

ISSN 1607-419X

ISSN 2411-8524 (Online)

УДК 616.127:616.12-008.46-07



Применение неинвазивных параметров миокардиальной работы в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса в постинфарктном периоде

В. Э. Олейников¹, А. В. Голубева¹, О. Д. Вершинина¹,
А. В. Щербинина¹, Е. А. Шиготарова²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко», Пенза, Россия

Контактная информация:

Олейников Валентин Элиевич,
ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»
ул. Красная, д. 40, Пенза,
Россия, 440026.
E-mail: v.oleynikov@gmail.com

Статья поступила в редакцию
20.02.25 и принята к печати 14.04.25.

Резюме

Цель исследования. Оценить неинвазивные параметры миокардиальной работы у пациентов с сохраненной фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) спустя 6 месяцев после инфаркта миокарда (ИМ) в зависимости от наличия/отсутствия сердечной недостаточности (СН) по алгоритму HFA-PEFF (the Heart Failure Association Score for heart failure with preserved ejection fraction, алгоритм Ассоциации сердечной недостаточности для диагностики СН с сохраненной ФВ ЛЖ). **Материалы и методы.** Включено 90 пациентов, перенесших 24 недели назад ИМ и имеющих ФВ ЛЖ $\geq 50\%$ на момент включения. Средний возраст исследуемых составил 58 (53; 61) лет. Проводилась эхокардиография на аппарате Vivid GE 95 Healthcare (США). Оценивали глобальный продольный стрейн (GLS), глобальный индекс работы (GWI); глобальную конструктивную (GCW) и потерянную работу (GWW); глобальную эффективность работы (GWE). Следуя алгоритму HFA-PEFF, пациентам присваивали баллы. При < 2 баллов диагноз СНсФВ исключался, ≥ 5 баллов — считался подтвержденным, 2–4 — неопределенный результат. **Результаты.** В 1-ю группу с низкой вероятностью СНсФВ вошло 17 (19%) человек; во 2-ю группу — 47 (52%) исследуемых; 3-я группа объединила 26 (29%) человек с высоковероятной/подтвержденной СНсФВ (≥ 5 баллов). Установлены более низкие значения GWE, GCW, GWI через 6 месяцев у пациентов с подтвержденной СНсФВ по сравнению с 1-й группой. При динамическом наблюдении выявлено улучшение GWI в течение 6 месяцев за счет увеличения GCW у пациентов группы с маловероятной СНсФВ. Было установлено, что GWI, GCW и GWE обладали высокими значениями чувствительности в отношении выявления лиц 3-й группы с СНсФВ. Пороговое значение для GWE составило 93,5% (чувствительность 90%; специфичность 70%, NPV 85%), для GWI 1420 мм рт. ст. % (чувствительность 90%; специфичность 80%, NPV 88%), а для GCW составило 1777 мм рт. ст. % (чувствительность 85%; специфичность 70%, NPV 84%). **Заключение.** Установлено, что параметры работы миокарда обладают диагностической значимостью в отношении исключения СНсФВ у больных, перенесших ИМ.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, спекл-трекинг эхокардиография, глобальный индекс работы, глобальная полезная работа, глобальная потерянная работа, глобальная эффективная работа

Для цитирования: Олейников В. Э., Голубева А. В., Вершинина О. Д., Щербинина А. В., Шиготарова Е. А. Применение неинвазивных параметров миокардиальной работы в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса в постинфарктном периоде. Артериальная гипертензия. 2025;31(2):125–135. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2025-2488>. EDN: REQFYV

The use of noninvasive parameters of myocardial work in the diagnosis of cardiac insufficiency with preserved ejection fraction in the postinfarction period

V. E. Oleinikov¹, A. V. Golubeva¹, O. D. Vershinina¹,
A. V. Shcherbinina¹, E. A. Shigotarova²

¹ Penza State University, Penza, Russia

² Penza Regional Clinical Hospital named after N. N. Burdenko, Penza, Russia

Corresponding author:

Valentin E. Oleynikov,
Penza State University,
40 Krasnaya str., Penza, 440026 Russia.
E-mail: v.oleynikov@gmail.com

Submitted 20 February 2025;
accepted 14 April 2025.

Abstract

Objective. To evaluate noninvasive parameters of myocardial work in patients with preserved left ventricular ejection fraction (LVEF) 6 months after myocardial infarction (MI), depending on the presence/absence of heart failure (HF) using the HFA-PEFF algorithm (the Heart Failure Association Score for heart failure with preserved ejection fraction). **Materials and methods.** We included 90 patients who had suffered MI 24 weeks before screening and had LVEF $\geq 50\%$ at the time of inclusion. The average age of the subjects was 58 (53; 61) years. Echocardiography was performed using Vivid E95 GE Healthcare device (USA). The global longitudinal strain (GLS), global work index (GWI), global constructive (GCW) and wasted work (GWW), and global work efficiency (GWE) were evaluated. Following the HFA-PEFF algorithm, the score was calculated: < 2 points indicated that the diagnosis of HFpEF could be excluded, in case of ≥ 5 points the diagnosis was considered confirmed, and 2–4 points indicated an uncertain result. **Results.** The 1st group with a low probability of HFpEF included 17 (19%) people; the 2nd group — 47 (52%) subjects with intermediate probability of HFpEF; the 3rd group included 26 (29%) people with highly probable/confirmed HFpEF (≥ 5 points). Lower values of GWE, GCW, and GWI were found after 6 months in patients with confirmed HFpEF compared with group 1. Dynamic follow-up showed improvement in GWI within 6 months due to an increase in GCW in patients in the group with unlikely HFpEF. GWI, GCW and GWE had high sensitivity for the detection of highly probable/confirmed HFpEF. The threshold value for GWE was 93.5% (sensitivity 90%; specificity 70%, NPV 85%), for GWI — 1420 mmHg% (sensitivity 90%; specificity 80%, NPV 88%), and for GCW — 1777 mmHg% (sensitivity 85%; specificity 70%, NPV 84%). **Conclusion.** The parameters of the myocardial work have diagnostic significance in relation to the exclusion of HFpEF in patients who have suffered MI.

Key words: myocardial infarction, heart failure with preserved ejection fraction, speckle tracking echocardiography, global work index, global constructive work, global wasted work, global work efficiency

For citation: Oleinikov VE, Golubeva AV, Vershinina OD, Shcherbinina AV, Shigotarova EA. The use of noninvasive parameters of myocardial work in the diagnosis of cardiac insufficiency with preserved ejection fraction in the postinfarction period. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2025;31(2):125–135. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2025-2488>. EDN: REQFYV

Введение

Сердечная недостаточность (СН) является заключительной стадией многих сердечно-сосудистых заболеваний. Согласно международным рекомендациям, СН классифицируется в зависимости от уровня фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) [1]. Интересно отметить, что СН с сохраненной ФВ (СНсФВ) имеет те же неблагоприятные исходы, что и СН с низкой ФВ (СНнФВ), поэтому закономерно признается важной причиной госпитализаций и смертности [2, 3]. Вопреки растущей частоте СНсФВ, количество клинических исследований, посвященных ей, очевидно меньше, чем СНнФВ. Все формы ишемической болезни сердца являются важнейшими факторами риска развития известных типов СН [4]. Однако особую роль занимает СНсФВ после инфаркта миокарда (ИМ), поскольку даже ограниченная гибель кардиомиоцитов запускает звенья патологического процесса, оказывая безусловное влияние на прогноз, но при этом значительно хуже диагностируется [5]. В связи с этим востребован поиск визуализирующих методик, позволяющих более точно, эффективно и, самое главное, своевременно констатировать наличие СНсФВ у пациентов после ИМ.

В 2019 году Европейским обществом кардиологов был принят последовательный алгоритм диагностики СНсФВ (алгоритм HFA-PEFF), который включает несколько этапов. На первом из них анализируют анамнестические данные, факторы риска и симптомы СН. На данном этапе рекомендовано выполнение электрокардиографии (ЭКГ), биохимического анализа крови для дифференциальной диагностики причины СН, эхокардиографического исследования (ЭхоКГ) по стандартному протоколу и анализ мозгового натрийуретического пептида (BNP) или N-терминального фрагмента его предшественника (NTproBNP). На втором этапе проводят ЭхоКГ по расширенному протоколу с определением показателей, характеризующих диастолическую функцию миокарда, в частности, глобальную продольную деформацию (GLS). По результатам данного этапа рекомендуют определять наличие «больших» и «малых» критериев диастолической дисфункции (ДД) с учетом функциональных, структурных и биохимических параметров.

Алгоритм HFA-PEFF может быть использован, даже если получены не все параметры, что повышает его практическую ценность. Вместе с тем в реальной клинической практике могут возникать сложности в интерпретации данных на каждом этапе.

При сомнительных результатах, полученных в ходе вышеизложенных этапов, требуется пере-

ход к 3-му и 4-му пунктам алгоритма, где должна выполняться инвазивная оценка гемодинамики или проведение диастолического стресс-теста и других лучевых методов с контрастным усилением [4–9]. Ввиду ограниченной доступности в широкой практике методов исследования 3-го и 4-го этапов постановка диагноза затягивается и время терапевтически эффективного окна для лечения бывает упущено.

Стоит отметить, что GLS может зависеть от постнагрузки на ЛЖ. Недавние исследования показали, что параметры работы миокарда демонстрируют отчетливые закономерности в различных условиях постнагрузки. Изучение неинвазивных параметров работы приобретает все большее значение [10]. Опубликованные результаты применения этой методики свидетельствуют о достаточно значимых клинических возможностях в диагностике сердечно-сосудистой патологии, в частности, ИМ и его осложнений [11, 12].

Цель исследования состояла в оценке неинвазивных параметров миокардиальной работы у пациентов с сохраненной ФВ ЛЖ спустя 6 месяцев после ИМ в зависимости от наличия/отсутствия СН по алгоритму HFA-PEFF.

Материалы и методы

Всего за период с 2020 г. по 2024 г. в рамках исследования «КОНТРАСТ-2» (NCT04347434 — ClinicalTrials.gov) обследовано 183 пациента, которые перенесли ИМ с подъемом и без подъема сегмента ST. Одноцентровое, наблюдательное, проспективное исследование было одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 5 от 28.02.2020 г.). Все включенные лица подписывали информированное согласие.

Критерии включения: через 6 месяцев после первичного ИМ, ранее подтвержденного данными 12-канальной ЭКГ, коронароангиографии и значимым повышением биомаркеров повреждения миокарда. **Критерии исключения:** развитие в остром периоде ИМ острой сердечной недостаточности III–IV класс по Killip; ФВ ЛЖ менее 50%; тяжелые сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации; несинусовый ритм; наличие выраженной гипертрофии ЛЖ по данным эхокардиографии (межжелудочковая перегородка и/или задняя стенка ЛЖ > 14 мм); индекс массы тела ≥ 35 кг/м²; плохая визуализация эхограммы.

Трансторакальную ЭхоКГ проводили на ультразвуковом сканере Vivid E95 (GE Healthcare, США) с синхронизированной ЭКГ от конечностей по стандартному протоколу на 7–9-е сутки острого ИМ и через 24 недели после индексного события. Ана-

лиз ультразвуковых изображений выполнен с использованием программного обеспечения EchoPAC версии 202 (GE Healthcare, США). Оценивали показатели ЭхоКГ: конечно-диастолический объем, конечно-систолический объем (проиндексированные с учетом площади поверхности тела (иКДО, мл/м²; иКСО, мл/м²)), ФВ ЛЖ (%) по биплановому методу Симпсона, индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ, г/м²). Оценка диастолической функции производилась по расширенному протоколу, включающему показатели тканевой доплерографии с последующим присвоением каждому критерию определенного количества баллов в соответствии с алгоритмом HFA-PEFF: раннего (Е) и позднего пика (А) диастолического наполнения ЛЖ, их отношение (Е/А), скорость раннего диастолического движения в области митрального кольца (е') на уровне межжелудочковой перегородки (МЖП) и боковой стенки (Бок) (е'МЖП и е'Бок), отношение Е/е'; индекс объема левого предсердия (иОЛП); относительную толщину стенок ЛЖ (ОТС). Оценку скорости трикуспидальной регургитации (vTR) не выполняли из-за большого числа пациентов с неадекватной визуализацией правого желудочка.

В автоматическом режиме, с использованием методики спекл-трекинг, рассчитывались GLS (%), глобальная циркулярная деформация (GCS, %), глобальная радиальная деформация (GRS, %), а также такие параметры миокардиальной работы, как глобальная полезная работа (GCW, мм рт. ст. %); глобальная потерянная работа (GWW, мм рт. ст. %); глобальная эффективность работы (GWE, %) [10] и глобальный индекс работы (GWI, мм рт. ст. %), который включает всю работу, совершаемую ЛЖ за период времени от закрытия до открытия митрального клапана. Для расчета показателей работы миокарда измерялось артериальное давление в момент исследования, а также указывалось время открытия и закрытия аортального и митрального клапанов, с целью преодоления зависимости от постнагрузки.

Уровень NTproBNP в сыворотке крови определяли на анализаторе Beckman Coulter AU480 (США) спустя 24 недели после ИМ.

Через 24 недели после ИМ у пациентов оценивали состояние с помощью специального опросника «Шкала оценки клинического состояния пациента» (ШОКС) и выполняли тест с 6-минутной ходьбой для определения функционального класса (ФК) СН.

Для изучения СНсФВ через 24 недели после ИМ из 183 обследованных пациентов было выделено 90 (42,2%) больных, имеющих по результатам ЭхоКГ ФВ ЛЖ $\geq 50\%$ и симптомы СН. Среди них 84 (93%) мужчины и 6 (7%) женщин в возрасте от 40 до 70 лет (средний возраст 58 (53; 61) лет).

Всем больным проводилось чрескожное коронарное вмешательство со стентированием. Среди них 82 (91%) человека с подъемом сегмента ST. Пациенты получали медикаментозную терапию в полном соответствии с актуальными клиническими рекомендациями [13].

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica 13.0 (StatSoftInc., США). В зависимости от типа распределения данных, для оценки количественных переменных использованы методы параметрического и непараметрического анализа. При нормальном распределении данные представлены в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$), для их анализа применяли параметрический критерий t-тест Стьюдента. При ненормальном распределении показатели представлены как Me (Q 25%; Q 75%), а сравнение групп проводили с использованием критерия Манна–Уитни. При оценке динамики значений показателей использовали критерий Ньюмена–Кейлса. Качественные данные сравнивали с помощью критерия χ^2 . Анализ с построением характеристических кривых использовали для определения диагностических пороговых уравнений с использованием ROC (receiver operating characteristic). Рассчитывали негативную предсказательную способность (NPV). Статистически значимыми различия считались при значении $p < 0,05$. Критический уровень p для апостериорных значений рассчитан по формуле: $p = 1 - 0,951/3 = 0,02$ (с учетом проведенных трех парных сравнений).

Результаты

Придерживаясь алгоритма HFA-PEFF, все включенные лица на 24-й неделе после ИМ были разделены на 3 группы. При наличии ≥ 5 баллов диагноз СНсФВ считался подтвержденным, ≤ 1 балла диагноз СНсФВ был маловероятным, значения 2–4 расценивали как промежуточный результат, требующий проведения дополнительных методов исследования [5].

Пациенты, набравшие < 2 баллов ($n = 17$ (19%)), вошли в 1-ю группу с низкой вероятностью СНсФВ, 2-ю группу с промежуточной вероятностью СНсФВ составили 47 (52%) исследуемых, а 3-я группа объединила 26 (29%) человек с высоковероятной/подтвержденной СНсФВ (≥ 5 баллов). В таблице 1 представлены антропометрические, клинические и ЭхоКГ данные пациентов в сформированных группах. Установлено, что обследуемые в группе 3 были старше, чем в группе 1 ($p = 0,03$). Отметим, что пациенты 2-й группы в три раза чаще страдали артериальной гипертензией в сравнении с 1-й группой. Также в группе 1 оценка клинического

Таблица 1

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ, КЛИНИЧЕСКИЕ И ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПАЦИЕНТОВ
НА 24-й НЕДЕЛЕ ПОСЛЕ ИМ

Показатель	1 (n = 17)	2 (n = 47)	3 (n = 26)	$\chi^2/H/F$; d; p	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
Возраст, годы	53,9 ± 7,97	55,87 ± 8,3	58,7 ± 53,64	F = 1,731; d = 2; p = 0,184	0,479	0,03	0,148
Мужчины, n (%)	16 (94,1)	43 (91,5)	25 (96,2)	$\chi^2 = 0,606$; d = 2; p = 0,739	0,857	0,667	0,786
ИМТ, кг/м ²	27,9 ± 4,3	28 ± 3,6	27,6 ± 3,6	F = 0,101; d = 2; p = 0,904	0,913	0,833	0,646
ИБС в анамне- зе, n (%)	3 (17,6)	17 (36,2)	4 (15,4)	$\chi^2 = 4,570$; d = 2; p = 0,102	0,269	0,822	0,108
АГ в анамнезе, n (%)	9 (52,9)	41 (87,2)	21 (80,8)	$\chi^2 = 8,893$; d = 2; p = 0,012	0,01	0,109	0,691
СД 2-го типа в анамнезе, n (%)	0	0	1	$\chi^2 = 2,489$; d = 2; p = 0,289	0,593	0,814	0,733
ШОКС, баллы	1 (1;1)	2 (1;4)	3,75 ± 2,53	H = 13,046; d = 2; p = 0,002	0,003	0,002	0,088
ТШХ, м	499,5 ± 97,6	480 (435; 545)	452,81 ± 107,64	H = 1,138; d = 2; p = 0,566	0,932	0,276	0,3
ФВ ЛЖ, %	58,6 ± 4,3	58 (53;62)	56 (53;59)	H = 1,973; d = 2; p = 0,373	0,558	0,107	0,379
иКДО, мл/м ²	54,2 ± 6,93	58,68 ± 14,1	67 (43,9; 77,6)	H = 2,343; d = 2; p = 0,31	0,314	0,168	0,321
иКСО, мл/м ²	22,2 ± 2,52	24,9 ± 7,1	29,9 (25; 34,25)	H = 7,008; d = 2; p = 0,03	0,222	0,01	0,046

Примечание: p₁₋₂ — различия между соответствующими группами; ИБС — ишемическая болезнь сердца; ИМТ — индекс массы тела; АГ — артериальная гипертензия; СД — сахарный диабет; ШОКС — шкала оценки клинического состояния; ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой.

состояния по опроснику ШОКС была лучше, чем в двух группах сравнения, а иКСО был на 7,7 мл/м² меньше, чем у пациентов группы с высоковероятной СНсФВ (p = 0,01).

Тканевая доплерография позволила выявить самые низкие значения скорости раннего диастолического движения МЖП и боковой стенки ЛЖ в группе с высоковероятной/подтвержденной СНсФВ, что подчеркивает вклад ДД в развитие СНсФВ. Кроме того, было установлено изменение геометрии миокарда ЛЖ в виде наличия концентрического ремоделирования в группе 2 и концентрической гипертрофии в группе 3 (рис. 1). Другие параметры, характеризующие диастолическую функцию миокарда ЛЖ в алгоритме HFA-PEFF, представлены на рисунке 1.

При анализе деформационных характеристик миокарда только GLS, входящая в критерии оценки диастолической функции, доказала значимую роль в предложенном делении СНсФВ. Различие по величине GLS между группами 1 и 3 составило 37% (p = 0,025) (табл. 2).

Низкие значения NTproBNP в группах связаны с эффективной медикаментозной терапией по стандартам ведения больных с ИМ. Однако было зафиксировано закономерное увеличение NTproBNP при нарастании вероятности СНсФВ. Уровень NTproBNP в группе промежуточной вероятности был в 2,8 раза выше, чем в группе без СНсФВ, и в 5,9 раза ниже, чем в группе с подтвержденной СНсФВ соответственно (рис. 1).

**ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИОКАРДА
У БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ИНФАРКТА МИОКАРДА С СОХРАНЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА
НА 7–9-е СУТКИ И 24-й НЕДЕЛЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ**

Показатель		1 (n = 17)	2 (n = 47)	3 (n = 26)	$\chi^2/H/F$; d; p	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
GLS, %	7–9-е сутки	18,8 ± 5,3	16,6 ± 5,4	13 ± 4,9	F = 3,7364 d = 2; p = 0,03	0,358	0,025	0,024
	24 недели	21,76 ± 3,98	16 (20;14)	13,26 ± 3,71	H = 15,428; d = 2; p = 0,0004	0,01	≤0,001	0,011
GCS, %	7–9-е сутки	15,2 ± 4,8	13,7 ± 5,3	12,3 ± 4,8	H = 2,164; d = 2; p = 0,339	0,454	0,175	0,370
	24 недели	15,64 ± 3,61	16 ± 5,91	12,59 (15,65; 8,49)	H = 2,342; d = 2; p = 0,31	0,990	0,171	0,190
GRS, %	7–9-е сутки	18,54 ± 4,64	20,4 ± 15,1	16,2 ± 10	F = 0,644; d = 2; p = 0,531	0,73	0,525	0,443
	24 недели	19,05 ± 12,5	16,7 ± 10,5	16,7 ± 7,2	F = 0,058; d = 2; p = 0,943	0,763	0,696	0,992

Примечание: p — различия между соответствующими группами; GLS — глобальная продольная деформация; GCS — глобальная циркулярная деформация; GRS — глобальная радиальная деформация.

Особого внимания заслуживает сравнительный анализ, а также динамика показателей работы миокарда (рис. 2). Установлены более низкие значения трех глобальных параметров миокардиальной работы у пациентов с подтвержденной СНсФВ по сравнению с 1-й группой, что свидетельствует об ухудшении работы миокарда, возможно, вследствие ДД. Интересно, что наличие и отсутствие СНсФВ не повлияло на различия в выполнении потерянной работы. GCW была хуже на 15 % у пациентов промежуточной группы по сравнению с пациентами без СНсФВ соответственно, и GWI у них имел более низкие значения.

При динамическом наблюдении выявлено улучшение GWI за счет увеличения конструктивной работы у пациентов группы с маловероятной СНсФВ (рис. 2).

В ходе ретроспективного анализа установлено, что GLS уже в острый период имеет различия между группой СНсФВ и двумя другими группами (табл. 2). Поэтому для анализа прогностической значимости GLS, определяемой в остром периоде, в отношении выявления СНсФВ (более 5 баллов по алгоритму HFA-PEFF) через полгода после ИМ

был проведен ROC-анализ. Оптимальное пороговое значение GLS составило 17,0 % (чувствительность 64,0 %; специфичность 69 %, NPV 75 %) [площадь под кривой ROC (AUC) = 0,753; 95 % доверительный интервал: 0,567–0,939; p = 0,028].

На рисунке 3 представлены ROC-кривые, отражающие диагностическую эффективность параметров миокардиальной работы при выявлении лиц 3-й группы с СНсФВ в общей совокупности, включенных в исследование пациентов. Так, пороговое значение для GWE составило 93,5 % (чувствительность 90 %; специфичность 70 %, NPV 85 %), для GWI 1420 мм рт. ст. % (чувствительность 90 %; специфичность 80 %, NPV 88 %), а для GCW составило 1777 мм рт. ст. % (чувствительность 85 %; специфичность 70 %, NPV 84 %).

Обсуждение

Современный подход к лечению острого коронарного синдрома позволил снизить объем поражения миокарда и риск развития последующего патологического ремоделирования сердца, следовательно, и риск развития тяжелой СНсФВ. Однако почти у половины пациентов с симптомной СН

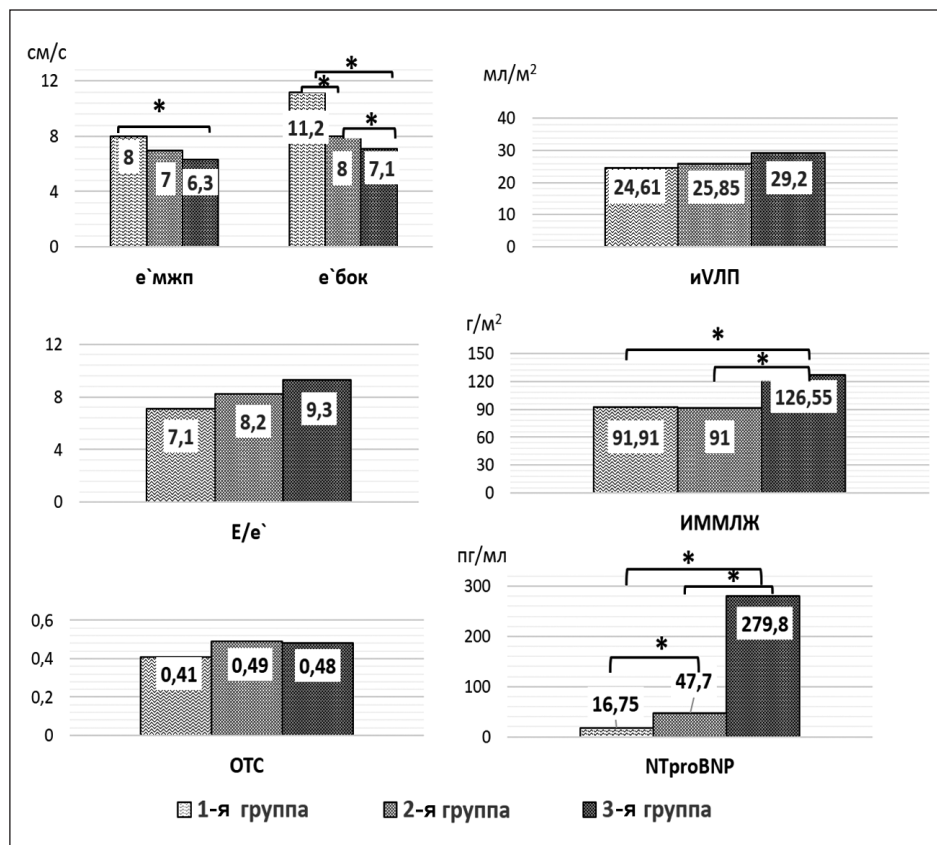


Рисунок 1. Параметры диастолической функции, используемые в алгоритме HFA-PEFF, линейные размеры и N-концевой предшественник мозгового натрийуретического пептида на 24-й неделе исследования

Примечание: * — $p < 0,05$; е`МЖП и е`бок — скорость раннего диастолического движения в области митрального кольца на уровне межжелудочковой перегородки (МЖП) и боковой стенки (бок); иОЛП — индекс объема левого предсердия; ОТС — относительная толщина стенок левого желудочка.

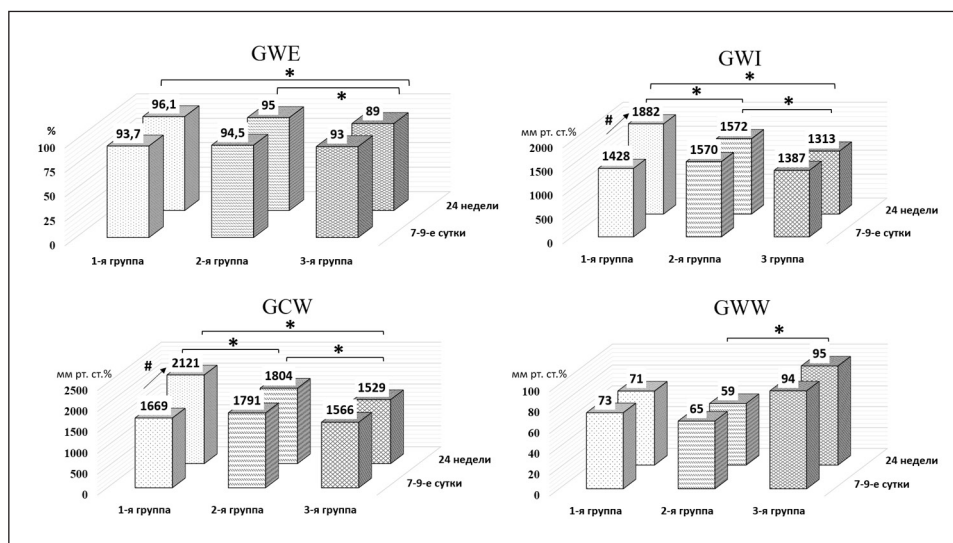


Рисунок 2. Динамика параметров миокардиальной работы и сравнительный анализ на разных визитах

Примечание: # — $p < 0,01$ — между 7–9-ми сутками и 24 неделями; * — $p < 0,02$ между группами на 24-й неделе после инфаркта миокарда; GWE — глобальная эффективность работы; GWI — глобальный индекс работы; GCW — глобальная полезная работа; GWW — глобальная потерянная работа.

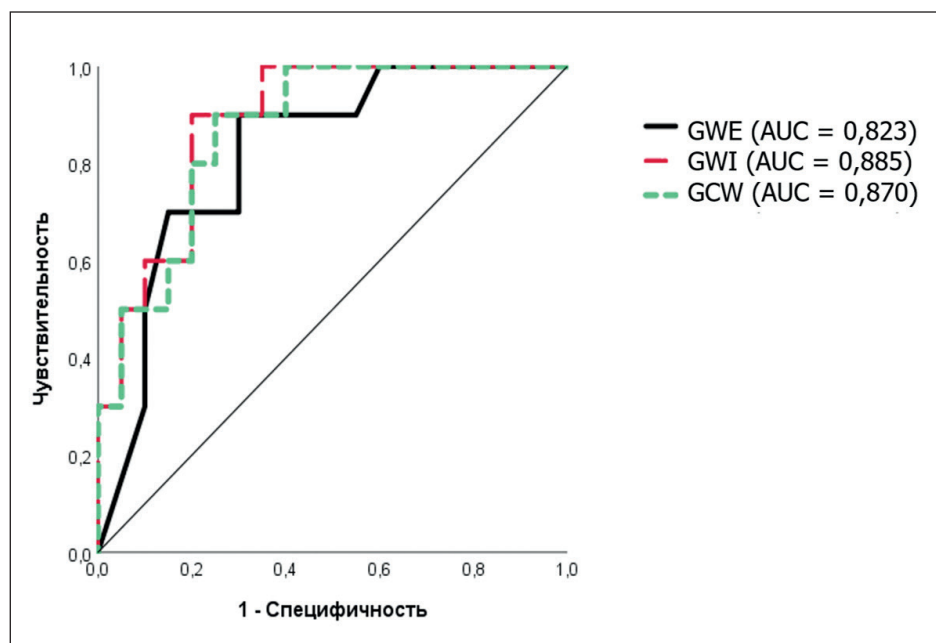


Рисунок 3. ROC-анализ параметров миокардиальной работы для дифференциации пациентов после инфаркта миокарда с высоковероятной и маловероятной сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса

Примечание: $p < 0,01$ для всех параметров; AUC — площадь под кривой; GWE — глобальная эффективность работы; GWI — глобальный индекс работы; GCW — глобальная полезная работа.

регистрируется СНсФВ [14]. Начиная с 90-х годов прошлого века, благодаря широкому внедрению ЭхоКГ и динамичному развитию этого и других диагностических методов, в мире регистрируется рост выявляемости СНсФВ [15, 16, 17]. В ряде исследований была установлена более низкая выживаемость пациентов с ИБС и СНсФВ [18, 19].

Хотя основным этиопатогенетическим фактором, нарушающим адекватную функцию сердца, у пациентов с СНсФВ является именно ДД, было, однако, отмечено, что легкое нарушение контрактильной функции с дополнительными ограничениями систолического резерва также свойственно данному типу СН [20]. В последнее время большое внимание уделяют диастолической дисфункции и способам ее выявления у пациентов с СНсФВ. «Золотым стандартом» диагностики СНсФВ является зондирование сердца, однако в повседневной клинической практике использование данного метода исключено вследствие дороговизны и инвазивности исследования [4, 21]. Поэтому основным методом выявления СНсФВ и ДД являются ЭхоКГ и анализ биомаркеров.

Разработка алгоритма HFA-PEFF и изучение его клинической пользы позволило свести постановку диагноза СНсФВ к единой последовательности диагностических процедур и надежной верификации диагноза. Однако существуют явные ограничения и трудности в повсеместном использовании данного

алгоритма, поскольку для рекомендованного стресс-теста нет единого протокола проведения.

Недавние исследования по работе миокарда ЛЖ показали возможность их применения в качестве нового неинвазивного показателя для оценки систолической функции ЛЖ [9, 10]. Так, более низкие значения GWE ЛЖ в состоянии покоя у пациентов с СНсФВ, по сравнению со здоровыми лицами, позволяют использовать данный параметр в ранней диагностике субклинического повреждения миокарда [22].

В нашем исследовании показана возможность использования параметров миокардиальной работы для выявления ДД у пациентов с сохраненной ФВ ЛЖ после перенесенного ИМ. Проспективно изучена когорта больных после первичного ИМ с подтвержденной СНсФВ и без СН по алгоритму HFA-PEFF и во взаимосвязи с миокардиальной работой. Интересно отметить, что с увеличением количества баллов по алгоритму HFA-PEFF ухудшались все показатели миокардиальной работы ($p < 0,05$). Похожие результаты были продемонстрированы Y. Guo с соавторами (2023) при обследовании 849 пациентов с высоким риском диастолической дисфункции и 103 здоровых лиц [23]. Показатели миокардиальной работы коррелировали с тяжестью ДД и некоторыми инвазивными диастолическими параметрами. Авторы предположили, что характеристики работы миокарда могут

выступать в роли ранних маркеров нарушения диастолической функции.

Особого внимания заслуживает присутствие в группе с маловероятной СНсФВ пациентов, у которых через полгода после ИМ улучшилась конструктивная работа по сравнению с исходными данными ($p < 0,05$). Очевидно, это свидетельствует о восстановлении функции «жизнеспособного» миокарда.

Общепринятый показатель оценки систолической функции ЛЖ — фракция выброса — в последнее время подвергается критике, поскольку не отражает незначительные ее нарушения [1]. Отметим, что при сравнении всех параметров деформации миокарда в остром периоде ИМ были выявлены статистически значимые отличия между тремя группами по GLS. Последующий ROC-анализ позволил установить его прогностическую ценность в отношении риска развития СНсФВ через 6 месяцев наблюдения. Оценка параметров механики миокарда на ранней стадии заболевания может предсказать дальнейшее развитие различных фенотипов СН [24]. Показатель GLS все чаще используется как важный параметр прогнозирования у пациентов с СНсФВ и, по-видимому, имеет более высокую прогностическую ценность, чем ФВ ЛЖ [25].

В настоящем исследовании было продемонстрировано, что показатели миокардиальной работы значимо отличались у пациентов с различной вероятностью СНсФВ, а, значит, могут быть использованы для диагностики ДД. Помимо этого, определение параметров работы миокарда в постинфарктном периоде позволяет диагностировать развитие СНсФВ через 6 месяцев после индексного события. Высокая чувствительность и специфичность показателей миокардиальной работы указывает на целесообразность их использования для исключения СНсФВ.

Немаловажно, что определение параметров работы миокарда, учитывающих кривую давления, преодолевает зависимость от постнагрузки, имеющуюся при оценке деформационных характеристик [26].

Ограничения исследования

Оценка параметров миокардиальной работы у больных СНсФВ не включала диастолический стресс-тест.

Заключение

Методика измерения миокардиальной работы предоставляет полезные дополнительные параметры визуализации для облегчения прогнозирования течения постинфарктного периода и развития СНсФВ. Так, пациенты с высокой вероятностью

наличия СНсФВ по алгоритму HFA-PEFF имели более низкие значения индекса миокардиальной работы за счет снижения GCW по сравнению с другими группами. Установлено, что параметры работы миокарда обладают диагностической значимостью в отношении исключения СНсФВ у больных, перенесших ИМ.

Наличие СНсФВ через полгода после ИМ сопровождалось низкими значениями GLS уже в остром периоде, что позволяет использовать параметр с прогностической целью.

Финансирование/Funding

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках гранта № 23–75–01078. / The work was carried out with the support of a grant of the Russian Science Foundation № 23–75–01078.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы:

1. Bozkurt B, Coats AJS, Tsutsui H, Abdelhamid CM, Adamopoulos S, Albert N, et al. Universal definition and classification of heart failure: a report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure: Endorsed by the Canadian Heart Failure Society, Heart Failure Association of India, Cardiac Society of Australia and New Zealand, and Chinese Heart Failure Association. *Eur J Heart Fail.* 2021;23:352–80. <https://doi.org/10.1002/ehfj.2115>
2. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2021;42:3599–726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
3. Hiebert JB, Vacek J, Shah Z, Rahman F, Pierce JD. Use of speckle tracking to assess heart failure with preserved ejection fraction. *J Cardiol.* 2019;74:397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2019.06.004>
4. Pieske B, Tschope C, de Boer R, Fraser AG, Anker SD, Donal E, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur J Heart Fail.* 2020;22(3):391–412. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>
5. Kanagala P, Cheng ASH, Singh A, McAdam J, Marsh AM, Arnold JR, et al. Diagnostic and prognostic utility of cardiovascular magnetic resonance imaging in heart failure with preserved ejection fraction — implications for clinical trials. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2018;20:4. <https://doi.org/10.1186/s12968-017-0424-9>
6. Vedin O, Lam CSP, Koh AS, Benson L, Teng THK, Tay WT, et al. Significance of ischemic heart disease in patients with heart failure and preserved, midrange, and reduced ejection fraction: a Nationwide Cohort Study. *Circ Heart Fail.* 2017;10:e003875. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.117.003875>
7. Агеев Ф. Т., Яровая Е. Б., Овчинников А. Г. К вопросу о возможности использования европейского (HFA-PEFF)

и американского (H2FPEF) алгоритмов диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка в условиях реальной российской клинической практики. *Кардиология*. 2022;62(12):4–10. <https://doi.org/10.18087/cardio.2022.12.n2280>

Ageev FT, Yarovaya EB, Ovchinnikov AG. On the possibility of using European (HFA-PEFF) and American (H2FPEF) algorithms for the diagnosis of heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in real Russian clinical practice. *Kardiologiya*. 2022;62(12):4–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18087/cardio.2022.12.n2280>

8. Вилкова О. Е., Григорьева Н. Ю., Петрова М. О., Соловьева Д. В. Использование диагностического алгоритма HFA-PEFF для выявления сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса у больных артериальной гипертензией. *Артериальная гипертензия*. 2023;29(2):211–219. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2023-29-2-211-219>

Vilkova OE, Grigorieva NYu, Petrova MO, Solovyova DV. The use of the HFA-PEFF diagnostic algorithm to detect heart failure with preserved ejection fraction in patients with arterial hypertension. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial hypertension*. 2023;29(2):211–219. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2023-29-2-211-219>

9. Васюк Ю. А., Шупенина Е. Ю., Намазова Г. А., Дубровская Т. И. Новые алгоритмы диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка у пациентов с артериальной гипертензией и ожирением. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021;20(1):2569. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2569>

Vasyuk YuA, Shupenina EYu, Namazova GA, Dubrovskaya TI. New algorithms for the diagnosis of heart failure with preserved left ventricular ejection fraction in patients with hypertension and obesity. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;20(1):2569. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2569>

10. Иванов С. И., Алехин М. Н. Неинвазивные показатели работы миокарда в оценке систолической функции левого желудочка. *Кардиология*. 2020;60(3):80–8. <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.3.n925>

Ivanov SI, Alekhin MN. Noninvasive indicators of myocardial function in the assessment of systolic function of the left ventricle. *Kardiologiya*. 2020;60(3):80–8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.3.n925>

11. Zhu H, Guo Y, Wang X, Yang C, Li Y, Meng X, et al. Myocardial work by speckle tracking echocardiography accurately assesses left ventricular function of coronary artery disease patients. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:727389. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.727389>

12. Lustosa RP, van der Bijl P, El Mahdiui M, Montero-Cabezas JM, Kostyukevich MV, Ajmone Marsan N, et al. Noninvasive myocardial work indices 3 months after ST-segment elevation myocardial infarction: prevalence and characteristics of patients with postinfarction cardiac remodeling. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1172–9. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.05.001>

13. Российское кардиологическое общество (РКО). Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(11):4103. <https://doi.org/10.15829/291560-4071-2020-4103>

Russian Society of Cardiology. Clinical practice guidelines for Acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):4103. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/291560-4071-2020-4103>

14. Dunlay SM, Roger VL, Weston SA, Jiang R, Redfield MM. Longitudinal changes in ejection fraction in heart failure patients with preserved and reduced ejection fraction. *Circulation*.

Heart Failure. 2012;5(6):720–6. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.111.966366>

15. Tsao CW, Lyass A, Enserro D, Larson MG, Ho JE, Kizer JR, et al. Temporal trends in the incidence of and mortality associated with heart failure with preserved and reduced ejection fraction. *JACC Heart Fail*. 2018;6(8):678–685. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2018.03.006>

16. Овчинников А. Г., Потехина А. В., Филатова А. Ю., Свирида О. Н., Шогенова М. Х., Соболевская М. С., Агеев Ф. Т. Роль левого предсердия в патогенезе сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. *Кардиология*. 2024;64(11):132–147. <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.11.n2799>

Ovchinnikov AG, Potekhina AV, Filatova AYU, Svirida ON, Shogenova MKh, Sobolevskaya MS, Ageev FT. The role of the left atrium in the pathogenesis of heart failure with preserved ejection fraction. *Kardiologiya*. 2024;64(11):132–147. (In Russ.) <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.11.n2799>

17. Brecht A, Oertelt-Prigione S, Seeland U, Rucke M, Hattasch R, Wagelohner T, et al. Left atrial function in preclinical diastolic dysfunction: two-dimensional speckle-tracking echocardiography — derived results from the BEFRI trial. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(8):750–58. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.03.013>

18. Badar AA, Perez-Moreno AC, Hawkins NM, Jhund PS, Brunton AP, Anand IS, et al. Clinical characteristics and outcomes of patients with coronary artery disease and angina: analysis of the irbesartan in patients with heart failure and preserved systolic function trial. *Circ Heart Fail*. 2015;8:717–24. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.114.002024>

19. Hwang SJ, Melenovsky V, Borlaug BA. Implications of coronary artery disease in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2817–27. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.03.034>

20. Borlaug BA. The pathophysiology of heart failure with preserved ejection fraction. *Nat Rev Cardiol*. 2014;11:507–15. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2014.83>

21. Maron BA, Cockrill BA, Waxman AB, Systrom DM. The invasive cardiopulmonary exercise test. *Circulation*. 2013;127(10):1157–64. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.104463>

22. D'Andrea A, Ilardi F, D'Ascenzi F, Bandera F, Benfari G, Esposito R, et al. Working Group of Echocardiography of the Italian Society of Cardiology (SIC). Impaired myocardial work efficiency in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(11):1312–1320. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab153>

23. Guo Y, Wang X, Yang CG, Meng XY, Li Y, Xia CX, et al. Noninvasive assessment of myocardial work during left ventricular isovolumic relaxation in patients with diastolic dysfunction. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023;23(1):129. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03156-4>

24. Bianco CM, Farjo PD, Ghaffar YA, Sengupta PP. Myocardial mechanics in patients with normal LVEF and diastolic dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13:258–71. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.12.035>

25. Shah AM, Claggett B, Sweitzer NK, Shah SJ, Anand IS, Liu L, et al. Prognostic importance of impaired systolic function in heart failure with preserved ejection fraction and the impact of spironolactone. *Circulation*. 2015;132:402–14. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015884>

26. Russell K, Eriksen M, Aaberge L, Wilhelmsen N, Skulstad H, Remme EW, et al. A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work. *Eur Heart J*. 2012;33:724–733. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs016>

Вклад авторов

В. Э. Олейников — концепция исследования, анализ данных, критический обзор, научное редактирование, научное руководство, утверждение текста рукописи; А. В. Голубева — разработка дизайна исследования, написание текста рукописи, редактирование текста, сбор данных, анализ данных; О. Д. Вершинина — сбор данных, анализ данных, статистическая обработка данных; А. В. Щербинина — сбор данных, редактирование текста; Е. А. Шиготарова — сбор данных. Все авторы прочли, одобрили финальную версию и выразили согласие с подачей ее на рассмотрение в журнал, а также утвердили исправленную версию.

Author contributions

V. E. Oleinikov — study concept, data analysis, critical review, scientific editing, supervision; A. V. Golubeva — study design development, data analysis, drafting the manuscript, data acquisition, data analysis; O. D. Vershinina — data acquisition, data analysis, statistical data processing; A. V. Shcherbinina — data acquisition, drafting the manuscript; E. A. Shigotarova — data acquisition. All authors have approved the final version of the manuscript and its submission to the journal, as well as the revised version.

Информация об авторах

Олейников Валентин Элиевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой «Терапия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия, ORCID: 0000-0002-7463-9259, e-mail: v.oleynikof@gmail.com;

Голубева Алена Владимировна — кандидат медицинских наук, старший преподаватель «Терапия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия, ORCID: 0000-0001-6640-6108, e-mail: fialmy@mail.ru;

Вершинина Ольга Дмитриевна — аспирант кафедры «Терапия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия, ORCID: 0000-0002-4127-6607, e-mail: poloz.ol@yandex.ru;

Щербинина Анастасия Вячеславовна — кандидат медицинских наук, старший преподаватель «Терапия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия, ORCID: 0000-0001-6280-6120, e-mail: nastya.babina.96@mail.ru;

Шиготарова Екатерина Андреевна — кандидат медицинских наук, врач-кардиолог, ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н. Н. Бурденко», Пенза, Россия, ORCID: 0000-0003-4452-2049, e-mail: shigotarova@yahoo.com.

Author information

Valetin E. Oleynikov, MD, PhD, DSc, Professor, Head, Department of Therapy, Penza State University, ORCID: 0000-0002-7463-9259, e-mail: v.oleynikof@gmail.com;

Alena V. Golubeva, MD, PhD, Senior Lecturer “Therapy”, Penza State University, Russia, ORCID: 0000-0001-6640-6108, e-mail: fialmy@mail.ru;

Olga D Vershinina, MD, PhD Student “Therapy”, Penza State University, ORCID: 0000-0002-4127-6607, e-mail: poloz.ol@yandex.ru;

Anastasia V. Shcherbinina, MD, PhD, Senior Lecturer “Therapy”, Penza State University, ORCID: 0000-0001-6280-6120, e-mail: nastya.babina.96@mail.ru;

Ekaterina A. Shigotarova. MD, PhD, Cardiologist, Penza Regional Clinical Hospital named after N. N. Burdenko, ORCID: 0000-0003-4452-2049, e-mail: shigotarova@yahoo.com.