

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С СОХРАНЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА

ЖЕРКО О.М.<sup>1</sup>, ШКРЕБНЕВА Э.И.<sup>2</sup>

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

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

Вестник ВГМУ. – 2020. – Том 19, №4. – С. 69-76.

## ULTRASONIC VISUALIZATION OF THE RIGHT VENTRICLE REMODELLING IN CHRONIC HEART FAILURE WITH PRESERVED EJECTION FRACTION

ZHERKO O.M.<sup>1</sup>, SHKREBNEVA E.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Republic of Belarus

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

Vestnik VGMU. 2020;19(4):69-76.

---

### Резюме.

Цель исследования – повысить эффективность диагностики глобального ремоделирования правого желудочка (ПЖ) при хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (ХСНсохрФВ) на основе разработки комплексных критериев его определения по данным трансторакальной эхокардиографии (ТрЭхоКГ) и технологии 2D Speckle Tracking эхокардиографии (STE).

Материал и методы. В 2017-2019 годах на базе УЗ «1-я городская клиническая больница» г. Минска выполнено клиничко-инструментальное исследование 246 пациентов в возрасте 71 [64; 78] года, на базе ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» – 88 пациентов в возрасте 64,0 [58,0; 70,0] лет. Критерии включения в исследование: синусовый ритм, эссенциальная артериальная гипертензия, хроническая ишемическая болезнь сердца, перенесенный в прошлом инфаркт миокарда, после которого прошло не менее полугода, ХСН. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, острые и хронические заболевания почек, легких. ТрЭхоКГ и STE выполнялись на ультразвуковых аппаратах Siemens Acuson S1000 (Германия) и Vivid E9 (GE Healthcare, США) соответственно.

Результаты. Ведущими гемодинамическими и функциональными аномалиями при ХСНсохрФВ, отражающими повышение давления наполнения левого желудочка, комбинированное ремоделирование посткапиллярного и прекапиллярного легочного сосудистого русла и ПЖ, являются среднее давление заклинивания легочных капилляров >8,49 мм рт. ст., легочное сосудистое сопротивление >1,68 ед. Вуда, систолическое давление в ПЖ >26,4 мм рт. ст., скорость трикуспидальной регургитации >2,42 м/сек, диастолическая дисфункция ПЖ I и II типов. Аномалиями глобальной и регионарной систолической и диастолической функции ПЖ по данным STE при ХСНсохрФВ, являются значения глобальной систолической деформации ПЖ GLS >-19,9%, глобальный индекс механической дисперсии ПЖ >50,29 мсек, глобальный постсистолический индекс ПЖ >2,17%, ранняя диастолическая деформация E базальносептального сегмента ПЖ >-4,6%.

Заключение. Разработанный комплекс диагностических критериев глобального ремоделирования ПЖ при ХСНсохрФВ обладает высокими показателями надежности, что позволяет рекомендовать его для использования в практическом здравоохранении.

Ключевые слова: трансторакальная эхокардиография, 2D Speckle Tracking эхокардиография, хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, правый желудочек.

## Abstract.

**Objectives.** To increase diagnostic efficiency of the right ventricle (RV) global remodelling in chronic heart failure with preserved ejection fraction (CHFpEF) based on the development of integrated criteria for its definition according to the findings of transthoracic echocardiography (TTE) and 2D Speckle Tracking echocardiography (STE).

**Material and methods.** In 2017-2019, a clinical and instrumental study of 246 patients aged 71 [64; 78] years was performed on the basis of the First City Clinical Hospital in Minsk, and 88 patients aged 64.0 [58.0; 70.0] years were studied on the basis of Minsk Scientific-Practical Center of Surgery, Transplantation and Hematology. Criteria for inclusion in the study: sinus rhythm, essential arterial hypertension, chronic coronary heart disease, past myocardial infarction, after which at least six months have passed, chronic heart failure. Exclusion criteria: primary mitral regurgitation, mitral stenosis, mitral valve repair or prosthetics, congenital heart defects, acute and chronic diseases of the kidneys, lungs. TTE and STE were performed on ultrasonic machines Siemens Acuson S1000 (Germany) and Vivid E9 (GE Healthcare, USA), respectively. **Results.** The major hemodynamic and functional anomalies in CHFpEF, reflecting LV filling pressure elevation, combined remodelling of the post- and precapillary pulmonary vascular bed and the RV, are the mean pulmonary capillary wedge pressure  $>8.49$  mm Hg, pulmonary vascular resistance  $>1.68$  Wood units, RV systolic pressure  $>26.4$  mm Hg, tricuspid regurgitation rate  $>2.42$  m/s, RV diastolic dysfunction of types I and II. Anomalies of the RV global and regional systolic and diastolic function according to STE data in CHFpEF are the values of the RV global systolic strain  $>-19.9\%$ , the RV global index of mechanical dispersion  $>50.29$  m/s, the RV global post-systolic index  $>2.17\%$ , the RV early diastolic strain E of the RV basal-septal segment  $>-4.6\%$ .

**Conclusions.** The developed complex of diagnostic criteria of the RV global remodelling in CHFpEF possesses high levels of reliability, which enables us to recommend it for use in practical health care.

**Key words:** transthoracic echocardiography, 2D Speckle Tracking echocardiography, chronic heart failure with preserved ejection fraction, right ventricle.

Систолическая и/или диастолическая дисфункция правого желудочка (ПЖ) формируется не менее чем у 22% пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса левого желудочка (ХСНсохрФВ), может протекать бессимптомно и свидетельствовать об адаптивном ремоделировании ПЖ в ответ на увеличение постнагрузки [1]. Типичными патофизиологическими аномалиями при ХСНсохрФВ являются снижение податливости и повышение давления наполнения левого желудочка (ЛЖ) [2]. При левосторонней сердечной недостаточности миокард ПЖ подвергается влиянию нескольких стрессоров, наиболее значимым является перегрузка давлением при хроническом легочном застое, который формируется в условиях повышенного давления наполнения ЛЖ и приводит к ремоделированию легочной сосудистой сети, развитию посткапиллярной легочной гипертензии [1]. У пациентов с ХСНсохрФВ независимую ассоциацию с прогнозом имеют дисфункция ПЖ ( $p<0,001$ ) и систолическое давление в легочной артерии ( $p=0,003$ ), а не показатели, характеризующие ЛЖ [2-4].

В доступных печатных работах, посвященных ультразвуковой визуализации, слабо описаны особенности глобального ремоделирования ПЖ при ХСНсохрФВ, как правило, рассматриваются отдельные методические аспекты опреде-

ления структурно-функциональной перестройки ПЖ. В связи с этим представляется целесообразным изучение и разработка комплекса критериев диагностики глобального ремоделирования ПЖ по данным трансторакальной эхокардиографии (ТрЭхоКГ) и технологии 2D Speckle Tracking эхокардиографии (STE).

Цель исследования – повысить эффективность диагностики глобального ремоделирования ПЖ при ХСНсохрФВ на основе разработки комплексных критериев его определения по данным ТрЭхоКГ и технологии STE.

## Материал и методы

В 2017-2019 годах на базе УЗ «1-я городская клиническая больница» (1 ГКБ) г. Минска выполнено клинико-инструментальное исследование 246 пациентов в возрасте 71 [64; 78] года, на базе ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» (МНПЦХ) – 88 пациентов в возрасте 64,0 [58,0; 70,0] лет. Критерии включения в исследование: синусовый ритм, эссенциальная АГ, хроническая ишемическая болезнь сердца (ИБС), перенесенный в прошлом инфаркт миокарда (ИМ) ЛЖ, после которого прошло не менее полугода, необходимых для стабилизации структур-

но-функциональных показателей ЛЖ, ХСН, информированное согласие пациентов на участие в исследовании. Критерии исключения: первичная митральная регургитация, митральный стеноз, пластика или протезирование митрального клапана, врожденные пороки сердца, острые и хронические заболевания почек, легких.

У пациентов определялся уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) в сыворотке крови. ТрЭхоКГ выполнялась в 1 ГКБ на ультразвуковом аппарате Siemens Acuson S1000 (Германия), STE – в МНПЦХ на ультразвуковом аппарате Vivid E9 (GE Healthcare, США).

Систолическая функция ПЖ оценивалась на основании комплекса показателей: фракции изменения площади (ФИП) ПЖ, скорости систолического пика движения латеральной части трикуспидального фиброзного кольца в режиме импульсно-волновой тканевой доплерографии (s'), амплитуды смещения латеральной части трикуспидального фиброзного кольца в систолу к верхушке в М-режиме (TAPSE), определенных с применением стандартных методик расчетов [4]. Максимальный систолический транстрикуспидальный градиент определялся в режиме непрерывно-волновой доплерографии. Систолическое давление в ПЖ рассчитывалось путем суммирования градиента транстрикуспидальной регургитации и давления в правом предсердии [5].

Среднее давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК) определялось по формуле [6]:

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

где:

E – пиковая скорость раннедиастолического трансмитрального потока;

e' – пиковая скорость раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца.

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) в ед. Вуда рассчитывалось по формуле:

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

где:

$V_{TR}$  – скорость трикуспидальной регургитации в м/сек,

$VTI_{RVOT}$  – интеграл скорость-время в выносящем тракте правого желудочка (ПЖ) в см [6].

Типы диастолической дисфункции (ДД) ПЖ определены согласно рекомендациям Rudski L. G.

et al. [7], ХСНсохрФВ – на основании рекомендаций Европейского общества кардиологов [8].

При помощи программы постобработки изображений на рабочей станции EchoPac PC (GE Healthcare, США) выполнены расчеты ранних диастолических продольных деформаций E базальнолатерального и базальносептального сегментов ПЖ, глобальной продольной систолической деформации (GLS) ПЖ, пиковых систолических деформаций, индексов постсистолических деформаций, времени до пиков систолических продольных деформаций 6 сегментов ПЖ. 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 индексов постсистолической продольной деформации 6 сегментов ПЖ.

В контрольные группы включены пациенты 1 ГКБ (n=75) и МНПЦХ (n=49) без ХСН, в основные группы – пациенты 1 ГКБ (n=100) и МНПЦХ (n=39) с ХСНсохрФВ, имевшие ФВ ЛЖ  $\geq 50\%$ , соответственно.

Для статистического анализа создана база данных в среде Excel-2013, ее статистическую обработку осуществляли с помощью пакета прикладных программ STATISTICA v8.0 (Statsoft Inc., США). Результаты оценивали с использованием непараметрических методов, 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  $\chi^2$ . Для оценки зависимости между рассматриваемыми признаками рассчитывался коэффициент корреляции по Спирмену (r). ROC-анализ использовался при разработке ультразвуковых диагностических критериев структурно-функционального ремоделирования ПЖ при ХСНсохрФВ. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Контрольная и основная группы пациентов 1 ГКБ сопоставимы по возрасту, полу, индексу массы тела (ИМТ), частоте и степени АГ, статистически значимо отличались по частоте заболе-

ваемости хронической ИБС, перенесенного ИМ ЛЖ, уровням NT-proBNP, показателям, характеризующим гемодинамическое ремоделирование легочного сосудистого русла и ПЖ (табл. 1).

По данным корреляционного анализа установлены достоверные взаимосвязи между ХСНсохрФВ и средним ДЗЛК ( $r=0,43$ ,  $p<0,001$ ), ЛСС ( $r=0,52$ ,  $p<0,001$ ), пиковой систолической скоростью трикуспидальной регургитации ( $r=0,40$ ,  $p<0,001$ ), систолическим давлением в ПЖ ( $r=0,53$ ,  $p<0,001$ ), ДД ПЖ ( $r=-0,25$ ,  $p=0,002$ ).

Прогностические для ХСНсохрФВ значения среднего ДЗЛК составляют  $>8,49$  мм рт. ст., ЛСС  $>1,68$  ед. Вуда, пиковой систолической скорости трикуспидальной регургитации (ТР)  $>2,42$  м/сек, систолического давления (СД) в ПЖ  $>26,4$  мм рт. ст. (табл. 2). У 56,0% обследованных пациентов с ХСНсохрФВ определена ДД ПЖ, из них в 40% случаев – ДД ПЖ I типа (замедленной релаксации), 16% – ДД ПЖ II типа (псевдонормализации), в контрольной группе ДД ПЖ II типа не встречалась.

Между ХСНсохрФВ и структурно-функциональными характеристиками ПЖ, определенными по данным ТрЭхоКГ, – конечно-систолической площадью ПЖ ( $r=0,05$ ,  $p=0,46$ ), ФИП ПЖ ( $r=-0,13$ ,  $p=0,08$ ), скоростью пика  $s'$  латеральной части трикуспидального фиброзного кольца ( $r=-0,10$ ,  $p=0,19$ ), TAPSE ( $r=-0,15$ ,  $p=0,05$ ), корреляцион-

ные связи отсутствовали. Хотя показатель TAPSE достоверно отличался в контрольной и основной группах, его абсолютные величины у пациентов с ХСНсохрФВ находились в диапазоне нормальных значений. Таким образом, на основании стандартных показателей ТрЭхоКГ оценить особенности систолической функции ПЖ при ХСНсохрФВ не представляется возможным, требуется выполнение STE.

Контрольная и основная группы пациентов МНПЦХ сопоставимы по возрасту, частоте заболеваемости и степени эссенциальной АГ, ИБС, перенесенного ИМ, величине ФВ ЛЖ, достоверно различались по показателям STE, характеризующим механическую дисперсию и диссинергию ЛЖ (табл. 3).

Определены статистически значимые взаимосвязи между ХСНсохрФВ и GLS ПЖ ( $r=0,62$ ,  $p<0,001$ ), глобальным индексом механической дисперсии ( $r=0,52$ ,  $p=0,002$ ), глобальным постсистолическим индексом ПЖ ( $r=0,60$ ,  $p<0,001$ ), ранней диастолической деформацией Е базальноноспитального сегмента ПЖ ( $r=0,47$ ,  $p<0,001$ ).

Прогностическими для ХСНсохрФВ являются значения GLS ПЖ  $>-19,9\%$ , глобального индекса механической дисперсии  $>50,29$  мсек, глобального постсистолического индекса ПЖ  $>2,17\%$ , ранней диастолической деформации Е базальноноспитального сегмента ПЖ  $>-4,6\%$  (табл. 2).

Таблица 1 – Основные характеристики контрольной и основной групп пациентов 1 городской клинической больницы

Показатели	Контрольная группа	Основная группа	p
Возраст, лет	67 [64; 75]	72 [66; 78]	U=3077,0, p=0,05
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	30,9 [27,0; 36,1]	30,6 [27,1; 33,7]	U=3539,5 p=0,44
АГ, % (n)	100 (75)	100 (100)	-
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
Перенесенный ИМ, % (n)	8,0 (6)	28,0 (28)	$\chi^2=11,19$ p=0,0008
NT-proBNP, пг/мл	75 [47; 104]	284 [201; 404]	U=0,00, p<0,001
ФИП ПЖ, %	40,7 [37,0; 45,8]	38,6 [36,3; 43,5]	U=3179,5, p=0,08
s' ПЖ, см/сек	15,0 [13,0; 16,0]	14,0 [12,0; 16,0]	U=3179,5, p=0,08
TAPSE, мм	24,9 [21,4; 27,1]	22,8 [19,1; 24,5]	U=2638,0, p=0,001
ДД ПЖ, % (n)	40,0 (30)	56,0 (56)	$\chi^2=4,72$ , p=0,03
ДЗЛК, мм рт. ст.	8,0 [7,1; 10,5]	11,7 [8,1; 14,2]	U=1970,5, p<0,001
ЛСС, ед. Вуда	1,39 [1,04; 1,68]	1,77 [1,32; 2,04]	U=2227,5, p=0,0002
Скорость ТР, м/сек	1,8 [1,4; 2,4]	2,7 [2,0; 2,9]	U=1813,5, p<0,001
Систолическое давление в ПЖ, мм рт. ст.	17,5 [10,9; 27,3]	31,3 [16,9; 36,9]	U=2499,5, p=0,0001

Таблица 2 – Качество прогностических критериев глобального ремоделирования правого желудочка при ХСНсохрФВ по данным ROC-анализа

Критерий	AUC (95% ДИ) при $p < 0,0001$	Индекс Юдена	Чувстви- тельность, % (95% ДИ)	Специ- фичность, % (95% ДИ)	+LR (95% ДИ)	-LR (95% ДИ)
ДЗЛК > 8,49 мм рт. ст.	0,83 (0,76-0,88)	0,51	86,3 (77,7-92,5)	65,2 (52,4-76,5)	2,48 (1,9-3,5)	0,21 (0,1-0,3)
ЛСС > 1,68 ед. Вуда	0,81 (0,74-0,87)	0,52	64,0 (52,9-74,0)	87,7 (76,3-94,9)	5,21 (2,6-10,6)	0,41 (0,3-0,6)
Скорость ТР > 2,42 м/сек	0,83 (0,76-0,88)	0,42	64,1 (53,5-73,9)	78,4 (67,3-87,1)	2,97 (1,9-4,7)	0,46 (0,3-0,6)
СД ПЖ > 26,4 мм рт. ст.	0,81 (0,73-0,87)	0,51	70,2 (59,3-79,7)	80,3 (69,1-88,8)	3,56 (2,6-4,6)	0,37 (0,2-0,5)
GLS <sub>ПЖ</sub> > -19,9%	0,86 (0,76-0,73)	0,64	74,2 (55,4-88,1)	88,9 (75,9-96,3)	6,68 (2,8-15,7)	0,29 (0,2-0,5)
Индекс механической дисперсии ПЖ > 50,29 мсек	0,81 (0,70-0,89)	0,52	78,1 (60,0-90,7)	73,9 (58,9-85,7)	2,99 (1,8-5,0)	0,60 (0,2-0,6)
Глобальный постсистолический индекс ПЖ > 2,17%	0,85 (0,76-0,73)	0,53	83,3 (67,2-93,6)	69,8 (53,9-82,8)	2,76 (1,7-4,4)	0,24 (0,1-0,5)
Деформация Е базально-септального сегмента ПЖ > -4,6%	0,78 (0,67-0,87)	0,48	71,0 (52,0-85,8)	77,3 (62,2-88,5)	3,12 (1,7-5,6)	0,38 (0,2-0,7)

Таблица 3 – Характеристика контрольной и основной групп пациентов ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии»

Показатель	Контрольная группа	Основная группа	p
Возраст, лет	64 [59; 71]	62 [56; 69]	U=834,5, p=0,31
АГ, % (n)	98,0 (48)	100,0 (39)	$\chi^2=1,63$ , p=0,44
АГ, степень	2 [2; 2]	2 [2; 2]	$\chi^2=1,30$ , p=0,73
ИБС, % (n)	85,7 (42)	97,4 (37)	$\chi^2=1,37$ , p=0,24
Перенесенный ИМ, % (n)	2,0 (1)	5,1 (2)	$\chi^2=0,67$ , p=0,41
GLS <sub>ПЖ</sub> , %	-22,7 [-20,7; -24,9]	-18,8 [-16,6; -20,5]	U=192,0, p<0,001
Индекс механической дисперсии ПЖ, мсек	36,07 [22,78; 53,82]	68,65 [51,43; 114,11]	U=286,0, p<0,001
Глобальный постсистолический индекс ПЖ, мсек	1,17 [0,17; 2,50]	5,75 [2,67; 11,75]	U=235,5, p<0,001
Деформация Е базально-септального сегмента ПЖ	-5,3 [-6,7; -4,5]	-4,1 [-5,0; -3,5]	U=466,5, p=0,0003

## Обсуждение

Последние исследования по ХСНсохрФВ продемонстрировали, что пациенты с систолической дисфункцией ПЖ, определенной по данным ТрЭхоКГ и МРТ, имеют более тяжелую клиническую симптоматику и высокие функциональные классы ХСН по данным теста 6-минутной ходьбы, повышенный риск госпитализации. Систолическая

дисфункция ПЖ является самым сильным предиктором смерти [9, 10]. По данным инвазивного исследования сердца определено, что для ХСНсохрФВ с дисфункцией ПЖ характерны высокие значения систолического давления в ЛА, ЛСС, транспульмонального градиента [10]. Таким образом, для диагностики дисфункции ПЖ при ХСНсохрФВ по данным ультразвуковой визуализации необходимы критерии, обладающие высокой надежностью.

Диастолическое давление в ЛЖ подобно давлению в ЛП и легочному капиллярному давлению, потому что эти структуры имеют открытое сообщение с ЛЖ во время диастолы [6]. Повышенное давление наполнения ЛЖ, в дополнение к замедленной релаксации и повышенной оперативной жесткости ЛЖ при ДД ЛЖ и ХСНсохрФВ, еще сильнее затрудняет приток крови в ЛЖ, приводит к формированию легочной конгестии, росту среднего ДЗЛК, что вызывает повышение систолического давления в легочной артерии и постнагрузки на ПЖ. Среднее ДЗЛК является независимым показателем, характеризующим давление наполнения ЛЖ или среднее диастолическое давление в ЛЖ, среднее давление в левом предсердии, формирование посткапиллярной легочной гипертензии [1, 6], который может быть определен неинвазивно по данным эхокардиографии. ЛСС отражает ремоделирование прекапиллярного сосудистого русла при ХСНсохрФВ [1, 6].

В исследовании не установлены достоверные изменения стандартных показателей ТрЭхоКГ, характеризующих систолическую функцию ПЖ, однако определены субпороговые аномалии глобальной и сегментарной систолической функции ПЖ по данным STE. Нормальные значения GLS ПЖ у здоровых взрослых составляют  $-24,5 \pm 3,8\%$ , отсутствуют достоверные различия GLS в зависимости от пола и возраста [6]. Методика STE позволяет обнаружить тонкие аномалии продольных систолических деформаций ПЖ у значительной части пациентов с ХСН со сниженной ФВ ЛЖ, в меньшей степени при ХСНсохрФВ, несмотря на находящиеся в пределах нормы показатели TAPSE,  $s'$  и ФИП ПЖ. Симптоматический статус у пациентов с ХСН в значительной мере связан с GLS ПЖ: пациенты с более выраженными нарушениями GLS ПЖ имеют худший функциональный класс ХСН по NYHA, чем с менее измененной GLS ПЖ [12]. Прогностическая ценность глобальной продольной систолической деформации ПЖ продемонстрирована при легочной венозной эмболии и аритмогенной кардиомиопатии ПЖ [7, 11]. Зоны миокарда желудочков со сниженной локальной пиковой систолической продольной деформацией представляют области фиброза, рубца или воспаления. Неоднородность сегментарных сокращений миокарда – механическую дисперсию и диссинергию – могут вызвать региональные различия электрических свойства миокарда [6, 11].

До настоящего времени не разработаны показатели STE, характеризующие локальные систолические деформации ПЖ при ХСНсохрФВ. У обследованных пациентов с ХСНсохрФВ определена взаимосвязь снижения GLS ПЖ с механической дисперсией и диссинергией ПЖ: индексом механической дисперсии ПЖ ( $r=0,59$ ,  $p<0,001$ ), глобальным постсистолическим индексом ПЖ ( $r=0,52$ ,  $p<0,001$ ). Механические и электрические изменения миокарда тесно связаны, и регионарную гетерогенность сокращения можно рассматривать как механические последствия электрических изменений и аномалий ткани [6, 11]. Индекс механической дисперсии характеризует электрическую дисперсию в миокарде ПЖ, которая может привести к искажению функции миокарда – вызвать неоднородность сокращения миокарда или механическую диссинергию и вторичное снижение GLS ПЖ. Диссинхронизация процессов систолической деформации приводит к раннему систолическому растяжению одних сегментов и постсистолическому укорочению других сегментов. Постсистолическая деформация (тардокинез), регистрируемая после закрытия аортального клапана, является достоверным признаком региональной функциональной неоднородности миокарда, например, при ишемии или фиброзе.

Диссинхрония, или негомогенная регионарная сократимость, формируется первой при увеличении требований к систолической функции ПЖ при ХСНсохрФВ, и может быть на этой стадии ремоделирования зарегистрирована только по данным STE. GLS ПЖ обладает сильной дополнительной прогностической ценностью как предиктор общей смертности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний при ХСНсохрФВ, более высокой прогностической ценностью, чем определенные по данным ТрЭхоКГ и МРТ сердца фракция выброса ПЖ, ФИП или TAPSE [13].

Установленные аномалии ранней диастолической деформации Е базальносептального сегмента ПЖ при ХСНсохрФВ коррелируют с ДД ЛЖ ( $r=0,50$ ,  $p<0,001$ ) и ДД ПЖ ( $r=0,27$ ,  $p=0,01$ ).

Хотя ХСНсохрФВ считается заболеванием ЛЖ, параметры визуализации, оценивающие глобальное ремоделирование ЛЖ, не связаны с исходами, напротив, систолическая дисфункция ПЖ независимо ассоциируется с клиническим статусом и смертностью пациентов, и ее своевременное определение обеспечивает полезной

информацией для стратификации рисков при ХСНсохрФВ [4, 9, 10, 12].

## Заключение

1. Ведущими гемодинамическими и функциональными аномалиями, взаимосвязанными с ХСНсохрФВ и отражающими повышение давления наполнения ЛЖ, комбинированное ремоделирование посткапиллярного и прекапиллярного легочного сосудистого русла, ПЖ, являются среднее ДЗЛК >8,49 мм рт. ст., ЛСС >1,68 ед. Вуда, систолическое давление в ПЖ >26,4 мм рт. ст., максимальная систолическая скорость трикуспидальной регургитации >2,42 м/сек, ДД ПЖ I и II типов (замедленной релаксации и псевдонормализации).

2. Методика STE является чувствительным инструментом ранней диагностики аномалий глобальной и регионарной систолической и диастолической функции ПЖ при ХСНсохрФВ, формирующихся до снижения стандартных показателей ТрЭхоКГ, определяющих систолическую функцию ПЖ.

3. Разработаны диагностические показатели STE, характеризующие диссинхронию, или негомогенную регионарную сократимость, и глобальное ремоделирование ПЖ при ХСНсохрФВ: значение GLSPЖ >-19,9%, глобальный индекс механической дисперсии ПЖ >50,29 мсек, глобальный постсистолический индекс ПЖ >2,17%, ранняя диастолическая деформация Е базально-септального сегмента ПЖ >-4,6%.

## Литература

1. Right heart dysfunction and failure in heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms and management. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology / T. M. Gorter [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2018 Jan. – Vol. 20, N 1. – P. 16–37.
2. 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.
3. Biomechanical and Hemodynamic Measures of Right Ventricular Diastolic Function: Translating Tissue Biomechanics to Clinical Relevance / S. Jang [et al.] // J. Am. Heart Assoc. – 2017 Sep. – Vol. 6, N 9. – e006084. doi: 10.1161/JAHA.117.006084.
4. The right heart in heart failure with preserved ejection fraction: insights from cardiac magnetic resonance imaging and invasive haemodynamics / S. Aschauer [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2016 Jan. – Vol. 18, N 1. – P. 71–80.
5. Жерко, О. М. Клиническая трансторакальная эхокардиография / О. М. Жерко. – Минск : Альфа-книга, 2016. – 832 с.
6. The practice of clinical echocardiography / ed. C. M. Otto. – 5th ed. – Philadelphia, Pennsylvania : Elsevier, 2017. – 965 p.
7. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography / L. G. Rudski [et al.] // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 2010 Jul. – Vol. 23, N 7. – P. 685–713.
8. 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 Jul. – Vol. 37, N 27. – P. 2129–2200.
9. Right heart dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction / V. Melenovsky [et al.] // Eur. Heart J. – 2014 Dec. – Vol. 35, N 48. – P. 3452–3462.
10. The right heart in heart failure with preserved ejection fraction: insights from cardiac magnetic resonance imaging and invasive haemodynamics / S. Aschauer [et al.] // Eur. J. Heart Fail. – 2016 Jan. – Vol. 18, N 1. – P. 71–80.
11. Collier, P. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography / P. Collier, D. Phelan, A. Klein // J. Am. Coll. Cardiol. – 2017 Feb. – Vol. 69, N 8. – P. 1043–1056.
12. Normal range and usefulness of right ventricular systolic strain to detect subtle right ventricular systolic abnormalities in patients with heart failure: a multicentre study / D. A. Morris [et al.] // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. – 2017 Feb. – Vol. 18, N 2. – P. 212–223.
13. Additional Prognostic Value of 2D Right Ventricular Speckle-Tracking Strain for Prediction of Survival in Heart Failure and Reduced Ejection Fraction / L. Houard [et al.] // JACC. Cardiovasc. Imaging. – 2019 Dec. – Vol. 12, N 12. – P. 2373–2385.

Поступила 16.03.2020 г.

Принята в печать 10.08.2020 г.

## References

1. Gorter TM, van Veldhuisen DJ, Bauersachs J, Borlaug BA, Celutkiene J, Coats AJS, et al. Right heart dysfunction and failure in heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms and management. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society

- of Cardiology. Eur J Heart Fail. 2018 Jan;20(1):16-37. doi: 10.1002/ehf.1029
2. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology

- (ESC). Eur Heart J. 2019;40(4):3297-317. doi: 10.1093/eurheartj/ehz641
3. Jang S, Vanderpool RR, Avazmohammadi R, Lapshin E, Bachman TN, Sacks M, et al. Biomechanical and Hemodynamic Measures of Right Ventricular Diastolic Function: Translating Tissue Biomechanics to Clinical Relevance. J Am Heart Assoc. 2017 Sep;6(9):e006084. doi: 10.1161/JAHA.117.006084
4. Aschauer S, Kammerlander AA, Zotter-Tufaro C, Ristl R, Pfaffenberger S, Bachmann A, et al. The right heart in heart failure with preserved ejection fraction: insights from cardiac magnetic resonance imaging and invasive haemodynamics. Eur J Heart Fail. 2016 Jan;18(1):71-80. doi: 10.1002/ejhf.418
5. Zherko OM. Clinical transthoracic echocardiography. Minsk, RB: Al'fakniga; 2016. 832 p. (In Russ.)
6. Otto CM, ed. The practice of clinical echocardiography. 5th ed. Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier; 2017. 965 p.
7. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2010 Jul;23(7):685-713. doi: 10.1016/j.echo.2010.05.010
8. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, 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. Eur Heart J. 2016 Jul;37(27):2129-200. doi: 10.1093/eurheartj/ehw128
9. Melenovsky V, Hwang S-J, Lin G, Redfield MM, Borlaug BA. Right heart dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction. Eur Heart J. 2014 Dec;35(48):3452-62. doi: 10.1093/eurheartj/ehu193
10. Aschauer S, Kammerlander AA, Zotter-Tufaro C, Ristl R, Pfaffenberger S, Bachmann A, et al. The right heart in heart failure with preserved ejection fraction: insights from cardiac magnetic resonance imaging and invasive haemodynamics. Eur J Heart Fail. 2016 Jan;18(1):71-80. doi: 10.1002/ejhf.418
11. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. J Am Coll Cardiol. 2017 Feb;69(8):1043-1056. doi: 10.1016/j.jacc.2016.12.012
12. Morris DA, Krisper M, Nakatani S, Köhncke C, Otsuji Y, Belyavskiy E, et al. Normal range and usefulness of right ventricular systolic strain to detect subtle right ventricular systolic abnormalities in patients with heart failure: a multicentre study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017 Feb;18(2):212-223. doi: 10.1093/ehjci/jew011
13. Houard L, Benaets M-B, de Meester de Ravenstein C, Rousseau MF, Ahn SA, Amzulescu M-, et al. Additional Prognostic Value of 2D Right Ventricular Speckle-Tracking Strain for Prediction of Survival in Heart Failure and Reduced Ejection Fraction. JACC Cardiovasc Imaging. 2019 Dec;12(12):2373-85. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.11.028

Submitted 16.03.2020

Accepted 10.08.2020

#### Сведения об авторах:

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

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

#### Information about authors:

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

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

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

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