

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ СЕРДЦА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С СОХРАНЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА

ЖЕРКО О.М.¹, МИХАЙЛОВ А.Н.¹, ШКРЕБНЕВА Э.И.²

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск, Республика Беларусь

²Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2022. – Том 21, №1. – С. 75-87.

NEW ALGORITHM FOR DETERMINING THE REMODELLING OF THE HEART IN CHRONIC HEART FAILURE WITH PRESERVED EJECTION FRACTION

ZHERKO O.M.¹, MIKHAYLOV A.N.¹, SHKREBNEVA E.I.²

¹Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Republic of Belarus

²Minsk Scientific-Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2022;21(1):75-87.

Резюме.

Цель исследования – разработать алгоритм определения ремоделирования сердца при хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ).

Материал и методы. В 2017-2019 годах на базе УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска выполнено одномоментное (поперечное) сравнительное клиническо-инструментальное исследование стратифицированной случайной выборки, состоящей из 175 пациентов в возрасте 71,0 (64,0; 78,0) года. В 2019-2021 годах в ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» выполнено независимое воспроизводящее (экзаменационное) клинико-инструментальное исследование стратифицированной случайной выборки, включавшей 129 пациентов в возрасте 64,5 (58,0; 70,0) года. Критерии включения в исследование: синусовый ритм; эссенциальная артериальная гипертензия; хроническая ишемическая болезнь сердца; ХСНсохрФВ; наличие добровольного информированного согласия пациента на участие в исследовании. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, кардиомиопатии, острые и хронические болезни органов дыхания. Эхокардиография и 2D Speckle Tracking эхокардиография выполнялись на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия), Vivid E9 (GE Healthcare, США).

Результаты. Алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ строится на концепции комплексной, целенаправленной эхокардиографической оценки ведущих факторов риска, патофункциональных механизмов развития сердечной недостаточности, структурных, функциональных аномалий, внутрисердечной и легочной гемодинамики, содержит научно обоснованные ультразвуковые признаки, характеризующиеся высокой диагностической эффективностью. Применение технологии 2D Speckle Tracking эхокардиографии направлено на установление субпороговой систолической дисфункции желудочков, механической дисперсии и диссинергии миокарда.

Заключение. Разработанный алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ характеризуется воспроизводимостью и высокой точностью (93,8%), как показано на независимой экзаменационной выборке, что позволяет рекомендовать его практическое использование при клинико-инструментальном определении ХСНсохрФВ.

Ключевые слова: эхокардиография, 2D Speckle Tracking, хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ремоделирование сердца, балльная шкала, алгоритм.

Abstract.

Objectives. To develop an algorithm for determining the remodelling of the heart in chronic heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF).

Material and methods. In 2017-2019, on the basis of the Healthcare Institution «1st City Clinical Hospital» in Minsk, a one-stage (cross-sectional) comparative clinical and instrumental study of a stratified random sample consisting of 175 patients aged 71.0 (64.0; 78.0) years was performed. In 2019-2021, the State Institution «Minsk Scientific-Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology» performed an independent reproductive (examination) clinical and instrumental study of a stratified random sample, which included 129 patients aged 64.5 (58.0; 70.0) years. Criteria for inclusion in the study: sinus rhythm; essential arterial hypertension; chronic ischemic heart disease; HFpEF; the presence of voluntary informed consent of the patient to participate in the study. Exclusion criteria: primary mitral regurgitation, mitral stenosis, mitral valve repair or replacement, congenital heart defects, cardiomyopathies, acute and chronic respiratory diseases. Echocardiography and 2D Speckle Tracking were performed using ultrasound devices Siemens Acuson S1000 (Germany), Vivid E9 (GE Healthcare, USA).

Results. An algorithm for determining heart remodelling in HFpEF is based on the concept of a comprehensive, targeted echocardiographic assessment of the leading risk factors, pathofunctional mechanisms of the heart failure development, structural, functional abnormalities, intracardiac and pulmonary hemodynamics, contains scientifically based ultrasound signs characterized by high diagnostic efficiency. The application of the 2D Speckle Tracking echocardiography technology in the algorithm is aimed at determining subthreshold systolic ventricular dysfunction, mechanical dispersion and myocardial dyssynergy.

Conclusions. The developed algorithm for determining heart remodelling in HFpEF is characterized by reproducibility and high accuracy (93.8%), as has been shown in an independent examination sample, which makes it possible to recommend its practical use in the clinical and instrumental determination of HFpEF.

Key words: echocardiography, 2D Speckle Tracking, chronic heart failure with preserved ejection fraction, heart remodelling, scoring scale, algorithm.

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) представляет собой клинический синдром, характеризующийся типичными симптомами (одышкой, усталостью, отеком лодыжек) и признаками (хрипами в легких, периферическими отеками, повышенным давлением в яремных венах), возникающий в результате структурной и/или функциональной патологии сердца, обуславливающей нарушение желудочкового наполнения, снижение ударного объема, подъем внутрисердечного давления в покое или при нагрузке [1, 2].

У лиц пожилого возраста с ХСН с сохраненной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ХСНсохрФВ) симптомы сердечной недостаточности неспецифичны и могут быть взаимосвязаны с коморбидными состояниями: ожирением, анемией, хронической обструктивной болезнью легких и другими [2, 3], типична гетерогенность фенотипов пациентов с ХСНсохрФВ [1-4].

Эхокардиография (ЭхоКГ) играет важную роль в диагностике и динамическом наблюдении пациентов с ХСН [2], на всех стадиях ХСН имеет максимальную оценку в баллах в части информативности среди всех методов медицинской визуализации [5]. Однако существующие стандарты и руководящие принципы выполнения

ЭхоКГ рассматривают отдельные методологические аспекты оценки структуры, функции сердца или гемодинамики [6]. Таким образом, требуется алгоритм комплексного определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ, позволяющий унифицировать ЭхоКГ-оценку структурных, функциональных аномалий сердца, внутрисердечной и легочной гемодинамики.

Цель исследования – разработать алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ.

Материал и методы

В 2017-2019 годах на базе УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска выполнено одномоментное (поперечное) сравнительное клиническо-инструментальное исследование стратифицированной случайной выборки, состоящей из 175 пациентов в возрасте 40-86 (71,0 (64,0; 78,0)) лет, из них 66 (33,7%) мужчин и 109 (66,3%) женщин. В 2019-2021 годах в ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» выполнено независимое воспроизводящее (экзаменационное) клиническо-инструментальное исследование стратифицированной

случайной выборки, включавшей 129 пациентов в возрасте 39,0-84,0 (64,5 (58,0; 70,0)) лет, из них 55 (42,6%) мужчин и 74 (57,4%) женщины.

Критерии включения в исследование: синусовый ритм; эссенциальная артериальная гипертензия (АГ); хроническая ишемическая болезнь сердца (ИБС); атеросклеротическая болезнь сердца, перенесенный в прошлом инфаркт миокарда (ИМ) ЛЖ, после которого прошло не менее полугода, необходимого для стабилизации структурно-функциональных показателей ЛЖ; ХСНсохрФВ; наличие добровольного информированного согласия пациента на участие в исследовании. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, кардиомиопатии, острые и хронические болезни органов дыхания, легочная эмболия, первичная легочная гипертензия, другие болезни легочных сосудов.

Обследованным пациентам определяли уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического гормона (NT-proBNP) в сыворотке крови. ЭхоКГ выполняли на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия), Vivid E9 (GE Healthcare, США). Конечно-диастолический (КДО, мл), конечно-систолический (КСО, мл) объемы ЛЖ, конечно-систолический объем (мл) левого предсердия (ЛП), ФВ ЛЖ (%) устанавливали биплановой методикой дисков Симпсона. Массу миокарда ЛЖ (г) определяли по алгоритму площадь-длина. Конечно-систолическую площадь (см²), конечно-систолический объем (мл) правого предсердия (ПП) рассчитывали в четырехкамерной апикальной позиции в конце систолы моноплановой методикой дисков Симпсона. Площадь тела пациента (м²) определяли с помощью программного обеспечения ультразвукового аппарата. Индексы КДО, КСО, конечно-систолического объема ЛП (мл/м²), массы миокарда (ИММ) ЛЖ (г/м²) рассчитывали как отношение показателей и площади тела пациента. Время замедления пиков Е (DT_Е, мсек) митрального кровотока (МК), пиковую скорость трикуспидальной регургитации (ТР, м/сек), амплитуду смещения латеральной части трикуспидального фиброзного кольца в систолу к верхушке (TAPSE, мм), пиковые скорости раннего диастолического (e'_{septal}, e'_{lateral}, см/сек) и систолического (s'_{septal}, s'_{lateral}, см/сек) движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца, отношение S₂/D в верхней правой легочной вене,

систолическое давление в легочной артерии (СД ЛА, мм рт. ст.) определяли по стандартным методикам [6]. Индексы раннего диастолического наполнения ЛЖ (E/e'_{septal}, E/e'_{lateral}, E/e'_{среднее}) рассчитывали как отношение максимальной скорости волны Е МК и скорости e'_{septal}, e'_{lateral}, e'_{среднее} соответственно. Среднее давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК, мм рт. ст.) рассчитывали по формуле [6]:

$$\text{Среднее ДЗЛК} = 1,91 + 1,24 \times E/e'_{\text{lateral}}$$

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС, ед. Вуда) определяли по формуле [6]:

$$\text{ЛСС} = 10 \times \left(\frac{V_{\text{ТР}}}{VTI_{\text{ВТПЖ}}} \right) + 0,16$$

где:

V_{ТР} – пиковая скорость ТР (м/сек),

VTI_{ВТПЖ} – интеграл скорость-время систолической волны кровотока (см), измеренный в выносящем тракте правого желудочка (ПЖ), в парастернальной позиции, короткой оси ЛЖ в режиме импульсно-волновой доплерографии, при установке контрольного объема в центре выносящего тракта ПЖ тотчас под створками клапана легочной артерии.

Оперативную жесткость миокарда ЛЖ (K_{LV}, мм рт. ст./мл) рассчитывали по формуле [7, 8]:

$$\text{Оперативная жесткость ЛЖ} = [70 / (DT_E - 20)]^2,$$

где: DT_Е – время замедления пика Е МК.

2D Speckle Tracking ЭхоКГ (STE) выполняли на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США), постобработку изображений STE – на рабочей станции EchoPac PC (GE Healthcare, США). Программой постобработки произведены расчеты глобальной систолической продольной деформации ЛЖ (GLS_{AVG}, %), глобальной систолической продольной деформации ПЖ (GLS, %), постсистолических индексов, времени до пиковых продольных деформаций (мсек), пиковой скорости систолических продольных деформаций (с⁻¹), пиковых продольных смещений (мм) 17 сегментов ЛЖ и 6 сегментов ПЖ. Индекс механической дисперсии (мсек) рассчитывали как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 12 базальных и средних сегментов ЛЖ, 6 сегментов ПЖ соответственно. Дельту времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ (мсек) определяли как разницу между максимальным и минимальным периодами времени до пиковых продольных деформаций 12 сегментов ЛЖ. Глобальные пост-

систолические индексы ЛЖ и ПЖ (%) рассчитывали как среднее значение постсистолических индексов 12 сегментов ЛЖ и 6 сегментов ПЖ. Глобальные индексы раннего растяжения ЛЖ (%) определяли как среднее арифметическое значение индексов раннего растяжения 12 сегментов ЛЖ. Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ (мм) получали путем расчета среднего значения продольного смещения 17 сегментов ЛЖ. Глобальную пиковую скорость систолических продольных деформаций ЛЖ (c^{-1}) определяли как среднее значение максимальных скоростей систолических продольных деформаций 17 сегментов ЛЖ.

Для разработки граничных значений диагностических показателей, характеризующих ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, из обучающей выборки выделены контрольная группа ($n=75$), куда включены пациенты без ХСН, и основная группа ($n=100$) – с ХСНсохрФВ. Для валидации многофакторной балльной шкалы оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ, алгоритма определения ремоделирования сердца, разработки граничных значений показателей STE, характеризующих субпороговую систолическую дисфункцию желудочков при ХСНсохрФВ, экзаменационная выборка разделена на контрольную группу ($n=49$), куда отнесены пациенты без ХСН, и основную группу ($n=80$) – с ХСНсохрФВ.

Для статистического анализа созданы в среде Excel-2013 и зарегистрированы 2 базы данных обследованных пациентов (регистрационные свидетельства Государственного регистра информационных ресурсов от 26.02.2019 г. № 1761917812, от 9.04.2020 г. № 1762022366), их обработку осуществляли с помощью пакета прикладных программ STATISTICA (v8.0). Для большинства количественных переменных распределение отличалось от нормального, в связи с чем результаты оценивали непараметрическими методами. Количественные значения изучаемых показателей представляли в виде медианы и интерквартильного размаха: Me (LQ; UQ). Для сравнения по количественным признакам использован U-критерий Манна-Уитни. Сравнение по качественным признакам выполняли путем построения таблиц сопряженности по методу максимального правдоподобия χ^2 . Для оценки взаимосвязей между рассматриваемыми признаками рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена (R). ROC-анализ для разработки граничных

значений ультразвуковых признаков, оценки их чувствительности (Ч) и специфичности (С), расчет отношения шансов (ОШ) развития ХСН и его 95% доверительного интервала (ДИ) выполняли программой MedCalc@ Version14.8.1. Для разработки многофакторной балльной шкалы оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ в программе SPSS версии 26 проведен категориальный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием и отбором ультразвуковых признаков, имеющих статистическую значимость. Рассчитанные коэффициенты важности умножали на 100 и округляли до целых чисел. Шкалу валидизировали с помощью методики Bootstrap на 1000 случайно сгенерированных выборок. Далее для получения порогового значения баллов в разработанной шкале применяли ROC-анализ с использованием балла каждого пациента. Операционные характеристики новых алгоритмов устанавливали на основании ROC-анализа. Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$.

Результаты

Контрольная и основная группы обучающей выборки пациентов, сформированной для разработки граничных значений диагностических ультразвуковых показателей, характеризующих ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, сопоставимы по возрасту, полу, индексу массы тела (ИМТ), частоте сахарного диабета (СД) 2-го типа, эссенциальной АГ и ее степени, статистически значимо отличались по распространенности хронической ИБС, значениям NT-proBNP (табл. 1). У 17,0% пациентов с ХСНсохрФВ определен I функциональный класс (ФК) по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца, у 70,0% – II ФК, в 13,0% наблюдений – III ФК.

Диагностическими ультразвуковыми признаками, характеризующими структурное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, являются ИММ ЛЖ у мужчин $>124,8$ г/м² (AUC 0,84, Ч 74,6%, С 77,3%), у женщин $>109,6$ г/м² (AUC 0,88, Ч 88,7%, С 98,6%), индекс объема ЛП $>34,3$ мл/м² (AUC 0,76, Ч 83,0%, С 62,7%), оперативная жесткость ЛЖ $>0,19$ мм рт. ст./мл (AUC 0,74, Ч 75,0%, С 65,8%; ОШ развития ХСНсохрФВ – 4,86, 95% ДИ 2,54-9,30, $p<0,001$). Пиковые скорости раннего диастолического и систолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца $e'_{septal} \leq 7$ см/сек (AUC 0,81, Ч 84,7%, С 76,4%), $e'_{lateral} \leq 8$ см/сек

Таблица 1 – Клиническая характеристика пациентов с ХСНсохрФВ

Показатель	Группа сравнения		p
	контрольная	основная (пациенты с ХСНсохрФВ)	
Возраст, лет	67,0 (64,0; 75,0)	72,0 (66,0; 78,0)	0,05
Пол женский, % (n)	60,5 (46)	63,0 (63)	0,74
ИМТ, кг/м ²	30,9 (27,0; 36,1)	30,6 (27,1; 33,7)	0,44
Эссенциальная АГ: % (n)	100,0 (75)	100,0 (100)	-
степень	2 (2; 3)	2 (2; 3)	0,50
Хроническая ИБС, % (n)	65,3 (49)	94,0 (94)	<0,001
СД 2-го типа, % (n)	33,3 (25)	23,0 (23)	0,14
NT-proBNP, пг/мл	75 (47; 104)	284 (201; 404)	<0,001

Таблица 2 – Клиническая характеристика пациентов с ХСНсохрФВ экзаменационной выборки

Показатель	Группа сравнения		p
	контрольная	основная (пациенты с ХСНсохрФВ)	
Возраст, лет	65,0 (58,0; 71,0)	64,0 (56,0; 68,0)	0,12
Пол женский, % (n)	53,1 (26)	60,0 (48)	0,44
ИМТ, кг/м ²	29,4 (26,3; 32,9)	30,1 (27,4; 33,1)	0,35
Эссенциальная АГ: % (n)	98,0 (48)	100,0 (80)	0,08
степень	2 (2; 2)	2 (2; 2)	0,47
Хроническая ИБС, % (n)	85,7 (42)	96,0 (77)	0,03
СД 2-го типа, % (n)	12,2 (6)	26,3 (21)	0,06

(AUC 0,80, Ч 70,0%, С 75,4%), $s'_{septal} \leq 8$ см/сек (AUC 0,87, Ч 68,2%, С 88,1%) и $s'_{lateral} \leq 9$ см/сек (AUC 0,88, Ч 80,0%, С 74,6%), индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{septal} > 7,72$ определяют функциональное ремоделирование сердца. Показателями, описывающими внутри-сердечную и легочную гемодинамику, являются время замедления $DT_E MK \leq 171$ мсек (AUC 0,76, Ч 71,0%, С 73,6%), СД ЛА $> 26,4$ мм рт. ст. (AUC 0,81, Ч 70,2%, С 80,3%), скорость ТР $> 2,42$ м/сек (AUC 0,83, Ч 64,1%, С 78,4%), ЛСС $> 1,68$ ед. Вуда (AUC 0,81, Ч 64,0%, С 87,7%) [9, 10].

Контрольная и основная группы, сформированные для разработки диагностических показателей ХСНсохрФВ по данным STE, сопоставимы по возрасту, полу, ИМТ, частоте заболеваемости СД 2-го типа, эссенциальной АГ и ее степени, статистически значимо отличались по распространенности хронической ИБС (табл. 2). У 23,7% пациентов с ХСНсохрФВ определен I ФК, у 73,8% – II ФК, в 2,5% наблюдений – III ФК.

Диагностические для субпороговой систолической продольной дисфункции желудочков при ХСНсохрФВ значения глобальной систолической продольной деформации ЛЖ GLS_{AVG} установлены $> -18,9\%$ (AUC 0,98, Ч 94,9%, С 99,9%; ОШ развития ХСНсохрФВ – 96,30, 95% ДИ 5,57-1665,68, $p < 0,001$), глобальной пиковой скорости систолической продольной деформации ЛЖ $> -1,1$ с⁻¹ (AUC 0,84, Ч 75,6%, С 79,6%), глобального пикового продольного смещения ЛЖ $\leq 10,18$ мм (AUC 0,94, Ч 95,1%, С 83,7%), $GLS_{PJ} > -19,9\%$ (AUC 0,87, Ч 76,5%, С 88,5%; ОШ 9,13, 95% ДИ 3,01-27,67, $p < 0,001$); индексов механической дисперсии миокарда ЛЖ $> 54,69$ мсек (AUC 0,85, Ч 70,7%, С 90,2%; ОШ 6,30, 95% ДИ 13-18,65, $p = 0,0009$), ПЖ $> 50,29$ мсек (AUC 0,81, Ч 78,1%, С 73,9%; ОШ 3,61, 95% ДИ 1,19-10,97, $p = 0,02$), дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ > 136 мсек (AUC 0,86, Ч 91,4%, С 65,0%), глобальных постсистолических индексов ЛЖ $> 5,59\%$ (AUC 0,88, Ч 82,6%, С 87,5%; ОШ

2,85, 95% ДИ 1,92-4,30, $p < 0,001$), ПЖ $> 2,17\%$ (AUC 0,86, Ч 84,5%, С 69,8%; ОШ 7,04, 95% ДИ 2,12-23,39, $p = 0,001$) [10-12].

Многофакторная балльная шкала оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ включает следующие ультразвуковые признаки: ДД ЛЖ II типа (ОШ развития ХСНсохрФВ $-120,23$, 95% ДИ 7,10-2035,59, $p = 0,0009$) – 47 баллов, время замедления $DT_{E} MK \leq 171$ мсек (ОШ – 6,18, 95% ДИ 3,18-12,01, $p < 0,001$) – 25 баллов, скорость пика $e'_{septal} \leq 7$ см/сек (ОШ – 4,10, 95% ДИ 2,15-7,80, $p < 0,001$) – 25 баллов, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{septal} > 7,72$ (ОШ – 4,38, 95% ДИ 2,29-8,39, $p < 0,001$) – 20 баллов, индекс объема ЛП $> 34,3$ мл/м² (ОШ – 8,38, 95% ДИ 4,16-16,85, $p < 0,001$) – 24 балла.

Сумма баллов > 45 , полученная при применении шкалы, указывает на высокий риск установления ХСНсохрФВ (AUC 0,96, Ч 96,6%, С 83,2%) [13].

На основании полученных результатов разработан алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ (рис. 1).

При валидации шкалы в экзаменационной выборке и присвоении примененным критериям баллов, определенных в обучающей выборке, получен аналогичный порог отсечения – более 45 баллов, указывающий на высокую вероятность установления у пациента ХСНсохрФВ, с отличным качеством модели: площадью поля под кривой 0,998 (95% ДИ 0,968-1,000), индексом Юдена 0,97, чувствительностью 98,8% (95% ДИ 93,2-100,0), специфичностью 98,0% (95% ДИ

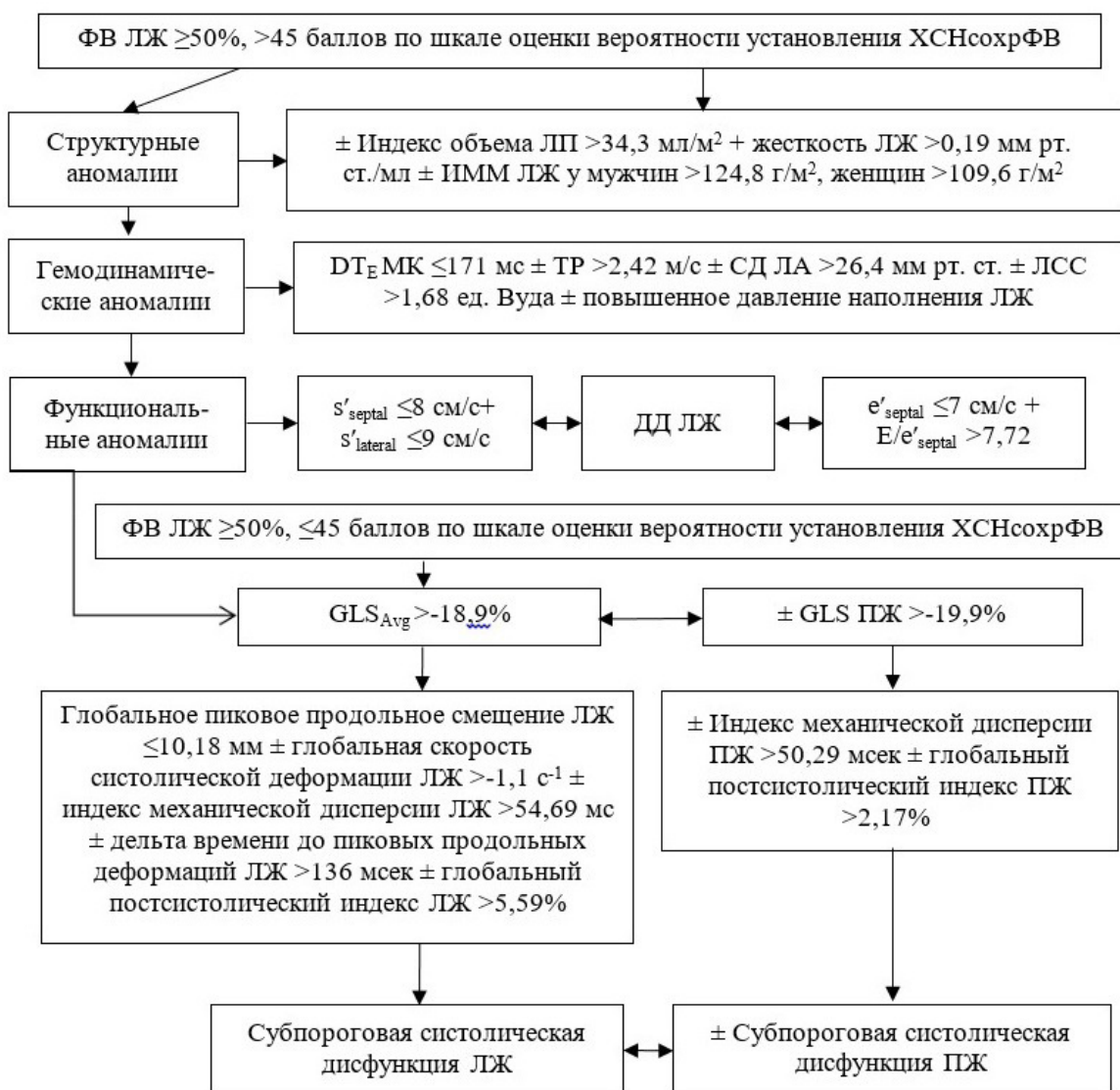


Рисунок 1 – Алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ по данным ЭхоКГ и STE: + – обязательное наличие ультразвукового признака; ± – необязательное наличие ультразвукового признака.

89,1-99,9), стандартной ошибкой 0,002, $p < 0,001$. Точность оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ в экзаменационной выборке составила 98,8%. Получен один ложноотрицательный результат у пациента, имевшего сумму баллов, равную 45 [13].

Если сумма баллов, полученная при применении шкалы оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ, равна 45 или менее, рекомендуется выполнение STE для определения субпороговой систолической продольной дисфункции ЛЖ и ПЖ, механической дисперсии и диссинергии миокарда. Если значение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ GLS_{AVG} равно $-18,9\%$ или менее, вероятность установления ХСНсохрФВ низкая.

Таким образом, разработанная балльная шкала позволяет принимать управленческое решение о необходимости выполнения дальнейшей целенаправленной оценки ремоделирования сердца, взаимосвязанного с ХСНсохрФВ.

Полная оценка ремоделирования сердца согласно разработанному алгоритму выполнена у 93,8% ($n=75$) пациентов с ХСНсохрФВ экзаменационной выборки (точность 93,8%, AUC 0,948, индекс Юдена 0,90, чувствительность 93,75 (95% ДИ 86,0-97,9), специфичность 95,9% (95% ДИ 86,0-99,5), стандартная ошибка 0,020,

$p < 0,001$) (табл. 3, рис. 2). У 6,2% ($n=5$) пациентов с ХСНсохрФВ экзаменационной выборки не определены структурные аномалии сердца, установленные в обучающей выборке.

Таким образом, алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ обладает высокой диагностической эффективностью и может быть применен при выполнении ЭхоКГ у пациентов с синусовым ритмом, эссенциальной АГ, ИБС и их комбинацией, при верификации ХСНсохрФВ.

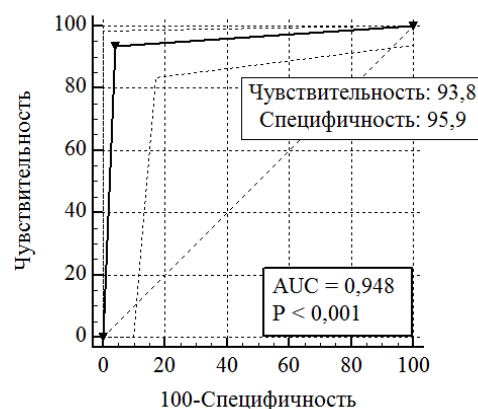


Рисунок 2 – Результаты ROC-анализа по определению операционных характеристик алгоритма определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ в экзаменационной выборке.

Таблица 3 – Клинико-инструментальная характеристика пациентов с ХСНсохрФВ экзаменационной выборки

Показатель	Группа сравнения		p
	контрольная	основная (пациенты с ХСНсохрФВ)	
ИММ у мужчин, г/м ²	86,2 (84,0; 111,6)	125,4 (110,2; 138,5)	0,003
ИММ у женщин, г/м ²	88,0 (79,0; 100,0)	111,8 (106,4; 132,0)	0,0003
Индекс объема ЛП, мл/м ²	30,2 (23,0; 33,3)	40,0 (34,5; 45,2)	0,007
DT _E МК, мсек	175,0 (148,0; 190,0)	161,0 (138,0; 170,0)	0,003
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,3 (7,5; 10,0)	12,2 (10,8; 14,4)	<0,001
e' _{septal} , см/сек	7,0 (6,0; 9,0)	5,0 (4,0; 7,0)	<0,001
E/e' _{septal}	6,0 (5,0; 7,0)	10,0 (9,0; 12,0)	0,001
s' _{septal} , см/сек	10,0 (9,0; 12,0)	8,0 (6,0; 9,0)	0,001
s' _{lateral} , см/сек	11,0 (11,0; 16,0)	8,0 (7,0; 9,0)	0,002
СД ЛА, мм рт. ст.	17,0 (15,0; 24,0)	28,0 (19,0; 35,0)	0,001
ЛСС, ед. Вуда	1,35 (1,01; 1,95)	1,76 (1,29; 2,15)	0,0001
GLS _{AVG} , %	-21,2 (-22,1; -19,8)	-15,3 (-17,3; -12,2)	<0,001
GLS ПЖ, %	-22,4 (-24,7; -20,3)	-19,3 (-21,6; -16,5)	<0,001
Сумма баллов по шкале оценки вероятности установления ХСНсохрФВ	0 (0; 25)	116 (70; 141)	<0,001

Обсуждение

Ремоделированием сердца называют структурную и функциональную перестройку, вызванную потерей жизнеспособности частью миокарда или повреждающей перегрузкой, которая на начальных этапах обеспечивает адаптацию к изменившимся условиям, а затем ведет к прогрессирующей функциональной недостаточности [14, 15]. Ремоделирование сердца является общим патогенетическим процессом развития и течения ХСН различной этиологии [15].

Морфологической основой ремоделирования сердца и ключевым фактором, способствующим развитию и прогрессированию ХСН, является фиброз, независимый от ФВ ЛЖ [16]. Фиброз при ХСН разделяют на репаративный и реактивный [15]. Механизмами формирования фиброза миокарда являются стимуляция его матричной продукции при воспалении [2, 3, 15], ухудшение функции саркомера, эндотелиальной и сосудистой дисфункции и вторичное замещение коллагеном некротизированных кардиомиоцитов [2, 15].

ХСН формируется под влиянием факторов риска, коморбидности и модификаторов – характеристик пациента, способствующих начальному ремоделированию и прогрессированию ХСН. Клиническая симптоматика при ХСН определяется спектром фенотипов, являющихся результатом индивидуального пути, по которому сердце ремоделируется с развитием концентрической, эксцентрической гипертрофии или их комбинации [17].

Диагностика ХСНсохрФВ остается сложной задачей [1]. Известные алгоритмы и шкалы прогнозирования и диагностики ХСНсохрФВ включают различные комбинации клинических, лабораторных и инструментальных признаков, не содержат комплексных ЭхоКГ-подходов к определению ремоделирования сердца, взаимосвязанного с развитием и прогрессированием ХСН, строятся на концепции установления критериев повышенного давления наполнения ЛЖ. Однако повышенное в покое давление наполнения ЛЖ имеет место у пациентов с высокими функциональными классами ХСН. На начальных этапах формирования ХСН, у пациентов без признаков задержки жидкости давление наполнения ЛЖ повышается лишь при нагрузке [18]. Отсутствие повышения давления наполнения ЛЖ в покое приводит к снижению диагностической эффективности известных методов.

Согласно выводам, сделанным при применении балльной модели прогнозирования развития ХСНсохрФВ, разработанной Reddy Y.N.V. и соавторами по данным одновременного выполнения ЭхоКГ и инвазивного исследования сердца и включающей следующие критерии: ожирение с ИМТ >30 кг/м², пароксизмальную или перманентную фибрилляцию предсердий, возраст >60 лет, лечение ≥ 2 антигипертензивными препаратами, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e' >9$ и СД ЛА >35 мм рт. ст. [19], в когорте пациентов из исследования TOPCAT, при стабильной ХСНсохрФВ наблюдалась значительная вариабельность рассчитанной вероятности ХСНсохрФВ: более высокая вероятность была получена среди участников из американской популяции, по сравнению с европейскими субъектами. Применять эту модель в практическом здравоохранении необходимо с осторожностью [20].

В 2019 году Pieske В. и соавторами разработан алгоритм установления ХСНсохрФВ, содержащий четыре последовательных этапа диагностики. На 1-м этапе выполняется предтестовая оценка пациента с анализом жалоб, симптомов и признаков ХСН, электрокардиографических аномалий, лабораторных данных, уровня NT-proBNP, ЭхоКГ. На 2-м этапе при синусовом ритме производится оценка полученных результатов по балльной шкале. На 3-м этапе проводится функциональное тестирование с выполнением диастолического стресс-теста, при любых сомнениях рекомендуется выполнение инвазивного гемодинамического стресс-теста в покое и с нагрузкой. На 4-м этапе выполняется окончательная оценка этиологии ХСНсохрФВ [3]. При верификации одновременно двух шкал, разработанных Reddy Y.N.V. и соавторами, и Pieske В. и соавторами, установлено большое расхождение между ними [21].

Согласно последним рекомендациям Европейского общества кардиологов по сердечной недостаточности, индекс объема ЛП >32 мл/м², скорость пика Е МК <90 см/сек, скорость $e'_{\text{septal}} <9$ см/сек, отношение $E/e' >9$ являются ключевыми, «поворотными» точками, за которыми увеличивается риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний [1]. В случаях диагностической неопределенности подход к определению ХСНсохрФВ должен включать дополнительные тесты, например, нагрузочное тестирование для подтверждения снижения физической работоспособности и дифференцировки причины одышки, тесты с

физической нагрузкой и инвазивное гемодинамическое исследование [3]. Однако инвазивные гемодинамические тесты связаны с рисками и осложнениями, недоступны в большинстве центров по всему миру, их использование ограничено исследовательскими целями [1].

Нами рассмотрены все возможные показатели согласно методу ультразвуковой визуализации сердца, характеризующие ведущие факторы риска и патофункциональные механизмы развития ХСНсохрФВ, структурное и функциональное ремоделирование сердца, аномалии внутрисердечной и легочной гемодинамики. Сильная ассоциация имела место между ХСНсохрФВ и ДД ЛЖ ($R=0,72$, $p=0,0009$); умеренные корреляции – между ХСНсохрФВ и скоростью ранней диастолической релаксации, определенной на основании пиковой скорости раннего диастолического движения митрального фиброзного кольца e'_{septal} ($R=-0,51$, $p<0,001$), индексом раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e'_{septal} ($R=0,62$, $p<0,001$), субпороговой систолической дисфункцией ЛЖ, установленной согласно пиковым скоростям систолического движения митрального фиброзного кольца s'_{septal} ($R=-0,61$, $p<0,001$; при $s'_{\text{septal}} \leq 8$ см/сек ОШ установления ХСНсохрФВ – 4,50, 95% ДИ 2,34-8,67, $p<0,001$) и s'_{lateral} ($R=-0,65$, $p<0,001$; при $s'_{\text{lateral}} \leq 9$ см/сек ОШ – 4,09, 95% ДИ 2,17-7,70, $p<0,001$), ЛСС ($R=0,52$, $p<0,001$), оперативной жесткостью ЛЖ ($R=0,41$, $p<0,001$; при жесткости ЛЖ $>0,19$ мм рт. ст./мл ОШ – 4,86, 95% ДИ 2,54-9,30, $p<0,001$). Слабые корреляции определены между ХСНсохрФВ и ИММ ЛЖ ($R=0,38$, $p<0,001$; ОШ установления ХСНсохрФВ у мужчин при ИММ ЛЖ $>124,8$ г/м² составило 3,90, 95% ДИ 1,39-10,95, $p=0,01$; у женщин при ИММ ЛЖ $>109,6$ г/м² ОШ – 2,15, 95% ДИ 0,91-5,08, $p=0,08$). Сильные и умеренные корреляции определены между ХСНсохрФВ и ультразвуковыми признаками, характеризующими субпороговую систолическую продольную дисфункцию желудочков: глобальной продольной систолической деформацией ЛЖ GLS_{Avg} ($R=0,84$, $p<0,001$), глобальным пиковым продольным смещением ЛЖ ($R=-0,71$, $p<0,001$; при значениях $\leq 10,18$ мм ОШ развития ХСНсохрФВ – 39,60, 95% ДИ 10,16-154,37, $p<0,001$), глобальной пиковой скоростью систолической продольной деформации ЛЖ ($R=0,56$, $p<0,001$; при показателе $>-1,1$ с⁻¹ ОШ – 4,87, 95% ДИ 1,66-14,31, $p=0,004$), GLS ПЖ ($R=0,52$, $p<0,001$). Между ХСНсохрФВ и индексом механической дисперсии ЛЖ ($R=0,55$,

$p<0,001$), дельтой времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ ($R=0,56$, $p<0,001$), глобальным постсистолическим индексом ЛЖ ($R=0,63$, $p<0,001$), индексом механической дисперсии ПЖ ($R=0,52$, $p=0,002$), глобальным постсистолическим индексом ПЖ ($R=0,50$, $p<0,001$) установлены умеренные корреляционные взаимосвязи.

Ряд пациентов с ХСНсохрФВ экзаменационной выборки не имел структурных аномалий сердца, установленных в обучающей выборке, что отражает разные этапы кардиоваскулярного континуума, траекторию ремоделирования сердца, формирующиеся под влиянием различных факторов риска и коморбидности. Полученные результаты согласуются с данными ряда авторов, согласно которым до 30% пациентов с ХСНсохрФВ не имеют структурного ремоделирования сердца, например гипертрофии ЛЖ [1, 22]. У таких пациентов показано применение технологии STE, характеризующей патофункциональные механизмы формирования ХСН: субпороговую систолическую продольную дисфункцию желудочков, механическую дисперсию и диссинергию миокарда. Показатели STE позволили установить функциональное ремоделирование сердца практически у всех пациентов с ХСНсохрФВ.

Новый алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ строится на концепции комплексной, целенаправленной оценки ведущих факторов риска, патофункциональных механизмов развития ХСН, содержит балльную шкалу оценки высокой вероятности установления ХСНсохрФВ, ультразвуковые критерии структурного и функционального ремоделирования сердца, аномалий внутрисердечной и легочной гемодинамики, обладает воспроизводимостью и высокой диагностической эффективностью, показанной на независимой выборке пациентов. Значительным преимуществом алгоритма перед известными методами определения ХСНсохрФВ являются адресация непосредственно врачу, выполняющему ЭхоКГ, возможность при его реализации принимать управленческое решение о необходимости установления ультразвуковых признаков структурного, функционального ремоделирования сердца, аномалий внутрисердечной и легочной гемодинамики, ассоциирующихся с ХСНсохрФВ. Таким образом, разработанный алгоритм определения ремоделирования сердца может быть применен при комплексной диагностике ХСНсохрФВ.

Заклучение

Ведущими факторами риска, патофизиологическими и гемодинамическими механизмами развития ХСНсохрФВ, установленными на основании метода ультразвуковой визуализации, являются оперативная жесткость ЛЖ $>0,19$ мм рт. ст./мл (ОШ развития ХСНсохрФВ – 4,86, 95% ДИ 2,54-9,30, $p<0,001$); ДД ЛЖ II типа (ОШ – 120,23, 95% ДИ 7,10-2035,59, $p=0,0009$); субпороговая систолическая продольная дисфункция желудочков, определяемая при глобальной систолической продольной деформации ЛЖ GLS_{AVG} , составляющей $>-18,9\%$ (ОШ – 96,30, 95% ДИ 5,57-1665,68, $p<0,001$; AUC 0,99, Ч 94,9%, С 98,0%), ПЖ $GLS >-19,9\%$ (ОШ – 39,13, 95% ДИ 3,01-27,67, $p<0,001$; AUC 0,87, Ч 76,5%, С 88,5%), глобальной пиковой скорости систолической продольной деформации ЛЖ $>-1,1$ s^{-1} (ОШ – 4,87, 95% ДИ 1,66-14,31, $p=0,004$; AUC 0,84, Ч 75,6%, С 79,6%), глобальном пиковом продольном смещении ЛЖ $\leq 10,18$ мм (ОШ – 39,60, 95% ДИ 10,16-154,37, $p<0,001$; AUC 0,94, Ч 95,1%, С 83,7%); механическая дисперсия миокарда с индексами механической дисперсии ЛЖ $>54,69$ мсек (ОШ – 6,30, 95% ДИ 2,13-18,65, $p=0,0009$; AUC 0,85, Ч 70,7%, С 90,2%), ПЖ $>50,29$ мсек (ОШ – 3,61, 95% ДИ 1,19-10,97, $p=0,02$; AUC 0,81, Ч 78,1%, С 73,9%), механическая диссинергия миокарда с глобальными постсистолическими индексами ЛЖ $>5,59\%$ (ОШ – 13,49, 95% ДИ 3,57-50,96, $p=0,0001$; AUC 0,88, Ч 82,6%, С 87,5%), ПЖ $>2,17\%$ (ОШ – 7,04, 95% ДИ 2,12-23,39, $p=0,001$; AUC 0,86, Ч 84,5%, С 69,9%); повышенное давление наполнения ЛЖ (ОШ – 18,78, 95% ДИ 1,09-322,25, $p=0,04$).

Разработанный алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ строится на концепции комплексной, целенаправленной оценки ведущих факторов риска, патофизиологических и гемодинамических механизмов развития ХСН, установления ЭхоКГ-признаков структурного и функционального ремоделирования сердца, аномалий внутрисердечной и легочной гемодинамики. Алгоритм определения ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ содержит балльную шкалу оценки вероятности установления ХСНсохрФВ, обладает высокой воспроизводимостью и диагностической эффективностью, показанной на экзаменационной выборке пациентов (точность 93,8%, AUC 0,948, Ч 93,8%, С 95,9%, $p<0,001$), позволяющей рекомендовать

его применение при выполнении ЭхоКГ, клинико-диагностическом установлении ХСНсохрФВ у пациентов с синусовым ритмом, эссенциальной АГ, хронической ИБС и их комбинацией.

Так как часть пациентов с ХСНсохрФВ, находящихся на различных стадиях кардиоваскулярного континуума, не имеют признаков структурного ремоделирования сердца, для диагностики субпороговой систолической продольной дисфункции ЛЖ и ПЖ, и повышения точности алгоритма рекомендуется выполнение комплексной оценки ведущих патофизиологических механизмов формирования ХСН на основании технологии STE: снижения глобальных систолических продольных деформаций ЛЖ и ПЖ, глобальной пиковой скорости систолической продольной деформации ЛЖ, глобального пикового продольного смещения ЛЖ; механической дисперсии и диссинергии миокарда желудочков.

Применение разработанного алгоритма оценки ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ не рекомендуется у пациентов с первичной тяжелой митральной регургитацией, митральным стенозом, пластикой, протезированием митрального клапана, врожденными пороками сердца, кардиомиопатиями, острыми и хроническими болезнями органов дыхания, легочной эмболией, первичной легочной гипертензией, другими болезнями легочных сосудов.

Благодарности: Авторы выражают благодарность Олиферко Н. П., заведующему кардиологическим отделением № 3 УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска, за предоставление пациентов для участия в исследовании и их лечение, анонимным рецензентам статьи.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the head of the cardiology department No. 3 of the Healthcare Institution «1st City Clinical Hospital» in Minsk Oliferko N.P. for enabling the participation of patients in the research and their treatment, as well as to anonymous reviewers of this article.

Литература

- 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure / T. A. McDonagh [et al.] // Eur. Heart J. – 2021 Sep. – Vol. 42, N 36. – P. 3599–3726.
- Сердечная недостаточность / Ю. П. Островский [и др.] ; под общ. ред. Ю. П. Островского ; Нац. акад. наук Беларуси. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 503 с.

3. 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) / B. Pieske [et al.] // Eur. Heart J. – 2019 Oct. – Vol. 40, N 40. – P. 3297–3317.
4. An integrative translational approach to study heart failure with preserved ejection fraction: a position paper from the Working Group on Myocardial Function of the European Society of Cardiology / A. P. Lourenço [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2018 Feb. – Vol. 20, N 2. – P. 216–227.
5. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/ SCCT/SCMR/STS 2019 Appropriate Use Criteria for Multimodality Imaging in the Assessment of Cardiac Structure and Function in Nonvalvular Heart Disease. A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society of Thoracic Surgeons / J. U. Doherty [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 2019 May. – Vol. 32, N 5. – P. 553–579.
6. The practice of clinical echocardiography / ed. C. M. Otto. – 5th ed. – Philadelphia, Pennsylvania : Elsevier, 2017. – 965 p.
7. Estimation of left ventricular operating stiffness from Doppler early filling deceleration time in humans / M. J. Garcia [et al.] // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 2001 Feb. – Vol. 280, N 2. – P. H554–H561.
8. Can left ventricular diastolic stiffness be measured noninvasively? / P. Marino [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 2002 Sep. – Vol. 15, N 9. – P. 935–943.
9. Жерко, О. М. Ультразвуковые маркеры хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка / О. М. Жерко // Кардиология в Беларуси. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 330–341.
10. Жерко, О. М. Ультразвуковая визуализация ремоделирования левого желудочка при хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса / О. М. Жерко, Э. И. Шкробнева // Вестн. ВГМУ. – 2020. – Т. 19, № 2. – С. 70–77.
11. Жерко, О. М. 2D Speckle Tracking эхокардиография в прогнозировании хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса / О. М. Жерко, Э. И. Шкробнева // Лечеб. дело. – 2020. – № 4. – С. 30–35.
12. Жерко, О. М. Механическая дисперсия и диссинергия миокарда как патофункциональные механизмы хронической сердечной недостаточности / О. М. Жерко, А. Н. Михайлов, Э. И. Шкробнева // Лечеб. дело. – 2021. – № 3. – С. 24–28.
13. Жерко, О. М. Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса / О. М. Жерко, Э. И. Шкробнева // Мед. визуализация. – 2021. – Т. 25, № 3. – С. 83–96.
14. Клинические рекомендации ОССН – РКО – РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение / В. Ю. Мареев [и др.] // Кардиология. – 2018. – Т. 58, № S6. – С. 8–158.
15. Патогенетические аспекты постинфарктного ремоделирования миокарда / Н. П. Митьковская [и др.] // Мед. журн. – 2013. – № 1. – С. 12–18.
16. Towards better definition, quantification and treatment of fibrosis in heart failure. A scientific roadmap by the Committee of Translational Research of the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology / R. A. de Boer [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2019 Mar. – Vol. 21, N 3. – P. 272–285.
17. The continuous heart failure spectrum: moving beyond an ejection fraction classification / F. Triposkiadis [et al.] // Eur. Heart J. – 2019 Jul. – Vol. 40, N 26. – P. 2155–2163.
18. Диастолическая трансторакальная стресс-эхокардиография с дозированной физической нагрузкой в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: показания, методология, интерпретация результатов / А. Г. Овчинников [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2020. – № 2. – С. 60–90.
19. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction / Y. N. V. Reddy [et al.] // Circulation. – 2018 Aug. – Vol. 138, N 9. – P. 861–870.
20. Generalizability and Implications of the H2FPEF Score in a Cohort of Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction / M. W. Segar [et al.] // Circulation. – 2019 Apr. – Vol. 139, N 15. – P. 1851–1853.
21. The HFA-PEFF and H2FPEF scores largely disagree in classifying patients with suspected heart failure with preserved ejection fraction / S. Sanders-van Wijk [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2021 May. – Vol. 23, N 5. – P. 838–840.
22. Differential Clinical Profiles, Exercise Responses and Outcomes Associated with Existing HFpEF Definitions / J. E. Ho [et al.] // Circulation. – 2019 Jul. – Vol. 140, N 5. – P. 353–365.

Поступила 29.10.2021 г.

Принята в печать 21.02.2022 г.

References

1. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumhach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2021 Sep;42(36):3599-3726. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368
2. Ostrovskii IuP, Valentiukevich AV, Ilina TV, Koliadko MG, Kurlianskaia EK, Ostrovskii AIu, i dr, Ostrovskii IuP red; Nats akad nauk Belarusi. Cardiac insufficiency. Minsk, RB: Belarus
3. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). Eur Heart J. 2019 Oct;40(40):3297-3317. doi: 10.1093/eurheartj/ehz641
4. Lourenço AP, Leite-Moreira AF, Balligand J-L, Bauersachs J, Dawson D, de Boer RA, et al. An integrative translational

- approach to study heart failure with preserved ejection fraction: a position paper from the Working Group on Myocardial Function of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2018 Feb;20(2):216-227. doi: 10.1002/ejhf.1059
5. Doherty JU, Kort S, Mehran R, Schoenhagen P, Soman P, Members RP, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/ SCCT/SCMR/STS 2019 Appropriate Use Criteria for Multimodality Imaging in the Assessment of Cardiac Structure and Function in Nonvalvular Heart Disease. A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019 May;32(5):553-579. doi: 10.1016/j.echo.2019.01.008
 6. Otto CM, ed. *The practice of clinical echocardiography.* 5th ed. Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier; 2017. 965 p.
 7. Garcia MJ, Firstenberg MS, Greenberg NL, Smedira N, Rodriguez L, Prior D, et al. Estimation of left ventricular operating stiffness from Doppler early filling deceleration time in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2001 Feb;280(2):H554-61. doi: 10.1152/ajpheart.2001.280.2.H554
 8. Marino P, Little WC, Rossi A, Barbieri E, Anselmi M, Destro G, et al. Can left ventricular diastolic stiffness be measured noninvasively? *J Am Soc Echocardiogr.* 2002 Sep;15(9):935-43. doi: 10.1067/mje.2002.121196
 9. Zherko OM. Ultrasound markers of chronic heart failure with preserved left ventricular ejection fraction. *Kardiologiya Belarusi.* 2020;12(3):330-41. (In Russ.)
 10. Zherko OM, Shkrebneva EI. Ultrasound Imaging of Left Ventricular Remodeling in Chronic Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Vestn VGMU.* 2020;19(2):70-7. (In Russ.)
 11. Zherko OM, Shkrebneva EI. 2D Speckle Tracking Echocardiography in the Prediction of Chronic Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Lecheb Delo.* 2020;(4):30-35. (In Russ.)
 12. Zherko OM, Mikhailov AN, Shkrebneva EI. Mechanical dispersion and myocardial dissynergy as pathofunctional mechanisms of chronic heart failure. *Lecheb Delo.* 2021;(3):24-8. (In Russ.)
 13. Zherko OM, Shkrebneva EI. New Risk Scale for Establishing Chronic Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Med Vizualizatsiia.* 2021;25(3):83-96. (In Russ.)
 14. Mareev VU, Fomin IV, Ageev FT, Begrambekova IuL, Vasiuk IuA, Garganeeva AA, i dr. Clinical guidelines of OSHA - RCO - RNMOT. Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (AODN). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya.* 2018;58(S6):8-158. (In Russ.)
 15. Mitkovskaia NP, Nizhnikova OG, Statkevich TV, Pateiuk IV, Balysh EM, Pinchuk AF. Pathogenetic aspects of postinfarction myocardial remodeling. *Med Zhurn.* 2013;(1):12-8. (In Russ.)
 16. deBoer RA, De Keulenaer G, Bauersachs J, Brutsaert D, Cleland JG, Diez J, et al. Towards better definition, quantification and treatment of fibrosis in heart failure. A scientific roadmap by the Committee of Translational Research of the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2019 Mar;21(3):272-285. doi: 10.1002/ejhf.1406
 17. Triposkiadis F, Butler J, Abboud FM, Armstrong PW, Adamopoulos S, Atherton JJ, et al. The continuous heart failure spectrum: moving beyond an ejection fraction classification. *Eur Heart J.* 2019 Jul;40(26):2155-2163. doi: 10.1093/eurheartj/ehz158
 18. Ovchinnikov AG, Ageev FT, Alekhin MN, Belenkov IuN, Vasiuk IuA, Galiavich AS, i dr. Diastolic transthoracic stress-echocardiography with metered exercise in the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction: indications, methodology, interpretation of results. *Ul'trazvukovaia Funktsion Diagnostika.* 2020;(2):60-90. (In Russ.)
 19. Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, Redfield MM, Borlaug BA. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation.* 2018 Aug;138(9):861-870. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646
 20. Segar MW, Patel KV, Berry JD, Grodin JL, Pandey A. Generalizability and Implications of the H2FPEF Score in a Cohort of Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation.* 2019 Apr;139(15):1851-1853. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.039051
 21. Sanders-van Wijk S, Aizpurua AB, Brunner-La Rocca H-P, Henkens MTHM, Weerts J, Knackstedt C, et al. The HFA-PEFF and H2FPEF scores largely disagree in classifying patients with suspected heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail.* 2021 May;23(5):838-840. doi: 10.1002/ejhf.2019
 22. Ho JE, Zern EK, Wooster L, Bailey CS, Cunningham T, Eisman AS, et al. Differential Clinical Profiles, Exercise Responses and Outcomes Associated with Existing HFpEF Definitions. *Circulation.* 2019 Jul;140(5):353-365. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.039136

Submitted 29.10.2021

Accepted 21.02.2022

Сведения об авторах:

Жерко О.М. – к.м.н., доцент, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики, Белорусская медицинская академия последипломного образования,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>;

Михайлов А.Н. – д.м.н., профессор, академик НАН Беларуси, заведующий кафедрой лучевой диагностики, Белорусская медицинская академия последипломного образования;

Шкробнева Э.И. – заведующая отделением функциональной диагностики, Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии.

Information about authors:

Zherko O.M. – Candidate of Medical Sciences, associate professor, head of the Chair of Ultrasound Diagnosis, Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>;

Mikhaylov A.N. – Doctor of Medical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of Belarus, head of the Chair of Radiation Diagnosis, Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education;

Shkrebneva E.I. – head of the Department of Physiologic Diagnosis, Minsk Scientific-Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, д.3, корп. 3, Белорусская медицинская академия последипломного образования, кафедра ультразвуковой диагностики. E-mail: zherco@mail.ru – Жерко Ольга Михайловна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 220013, Minsk, 3-3 P. Brovki str., Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Chair of Ultrasound Diagnosis. E-mail: zherco@mail.ru – Olga M. Zherko.