

УДК 616.12-008.313.2:616.24-008.47:616.12-008.46-073.43-8-037
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-21-30>

Эхокардиографические предикторы недиагностированной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у госпитализированных пациентов с фибрилляцией предсердий и жалобами на одышку

Давлетова М.А.¹, Ставцева Ю.В.^{1,2}, Сафарова А.Ф.¹, Тимофеева Т.М.^{1,2}, Кобалава Ж.Д.¹

¹ Российский университет дружбы народов (РУДН) им. Патрика Лумумбы
Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8

² Университетская клиническая больница (УКБ) им. В.В. Виноградова (филиал) Российского университета дружбы народов (РУДН) им. Патрика Лумумбы
Россия, 117292, г. Москва, ул. Вавилова, 61

РЕЗЮМЕ

Цель: оценить частоту встречаемости и эхокардиографические предикторы ранее недиагностированной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП) и хронической одышкой.

Материалы и методы. В проспективное наблюдательное исследование включены 85 пациентов с пароксизмальной или персистирующей формой ФП и хронической одышкой, госпитализированных для проведения кардиоверсии. Всем участникам выполнялась трансторакальная эхокардиография в сочетании с методом спектр-трекинга для анализа продольной деформации левого предсердия (ПД ЛП). Вероятность СНсФВ оценивалась с помощью алгоритма HFA-PEFF. Для динамического наблюдения за пациентами были выделены три временные точки: во время фибрилляции предсердий, через 24 ч после кардиоверсии и через 1 мес наблюдения.

Результаты. Высокая вероятность СНсФВ была выявлена у 78,7% пациентов (67 из 85). В этой группе зарегистрированы статистически значимо более высокие уровни NT-проБНР, более высокие баллы по шкале CHA₂DS₂-VASc, а также более низкие показатели ПД ЛП, более высокий индекс жесткости ЛП по сравнению с пациентами с низкой и промежуточной вероятностью СНсФВ. При динамическом наблюдении через 1 мес после кардиоверсии ($n = 55$) количество баллов по алгоритму HFA-PEFF оставалось неизменным, несмотря на статистически значимое снижение уровня NT-проБНР. Наибольшую прогностическую значимость для выявления пациентов с высокой вероятностью сердечной недостаточности продемонстрировал индекс жесткости ЛП, с отношением шансов 34,5 (95%-й доверительный интервал (ДИ) 2,5–478,7) во время ФП и 193,1 (95% ДИ 7,3–1207) при синусовом ритме.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о высокой распространенности ранее недиагностированной СНсФВ среди пациентов с ФП, госпитализированных для кардиоверсии. Вероятность СНсФВ существенно не изменилась в течение месяца после восстановления синусового ритма. Индекс жесткости ЛП обладает высокой диагностической ценностью для верификации СНсФВ у данной категории пациентов и может рассматриваться как дополнительный критерий при использовании стандартного алгоритма HFA-PEFF.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, кардиоверсия, деформация левого предсердия, шкала HFA-PEFF

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено этическим комитетом Медицинского института РУДН (протокол № 16 от 16.03.2023).

Для цитирования: Давлетова М.А., Ставцева Ю.В., Сафарова А.Ф., Тимофеева Т.М., Кобалава Ж.Д. Эхокардиографические предикторы недиагностированной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у госпитализированных пациентов с фибрилляцией предсердий и жалобами на одышку. *Бюллетень сибирской медицины*. 2025;24(4):21–30. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-21-30>.

Echocardiographic predictors of undiagnosed heart failure with preserved ejection fraction in hospitalized atrial fibrillation patients with dyspnea

Davletova M.A.¹, Stavtseva Y.V.^{1,2}, Safarova A.F.¹, Timofeeva T.M.^{1,2}, Kobalava Zh.D.¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

6 Miklouho-Maclay St., 117198 Moscow, Russian Federation

² Vinogradov City Clinical Hospital, RUDN University

61 Vavilov St., 117292 Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The aim was to evaluate the prevalence and echocardiographic predictors of previously undiagnosed heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF) in patients with atrial fibrillation (AF) and chronic dyspnea.

Material and methods. This prospective observational study included 85 patients hospitalized for cardioversion with paroxysmal or persistent AF and chronic dyspnea. All participants underwent transthoracic speckle-tracking echocardiography of left atrial longitudinal strain (LAS). HFpEF probability was assessed using the HFA-PEFF algorithm. Dynamic follow-up of diastolic function was performed at three predefined time points: during AF paroxysm, 24 hours post-cardioversion, and one-month post-cardioversion.

Results. High probability of HFpEF was identified in 78.7% of patients (67 out of 85). These patients exhibited significantly higher NT-proBNP levels, greater CHA₂DS₂-VASC score, as well as more impaired LAS parameters and elevated left atrial stiffness index compared to low-intermediate HFpEF probability groups. At one-month follow-up after cardioversion ($n = 55$), while NT-proBNP levels significantly declined, overall HFpEF probability remained unchanged. Left atrial stiffness index demonstrated the strongest independent predictive value in verifying high probability HFpEF, with remarkable discriminative capacity both during AF (OR = 34.5; 95% CI 2.5–478.7) and after sinus rhythm restoration (OR = 193.1; 95% CI 7.3–1,207).

Conclusion. This study reveals high prevalence of undiagnosed HFpEF among AF patients undergoing cardioversion, with disease probability persisting despite rhythm control during one-month follow-up. The left atrial stiffness index is as a valuable diagnostic marker for HFpEF detection in this population, potentially enhancing standard HFA-PEFF algorithm.

Keywords: atrial fibrillation, heart failure with preserved ejection fraction, cardioversion, left atrial strain, HFA-PEFF score

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that they received no funding for the study.

Conformity with the principles of ethics. All patients signed an informed consent to participate in the study. The study was approved by the Ethics Committee of RUDN University Medical Institute (Minutes No. 16 dated March 16, 2023).

For citation: Davletova M.A., Stavtseva Y.V., Safarova A.F., Timofeeva T.M., Kobalava Zh.D. Echocardiographic predictors of undiagnosed heart failure with preserved ejection fraction in hospitalized atrial fibrillation patients with dyspnea. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2025;24(4):21–30. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-21-30>.

ВВЕДЕНИЕ

Верификация диагноза сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка (СНсФВ) у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП) и жалобами на одышку может вызывать значительные затруднения, поскольку оба состояния широко распространены у лиц пожилого возраста, сопровождаются сходными симптомами и могут являться непосредственными причинами друг друга [1–5]. При этом в настоящее время вопросы об обратимости явлений сердечной недостаточности после кардиоверсии по мере нормализации функции левого предсердия (ЛП) и, как следствие, целесообразности верификации СНсФВ на этапе госпитализации для проведения кардиоверсии остаются недостаточно изученными.

Кроме того, у указанной категории больных нередко встречаются коморбидные состояния (хроническая обструктивная болезнь легких, анемия, ожирение), затрудняющие корректную интерпретацию генеза одышки. Исходя из вышеизложенного, представляется крайне важной оптимизация выявления СНсФВ в данной популяции пациентов с целью своевременной модификации медикаментозной терапии [1, 2, 6].

Известно, что у пациентов с СНсФВ отмечаются фиброз, ремоделирование, перегрузка и нарушение функции ЛП. Эти изменения можно оценить посредством как параметров, которые уже широко используются в клинической практике, так и показателей, роль которых требует дальнейшего изучения. Среди них особый интерес представляет оценка продольной деформации (ПД) ЛП посредством *speckle tracking*-эхокардиографии [7–10].

ПД ЛП – перспективный эхо-маркер, который отражает не только функцию ЛП, но также давление наполнения левого желудочка (ЛЖ). Данный маркер может применяться в качестве параметра, дополняющего валидированные клинические инструменты, в частности шкалы Н₂FPEF и НFA-PEFF, предложенные для диагностики СНсФВ [11, 12]. Кроме того, ПД ЛП, вероятно, является более чувствительным маркером диастолической дисфункции в сравнении с общепринятыми показателями оценки морфологии ЛП и ЛЖ [3, 13]. Так, в отдельных исследованиях продемонстрирована высокая точность метода оценки ПД ЛП в дифференциальной диагностике между СНсФВ и другими причинами одышки у пациентов с синусовым ритмом [14–16]. Однако данные о ценности метода у пациентов с ФП требуют дальнейшего изучения.

Цель настоящего исследования – оценить частоту встречаемости и эхокардиографические предикторы

ранее недиагностированной СНсФВ у пациентов с ФП и хронической одышкой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

После скрининга 171 человека в проспективном наблюдательном исследовании приняли участие 85 пациентов в возрасте ≥55 лет с пароксизмальной или персистирующей формами ФП и жалобами на хроническую одышку, последовательно госпитализированных в отделение кардиореанимации на базе Университетского клинического центра им. В.В. Виноградова (филиал) РУДН для проведения кардиоверсии в период с марта 2023 г. по май 2024 г. В итоговый анализ данных были включены 55 пациентов, завершивших наблюдение в течение месяца. Выбор метода для восстановления синусового ритма (фармакологическая или электрическая кардиоверсия) осуществлялся в соответствии с практикой, указанной в актуальных клинических рекомендациях Минздрава России.

В качестве основных критериев исключения использовались ранее диагностированная сердечная недостаточность, невозможность восстановления и устойчивого удержания синусового ритма при последующем наблюдении (эпизоды ФП, требующие повторной кардиоверсии), систолическая дисфункция ЛЖ, наличие потенциально обратимых причин ФП (например, электролитные нарушения, тиреотоксикоз), тяжелые сопутствующие заболевания (например, тяжелая анемия, хроническая обструктивная болезнь легких, активное онкозаболевание). Через один месяц после выписки из стационара был запланирован визит для определения динамических изменений лабораторных и эхокардиографических параметров.

В базе данных исследования регистрировали основные клинико-демографические данные изучаемой популяции. Дополнительно учитывались длительность анамнеза и форма ФП, а также наличие сопутствующих заболеваний. Выраженность одышки определяли в соответствии с классификацией NYHA. В ходе исследования фиксировали рутинные лабораторные показатели на момент госпитализации, а также динамические изменения NT-proBNP (на момент поступления, на следующий день и через месяц после кардиоверсии). На основании клинико-лабораторных параметров у всех пациентов выполнялась оценка риска тромбоэмбологических осложнений и кровотечений по шкалам CHA₂DS₂-VASc и HAS-BLED соответственно.

При электрокардиографии (ЭКГ) оценивали морфологию комплекса QRS и продолжительность базовых интервалов (PQ, QRS, QT). Трансторакальное эхокардиографическое исследование выполнялось на

оборудовании экспертного класса (GE Vivid E90, GE Healthcare, Хортон, Норвегия). Во время процедуры использовали стандартные проекции, обеспечивающие регистрацию необходимых параметров при оптимальном уровне визуализации. Метод оценки глобальной сократимости ЛЖ (метод Тейхольца или метод Симпсона) выбирали с учетом различных факторов (возможности визуализации, наличие нарушений локальной сократимости миокарда ЛЖ) в соответствии с практикой, принятой в лечебном учреждении.

На основании тканевого допплера в апикальной четырехкамерной позиции по пиковой скорости Е-волны (Е) митрального клапана и среднему значению суммы латеральных и перегородочных митральных кольцевых пиковых скоростей в начале диастолы (e') оценивали отношение Е/ e' . Автономный анализ деформации проводили с использованием специального программного обеспечения для отслеживания ЛП и ЛЖ соответственно. При расчете глобальной деформации ЛЖ (LVGLS) интересующую область автоматически отслеживали между эндокардиальной и эпикардиальной границами ЛЖ, после чего получали карту «бычий глаз» вместе с GLS. Для оценки деформации ЛП были получены синхронизированные с ЭКГ изображения из апикального доступа в 4- и 2-камерной позициях. За нулевой уровень на графике деформации ЛП был установлен зубец R электрокардиограммы, после чего последовательно регистрировали фазы резервуара ЛП (LASr), кондуита (LAScd) и сокращения (LASct). Последний показатель оценивался только при синусовом ритме [17]. Индекс жесткости (ИЖ) ЛП рассчитывали как Е/ e' , деленное на LASr.

Вероятность СНсФВ оценивали по шкале HFA-PEFF. При промежуточной вероятности СНсФВ выполняли диастолический стресс-тест (ДСТ) по протоколу, предложенному в действующих российских и международных рекомендациях [12, 18, 19]. В качестве критерия положительного ДСТ использовали повышение Е/ $e' \geq 15$ (2 балла) или повышение Е/ $e' \geq 15$ с одновременным увеличением скорости трикуспидальной регургитации $>3,4$ м/с (3 балла).

Для статистической обработки данных использовали программное обеспечение IBM SPSS Statistics (v. 27.0). Количественные данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала Me [IQR], качественные переменные – в формате абсолютного числа и процентного соотношения n [%]. Для оценки статистической значимости межгрупповых различий использовали критерий Манна – Уитни для несвязанных выборок, критерий Вилкоксона для двух связанных выборок, критерий Фридмана с последующим апостериорным попарным сравнени-

ем (с учетом поправки Бонферрони) для трех связанных выборок. Статистически значимыми считали различия при уровне $p < 0,05$ (при поправке Бонферрони – $p < 0,017$).

Для определения независимых предикторов сохранения высокой вероятности СНсФВ через месяц наблюдения проводили логистический регрессионный анализ отдельно для параметров, зарегистрированных во время эпизода ФП и после кардиоверсии. В многофакторный анализ включали параметры с критерием статистической значимости $p < 0,1$. Для каждого независимого предиктора проводили ROC-анализ. Прогностическая способность переменных оценивалась на основании площади под кривой (AUC), оптимальные пороговые значения определяли посредством индекса Юдена.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено этическим комитетом Медицинского института РУДН (протокол № 16 от 16.03.2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Высокая вероятность СНсФВ по шкале HFA-PEFF была выявлена у 67 пациентов (78,7%). Из них исходно высокая вероятность СНсФВ отмечалась у 47, промежуточная вероятность с положительным ДСТ – у 20 человек. Промежуточная и низкая вероятность СНсФВ зарегистрирована в 16 и двух случаях соответственно. Через 1 мес эпизоды ФП были зарегистрированы у 30 пациентов (35,3%), из них 25 из группы 1 и пять человек – из группы 2. Таким образом, в итоговое наблюдение было включено 55 пациентов (из них 42 человека с высокой вероятностью СНсФВ, включая пациентов с положительным ДСТ, – группа 1; и 13 человек с низкой/промежуточной вероятностью СНсФВ – группа 2). Пациенты группы 1 характеризовались большими уровнями NT-proBNP (при поступлении и в динамике) и большим количеством баллов по шкале CHA₂DS₂-VASc (табл. 1).

Информация о динамике показателей, входящих в алгоритм HFA-PEFF, у пациентов с СНсФВ, а также эхокардиографических параметров деформации ЛП представлена в табл. 2. В течение одного месяца наблюдения медиана количества баллов по шкале HFA-PEFF не изменилась (5–5 баллов, $p > 0,05$). Переход из категории высокой вероятности в категорию умеренной вероятности СНсФВ отмечался только у трех пациентов за счет снижения уровня NT-proBNP. В ходе наблюдения отмечалась статистически значимая положительная динамика в отношении отдельных параметров алгоритма (NT-proBNP, e' латеральный), а также всех показателей деформации ЛП.

Таблица 1

Клинико-демографические характеристики пациентов на момент включения в исследование				
Показатель	Группа 1, n = 42	Группа 2, n = 13	p	
Возраст, Me [IQR], лет	75,5 [68; 82]	73 [67; 75]	0,18	
Женский пол, n (%)	29 (69,0)	6 (46,1)	0,24	
Курение, n (%)	3 (7,1)	0 (0)	0,77	
Характеристики сердечной недостаточности				
HFA-PEFF, Me [IQR], баллы	6,0 [5,0; 6,0]	4,0 [3,0; 5,0]	<0,0001	
ФК по NYHA, n (%)				
– II	29 (69)	11 (84,6)	0,46	
– III	13 (31)	2 (15,4)		
NT-proBNP, Me [IQR], пг/мл	1225 [568; 2225]	226 [171; 694]	<0,0001	
Характеристики фибрилляции предсердий				
Форма ФП, n (%)				
– впервые выявленная (пароксизмальная или персистирующая);	9 (21,4)	4 (30,8)	0,75	
– пароксизмальная;	34 (81,0)	11 (84,6)	0,91	
– персистирующая	8 (19,0)	2 (15,4)		
Длительность анамнеза ФП (включая пациентов с впервые выявленной ФП), n (%)				
– менее 1 года;	11 (26,2)	5 (38,5)	0,95	
– 1–3 года;	13 (31,0)	5 (38,5)		
– более 3 лет	18 (42,8)	3 (23,0)		
Длительность эпизода ФП ≥ 48 ч, n (%)	17 (40,5)	2 (15,4)	0,18	
CHA ₂ DS ₂ -VASc, Me [IQR], баллы	4,0 [3,0; 5,0]	3,0 [2,0; 3,0]	0,014	
HAS-BLED, Me [IQR], баллы	2,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 2,0]	0,66	
Сопутствующие заболевания/состояния				
Гипертоническая болезнь, n (%)	42 (100,0)	13 (100)	0,87	
ИБС, n (%)	7 (16,6)	1 (7,7)	0,73	
Ожирение, n (%)	17 (40,5)	3 (23,1)	0,42	
СД второго типа, n (%)	6 (14,3)	0 (0)	0,35	
ОНМК в анамнезе, n (%)	4 (9,5)	1 (7,7)	0,73	
ХБП (СКФ по EPI < 60 мл/мин/1,73 м ²), n (%)	24 (57,1)	4 (30,8)	0,18	
Медикаментозная терапия				
иАПФ/БРА, n (%)	28 (66,7)	9 (69,2)	0,87	
Бета-адреноблокаторы, n (%)	13 (31,0)	7 (53,8)	0,24	
АМКР, n (%)	2 (4,8)	1 (7,7)	0,77	
Тиазидные диуретики, n (%)	5 (12,0)	3 (23,1)	0,58	
Петлевые диуретики, n (%)	6 (14,3)	0 (0)	0,35	
БКК, n (%)	9 (21,4)	4 (30,8)	0,75	
ААТ, n (%)	18 (42,9)	4 (30,8)	0,65	
Антикоагулянты, n (%)	25 (59,5)	7 (53,8)	0,97	

Примечание. ААТ – антиаритмическая терапия; АМКР – антагонисты минералокортикоидных рецепторов; БКК – блокаторы кальциевых каналов; БРА – блокаторы рецепторов ангиотензина II; иАПФ – ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; СД – сахарный диабет; ФК – функциональный класс; ФП – фибрилляция предсердий; HFA-PEFF – Heart Failure Association score (диагностический алгоритм сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса Европейского общества кардиологов); NT-proBNP – N-терминальный промозговой натрийуретический пептид; NYHA – New York Heart Association (Нью-Йоркская ассоциация сердца). При значениях p < 0,05 результат считался статистически значимым.

Таблица 2

Динамические изменения лабораторных и эхокардиографических показателей

Показатель	На момент поступления (во время эпизода ФП) – Т1	24 ч после кардиоверсии – Т2	1 мес после кардиоверсии – Т3	p
NT-proBNP, Me [IQR], пг/мл	1225 [560; 2297]	899,0 [330,5; 412,5]	374 [133; 1099]	<0,001*
Индекс объема ЛП, Me [IQR], мл/м ²	40,0 [31,9; 45,2]	40,8 [33,7; 44,2]	37,0 [34,0; 43,0]	0,03#
ТМЖП, Me [IQR], см	1,3 [1,1; 1,4]	–	1,2 [1,1; 1,3]	0,01
ТЗСЛЖ, Me [IQR], см	1,1 [1,0; 1,2]	–	1,1 [1,0; 1,2]	H3
ИММЛЖ, Me [IQR], г/м ²	96,9 [82,3; 108,5]	–	96,0 [77,5; 108,5]	0,02

Окончание табл. 2

Показатель	На момент поступления (во время эпизода ФП) – Т1	24 ч после кардиоверсии – Т2	1 мес после кардиоверсии – Т3	<i>p</i>
OTC, <i>Me</i> [IQR]	0,48 [0,43; 0,55]	–	0,48 [0,42; 0,55]	H3
СДЛА, <i>Me</i> [IQR], мм рт. ст.	35,0 [28,7; 41,2]	–	35,5 [28,7; 41,2]	H3
Пиковая СТР, <i>Me</i> [IQR], м/с	2,8 [2,1; 3,6]	–	3,0 [2,4; 3,5]	H3
<i>e'</i> латеральный, <i>Me</i> [IQR], см/с	0,06 [0,05; 0,09]	0,07 [0,06; 0,09]	0,07 [0,05; 0,08]	<0,001**
<i>e'</i> септальный, <i>Me</i> [IQR], см/с	0,06 [0,05; 0,08]	0,07 [0,05; 0,08]	0,05 [0,04; 0,06]	<0,001##
E/e', <i>Me</i> [IQR]	11,4 [9,0; 14,0]	12,0 [9,3; 14,5]	11,6 [9,0; 14,5]	H3
GLS, <i>Me</i> [IQR], %	16 [14; 18]	–	–	–
LASr, <i>Me</i> [IQR], %	11,5 [8,0; 14,0]	15,5 [11,7; 21,2]	21,0 [17,0; 24,0]	<0,001*
LAS cd, <i>Me</i> [IQR], %	-7,0 [-10,0; -4,0]	-10,5 [-13,0; -8,0]	-13,0 [-14,5; -10,5]	<0,001*
LAS ct, <i>Me</i> [IQR], %	–	-5,0 [-8,0; -3,0]	-7,0 [-12,0; -4,5]	0,006
E/e' / LASr, <i>Me</i> [IQR]	1,0 [0,68; 1,7]	0,70 [0,52; 1,0]	0,53 [0,41; 0,78]	<0,001*

Примечание. Т1, Т2 и Т3 – временные точки, соответствующие регистрации параметров на момент поступления (во время эпизода ФП), через 24 ч и 1 мес после кардиоверсии соответственно. ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка; ЛП – левое предсердие; НЗ – статистически незначимо; СДЛА – системическое давление в легочной артерии; СТР – скорость триkuspidальной регургитации; ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки; E/e' – отношение скорости раннего наполнения левого желудочка (трансмитральный поток) к средней скорости движения кольца митрального клапана; E/e' LASr – индекс жесткости левого предсердия; e' латеральный – скорость движения латеральной части кольца митрального клапана при использовании тканевой допплерографии; e' септальный – скорость движения медиальной части кольца митрального клапана при использовании тканевой допплерографии; GLS – глобальная продольная деформация левого желудочка; LAScd – деформация кондуктивной фазы (left atrial conduit strain); LASct – деформация сократительной фазы (left atrial contraction strain); LASr – деформация резервирующей фазы (left atrial reservoir strain). Статистически значимые различия: * для Т1 по сравнению с Т2 и Т3 и для Т2 по сравнению с Т3; # для Т2 по сравнению с Т3; ** для Т1 по сравнению с Т2; ## для Т1 и Т2 по сравнению с Т3.

По данным логистического регрессионного анализа индекса жесткости ЛП являлся единственным независимым предиктором СНсФВ через один месяц динамического наблюдения у пациентов с ФП, перенесших кардиоверсию, как во время ФП, так и после восстановления синусового ритма (отношение шансов 34,5 [95%-й доверительный интервал (ДИ) 2,5–478,7; *p* = 0,008] и 193,1 [95% ДИ

7,3–1207; *p* = 0,008] соответственно). На основании ROC-анализа были идентифицированы следующие пороговые значения индекса жесткости ЛП (рис.): >1,10 (площадь под кривой [AUC] 0,83; чувствительность: 49,1%; специфичность 100%) и >0,48 (0,86; чувствительность: 91,2%; специфичность 66,7%) во время ФП и синусового ритма соответственно.

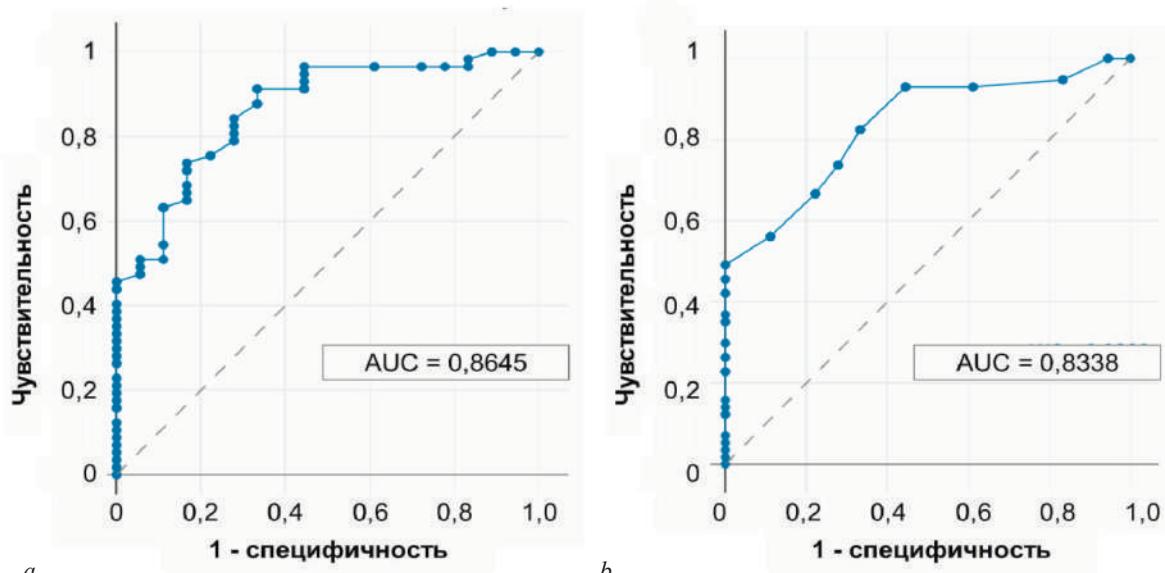


Рисунок. ROC-кривая для индекса жесткости левого предсердия, зарегистрированного во время: *a* – синусового ритма; *b* – эпизода фибрилляции предсердий

ОБСУЖДЕНИЕ

СНсФВ часто остается недиагностированной у пациентов с ФП, поскольку в клинической практике одышка, которая является основным проявлением сердечной недостаточности, может быть расценена исключительно как симптом ФП [20, 21]. В частности, в работе J.A. Naser и соавт. (2023) высокая вероятность СНсФВ отмечалась у 62% больных с данным нарушением сердечного ритма, и только в 5% случаев на момент включения в медицинской документации использовался код по Международной классификации болезней 10-го пересмотра, обозначающий СНсФВ [20].

В публикации Y.N.V. Reddy (2018) при катетеризации правых отделов сердца (КПОС) гемодинамические признаки СНсФВ наблюдались у 64% пациентов с ФП и одышкой неясного генеза [21]. В нашей работе установлена высокая вероятность СНсФВ по шкале HFA-PEFF у большинства пожилых больных с ФП без предшествующего анамнеза сердечной недостаточности и жалобами на хроническую одышку, что согласуется с данными инвазивной диагностики. Так, при использовании золотого стандарта – КПОС с физической нагрузкой в положении лежа, СНсФВ может быть выявлена у 65–94% больных с ФП [21–23]. Кроме того, ФП сопряжена с 2,5-кратным увеличением риска развития клинически значимой диастолической дисфункции ЛЖ (3,4% в год) при динамическом наблюдении по сравнению с таковым при синусовом ритме [20]. Таким образом, полученные нами результаты и данные ранее опубликованных работ могут свидетельствовать в пользу необходимости активного скрининга СНсФВ у больных с ФП и хронической одышкой [20–24].

У пациентов с ФП СНсФВ может быть единственным фактором риска тромбоэмбологических осложнений, требующим добавления антикоагулянтной терапии, и сама по себе является показанием к назначению препаратов, влияющих на прогноз [11, 12, 25]. Кроме того, во время эпизода ФП могут отмечаться изменения, способствующие развитию и прогрессированию сердечной недостаточности [24, 26]. Как следствие, особый интерес после кардиоверсии представляют изменения как отдельных маркеров СНсФВ с течением времени, так и вероятности СНсФВ в целом.

Действительно, восстановление синусового ритма может сопровождаться явлениями обратного ремоделирования левых отделов сердца [27–29]. При этом функциональные изменения ЛП и ЛЖ (E/e' и LASr), наряду со снижением концентрации биомаркеров сердечной недостаточности, обычно предшес-

твует морфологическим (индекс объема ЛП), для которых могут потребоваться месяцы устойчивого синусового ритма. В отдельных работах непосредственно после кардиоверсии наблюдалось восстановление механической синхронии предсердий [30], а также увеличение LASr [29, 31]. Последний, несмотря на динамическое улучшение, обычно не достигает нормальных значений, что может быть связано с феноменом оглушения миокарда предсердий, длительность которого может варьировать в зависимости от формы и продолжительности конкретного эпизода ФП, размеров предсердий и сопутствующей структурной патологии сердца [32, 33].

В нашей работе, несмотря на успешное восстановление синусового ритма во всех случаях (основной критерий включения), уменьшение вероятности СНсФВ по шкале HFA-PEFF от высокой до умеренной было документировано только у трех больных (4,5%) за счет снижения уровня NT-proBNP. В общей популяции исследования, помимо лабораторных изменений, отмечались разнонаправленные изменения скорости движения медиального и латерального отделов кольца митрального клапана, а также улучшение резервуарной, кондуитной и сократительной функций ЛП.

Полученные результаты, а также имеющаяся доказательная база свидетельствуют об ограниченной обратимости параметров СНсФВ после кардиоверсии [24–33], по крайней мере в краткосрочной перспективе, и необходимости рассмотреть максимально раннее назначение препаратов, влияющих на прогноз (антикоагулянты, ингибиторы натрий-глюкозного ко-транспортера 2-го типа, нестероидные антагонисты минералокортикоидных рецепторов) [11, 12]. Улучшение функции левого предсердия при восстановлении синусового ритма может поддерживать концепцию о необходимости раннего контроля ритма, продемонстрированную в исследовании EAST-AFNET 4 [34], где госпитализации по поводу сердечной недостаточности использовались в качестве компонента первичной конечной точки.

Среди эхокардиографических признаков СНсФВ отдельного внимания заслуживает ИЖ ($E/e'/LASr$), который является интегральным показателем диастолической функции левых отделов сердца [6, 35–42]. В ряде работ у пациентов с СНсФВ установлена ассоциация этого параметра как с рецидивированием ФП после кардиоверсии или катетерной абляции [35, 36], так и с отдаленным прогнозом [37–39]. Кроме того, ИЖ изучался в рамках эхокардиографического скрининга СНсФВ как показатель, который может дополнять использующиеся в настоящее время модели оценки вероятности данного состояния [6, 40,

41]. Общепринятые нормативы ИЖ отсутствуют, однако у здоровых лиц он обычно не превышает 0,3.

СНсФВ сопровождается увеличением ИЖ, в которое может вносить дополнительный вклад нарушение резервуарной функции ЛП на фоне ФП, что объясняет различные референсные значения ИЖ, полученные в рамках ROC-анализа в нашем исследовании [31, 42]. Несмотря на несколько большую точность этого параметра непосредственно после кардиоверсии, наибольший интерес представляет возможность использования ИЖ во время ФП, поскольку в российской клинической практике обычно выполняется однократная эхокардиография перед восстановлением синусового ритма. В нашем исследовании ИЖ являлся единственным предиктором сохранения СНсФВ при динамическом наблюдении. Как следствие, этот показатель может представлять ценность в качестве дополнения к другим методам оценки вероятности СНсФВ и потенциальной замены ДСТ при промежуточной вероятности СНсФВ. Однако место ИЖ в рамках современных подходов к диагностике СНсФВ требует дальнейшего изучения.

Ограничения исследования включают относительно небольшой размер выборки, короткий срок наблюдения (1 мес) и отсутствие контрольной группы пациентов с постоянной формой ФП. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение долгосрочных эффектов кардиоверсии в сочетании с терапией СНсФВ на ремоделирование ЛП и клинические исходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании у большинства пациентов пожилого возраста с ФП и жалобами на хроническую одышку отмечалась высокая вероятность СНсФВ по шкале HFA-PEFF, которая сохранялась при динамическом наблюдении после кардиоверсии, что наряду с ограниченными явлениями обратного ремоделирования левых отделов сердца, несмотря на устойчивое удержание синусового ритма, свидетельствует в пользу целесообразности активного скрининга СНсФВ в данной популяции с целью максимально раннего назначения препаратов, влияющих на прогноз. В контексте раннего выявления СН представляет интерес индекс жесткости, который может дополнять диагностические алгоритмы, предложенные в актуальных рекомендациях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Reddy Y.N.V., Carter R.E., Obokata M., Redfield M.M., Borlaug B.A. A simple, evidence-based approach to help guide diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*. 2018;138(9):861–870. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646.
- Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A., Fraser A.G., Anker S.D., Donal E. et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2019;21;40(40):3297–3317. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz641.
- Thomas L., Marwick T.H., Popescu B.A., Donal E., Badano L.P. Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019;23;73(15):1961–1977. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.01.059.
- Cleland J.G.F., Lyon A.R., McDonagh T., McMurray J.J.V. The year in cardiology: heart failure. *Eur. Heart J.* 2020;41(12):1232–1248. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz949.
- Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S. et al. ESC Scientific Document Group. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2016;37(27):2129–2200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128.
- Reddy Y.N.V., Obokata M., Egbe A., Yang J.H., Pislaru S., Lin G. et al. Left atrial strain and compliance in the diagnostic evaluation of heart failure with preserved ejection fraction. *Eur. J. Heart Fail.* 2019;21(7):891–900. DOI: 10.1002/ejhf.1464.
- Carlisle M.A., Fudim M., DeVore A.D., Piccini J.P. Heart failure and atrial fibrillation, like fire and fury. *JACC Heart Fail.* 2019;7(6):447–456. DOI: 10.1016/j.jchf.2019.03.005.
- Sugumar H., Nanayakkara S., Prabhu S., Voskoboinik A., Kaye D.M., Ling L.H. et al. Pathophysiology of atrial fibrillation and heart failure: dangerous interactions. *Cardiol. Clin.* 2019;37(2):131–138. DOI: 10.1016/j.ccl.2019.01.002.
- Bisbal F., Baranchuk A., Braunwald E., Bayés de Luna A., Bayés-Genís A. Atrial Failure as a Clinical Entity: JACC Review Topic of the Week. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020;21;75(2):222–232. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.11.013.
- Patel R.B., Alenezi F., Sun J.L., Alhanti B., Vaduganathan M., Oh J.K. et al. Biomarker Profile of Left Atrial Myopathy in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Insights From the RELAX Trial. *J. Card. Fail.* 2020;26(3):270–275. DOI: 10.1016/j.cardfail.2019.12.001.
- Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М., Агеев Ф.Т., Аронов Д.М., Арутюнов Г.П. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11):6162. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6162.
- McDonagh T.A., Metra M., Adamo M., Gardner R.S., Baumback A., Böhm M. et al. ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2021;42(36):3599–3726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368.
- Singh A., Addetia K., Maffessanti F., Mor-Avi V., Lang R.M. LA strain for categorization of LV diastolic dysfunction. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2017;10(7):735–743. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.08.014.

14. Reddy Y.N.V., Borlaug B.A., O'Connor C.M., Gersh B.J. Novel approaches to the management of chronic systolic heart failure: future directions and unanswered questions. *Eur. Heart J.* 2020;41(18):1764–1774. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz364.
15. Kurt M., Wang J., Torre-Amione G., Nagueh S.F. Left atrial function in diastolic heart failure. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2009;2(1):10–15. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.108.813071.
16. Obokata M., Negishi K., Kurosawa K., Arima H., Tateno R., Ui G. et al. Incremental diagnostic value of la strain with leg lifts in heart failure with preserved ejection fraction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2013;6(7):749–758. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.04.006.
17. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D., Abraham T.P., Auriemma G., Edvardsen T. et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018;19(6):591–600. DOI: 10.1093/ehjci/jey042.
18. Nauta J.F., Hummel Y.M., van der Meer P., Lam C.S.P., Voors A.A., van Melle J.P. Correlation with invasive left ventricular filling pressures and prognostic relevance of the echocardiographic diastolic parameters used in the 2016 ESC heart failure guidelines and in the 2016 ASE/EACVI recommendations: a systematic review in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur. J. Heart Fail.* 2018;20(9):1303–1311. DOI: 10.1002/ejhf.1220.
19. Овчинников А.Г., Агеев Ф.Т., Алёхин М.Н., Беленков Ю.Н., Васюк Ю.А., Галявич А.С. и др. Диастолическая трансторакальная стресс-эхокардиография с дозированной физической нагрузкой в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: показания, методология, интерпретация результатов. Согласованное мнение экспертов, выработанное под эгидой ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» МЗ РФ, Общества специалистов по сердечной недостаточности (ОСЧН) и Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ). *Кардиология.* 2020;60(12):48–63. DOI: 10.18087/cardio.2020.12.n1219.
20. Naser J.A., Lee E., Scott C.G., Kennedy A.M., Pellikka P.A., Lin G., Pislaru S.V. et al. Prevalence and incidence of diastolic dysfunction in atrial fibrillation: clinical implications. *Eur. Heart J.* 2023;44(48):5049–5060. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad592.
21. Reddy Y.N.V., Obokata M., Gersh B.J., Borlaug B.A. High prevalence of occult heart failure with preserved ejection fraction among patients with atrial fibrillation and dyspnea. *Circulation.* 2018;137(5):534–535. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030093.
22. Sugumar H., Nanayakkara S., Vizi D., Wright L., Chieng D., Leet A. et al. A prospective STudy using invAsive haemodynamic measurements foLLowing catheter ablation for AF and early HFpEF: STALL AF-HFpEF. *Eur. J. Heart Fail.* 2021;23(5):785–796. DOI: 10.1002/ejhf.2122.
23. Chieng D., Sugumar H., Segar L., Tan C., Vizi D., Nanayakkara S. et al. Atrial Fibrillation Ablation for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Randomized Controlled Trial. *JACC Heart Fail.* 2023;11(6):646–658. DOI: 10.1016/j.jchf.2023.01.008.
24. Reddy Y.N.V., Noseworthy P., Borlaug B.A., Albert N.M. Screening for unrecognized HFpEF in atrial fibrillation and for unrecognized atrial fibrillation in HFpEF. *JACC Heart Fail.* 2024;12(6):990–998. DOI: 10.1016/j.jchf.2024.04.010.
25. Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., Голицын С.П., Голухова Е.З., Горев М.В., и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(7):4594. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4594.
26. Kittipibul V., Lam C.S.P. Heart failure with preserved ejection fraction and atrial fibrillation: epidemiology, pathophysiology, and diagnosis interplay. *Heart Fail Rev.* 2025. DOI: 10.1007/s10741-025-10488-0.
27. Von Roeder M., Blazek S., Rommel K.P., Kresoja K.P., Gioia G., Mentzel L. et al. Changes in left atrial function in patients undergoing cardioversion for atrial fibrillation: relevance of left atrial strain in heart failure. *Clin. Res. Cardiol.* 2022;111(9):1028–1039. DOI: 10.1007/s00392-021-01982-0.
28. Sonaglioni A., Nicolosi G.L., Bruno A., Lombardo M., Muti P. Echocardiographic Assessment of Left Atrial Mechanics in Patients with Atrial Fibrillation Undergoing Electrical Cardioversion: A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2024;13(21):6296. DOI: 10.3390/jcm13216296.
29. Soulard-Dufour L., Lang S., Ederhy S., Ancedy Y., Beraud A.S., Adavane-Scheuble S. et al. Biatrial remodelling in atrial fibrillation: A three-dimensional and strain echocardiography insight. *Arch. Cardiovasc. Dis.* 2019;112(10):585–593. DOI: 10.1016/j.acvd.2019.06.010.
30. Dell'Era G., Rondano E., Franchi E., Marino P.N. Novara Atrial Fibrillation (NAIF) Study Group. Atrial asynchrony and function before and after electrical cardioversion for persistent atrial fibrillation. *Eur. J. Echocardiogr.* 2010;11(7):577–583. DOI: 10.1093/ejechocard/jeq010.
31. Shaikh A.Y., Maan A., Khan U.A., Aurigemma G.P., Hill J.C., Kane J.L. et al. Speckle echocardiographic left atrial strain and stiffness index as predictors of maintenance of sinus rhythm after cardioversion for atrial fibrillation: a prospective study. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2012;10:48. DOI: 10.1186/1476-7120-10-48.
32. Schneider C., Malisius R., Krause K., Lampe F., Bahlmann E., Boczor S. et al. Strain rate imaging for functional quantification of the left atrium: atrial deformation predicts the maintenance of sinus rhythm after catheter ablation of atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 2008;29(11):1397–1409. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn168.
33. Thomas L., McKay T., Byth K., Marwick T.H. Abnormalities of left atrial function after cardioversion: an atrial strain rate study. *Heart.* 2007;93(1):89–95. DOI: 10.1136/hrt.2006.088609.
34. Kirchhof P., Camm A.J., Goette A., Brandes A., Eckardt L., Elvan A. et al. EAST-AFNET 4 Trial Investigators. Early Rhythm-Control Therapy in Patients with Atrial Fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2020;383(14):1305–1316. DOI: 10.1056/NEJMoa2019422.

35. Machino-Ohtsuka T., Seo Y., Tada H., Ishizu T., Machino T., Yamasaki H. et al. Left atrial stiffness relates to left ventricular diastolic dysfunction and recurrence after pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2011;22(9):999–1006. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2011.02049.x.
36. Khurram I.M., Maqbool F., Berger R.D., Marine J.E., Spragg D.D., Ashikaga H. et al. Association between left atrial stiffness index and atrial fibrillation recurrence in patients undergoing left atrial ablation. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2016;9(3):e003163. DOI: 10.1161/CIRCEP.115.003163.
37. Kim D., Seo J.H., Choi K.H., Lee S.H., Choi J.O., Jeon E.S. et al. Prognostic implications of left atrial stiffness index in heart failure patients with preserved ejection fraction. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2023;16(4):435–445. DOI: 10.1016/j.jcmg.2022.11.002.
38. Zhu S., Lin Y., Zhang Y., Wang G., Qian M., Gao L. et al. Prognostic relevance of left atrial function and stiffness in heart failure with preserved ejection fraction patients with and without diabetes mellitus. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022;9:947639. DOI: 10.3389/fcvm.2022.947639.
39. Reddy Y.N.V., Obokata M., Verbrugge F.H., Lin G., Borlaug B.A. Atrial dysfunction in patients with heart failure with preserved ejection fraction and atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020;76(9):1051–1064. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.07.009.
40. Ma C.S., Liao Y.P., Fan J.L., Zhao X., Su B., Zhou B.Y. The novel left atrial strain parameters in diagnosing of heart failure with preserved ejection fraction. *Echocardiography.* 2022;39(3):416–425. DOI: 10.1111/echo.15304.
41. Rimbas R.C., Visoiu I.S., Magda S.L., Mihaila-Baldea S., Luchian M.L., Chitroceanu A.M. et al. New insights into the potential utility of the left atrial function analysis in heart failure with preserved ejection fraction diagnosis. *PLoS One.* 2022;17(5):e0267962. DOI: 10.1371/journal.pone.0267962.
42. Di Salvo G., Caso P., Lo Piccolo R., Fusco A., Martinello A.R., Russo M.G. et al. Atrial myocardial deformation properties predict maintenance of sinus rhythm after external cardioversion of recent-onset lone atrial fibrillation: a color Doppler myocardial imaging and transthoracic and transesophageal echocardiographic study. *Circulation.* 2005;112(3):387–395. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.463125.

Вклад авторов

Ставцева Ю.В., Кобалава Ж.Д. – разработка концепций и дизайна. Ставцева Ю.В., Давлетова М.А., Тимофеева Т.М. – анализ и интерпретация данных. Ставцева Ю.В., Сафарова А.Ф. – обоснование рукописи или проверка критически важного интеллектуального содержания. Сафарова А.Ф., Кобалава Ж.Д. – окончательное утверждение для публикации рукописи.

Информация об авторах

Давлетова Марианна Александровна – аспирант, ассистент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В.С. Моисеева, РУДН им. Патриса Лумумбы, г. Москва, maridavletova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0025-6091>

Ставцева Юлия Вадимовна – канд. мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В.С. Моисеева, РУДН им. Патриса Лумумбы; врач, отделение кардиологии, УКБ им. В.В. Виноградова, РУДН им. Патриса Лумумбы, г. Москва, y.stavtseva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9323-4444>

Сафарова Айтен Фуад Кызы – д-р мед. наук, профессор кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В.С. Моисеева, РУДН им. Патриса Лумумбы, г. Москва, aytensaf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2412-5986>

Тимофеева Татьяна Михайловна – канд. мед. наук, ассистент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В.С. Моисеева, РУДН им. Патриса Лумумбы; врач, отделение функциональной диагностики, УКБ им. В.В. Виноградова, РУДН им. Патриса Лумумбы, г. Москва, timtan@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6586-7404>

Кобалава Жанна Давидовна – д-р мед. наук, профессор, член-корр. РАН, зав. кафедрой внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики им. акад. В.С. Моисеева, РУДН им. Патриса Лумумбы, г. Москва, zkobalava@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-873-1768>

(✉) **Давлетова Марианна Александровна**, maridavletova@mail.ru

Поступила в редакцию 02.04.2025;
одобрена после рецензирования 28.05.2025;
принята к публикации 29.05.2025