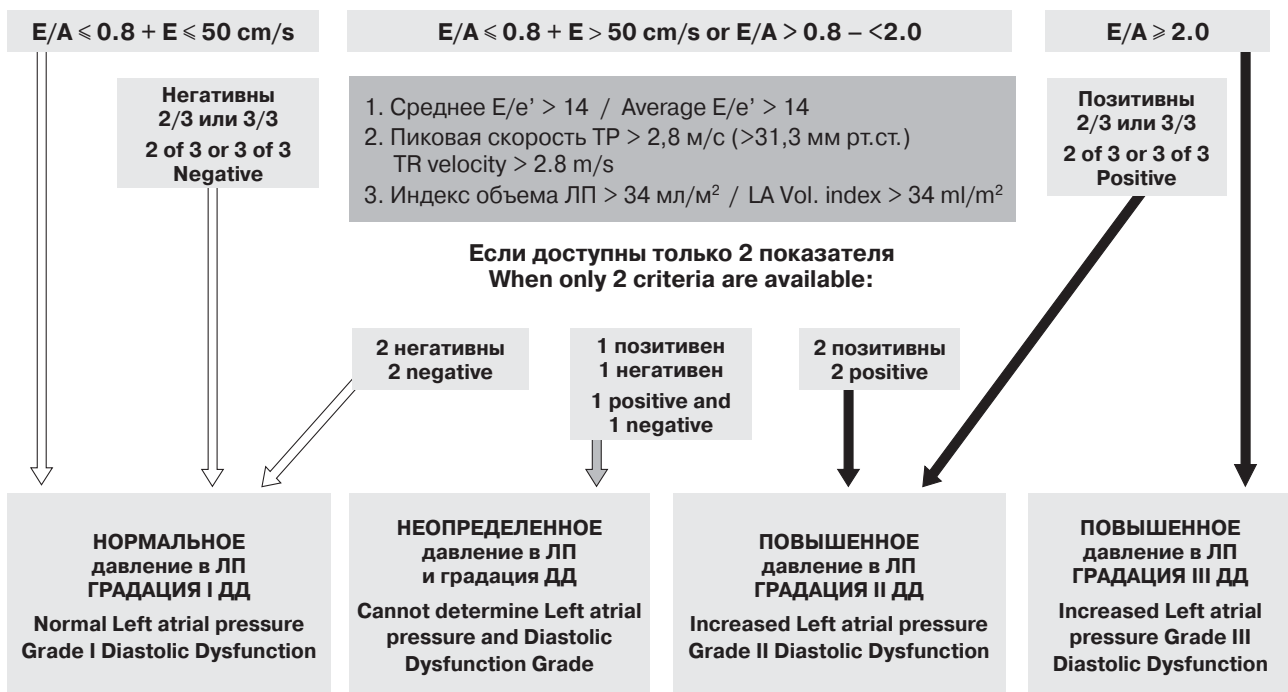
алгоритм А для пациентов без заболеваний сердца с ФВЛЖ  $>50\%$  для исключения диастолической функции ЛЖ (рис. 1);

алгоритм В для пациентов со сниженной ФВЛЖ ( $<50\%$ ) / нормальной ФВЛЖ ( $>50\%$ ) при наличии заболеваний миокарда при выявленной диастоли-



**Рис. 1.** Алгоритм А для оценки диастолической функции у пациентов без заболеваний сердца с ФВЛЖ  $> 50\%$ .

**Fig. 1.** Algorithm A for diagnosis of left ventricular diastolic dysfunction in patients with normal left ventricular ejection fraction.



**S/D Plvn  $< 1$  – повышенное давление в ЛП при ФВ ЛЖ  $< 50\%$**

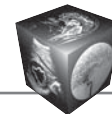
**Проба Вальсальвы – для дифференциальной диагностики ДД ГРАДАЦИЙ I и II**

**S/D Plvn  $< 1$  – increased Left atrial pressure and normal left ventricular ejection fraction**

**Valsalva maneuver for differential diagnosis of Grade I or II diastolic dysfunction**

**Рис. 2.** Алгоритм В для оценки диастолической функции у пациентов со сниженной ФВЛЖ ( $< 50\%$ ) или нормальной ФВЛЖ ( $> 50\%$ ) при наличии заболеваний миокарда.

**Fig. 2.** Algorithm B for estimation of left ventricular diastolic function in patients with depressed left ventricular ejection fraction and patients with myocardial disease and normal left ventricular ejection fraction.



ческой дисфункции или при подозрении на нее для оценки давления наполнения ЛЖ и определения степени диастолической дисфункции (рис. 2).

Среди пациентов, направленных на катетеризацию сердца, оба алгоритма продемонстрировали высокую надежность и превосходную межисследовательскую вариабельность [8].

В то же время чувствительность выявления диастолической дисфункции при использовании вышеописанного алгоритма, особенно дисфункции I степени, является низкой. Так, например, в работе J.G. Almeida и соавт. при оценке распространенности на 10 000 человек частота диастолической дисфункции, согласно рекомендациям 2016 г., составила 1,4% в сравнении с 34,1% при оценке диастолической дисфункции, согласно рекомендациям 2009 г. [9]. Недостатком алгоритма А для пациентов с ФВЛЖ >50% и неопределенной диастолической функцией является то, что категория пациентов с нормальной диастолической функцией может включать как пациентов с истинно нормальной диастолической функцией, так и пациентов со снижением релаксации миокарда при нормальном давлении наполнения, которые ранее классифицировались как имеющие диастолическую дисфункцию I степени. У части пациентов давление наполнения может повышаться только при физической нагрузке, а снижение  $e'$  может быть единственным измененным показателем в покое, что, согласно алгоритму А, позволяет их классифицировать, как имеющих нормальную диастолическую функцию [10, 11].

Для разделения нормальной диастолической функции и диастолической дисфункции I степени необходимо дополнительно учитывать клинические данные и результаты расширенного эхокардиографического обследования. Проведение пробы Вальсальвы может помочь отличить нормальное наполнение ЛЖ от псевдонормального и определить, является ли рестриктивное наполнение ЛЖ обратимым: снижение отношения  $E/A$  на  $\geq 50\%$ , не вызванное слиянием скоростей  $E$  и  $A$ , высокоспецифично для повышенного давления наполнения ЛЖ и свидетельствует о наличии диастолической дисфункции. Увеличение продолжительности скорости  $Ar$  в легочных венах по сравнению с продолжительностью  $A$  на митральном клапане ( $Ar-A$ ) также свидетельствует о повышенном давлении наполнения ЛЖ и диастолической дисфункции [1].

Три из 4 параметров (соотношение  $E/e' > 14$ , индекс объема ЛП  $> 34$  мл/м<sup>2</sup> и пиковая скорость трикуспидальной регургитации (TR)  $> 2,8$  м/с) в алгоритме А связаны не только с диастолической дисфункцией, но и с повышенным давлени-

ем наполнения ЛЖ, однако пациенты с наличием  $\geq 3$  параметров классифицируются лишь как имеющие диастолическую дисфункцию без указания давления в ЛП [1]. В то же время алгоритм В позволяет помимо определения степени диастолической дисфункции оценить также давление в ЛП. При этом у существенной части пациентов по этому алгоритму давление в ЛП и степень диастолической дисфункции не могут быть определены. Также, согласно алгоритму Б, отсутствует возможность классификации пациента как имеющего нормальную диастолическую функцию, что может привести к переоценке диастолической дисфункции.

Поэтому если ориентироваться исключительно на алгоритм диагностики диастолической дисфункции, многих пациентов с диастолической дисфункцией I степени можно классифицировать как имеющих нормальную диастолическую функцию, в то же время у части пациентов наличие диастолической дисфункции может быть переоценено. К тому же, согласно вышеописанному алгоритму, у существенной части пациентов вообще не удастся оценить диастолическую функцию.

### Оценка давления наполнения левых отделов сердца

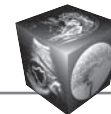
В 2019 г. был опубликован алгоритм диагностики СНсФВ (HFA-PEFF), описанный в консенсусном документе Европейской ассоциации специалистов по сердечной недостаточности и Европейского общества кардиологов [2]. Шкала HFA-PEFF основана на поэтапном обследовании: шаг I (P-pretest assessment) – оценка симптомов, коморбидности, проведение ЭКГ и стандартного трансторакального эхокардиографического обследования, NT-proBNP; шаг II (см. таблицу) ( $E$  – echocardiographic and natriuretic peptide score) – расширенное эхокардиографическое обследование и оценка NT-proBNP; шаг III ( $F$  – further advanced Workup in case of uncertainty) – диастолическая стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) или инвазивная оценка давления наполнения ЛЖ; шаг IV ( $F2$  – find the aetiology) – поиск этиологических причин по данным МРТ, сцинтиграфического обследования, биопсии, компьютерной томографии, позитронно-эмиссионной томографии, генетического тестирования и специфических лабораторных исследований [2].

Согласно алгоритму HFA-PEFF, на шаге I стандартное эхокардиографическое исследование в покое позволяет оценить геометрию и сократительную функцию ЛЖ, исключить альтернативные причины одышки, такие как СН со сниженной ФВЛЖ, патология клапанов, первичная легочная гипертензия или перикардиальный выпот.



**Таблица.** Алгоритм HFA-PEFF, шаг II  
**Table.** HFA-PEFF algorithm, step II

| Показатель<br>Measurement                                                                                                                                                                                                                                                                        | Критерий<br>Criterion                                                                                                                                                                      | Баллы<br>Points |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>А. Функциональные показатели / Functional measurement domain</b>                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                            |                 |
| <b>E'</b><br>Скорость диастолического подъема основания ЛЖ в раннюю диастолу (см/с)<br>Peak early diastolic velocity of mitral annular motion (cm/s)                                                                                                                                             | Возраст < 75 лет: септальный e' < 7 или e' < 10<br>Age < 75 years: septal e' < 7 or lateral e' < 10                                                                                        | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Возраст ≥ 75 лет: септальный e' < 5 или e' < 7<br>Age ≥ 75 years: septal e' < 5 or lateral e' < 7                                                                                          | 2               |
| <b>E/e'</b> – большой критерий / as major criterion<br>Соотношение скорости раннего диастолического потока и скорости подъема основания ЛЖ<br>Peak early diastolic velocity of mitral inflow, divided by the mean value of e' recorded at the septal and lateral mitral annulus                  | Соотношение E/e' ≥ 15<br>E/e' ratio ≥ 15                                                                                                                                                   | 2               |
| Скорость ТР (м/с) или СДЛА (мм рт.ст.)<br><b>Tricuspid regurgitation velocity (m/s)</b>                                                                                                                                                                                                          | Пиковая скорость > 2,8 или СДЛА > 35<br>Peak velocity > 2,8 or PASP > 35                                                                                                                   | 2               |
| <b>E/e'</b> – малый критерий / as minor criterion                                                                                                                                                                                                                                                | Соотношение E/e' 9–14<br>E/e' ratio 9–14                                                                                                                                                   | 1               |
| <b>GLS</b><br>Систолический глобальный продольный стрейн ЛЖ (%)<br>Of the LV in systole (% as positive value)                                                                                                                                                                                    | GLS < 16                                                                                                                                                                                   | 1               |
| <b>В. Морфологические показатели / Morphological measurement domain</b>                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                            |                 |
| <b>Индекс объема ЛП (мл/м²) – большой критерий</b><br><b>Left atrial volume index (ml/m²) as major criterion</b>                                                                                                                                                                                 | Синусовый ритм: > 34<br>Patient in sinus rhythm: > 34                                                                                                                                      | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ФП: > 40<br>Patient in atrial fibrillation: > 40                                                                                                                                           | 2               |
| <b>Оценка гипертрофии ЛЖ – большой критерий:</b><br>индекс массы миокарда ЛЖ (ИММ ЛЖ) (г/м²)<br>относительная толщина стенок ЛЖ<br><b>LV hypertrophy (major):</b><br>LVMI in g/m²<br>LV RWT                                                                                                      | Мужчины: ИММ ЛЖ ≥ 149 и относительная толщина стенок ЛЖ > 0,42<br>Male patient: LVMI ≥ 149 and RWT > 0.42                                                                                  | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Женщины: ИММ ЛЖ ≥ 122 и относительная толщина стенок ЛЖ > 0,42<br>Female patient: LVMI ≥ 122 and RWT > 0.42                                                                                | 2               |
| <b>Индекс объема ЛП (мл/м²) – малый критерий</b><br><b>Left atrial volume index (ml/m²) as minor criterion</b>                                                                                                                                                                                   | СР: индекс объема ЛП 29–34<br>Patient in sinus rhythm: 29–34                                                                                                                               | 1               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ФП: индекс объема ЛП 34–40<br>Patient in atrial fibrillation: 34–40                                                                                                                        | 1               |
| <b>Оценка гипертрофии ЛЖ – малый критерий:</b><br>индекс массы миокарда ЛЖ (ИММ ЛЖ) (г/м²)<br>относительная толщина стенок ЛЖ<br>толщина стенок ЛЖ (мм)<br><b>LV hypertrophy – minor criteria:</b><br>LV mass index (LVMI) in g/m²<br>LV relative wall thickness (RWT)<br>LV wall thickness (mm) | Мужчины – наличие ≥ 1 критерия:<br>ИММ ЛЖ ≥ 115<br>Относительная толщина стенок ЛЖ > 0,42<br>Толщина стенок ЛЖ ≥ 12<br>Male patient:<br>LVMI ≥ 115<br>RWT > 0.42<br>LV wall thickness ≥ 12 | 1               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Женщины – наличие ≥ 1 критерия:<br>ИММ ЛЖ ≥ 95<br>Относительная толщина стенок ЛЖ > 0,42<br>Толщина стенок ЛЖ ≥ 12<br>Female patient:<br>LVMI ≥ 95<br>RWT > 0.42<br>LV wall thickness ≥ 12 | 1               |



**Таблица (окончание).**  
**Table (end).**

| Показатель<br>Measurement                                                                                                                                                                                                 | Критерий<br>Criterion                     | Баллы<br>Points |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|
| <b>С. Оценка уровней NT-proBNP / Natriuretic peptide domain</b>                                                                                                                                                           |                                           |                 |
| Плазменная концентрация мозгового натрийуретического пептида (BNP) или N-концевого фрагмента мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) (пг/мл или нг/л)<br>Serum concentration of BNP or NT-proBNP (pg/ml or ng/l) | Синусовый ритм / Patient in sinus rhythm: |                 |
|                                                                                                                                                                                                                           | BNP >80                                   | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                           | BNP 35–80                                 | 1               |
|                                                                                                                                                                                                                           | NT-proBNP >220                            | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                           | NT-proBNP 125–220                         | 1               |
|                                                                                                                                                                                                                           | ФП / Patient in atrial fibrillation:      |                 |
|                                                                                                                                                                                                                           | BNP >240                                  | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                           | BNP 105–240                               | 1               |
|                                                                                                                                                                                                                           | NT-proBNP >660                            | 2               |
|                                                                                                                                                                                                                           | NT-proBNP 375–660                         | 1               |
| <b>Общее количество баллов (сумма баллов из разделов А, В, С)</b><br><b>Total number of points (sum of points in sections A, B, C)</b>                                                                                    |                                           |                 |
| Диагноз СНсФВ маловероятен / Diagnosis of HFpEF is unlikely                                                                                                                                                               |                                           | <1              |
| Диастолический стресс-тест или инвазивная оценка давления наполнения ЛЖ для уточнения диагноза Intermediate. Diastolic stress test or invasive assessment of LV filling pressure to confirm diagnosis                     |                                           | 2–4             |
| СНсФВ / HFpEF                                                                                                                                                                                                             |                                           | ≥5              |

*Примечание.* ИММ – индекс массы миокарда; ЛЖ – левый желудочек; СНсФВ – сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса; ЛП – левое предсердие; СДЛА – систолическое давление в легочной артерии; ТР – трикуспидальная регургитация; ФП – фибрилляция предсердий; СР – синусовый ритм; BNP – мозговой натрийуретический пептид; GLS – глобальный продольный стрейн; NT-proBNP – N-концевой фрагмент мозгового натрийуретического пептида.

*Note.* BNP – brain natriuretic peptide; GLS – Global longitudinal strain; HFpEF – heart failure with preserved ejection fraction; LV – left ventricular; LVMI – left ventricular mass index; NT-proBNP – N-terminal pro brain natriuretic peptide; PASP – pulmonary artery systolic pressure; RWT – relative wall thickness.

**На шаге II в диагностике СНсФВ** ведущая роль отводится эхокардиографическому исследованию (см. таблицу) [2, 12, 13].

Исследование каждого из вышеуказанных показателей имеет теоретическое обоснование и доказанную корреляцию с инвазивной оценкой давления наполнения ЛЖ. При этом диагностическая ценность каждого показателя в отдельности является невысокой. В связи с этим в рекомендациях подчеркивается необходимость оценки комбинации этих показателей.

#### **Оценка $e'$**

Пороговые значения показателя  $e'$  представлены в таблице.

Ранняя диастолическая скорость кольца митрального клапана  $e'$  отражает релаксацию ЛЖ.

Значение  $e'$  является прямым отражением удлинения ЛЖ и напрямую зависит от преднагрузки [14, 15]. Скорость  $e'$  снижается с возрастом [16], в связи с чем в алгоритме HFA-PEFF выделены пороговые значения  $e'$  для разных возрастных групп ( $\geq 75$  лет и  $< 75$  лет).

#### **Оценка $E/e'$**

Пороговые значения соотношения  $E/e'$  представлены в таблице.

Среднее соотношение скорости раннего диастолического трансмитрального потока и ранней диастолической скорости кольца митрального клапана  $E/e'$  коррелирует с жесткостью ЛЖ и степенью фиброза [17], в меньшей степени зависит от возраста и преднагрузки, чем  $e'$ , но в то же время напрямую зависит от степени гипертрофии ЛЖ [18, 19].



### **Оценка пиковой скорости ТР или расчетного систолического давления в легочной артерии (СДЛА)**

Большой критерий (2 балла) – пиковая скорость ТР > 2,8 или СДЛА > 35 мм рт.ст. (см. таблицу).

Повышенное СДЛА и правожелудочковая дисфункция являются независимыми предикторами неблагоприятного прогноза при СНсФВ [20–22]. Даже умеренное повышение СДЛА ведет к изменению межжелудочкового взаимодействия, смещению межжелудочковой перегородки и препятствию наполнения ЛЖ [23]. Изолированное повышение СДЛА >35 мм рт.ст. не позволяет выставить диагноз СНсФВ, однако позволяет дифференцировать некардиальные причины одышки [24].

### **Оценка структуры и функции ЛП**

Пороговые значения индекса объема ЛП для пациентов с синусовым ритмом и фибрилляцией предсердий указаны в таблице.

Увеличение ЛП часто встречается у пациентов с СНсФВ и связано с повышенным риском развития сердечно-сосудистых событий и является маркером повышенного давления наполнения ЛЖ. Поэтому оценку индексированного объема ЛП следует измерять у всех пациентов с подозрением на СНсФВ.

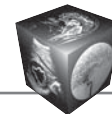
По данным двухмерной ЭхоКГ верхняя граница нормы для значения показателя 34 мл/м<sup>2</sup> [25]. Превышение этого значения может наблюдаться у спортсменов, а также у больных с брадикардией, анемией, предсердными аритмиями, митральными пороками. С другой стороны, до 10% здоровых людей имеют большие значения объема ЛП, а у 5% это показатель превышает 37 мл/м<sup>2</sup> [10]. К тому же максимальный объем ЛП является показателем, отражающим кумулятивный эффект повышенного наполнения ЛЖ в течение длительного времени, однако оценка объема ЛП может быть малоинформативной на самых ранних стадиях [1, 2, 12, 13]. Оценка резервуарной функции ЛП (соответствие наполнения ЛП к растяжению ЛЖ) методом оценки его деформации является дополнительным методом, позволяющим повысить диагностическую точность выявления диастолических нарушений и повышения давления наполнения ЛЖ у пациентов с подозрением на СНсФВ. В ряде исследований было показано, что оценка пиковой деформации фазы резервуара ЛП (left atrial reservoir strain, LASr) имеет более тесную корреляцию с результатами инвазивной оценки давления наполнения ЛЖ в сравнении с оценкой объема ЛП. Метод обладает высокой воспроизводимостью (95%) и позволяет выявить повыше-

ние давления наполнения на самой ранней стадии, когда объем ЛП еще не изменен [26–28]. D.A. Morris и соавт. при использовании алгоритма клинических рекомендаций 2016 г. обнаружили неопределенную диастолическую функцию у 21,3% из 517 пациентов. 69,1% из них имели нормальный индекс объема ЛП. У последних в 48,6% случаев было выявлено снижение LASr. При добавлении указанного критерия к алгоритму ASE/EACVI 2016 г. частота определения диастолической дисфункции увеличилась с 13,5 до 23,4% [26]. E. Potter и T.H. Marwick заменили индекс объема ЛП >34 мл/м<sup>2</sup> на оценку LASr, что обеспечило 75% снижение в классификации неопределенной диастолической функции [29].

Основное ограничение исследования – это методологические сложности оценки LASr. Критерные значения LASr, оцененные в исследованиях, основаны на данных, полученных ранее при исследовании людей без сердечно-сосудистых заболеваний на оборудовании одного производителя. Кроме того, исследование LASr имеет существенные ограничения у пациентов с неоптимальной визуализацией полостей сердца, а также у пациентов с фибрилляцией предсердий [13]. В дополнение к оценке LASr возможно провести оценку пиковой деформации фазы сокращения ЛП (LA pump strain), значение его >14% ассоциируется с нормальным давлением наполнения ЛЖ.

### **Оценка структуры и функции ЛЖ**

Согласно клиническим рекомендациям по оценке структуры и функции камер сердца, геометрия ЛЖ классифицируется исходя из расчета индекса массы миокарда ЛЖ (ММЛЖ) и индекса относительной толщины его стенок (ИОТ) [25]. Расчет этих показателей позволяет отнести увеличение ММЛЖ (>95 г/м<sup>2</sup> для женщин и >115 г/м<sup>2</sup> для мужчин) к концентрической (ИОТ > 0,42) или эксцентрической (ИОТ ≤ 0,42) гипертрофии, при нормальных значениях ММЛЖ (≤95 г/м<sup>2</sup> для женщин и ≤115 г/м<sup>2</sup> для мужчин) и ИОТ (≤0,42) геометрия считается нормальной [25]. У пациентов с СНсФВ распространены концентрическая гипертрофия и концентрическое ремоделирование [30], в то время как эксцентрическая гипертрофия характерна для СНнФВ. Наиболее частой причиной гипертрофии ЛЖ у пациентов с СНсФВ является артериальная гипертензия, однако следует исключать и другие причины гипертрофии, например гипертрофическую кардиомиопатию, амилоидоз сердца, особенно у пожилых пациентов. Несмотря на высокую распространенность гипертрофии миокарда ЛЖ у пациентов с СНсФВ, геометрия ЛЖ может быть нормальной у 31–46%



пациентов [30, 31]. Таким образом, наличие концентрического ремоделирования или гипертрофии ЛЖ свидетельствует в пользу СНсФВ, в то время как нормальная геометрия ЛЖ не исключает наличия СНсФВ. Для диагностики СНсФВ необходима верификация повышенного давления наполнения ЛЖ в покое или при выполнении физической нагрузки.

#### **Оценка систолической глобальной продольной деформации ЛЖ (GLS)**

Малый критерий (1 балл) –  $GLS < 16\%$  (см. таблицу)

Систолическая и диастолическая функции тесно связаны между собой. Несмотря на сохраненную ФВЛЖ, у пациентов с нарушением релаксации ЛЖ может происходить нарушение сократительной способности ЛЖ по длинной его оси, что может быть оценено с помощью оценки GLS [2, 13, 32].

**Шаг III алгоритма HFA-PEFF** включает проведение диастолической стресс-ЭхоКГ или инвазивную оценку среднего давления в ЛП.

#### **Диастолический стресс-тест**

Повышенное давление наполнения ЛЖ в покое обычно встречается при далеко зашедших стадиях СН, в то время как у пациентов с начальными стадиями заболевания и без признаков задержки жидкости давление наполнения в покое обычно нормальное и повышается лишь при нагрузке [4]. У таких пациентов может выявляться лишь изолированное замедление расслабления ЛЖ, или диастолическая дисфункция I степени [1], при которой среднее давление в левом предсердии в покое нормальное, уровень мозгового натрийуретического гормона находится в пределах нормальных значений.

Для диагностики СНсФВ у бессимптомных пациентов может помочь добавление к стандартному эхокардиографическому исследованию диастолического стресс-теста. Проведение диастолического стресс-теста повышает диагностическую чувствительность у пациентов с подозрением на СНсФВ, которые имеют нормальное предполагаемое давление наполнения ЛЖ в покое. Кроме того, диастолический стресс-тест следует проводить пациентам с подозрением на СНсФВ при выявлении сниженного ЛЖ  $GLS < 16-18\%$  [13].

Наиболее часто используемый протокол для проведения диастолического стресс-теста, утвержденный в рекомендациях Европейского общества кардиологов, основан на проведении ЭхоКГ с нагрузкой на горизонтальном велоэргометре [2, 33]. Исследование начинается с нагрузки 25 Вт с по-

стоянным ее повышением на 25 Вт каждые 3 мин со скоростью 60 оборотов в минуту до достижения целевой частоты сердечных сокращений (ЧСС), которая составляет 85% от максимальной ЧСС (220 минус возраст пациента в годах), либо до появления симптомов, ограничивающих дальнейшее проведение теста. Оценка соотношения  $E/e'$  и скорости ТР проводится исходно, на каждой ступени нагрузки и на высоте нагрузки, а также в восстановительном периоде через 1–2 мин после прекращения нагрузки [2, 33]. У части пациентов допустимо ограничение ступеней подъема нагрузки по времени до 2 мин, однако при этом сокращается время на выведение нужных позиций и качественную регистрацию показателей [34]. На высоте нагрузки отмечается слияние волн Е и А, а также  $e'$  и  $a'$ , следовательно, соотношение  $E/e'$  следует рассчитать непосредственно перед их слиянием, а также после завершения теста, дождавшись разъединения волн. Альтернативой нагрузки на горизонтальном велоэргометре являются тредмил-тест и велоэргометрия в положении сидя с возможностью перехода в горизонтальное положение для оценки соотношения  $E/e'$  и скорости ТР через 1–2 мин после прекращения нагрузки [34].

#### **Диастолический стресс-тест: показания и критерии оценки**

Диастолический стресс-тест показан при диастолической дисфункции I степени с отсутствием признаков повышения давления наполнения ЛЖ в покое.

Диастолический стресс-тест не показан: доплерография покоя – митральная  $e' > 7$  см/с, латеральная  $e' > 10$  см/с; выявление повышенного давления наполнения ЛЖ в покое.

**Диастолический стресс-тест считается положительным при наличии трех критериев:** среднее  $E/e' > 14$  см/с или септальное  $E/e' > 15$  см/с при выполнении нагрузки; максимальная скорость потока ТР  $> 3,4$  м/с при выполнении нагрузки; исходная септальная  $e' < 7$  см/с или латеральная  $e' < 10$  см/с (если регистрируется только латеральный  $e'$ ).

**Особенности.** Значимые изменения эхокардиографических показателей могут наблюдаться уже на первой (25 Вт) и второй (50 Вт) ступенях нагрузки, в связи с чем принципиально важно оценивать показатели на каждой ступени. Также важно учитывать, что на высоте нагрузки с появлением гипервентиляции и увеличением экскурсии легких возникают колебания соотношения  $E/e'$ , в связи с чем соотношение  $E/e'$  следует оценивать на максимальном выдохе по среднему значению



между 3 циклами [1]. В случае изолированного повышения соотношения  $E/e' > 14$  (с использованием средней септально-латеральной  $e'$ ) или  $E/e' > 15$  (с использованием перегородочного значения  $e'$ ), но при нормальных значениях скорости ТР ( $\leq 2,8$  м/с или в отсутствие определяемой ТР), с большей вероятностью свидетельствует в пользу повышенного давления наполнения ЛЖ, чем изолированное повышение скорости ТР при нормальном значении  $E/e'$ . В рекомендациях по оценке диастолической функции от 2016 г. указано меньшее пороговое значение максимальной скорости потока ТР – 2,8 м/с [1]. Пороговым значением максимальной скорости потока ТР, согласно алгоритму HFA-PEFF, является значение  $>3,4$  м/с [2].

**Шаг IV (F2 – find the aetiology) диагностического алгоритма HFA-PEFF** подразумевает поиск этиологических причин СНсФВ по данным МРТ, сцинтиграфического обследования, биопсии, компьютерной томографии, позитронно-эмиссионной томографии, генетического тестирования и специфических лабораторных исследований.

На этом этапе роль ЭхоКГ заключается в выявлении некардиальных причин симптомов СНсФВ, исключении заболеваний, которые могут проявляться диастолической дисфункцией, например нарушения ритма сердца, констриктивный перикардит, клапанная патология и др., а также в выявлении причины развития СНсФВ и определении ее основных патофизиологических фенотипов.

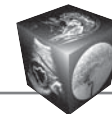
Было предложено несколько разных подходов к выделению фенотипов СНсФВ, основанных на клинических, демографических, патогенетических характеристиках пациентов. Так, A. Uijl и соавт. при обследовании 6909 пациентов из числа включенных в регистр пациентов с СН (Swedish Heart Failure Registry) выделили 5 фенотипических кластеров на основе возраста пациентов и наличия сопутствующей патологии [35]. Выделяют и эхокардиографические фенотипы, которые могут наблюдаться у пациентов с СНсФВ. Они определяются изолированными или сочетанными морфологическими и функциональными нарушениями ЛЖ, ЛП, правых камер сердца и помогают классифицировать СНсФВ [36]. Предложенный алгоритм эхокардиографического фенотипирования соответствует алгоритму, разработанному на основе метода машинного обучения. Фенотипирование пациентов на основании эхокардиографических данных по алгоритму  $e'VM$  ( $e'$ , V – объем ЛЖ, M – масса ЛЖ) позволяет с высокой степенью точности оценивать риск развития СН, госпитализации по поводу СН и сердечно-сосудистой смертности у асимптомных пациентов [37].

Однако наиболее важной с практической точки зрения представляется возможность фенотипирования пациентов с установленной СНсФВ для определения тактики лечения. Различие этиологических причин и патофизиологических механизмов формирования и течения СНсФВ у разных пациентов объясняют необходимость персонализированного подхода, что может быть достигнуто именно за счет выделения разных фенотипов. Ф.Т. Агеевым и А.Г. Овчинниковым предложено 4 основных фенотипа СНсФВ, подтвержденных убедительным обоснованием выбора конкретного метода лечения [38]. В каждом из четырех фенотипов можно выделить характерные эхокардиографические критерии. Наиболее часто встречаемым фенотипом СНсФВ является фенотип с синдромом “дефицита” мозгового натрийуретического пептида (НУП). Этот фенотип характерен незначительно повышенным уровнем НУП, умеренным или выраженным фиброзом миокарда, умеренной/выраженной гипертрофией миокарда ЛЖ. Второй фенотип, встречающийся у больных с ожирением, метаболическим синдромом и сахарным диабетом 2 типа, обозначен как кардиометаболический фенотип. Для больных этого фенотипа характерно наличие высокой жесткости ЛЖ и значительного повышения давления наполнения, особенно при нагрузке. Третий фенотип СНсФВ характеризуется смешанной легочной гипертензией и правожелудочковой недостаточностью, что проявляется повышением центрального венозного давления и застойными явлениями по большому кругу кровообращения. Отдельно выделяется фенотип амилоидоза сердца, представленный главным образом транстретиновой кардиомиопатией. Эхокардиографически он характеризуется, как правило, высокой ФВ ( $>60\%$ ) и выраженной гипертрофией ЛЖ [38].

### Заключение

Эхокардиографическое обследование дает важную информацию о структуре и функции сердца и показано всем пациентам с подозрением на СНсФВ. С практической точки зрения наиболее важные вопросы, которые можно решить с помощью ЭхоКГ: выявление у пациентов с необъяснимой одышкой сердечной или несердечной ее причины; оценка гемодинамического статуса; определение основных патофизиологических фенотипов СНсФВ для стратификации риска, прогнозирования исхода и определения тактики лечения.

Становится очевидной необходимость рутинной оценки показателей тканевой доплерографии врачами ультразвуковой диагностики, по результатам которой клинический кардиолог



имел бы возможность принять решение о необходимости разворачивания алгоритма диагностики СНсФВ методом диастолического стресс-теста. Для рутинной практики наиболее важным моментом для отбора пациента на диастолический стресс-тест является выявление снижения скорости расслабления по тканевой доплерографии.

Результаты диастолического стресс-теста в связи с его ограничениями следует интерпретировать в соответствии с клиническим сценарием или вероятностью наличия СНсФВ. Снижение диастолического резерва ( $E/e > 15$ ) – краеугольный камень подтверждения СНсФВ.

Ключевой задачей ближайших клинических испытаний является более четкое выделение различных клинических фенотипов СНсФВ, что позволит улучшить лечение каждого конкретного пациента с СНсФВ.

#### Участие авторов

Солдатова А.М. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Широков Н.Е. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Ярославская Е.И. – ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

#### Authors' participation

Soldatova A.M. – concept and design of the study, review of publications, writing text, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Shirokov N.E. – concept and design of the study, review of publications, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

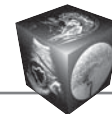
Yaroslavskaya E.I. – responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

#### Список литературы [References]

1. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P. et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29 (4): 277–314. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
2. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A. et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFAPEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2019; 40 (40): 3297–3317. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>
3. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал.* 2020; 25 (11): 4083. <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4083>
4. Paulus W.J., Tschope C., Sanderson J.E. et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2007; 28 (20): 2539–2550.
5. Овчинников А.Г., Арефьева Т.И., Потехина А.В., Филатова А.Ю., Агеев Ф.Т., Бойцов С.А. Молекулярные и клеточные механизмы, ассоциированные с микрососудистым воспалением в патогенезе сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. *Acta Naturae.* 2020; 12 (2): 40–51. <http://doi.org/10.32607/actanaturae.10990>
6. Овчинников А.Г., Агеев Ф.Т., Алехин М.Н., Беленков Ю.Н., Васюк Ю.А., Галявич А.С., Гиляревский С.Р., Лопатин Ю.М., Мареев В.Ю., Мареев Ю.В., Митьков В.В., Потехина А.В., Простакова Т.С., Рыбакова М.К., Саидова М.А., Хадзегова А.Б., Чернов М.Ю., Ющук Е.Н., Бойцов С.А. Диастолическая трансторакальная стресс-эхокардиография с дозированной физической нагрузкой в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: показания, методология, интерпретация результатов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2020; 2: 60–90. <http://doi.org/10.24835/1607-0771-2020-2-60-90>
7. Мрикаев Д.В. Диастолическая дисфункция левого желудочка у больных с сердечной недостаточностью. *Креативная кардиология.* 2017; 11 (2): 145–158. <http://dx.doi.org/10.24022/1997-3187-2017-11-2-145-158>
8. Nagueh S.F. Left Ventricular Diastolic Function: Understanding Pathophysiology, Diagnosis, and Prognosis With Echocardiography. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2020; 228–244. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.10.038>
9. Almeida J.G., Fontes-Carvalho R., Sampaio F. et al. Impact of the 2016 ASE/EACVI recommendations on the



- prevalence of diastolic dysfunction in general population. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018; 19 (4): 380–386. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jex252>
10. Caballero L., Kou S., Dulgheru R. et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac Doppler data: results from the NORRE Study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015; 16 (9): 1031–1041. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jev083>
  11. Oh J.K., Miranda W.R., Bird J.G. et al. The 2016 Diastolic Function Guideline: Is it Already Time to Revisit or Revise Them? *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2020; 13 (1 Pt 2): 327–335. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.12.004>
  12. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M. et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. J. Heart Failure*. 2022; 24 (1): 4–131. <http://doi.org/10.1002/ehjhf.2333>
  13. Smiseth O.A., Morris D.A., Cardim N. et al.; Reviewers: This document was reviewed by members of the 2018–2020 EACVI Scientific Documents Committee. Multimodality imaging in patients with heart failure and preserved ejection fraction: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2022; 23 (2): e34–e61. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeab154>
  14. Opdahl A., Remme E.W., Helle-Valle T. et al. Determinants of left ventricular early-diastolic lengthening velocity: independent contributions from left ventricular relaxation, restoring forces, and lengthening load. *Circulation*. 2009; 119 (19): 2578–2586. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.791681>
  15. Graham R.J., Gelman J.S., Donelan L. et al. Effect of preload reduction by haemodialysis on new indices of diastolic function. *Clin. Sci. (Lond.)*. 2003; 105: 499–506. <http://doi.org/10.1042/CS20030059>
  16. von Bibra H., Paulus W.J., St John Sutton M. et al. Quantification of diastolic dysfunction via the age dependence of diastolic function – impact of insulin resistance with and without type 2 diabetes. *Int. J. Cardiol.* 2015; 182: 368–374. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.12.005>
  17. Kasner M., Westermann D., Lopez B. et al. Diastolic tissue Doppler indexes correlate with the degree of collagen expression and cross-linking in heart failure and normal ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 57: 977–985. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.024>
  18. Donal E., Galli E., Fraser A.G. Non-invasive estimation of left heart filling pressures: another nail in the coffin for E/e'? *Eur. J. Heart Fail.* 2017; 19 (2): 1661–1663. <http://doi.org/10.1002/ehjhf.944>
  19. Mitter S.S., Shah S.J., Thomas J.D. A test in context: E/A and E/e' to assess diastolic dysfunction and LV filling pressure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 69 (11): 1451–1464. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.037>
  20. Al-Naamani N., Preston I.R., Paulus J.K. et al. Pulmonary arterial capacitance is an important predictor of mortality in heart failure with a preserved ejection fraction. *JACC Heart Fail.* 2015; 3 (6): 467–474. <http://doi.org/10.1016/j.jchf.2015.01.013>
  21. Aschauer S., Zotter-Tufaro C., Duca F. et al. Modes of death in patients with heart failure and preserved ejection fraction. *Int. J. Cardiol.* 2017; 228: 422–426. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.11.154>
  22. Gorter T.M., van Veldhuisen D.J., Bauersachs J. et al. Right heart dysfunction and failure in heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms and management. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur. J. Heart Fail.* 2018; 20 (1): 16–37. <http://doi.org/10.1002/ehjhf.1029>
  23. Kasner M., Westermann D., Steendijk P. et al. Left ventricular dysfunction induced by nonsevere idiopathic pulmonary arterial hypertension: a pressure-volume relationship study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2012; 186 (2): 181–189. <http://doi.org/10.1164/rccm.201110-1860OC>
  24. Nagueh S.F., Chang S.M., Nabi F. et al. Cardiac imaging in patients with heart failure and preserved ejection fraction. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 10 (9): e006547. <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.006547>
  25. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
  26. Morris D.A., Belyavskiy E., Aravind-Kumar R. et al. Potential Usefulness and Clinical Relevance of Adding Left Atrial Strain to Left Atrial Volume Index in the Detection of Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2018; 11 (10): 1405–1415. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.07.029>
  27. Inoue K., Khan F.H., Remme E.W. et al. Determinants of left atrial reservoir and pump strain and use of atrial strain for evaluation of left ventricular filling pressure. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2021; 23 (1): 61–70. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa415>
  28. Cameli M., Sparla S., Losito 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. <http://doi.org/10.1111/echo.13094>
  29. Potter E., Marwick T.H. Assessment of left ventricular function by echocardiography: the case for routinely adding global longitudinal strain to ejection fraction. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2018; 11 (2, Pt 1): 260–274. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.11.017>
  30. Zile M.R., Gottdiener J.S., Hetzel S.J. et al. Prevalence and significance of alterations in cardiac structure and function in patients with heart failure and a preserved ejection fraction. *Circulation*. 2011; 124 (23): 2491–2501. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.011031>
  31. Shah A.M., Cikes M., Prasad N. et al. Echocardiographic features of patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019; 74 (23): 2858–2873. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.09.063>
  32. Kraigher-Krainer E., Shah A.M., Gupta D.K. et al. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014; 63 (5): 447–456. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.09.052>
  33. Lancellotti P., Pellikka P.A., Budts W. et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart



- disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 17 (11): 1191–1229. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jew190>
34. Prasad S.B., Holland D.J., Atherton J.J. Diastolic stress echocardiography: from basic principles to clinical applications. *Heart*. 2018; 104 (21): 1739–1748. <http://doi.org/10.1136/heartjnl-2017-312323>
  35. Uijl A., Savarese G., Vaartjes I. et al. Identification of distinct phenotypic clusters in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur. J. Heart. Fail.* 2021; 23 (6): 973–982. <http://doi.org/10.1002/ehf.2169>
  36. Hagendorff A., Stöbe S., Kandels J. et al. Diagnostic role of echocardiography for patients with heart failure symptoms and preserved left ventricular ejection fraction. *Herz*. 2022; 47 (4): 293–300. <http://doi.org/10.1007/s00059-022-05118-6>
  37. Kobayashi M., Huttin O., Magnusson M. et al.; STANISLAS Study Investigators. Machine Learning-Derived Echocardiographic Phenotypes Predict Heart Failure Incidence in Asymptomatic Individuals. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2022; 15 (2): 193–208. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.07.004>
  38. Ageev Ф.Т., Овчинников А.Г. Лечение пациентов с сердечной недостаточностью и сохраненной фракцией выброса: опора на клинические фенотипы. *Кардиология*. 2022; 62 (7): 44–53. Ageev F.T., Ovchinnikov A.G. Treatment of patients with heart failure and preserved ejection fraction: reliance on clinical phenotypes. *Kardiologiya*. 2022; 62 (7): 44–53. (In Russian)

**Для корреспонденции\***: Солдатова Анна Михайловна – тел.: 8-922-267-77-78. E-mail: amsoldatova@mail.ru

**Солдатова Анна Михайловна** – доктор мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования Тюменского кардиологического научного центра – филиала Томского НИМЦ РАН, Тюмень. <https://orcid.org/0000-0001-5389-0973>. E-mail: amsoldatova@mail.ru

**Широков Никита Евгеньевич** – канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования Тюменского кардиологического научного центра – филиала Томского НИМЦ РАН, Тюмень. <https://orcid.org/0000-0002-4325-2633>. E-mail: shirokovne@infarkta.net

**Ярославская Елена Ильинична** – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, врач ультразвуковой диагностики Тюменского кардиологического научного центра – филиала Томского НИМЦ РАН, Тюмень. <https://orcid.org/0000-0003-1436-8853>. E-mail: yarovslavskaya@gmail.com

**Contact\***: Anna M. Soldatova – phone: 8-922-267-77-78. E-mail: amsoldatova@mail.ru

**Anna M. Soldatova** – Doct. of Sci. (Med.), Senior Scientific Researcher of the Laboratory of Instrumental Diagnostics of the Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Science, Tyumen. <https://orcid.org/0000-0001-5389-0973>. E-mail: amsoldatova@mail.ru

**Nikita E. Shirokov** – Cand. of Sci. (Med.), Scientific Researcher of the Laboratory of Instrumental Diagnostics of the Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Science, Tyumen. <https://orcid.org/0000-0002-4325-2633>. E-mail: shirokovne@infarkta.net

**Elena I. Yaroslavskaya** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Leading Scientific Researcher, Head of the Laboratory of Instrumental Diagnostics of the Scientific Division of Instrumental Research Methods, Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Science, Tyumen. <https://orcid.org/0000-0003-1436-8853>. E-mail: yarovslavskaya@gmail.com