

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

https://doi.org/10.24835/1607-0763-939

Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

© Жерко О.М.^{1*}, Шкробнева Э.И.²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования; 220013 Минск, ул. П. Бровки, 3, Республика Беларусь

² Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии; 220045 Минск, ул. Семашко, 8, Республика Беларусь

Цель исследования: разработать балльную шкалу оценки высокого риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ), основанную на показателях эхокардиографии (ЭхоКГ).

Материал и методы. В 2017–2018 гг. на базе УЗ “1-я городская клиническая больница” г. Минск выполнено клиничко-инструментальное исследование 175 пациентов, из них 108 (61,7%) женщин и 67 (38,3%) мужчин в возрасте 69 [65; 78] лет. Для валидизации балльной шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ в 2019–2020 гг. в ГУ “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии” проведено воспроизводящее клиничко-инструментальное исследование 129 пациентов, из них 55 (42,6%) мужчин и 74 (57,4%) женщины в возрасте 65 [58; 70] лет. Критерии включения: синусовый ритм, эссенциальная артериальная гипертензия, хроническая ишемическая болезнь сердца в формах атеросклеротической болезни сердца, перенесенного в прошлом инфаркта миокарда левого желудочка (ЛЖ), после которого прошло не менее полугодия, необходимого для стабилизации структурно-функциональных показателей ЛЖ, ХСНсохрФВ, информированное согласие пациента. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, острые и хронические заболевания почек, легких. ЭхоКГ выполнялась на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США).

Результаты. Разработанная балльная шкала оценки риска установления ХСНсохрФВ у пациента с синусовым ритмом, включающая критерии: диастолическая дисфункция ЛЖ II типа – 47 баллов, время замедления пика E трансмитрального кровотока $DT_E \leq 171$ мс – 25 баллов, скорость раннего диастолического движения септальной части митрального фиброзного кольца $e'_{septal} \leq 7$ см/с – 25 баллов, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{septal} > 7,72$ – 20 баллов, индекс конечно-систолического объема левого предсердия $> 34,3$ мл/м² – 24 балла, обладает высокой диагностической надежностью (AUC 0,96, чувствительность (Ч) 96,6%, специфичность (С) 83,2%) и воспроизводимостью результатов на экзаменационной выборке пациентов (AUC 0,99, Ч 98,8%, С 98,0%). Суммарный балл > 45 указывает на высокий риск установления ХСНсохрФВ. При сумме баллов ≤ 45 рекомендуется выполнение 2D Speckle Tracking ЭхоКГ. Ведущими патологическими механизмами развития ХСНсохрФВ являются снижение глобальных систолических продольных деформаций $GLS_{AVG} > -18,9\%$ (Ч 94,9%, С 98,0%), GLS правого желудочка (ПЖ) $> -19,9\%$ (Ч 76,5%, С 88,5%), механическая дисперсия миокарда с индексом механической дисперсии ЛЖ $> 54,69$ мс (Ч 70,7%, С 90,2%), ПЖ $> 50,29$ мс (Ч 78,1%, С 73,9%), диссинергия желудочков с глобальным постсистолическим индексом ЛЖ $> 5,59\%$ (Ч 82,6%, С 87,5%), ПЖ $> 2,17\%$ (Ч 84,5%, С 69,9%).

Выводы. Применение разработанной балльной шкалы позволит повысить эффективность ультразвуковой визуализации ХСНсохрФВ.

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

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Жерко О. М., Шкробнева Э.И. Новая балльная шкала оценки риска установления хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 83–96. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-939>

Поступила в редакцию: 05.08.2020. Принята к печати: 14.07.2021. Опубликовано online: 15.09.2021.



New score scale for assessing the risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction

© Olga M. Zherko^{1*}, Elina I. Shkrebneva²

¹ Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education; 3, P. Brovka str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

² Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology; 8, Semashko str., 220045 Minsk, Republic of Belarus

The aim of the study was to develop a score scale for assessing the high risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF), based on echocardiography (EchoCG) evidence.

Materials and methods. A clinical and instrumental study of 175 patients, of which 108 (61.7%) women and 67 (38.3%) men, aged 71 [64; 78] years was performed in the 1st City Clinical Hospital in Minsk in 2017–2018. In order to validate the score scale for assessing the risk of HFpEF establishment in 2019–2020 a reproductive clinical and instrumental study of 129 patients was performed at the Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, of which 55 (42.6%) were men and 74 (57.4%) women aged 65 [58; 70] years. Inclusion criteria: sinus rhythm, essential arterial hypertension, chronic coronary heart disease: atherosclerotic heart disease, past myocardial infarction of left ventricle (LV), after which at least six months have passed, necessary to stabilize the structural and functional parameters of the LV, HFpEF, informed consent of the patient. Exclusion criteria: primary mitral regurgitation, mitral stenosis, mitral valve repair or prosthetics, congenital heart defects, acute and chronic diseases of the kidneys, lungs. EchoCG was performed on ultrasound machines Siemens Acuson S1000 (Germany) and Vivid E9 (GE Healthcare, USA).

Results. The developed scale for assessing the risk of establishing HFpEF in a patient with sinus rhythm including the criteria: LV diastolic dysfunction type II – 47 points, deceleration time of peak E of the transmitral blood flow $DT_E \leq 171$ ms – 25 points, the speed of early diastolic movement of the septal part of the mitral fibrous ring $e'_{septal} \leq 7$ cm/s – 25 points, LV early diastolic filling index $E/e'_{septal} > 7.72$ – 20 points, index of the end-systolic volume of the left atrium > 34.3 ml/m² – 24 points, has high diagnostic reliability (AUC 0.96, sensitivity (S) 96.6%, specificity (Sp) 83.2%) and reproducibility of results in an examination cohort of patients (AUC 0.99, S 98.8%, Sp 98.0%). A total score > 45 indicates a high probability of HFpEF. If the total score is ≤ 45 , it is recommended to perform 2D Speckle Tracking EchoCG. The leading patho-functional mechanisms for the development of HFpEF are a decrease of LV global systolic longitudinal strain $GLS_{AVG} > -18.9\%$ (S 94.9%, Sp 98.0%), GLS of the right ventricle (RV) $> -19.9\%$ (S 76.5%, Sp 88.5%), mechanical dispersion with LV mechanical dispersion index > 54.69 ms (S 70.7%, Sp 90.2%), RV mechanical dispersion index > 50.29 msec (S 78.1%, Sp 73.9%) and ventricular dyssynergy with LV global post systolic index $> 5.59\%$ (S 82.6%, Sp 87.5%), RV global post systolic index $> 2.17\%$ (S 84.5%, Sp 69.9%).

Conclusions. The use of the developed scale will improve the efficiency of ultrasound imaging of HFpEF.

Keywords: echocardiography, 2D Speckle Tracking echocardiography, chronic heart failure with preserved ejection fraction, score scale

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

For citation: Zherko O.M., Shkrebneva E.I. New score scale for assessing the risk of establishing chronic heart failure with preserved ejection fraction. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 83–96. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-939>

Received: 05.08.2020.

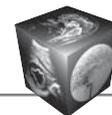
Accepted for publication: 14.07.2021.

Published online: 15.09.2021.

Введение

Около 4,9% лиц старше 60 лет имеют хроническую сердечную недостаточность (ХСН) с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ), что составляет приблизительно 50% всех случаев ХСН [1, 2]. Качество жизни пациентов с ХСНсохрФВ серьезно страдает вследствие снижения кардиоваскулярного резерва, полиорганных нарушений и когнитивных расстройств, смертность колеблется от 30 до 60% в течение 5 лет [3].

Эссенциальная артериальная гипертензия (АГ), диагностируемая у 60–80% пациентов с ХСН, ишемическая болезнь сердца (ИБС), имеющая место в 70% наблюдений, их сочетание (не менее чем в 50% случаев), экстракардиальные коморбидности, такие как ожирение (84%), сахарный диабет (СД) 2 типа (20–45%), анемия и др., путем общих патогенетических механизмов – оксидативного стресса, системного воспаления, коронарной микроваскулярной эндотелиальной дис-



функции – стимулируют развитие интерстициального реактивного фиброза, ремоделирование левого желудочка (ЛЖ) [1, 2, 4–7]. Снижение комплаенса ЛЖ при сердечной недостаточности, помимо фиброза, обусловлено высокой жесткостью кардиомиоцитов, формирующейся вследствие падения растяжимости цитоскелетного белка титина, упругие свойства которого динамически модифицируются путем фосфорилирования, окисления, изоформных сдвигов [8]. Ведущими патогенетическими механизмами развития ХСНсохрФВ, связанными с плохим прогнозом, являются диастолическая и латентная систолическая дисфункция желудочков [1, 2, 4–7].

Диагностика ХСНсохрФВ остается сложной, прежде всего из-за коморбидности, неспецифичности клинической симптоматики [1]. Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) имеет единую максимальную оценку в части информативности при установлении болезней сердца [4, 9, 10]. В настоящий момент идет активный поиск способов определения ХСНсохрФВ, так как ведущий параметр ЭхоКГ – фракция выброса (ФВ) ЛЖ – остается в диапазоне нормальных значений.

Рекомендации Европейского общества кардиологов по сердечной недостаточности указывают на необходимость выполнения 2D Speckle Tracking ЭхоКГ (STE) для раннего выявления ХСНсохрФВ [2]. STE является чувствительным инструментом диагностики субпороговой систолической дисфункции, так как отражает сократительную способность миокарда, в то время как методика расчета ФВ ЛЖ описывает насосную функцию [1, 11]. В настоящее время не разработаны диагностические для ХСНсохрФВ критерии STE, характеризующие глобальное ремоделирование желудочков.

Цель исследования

Разработать балльную шкалу оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ, основанную на показателях ЭхоКГ.

Материал и методы

Исследование выполнялось в два этапа. На первом этапе в 2017–2018 гг. на базе УЗ “1-я городская клиническая больница” г. Минска для разработки диагностических ультразвуковых критериев глобального ремоделирования сердца и балльной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ выполнено одномоментное (поперечное) комплексное исследование типа случай–контроль обучающей выборки, состоящей из 175 пациентов, из них 108 (61,7%) женщин и 67 (38,3%) мужчин в возрасте 69 [65; 78] лет. На втором этапе в 2019–2020 гг. в ГУ “Минский

научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии” для валидации шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ, а также разработки критериев ХСНсохрФВ на основании технологии STE выполнено независимое воспроизводящее одномоментное (поперечное) исследование экзаменационной выборки из 129 пациентов, из них 55 (42,6%) мужчин и 74 (57,4%) женщины в возрасте 64,5 [58; 70] года. Критерии включения в исследования: синусовый ритм, эссенциальная АГ, хроническая ИБС, атеросклеротическая болезнь сердца в формах перенесенного в прошлом инфаркта миокарда (ИМ) ЛЖ, после которого прошло не менее полугода, необходимого для стабилизации структурно-функциональных показателей ЛЖ, ХСНсохрФВ, информированное согласие пациента. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, кардиомиопатии, острые и хронические заболевания легких и почек.

У пациентов определялся уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) в сыворотке крови. Трансторакальная ЭхоКГ выполнялась на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США). ФВ ЛЖ, конечно-систолический объем левого предсердия (ЛП) рассчитывались биплановой методикой дисков Simpson. Масса миокарда ЛЖ устанавливалась по алгоритму площадь–длина в В-режиме. Индексы массы миокарда (ИММ) ЛЖ и объема ЛП определялись путем деления показателей на площадь тела пациента. Пиковые скорости раннего диастолического и систолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца – e'_{septal} , e'_{lateral} , s'_{septal} и s'_{lateral} соответственно измерялись в четырехкамерной апикальной позиции в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии. Расчет средней скорости раннего диастолического движения e' производился путем усреднения значений скоростей e'_{septal} и e'_{lateral} . Индексы раннего диастолического наполнения ЛЖ определялись как отношения скорости пика E трансмитрального потока и скоростей раннего диастолического движения e' . Время замедления пика E трансмитрального кровотока DT_E рассчитывалось в режиме импульсно-волновой доплерографии при установке контрольного объема на уровне концов створок митрального клапана как время, за которое пик E замедляется от максимума до изолинии. Пиковая систолическая скорость трикуспидальной регургитации (ТР) измерялась в режиме непрерывно-волновой доплеро-



рографии под контролем ЦДК в четырехкамерной апикальной позиции [12, 13]. ХСНсохрФВ, типы диастолической дисфункции (ДД) ЛЖ, систолическое давление в легочной артерии (СД ЛА) диагностированы на основании рекомендаций Европейского общества кардиологов [2, 14, 15].

Среднее давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК) рассчитывалось по формуле:

$$\text{ДЗЛК} = 1,24 \cdot E/e' + 1,9,$$

где E – пиковая скорость раннедиастолического трансмитрального потока в режиме импульсно-волновой доплерографии; e' – пиковая скорость раннего диастолического смещения латеральной части митрального фиброзного кольца в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии [13].

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) в единицах Вуда определяли по формуле:

$$\text{ЛСС} = 10 \cdot (V_{\text{TR}} / \text{VTI}_{\text{RVOT}}) + 0,16,$$

где V_{TR} – скорость трикуспидальной регургитации в режиме непрерывно-волновой доплерографии, VTI_{RVOT} – интеграл скорость–время систолического потока в выносящем тракте ПЖ, измеренный в режиме импульсно-волновой доплерографии [13].

STE выполнялась на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США). Программой постобработки изображений на рабочей станции EchoPac PC (GE Healthcare, США) произведены расчеты глобальной продольной систолической деформации ЛЖ (GLS_{AVG}), времени до пиков систолической продольной деформации, постсистолических индексов, пикового продольного смещения, пиковой систолической скорости деформации 17 сегментов ЛЖ; глобальной продольной систолической деформации (GLS) правого желудочка (ПЖ), времени до пиков систолических продольных деформаций, постсистолических индексов 6 сегментов ПЖ.

Индекс механической дисперсии миокарда ЛЖ определен как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 12 базальных и средних сегментов. Дельта времени до пиковых продольных деформаций рассчитывалась как разница между максимальным и минимальным периодами времени до пиковых продольных деформаций 12 сегментов ЛЖ. Глобальный постсистолический индекс ЛЖ рассчитан как средние значения соответствующих индексов 12 сегментов. Глобальное пиковое продольное смещение, глобальная пиковая систолическая скорость деформации ЛЖ получены путем расчета среднего значения соответствующих показателей 17 сегментов ЛЖ. Индекс механической

дисперсии миокарда ПЖ определен как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 6 сегментов ПЖ. Глобальный постсистолический индекс ПЖ рассчитан как среднее значение постсистолических индексов 6 сегментов ПЖ.

Для статистического анализа создана база данных в среде Excel-2013, ее обработку осуществляли с помощью пакета прикладных программ Statistica (v.8.0). Нормальность распределения проверяли с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Лилиефорса. Для большинства количественных переменных распределение отличалось от нормального, в связи с этим результаты оценивались 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 выполнялось путем построения таблиц сопряженности по методу Пирсона и максимального правдоподобия χ^2 . Для оценки зависимости между рассматриваемыми признаками рассчитывался коэффициент корреляции по Спирмену (r). ROC-анализ для разработки граничных значений ультразвуковых показателей, чувствительных и специфичных для диагностики глобального ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ, расчет отношения шансов (ОШ) установления ХСНсохрФВ выполняли программой MedCalc Version 14.8.1. Для разработки многофакторной шкалы оценки риска установления ХСНсохрФВ в программе SPSS версии 26 провели категориальный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием и подбором ультразвуковых критериев, имеющих статистическую значимость. Рассчитанные коэффициенты важности умножали на 100 и округляли до целых чисел. Шкала валидизирована с помощью методики Bootstrap на 1000 случайно сгенерированных выборок. Далее для получения порогового значения баллов в разработанной шкале применен ROC-анализ с использованием балла каждого пациента. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

У обследованных пациентов с ХСНсохрФВ обучающей выборки установлены следующие нозологические формы, явившиеся причинами развития ХСНсохрФВ: в 100% наблюдений – эссенциальная АГ, из них в 3% – АГ I степени, в 56% – II степени, в 41% – III степени, в 94,0% случаев в комбинации с хронической ИБС. У 54% пациентов с ХСНсохрФВ определено ожирение.



Таблица 1. Основные клинико-инструментальные характеристики пациентов обучающей выборки
Table 1. The main clinical and instrumental characteristics characteristics of patients in the training sample

Показатели	Контрольная группа (n = 75)	Основная группа (n = 100)	p
Возраст, годы	67 [64; 75]	72 [66; 78]	U = 3077,0, p = 0,05
Пол женский, % (n)	60,5 (46)	63,0 (63)	$\chi^2 = 11,73$, p = 0,74
ИМТ, кг/м ²	30,9 [27,0; 36,1]	30,6 [27,1; 33,7]	U = 3539,5, p = 0,44
Эссенциальная АГ, % (n)	100 (75)	100 (100)	–
Эссенциальная АГ, степень	2 [2; 3]	2 [2; 3]	$\chi^2 = 3,37$, p = 0,50
ИБС, % (n)	65,3 (49)	94,0 (94)	$\chi^2 = 23,10$, p < 0,001
СД 2 типа, % (n)	33,3 (25)	23,0 (23)	$\chi^2 = 2,18$, p = 0,14
NT-proBNP, пг/мл	75 [47; 104]	284 [201; 404]	U = 0,00, p < 0,001
ДД ЛЖ I типа, % (n)	50,7 (38)	29,0 (29)	$\chi^2 = 7,72$, p = 0,004
ДД ЛЖ II типа, % (n)	0	44,0 (44)	$\chi^2 = 44,08$, p < 0,001
ИММ ЛЖ, г/м ²	117,7 [101,1; 131,7]	120,2 [102,3; 145,0]	U = 8911,5, p = 0,55
DT _E , мс	195 [163; 246]	157 [138; 177]	U = 7041,5, p < 0,001
Индекс объема ЛП, мл/м ²	32,2 [28,1; 37,9]	41,0 [35,7; 48,9]	U = 1885,0, p < 0,001
e' _{septal} , см/с	9 [7; 11]	7 [6; 8]	U = 2172,5, p < 0,001
e' _{lateral} , см/с	10 [8; 12]	7 [6; 9]	U = 2133,5, p < 0,001
E/e' _{septal}	6,0 [5,2; 7,8]	9,0 [7,0; 11,0]	U = 2149,0, p < 0,001
E/e' _{lateral}	5,5 [4,2; 6,8]	7,7 [6,4; 9,8]	U = 1972,5, p < 0,001
E/e' _{среднее}	5,3 [4,5; 7,2]	8,5 [6,6; 10,5]	U = 1906,0, p < 0,001
S' _{septal} , см/с	10 [9; 11]	8 [7; 9]	U = 2234,5, p < 0,001
S' _{lateral} , см/с	11 [9; 12]	8 [7; 9]	U = 2146,0, p < 0,001
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,0 [7,1; 10,5]	11,7 [8,1; 14,2]	U = 1970,5, p < 0,001
Скорость ТР, м/с	1,8 [1,4; 2,4]	2,7 [2,0; 2,9]	U = 1813,5, p < 0,001
СД ЛА, мм рт.ст.	17,5 [10,9; 27,3]	31,3 [16,9; 36,9]	U = 2499,5, p = 0,0001

Ведущими симптомами ХСНсохрФВ были одышка при нагрузке (в 100% случаев), усталость (83%), быстрая утомляемость (79%). Согласно выраженности симптомов у 17% пациентов с ХСНсохрФВ, имевших одышку при повышенной нагрузке, когда привычная физическая активность не вызывала одышку, утомляемость или сердцебиение, определен I функциональный класс (ФК) по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (НУНА). В 70% наблюдений при умеренном ограничении физической активности, жалобах на одышку, усталость при привычной физической нагрузке и отсутствие симптомов в покое установлен II ФК. У 13% лиц определен III ФК при отсутствии симптомов в покое и значительном ограничении физической активности, когда физическая активность меньшей интенсивности по сравнению с привычными нагрузками, сопровождалась появлением симптомов одышки, усталости. Ведущими признаками ХСНсохрФВ были смещение верхушечного толчка влево (49%), систолический шум (43%), III тон сердца (5%).

По данным электрокардиографии синусовая тахикардия установлена у 5% пациентов с ХСНсохрФВ, синусовая брадикардия – у 4%, низкий вольтаж комплекса QRS – у 25%, блокада левой ножки пучка Гиса – у 6%, передней ветви левой ножки – у 10%, правой ножки пучка Гиса – у 7%, рубцовые

изменения – у 5%, атриовентрикулярная блокада 1-й степени – у 7%, признаки гипертрофии ЛЖ – у 16%, наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы – у 16%, изолированные изменения зубца T – у 36%. По данным рентгенографии органов грудной клетки венозное полнокровие легких определено у 18% больных ХСНсохрФВ, гипертрофия ЛЖ – у 19%, кардиомегалия – у 3%. Все пациенты с ХСНсохрФВ имели повышенные уровни гормона NT-proBNP (табл. 1), являющегося “золотым стандартом” среди биомаркеров в диагностике сердечной недостаточности [2–4].

По данным корреляционного анализа Спирмена установлены статистически значимые взаимосвязи между ХСНсохрФВ и ДД ЛЖ II типа, показателями, характеризующими глобальное структурно-функциональное и гемодинамическое ремоделирование сердца (табл. 2). Граничные значения ультразвуковых признаков ХСНсохрФВ установлены для ИММ ЛЖ у мужчин >124,8 г/м², у женщин >109,6 г/м², индекса конечно-систолического объема ЛП >34,3 мл/м², времени замедления DT_E ≤171 мс, пиковых скоростей раннего диастолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца e'_{septal} ≤7 см/с, e'_{lateral} ≤8 см/с, индексов раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e'_{septal} >7,72, E/e'_{lateral} >6,4, E/e'_{среднее} >5,67, пиковых скоростей систоличе-



Таблица 2. Основные структурно-функциональные аномалии, взаимосвязанные с ХСНсохрФВ и уровнем NT-proBNP, и их коэффициенты корреляции

Table 2. The main structural and functional anomalies that are interrelated with HFpEF and level of NT-proBNP, and their correlation coefficients

Признак	ХСНсохрФВ		NT-proBNP	
	r	p	r	p
ДД ЛЖ	0,72	0,0009	0,62	<0,001
ИММ ЛЖ	0,38	<0,001	0,41	<0,001
Индекс объема ЛП	0,67	<0,001	0,53	<0,001
e'_{septal}	-0,51	<0,001	-0,49	<0,001
e'_{lateral}	-0,51	<0,001	-0,41	<0,001
E/e'_{septal}	0,62	<0,001	0,40	<0,001
E/e'_{lateral}	0,57	<0,001	0,40	<0,001
$E/e'_{\text{среднее}}$	0,62	<0,001	0,38	<0,001
s'_{septal}	-0,61	<0,001	-0,35	<0,001
s'_{lateral}	-0,65	<0,001	-0,30	<0,001
DT_E	-0,44	<0,001	-0,41	<0,001
ДЗЛК	0,43	<0,001	0,30	<0,001
ЛСС	0,52	<0,001	0,45	<0,001
СД ЛА	0,29	<0,001	0,35	<0,001

ского движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца $s'_{\text{septal}} \leq 8$ см/с и $s'_{\text{lateral}} \leq 9$ см/с, ДЗЛК >8,49 мм рт.ст., ЛСС >1,68 ед. Вуда, пиковой систолической скорости ТР >2,42 м/с, СД ЛА >26,4 мм рт.ст. (табл. 3).

Анализ ОШ позволяет выделить наиболее значимые структурно-функциональные и гемодинамические аномалии, являющиеся факторами риска и патофункциональным механизмом (ДД ЛЖ II типа) развития ХСНсохрФВ (табл. 4).

Для создания оптимизированной, сбалансированной, исключающей дискриминацию отдельных признаков балльной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ по данным ЭхоКГ выполнен ступенчатый многовариантный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием (табл. 5), с ультразвуковыми признаками, характеризующими различные аспекты глобального структурного, функционального и гемодинамического ремоделирования сердца и имеющими мак-

Таблица 3. Граничные значения ультразвуковых показателей, характеризующих глобальное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ

Table 3. Cut-off values of ultrasound indices characterizing global heart remodeling in HFpEF

Ультразвуковой показатель	Граничное значение (cut-off)	AUC (95% ДИ)	Характеристика диагностического показателя				
			индекс Юдена	Ч, % (95% ДИ)	С, % (95% ДИ)	СО	p
ИММ ЛЖ у мужчин, г/м ²	>124,8	0,856 (0,791–0,907)	0,52	74,6 (66,2–81,8)	77,3 (65,3–86,7)	0,029	<0,001
ИММ ЛЖ у женщин, г/м ²	>109,6	0,877 (0,818–0,922)	0,64	88,7 (79,0–95,0)	75,5 (66,0–83,5)	0,025	<0,001
Индекс объема ЛП, мл/м ²	>34,3	0,754 (0,683–0,815)	0,52	83,0 (74,2–89,8)	62,7 (50,7–73,6)	0,037	<0,001
DT_E , мс	≤ 171	0,738 (0,667–0,801)	0,45	71,0 (61,1–79,6)	73,6 (61,9–83,3)	0,038	<0,001
e'_{septal} , см/с	≤ 7	0,809 (0,744–0,854)	0,41	84,7 (54,4–74,5)	76,4 (64,9–85,6)	0,034	<0,001
e'_{lateral} , см/с	≤ 8	0,799 (0,720–0,850)	0,42	70,0 (59,0–79,0)	75,4 (60,9–82,0)	0,034	<0,001
E/e'_{septal}	>7,72	0,851 (0,784–0,901)	0,53	67,8 (57,1–77,2)	85,7 (74,6–93,3)	0,029	<0,001
E/e'_{lateral}	>6,4	0,830 (0,764–0,892)	0,52	75,6 (65,4–84,0)	76,1 (64,1–85,7)	0,032	<0,001
$E/e'_{\text{среднее}}$	>5,67	0,863 (0,802–0,914)	0,59	89,0 (80,7–94,6)	70,3 (57,6–81,1)	0,030	<0,001
s'_{septal} , см/с	≤ 8	0,874 (0,802–0,923)	0,56	68,2 (57,2–77,9)	88,1 (77,1–95,1)	0,025	<0,001
s'_{lateral} , см/с	≤ 9	0,878 (0,815–0,925)	0,55	80,0 (56,7–77,0)	74,6 (73,9–92,5)	0,027	<0,001
ДЗЛК, мм рт.ст.	>8,49	0,832 (0,764–0,883)	0,51	86,3 (77,7–92,5)	65,2 (52,4–76,5)	0,032	<0,001
ЛСС, ед. Вуда	>1,68	0,814 (0,741–0,874)	0,52	64,0 (52,9–74,0)	87,7 (76,3–94,9)	0,035	<0,001
ТР, м/с	>2,42	0,832 (0,761–0,881)	0,42	64,1 (53,5–73,9)	78,4 (67,3–87,1)	0,032	<0,001
СД ЛА, мм рт.ст.	>26,4	0,810 (0,734–0,871)	0,51	70,2 (59,3–79,7)	80,3 (69,1–88,8)	0,031	<0,001

Примечание. AUC – площадь поля под кривой, Ч – чувствительность, С – специфичность, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартная ошибка, p – показатель статистической значимости.



Таблица 4. ОШ установления ХСНсохрФВ при наличии ультразвуковых критериев глобального структурно-функционального ремоделирования сердца

Table 4. Odds ratio of developing HFpEF in the presence of ultrasound criteria of heart global structural and functional remodeling

Показатель	ОШ	95% ДИ	р
ДД ЛЖ II типа	120,23	7,10–2035,59	0,0009
ИММ ЛЖ >124,8 г/м ² у мужчин	3,90	1,39–10,95	0,01
ИММ ЛЖ >109,6 г/м ² у женщин	2,15	0,91–5,08	0,08
Индекс объема ЛП >34,3 мл/м ²	8,38	4,16–16,85	<0,001
DTE ≤171 мс	6,18	3,18–12,01	<0,001
e' _{septal} ≤7 см/с	4,10	2,15–7,80	<0,001
E/e' _{septal} >7,72	4,38	2,29–8,39	<0,001
e' _{lateral} ≤8 см/с	4,27	2,24–8,14	<0,001
E/e' _{lateral} >6,4	4,66	2,45–8,88	<0,001
E/e' _{среднее} >5,67	6,05	3,07–11,93	<0,001
s' _{septal} ≤8 см/с	4,50	2,34–8,67	<0,001
s' _{lateral} ≤9 см/с	4,09	2,17–7,70	<0,001
ДЗЛК >8,49 мм рт.ст.	5,49	2,77–10,88	<0,001
ЛСС >1,68 ед. Вуда	3,71	1,92–7,15	0,0001
ТР >2,42 м/с	4,64	2,38–8,99	<0,001
СД ЛА >26,4 мм рт.ст.	3,76	1,93–7,33	0,0001

симильные ОШ, с последующим систематическим обратным устранением независимых переменных. После разработки модели со статистической значимостью всех признаков определен балл для каждого из примененных в шкале ультразвуковых показателей (табл. 6). У пациентов контрольной группы суммарный балл ультразвуковых диагностических показателей составил 25 [0; 45], у пациентов с ХСНсохрФВ – 96 [69; 141], отличия достоверны (U = 321,0, p < 0,001) (рис. 1).

Для оценки качества разработанной шкалы оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ, вычисления граничного значения суммы баллов выполнен ROC-анализ. Граничное значение суммы баллов в разработанной шкале, указывающее на высокий риск установления ХСНсохрФВ, определено более 45 с отличным качеством модели: площадью поля под ROC-кривой (AUC) 0,96 (95% ДИ 0,92–0,98), индексом Юдена 0,80, чувствительностью 96,6% (95% ДИ 90,3–99,3), специфичностью 83,2% (95% ДИ 73,7–90,2), стандартной ошибкой 0,013, p < 0,001 (рис. 2).

Таблица 5. Результаты регрессионного анализа с оптимальным шкалированием

Table 5. The results of regression analysis with optimal scaling

Показатель	β	Бутстреп (1000), среднеквадратичная ошибка	F	P	Корреляции			Важность
					нулевого порядка	частично	компонент	
Начальная мультивариантная модель								
ДД ЛЖ II типа	0,405	0,087	21,607	0,000	0,511	0,337	0,269	0,475
DT _E	-0,232	0,067	11,921	0,000	-0,377	-0,278	-0,217	0,200
e' _{septal}	-0,261	0,092	8,037	0,000	-0,361	-0,256	-0,199	0,216
E/e' _{septal}	-0,229	0,121	3,557	0,031	0,378	-0,170	-0,130	-0,199
Индекс объема ЛП	0,284	0,085	11,140	0,000	0,432	0,302	0,238	0,281
s' _{septal}	-0,097	0,113	0,743	0,478	-0,210	-0,125	-0,094	0,047
ТР	-0,060	0,111	0,290	0,749	0,240	-0,063	-0,048	-0,033
ИММ ЛЖ	-0,114	0,086	1,753	0,159	-0,045	-0,141	-0,107	0,012
Оптимизированная мультивариантная модель								
ДД ЛЖ II типа	0,381	0,081	22,177	<0,001	0,506	0,316	0,255	0,468
DT _E	-0,265	0,064	17,173	<0,001	-0,389	-0,311	-0,251	0,250
e' _{septal}	-0,281	0,082	11,778	<0,001	-0,361	-0,272	-0,216	0,247
E/e' _{septal}	-0,222	0,103	4,592	0,011	0,380	-0,166	-0,129	-0,204
Индекс объема ЛП	0,232	0,070	11,025	<0,001	0,423	0,260	0,207	0,238

Таблица 6. Балльная шкала оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ

Table 6. A score scale for assessing the high risk of establishing HFpEF

Показатель	Значение	Балл
Диастолическая дисфункция ЛЖ, тип II	II	+47
Время замедления пика E трансмитрального потока DTE, мс	≤171	+25
Скорость пика раннего диастолического движения септальной части митрального фиброзного кольца e' _{septal} , см/с	≤7	+25
Индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e' _{septal}	>7,72	+20
Индекс конечно-систолического объема ЛП, мл/м ²	>34,3	+24
Высокий риск установления ХСНсохрФВ, сумма баллов		>45

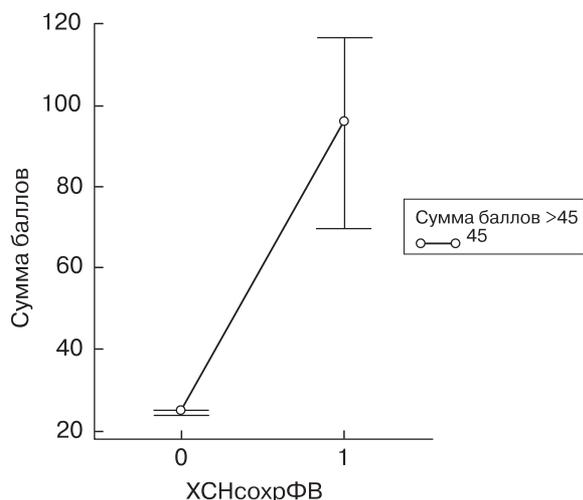


Рис. 1. Суммарные баллы ультразвуковых показателей, характеризующих глобальное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, в контрольной (0) и основной (1) группах. О – медиана ± 95% доверительный интервал.

Fig. 1. The total scores of ultrasound indicators characterizing global heart remodeling in HFpEF in the control (0) and main (1) groups. O – median ± 95% confidence interval.

Результаты валидации разработанной шкалы показали, что в экзаменационной выборке (табл. 7) при присвоении диагностическим критериям аналогичного количества баллов также получен порог отсечения >45 баллов с отличным качеством модели: AUC 0,998 (95% ДИ 0,97–1,0), индексом Юдена 0,97, чувствительностью 98,8% (95% ДИ 93,2–100,0), специфичностью 98,0% (95% ДИ

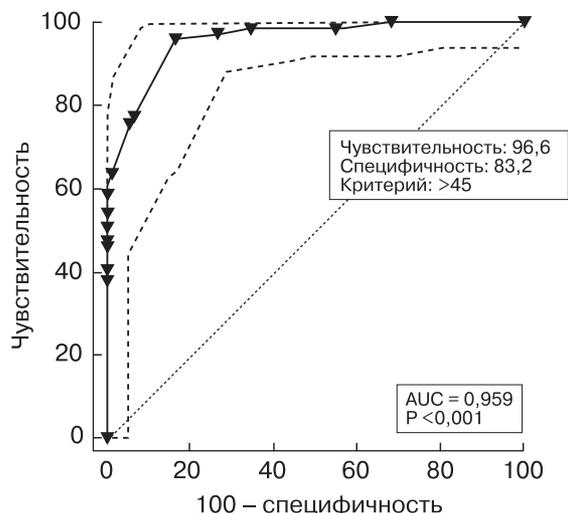


Рис. 2. ROC-кривая для расчета граничного значения суммы баллов в шкале оценки риска установления ХСНсохрФВ.

Fig. 2. ROC-curve for calculating the boundary value of the sum of points in the scale for assessing the risk of establishing HFpEF.

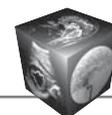
89,1–99,9), стандартной ошибкой 0,002, $p < 0,001$, правильно классифицированные случаи составили 98,8%, получен один ложноотрицательный результат у пациента с ХСНсохрФВ при сумме баллов 45.

Таким образом, разработанная шкала обладает высокой чувствительностью, специфичностью и воспроизводимостью, показанной при ее валидации при независимом исследовании пациен-

Таблица 7. Клинико-инструментальная характеристика пациентов экзаменационной выборки

Table 7. Clinical and instrumental characteristics of patients in the examination sample

Показатель	Контрольная группа (n = 49)	Основная группа (n = 80)	p
Возраст, годы	65,0 [58,0; 71,0]	64,0 [56,0; 68,0]	U = 2507,0; p = 0,12
Эссенциальная АГ, % (n)	98,0 (48)	100,0 (80)	$\chi^2 = 4,99$; p = 0,08
Эссенциальная АГ, степень	2 [2; 2]	2 [2; 2]	$\chi^2 = 2,52$; p = 0,47
ИБС, % (n)	85,7 (42)	96,0 (77)	$\chi^2 = 4,72$; p = 0,03
СД 2 типа, % (n)	12,2 (6)	26,3 (21)	$\chi^2 = 3,60$; p = 0,06
Сумма баллов по шкале оценки риска ХСНсохрФВ	0 [0; 25]	96 [69; 141]	U = 123,0; p < 0,001
Индекс механической дисперсии ЛЖ, мс	46,80 [37,03; 54,69]	60,13 [50,79; 74,52]	U = 1329,0; p < 0,001
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ, мс	136,0 [116,0; 175,0]	175,0 [148,0; 238,0]	U = 1746,5; p < 0,001
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ, мс	2,83 [1,47; 5,11]	9,06 [4,47; 16,29]	U = 934,0; p < 0,001
Глобальная пиковая систолическая скорость деформации ЛЖ, с ⁻¹	-1,28 [-1,49; -1,11]	-1,04 [-1,14; -0,95]	U = 1040,5; p < 0,001
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ, мм	11,47 [10,41; 12,06]	7,76 [6,29; 9,53]	U = 282,0; p < 0,001
GLS _{AVG} , %	-21,2 [-22,1; -19,8]	-15,3 [-17,3; -12,2]	U = 0,00; p < 0,001
GLS ПЖ, %	-22,4 [-24,7; -20,3]	-19,3 [-21,6; -16,5]	U = 1546,0; p < 0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ, мс	41,37 [23,17; 60,65]	57,12 [41,43; 109,33]	U = 1648,0; p = 0,001
Глобальный постсистолический индекс ПЖ, мс	1,50 [0,17; 3,37]	4,67 [2,33; 12,83]	U = 1055,5; p < 0,001

**Таблица 8.** Граничные значения диагностических ультразвуковых показателей глобального ремоделирования сердца при ХСНсохрФВ и их характеристики**Table 8.** Boundary values of diagnostic ultrasound signs of global cardiac remodeling in HFpEF and their characteristics

Ультразвуковой показатель	Граничное значение (cut-off)	AUC (95% ДИ)	Характеристика диагностического показателя				
			индекс Юдена	Ч, % (95% ДИ)	С, % (95% ДИ)	СО	р
Индекс механической дисперсии ЛЖ, мс	>54,69	0,852 (0,782–0,906)	0,61	70,7 (60,7–79,4)	90,2 (76,9–97,3)	0,033	<0,001
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ, мс	>136	0,859 (0,791–0,911)	0,56	91,4 (84,4–96,0)	65,0 (48,3–79,4)	0,033	<0,001
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ, %	>5,59	0,882 (0,817–0,930)	0,70	82,6 (73,3–89,7)	87,5 (74,8–95,3)	0,031	<0,001
Глобальная пиковая скорость деформации, с ⁻¹	>–1,1	0,837 (0,764–0,894)	0,55	75,6 (65,4–84,0)	79,6 (65,7–89,8)	0,036	<0,001
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ, мм	≤10,18	0,940 (0,889–0,972)	0,79	95,1 (88,9–98,4)	83,7 (70,3–92,7)	0,019	<0,001
GLS _{AVG} , %	>–18,9	0,990 (0,940–1,000)	0,93	94,9 (82,7–99,4)	98,0 (89,1–99,9)	0,007	<0,001
GLS ПЖ, %	>–19,9	0,870 (0,774–0,911)	0,65	76,5 (66,8–87,8)	88,5 (75,9–96,2)	0,044	<0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ, мс	>50,29	0,806 (0,700–0,887)	0,52	78,1 (60,0–90,7)	73,9 (58,9–85,7)	0,051	<0,001
Глобальный постсистолический индекс ПЖ, %	>2,17	0,858 (0,769–0,919)	0,54	84,5 (69,2–94,5)	69,9 (58,8–82,8)	0,042	<0,001

Примечание. AUC – площадь поля под кривой, Ч – чувствительность, С – специфичность, ДИ – доверительный интервал, СО – стандартная ошибка, р – показатель статистической значимости.

тов экзаменационной выборки с верифицированной ХСНсохрФВ. Однако у шкалы установлена “слепая зона”, когда сумма баллов, полученная при применении шкалы у пациентов с ХСНсохрФВ, составила ≤45. Для дальнейшего повышения диагностической эффективности ЭхоКГ рекомендуется выполнение STE, обладающей минимальной операторозависимостью и позволяющей объективно оценить субпороговую систолическую дисфункцию ЛЖ и ПЖ при ХСНсохрФВ.

Для разработки критериев STE, характеризующих функциональное ремоделирование сердца при ХСНсохрФВ, проанализированы показатели, характеризующие механическую дисперсию и диссинергию ЛЖ, ПЖ (см. табл. 7). Определены статистически значимые взаимосвязи между ХСНсохрФВ и GLS_{AVG} ($r = 0,84$, $p < 0,001$), 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 ($r = 0,63$, $p < 0,001$), глобальной пиковой систолической скоростью деформации ($r = 0,56$, $p < 0,001$), глобальным пиковым систолическим продольным смещением ЛЖ ($r = -0,71$, $p < 0,001$), GLS ПЖ ($r = 0,52$, $p < 0,001$), глобальным индексом механической дисперсии ПЖ ($r = 0,52$, $p = 0,002$), глобальным постсистолическим индексом ПЖ ($r = 0,50$, $p < 0,001$). Также между GLS_{AVG} и индексом механической дисперсии ($r = 0,47$, $p < 0,001$), глобальным постсистолическим индексом ЛЖ ($r = 0,64$, $p < 0,001$), между

глобальным постсистолическим индексом и индексом механической дисперсии ($r = 0,75$, $p < 0,001$), дельтой времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ ($r = 0,62$, $p < 0,001$), индексом механической диссинергии ЛЖ ($r = 0,47$, $p = 0,0002$) имели место статистически значимые коэффициенты корреляции. Установленные зависимости имеют патогенетическую взаимосвязь: снижение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ при ХСНсохрФВ обусловлено механической дисперсией и диссинергией миокарда.

Граничные значения ультразвуковых признаков, характеризующих функциональное ремоделирование миокарда желудочков при ХСНсохрФВ, определены для GLS_{AVG} > –18,9%, индекса механической дисперсии ЛЖ > 54,69 мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ > 136 мс, глобального постсистолического индекса ЛЖ > 5,59%, глобальной пиковой систолической скорости деформации ЛЖ > –1,1 с⁻¹, глобального пикового продольного смещения ЛЖ ≤ 10,18 мм, GLS ПЖ > –19,9%, глобального индекса механической дисперсии ПЖ > 50,29 мс, глобального постсистолического индекса ПЖ > 2,17% (табл. 8). Наличие разработанных диагностических критериев, определяемых по данным STE, указывает на высокие ОШ установления у пациента ХСНсохрФВ (табл. 9).

Если глобальные продольные систолические деформации ЛЖ и ПЖ не достигают граничных значений, установленных в исследовании, вероятность наличия у пациента ХСНсохрФВ низкая.

**Таблица 9.** ОШ установления ХСНсохрФВ при наличии диагностических показателей глобального структурно-функционального ремоделирования сердца по данным STE**Table 9.** Odds ratio of establishing HFpEF in the presence diagnostic indicators of global structural and functional remodeling of the heart according to 2D Speckle Tracking echocardiography

Показатель	ОШ	95% ДИ	p
Индекс механической дисперсии ЛЖ >54,69 мс	6,30	2,13–18,65	0,0009
Дельта времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ >136 мс	18,70	4,01–87,19	0,0002
Глобальный постсистолический индекс ЛЖ >5,59%	13,49	3,57–50,96	0,0001
Глобальная пиковая скорость деформации > -1,1 с ⁻¹	4,87	1,66–14,31	0,004
Глобальное пиковое продольное смещение ЛЖ <10,18 мм	39,60	10,16–154,37	<0,001
GLSAVG > -18,9%	96,30	5,57–1665,68	<0,001
GLS ПЖ > -19,9%	9,13	3,01–27,67	<0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ >50,29 мс	3,61	1,19–10,97	0,02
Глобальный постсистолический индекс ПЖ >2,17%	7,04	2,12–23,39	0,001

Обсуждение

В настоящее время разработаны несколько алгоритмов и шкала прогнозирования и диагностики ХСНсохрФВ. Согласно диагностическому алгоритму Европейского общества кардиологов 2016 г., представленного Р. Ponikowski и соавт., при наличии типичных для ХСН жалоб и симптомов, уровня NT-proBNP ≥ 125 пг/мл, релевантной болезни сердца с гипертрофией ЛЖ или дилатацией ЛП, ключевых аномалий по данным ЭхоКГ: ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 115 г/м², у женщин ≥ 95 г/м² или индекса раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e' \geq 13$ и скорости $e'_{\text{среднее}} < 9$ см/с диагностируют ХСНсохрФВ [2]. Чувствительность этого алгоритма в определении ХСНсохрФВ составляет 56,9%, специфичность – 77,5%, AUC – 0,67 (95% ДИ 0,63–0,72) [16].

Согласно разработанной Y.N.V. Reddy и соавт. шкале, содержащей 6 критериев, – ожирение с ИМТ > 30 кг/м² (2 балла), пароксизмальная или перманентная фибрилляция предсердий (3 балла), возраст > 60 лет (1 балл), лечение ≥ 2 антигипертензивными препаратами (1 балл), индекс наполнения ЛЖ $E/e' > 9$ (1 балл) и СД ЛА > 35 мм рт.ст. (1 балл), вероятность ХСНсохрФВ нарастает по мере увеличения общего балла в диапазоне от 0 до 9, при этом использование показателя NT-proBNP не добавляет диагностической надежности к баллу. Чувствительность шкалы составляет 76,0%, специфичность – 78,2%, AUC – 0,86 (95% ДИ 0,82–0,89) [16].

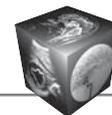
В 2019 г. В. Pieske и соавт. разработан алгоритм установления ХСНсохрФВ, содержащий 4 последовательных этапа диагностики. На 1-м этапе выполняется предтестовая оценка пациента с анализом жалоб, симптомов и признаков ХСН, электрокардиографических аномалий, лабораторных данных, уровня NT-proBNP, ЭхоКГ. На 2-м этапе при синусовом ритме производится оценка полученных результатов по шкале, имеющей порог от-

сечения ≥ 5 баллов, складывающейся из больших критериев (2 балла каждый): скорости пика $e'_{\text{septal}} < 7$ см/с или $e'_{\text{lateral}} < 10$ см/с, или индекса $E/e'_{\text{среднее}} \geq 15$, или скорости трикуспидальной регургитации $> 2,8$ м/с; индекса объема ЛП > 34 мл/м², или ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 149 г/м², у женщин ≥ 122 г/м², NT-proBNP > 220 пг/мл; малых критериев (1 балл каждый) – $E/e'_{\text{среднее}} 9–14$, или GLS $< 16\%$, или индекса объема ЛП $29–34$ мл/м², или ИММ ЛЖ у мужчин ≥ 115 г/м², у женщин ≥ 95 г/м², или RWT $> 0,42$, или толщины стенок ЛЖ ≥ 12 мм, или NT-proBNP $125–220$ пг/мл. 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 [1]. Применение этого алгоритма, несмотря на его высокую точность, на 1-м этапе диагностики ХСНсохрФВ при выполнении ЭхоКГ невозможно.

Вышеуказанные алгоритмы и шкала адресованы кардиологам, включают различные комбинации клинических и инструментальных признаков, биомаркера ХСН NT-proBNP, не оговаривают, какими методиками следует производить расчет рассматриваемых показателей, что имеет принципиальное значение для врача, выполняющего ЭхоКГ.

Разработанная балльная шкала содержит исключительно ультразвуковые показатели, позволяет оценить высокий риск установления ХСНсохрФВ при проведении ЭхоКГ и принять решение о необходимости дальнейшей комплексной, целенаправленной оценки глобального ремоделирования сердца и патофункциональных механизмов формирования ХСНсохрФВ.

Включенные в разработанную балльную шкалу ультразвуковые показатели обладают высоким самостоятельным диагностическим весом (см. табл. 3),



характеризуют факторы риска и патофункциональный механизм развития ХСНсохрФВ (см. табл. 4).

У 100% обследованных пациентов с ДД ЛЖ II типа имела место ХСН, значения NT-proBNP составили 791 [346; 4379] пг/мл (отличия от контрольной группы статистически значимы, $U = 473,0$, $p < 0,001$). Между ДД ЛЖ II типа и уровнями NT-proBNP ($r = 0,64$, $p < 0,001$), ФК ХСН по NYHA ($r = 0,67$, $p < 0,001$) определены статистически значимые взаимосвязи. ОШ развития ХСНсохрФВ при ДД ЛЖ II типа составляет 120,23 (95% ДИ 7,10–2035,59, $p = 0,0009$) (см. табл. 4).

Параметры диастолической функции являются сильными предикторами будущей сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности [17]. Аномалии диастолы теснее, чем аномалии систолы, взаимосвязаны с тяжестью клинического статуса пациентов с ХСН, снижением толерантности к физическим нагрузкам [13, 14]. ДД ЛЖ является ведущим патофункциональным механизмом развития ХСНсохрФВ, ХСН с умеренно сниженной ФВ [2, 4].

Время замедления DT_E трансмитрального кровотока коррелирует с общей фракцией коллагена миокарда ЛЖ ($r = 0,43$), установленной по данным эндомикардиальной биопсии [18], с оперативной жесткостью камеры ЛЖ и давлением наполнения ЛЖ [14].

Скорость движения митрального фиброзного кольца e' ($r = -0,58$, $-0,60$, $-0,45$), индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ E/e' ($r = 0,72$, $0,68$, $0,63$) взаимосвязаны с общей фракцией коллагена, коллагеном I типа и мРНК, определенными по данным эндомикардиальной биопсии, что свидетельствует о том, что фиброз миокарда играет ключевую роль в развитии ХСНсохрФВ, а тканевая доплерография является методикой, отражающей уровень фиброза миокарда [18].

Хотя объем ЛП не является показателем мгновенного возрастания давления, потому что расширение предсердия требует времени, однако дилатированное ЛП является маркером повышенного давления в ЛП, особенно у пациентов с нормальной ФВ ЛЖ, значениями индекса наполнения ЛЖ E/e' , находящимися в неопределенном диапазоне, и, наоборот, небольшое ЛП предполагает нормальное давление в нем [14, 17, 19].

Снижение глобальных продольных систолических деформаций желудочков, механическая дисперсия и диссинергия миокарда характеризуют субпороговую систолическую дисфункцию желудочков и являются патофункциональными механизмами развития ХСНсохрФВ.

Электрические и механические аномалии миокарда при ХСН тесно связаны, регионарную гетерогенность сокращения можно рассматривать как

механические последствия электрических изменений ткани. Показателями, характеризующими электрические аномалии миокарда желудочков, являются индекс механической дисперсии и дельта времени до пиковых продольных деформаций [20–22]. Дисперсия и ее механические последствия – раннее систолическое растяжение сегментов с последующей гипоконтрактильностью в конце систолы и постсистолические полисегментарные деформации – являются патофункциональными аномалиями, обуславливающими развитие субпороговой систолической дисфункции желудочков (рис. 3).

Зоны миокарда со снижением локальных пиковых систолических деформаций представляют области фиброза, рубца или воспаления [22]. Негомогенная регионарная и глобальная сократимость ЛЖ и ПЖ формируется первой при увеличении требований к систолической функции желудочков при ХСНсохрФВ и на этой стадии ремоделирования может быть зарегистрирована только при применении технологии STE. Продольную систолическую функцию желудочков в значительной мере определяют сокращения субэндокардиального слоя кардиомиоцитов, снижение продольной деформации у лиц с ХСН обусловлено субэндокардиальным фиброзом. GLS_{AVG} является мощным и независимым предиктором сердечно-сосудистых событий у пациентов с нормальной ФВ ЛЖ в общей когорте; лучше, чем ФВ ЛЖ, коррелирует с морфологическими характеристиками миокарда ЛЖ – очаговым и диффузным фиброзом, определенным по данным МРТ сердца, является объективным индикатором нарушения систолической функции ЛЖ и связана с лучшей стратификацией риска, чем ФВ [13, 20, 22].

ФВ ЛЖ, широко применяемая для диагностики ХСН, лишь частично отражает структурную и функциональную перестройку ЛЖ, но не локальную и глобальную сократительную функцию миокарда, характеризуется определенной операторозависимостью, что поддерживает парадигму перехода в эхокардиографии к оценке миокардиальной механики, глобальной систолической функции миокарда желудочков на основании технологии STE.

Выводы

1. Разработанная балльная шкала оценки высокого риска установления ХСНсохрФВ у пациента с синусовым ритмом, включающая следующие критерии: диастолическую дисфункцию ЛЖ II типа – 47 баллов, время замедления пика E трансмитрального диастолического кровотока $DT_E \leq 171$ мс – 25 баллов, скорость раннего диастоли-

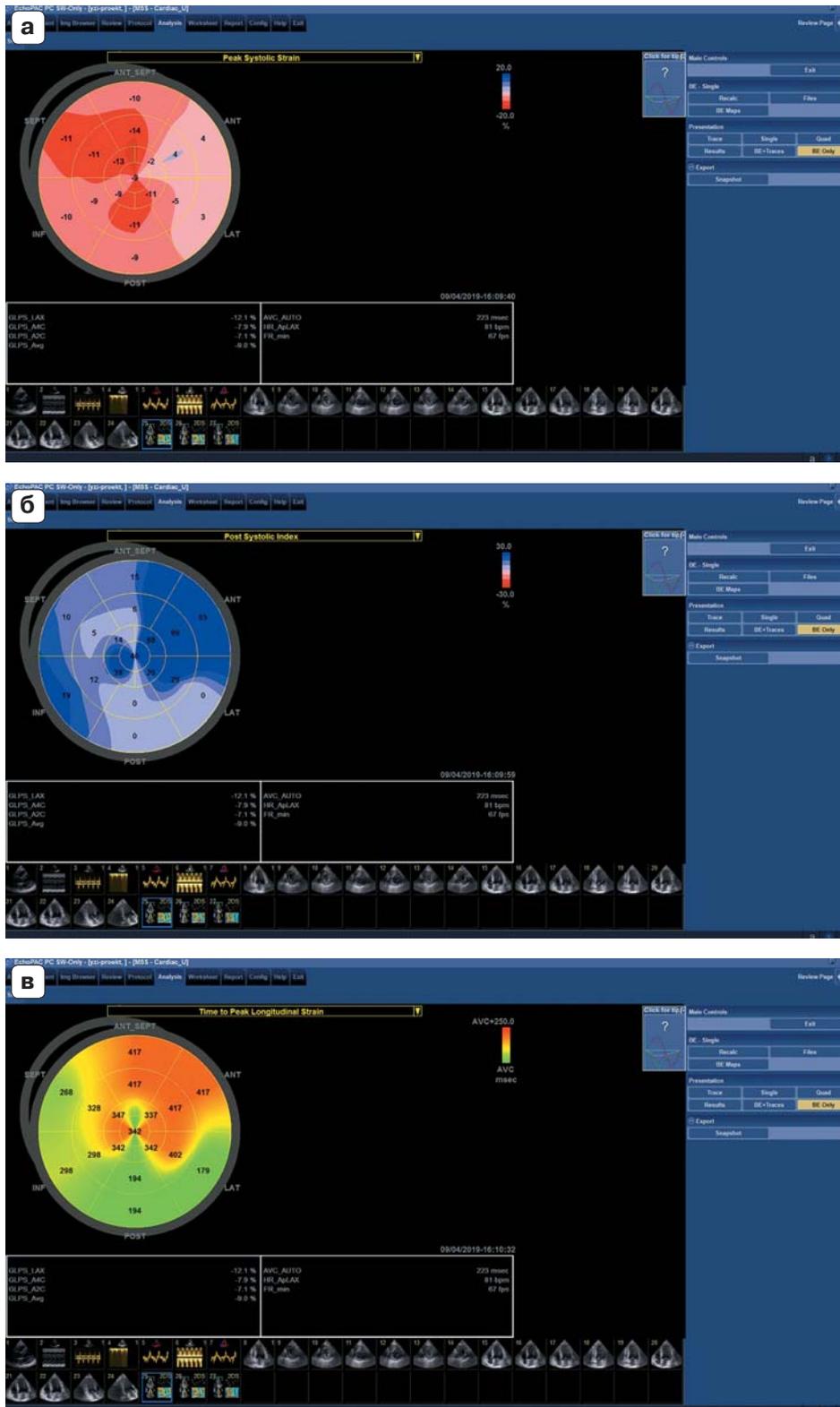
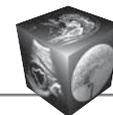


Рис. 3. Пример STE у пациента с ХСНсохрФВ при ФВ ЛЖ 57%. **а** – индекс механической диссинергии 5,5%; **б** – глобальный постсистолический индекс ЛЖ 32,7%; **в** – индекс механической дисперсии ЛЖ 74,52 мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ 238 мс.

Fig. 3. An example of an STE in a patient with HFpEF with LVEF of 57%. **a** – LV mechanical dissynergy index 5.5%, **б** – LV global post-systolic index 32.7%, **в** – LV mechanical dispersion index 74.52 ms, deltas of LV time to peak longitudinal deformities 238 ms.



ческого движения септальной части митрального фиброзного кольца $e'_{\text{septal}} \leq 7$ см/с – 25 баллов, индекс раннего диастолического наполнения ЛЖ $E/e'_{\text{septal}} > 7,72$ – 20 баллов, индекс конечно-систолического объема ЛП $> 34,3$ мл/м² – 24 балла, обладает высокой диагностической надежностью (AUC 0,96, чувствительность 96,6%, специфичность 83,2%) и воспроизводимостью результатов на экзаменационной выборке пациентов (AUC 0,99, чувствительность 98,8%, специфичность 98,0%). Суммарный балл > 45 свидетельствует о высокой вероятности установления ХСНсохрФВ. Если суммарный балл, полученный при применении шкалы, равен 45 и менее, для повышения диагностической эффективности установления ХСНсохрФВ рекомендуется выполнение STE.

2. Балльная шкала оценки риска установления ХСНсохрФВ не рекомендуется к использованию у пациентов с первичной тяжелой митральной регургитацией, митральным стенозом, пластикой или протезированием митрального клапана, врожденными пороками сердца, кардиомиопатиями из-за возможного искажения результатов.

3. Ведущими патофизиологическими механизмами развития ХСНсохрФВ являются снижение глобальных систолических продольных деформаций желудочков, механическая дисперсия и диссинергия миокарда, характеризующие субпороговую систолическую дисфункцию ЛЖ и ПЖ. Диагностические для ХСНсохрФВ значения GLS_{AVG} составляют $> -18,9\%$, GLS ПЖ $> -19,9\%$, индекса механической дисперсии ЛЖ $> 54,69$ мс, дельты времени до пиковых продольных деформаций ЛЖ > 136 мс, глобального постсистолического индекса ЛЖ $> 5,59\%$, глобальной пиковой систолической скорости деформации ЛЖ $> -1,1$ с⁻¹, глобального пикового продольного смещения ЛЖ $\leq 10,18$ мм, индекса механической дисперсии ПЖ $> 50,29$ мс, глобального постсистолического индекса ПЖ $> 2,17\%$. Если глобальные продольные систолические деформации ЛЖ и ПЖ не достигают разработанных граничных значений, вероятность наличия у пациента ХСНсохрФВ низкая.

Участие авторов

Жерко О.М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Шкробнева Э.И. – проведение исследования, сбор и обработка данных.

Authors' participation

Zherko O.M. – concept and design of the study, conducting research, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Shkrebneva E.I. – conducting research, collection and analysis of data.

Список литературы [References]

1. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A., Fraser A.G., Anker S.D., Donal E., Edelmann F., Fu M., Guazzi M., Lam C.S.P., Lancellotti P., Melenovsky V., Morris D.A., Nagel E., Pieske-Kraigher E., Ponikowski P., Solomon S.D., Vasan R.S., Rutten F.H., Voors A.A., Ruschitzka F., Paulus W.J., Seferovic P., Filippatos G. 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; 40 (40): 3297–3317. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>.
2. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S., Falk V., González-Juanatey J.R., Harjola V.P., Jankowska E.A., Jessup M., Linde C., Nihoyannopoulos P., Parissis J.T., Pieske B., Riley J.P., Rosano G.M.C., Ruilope L.M., Ruschitzka F., Rutten F.H., van der Meer P.; 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
3. Lourenço A.P., Leite-Moreira A.F., Balligand J.L., Bauersachs J., Dawson D., de Boer R.A., de Windt L.J., Falcão-Pires I., Fontes-Carvalho R., Franz S., Giacca M., Hilfiker-Kleiner D., Hirsch E., Maack C., Mayr M., Pieske B., Thum T., Tocchetti C.G., Brutsaert D.L., Heymans S. 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; 20 (2): 216–227. <http://doi.org/10.1002/ejhf.1059>
4. Сердечная недостаточность / Под общей ред. Ю.П. Островского. Минск: Беларуская навука, 2016. 503 с. Heart failure. Ed. Yu.P. Ostrovsky. Minsk: Belaruskaya navuka, 2016. 503 p. (In Russian)
5. Patel A.R., Blair J.A. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Have We Finally Found the Perfect Noninvasive Biomarker? *Circulation: Cardiovascular Imaging.* 2016; 9: e005905. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.005905>
6. Gupta D.K. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: An Opportunity for Reflection. *J. Am. Heart Assoc.* 2017; 6 (2): e005595. <http://doi.org/10.1161/JAHA.117.005595>
7. Tobushi T., Nakano M., Hosokawa K., Koga H., Yamada A. Improved Diastolic Function Is Associated With Higher Cardiac Output in Patients With Heart Failure Irrespective of Left Ventricular Ejection Fraction. *J. Am. Heart Assoc.* 2017; 6: e003389. <http://doi.org/10.1161/JAHA.116.003389>



8. Shah A.M., Claggett B., Sweitzer N.K., Shah S.J., Anand I.S., Liu L., Pitt B., Pfeffer M.A., Solomon S.D. Prognostic Importance of Impaired Systolic Function in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction and the Impact of Spironolactone. *Circulation*. 2015; 132: 402–414.
9. Garbi M., Edvardsen T., Bax J., Petersen S.E., McDonagh T., Filippatos G., Lancellotti P. EACVI appropriateness criteria for the use of cardiovascular imaging in heart failure derived from European National Imaging Societies voting. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2016; 17: 711–721. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jew081>
10. Douglas P.S., Carabello B.A., Lang R.M., Lopez L., Pelliikka P.A., Picard M.H., Thomas J.D., Varghese P., Wang T.Y., Weissman N.J., Wilgus R. 2019 ACC/AHA/ASE Key Data Elements and Definitions for Transthoracic Echocardiography: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (Writing Committee to Develop Clinical Data Standards for Transthoracic Echocardiography) and the American Society of Echocardiography. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2019; 12: e000027. <https://doi.org/10.1161/HCI.0000000000000027>
11. Paulus W.J., Tschöpe C. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2013; 62: 263–271.
12. Жерко О.М. Клиническая трансторакальная эхокардиография. Минск: Альфакнига, 2016. 832 с. Zherko O.M. Clinical transthoracic echocardiography. Minsk: Al'fakniga, 2016. 832 p. (In Russian)
13. Otto C. The practice of clinical echocardiography. 5th ed. Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier, 2017. 965 p.
14. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiography*. 2016; 29: 277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
15. Galìè N., Humbert M., Vachier J.L., Gibbs S., Lang I., Torbicki A., Simonneau G., Peacock A., Vonk Noordegraaf A., Beghetti M., Ghofrani A., Gomez Sanchez M.A., Hansmann G., Klepetko W., Lancellotti P., Matucci M., McDonagh T., Pierard L., Trindade P.T., Zompatori M., Hoeper M.; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS). *Eur. Heart J*. 2016; 37: 67–119. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv317>
16. 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: 861–870. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646>
17. Flachskampf F.A., Biering-Sørensen T., Solomon S.D., Duvernoy O., Bjerner T., Smiseth O.A. Cardiac Imaging to Evaluate Left Ventricular Diastolic Function. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2015; 8 (9): 1071–1093. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.07.004>
18. Kasner M., Westermann D., Lopez B., Gaub R., Escher F., Kühl U., Schultheiss H.P., Tschöpe C. Diastolic tissue Doppler indexes correlate with the degree of collagen expression and cross-linking in heart failure and normal ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2011; 57: 977–985. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.024>
19. Dokainish H., Nguyen J.S., Sengupta R., Pillai M., Alam M., Bobek J., Lakkis N. Do additional echocardiographic variables increase the accuracy of E/e' for predicting left ventricular filling pressure in normal ejection fraction? An echocardiographic and invasive hemodynamic study. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2010; 23: 156–161. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2009.11.015>
20. Collier P.A., Phelan D., Klein A.A. Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2017; 69: 1043–1056. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.012>
21. Vecera J., Penicka M., Eriksen M., Russell K., Bartunek J., Vanderheyden M., Smiseth O.A. Wasted septal work in left ventricular dyssynchrony: a novel principle to predict response to cardiac resynchronization therapy. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2016; 17: 624–632. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jew019>
22. Čelutkienė J., Plymen C.M., Flachskampf F.A., de Boer R.A., Grapsa J., Manka R., Anderson L., Garbi M., Barberis V., Filardi P.P., Gargiulo P., Zamorano J.L., Lainscak M., Seferovic P., Ruschitzka F., Rosano G.M.C., Nihoyannopoulos P. Innovative imaging methods in heart failure: a shifting paradigm in cardiac assessment. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *EJHF*. 2018; 20: 1615–1633. <http://doi.org/10.1002/ejhf.1330>

Для корреспонденции*: Жерко Ольга Михайловна – 220013 Республика Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 3, корпус 3. БелМАПО, кафедра ультразвуковой диагностики. Тел.: +375-17-290-00-96. E-mail: zherco@mail.ru

Жерко Ольга Михайловна – канд. мед. наук, доцент Белорусской медицинской академии последипломного образования, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики, Минск, Республика Беларусь. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

Шкробнева Элина Ивановна – заведующая отделением функциональной диагностики Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Республика Беларусь. <https://orcid.org/0000-0001-9641-4846>

Contact*: Olga M. Zherko – 3-3 P. Brovka str., 220013 Minsk, Republic of Belarus. Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Department of Ultrasound Diagnostics. Phone: +375-17-290-00-96. E-mail: zherco@mail.ru

Olga M. Zherko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics of Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

Elina I. Shkrebneva – Head of the functional diagnostics department of Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology, Minsk, Belarus. <https://orcid.org/0000-0001-9641-4846>