

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-317>

Роль спекл-трекинг-эхокардиографии в оценке функции правого желудочка у пациентов с хронической сердечной недостаточностью и легочной гипертензией

К.В. Кондрашова^{1*}, М.К. Рыбакова²

¹ ГБУЗ Калужской области “Калужская областная клиническая больница”; 248007 Калуга, ул. Вишневского, д. 1, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

Актуальность. Дисфункция правого желудочка (ПЖ) играет важную роль в течении хронической сердечной недостаточности (ХСН), ее осложнений и исходов. Своевременная диагностика дисфункции ПЖ позволяет скорректировать терапию и предотвратить неблагоприятный исход заболевания.

Цель исследования: определить диагностическую значимость и воспроизводимость параметров продольной деформации ПЖ для выявления его дисфункции у пациентов с ХСН и легочной гипертензией (ЛГ) при помощи двухмерной спекл-трекинг эхокардиографии.

Материал и методы. Обследован 41 пациент с ХСН вследствие ишемической болезни сердца или дилатационной кардиомиопатии с признаками ЛГ по данным трансторакальной эхокардиографии. Средний возраст пациентов составил $69,2 \pm 10,1$ года; 12 (29%) женщин и 29 (71%) мужчин. У большей части больных с ХСН (65,9%) фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) была в пределах нормы. При эхокардиографическом исследовании оценивались стандартные показатели функции ПЖ, а также показатели продольной деформации (глобальная продольная систолическая деформация (ГПСД) ПЖ и продольная систолическая деформация свободной стенки (ПСД СС) ПЖ). В контрольную группу включен 31 человек с отсутствием признаков дисфункции сердца в покое (средний возраст $57,9 \pm 12,2$ года). Воспроизводимость метода измерения ГПСД ПЖ и ПСД СС ПЖ оценивали путем анализа меж- и внутриоператорской вариабельности.

Результаты. Выявлено достоверное снижение всех показателей систолической функции ПЖ у пациентов с ХСН и ЛГ ($p < 0,0001$). При сниженной ФВ ЛЖ параметры функции ПЖ были ниже. По результатам ROC-анализа показатели ГПСД ПЖ и ПСД СС ПЖ продемонстрировали высокую чувствительность и специфичность в отношении дисфункции ПЖ. Проведенный анализ меж- и внутриоператорской вариабельности, а также коэффициента внутригрупповой корреляции показал хорошую воспроизводимость метода измерения продольной деформации ПЖ.

Выводы. Всесторонняя оценка функции правого желудочка с применением деформационных методик у больных с хронической сердечной недостаточностью и легочной гипертензией позволяет чаще выявить его дисфункцию.

Кондрашова Ксения Владимировна – врач ультразвуковой диагностики, заведующая отделением ультразвуковой диагностики регионального сосудистого центра ГБУЗ КО “Калужская областная клиническая больница”, Калуга. <https://orcid.org/0009-0000-4672-2779>

Рыбакова Марина Константиновна – доктор мед. наук, профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва.

Контактная информация*: Кондрашова Ксения Владимировна – e-mail: xenijasv@yandex.ru

Ключевые слова: спекл-трекинг-эхокардиография; функция правого желудочка; хроническая сердечная недостаточность

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Кондрашова К.В., Рыбакова М.К. Роль спекл-трекинг-эхокардиографии в оценке функции правого желудочка у пациентов с хронической сердечной недостаточностью и легочной гипертензией. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2025; 31 (1): 74–84. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-317>

Поступила в редакцию: 01.12.2024.

Принята к печати: 12.02.2025.

Опубликована online: 02.03.2025.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Дисфункция левого желудочка (ЛЖ) – наиболее распространенная причина правосторонней сердечной недостаточности в результате вовлечения правого желудочка (ПЖ) в структурную или ишемическую болезнь сердца (ИБС) или косвенной его дисфункции из-за взаимодействия желудочков, легочного застоя или аритмий [1, 2]. Нарушение функции ПЖ при хронической сердечной недостаточности (ХСН) ЛЖ развивается через непосредственное взаимодействие через межжелудочковую перегородку (МЖП), через активацию нейрогуморальных процессов, приводящих ПЖ и ЛЖ в общий процесс повреждения миокарда, через снижение коронарной перфузии, а также через увеличение постнагрузки из-за повышения давления в легочных венах и артериях [3]. Степень снижения сократимости ПЖ отражает истощение компенсационных механизмов, что существенно влияет на тяжесть сердечной недостаточности и является предиктором сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с дисфункцией ЛЖ после острого инфаркта миокарда [4–6]. При дилатационной кардиомиопатии дисфункция ПЖ объясняется изменением условий нагрузки вследствие нарушения диастолической функции ЛЖ, а также вовлечением миокарда ПЖ в миопатический процесс [7]. Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) – один из наиболее широко применяемых инструментов для оценки функции ПЖ, но поскольку ПЖ имеет сложную анатомию, а также загрудинное расположение, оценка его функции по данным ЭхоКГ имеет ряд ограничений, а двухмерная оценка его объема значительно затруднена [8, 9]. Поэтому рекомендует-

ся оценивать функцию ПЖ по следующим параметрам: индекс миокардиальной производительности, амплитуда движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion – TAPSE), фракционное изменение площади правого желудочка (ФИП ПЖ), скорость движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана в тканевом доплере (пик s) и фракция выброса (ФВ) ПЖ при трехмерной ЭхоКГ [10, 11]. Спекл-трекинг-ЭхоКГ дает более полную информацию о функции и механике ПЖ. По аналогии с продольной деформацией ЛЖ, которая более изучена и широко применяется, оценка продольной деформации ПЖ представляет возможность более раннего выявления его дисфункции, предшествующей снижению ФВ.

Цель исследования: определить диагностическую значимость и воспроизводимость параметров продольной деформации ПЖ для выявления его дисфункции у пациентов с ХСН и легочной гипертензией (ЛГ) при помощи двухмерной спекл-трекинг-ЭхоКГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследован 41 пациент с ХСН вследствие ИБС ($n = 39$) и дилатационной кардиомиопатии (ДКМП) ($n = 2$), с ЛГ по данным трансторакальной ЭхоКГ, получавших лечение в условиях Регионального сосудистого центра с декабря 2022 г. по декабрь 2023 г. Все пациенты на догоспитальном этапе получали многокомпонентную терапию и были госпитализированы с основными жалобами на одышку, снижение толерантности к физической нагрузке.

Критерии включения пациентов в исследование: 1) возраст старше 18 лет, 2) наличие ЛГ по данным трансторакальной ЭхоКГ, 3) наличие ХСН III–IV функционального класса по NYHA, развившейся в результате ИБС и ДКМП, 4) информированное согласие на участие в исследовании. Средний возраст пациентов составил $69,2 \pm 10,1$ года; 12 (29%) женщин и 29 (71%) мужчин. Большинство пациентов данной группы (95,1%) имели сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия (25 человек, 61%), сахарный диабет (14 человек, 34,1%). У 20 (48,8%) пациентов имелись нарушения ритма в виде постоянной формы фибрилляции/трепетания предсердий, у 8 (19,5%) был ранее имплантирован электрокардиостимулятор (ЭКС).

Критерии исключения: острый инфаркт миокарда, ЧСС (ЧЖС) более 90 уд/мин, поражение трикуспидального клапана (ТК) вследствие инфекционного эндокардита; протезирование ТК в анамнезе; сочетание ХСН и острой (хронической) тромбоэмболии легочной артерии; неудовлетворительное качество изображения, затрудняющее проведение и трактовку результатов ЭхоКГ.

В группу контроля включен 31 здоровый доброволец. Средний возраст лиц контрольной группы составил $57,9 \pm 12,2$ года (40–78 лет). Среди них было 20 (64,5%) женщин, 11 (35,5%) мужчин. Критериями включения в контрольную группу являлись: возраст старше 18 лет, отсутствие жалоб со стороны сердечно-сосудистой системы, отсутствие по данным инструментальных методов обследования объективных признаков дисфункции сердца в покое.

Трансторакальная ЭхоКГ проводилась на аппарате Vivid E95 (GE HealthCare, США) с синхронизацией ЭКГ. Постобработка данных осуществлялась с использованием программного пакета EchoPak (GE HealthCare, США). Количественные параметры представлены в виде $M \pm SD$ для величин с нормальным распределением и в виде медианы (25-й; 75-й перцентиль) для величин с распределением, отличным от нормального. При анализе учитывали модули отрицательных величин. Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Систолическая функция ЛЖ оценивалась путем расчета ФВ ЛЖ биплановым способом, согласно действующим рекомендациям по ЭхоКГ [10],

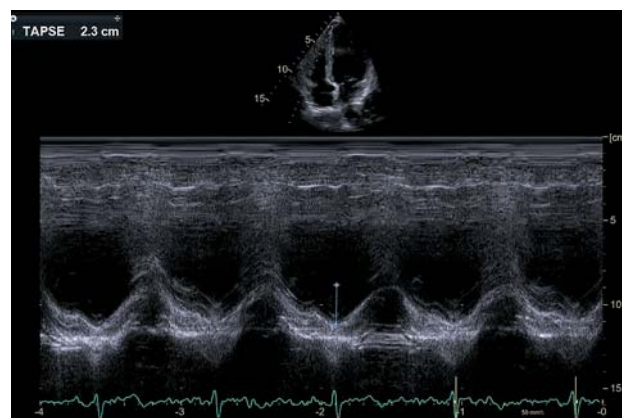


Рис. 1. Измерение амплитуды движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана – TAPSE. TAPSE измеряется в М-режиме с оптимальным расположением курсора вдоль направления латеральной части кольца трехстворчатого кольца в апикальной четырехкамерной проекции.

Fig. 1. Measurement of the lateral tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE). TAPSE is assessed in M-mode with optimal cursor alignment along the lateral aspect of the tricuspid annulus in the apical four-chamber view.

а также измерением глобальной продольной деформации (ГПД) ЛЖ. Для измерения ГПД ЛЖ выполнялась запись цифровых кинопетель из апикального доступа в 4, 2 и 3-камерной позициях с частотой кадров 70–100 в секунду, после чего система автоматически генерировала контур. По результатам анализа рассчитывалось среднее значение продольной деформации для всего ЛЖ.

Согласно Клиническим рекомендациям “Хроническая сердечная недостаточность” от 2024 г., пациенты с ХСН и ЛГ были разделены на 2 группы в зависимости от значений ФВ ЛЖ: 27 (65,9%) пациентов с сохраненной ФВ ЛЖ ($\leq 50\%$) и 14 (34,1%) пациентов со сниженной ФВ ЛЖ ($< 50\%$) [2]. В качестве количественных показателей систолической функции ПЖ использовались: TAPSE (рис. 1), ФИП ПЖ (рис. 2), скорость движения латеральной части фиброзного кольца ТК в тканевом доплере – пик s (рис. 3). Индекс миокардиальной производительности у пациентов не оценивался, так как у подавляющего числа пациентов с ХСН и ЛГ имелись фибрилляция предсердий или ранее имплантированный ЭКС.

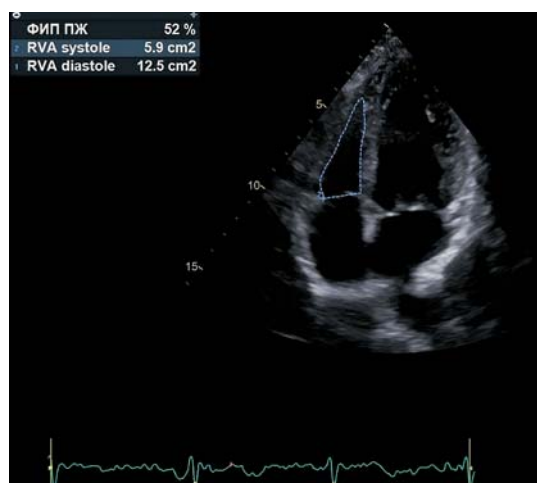


Рис. 2. Измерение фракционного изменения площади ПЖ из апикального четырехкамерного доступа проводится путем трассировки эндокарда ПЖ в систолу и диастолу, включая трабекулы. RVA systole – конечно-систолическая площадь ПЖ, RVA diastole – конечно-диастолическая площадь ПЖ.

Fig. 2. Measurement of right ventricular fractional area change from the apical four-chamber view is performed by tracing the RV endocardium in systole and diastole, including trabeculations. RVA systole – right ventricular end-systolic area; RVA diastole – right ventricular end-diastolic area.

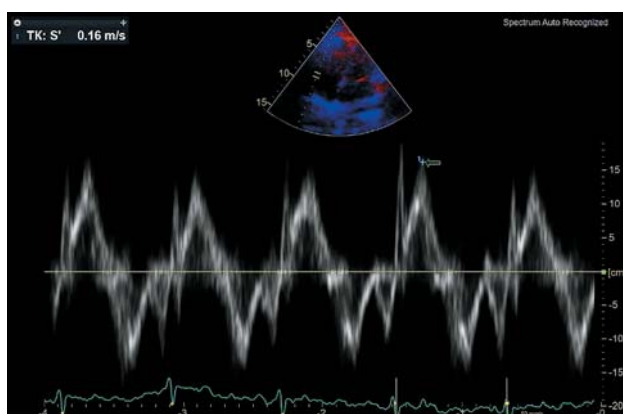


Рис. 3. Измерение максимальной систолической скорости движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана в режиме тканевого доплера (s).

Fig. 3. Measurement of the peak systolic velocity of the lateral tricuspid annulus using tissue Doppler imaging (s).

Учитывая, что показатели TAPSE и скорости пика s могут зависеть от угла между лучом сканирования и направлением движения латеральной части фиброзного кольца трехстворчатого клапана, а также от условий нагрузки на желудочек, оценивают лишь базальный отдел свободной стенки ПЖ [12, 13], критерием наличия дисфункции ПЖ в данном исследовании считали снижение ФИП <35% [10, 11].

Для оценки продольной деформации ПЖ использовали апикальный четырехкамерный доступ с ориентацией на ПЖ, оценивали глобальную продольную систолическую деформацию (ГПСД) ПЖ и продольную систолическую деформацию свободной стенки (ПСД СС) ПЖ (рис. 4, 5). Для оценки ЛГ измеряли систолическое (СДЛА), среднее (СрДЛА) и диастолическое (ДДЛА) давление в легочной артерии (ЛА). СДЛА оценивали с помощью непрерывно-волновой доплерографии потока трикуспидальной регургитации по модифицированному уравнению Бернулли: $\text{СДЛА} = 4V_{\text{ТР}}^2 + \text{давление в правом предсердии}$, где $V_{\text{ТР}}$ – пиковая скорость потока трикуспидальной регургитации. ДДЛА рассчитывали по конечной диастолической скорости легочной регургитации с помощью непрерывно-волновой доплерографии: $\text{ДДЛА} = 4V_{\text{ЛР}}^2 + \text{давление в правом предсердии}$, где $V_{\text{ЛР}}$ – скорость потока легочной регургитации в конце диастолы. $\text{СрДЛА} = 1/3 (\text{СДЛА}) + 2/3 (\text{ДДЛА})$ [11]. Критерием наличия ЛГ считали величину СДЛА более 40 мм рт.ст. [11].

Для оценки межоператорской воспроизводимости анализ производился двумя независимыми исследователями у 20 случайно выбранных пациентов на серошальных изображениях. Для оценки внутриоператорской воспроизводимости был проведен анализ одним оператором с разницей более 4 нед у 20 случайно выбранных пациентов.

Статистическую обработку производили с использованием пакета прикладных программ Medcalc (версия 22.005-64bit). Корреляционный анализ в исследовании включал в себя применение коэффициента Пирсона (для нормально распределенных величин) и коэффициента корреляции рангов Спирмена (для величин с распределением, отличным от нормального), вычисление корреляционной матрицы, расчет 95% доверительных интервалов (ДИ) для стати-

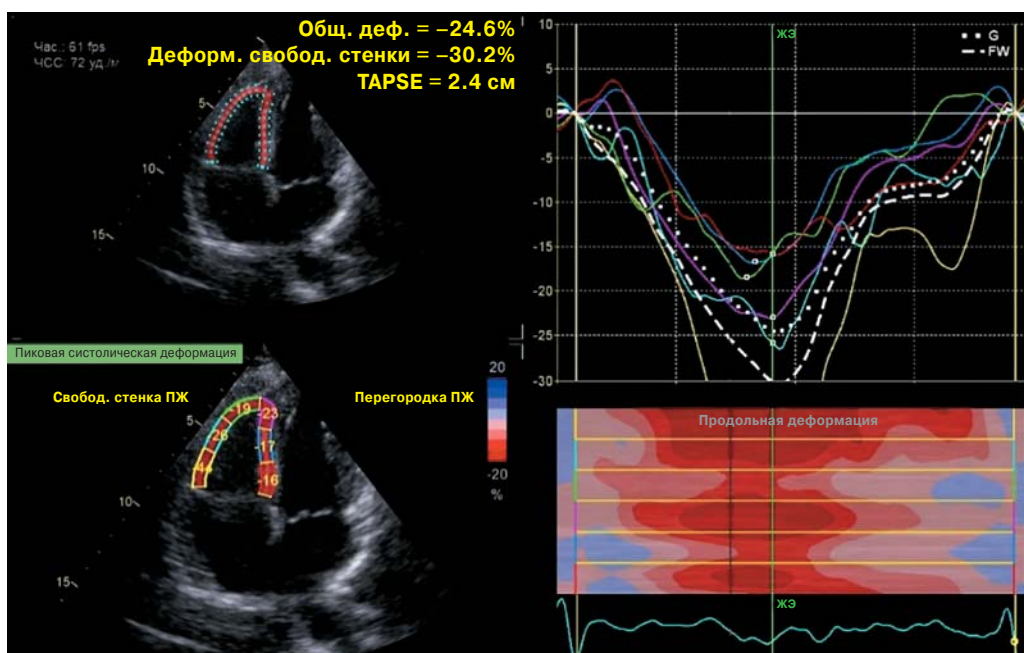


Рис. 4. Продольная деформация ПЖ в норме, измеренная из апикального четырехкамерного доступа с ориентацией на ПЖ. Общ. деф. – ГПСД ПЖ, Деформ. свобод. стенки – ПСД СС ПЖ, G – график ГПСД ПЖ, FW – график ПСД СС ПЖ.

Fig. 4. Normal right ventricular longitudinal strain measured from the apical four-chamber view with RV-focused orientation. Общ. деф. – RVGLS, Деформ. свобод. стенки – RVFWLS, G – RVGLS graph, FW – RVFWLS graph.

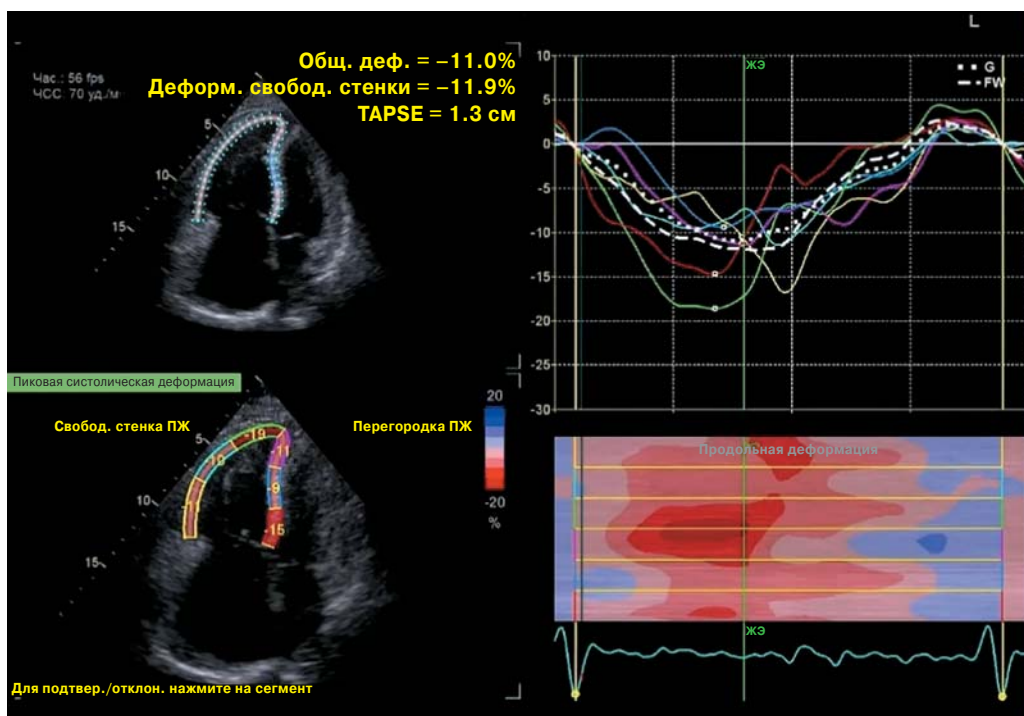


Рис. 5. Изменение продольной деформации ПЖ при ХСН и ЛГ. Общ. деф. – ГПСД ПЖ, Деформ. свобод. стенки – ПСД СС ПЖ, G – график ГПСД ПЖ, FW – график ПСД СС ПЖ.

Fig. 5. Changes in right ventricular longitudinal strain in CHF and PH. Общ. деф. – RVGLS, Деформ. свобод. стенки – RVFWLS, G - RVGLS graph, FW – RVFWLS graph.

стически значимых коэффициентов. Для оценки диагностической значимости показателей продольной деформации ПЖ использовали ROC-анализ с представлением пороговых значений, чувствительности и специфичности предлагаемых тестов, а также площади под кривой (area under the curve – AUC) с 95% ДИ.

При оценке воспроизводимости рассчитывался коэффициент вариации (CV) и коэффициент внутригрупповой корреляции. Слабой считалась вариабельность при CV <10%, средней – при CV от 10 до 20%, сильной – при CV >20%. При значении коэффициента внутригрупповой корреляции менее 0,5 воспроизводимость классифицировалась как плохая, при 0,50–0,75 – умеренная, 0,75–0,90 – хорошая и более 0,90 – отличная.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В контрольной группе показатели систолической функции ЛЖ были в пределах нормативных значений: ФВ ЛЖ составила $64,8 \pm 4,3\%$, ГПД ЛЖ $20,5 \pm 2,0\%$. При ХСН и ЛГ ФВ ЛЖ была сохранена у 27 (65,9%) пациентов, в то же время снижение продольной деформации ЛЖ отмечалось гораздо в большем числе случаев – у 38 (92,7%).

Показатели систолической функции ПЖ в исследуемых группах представлены в табл. 1.

У пациентов с ХСН и ЛГ отмечалось снижение всех показателей систолической функции ПЖ по сравнению с контрольной группой. Выявлено достоверное различие показателей функции ПЖ у пациентов с сохраненной и сниженной ФВ ЛЖ (табл. 2). Показатели систолической функ-

Таблица 1. Показатели систолической функции ПЖ в исследуемых группах

Table 1. Right ventricular systolic function parameters in the study groups

Показатель	Контрольная группа (n = 31)	Группа ХСН и ЛГ (n = 41)	p
TAPSE, мм	24,0 22,0–25,0 $23,5 \pm 2,3$ 18,0–27,0	16,0 13,0–17,3 $15,7 \pm 4,4$ 6,0–29,0	p < 0,0001
Фракционное изменение площади ПЖ, %	49,6 42,5–52,8 $48,4 \pm 7,0$ 37,0–67,0	32,0 24,8–35,8 $32,0 \pm 10,0$ 16,0–60,0	p < 0,0001
s, мс	15,0 13,0–16,0 $14,7 \pm 2,7$ 10,0–22,0	11,0 7,8–13,0 $10,9 \pm 4,0$ 4,0–23,0	p < 0,0001
ГПСД ПЖ, %	22,6 21,3–24,6 $23,1 \pm 2,6$ 18,5–29,0	14,7 10,9–18,6 $14,8 \pm 5,4$ 6,1–25,7	p < 0,0001
ПСД СС ПЖ, %	25,0 22,7–28,6 $25,8 \pm 3,8$ 20,2–33,5	16,2 12,4–21,9 $17,2 \pm 6,4$ 6,9–31,0	p < 0,0001

Примечание. Здесь и в табл. 2: количественные данные представлены в виде медианы (1-я строка ячейки), интерквартильного размаха (2-я строка ячейки), $M \pm SD$ (3-я строка ячейки) и min–max (4-я строка ячейки). TAPSE – амплитуда движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана; s – максимальная систолическая скорость движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана в режиме тканевого доплера; ГПСД ПЖ – глобальная продольная систолическая деформация ПЖ; ПСД СС ПЖ – пиковая систолическая деформация свободной стенки ПЖ.

Таблица 2. Показатели систолической функции ПЖ при сохраненной и сниженной ФВ ЛЖ
Table 2. Right ventricular systolic function parameters in patients with preserved and reduced LVEF

Показатель	Сохраненная ФВ ЛЖ (n = 27)	Сниженная ФВ ЛЖ (n = 14)	p
TAPSE, мм	17,0 15,0–18,8 17,2 ± 4,2 10,0–29,0	13,0 12,0–15,0 12,9 ± 3,3 6,0–19,0	0,0013
Фракционное изменение площади ПЖ, %	34,0 30,5–41,0 35,2 ± 10,2 17,0–60,0	26,0 21,0–31,0 25,8 ± 5,9 16,0–34,0	0,0012
s, мс	12,0 10,0–13,8 12,3 ± 3,9 6,0–23,0	7,5 6,0–9,0 8,1 ± 2,6 4,0–14,0	0,0008
ГПСД ПЖ, %	17,3 13,2–19,8 17,1 ± 4,8 7,4–25,7	10,5 7,8–12,0 10,5 ± 3,5 6,1–18,4	0,0001
ПСД СС ПЖ, %	20,0 15,5–23,8 19,7 ± 6,1 7,9–31,0	12,0 9,7–14,7 12,5 ± 3,8 6,9–21,2	0,0003

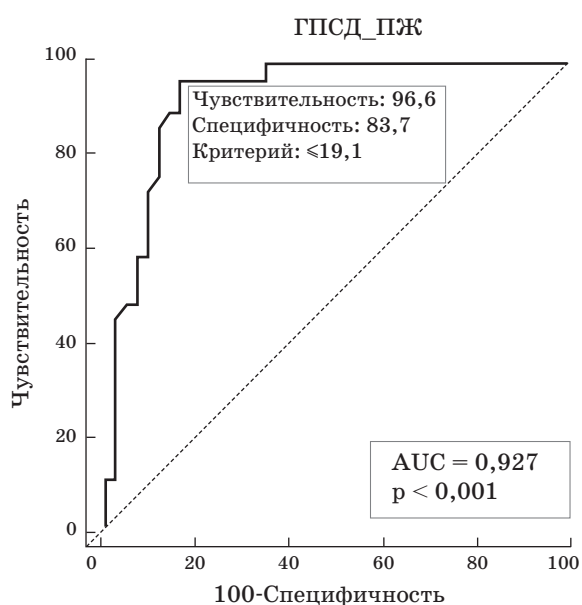


Рис. 6. Диагностическая значимость ГПСД ПЖ у пациентов с ХСН и ЛГ.

Fig. 6. Diagnostic value of RVGLS in patients with CHF and PH.

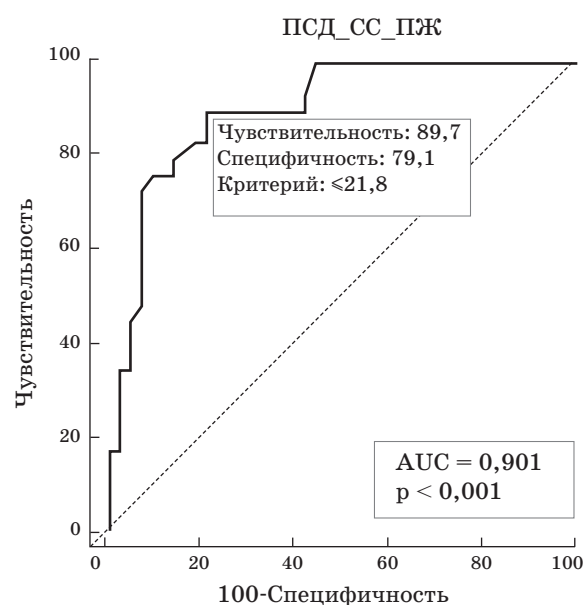


Рис. 7. Диагностическая значимость ПСД СС ПЖ у пациентов с ХСН и ЛГ.

Fig. 7. Diagnostic value of RVFWLS in patients with CHF and PH.

Таблица 3. Оценка коэффициента внутригрупповой корреляции**Table 3.** Intraclass correlation coefficient analysis

Вид корреляции	ГПСД ПЖ	ПСД СС ПЖ
Межоператорская	0,98	0,96
Внутриоператорская	0,96	0,96

ции ПЖ у пациентов со сниженной ФВ ЛЖ были достоверно ниже, чем при сохраненной ФВ ЛЖ.

Дисфункция ПЖ по критерию ФИП <35% при сохраненной ФВ ЛЖ ($n = 27$) отмечена у 15 (55,6%) пациентов. В то же время у всех пациентов со сниженной ФВ ЛЖ значение ФИП ПЖ было менее 35%.

Результаты ROC-анализа для показателей продольной деформации ПЖ представлены на рис. 6, 7.

Проведенный ROC-анализ показал высокую диагностическую значимость параметров продольной деформации ПЖ при ХСН и ЛГ. У пациентов с ХСН и ЛГ при пороговом значении ГПСД ПЖ $\leq 19,1\%$ определялась высокая чувствительность (96,6%) и специфичность (83,7%) в отношении дисфункции ПЖ. Для ПСД СС ПЖ при значении $\leq 21,8\%$ показатели чувствительности и специфичности были несколько ниже (89,7 и 79,1% соответственно).

Для анализа внутри- и межоператорской воспроизводимости вычисляли коэффициент внутригрупповой корреляции, значения которого представлены в табл. 3. Параметры воспроизводимости были следующими: внутриоператорская воспроизводимость – CV для ПСД СС ПЖ составил 11,8%, для ГПСД ПЖ – 9,6%. Межоператорская воспроизводимость: CV для ПСД СС ПЖ – 10,1%, для ПСД ПЖ – 6,5%.

Для обоих показателей продольной деформации ПЖ воспроизводимость по данным значений коэффициента внутригрупповой корреляции может быть оценена как отличная.

ОБСУЖДЕНИЕ

Всесторонняя оценка функции ПЖ у больных с ХСН и ЛГ по данным трансторакальной ЭхоКГ является важным этапом диагностики. Количество исследо-

ваний об эхокардиографической оценке функции ПЖ при ХСН постоянно растет [14–19]. Применение новых технологий, таких как спекл-трекинг-ЭхоКГ, позволяет выявить более ранние изменения ПЖ. Однако остается открытым вопрос о референсных значениях деформации ПЖ [15], о прогностической ценности продольной деформации каждого отдельного сегмента свободной стенки ПЖ и МЖП, а также значений глобального стрейна ПЖ [16]. Кроме того, некоторые авторы отмечают зависимость полученных значений продольной деформации ПЖ от опыта оператора в выполнении этого метода, а также зависимость референсных значений от программного обеспечения [17]. Нами отмечена слабая меж- и внутриоператорская вариабельность для ГПСД ПЖ, умеренная – для ПСД СС ПЖ, что согласуется с данными предыдущих исследований [18].

Значения продольной деформации ПЖ у здоровых лиц в нашем исследовании сопоставимы с ранее проведенными исследованиями [10, 17, 20]. Выявлены достоверные различия в показателях функции ПЖ у пациентов с ХСН и ЛГ с сохраненной и сниженной ФВ ЛЖ. Более выраженные отличия наблюдались у показателей продольной деформации ПЖ. В доступных источниках мы не нашли исследований с похожим дизайном, однако в исследованиях о роли дисфункции ПЖ в течении ХСН есть данные о продольной деформации ПЖ. Так, D.A. Morris и соавт. при исследовании показателей продольной деформации ПЖ у пациентов с ХСН отметили, что эти параметры значительно связаны с симптоматическим статусом пациентов [17]. В исследовании M.L. Naesk и соавт. отмечена высокая прогностическая значимость значения ПСД СС ПЖ <19% в оценке трехлетней выживаемости у пациентов с ЛГ (в том числе при ХСН) [18]. S. Lejeune и соавт. также отметили значимые различия ГПСД ПЖ у здоровых лиц ($25,9 \pm 4,2\%$) и пациентов с ХСН с сохраненной ФВ ЛЖ ($21,7 \pm 4,9\%$), а значения ГПСД ПЖ менее 17,5% и ПСД СС ПЖ менее 18,1% были предикторами общей смертности в популяции пациентов с ХСН с сохраненной ФВ ЛЖ [19]. Кроме того, авторы отметили хорошую корреляцию ФВ ПЖ, измеренную при МРТ, и ГПСД ПЖ [21].

В нашем исследовании проведена оценка диагностической значимости методов измерения продольной деформации ПЖ в выявлении его дисфункции. Отмечено, что применение методики спекл-трекинг-ЭхоКГ может помочь в диагностике дисфункции ПЖ у больных с ХСН и ЛГ, особенно при сохраненной ФВ ЛЖ. По данным ROC-анализа отмечена высокая диагностическая значимость параметров продольной деформации ПЖ для выявления дисфункции ПЖ при ХСН и ЛГ, особенно для показателя ГПСД ПЖ. Это можно объяснить тем, что миокард обоих желудочков и МЖП являются одним целым, а также вовлечением миокарда ПЖ в миопатический процесс [7, 21]. Ограничениями нашего исследования являлись невозможность проведения всем пациентам магнитно-резонансной томографии сердца, которая является “золотым стандартом” оценки функции ПЖ, а также небольшое количество включенных в наше исследование пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено достоверное снижение всех показателей систолической функции ПЖ у пациентов с ХСН и ЛГ ($p < 0,0001$) вне зависимости от величины ФВ ЛЖ.

2. Показатели ГПСД ПЖ и ПСД СС ПЖ продемонстрировали высокую чувствительность и специфичность в отношении дисфункции ПЖ.

3. Анализ меж- и внутриоператорской вариабельности, а также коэффициента внутригрупповой корреляции показал хорошую воспроизводимость показателей продольной деформации ПЖ.

Участие авторов

Кондрашова К.В. – проведение исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста, участие в научном дизайне, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Рыбакова М.К. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Kondrashova K.V. – conducting research, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, participation in scientific design, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Rybakova M.K. – concept and design of the study, review of publications, text preparation and editing, participation in scientific design, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Lahm T., McCaslin C.A., Wozniak T.C. et al. Medical and surgical treatment of acute right ventricular failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010; 56 (18): 1435–1446. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.05.046>
2. Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал.* 2024; 29 (11): 6162. <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162> Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M. et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology.* 2024; 29 (11): 6162. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162> (In Russian)
3. Исламова М.Р., Лазарев П.В., Сафарова А.Ф., Кобалава Ж.Д. Значение дисфункции правого желудочка, правожелудочково-артериального сопряжения при хронической сердечной недостаточности: роль эхокардиографии. *Кардиология.* 2018; 58 (5): 82–90. <http://doi.org/10.18087/cardio.2018.5.10124> Islamova M.R., Lazarev P. V., Safarova A.F., Kobalava Zh.D. The Value of Right Ventricular Dysfunction and Right Ventricular-Pulmonary Artery Coupling in Chronic Heart Failure: The Role of Echocardiography. *Kardiologiia.* 2018; 58 (5): 82–90. <http://doi.org/10.18087/cardio.2018.5.10124> (In Russian)
4. Konishi K., Dohi K., Tanimura M. et al. Quantifying longitudinal right ventricular dysfunction in patients with old myocardial infarction by using speckle-tracking strain echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2013; 11: 23. <http://doi.org/10.1186/1476-7120-11-23>
5. Antoni M.L., Scherp tong R.W., Atary J.Z. et al. Prognostic value of right ventricular function in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2010; 3 (3): 264–271. <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.914366>

6. Sciatti E., Vizzardi E., Bonadei I. et al. Prognostic value of RV isovolumic acceleration and tissue strain in moderate HFrEF. *Eur. J. Clin. Invest.* 2015; 45 (10): 1052–1059. <http://doi.org/10.1111/eci.12505>
7. D'Andrea A., Salerno G., Scarafile R. et al. Right ventricular myocardial function in patients with either idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy without clinical sign of right heart failure: effects of cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2009; 32 (8): 1017–1029. <http://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2009.02434.x>
8. Fine N.M., Chen L., Bastiansen P.M. et al. Reference Values for Right Ventricular Strain in Patients without Cardiopulmonary Disease: A Prospective Evaluation and Meta-Analysis. *Echocardiography.* 2015; 32 (5): 787–796. <http://doi.org/10.1111/echo.12806>
9. Vitarelli A., Mangieri E., Terzano C. et al. Three-dimensional echocardiography and 2D-3D speckle-tracking imaging in chronic pulmonary hypertension: diagnostic accuracy in detecting hemodynamic signs of right ventricular (RV) failure. *J. Am. Heart Assoc.* 2015; 4 (3): e001584. <http://doi.org/10.1161/JAHA.114.001584>
10. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (1): 1–39. e14. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
11. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J. 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; 23 (7): 685–713; quiz 786–788. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
12. Wu V.C., Takeuchi M. Echocardiographic assessment of right ventricular systolic function. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2018; 8 (1): 70–79. <http://doi.org/10.21037/cdt.2017.06.05>
13. Kittipovanonth M., Bellavia D., Chandrasekaran K. et al. Doppler myocardial imaging for early detection of right ventricular dysfunction in patients with pulmonary hypertension. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008; 21 (9): 1035–1041. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2008.07.002>
14. Tadic M., Pieske-Kraigher E., Cuspidi C. et al. Right ventricular strain in heart failure: Clinical perspective. *Arch. Cardiovasc. Dis.* 2017; 110 (10): 562–571. <http://doi.org/10.1016/j.acvd.2017.05.002>
15. Park J.H., Choi J.O., Park S.W. et al. Normal references of right ventricular strain values by two-dimensional strain echocardiography according to the age and gender. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 34 (2): 177–183. <http://doi.org/10.1007/s10554-017-1217-9>
16. Ji M., Wu W., He L. et al. Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients with Heart Failure. *Diagnostics (Basel).* 2022; 12 (2): 445. <http://doi.org/10.3390/diagnostics12020445>
17. Morris D.A., Krisper M., Nakatani S. 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; 18 (2): 212–223. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jew011>
18. Haack M.L., Scherptong R.W., Marsan N.A. et al. Prognostic value of right ventricular longitudinal peak systolic strain in patients with pulmonary hypertension. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 5 (5): 628–636. <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.111.971465>
19. Lejeune S., Roy C., Ciocea V. et al. Right Ventricular Global Longitudinal Strain and Outcomes in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020; 33 (8): 973–984.e2. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2020.02.016>
20. Wang T.K.M., Grimm R.A., Rodriguez L.L. et al. Defining the reference range for right ventricular systolic strain by echocardiography in healthy subjects: a meta-analysis. *PLoS One.* 2021; 16 (8): e0256547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256547>
21. Павлюкова Е.Н., Кузель Д.А., Матюшин Г.В., Савченко Е.А., Филиппова С.А. Ротация, скручивание и раскручивание левого желудочка: физиологическая роль и значение в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2015; 11 (1): 68–78. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2015-11-1-68-78>
Pavlyukova E.N., Kuzhel D.A., Matyushin G.V. et al. Left ventricular rotation, twist and untwist: physiological role and clinical relevance. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology.* 2015; 11 (1): 68–78. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2015-11-1-68-78> (In Russian)

Comprehensive evaluation of right ventricular function in patients with chronic heart failure and pulmonary hypertension

K.V. Kondrashova^{1*}, M.K. Rybakova²

¹ Kaluga Regional Clinical Hospital; 1, Vishnevsky str., Kaluga 248007, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

Ksenia V. Kondrashova – M.D., Head of Ultrasound Diagnostics Department, Regional Vascular Center, Kaluga Regional Clinical Hospital, Kaluga. <https://orcid.org/0009-0000-4672-2779>

Marina K. Rybakova – M.D., Doct. of Sci. (Med.), Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow.

Correspondence* to Ksenia V. Kondrashova – e-mail: xenijasv@yandex.ru

Right ventricular (RV) dysfunction plays a significant role in the progression, complications, and outcomes of chronic heart failure (CHF). Timely diagnosis of RV dysfunction allows for therapeutic adjustments and helps prevent adverse disease outcomes.

Objective. To determine the diagnostic value and reproducibility of RV longitudinal strain parameters for detecting RV dysfunction in patients with CHF and pulmonary hypertension (PH) using two-dimensional speckle-tracking echocardiography.

Materials and Methods. A total of 41 patients with CHF due to coronary heart disease or dilated cardiomyopathy and signs of PH, by transthoracic echocardiography, were examined. The mean age was 69.2 ± 10.1 years; 12 (29%) were women, and 29 (71%) were men. Left ventricular ejection fraction (LVEF) remained normal in most CHF patients (65.9%). Echocardiographic assessment included standard RV function parameters, as well as longitudinal strain (RV global longitudinal systolic strain (RVGLS) and RV longitudinal systolic free wall strain (RVFWLS)). The control group comprised 31 individuals with no signs of cardiac dysfunction at rest (mean age: 57.9 ± 12.2 years). The reproducibility of RVGLS and RVFWLS measurement method was evaluated by analyzing inter- and intra-operator variability.

Results. A significant decrease in all RV systolic function parameters was observed in CHF and PH patients ($p < 0.0001$). RV function parameters were lower in patients with reduced left ventricular ejection fraction. ROC analysis demonstrated high sensitivity and specificity of RVGLS and RVFWLS in detecting RV dysfunction. The assessment of inter- and intra-operator variability, as well as the intraclass correlation coefficient, confirmed the good reproducibility of RV longitudinal strain measurement method.

Conclusions. A comprehensive evaluation of RV function using strain imaging techniques in patients with CHF and PH improves the detection of RV dysfunction.

Keywords: speckle-tracking echocardiography; right ventricular function; chronic heart failure

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Kondrashova K.V., Rybakova M.K. Comprehensive evaluation of right ventricular function in patients with chronic heart failure and pulmonary hypertension. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2025; 31 (1): 74–84. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-317> (In Russian)

Received: 01.12.2024.

Accepted for publication: 12.02.2025.

Published online: 02.03.2025.