

ISSN 1814-6023 (Print)

ISSN 2524-2350 (Online)

УДК 616.124.2-008.1-073.43-035-036.8:616.12-008.46-036.12

<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2021-18-3-292-303>

Поступила в редакцию 13.04.2021

Received 13.04.2021

О. М. Жерко<sup>1</sup>, А. Н. Михайлов<sup>1</sup>, Э. И. Шкробнева<sup>2</sup>, Н. П. Олиферко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>1-я городская клиническая больница, Минск, Республика Беларусь

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

**Аннотация.** Новый научно обоснованный метод определения диастолической дисфункции (ДД) левого желудочка (ЛЖ) при хронической сердечной недостаточности (ХСН) строится на концепции комплексной оценки ведущих патофункциональных и гемодинамических механизмов развития и прогрессирования ДД ЛЖ и ХСН, глобального ремоделирования сердца, содержит впервые разработанные диагностические критерии, полученные на основании технологии 2D Speckle Tracking эхокардиографии. Метод обладает высокой диагностической эффективностью: точность определения типов ДД ЛЖ в независимой экзаменационной выборке пациентов с ХСН с сохраненной фракцией выброса (ФВ) и ФВ ЛЖ менее 50 % составила 98,5 %.

**Ключевые слова:** диастолическая дисфункция, повышенное давление наполнения, левый желудочек, хроническая сердечная недостаточность, 2D Speckle Tracking эхокардиография

**Для цитирования:** Диагностическая эффективность нового метода определения диастолической дисфункции левого желудочка при сердечной недостаточности / О. М. Жерко [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 292–303. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2021-18-3-292-303>

Olga M. Zherko<sup>1</sup>, Anatoly N. Mikhailov<sup>1</sup>, Elina I. Shkrebneva<sup>2</sup>, Natalya P. Oliferko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk, Republic of Belarus

<sup>3</sup>1st City Clinical Hospital, Minsk, Republic of Belarus

## DIAGNOSTIC EFFICIENCY OF A NEW METHOD FOR DETERMINING THE LEFT VENTRICULAR DIASTOLIC DYSFUNCTION IN HEART FAILURE

**Abstract.** A new scientifically substantiated method for determining the left ventricle (LV) diastolic dysfunction (DD) in chronic heart failure (CHF) is based on the concept of a comprehensive assessment of the leading pathofunctional and hemodynamic mechanisms of development and progression of LV DD and CHF, global heart remodeling and contains the first developed diagnostic criteria obtained on the basis of 2D Speckle Tracking echocardiography. The method has a high diagnostic efficiency: the determination accuracy of LV DD types in an independent examination sample of patients with CHF with the less than 50 % preserved ejection fraction (EF) and LV EF was 98.5 %.

**Keywords:** diastolic dysfunction, elevated filling pressure, left ventricle, chronic heart failure, 2D Speckle Tracking echocardiography

**For citation:** Zherko O. M., Mikhailov A. N., Shkrebneva E. I., Oliferko N. P. Diagnostic efficiency of a new method for determining the left ventricular diastolic dysfunction in heart failure. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 292–303 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2021-18-3-292-303>

**Введение.** Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является значимой эпидемиологической, медицинской и социальной проблемой. Как правило, ХСН формируется вследствие патологии миокарда, под влиянием ишемических, воспалительных, генетических факторов, эссенциальной артериальной гипертензии (АГ), вызывающих диастолическую и/или систолическую дисфункцию левого желудочка (ЛЖ) [1–4]. Диастолическая дисфункция (ДД) ЛЖ является ведущей патофизиологической аномалией у пациентов с ХСН с сохраненной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ (ХСН<sub>сохр</sub> ФВ) и промежуточной (ХСН<sub>пр</sub> ФВ) [2]. У пациентов с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ определяются начальные нарушения систолической функции ЛЖ, гипертрофия ЛЖ, дилатация левого

предсердия (ЛП) вследствие повышенного давления наполнения ЛЖ, признаки нарушения релаксации или наполнения ЛЖ, что расценивается как ДД ЛЖ [2, 5, 6]. ДД ЛЖ высоких типов, систолическая дисфункция, в том числе субпороговая, значительно ухудшают прогноз пациентов с ХСН [2, 6, 7]. Повышенное давление наполнения ЛЖ определяет толерантность к физической нагрузке при ХСН [1, 2], является важным предиктором неблагоприятного прогноза у пациентов с диастолической или систолической дисфункцией ЛЖ [8].

Эхокардиография (ЭхоКГ) является единственной визуализирующей неинвазивной технологией, которая позволяет диагностировать ДД [2, 9]. Существующие методы определения ДД ЛЖ [5, 6, 9] вызывают значительные сложности при их использовании на практике: они не основываются на комплексном подходе к оценке глобального ремоделирования сердца, связанного с развитием и прогрессированием ДД ЛЖ при сердечной недостаточности, не известна чувствительность и специфичность применяемых критериев, методы не адаптированы для работы на ультразвуковых аппаратах различного класса.

Цель исследования – разработка нового комплексного метода определения диастолической дисфункции левого желудочка при хронической сердечной недостаточности и оценка его диагностической эффективности.

**Материалы и методы исследования.** В 2017–2018 гг. на базе УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска (1 ГКБ) выполнено клиническо-инструментальное обследование 303 пациентов (141 (46,5 %) мужчины и 162 (53,5 %) женщин) в возрасте 67,0 (59,0; 76,0) года. В 2019–2020 гг. в ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» (МНПЦХТГ) выполнено клиничко-инструментальное исследование 179 пациентов (97 (54,2 %) мужчин и 82 (45,8 %) женщин) в возрасте 62,0 (57,0; 67,0) года.

*Критерии включения в исследование:* синусовый ритм, эссенциальная АГ, хроническая ишемическая болезнь сердца (ИБС) в формах атеросклеротической болезни сердца и перенесенного в прошлом инфаркта миокарда ЛЖ, ХСН, 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 заболевания почек, легких.

У пациентов определяли уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) в сыворотке крови. ЭхоКГ выполняли на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США). ФВ ЛЖ, конечно-систолический объем ЛП измеряли, используя биплановую методику дисков Simpson. Массу миокарда ЛЖ определяли по алгоритму площадь–длина. Индексы массы миокарда (ИММ) ЛЖ и конечно-систолического объема ЛП рассчитывали путем деления показателей на площадь тела пациента. Пиковые скорости раннего диастолического движения септальной и латеральной частей митрального фиброзного кольца ( $e'_{septal}$ ,  $e'_{lateral}$ ) измеряли в четырехкамерной апикальной позиции в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии. Среднюю скорость раннего диастолического движения  $e'_{среднее}$  рассчитывали как среднее арифметическое значений скоростей  $e'_{septal}$  и  $e'_{lateral}$ . Индексы раннего диастолического наполнения ЛЖ определяли как отношения скорости пика  $E$  трансмитрального диастолического кровотока (МК) и скоростей раннего диастолического движения  $e'$ . Время замедления пика  $E$  МК ( $DT_E$ ) рассчитывали 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. Пиковую систолическую скорость трикуспидальной регургитации (ТР) измеряли в режиме непрерывно-волновой доплерографии под контролем цветового доплеровского картирования в четырехкамерной апикальной позиции. Показатель  $Ar_{dur} - A_{dur}$  рассчитывали как разницу между длительностью волны  $Ar$  ( $Ar_{dur}$ ) в легочной вене и длительностью волны  $A$  МК ( $A_{dur}$ ). Протяженность  $A_{dur}$  определяли при положении контрольного объема в режиме импульсно-волновой доплерографии в четырехкамерной апикальной позиции на уровне фиброзного митрального кольца. Длительность волны  $Ar_{dur}$ , отношение пиков  $S_2/D$  рассчитывали при установке контрольного объема импульсно-волнового доплера в устье правой верхней легочной вены. Оперативную жесткость ЛЖ опреде-

ляли по формуле  $K_{LV} = [70/(DT_E - 20)]^2$ , где  $K_{LV}$  – жесткость миокарда ЛЖ, мм рт. ст./мл;  $DT_E$  – время замедления пика  $E$  МК [10, 11].

Среднее давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК, мм рт. ст.) рассчитывали по формуле  $ДЗЛК = 1,24E/e' + 1,9$ , где  $E$  – скорость пика  $E$  МК в режиме импульсно-волновой доплерографии;  $e'$  – пиковая скорость раннего диастолического смещения латеральной части митрального фиброзного кольца в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии [9].

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС, единицы Вуда) определяли по формуле  $ЛСС = 10V_{TR}/VTI_{RVOT} + 0,16$ , где  $V_{TR}$  – скорость ТР в режиме непрерывно-волновой доплерографии,  $VTI_{RVOT}$  – интеграл скорость–время в выносящем тракте правого желудочка, измеренный в режиме импульсно-волновой доплерографии [9].

Систолическую фракцию наполнения легочных вен (СФЛВ, %) рассчитывали по формуле  $СФЛВ = VTI_S/(VTI_S + VTI_D) \cdot 100$ , где  $VTI_S$  – интеграл скорость–время систолической фазы кровотока в легочной вене,  $VTI_D$  – интеграл скорость–время диастолической фазы кровотока в легочной вене.

2D Speckle Tracking ЭхоКГ (STE) выполняли на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США). С помощью программы постобработки изображений на рабочей станции EchoPac PC (GE Healthcare, США) выполнены расчеты глобальной продольной систолической деформации ЛЖ ( $GLS_{Avg}$ ), ранних и поздних диастолических деформаций базальносептального и базальнолатерального сегментов ( $E_{septal}$ ,  $A_{septal}$ ,  $E_{lateral}$ ,  $A_{lateral}$ ), постсистолических индексов, времени до пиков систолической продольной деформации 17 сегментов ЛЖ. Соотношения  $E/A_{septal}$ ,  $E/A_{lateral}$  установлены путем деления показателей ранних и поздних диастолических деформаций базальносептального и базальнолатерального сегментов соответственно. Индекс механической дисперсии миокарда ЛЖ определяли как стандартное отклонение среднего значения времени до пиковых продольных деформаций 12 базальных и средних сегментов. Глобальный постсистолический индекс ЛЖ рассчитывали как средние значения соответствующих индексов 12 базальных и средних сегментов. Глобальную раннюю диастолическую деформацию  $E$  ЛЖ определяли как среднее значение ранних диастолических деформаций  $E$  17 сегментов ЛЖ.

На первом этапе для разработки метода определения ДД ЛЖ на основании базы данных 1 ГКБ выделены контрольная группа ( $n = 91$ ), куда внесены результаты клинико-инструментального обследования пациентов без ДД ЛЖ, и основная группа ( $n = 212$ ) – с ДД ЛЖ. Для разработки диагностических для ДД ЛЖ критериев, основанных на применении технологии STE, сформирована выборка пациентов ( $n = 91$ ) в возрасте 64,0 (58,0; 70,0) года: к контрольной группе отнесены пациенты без ДД ЛЖ ( $n = 30$ ), к основной группе – пациенты с ДД ЛЖ ( $n = 61$ ). На втором этапе исследования для проверки диагностической эффективности разработанного метода определения ДД ЛЖ при сердечной недостаточности сформирована независимая экзаменационная выборка пациентов МНПЦХТГ, разделенная на контрольную группу ( $n = 49$ ), куда включены клинико-инструментальные данные пациентов без ХСН, и основную группу (пациенты с ХСН,  $n = 130$ ), в которой выделены группы сравнения пациентов с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ ( $n = 80$ ) и ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % ( $n = 50$ ).

Для статистического анализа была создана база данных в Excel 2013. Обработку этих данных 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, а количественные значения изучаемых показателей представляли в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (LQ; UQ)). Для сравнения по количественным признакам использовали  $U$ -критерий Манна–Уитни, для сравнения по качественным признакам выполняли построение таблиц сопряженности по методу Пирсона и максимального правдоподобия  $\chi^2$ . Для оценки взаимосвязей между рассматриваемыми признаками рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена ( $r$ ). ROC-анализ для разработки ультразвуковых критериев, чувствительных и специфичных для диагностики ДД ЛЖ, расчет отношения шансов (ОШ) установления ДД ЛЖ и его 95 %-ного доверительного интервала (ДИ) выполняли с помощью программы MedCalc@Version14.8.1. Для разработки многофакторных шкал, отражающих риск установления ДД ЛЖ II типа и повышенного давления наполнения ЛЖ при ХСН, в программе SPSS версии 26 проведен категориальный регрессионный анализ с оптимальным

шкалированием и подбором ультразвуковых критериев, 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 разработанных шкалах был применен ROC-анализ с учетом суммы баллов, полученных у каждого пациента. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Пациенты 1 ГКБ контрольной и основной групп были сопоставимы по возрасту, индексу массы тела (ИМТ), частоте и степени АГ, уровням заболеваемости хронической ИБС, сахарным диабетом (СД) II типа ( $p = 0,12$ ), статистически значимо различались по распространенности ХСН, значениям NT-proBNP (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Клиническая характеристика пациентов контрольной и основной групп 1 ГКБ

Table 1. Clinical characteristics of the patients in the control and main groups of CHN I

Признак	Контрольная группа	Основная группа	<i>p</i>
Возраст, лет	64 (55; 73)	67 (60; 76)	0,24
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	31,0 (27,6; 35,5)	30,5 (27,1; 35,1)	0,74
Эссенциальная АГ:			
% ( <i>n</i> )	100 (91)	100 (212)	–
степень	2 (2; 3)	2 (2; 3)	0,28
Хроническая ИБС, % ( <i>n</i> )	68,1 (62)	75,0 (159)	0,22
NT-proBNP, пг/мл	122,5 (81,35; 278,5)	345,0 (149,0; 788,0)	<0,001

По результатам ROC-анализа установлен комплекс диагностических для ДД ЛЖ I типа показателей:  $E_{МК} \leq 0,51$  м/с (площадь поля под кривой (*AUC*) – 0,96, чувствительность (Ч) – 95,2 %, специфичность (С) – 90,8 %),  $E/A_{МК} \leq 0,79$  (*AUC* – 0,92, Ч – 99,1 %, С – 69,8 %),  $DT_E_{МК} > 200$  мс (*AUC* – 0,77, Ч – 59,1 %, С – 86,3 %); ИММ – у мужчин  $>133,9$  г/м<sup>2</sup> (*AUC* – 0,82, Ч – 60,7 %, С – 95,2 %), у женщин  $>119,7$  г/м<sup>2</sup> (*AUC* – 0,80, Ч – 64,3 %, С – 82,9 %) [12, 13].

Для определения риска установления ДД ЛЖ II типа при ХСН разработана балльная шкала, содержащая ультразвуковые критерии:  $E/e'_{septal} \geq 9$  – 32 балла, СД ЛА  $> 33,5$  мм рт. ст. – 31,  $e'_{septal} \leq 7$  см/с – 20, ФВ ЛЖ  $\leq 53,0$  % – 18 баллов. С помощью ROC-анализа определен порог отсечения суммарного балла –  $>38$  (*AUC* – 1,00, Ч – 100 %, С – 98,4 %), указывающий на высокий риск развития у пациента с сердечной недостаточностью ДД ЛЖ II типа. При суммарном балле  $>38$  рекомендуется дальнейшая целенаправленная оценка глобального ремоделирования сердца, связанного с ДД ЛЖ II типа.

Для диагностики ДД ЛЖ II типа из-за подобию доплерографической формы МК в норме и при ДД ЛЖ II типа вследствие патологической псевдонормализации необходим анализ всего спектра разработанных показателей, характеризующих глобальное ремоделирование сердца, повышение давления наполнения ЛЖ, аномалии глобальных и локальных диастолических и систолических деформаций ЛЖ, субпороговую систолическую дисфункцию ЛЖ. Пороговое значение NT-proBNP, ассоциирующееся с ДД ЛЖ II типа (псевдонормализацией), составило  $>311$  пг/мл (*AUC* – 0,91, Ч – 76,0 %, С – 86,9 %). Диагностическим определен комплекс ультразвуковых показателей:  $e'_{septal} \leq 7$  см/с (*AUC* – 0,91, Ч – 85,7 %, С – 83,3 %),  $E/e'_{septal} \geq 9$  (*AUC* – 0,94, Ч – 91,2 %, С – 89,2 %), ФВ ЛЖ  $\leq 53,0$  % (*AUC* – 0,84, Ч – 65,8 %, С – 92,5 %), СД ЛА  $> 33,5$  мм рт. ст. (*AUC* – 0,87, Ч – 83,5 %, С – 80,3 %), среднее ДЗЛК  $> 11,51$  мм рт. ст. (*AUC* – 0,83, Ч – 74,7 %, С – 79,2 %),  $E/A_{МК} - 0,80-1,86$ . Дополнительными диагностическими показателями для ДД ЛЖ II типа являются  $e'_{lateral} \leq 8$  см/с (*AUC* – 0,78, Ч – 72,5 %, С – 71,2 %),  $E/e'_{lateral} \geq 9$  (*AUC* – 0,79, Ч – 72,5 %, С – 74,2 %),  $E/e'_{среднее} \geq 9$  (*AUC* – 0,86, Ч – 72,5 %, С – 83,3 %), ТР  $> 2,62$  м/с (*AUC* – 0,90, Ч – 88,9 %, С – 81,7 %), индекс конечно-систолического объема ЛП  $>35,7$  мл/м<sup>2</sup> (*AUC* – 0,82, Ч – 89,0 %, С – 63,0 %), ЛСС  $> 1,75$  ед. Вуда (*AUC* – 0,78, Ч – 80,2 %, С – 68,3 %),  $S_2/D$  в легочной вене  $\leq 0,97$

( $AUC - 0,70$ , Ч – 61,4 %, С – 75,8 %), СФЛВ  $\leq 57$  % ( $AUC - 0,88$ , Ч – 91,5 %, С – 64,3 %), оперативная жесткость ЛЖ  $>0,24$  мм рт. ст./мл ( $AUC - 0,70$ , Ч – 84,1 %, С – 60,9 %) [12, 13].

Если часть основных показателей, характеризующих ДД ЛЖ II типа, например СД ЛА, ФВ ЛЖ, среднее ДЗЛК и/или индекс конечно-систолического объема ЛП, не достигает пороговых диагностических значений, необходим анализ показателей STE.

Диагностические для ДД ЛЖ значения ранней диастолической продольной деформации базальнолатерального сегмента ЛЖ  $E_{lateral}$  составили  $>-6,75$  % ( $AUC - 0,89$ , Ч – 81,7 %, С – 88,9 %),  $E_{septal} > -5,22$  % ( $AUC - 0,89$ , Ч – 85,0 %, С – 88,9 %),  $E/A_{lateral} \leq 0,91$  ( $AUC - 0,92$ , Ч – 85,0 %, С – 88,9 %),  $E/A_{septal} \leq 0,69$  ( $AUC - 0,84$ , Ч – 78,3 %, С – 85,2 %) [14]. Установлены диагностические для ДД ЛЖ II типа значения  $GLS_{AVG} - >-18,5$  % ( $AUC 0,88$ , Ч 88,2 %, С 83,3 %), индекса механической дисперсии ЛЖ  $- >49,34$  мс ( $AUC - 0,91$ , Ч – 88,2 %, С – 83,3 %), дельты времени до пиковой продольной деформации ЛЖ  $- >136$  мс ( $AUC - 0,89$ , Ч – 88,2 %, С – 76,7 %), глобального постсистолического индекса ЛЖ  $- >6,24$  % ( $AUC - 0,85$ , Ч – 70,6 %, С – 90,0 %), индекса механической диссинергии ЛЖ  $- >4,60$  % ( $AUC - 0,70$ , Ч – 70,6 %, С – 70,0 %) [14], глобальной ранней диастолической деформации  $E_{LJ} - >-3,67$  % ( $AUC - 0,91$ , Ч – 78,9 %, С – 92,3 %).

Если при  $E/A$  МК 0,8–1,86 более чем 50 % значений показателей STE –  $GLS_{AVG}$ , глобальной ранней диастолической продольной деформации  $E$ ,  $E_{septal}$ ,  $E_{lateral}$ ,  $E/A_{septal}$ ,  $E/A_{lateral}$  – не достигают пороговых диагностических значений, у пациента с ХСН имеет место ДД ЛЖ I типа.

Пороговое значение NT-proBNP, взаимосвязанное с ДД ЛЖ III типа (рестриктивный тип), составляет  $>408$  пг/мл ( $AUC - 0,99$ , Ч – 100,0 %, С – 98,4 %). При  $E/A$  МК  $>1,86$  ( $AUC - 1,0$ , Ч – 100,0 %, С – 100,0 %), ФВ ЛЖ  $\leq 49,51$  % ( $AUC - 0,99$ , Ч – 100,0 %, С – 98,3 %),  $DT_E$  МК  $\leq 146$  мс ( $AUC - 0,89$ , Ч – 100 %, С – 67,5 %) у пациента с ХСН имеет место ДД ЛЖ III типа. Признаками, характеризующими глобальное ремоделирование при ДД ЛЖ III типа, являются среднее ДЗЛК  $> 13,68$  мм рт. ст. ( $AUC - 0,87$ , Ч – 70,6 %, С – 92,4 %), СД ЛА  $> 41,2$  мм рт. ст. ( $AUC - 0,92$ , Ч – 82,4 %, С – 97,0 %),  $E/e'_{septal} \geq 10,83$  ( $AUC - 0,99$ , Ч – 100 %, С – 98,5 %), индекс объема ЛП  $>51,6$  мл/м<sup>2</sup> ( $AUC - 0,94$ , Ч – 82,4 %, С – 92,3 %), скорость TP  $>2,81$  м/с ( $AUC - 0,89$ , Ч – 88,2 %, С – 86,45 %) [12, 13].

Для оценки риска повышенного давления наполнения ЛЖ при сердечной недостаточности разработана балльная шкала, включающая следующие ультразвуковые критерии:  $E/e'_{septal} > 11,5$  – 44 балла, скорость  $e'_{septal} \leq 6$  см/с – 8,  $DT_E$  МК  $\leq 155$  мс – 17, СД ЛА  $> 35,8$  мм рт. ст. – 31 балл. Сумма баллов  $>39$  ( $AUC - 0,98$ , Ч – 87,1 %, С – 100 %) указывает на высокий риск наличия у пациента повышенного давления наполнения ЛЖ.

Определен порог отсечения значений NT-proBNP, взаимосвязанный с повышенным давлением наполнения ЛЖ,  $- >663$  пг/мл ( $AUC - 0,90$ , Ч – 76,9 %, С – 89,0 %). Установлен диагностический для повышенного давления наполнения ЛЖ комплекс ультразвуковых показателей:  $E/e'_{septal} > 11,5$  ( $AUC - 0,97$ , Ч – 93,0 %, С – 96,4 %),  $e'_{septal} \leq 6$  см/с ( $AUC - 0,93$ , Ч – 87,7 %, С – 78,8 %), среднее ДЗЛК  $>13,56$  мм рт. ст. ( $AUC - 0,96$ , Ч – 78,8 %, С – 98,8 %), индекс максимального объема ЛП  $>43,3$  мл/м<sup>2</sup> ( $AUC - 0,84$ , Ч – 83,3 %, С – 72,8 %), показатель  $Ar_{dur} - A_{dur} >32$  мс ( $AUC - 0,81$ , Ч – 78,0 %, С – 71,4 %), ФВ ЛЖ  $\leq 49,51$  % ( $AUC - 0,82$ , Ч – 79,5 %, С – 78,6 %), оперативная жесткость ЛЖ  $>0,26$  мм рт. ст./мл ( $AUC - 0,81$ , Ч – 91,5 %, С – 60,6 %),  $DT_E$  МК  $\leq 155$  мс ( $AUC - 0,83$ , Ч – 96,5 %, С – 60,6 %),  $S_2/D$  в легочной вене  $\leq 0,78$  ( $AUC - 0,75$ , Ч – 96,5 %, С – 60,6 %), СФЛВ ( $AUC - 0,75$ , Ч – 50,0 %, С – 100,0 %), СД ЛА  $> 35,8$  мм рт. ст. ( $AUC - 0,87$ , Ч – 86,0 %, С – 70,9 %) [15].

На основании диагностических критериев разработан метод определения ДД ЛЖ при ХСН (рис. 1, 2), включающий шкалы риска и алгоритмы определения ДД ЛЖ и повышенного давления наполнения ЛЖ, адаптированный для работы на ультразвуковых аппаратах различного класса.

Для проверки воспроизводимости и диагностической эффективности разработанного метода сформирована независимая экзаменационная выборка. Контрольная группа и группа сравнения пациентов с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ экзаменационной выборки были сопоставимы по возрасту, частоте заболеваемости СД II типа, эссенциальной АГ и ее степени, группы статистически значительно различались по частоте хронической ИБС и по показателям, характеризующим глобальное ремоделирование сердца (табл. 2).

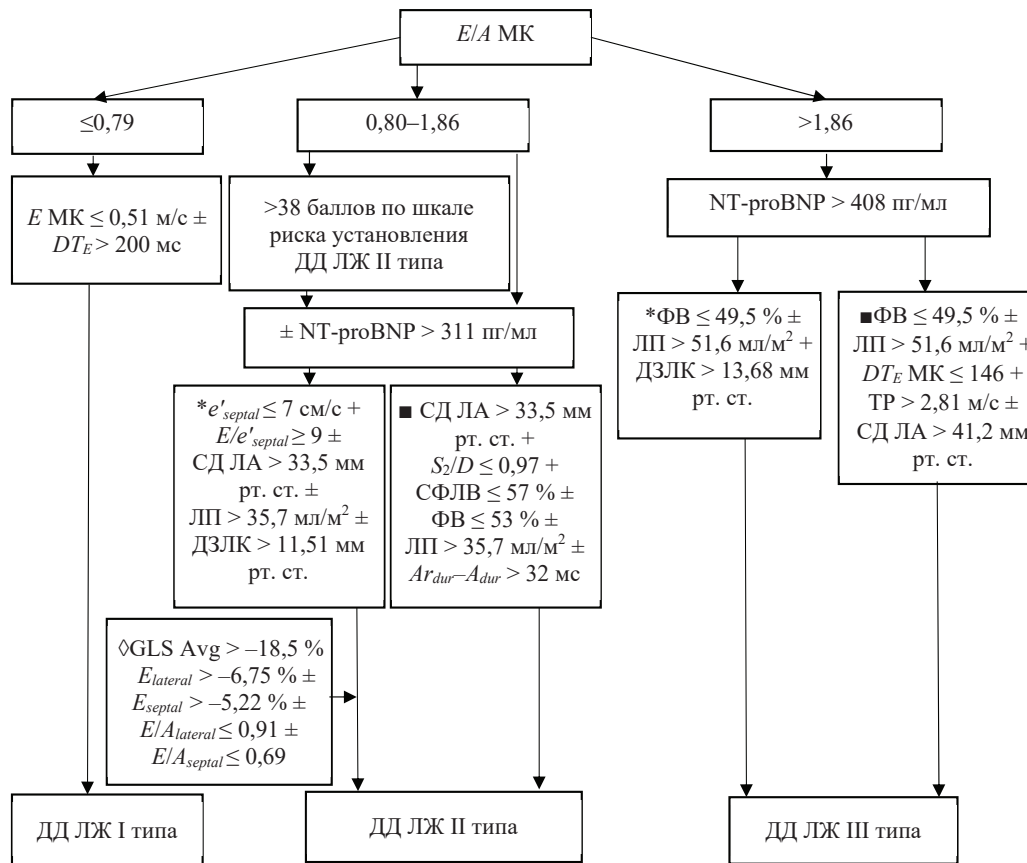


Рис. 1. Алгоритм комплексного определения ДД ЛЖ при сердечной недостаточности. Здесь и на рис. 2: \* – система ультразвуковой визуализации экспертного или высокого класса, ◇ – система ультразвуковой визуализации экспертного класса, ■ – система ультразвуковой визуализации среднего класса (+, ± – обязательное и необязательное наличие ультразвукового признака соответственно)

Fig. 1. Algorithm of complex determination of LV DD in heart failure. Here and in Fig. 2: \* – expert-grade or high-end ultrasound imaging system, ◇ – expert-grade ultrasound imaging system, ■ – middle-class ultrasound imaging system (+, ± – mandatory and optional presence of an ultrasound sign, respectively)

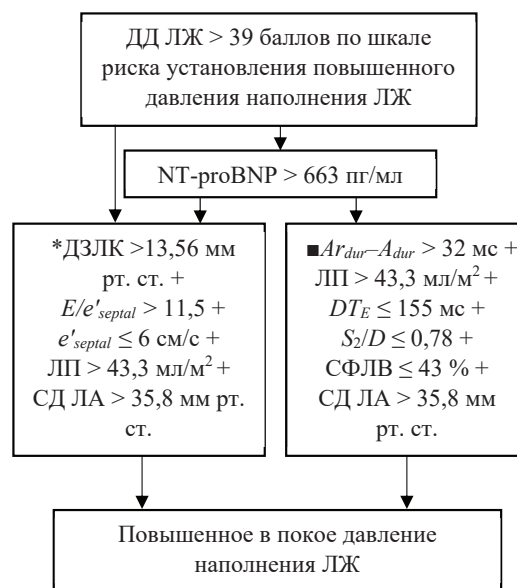


Рис. 2. Алгоритм комплексного определения повышенного в покое давления наполнения ЛЖ

Fig. 2. Algorithm of complex determination of increased LV filling pressure at rest

Таблица 2. Клинико-инструментальная характеристика пациентов контрольной группы и группы сравнения экзаменационной выборки

Table 2. Clinical and instrumental characteristics in the patients of the control group and the comparison group of the examination sample

Показатель	Контрольная группа	Группа сравнения (пациенты с ХСН <sub>сохр</sub> ФВ)	<i>p</i>
Возраст, лет	65,0 (58,0; 71,0)	64,0 (56,0; 68,0)	0,12
Эссенциальная АГ:			
% ( <i>n</i> )	98,0 (48)	100,0 (80)	0,08
степень	2 (2; 2)	2 (2; 2)	0,47
СД II типа, % ( <i>n</i> )	12,2 (6)	26,3 (21)	0,06
Хроническая ИБС, % ( <i>n</i> )	65,3 (32)	98,8 (79)	<0,001
ХСН, ФК NYHA	–	2 (2; 3)	<0,001
$DT_E$ МК, мс	175 (148; 190)	161 (138; 170)	0,003
Индекс объема ЛП, мл/м <sup>2</sup>	30,2 (23,0; 33,3)	40,0 (34,5; 45,2)	0,007
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,3 (7,5; 10,0)	12,2 (10,8; 14,4)	<0,001
$e'_{septal}$ , см/с	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
СД ЛА, мм рт. ст.	22,0 (17,0; 26,0)	30,5 (16,0; 35,0)	0,0001
$GLS_{AVG}$ , %	-21,2 (-22,1; -19,8)	-15,3 (-17,3; -12,2)	<0,001
Сумма баллов по шкале риска установления ДД ЛЖ II типа	0 (0; 18)	101 (70; 101)	<0,001
Повышенное давление наполнения ЛЖ, % ( <i>n</i> )	0	51,3 (41)	<0,001
Сумма баллов по шкале риска установления повышенного давления наполнения ЛЖ	0 (0; 17)	92 (56; 100)	<0,001

В экзаменационной выборке при валидации шкалы оценки риска установления ДД ЛЖ II типа при ХСН и присвоении ультразвуковым критериям баллов, разработанных на обучающей выборке, получен аналогичный порог отсечения – более 38 баллов ( $AUC$  – 1,00,  $Ч$  – 100 %,  $С$  – 100 %). Таким образом, разработанная балльная шкала позволяет принимать решение о выполнении дальнейшей целенаправленной, комплексной оценки глобального ремоделирования сердца для установления ДД ЛЖ II типа при ХСН.

Новым методом без использования технологии STE у 68 (85,0 %) пациентов экзаменационной выборки с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ диагностирована ДД ЛЖ, из них у 36 (45,0 %) определена ДД ЛЖ I типа, у 32 (40,0 %) – ДД ЛЖ II типа. У 12 (15,0 %) пациентов при отношении  $E/A$  МК = 0,80–1,86 часть показателей (скорость раннего диастолического движения септальной части митрального фиброзного кольца  $e'_{septal}$ , индекс конечно-систолического объема ЛП, СД ЛА и/или среднее ДЗЛК) не соответствовала разработанным диагностическим для ДД ЛЖ II типа значениям. При применении технологии STE у 11 пациентов установлены диагностические для ДД ЛЖ II типа критерии, что позволило повысить точность дифференцировки типов ДД ЛЖ при ХСН<sub>сохр</sub> ФВ согласно разработанному алгоритму до 98,8 % (табл. 3).

При проверке балльной шкалы оценки риска установления повышенного давления наполнения ЛЖ и присвоении критериям разработанных на первом этапе баллов, в экзаменационной выборке получен идентичный порог отсечения >39 ( $AUC$  – 0,99,  $Ч$  – 100 %,  $С$  – 98,0 %). У 41 (51,3 %) пациента с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ установлено повышенное в покое давление наполнения ЛЖ.

Пациенты контрольной группы и группы сравнения (пациенты с ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % экзаменационной выборки) были сопоставимы по возрасту, частоте заболеваемости эссенциальной АГ, СД II типа, степени АГ, статистически значимо различались по частоте заболеваемости хронической ИБС, показателям ЭхоКГ, характеризующим ДД ЛЖ (табл. 4).

Т а б л и ц а 3. Диагностические показатели STE у пациентов контрольной группы и группы сравнения экзаменационной выборки

Table 3. Diagnostic indicators of STE in patients of the control group and the comparison group of the examination sample

Показатель	Контрольная группа	Группа сравнения (пациенты с ХСН <sub>сохр</sub> ФВ)	<i>p</i>
$GLS_{AVG}$ , %	-19,3 (-21,4; -18,5)	-16,8 (-18,0; -14,0)	0,0001
Индекс механической дисперсии, мс	43,16 (30,30; 51,17)	60,10 (50,90; 71,51)	<0,001
Глобальный постсистолический индекс, %	2,79 (1,47; 6,24)	8,41 (3,18; 16,18)	0,0001
$E_{septal}$ , %	-6,08 (-6,94; -4,45)	-4,09 (-4,88; -3,26)	<0,001
$E/A_{septal}$	0,87 (0,70; 1,04)	0,55 (0,42; 0,69)	<0,001
$E_{lateral}$ , %	-7,81 (-8,95; -5,18)	-5,59 (-7,33; -3,91)	0,0003
$E/A_{lateral}$	1,26 (0,77; 1,56)	0,71 (0,50; 0,97)	<0,001
Глобальная ранняя диастолическая деформация $E$ ЛЖ, %	-4,23 (-5,06; -3,77)	-3,13 (-3,94; -2,42)	<0,001

Т а б л и ц а 4. Клинико-инструментальная характеристика пациентов контрольной группы и группы сравнения экзаменационной выборки

Table 4. Clinical and instrumental characteristics of patients of the control group and the comparison group of the examination sample

Показатель	Контрольная группа	Группа сравнения (пациенты с ХСН с ФВ ЛЖ <50 %)	<i>p</i>
Возраст, лет	65,0 (58,0; 71,0)	62,0 (59,0; 66,0)	0,27
Эссенциальная АГ:			
% ( <i>n</i> )	98,0 (48)	100,0 (50)	0,31
степень	2 (2; 2)	2 (2; 2)	0,11
СД II типа, % ( <i>n</i> )	12,2 (6)	28,0 (14)	0,06
Хроническая ИБС, % ( <i>n</i> )	65,3 (32)	94,0 (47)	0,0004
$DT_E$ МК, мс	175 (148; 190)	157 (129; 170)	<0,001
Индекс объема ЛП, мл/м <sup>2</sup>	30,2 (23,0; 33,3)	35,7 (27,1; 42,0)	<0,001
$e'_{septal}$ , см/с	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 (8,0; 12,5)	0,0007
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,3 (7,5; 10,0)	16,0 (10,7; 45,7)	0,005
СД ЛА, мм рт. ст.	22,0 (17,0; 26,0)	30,0 (25,0; 34,0)	<0,001
$GLS_{AVG}$ , %	-21,2 (-22,1; -19,8)	-12,2 (-14,5; -9,5)	<0,001

С применением разработанного метода без технологии STE у 45 (90,0 %) пациентов экзаменационной выборки с ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % установлена ДД ЛЖ, применение STE позволило повысить диагностическую эффективность в части дифференцировки типов ДД ЛЖ до 98,0 %. У 18 (36 %) пациентов с ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % установлено повышенное в покое давление наполнения ЛЖ.

Таким образом, разработанный метод определения ДД ЛЖ при ХСН обладает высокой диагностической эффективностью: точность дифференцировки типов ДД ЛЖ в экзаменационных выборках пациентов с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ и ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % составила 98,5 %.

**Обсуждение.** Для диагностики ХСН, в особенности ХСН<sub>сохр</sub> ФВ, принципиальное значение имеет определение ДД ЛЖ и повышенного давления наполнения ЛЖ как ведущих патофизиологического и гемодинамического механизмов развития и прогрессирования ХСН [2, 6, 16]. При применении метода диагностики ДД ЛЖ, разработанного Американским обществом эхокардиографии и Европейской ассоциацией кардиоваскулярной визуализации (S. Nagueh с соавт., 2016) [6], у пациентов с ХСН<sub>сохр</sub> ФВ экзаменационной выборки ДД ЛЖ установлена в 44 (55,0 %) наблюдениях, у пациентов с ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % – в 32 (64,0 %). Метод имеет «слепые зоны» – комбинации ультразвуковых признаков, когда ДД ЛЖ не может быть определена, но диагностирует



только тяжелые формы ДД ЛЖ [5]. Если определение ДД ЛЖ I и III типов не вызывает, как правило, сложностей, то определение ДД ЛЖ II типа основано на установлении трех признаков высокого давления наполнения ЛЖ. При верификации предложенного S. Nagueh с соавт. [6] метода установлено, что, несмотря на то что критерии ДД ЛЖ Американского общества эхокардиографии и Европейской ассоциацией кардиоваскулярной визуализации специфичны, они имеют ограниченную чувствительность: у 34–60 % пациентов с инвазивно доказанной ХСН<sub>сохр</sub> ФВ не определены критерии повышенного давления наполнения ЛЖ [17]. Чувствительность метода в части установления повышенного давления наполнения ЛЖ составила 75 %, специфичность – 74, положительная прогностическая ценность – 39, отрицательная прогностическая ценность – 93 %,  $AUC$  – 0,78 [18]. В то же время повышенное давление наполнения в покое имеет место у пациентов с далеко зашедшими стадиями ХСН. У лиц с начальными стадиями ХСН, без признаков задержки жидкости давление наполнения ЛЖ может повышаться лишь при нагрузке [19].

Наибольшую сложность вызывает определение ДД ЛЖ II типа, что обусловлено подобием профилей трансмитрального диастолического потока при патологической «псевдонормализации» и в норме. Для увеличения диагностической эффективности определения типов ДД ЛЖ требуется комплексный подход к оценке глобального ремоделирования сердца, ведущих факторов риска, патофункциональных и гемодинамических механизмов развития диастолической дисфункции при ХСН. Факторами риска формирования ДД ЛЖ являются структурные аномалии ЛЖ – гипертрофия, повышенная оперативная жесткость, дилатация полости ЛП вследствие повышения давления наполнения ЛЖ; гемодинамические аномалии – увеличение ДЗЛК, ЛСС, СД ЛА, снижение  $DT_E$  МК и др., пороговые диагностические значения которых установлены в исследовании. Значительный вклад в определение ДД ЛЖ вносят диагностические показатели STE, позволяющие дать объективную количественную оценку глобальным и региональным продольным систолическим и диастолическим функциям миокарда, патофункциональным механизмам формирования систолической и диастолической дисфункции – механическим дисперсии и диссинергии миокарда.

Ведущими патофункциональными и гемодинамическими механизмами прогрессирования ДД ЛЖ до высоких типов являются снижение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ ( $r = 0,63, p < 0,001$ ) с  $GLS_{AVG} > -18,5$  % (ОШ – 5,52, 95 % ДИ – 1,68–8,09,  $p = 0,005$ ), механическая дисперсия ( $r = 0,55, p < 0,001$ ) с индексом механической дисперсии ЛЖ  $> 49,34$  мс (ОШ – 8,45, 95 % ДИ – 2,51–28,50,  $p = 0,0006$ ), механическая диссинергия ( $r = 0,33, p = 0,02$ ) с индексом механической диссинергии ЛЖ  $> 4,60$  % (ОШ – 8,89, 95 % ДИ – 2,52–31,36,  $p = 0,0007$ ), постсистолические полисегментарные деформации ( $r = 0,53, p < 0,001$ ) с глобальным постсистолическим индексом ЛЖ  $> 6,24$  % (ОШ – 5,09, 95 % ДИ – 1,54–16,79,  $p = 0,008$ ), снижение глобальной ранней диастолической продольной деформации ЛЖ  $> -3,67$  % ( $r = 0,67, p < 0,001$ ; ОШ – 39,36, 95 % ДИ – 10,33–150,03,  $p < 0,001$ ) и локальных ранних диастолических продольных деформаций на примере базальнолатерального сегмента ЛЖ  $E_{lateral} > -6,75$  % ( $r = 0,63, p < 0,001$ ; ОШ – 7,70, 95 % ДИ – 2,83–20,96,  $p = 0,0001$ ), базальносептального сегмента ЛЖ  $E_{septal} > -5,22$  % ( $r = 0,67, p < 0,001$ ; ОШ – 9,14, 95 % ДИ – 3,26–25,64,  $p < 0,001$ ), соотношения ранних и поздних диастолических деформаций базальносептального сегмента ЛЖ  $E/A_{septal} \leq 0,69$  ( $r = -0,55, p < 0,001$ ; ОШ – 11,12, 95 % ДИ – 3,90–31,72,  $p < 0,001$ ), базальнолатерального сегмента ЛЖ  $E/A_{lateral} \leq 0,91$  ( $r = -0,67, p < 0,001$ ; ОШ – 9,31, 95 % ДИ – 3,36–25,78,  $p < 0,001$ ); повышенное давление наполнения ЛЖ ( $r = 0,9, p < 0,001$ ; ОШ – 184,81, 95 % ДИ – 11,15–3063,74,  $p < 0,001$ ). Диагностические критерии, полученные на основании технологии STE, обладают высокой диагностической эффективностью определения ДД ЛЖ при ХСН.

Значительными преимуществами технологии STE являются независимость от доплеровского угла, минимальная операторозависимость вследствие выполнения расчетов специализированными программами на рабочей станции после постобработки заархивированных изображений, высокая диагностическая и прогностическая значимость показателей STE.

Ведущим морфологическим субстратом при ХСН, вызывающим снижение продольной систолической функции ЛЖ, нарушение диастолической функции ЛЖ, является фиброз миокарда, особенно его субэндокардиального слоя, имеющего продольную пространственную ориентацию

[4, 20, 21]. Фиброз при ХСН вызван эссенциальной АГ, воспалительными и метаболическими триггерами, старением, так как с возрастом деградация коллагена становится менее эффективной, а формирование его увеличивается [4]. Глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ  $GLS_{Avg}$  обладает наибольшей точностью при выявлении фиброза миокарда ЛЖ, установленного на основании гистологического исследования ( $r = 0,75, p = 0,0001, AUC - 0,92$ ), по сравнению с систолическим пиком движения митрального фиброзного кольца в режиме тканевой доплерографии  $s'$  ( $r = -0,41, p = 0,01$ ) или ФВ ЛЖ ( $r = -0,12; p = NS$ ) [22].

Снижение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ  $GLS_{Avg}$  является лучшим предиктором первичного комбинированного исхода в виде госпитализаций по поводу ХСН, прерванной остановки сердца, сердечно-сосудистой смерти по сравнению с ФВ ЛЖ [18]. Временные и регионарные дисфункции миокарда ЛЖ – механическая дисперсия и диссинергия являются предикторами снижения глобальной сократимости ЛЖ, желудочковых аритмий [20]. Области фиброза, рубца, отека миокарда создают очаги механической дисперсии и диссинергии локальных пиковых систолических деформаций [9, 18]. Диссинхронизация процессов систолического сокращения миокарда обуславливает раннее систолическое растяжение и постсистолическое укорочение различных сегментов ЛЖ, систолическую локальную гипоконтрактильность и снижение глобальной систолической деформации ЛЖ. Постсистолические полисегментарные деформации вызывают замедление процессов релаксации и повышение давления наполнения ЛЖ [9].

**Заключение.** Разработанный метод определения ДД ЛЖ строится на концепции комплексной, целенаправленной оценки ведущих патофизиологических и гемодинамических механизмов развития и прогрессирования ДД ЛЖ, глобального ремоделирования сердца при ХСН, осложнившей течение эссенциальной АГ и хронической ИБС в формах атеросклеротической болезни сердца и перенесенного в прошлом инфаркта миокарда ЛЖ. Метод обладает воспроизводимостью и высокой диагностической эффективностью: точность дифференцировки типов ДД ЛЖ в независимой экзаменационной выборке пациентов с ХСН<sub>соxp</sub> ФВ и ХСН с ФВ ЛЖ менее 50 % составила 98,5 %.

Метод определения ДД ЛЖ рекомендуется интегрировать в алгоритм комплексной оценки глобальной диастолической и систолической функции обоих желудочков у пациентов с ХСН, выполняемой на ультразвуковых системах, имеющих в своем программном обеспечении режим тканевой доплерографии и технологию STE.

Не рекомендуется применение разработанного метода определения ДД ЛЖ у пациентов с ХСН и первичной тяжелой митральной регургитацией, митральным стенозом, пластикой, протезированием митрального клапана, врожденными пороками сердца, кардиомиопатиями.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список использованных источников

1. Сердечная недостаточность / Ю. П. Островский [и др.] ; под общ. ред. Ю. П. Островского ; Нац. акад. наук Беларуси. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 503 с.
2. 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 / P. Ponikowski [et al.] // Eur. Heart J. – 2016. – Vol. 37, N 27. – P. 2129–2200. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
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. – Vol. 40, N 40. – P. 3297–3317. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>
4. 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 Failure. – 2019. – Vol. 21, N 3. – P. 272–285. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1406>
5. A simple, fast and reproducible echocardiographic approach to grade left ventricular diastolic function / B. van Dalen [et al.] // Int. J. Cardiovasc. Imaging. – 2016. – Vol. 32, N 5. – P. 743–752. <https://doi.org/10.1007/s10554-015-0832-6>
6. 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 / S. F. Nagueh [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 2016. – Vol. 29, N 4. – P. 277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
7. Right ventricular function in heart failure with preserved ejection fraction: a community-based study / S. F. Mohammed [et al.] // Circulation. – 2014. – Vol. 130, N 25. – P. 2310–2320. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.008461>

8. Burden of systolic and diastolic ventricular dysfunction in the community: appreciating the scope of the heart failure epidemic / M. M. Redfield [et al.] // *JAMA*. – 2003. – Vol. 289, N 2. – P. 194–202. <https://doi.org/10.1001/jama.289.2.194>
9. The practice of clinical echocardiography / ed. C. M. Otto. – 5th ed. – Philadelphia, Pennsylvania : Elsevier, 2016. – 1024 p.
10. 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 – Vol. 280, N 2. – P. H554–H561. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.280.2.h554>
11. Can left ventricular diastolic stiffness be measured noninvasively? / P. Marino [et al.] // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2002. – Vol. 15, N 9. – P. 935–943. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.121196>
12. Жерко, О. М. Комплексная диагностика глобального ремоделирования сердца при диастолической дисфункции левого желудочка / О. М. Жерко // *Вестн. Витебск. гос. мед. ун-та.* – 2020. – Т. 19, № 2. – С. 63–69.
13. Жерко, О. М. Эхокардиографические критерии диастолической дисфункции левого желудочка и их диагностическая надежность / О. М. Жерко // *Вестн. Витебск. гос. мед. ун-та.* – 2020. – Т. 19, № 3. – С. 87–95.
14. Жерко, О. М. 2D Speckle Tracking эхокардиография в прогнозировании диастолической дисфункции левого желудочка / О. М. Жерко, Э. И. Шкрёбнева // *Мед. визуализация.* – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 76–84.
15. Жерко, О. М. Ультразвуковая диагностика повышенного в покое давления наполнения левого желудочка / О. М. Жерко // *Здравоохранение.* – 2019. – № 11. – С. 5–10.
16. Жерко, О. М. Давление наполнения левого желудочка как гемодинамический механизм прогрессии хронической сердечной недостаточности / О. М. Жерко // *Здравоохранение.* – 2019. – № 10. – С. 5–9.
17. Role of Diastolic Stress Testing in the Evaluation for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. A Simultaneous Invasive-Echocardiographic Study / M. Obokata [et al.] // *Circulation.* – 2017. – Vol. 135, N 9. – P. 825–838. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822>
18. Echo-Doppler estimation of left ventricular filling pressure: results of the multicentre EACVI Euro-Filling study / P. Lancellotti [et al.] // *Eur. Heart J.: Cardiovasc. Imaging.* – 2017. – Vol. 18, N 9. – P. 961–968. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex067>
19. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020 / С. Н. Терещенко [и др.] // *Рос. кардиол. журн.* – 2020. – Т. 25, № 11. – С. 311–374.
20. Collier, P. Test in context: myocardial strain measured by speckle-tracking echocardiography / P. Collier, D. Phelan, A. A. Klein // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2017. – Vol. 69, N 8. – P. 1043–1056. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.012>
21. Left ventricular dyssynergy and dispersion as determinant factors of fatal ventricular arrhythmias in patients with mildly reduced ejection fraction / H. Matsuzoe [et al.] // *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging.* – 2016. – Vol. 17, N 3. – P. 334–342. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev172>
22. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation / M. Cameli [et al.] // *J. Cardiac Failure.* – 2016. – Vol. 22, N 11. – P. 901–907. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.02.012>

## References

1. Shestakova L. G., Ostrovskii A. Yu., Shumovets V. V., Ostrovskii Yu. P., Valentyukevich A. V., Il'ina T. V., Kolyadko M. G., Kurl'yanskaya E. K. *Heart failure*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2016. 503 p. (in Russian).
2. Ponikowski P., Voors A. A., Anker S. D., Bueno H., Cleland J. G. F., Coats A. J. S. [et al.]. 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. *European Heart Journal*, 2016, vol. 37, no. 27, pp. 2129–2200. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>
3. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R. A., Fraser A. G., Anker S. D., Donal E. [et al.]. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA–PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 2019, vol. 40, no. 40, pp. 3297–3317. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>
4. de Boer R. A., De Keulenaer G., Bauersachs J., Brutsaert D., Cleland J. G., 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. *European Journal of Heart Failure*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 272–285. <https://doi.org/10.1002/ehjhf.1406>
5. van Dalen B., Strachinaru M., van der Swaluw J., Geleijnse M. A simple, fast and reproducible echocardiographic approach to grade left ventricular diastolic function. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2016, vol. 32, no. 5, pp. 743–752. <https://doi.org/10.1007/s10554-015-0832-6>
6. Nagueh S. F., Smiseth O. A., Appleton C. P., Byrd B. F., Dokainish H., Edvardsen T. [et al.]. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2016, vol. 29, no. 4, pp. 277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
7. Mohammed S. F., Hussain I., AbouEzzeddine O. F., Takahama H., Kwon S. H., Forfia P., Roger V. L., Redfield M. M. Right ventricular function in heart failure with preserved ejection fraction: a community-based study. *Circulation*, 2014, vol. 130, no. 25, pp. 2310–2320. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.008461>
8. Redfield M. M., Jacobsen S. J., Burnett J. C., Mahoney D. W., Bailey K. R., Rodeheffer R. J. Burden of systolic and diastolic ventricular dysfunction in the community: appreciating the scope of the heart failure epidemic. *JAMA*, 2003, vol. 289, no. 2, pp. 194–202. <https://doi.org/10.1001/jama.289.2.194>

9. Otto C. M. (ed.). *The practice of clinical echocardiography. 5th ed.* Philadelphia, Pennsylvania, Elsevier, 2016. 1024 p.
10. Garcia M. J., Firstenberg M. S., Greenberg N. L., Smedira N., Rodriguez L., Prior D., Thomas J. D. Estimation of left ventricular operating stiffness from Doppler early filling deceleration time in humans. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2001, vol. 280, no. 2, pp. H554–H561. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.280.2.h554>
11. Marino P., Little W. C., Rossi A., Barbieri E., Anselmi M., Destro G., Prioli A., Lanzoni L., Zardini P. Can left ventricular diastolic stiffness be measured noninvasively? *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2002, vol. 15, no. 9, pp. 935–943. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.121196>
12. Zherko O. M. Complex diagnostics of global heart remodeling in diastolic dysfunction of the left ventricle. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Vestnik of Vitebsk State Medical University], 2020, vol. 19, no. 2, pp. 63–69 (in Russian).
13. Zherko O. M. Echocardiographic criteria of diastolic dysfunction of the left ventricle and their diagnostic reliability. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Vestnik of Vitebsk State Medical University], 2020, vol. 19, no. 3, pp. 87–95 (in Russian).
14. Zherko O. M., Shkrebneva E. I. 2D Speckle Tracking echocardiography in the prognostication of left ventricle diastolic dysfunction. *Meditsinskaya vizualizatsiya* [Medical visualization], 2020, vol. 24, no. 3, pp. 76–84 (in Russian).
15. Zherko O. M. Ultrasound diagnostics of increased pressure of filling of the left ventricle at rest. *Zdravookhraneniye* [Healthcare], 2019, no. 11, pp. 5–10 (in Russian).
16. Zherko O. M. Left ventricular filling pressure as a hemodynamic mechanism for the progression of chronic heart failure. *Zdravookhraneniye* [Healthcare], 2019, no. 10, pp. 5–9 (in Russian).
17. Obokata M., Kane G. C., Reddy Y. N. V., Olson T. P., Melenovsky V., Borlaug B. A. Role of diastolic stress testing in the evaluation for heart failure with preserved ejection fraction. A simultaneous invasive-echocardiographic study. *Circulation*, 2017, vol. 135, no. 9, pp. 825–838. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822>
18. Lancellotti P., Galderisi M., Edvardsen T., Donal E., Goliasch G., Cardim N., Magne J., Laginha S., Hagendorff A., Halandet T. F. Echo-Doppler estimation of left ventricular filling pressure: results of the multicentre EACVI Euro-Filling study. *European Heart Journal: Cardiovascular Imaging*, 2017, vol. 18, no. 9, pp. 961–968. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex067>
19. Tereshchenko S. N., Galyavich A. S., Uskach T. M., Ageev F. T., Arutyunov G. P., Begrambekova Yu. L. [et al.]. Chronic heart failure. Clinical guidelines 2020. *Russian Journal of Cardiology*, 2020, vol. 25, no. 11, pp. 311–374 (in Russian).
20. Collier P., Phelan D., Klein A. A. Test in context: myocardial strain measured by speckle-tracking echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 2017, vol. 69, no. 8, pp. 1043–1056. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.12.012>
21. Matsuzoe H., Tanaka H., Matsumoto K., Matsumoto K., Toki H., Shimoura H. [et al.]. Left ventricular dyssynergy and dispersion as determinant factors of fatal ventricular arrhythmias in patients with mildly reduced ejection fraction. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 334–342. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev172>
22. Cameli M., Mondillo S., Righini F. M., Lisi M., Dokollari A., Lindqvist P., Maccherini M., Henein M. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation. *Journal of Cardiac Failure*, 2016, vol. 22, no. 11, pp. 901–907. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.02.012>

### Информация об авторах

*Жерко Ольга Михайловна* – канд. мед. наук, доцент, заведующий кафедрой. Белорусская медицинская академия последипломного образования (ул. П. Бровки, 3/3, 220013, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: zherco@mail.ru

*Михайлов Анатолий Николаевич* – академик, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой. Белорусская медицинская академия последипломного образования (ул. П. Бровки, 3/3, 220013, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sakura33@bk.ru

*Шкребнева Элина Ивановна* – заведующий отделением. Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (ул. Семашко, 8, 220045, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: elinyshka@yandex.by

*Олиферко Наталья Петровна* – канд. мед. наук, заведующий отделением. 1-я городская клиническая больница (пр. Независимости, 64, 220072, г. Минск, Республика Беларусь).

### Information about the authors

*Olga M. Zherko* – Ph. D. (Med.), Associate Professor, Head of the Department. Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education (3/3, P. Browka Str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zherco@mail.ru

*Anatoly N. Mikhailov* – Academician, D. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department. Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education (3/3, P. Browka Str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sakura33@bk.ru

*Elina I. Shkrebneva* – Head of the Department. Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (8, Semashko Str., 220045, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: elinyshka@yandex.by

*Natalya P. Olyferko* – Ph. D. (Med.), Head of the Department. 1st City Clinical Hospital (64, Nezavisimosti Ave., Minsk, Republic of Belarus).