



Роль ремоделирования левого предсердия при подтвержденной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: фокус на своевременную диагностику

Широков Н. Е., Ярославская Е. И., Криночкин Д. В., Мусихина Н. А.

Цель. Исследовать структурно-функциональное состояние сердца при подтвержденной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) в зависимости от тяжести диастолической дисфункции (ДД) левого желудочка (ЛЖ).

Материал и методы. Осуществлен анализ данных 303 пациентов с ДД ЛЖ (45,2% мужчин, средний возраст $66,3 \pm 6,0$ года). Диастолический стресс-тест (ДСТ) проведен при недостаточном количестве критерии для заключения о СНсФВ по данным эхокардиографии покоя ($n=251$). В исследование включены 153 пациента с подтвержденной СНсФВ (35,3% мужчин, средний возраст $67,0 \pm 5,6$ года). Группу I ($n=101$) составили пациенты со снижением диастолического резерва ЛЖ при ДСТ ($E/e' > 14$); группу II ($n=52$) — больные с выраженной ДД ЛЖ в покое, не требующие ДСТ для заключения о СНсФВ. Метод отслеживания движения пятын (speckle tracking echo) использован для оценки деформации резервуарной фазы левого предсердия (Left Atrial reservoir Strain, LASr).

Результаты. При анализе основных клинико-функциональных параметров между группами были выявлены статистически значимые различия по тесту 6-мин ходьбы (400,0 [360,0;440,0] м в группе I и 365,5 [310,5;401,5] м в группе II, соответственно; $p<0,001$) и концентрации N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) (257,7 [100,0;443,3] пг/мл и 412,0 [191,4;780,2] пг/мл; $p=0,002$). При проведении эхокардиографии покоя выявлены достоверные различия по индексу объема левого предсердия (иоЛП) (33,5 [29,2;40,1] мл/м² и 40,8 [37,3;47,6] мл/м²; $p<0,001$), отношению E/e' (11,3 [10,1;12,6] и 16,3 [14,9;19,2]; $p<0,001$), LASr (21,3 [19,5;24,7]%; и 15,0 [12,5;17,3]%; $p<0,001$). По данным корреляционного анализа у больных СНсФВ выявлены связи умеренной силы: LASr и E/e' ($r=-0,538$; $p<0,001$), LASr и иоЛП ($r=-0,443$; $p<0,001$), отмечено отсутствие связи между LASr и NT-proBNP ($r=-0,157$; $p=0,060$). При анализе ДСТ были выявлены статистически значимые различия по всем характеристикам увеличения ДН ЛЖ в группе I.

Заключение. Для пациентов с подтвержденной СНсФВ при увеличении давления наполнения ЛЖ характерно угнетение резервуарной функции ЛП и расширение полости ЛП. Фазовый анализ деформации ЛП и проведение ДСТ позволяет своевременно диагностировать СНсФВ.

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

Отношения и деятельность: нет.

Тюменский кардиологический научный центр, ФГБНУ Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия.

Широков Н. Е.* — к.м.н., врач ультразвуковой диагностики, н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-4325-2633, Ярославская Е. И. — д.м.н., в.н.с., зав. лабораторией инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-1436-8853, Криночкин Д. В. — к.м.н., зав. отделением ультразвуковой диагностики, с.н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-4993-056X, Мусихина Н. А. — к.м.н., в.н.с., зав. отделением неотложной кардиологии научного отдела клинической кардиологии, ORCID: 0000-0002-8280-2028.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): shirokov.ne@mail.ru

ВЭМП — велоэргометрическая проба, ДД — диастолическая дисфункция, ДН — давление наполнения, ДР — диастолический резерв, ДСТ — диастолический стресс-тест, иоЛП — объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, ЛГ — легочная гипертензия, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, МЖП — межжелудочковая перегородка, НУП — натрийуретические пептиды, СНсФВ — сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ФН — физическая нагрузка, ЭхоКГ — эхокардиография, DFRI — Diastolic Functional Reserve Index (индекс диастолического функционального резерва), E/e' average — усредненное отношение ранней диастолической скорости движения фиброзного кольца митрального клапана (e'), HFA-PEFF — Heart Failure Association score (диагностический алгоритм Европейского общества кардиологов), H2FPEF — диагностическая шкала Американской ассоциации кардиологов, LASr — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия), NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид.

Рукопись получена 06.03.2025

Рецензия получена 31.03.2025

Принята к публикации 12.05.2025



Для цитирования: Широков Н. Е., Ярославская Е. И., Криночкин Д. В., Мусихина Н. А. Роль ремоделирования левого предсердия при подтвержденной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: фокус на своевременную диагностику. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(9):6308. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6308. EDN: SGCIBB

Role of left atrial remodeling in confirmed heart failure with preserved ejection fraction: focus on timely diagnosis

Shirokov N. E., Yaroslavskaya E. I., Krinochkin D. V., Musikhina N. A.

Aim. To study the heart structural and functional state in confirmed heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF) depending on the severity of left ventricle (LV) diastolic dysfunction.

Material and methods. Data from 303 patients with LV diastolic dysfunction (men 45,2%, mean age $66,3 \pm 6,0$ years) were analyzed. The diastolic stress test (DST) was performed when the criteria for HFpEF according to resting echocardiography data was insufficient ($n=251$). The study included 153 patients with confirmed HFpEF (men 35,3%, mean age $67,0 \pm 5,6$ years). Group I ($n=101$) included patients with decreased LV diastolic reserve in DST ($E/e' > 14$), while group II ($n=52$) — patients with significant LV diastolic dysfunction at rest who do not require DST

to verify HFpEF. The speckle-tracking echocardiography was used to assess left atrial reservoir strain (LASr).

Results. Significant differences were found in the 6-min walk test (400,0 [360,0;440,0] m in group I vs 365,5 [310,5;401,5] m in group II, respectively; $p<0,001$) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) level (257,7 [100,0;443,3] pg/ml and 412,0 [191,4;780,2] pg/ml; $p=0,002$). Resting echocardiography revealed significant differences in the left atrium (LA) volume index (VI) (33,5 [29,2;40,1] ml/m² vs 40,8 [37,3;47,6] ml/m²; $p<0,001$), E/e' ratio (11,3 [10,1;12,6] and 16,3 [14,9;19,2]; $p<0,001$), LASr (21,3 [19,5;24,7]%; and 15,0 [12,5;17,3]%; $p<0,001$). Following moderate correlations were found in patients with HFpEF: LASr and E/e' ($r=-0,538$; $p<0,001$), LASr and LAVI ($r=-0,443$;

p<0,001). There was no correlation between LASr and NT-proBNP ($r=-0,157$; $p=0,060$). When analyzing the DST, significant differences were found in all characteristics in group I. **Conclusion.** Patients with confirmed HFpEF with an increase in LV filling pressure are characterized by LA reservoir dysfunction and LA dilation. Phase analysis of LA strain and DST allows for timely diagnosis of HFpEF.

Keywords: heart failure with preserved ejection fraction, left atrium, diastolic dysfunction, diastolic stress test, echocardiography.

Relationships and Activities: none.

Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russia.

Shirokov N. E.* ORCID: 0000-0002-4325-2633, Yaroslavskaya E. I. ORCID: 0000-0003-1436-8853, Krinochkin D. V. ORCID: 0000-0003-4993-056X, Musikhina N. A. ORCID: 0000-0002-8280-2028.

*Corresponding author:
shirokov.ne@mail.ru

Received: 06.03.2025 **Revision Received:** 31.03.2025 **Accepted:** 12.05.2025

For citation: Shirokov N. E., Yaroslavskaya E. I., Krinochkin D. V., Musikhina N. A. Role of left atrial remodeling in confirmed heart failure with preserved ejection fraction: focus on timely diagnosis. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(9):6308. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6308. EDN: SGCIBB

Ключевые моменты

- Диагностика сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса представляет собой сложную задачу.
- Анализ резервуарной функции левого предсердия при эхокардиографии покоя в сочетании с дополнительными признаками угнетения диастолического резерва при диастолическом стресс-тесте составляют многофакторный/комплексный подход к диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса.

Key messages

- Diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction is a complex task.
- Analysis of left atrial reservoir function during resting echocardiography in combination with additional signs of diastolic reserve decrease according to diastolic stress test constitute a multifactorial/complex approach to the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction.

Увеличение давления наполнения (ДН) левого желудочка (ЛЖ) — ключевого критерия диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) при проведении эхокардиографии (ЭхоКГ) — сопровождается последовательным изменением структурно-функционального состояния сердца [1]. В случаях выраженной диастолической дисфункции (ДД) ЛЖ рутинной ЭхоКГ может быть достаточно для оценки более значимого ремоделирования: дилатации полости левого предсердия (ЛП) и легочной гипертензии (ЛГ). Такие больные жалуются на одышку при минимальной/незначительной физической нагрузке (ФН), у большинства определяется высокий уровень натрийуретических пептидов (НУП). Трудности диагностики СНсФВ возникают при менее ремоделированном сердце ввиду незначительной ДД ЛЖ по данным традиционной ЭхоКГ покоя (изолированное нарушение расслабления ЛЖ). Концентрация НУП в этих случаях может находиться ниже пороговых значений, что характерно для страдающих ожирением больных [2]. Одышка возникает при незначительной/умеренной ФН и может считаться не объясненной ввиду отсутствия убедительной связи с поражением сердца.

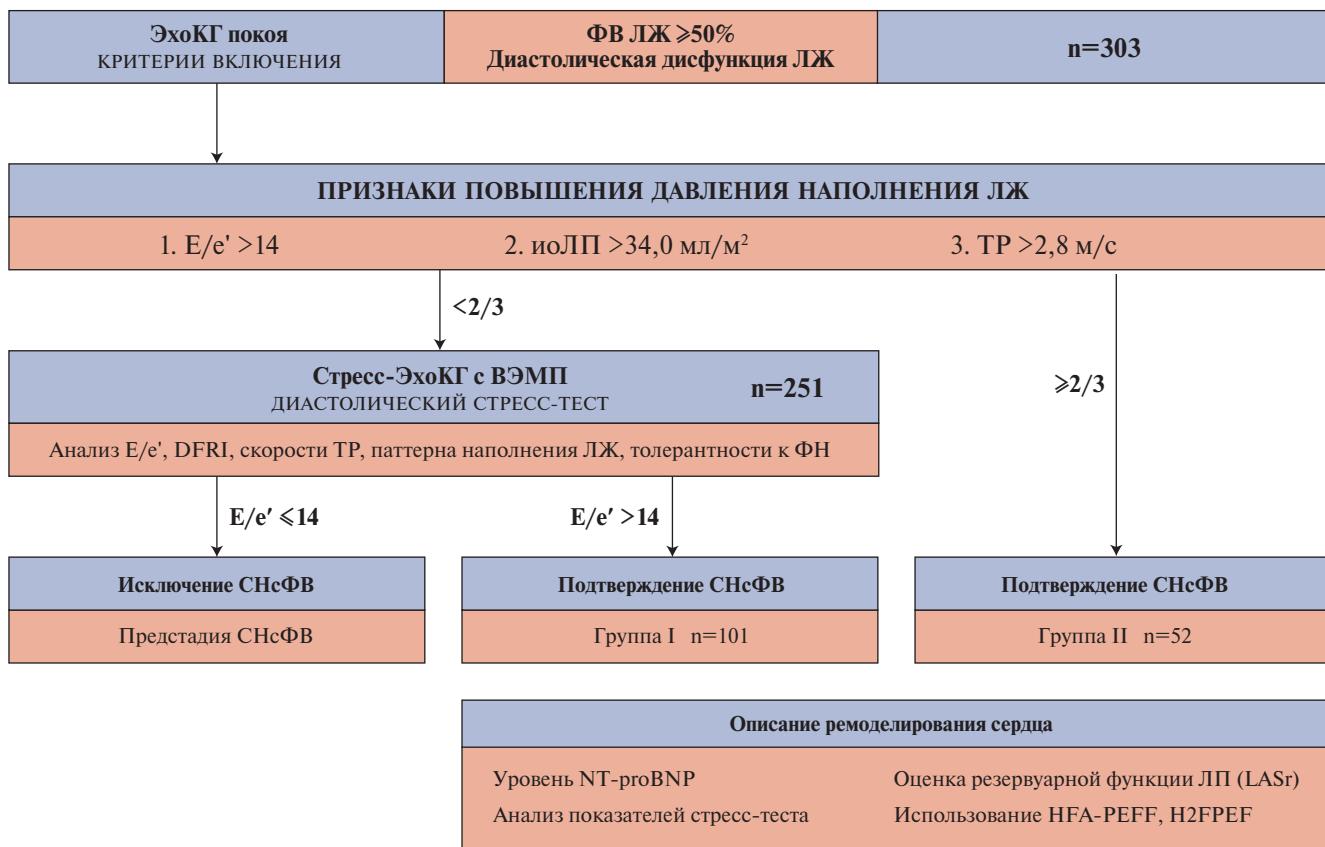
У пациентов с необъясненной одышкой соответствие результатов применения претестовой части алгоритма HFA-PEFF и шкалы H2FPEF варьируется (ва-

лидные методы выявления СНсФВ), в значительной степени отмечена низкая согласованность между ними [3, 4]. Тем не менее предлагается сочетанное использование этих метрик, т.к. с увеличением количества баллов и, соответственно, с выделением высокой вероятности СНсФВ ассоциированы значительные риски госпитализации/смерти ввиду декомпенсации СНсФВ [4]. Вторым — наиболее важным — ограничением инструментов претестовой диагностики является встречающаяся у большей части больных промежуточная вероятность СНсФВ (неубедительные результаты использования метрик) [3]. Такое положение требует дальнейшего функционального тестирования. Поэтому в качестве следующего шага для диагностики СНсФВ в рамках алгоритма HFA-PEFF предусмотрен диастолический стресс-тест (ДСТ) при проведении стресс-ЭхоКГ с дозированной ФН [5], шкала H2FPEF такой возможности лишена. Согласно национальным клиническим рекомендациям по хронической сердечной недостаточности (2024г), ДСТ рекомендован для оценки изменения ДН ЛЖ и подтверждения/опровержения диагноза СНсФВ [6].

Цель: исследовать структурно-функциональное состояние сердца при подтвержденной СНсФВ в зависимости от тяжести ДД ЛЖ.

Материал и методы

Проведено одномоментное исследование, соответствующее стандартам надлежащей клинической практики и положениям Хельсинкской декларации;

**Рис. 1.** Дизайн исследования.

Сокращения: ВЭМП — велоэргометрическая проба, иоЛП — индекс объема левого предсердия, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, СНсФВ — сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ТР — трикуспидальная регургитация, ФВ — фракция выброса, ФН — физическая нагрузка, ЭхоКГ — эхокардиография, DFRI — Diastolic Functional Reserve Index (индекс диастолического функционального резерва), E/e' — отношение ранней диастолической скорости трансмитрального потока (E) к ранней диастолической скорости движения фиброзного кольца митрального клапана (e'), HFA-PEFF — Heart Failure Association score (диагностический алгоритм Европейского общества кардиологов), H2FPEF — диагностическая шкала Американской ассоциации кардиологов, LASr — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия), NT-проБНР — N-концевой промозговой натрийуретический пептид.

протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Информированное согласие получено от всех пациентов, включенных в исследование.

Критерии включения: фракция выброса ЛЖ $\geq 50\%$; ДД ЛЖ со снижением ранней диастолической скорости движения кольца митрального клапана, оцененной при помощи тканевой допплерографии (tissue Doppler imaging, TDI). Использован диагностический алгоритм EACVI/ASE от 2016г по оценке диастолической функции [7].

Осуществлен анализ данных 303 пациентов (45,2% мужчин, средний возраст $66,3 \pm 6,0$ года) с артериальной гипертонией, ишемической болезнью сердца, ожирением, имеющих жалобы на одышку, болевой синдром/дискомфорт в грудной клетке при ФН (рис. 1). На ДСТ направлены пациенты ($n=251$), имеющие <2 критерии, достаточных для заключения о СНсФВ в состоянии покоя: отношение E/e' >14 , индекс объема ЛП (иоЛП) >34 мл/м², скорость трикуспидальной регургитации $>2,8$ м/с [8]. ДСТ в рамках стресс-ЭхоКГ с горизонтальной велоэргометрической пробой

(ВЭМП) выполнен согласно действующим рекомендациям [8]. Критерием положительного ДСТ для подтверждения СНсФВ считали угнетение диастолического резерва (ДР) ЛЖ — E/e' >14 [6]. Индекс диастолического функционального резерва (diastolic functional reserve index, DFRI) рассчитывали при использовании тканевой допплерографии ($\Delta e' \times e'$ покой).

В исследование включены 153 пациента с подтвержденной СНсФВ (35,3% мужчин, средний возраст $67,0 \pm 5,6$ года). Группу I ($n=101$) составили пациенты со снижением ДР ЛЖ при выполнении ДСТ (положительная проба); группу II ($n=52$) — больные с высоким ДН ЛЖ в состоянии покоя, не требующие ДСТ для заключения о СНсФВ (рис. 1). Клиническая, функциональная и лабораторная характеристики представлены в таблицах 1-4.

Критерии невключения: гемодинамически значимые врожденные/приобретенные пороки сердца; аневризма/дискинезия миокарда ЛЖ; имплантированные внутрисердечные устройства; тромбы в полостях сердца; тромбофлебит, флегботорбомбоз нижних конечностей;

Таблица 1
Клинико-функциональная характеристика больных (n=153)

Показатель	Группа I (n=101)	Группа II (n=52)	p
Пол, муж., %	37,6	30,8	0,476
Возраст, лет	66,7±5,4	67,3±5,9	0,502
АГ, %	100,0	100,0	0,998
АГ, стадия, %			0,682
1	1,0	0,0	
2	8,9	11,5	
3	90,1	88,5	
АГ, риск, %			0,496
3	7,9	3,8	
4	92,1	96,2	
ИБС, %	83,2	82,7	0,941
Стенокардия напряжения, ФК по NYHA, %			0,064
0	6,7	32,7	
1	15,8	1,9	
2	54,5	59,6	
3	3,0	5,8	
ИМ в анамнезе, %	13,9	19,2	0,482
Пароксизмальная ФП, %	15,0	23,1	0,263
СД 2 типа, %	34,7	51,9	0,055
ИМТ, кг/м ²	32,0±4,9	32,5±5,0	0,501
Ожирение, %	62,4	59,6	0,861
ХБП, %	10,9	26,9	0,019
Креатинин, мкмоль/л	74,7±15,4	84,4±20,8	0,001
СКФ, мл/мин	82,5 [71,0;94,5]	72,4 [61,4;85,8]	0,001
ФК XCH по NYHA, %			0,067
I	15,8	17,3	
II	81,2	69,2	
III	3,0	13,5	
T6X, м	400,0 [360,0;440,0]	365,5 [310,5;401,5]	0,004
HFA-PEFF, балл	5,0 [4,0;6,0]	6,0 [5,0;6,0]	0,001
HFA-PEFF, >5 баллов	59,4	78,8	0,019
H2FPEF, балл	4,5±1,4	4,9±1,7	0,175
H2FPEF, >5 баллов	59,4	67,3	0,382
NT-proBNP, пг/мл	257,7 [100,0;443,3]	412,0 [191,4;780,2]	0,002
NT-proBNP >125 пг/мл, %	74,0	87,8	0,085
NT-proBNP >220 пг/мл, %	58,3	67,3	0,368

Сокращения: АГ — артериальная гипертония, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, ИМТ — индекс массы тела, СД — сахарный диабет, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, СНсФВ — сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, Т6Х — тест 6-минутной ходьбы, ФК — функциональный класс, ФП — фибрилляция предсердий, ХБП — хроническая болезнь почек, XCH — хроническая сердечная недостаточность, HFA-PEFF — Heart Failure Association score (диагностический алгоритм Европейского общества кардиологов), H2FPEF — диагностическая шкала Американской ассоциации кардиологов, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, NYHA — New York heart association (Нью-Йоркская ассоциация сердца).

облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей; заболевания опорно-двигательного аппарата, сопровождающиеся болевым синдромом при движении нижних конечностей. **Критерии исключения:** недостижение частоты сердечных сокращений,

Таблица 2
Проводимая медикаментозная терапия (n=153)

Препарат, %	Группа I (n=101)	Группа II (n=52)	p
БАБ	74,3	67,3	0,448
иАПФ	31,7	25,0	0,456
БРА	57,4	59,6	0,863
АМКР	9,9	21,2	0,081
Диуретики	42,6	55,8	0,128
БКК	34,7	44,2	0,292
Моксонидин	5,9	9,6	0,511
Дезагреганты	56,4	57,7	0,997
Антикоагулянты	17,8	19,2	0,828
Статины	82,2	69,2	0,100
ААС	9,9	13,5	0,589
Ингибиторы SGLT2	12,9	17,3	0,473

Сокращения: ААС — антиаритмические средства, АМКР — антагонисты минералокортикоидных рецепторов, БАБ — β-адреноблокаторы, БКК — блокаторы кальциевых каналов, БРА — блокаторы рецепторов ангиотензина II, иАПФ — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, SGLT2 — sodium-glucose cotransporter-2 (натрий-глюкозный котранспортер-2).

достаточной для завершения ДСТ; возникновение тахиаритмии, затрудняющей диагностику СНсФВ.

Использованы ультразвуковой аппарат экспертного класса General Electric (GE) Vivid E9 с матричным датчиком M5S-D (1,5-4,6 МГц), велоэргометр GE eBike. Данные сохранялись в формате DICOM. Интерпретация изображений, кинопетель осуществлялась на рабочей станции IntelliSpace Cardiovascular, платформе TomTec (Philips, США) в соответствии с действующими методическими рекомендациями [9]. Метод отслеживания движения пятен (speckle tracking echo, STE) применен для фазового анализа деформации ЛП и глобальной продольной деформации ЛЖ (global longitudinal strain, GLS).

Статистический анализ полученных данных проведен при помощи пакета программ IBM SPSS Statistics 23.0. Для определения нормальности распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Анализ количественных величин несвязанных групп при их нормальном распределении выполняли с помощью критерия t-Стюдента; результаты представлены в виде $M \pm SD$ (M — среднее арифметическое, SD — стандартное отклонение). Для анализа количественных величин при распределении, отличном от нормального, использовали критерий Манна-Уитни; результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха [$Q25$; $Q75$]. Для анализа количественных величин связанных групп при распределении, отличном от нормального, использовали критерий Уилкоксона. Качественные величины сравнивали при помощи критерия хи-квадрат Пирсона. Для определения выраженности связей проводили корреляционный анализ Спирмена. Статистически значимыми считали различия переменных при $p < 0,05$.

Таблица 3

Структурно-функциональное состояние сердца (n=153)

Показатель	Группа I (n=101)	Группа II (n=52)	p
Структурное состояние			
Аорта, мм	34,3±3,7	34,0±3,4	0,627
МЖП, мм	12,7±1,7	13,8±2,7	0,010
ЗС ЛЖ, мм	11,1±1,2	11,7±1,4	0,005
ММ ЛЖ, г	214,0 [188,5;247,0]	234,5 [194,0;277,5]	0,006
Индекс ММ ЛЖ, г/м ²	112,9 [103,6;127,5]	128,3 [108,0;144,2]	0,007
КДО ЛЖ, мл	80,0 [70,0;90,1]	76,0 [67,5;86,8]	0,350
КДО ЛЖ индекс, мл/м ²	43,0±8,2	40,6±9,7	0,109
Передне-задний размер ЛП, мм	41,0±4,0	43,3±4,1	0,001
Объем ЛП, мл	65,0 [53,5;73,0]	74,5 [65,3;89,8]	<0,001
иоЛП, мл/м ²	33,5 [29,2;40,1]	40,8 [37,3;47,6]	<0,001
Встречаемость дилатации ЛП (иоЛП >34 мл/м ²), %	46,5	84,6	<0,001
Объем ПП, мл	42,4±9,1	48,2±13,5	0,002
иоПП, мл/м ²	22,2 [19,3;25,9]	25,2 [21,4;28,7]	0,004
Размер ПЖ, мм	27,5±2,6	28,0±2,4	0,283
Функциональное состояние			
ФВ ЛЖ, %	66,0±3,5	65,7±3,6	0,673
GLS, %	18,4±2,8	18,0±3,3	0,417
Встречаемость GLS <18%, %	36,0	45,0	0,423
Пик E, см/с	71,0 [61,5;81,5]	94,0 [81,3;105,8]	<0,001
Пик A, см/с	87,0 [77,2;99,0]	92,5 [60,0;113,5]	0,924
E/A	0,8 [0,7;1,0]	1,1 [0,8;1,5]	<0,001
TDI e' sept, см/с	5,5±1,1	5,0±1,3	0,008
TDI e' lat, см/с	7,2±1,4	6,2±1,5	<0,001
E/e' average	11,3 [10,1;12,6]	16,3 [14,9;19,2]	<0,001
LASr, %	21,3 [19,5;24,7]	15,0 [12,5;17,3]	<0,001
Встречаемость LASr <24%, %	70,3	100,0	<0,001
LAScd, %	9,3 [7,6;11,5]	7,2 [5,6;9,3]	<0,001
LASct, %	11,8 [9,1;14,7]	7,3 [4,9;10,5]	<0,001
Комплаентность ЛП (LASr / E/e')	1,9 [1,6;2,3]	0,9 [0,7;1,1]	<0,001
Встречаемость комплаентности ЛП <2,4, %	75,2	100,0	<0,001
СДЛА, мм рт.ст.	24,5±6,5	26,0±7,2	0,201

Сокращения: ЗС — задняя стенка, иоЛП — объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, КДО — конечно-диастолический объем, ММ — масса миокарда, МЖП — межжелудочковая перегородка, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, ФВ — фракция выброса, E/e' average — усредненное отношение ранней диастолической скорости трансмитрального потока (E) к ранней диастолической скорости движения фиброзного кольца митрального клапана (e'), GLS — Global Longitudinal Strain (глобальная продольная деформация), LAScd — Left Atrial coduit Strain (деформация кондуктивной фазы левого предсердия), LASct — Left Atrial contraction Strain (деформация контрактильной фазы левого предсердия), LASr — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия), TDI e' lat — left ventricular annular velocity assessed by Tissue Doppler Imaging, peak e' lateral (ранняя диастолическая скорость движения латеральной части кольца митрального клапана), TDI e' sept — left ventricular annular velocity assessed by Tissue Doppler Imaging, peak e' septal (ранняя диастолическая скорость движения септальной части кольца митрального клапана).

Результаты

При анализе основных клинико-функциональных параметров между группами были выявлены статистически значимые различия по тесту 6-минутной ходьбы, количеству баллов претестовой части алгоритма НФА-PEFF и концентрации N-концевого фрагмента промозгового НУП (NT-проBNP) (табл. 1). Следует отметить отсутствие достоверных различий по основным сердечно-сосудистым заболеваниям, за исключением хронической болезни почек — в группе II заболевание встречалось чаще (табл. 1). При анализе исходной проводимой ме-

дикаментозной терапии статистически значимых различий между группами обнаружено не было (табл. 2).

При анализе показателей ЭхоКГ покоя между группами найдены достоверные различия по параметрам, описывающим ремоделирование левых отделов сердца (табл. 3). Определены различия показателей, характеризующих структуру сердца: в группе II в сравнении с группой I увеличены толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки ЛЖ, масса миокарда ЛЖ, увеличены полости обоих предсердий. Нужно отметить статистически значимое увеличение всех пока-

Таблица 4
Стресс-ЭхоКГ с ВЭМП в группе I (n=101)

Показатель, %	Покой	ФН	p
Пик Е, см/с	71,0 [61,5;81,5]	123,0 [112,0;133,0]	<0,001
Пик А, см/с	87,0 [77,2;99,0]	107,0 [93,0;127,0]	<0,001
E/A	0,8 [0,7;1,0]	1,1 [0,9;1,3]	<0,001
TDI e' sept, см/с	5,0 [5,0;6,0]	7,0 [7,0;8,0]	<0,001
TDI e' lat, см/с	7,0 [6,0;8,0]	9,0 [8,0;10,0]	<0,001
E/e' average	11,3 [10,1;12,6]	14,7 [14,0;15,5]	<0,001
E/e' sept	13,0 [11,4;14,6]	16,7 [15,2;18,0]	<0,001
Градиент ТР, мм рт.ст.	20,0 [15,5;25,0]	35,0 [23,0;46,0]	<0,001
DFRI (N >13,5)	9,0 [6,0;12,8]	—	—
E/A паттерн (E>A), %	50,5	—	—
Толерантность к ФН, Ватт	75,0 [50,0;75,0]	—	—
Продолжительность стресс-теста, мин	5,3±1,4	—	—
Максимальная ЧСС, уд./мин	100,0 [94,5;107,0]	—	—
Стресс-индуцированная ишемия, %	8,0	—	—

Сокращения: стресс-ЭхоКГ с ВЭМП — стресс-эхокардиография с горизонтальной велоэргометрической пробой, ТР — трикуспидальная регургитация, ФН — физическая нагрузка, ЧСС — частота сердечных сокращений, DFRI — Diastolic Functional Reserve Index (индекс диастолического функционального резерва).

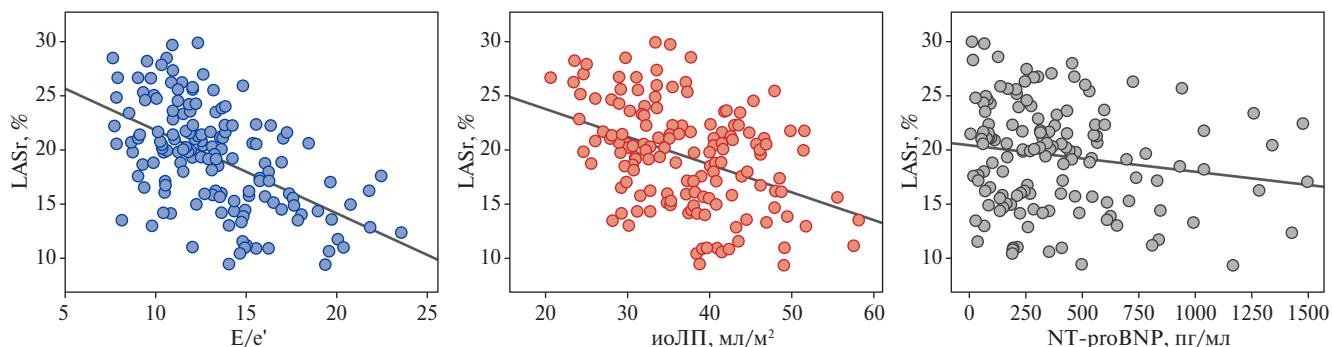


Рис. 2. Корреляции исследуемых показателей, описывающих увеличение давления в полости ЛП.

Сокращения: иоЛП — объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, LASr — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия), NT-proBNP — Н-концевой промозговой натрийуретический пептид.

зателей, описывающих дилатацию полости ЛП в группе II: передне-задний размер ЛП, объем ЛП и иоЛП. Более того, между группами установлены различия по большинству характеристик степени тяжести ДД ЛЖ: ранняя диастолическая скорость трансмитрального потока (пик Е), ее отношение к поздней диастолической скорости (отношение Е/A), ранние диастолические (в области МЖП и боковой стенки ЛЖ) скорости движения кольца митрального клапана, ДН ЛЖ (отношение Е/e'), деформация резервуарной фазы ЛП (Left Atrial reservoir Strain, LASr) и комплаентность ЛП (табл. 3). Следует указать на отсутствие достоверных различий по систолическому давлению в легочной артерии. По данным корреляционного анализа, у больных СНсФВ (общая группа) были выявлены связи умеренной силы: LASr и отношение Е/e' ($r=-0,538$; $p<0,001$), LASr и иоЛП ($r=-0,443$; $p<0,001$), отмечено отсутствие связи между LASr и NT-proBNP ($r=-0,157$; $p=0,060$) (рис. 2).

При анализе показателей, полученных при проведении ДСТ, были выявлены статистически значимые различия по компонентам угнетения ДР ЛЖ в групп-

пе I (табл. 4). С увеличением ранней (пик Е) и поздней (пик А) диастолических скоростей трансмитрального потока было зафиксировано угнетение ДР ЛЖ (рост отношения Е/e') даже при повышении ранних диастолических (в области МЖП и боковой стенки ЛЖ) скоростей движения кольца митрального клапана (табл. 4). По данным корреляционного анализа у пациентов группы I обнаружены связи слабой и умеренной силы: DFRI и комплаентность ЛП при ЭхоКГ покоя ($r=0,292$; $p=0,003$), DFRI и Е/e' при ДСТ ($r=-0,415$; $p<0,001$), DFRI и отношение Е/A при ДСТ ($r=0,332$; $p=0,001$), DFRI и толерантность к ФН ($r=0,224$; $p=0,024$), DFRI и NT-proBNP ($r=-0,204$; $p=0,047$).

Обсуждение

Рекомендации по применению стресс-ЭхоКГ с ВЭМП от EACVI/ASE 2017г содержат исчерпывающее описание особенностей диагностики СНсФВ при проведении ДСТ [8]. Однако отмечено, что реальный клинико-диагностический процесс сопровождается неопределенностью/отсутствием консенсуса от-

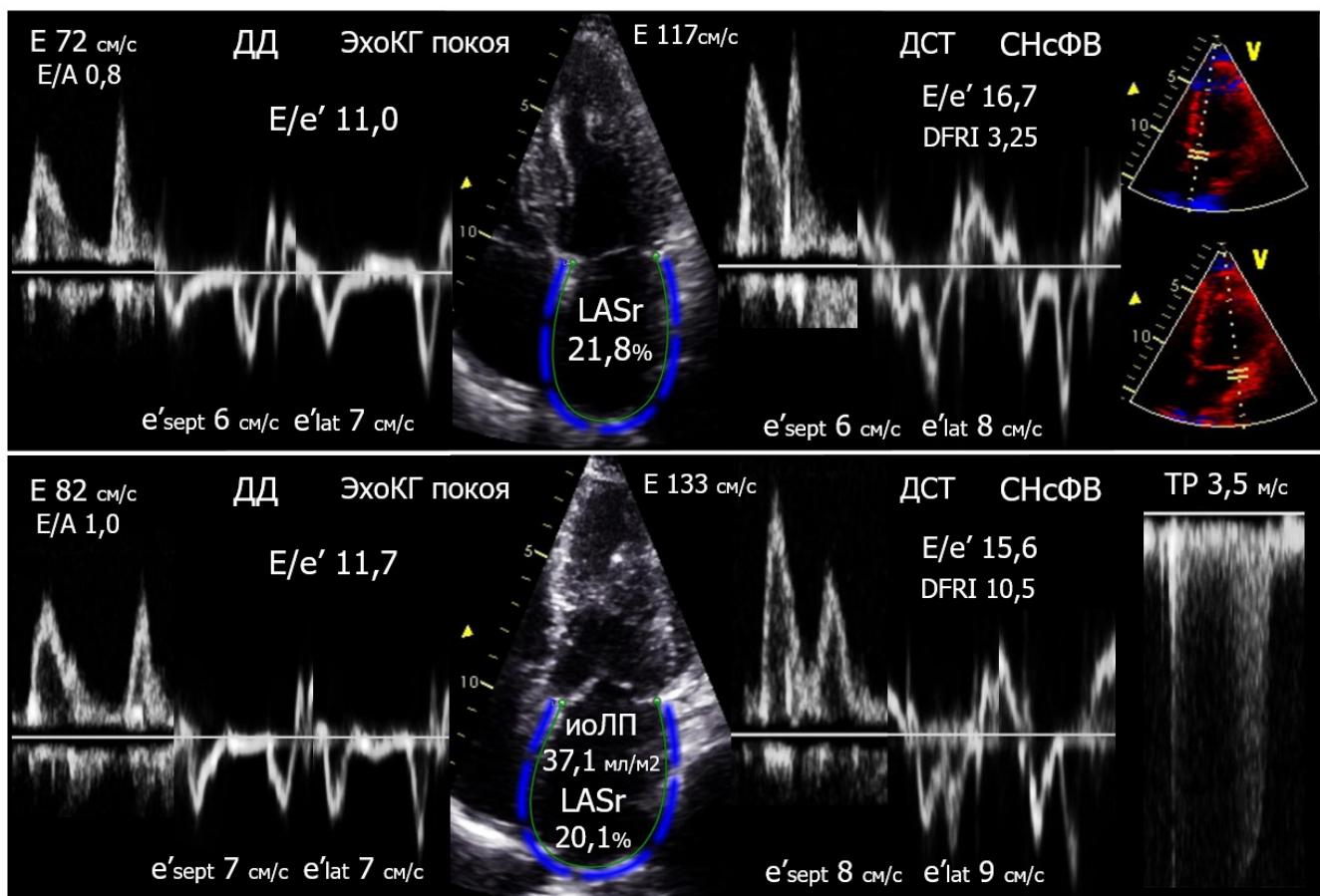


Рис. 3. Варианты положительного ДСТ.

Примечание: верхняя панель: достижение $E/e' > 14$; DFRI значимо $< 13,5$; $E/A = 1,0$; признаки ЛГ при ФН отсутствуют. Нижняя панель: достижение $E/e' > 14$; DFRI $< 13,5$; $E/A = 1,4$; наличие ЛГ при ФН. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДД — диастолическая дисфункция, ДСТ — диастолический стресс-тест, иоЛП — объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, СНсФВ — сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ЭхоКГ — эхокардиография, LASr — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия).

носительно универсальных критериев положительной пробы ДСТ [10]. Важно добавить, что именно угнетение ДР ЛЖ — достижение $E/e' > 14$ при выполнении ФН — повышает чувствительность определения СНсФВ с 34% до 90%, несколько снижая специфичность — от 83% до 71% в сравнении с традиционной ЭхоКГ покоя (верификация СНсФВ по данным катетеризации правых отделов сердца) [11]. В действующих национальных клинических рекомендациях по хронической сердечной недостаточности (2024) этот критерий предложен впервые, используется как основной и наиболее важный, увеличение $E/e' > 14$ считается достаточным для диагностики СНсФВ [6]. Также рекомендовано учитывать увеличение скорости триkuspidальной регургитации как признак проявления ЛГ [6, 8]. Согласно нашим данным, в рамках проведения комплексного анализа, вероятно, стоит выделить дополнительные признаки угнетения ДР ЛЖ: DFRI и паттерн наполнения ЛЖ ($E > A$), которые соответственно позволяют учитывать возможность к растяжению ткани миокарда ЛЖ и распределение напол-

нения ЛЖ (рис. 3, табл. 4). Указанные особенности при их дальнейшем исследовании, вероятно, можно учитывать для дифференциации вариантов диастолического ответа на дозированную ФН (рис. 3).

Применение современного фазового анализа деформации ЛП с использованием STE позволяет количественно оценить резервуарную, кондуитную и контрактильную функции ЛП. LASr при проведении ЭхоКГ покоя рекомендована BSEcho с 2024г для диагностики СНсФВ, т.к. ее значимое угнетение опережает расширение полости ЛП (рис. 3) [12]. Чувствительность LASr в определении СНсФВ составляет 77%, специфичность — 93% [13]. Важно добавить, что LASr отражает среднее давление в полости ЛП: опосредованно с этим показателем связаны давление заклинивания легочной артерии при катетеризации правых отделов сердца и отношение E/e' при ЭхоКГ [13]. Результаты метаанализа Dal Canto E, et al. (2022) демонстрируют значение мультифакторного/комплексного подхода диагностики СНсФВ, поддерживая потенциальную роль LASr при ЭхоКГ покоя

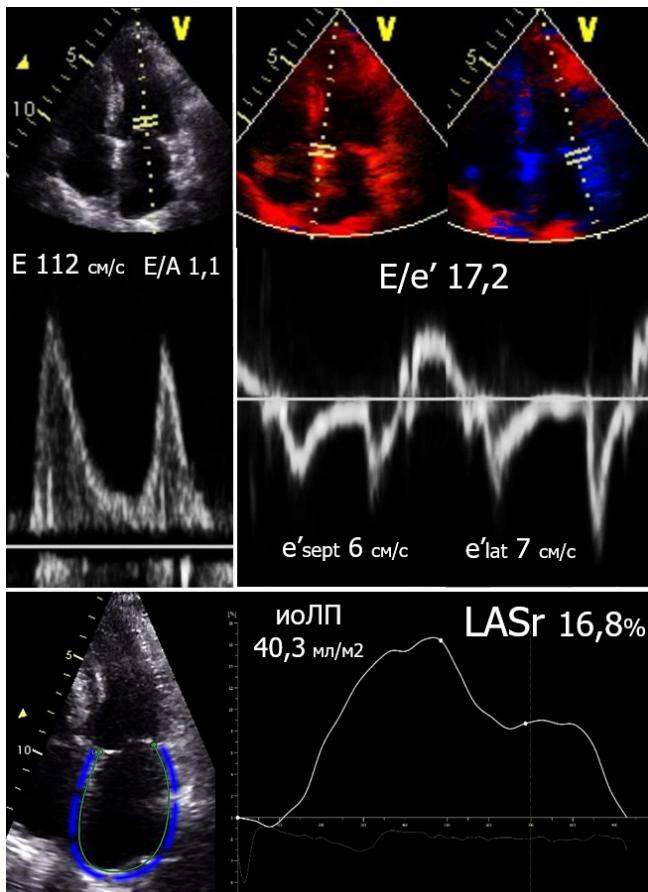


Рис. 4. Анализ диастолической функции ЛЖ с определением выраженного увеличения среднего давления полости ЛП в состоянии покоя: $E/e' > 14$, $LASr < 18\%$, $iOLP > 34,0 \text{ мл}/\text{м}^2$.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.
Сокращения: $iOLP$ — объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, $LASr$ — Left Atrial reservoir Strain (деформация резервуарной фазы левого предсердия).

в сочетании с проведением ДСТ [13]. Также предлагается использовать комплаентность ЛП ($LASr / E/e'$) в качестве наиболее точного показателя соответствия компонентов диастолической функции левых отделов сердца [14].

ДСТ позволяет выявить больных СНсФВ с незначительным ремоделированием сердца (ранняя/своевременная диагностика). По нашим данным, такие пациенты менее чем в 50% случаев имеют дилатацию полости ЛП, у них отсутствуют признаки ЛГ в покое. При этом умеренное угнетение резервуарной функции ЛП ($LASr < 24\%$ [12]) выявлено у 70% пациентов. Напротив, больные СНсФВ с более значимой ДД, выявленной без проведения стресс-теста, в большинстве имеют расширение ЛП и выраженное снижение $LASr < 18\%$ [12], сочетающиеся с увеличением массы миокарда ЛЖ (рис. 4). В этом контексте важно указать на NT-proBNP, уровень которого значительно растет при продолжающемся структурно-функциональном ремоделировании сердца [2].

Ограничения исследования. Необходимы более масштабные, спланированные исследования для оценки дополнительной диагностической/прогностической ценности представленных современных инструментов ЭхоКГ.

Заключение

Для пациентов с подтвержденной СНсФВ при увеличении ДН ЛЖ характерно угнетение резервуарной функции ЛП и расширение полости ЛП. Фазовый анализ деформации ЛП и проведение ДСТ позволяют своевременно диагностировать СНсФВ.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Ovchinnikov AG, Potekhina AV, Filatova AYu, et al. The Role of the Left Atrium in the Pathogenesis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. Kardiologiya. 2024;64(11):132-47. (In Russ.) Овчинников А. Г., Потехина А. В., Филатова А. Ю. и др. Роль левого предсердия в патогенезе сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. Кardiologiya. 2024;64(11):132-47. doi:10.18087/cardio.2024.11.n2799.
- Reddy YNV, Tada A, Obokata M, et al. Evidence-Based Application of Natriuretic Peptides in the Evaluation of Chronic Heart Failure With Preserved Ejection Fraction in the Ambulatory Outpatient Setting. Circulation. 2025;151(14):976-989. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.124.072156.
- Nikorowitsch J, Bei der Kellen R, Kirchhof P, et al. Applying the ESC 2016, H2PFEF, and HFA-PEFF diagnostic algorithms for heart failure with preserved ejection fraction to the general population. ESC Heart Fail. 2021;8(5):3603-12. doi:10.1002/ehf2.13532.
- Selvaraj S, Myhra PL, Vaduganathan M, et al. Application of Diagnostic Algorithms for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction to the Community. JACC Heart Fail. 2020;8(8):640-53. doi:10.1016/j.jchf.2020.03.013.
- Li S, Zhu X, Zhang Y, et al. Validation of heart failure algorithm for diagnosing heart failure with preserved ejection fraction: a meta-analysis. ESC Heart Fail. 2023;10(4):2225-35. doi:10.1002/ehf2.14421.
- Galyavich AS, Tereshchenko SN, Uskach TM, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(11):6162. (In Russ.) Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(11):6162. doi:10.15829/1560-4071-2024-6162.
- Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, 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. European Heart Journal — Cardiovascular Imaging. 2016;17(12):1321-60. doi:10.1093/ehjci/jew082.
- Lancellotti P, Pellikka PA, 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. Journal of the American Society of Echocardiography. 2017;30(2):101-38. doi:10.1016/j.echo.2016.10.016.
- Matskeplishvili ST, Saidova MA, Mironenko MYu, et al. Standard transthoracic echocardiography. Guidelines 2024. Russian Journal of Cardiology. 2025;30(2):6271. (In Russ.) Мацкеплишвили С. Т., Сайдова М. А., Мироненко М. Ю. и др. Выполнение стандартной трансторакальной эхокардиографии. Методические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2025;30(2):6271. doi:10.15829/1560-4071-2025-6271.
- Tani Y, Reddy YNV, Verbrugge FH, et al. Variability in approach to exercise stress echocardiography for diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction: an international survey on real-world practice. Eur Heart J Imaging Methods Pract. 2024;2(1):qya059. doi:10.1093/ejmip/qya059.
- Obokata M, Kane GC, Reddy YN, et al. Role of Diastolic Stress Testing in the Evaluation for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Simultaneous Invasive-Echocardiographic Study. Circulation. 2017;135(9):825-38. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822.
- Robinson S, Ring L, Oxborough D, et al. The assessment of left ventricular diastolic function: Guidance and recommendations from the British Society of Echocardiography. Echo Res Pract. 2024;11(1):16. doi:10.1186/s44156-024-00051-2.
- Dal Canto E, Remmelzwaal S, van Ballegooijen AJ, et al. Diagnostic value of echocardiographic markers for diastolic dysfunction and heart failure with preserved ejection fraction. Heart Fail Rev. 2022;27(1):207-18. doi:10.1007/s10741-020-09985-1.
- Shirokov NE, Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, et al. Diagnostic value of left atrial compliance in determining heart failure with preserved ejection fraction. Russian Open Medical Journal. 2024;13:e0409. doi:10.15275/rusomj.2024.0409.