

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-075>

Сравнение полуавтоматического и ручного способов анализа деформации правого желудочка при спекл-трекинг-эхокардиографии

М.Г. Матвеева*, Т.А. Заренкова, А.В. Скрипникова,
А.М. Гришин, М.Н. Алехин

ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой”
Управления делами Президента Российской Федерации; 121359 Москва,
ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Российская Федерация

Цель исследования: сравнить воспроизводимость традиционного ручного способа оценки деформации правого желудочка (ПЖ) с полуавтоматическим (т.е. автоматический с возможностью корректировки) способом анализа деформации ПЖ при спекл-трекинг-эхокардиографии (СТЭхоКГ).

Материал и методы. Анализ деформации миокарда ПЖ с применением технологии СТЭхоКГ был выполнен у 71 пациента двумя способами – ручным (Q-Analysis) и полуавтоматическим (AutoStrainRV). Сравнивались такие показатели, как глобальная продольная систолическая деформация ПЖ (ГПСД ПЖ), продольная систолическая деформация свободной стенки ПЖ (ПСД ССПЖ), продольная сегментарная деформация свободной стенки ПЖ и амплитуда движения кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion – TAPSE).

Результаты. Между ручным и полуавтоматическим способами анализа деформации не наблюдалось существенных различий значений ГПСД ПЖ ($21,9 \pm 4,7\%$ против $21,6 \pm 3,6\%$, $p = 0,488$) и ПСД ССПЖ ($24,6 \pm 5,1\%$ против $25,3 \pm 4,6\%$, $p = 0,212$). Значения деформации базальных и средних отделов свободной стенки ПЖ, оцененные полуавтоматическим способом, статистически значимо отличались от значений, полученных ручным способом анализа деформации ПЖ ($22,6 \pm 7,1\%$ против $27,0 \pm 10,1\%$, $p < 0,002$ и $23,8 \pm 5,9\%$ против $25,8 \pm 8,0\%$, $p < 0,05$ соответственно). При анализе Блэнда–Альтмана среднее смещение для ГПСД ПЖ составило $-0,31$ (95% ДИ $-7,62-7,00$, $p = 0,488$), для ПСД ССПЖ – $0,70$ (95% ДИ $-8,44-9,83$, $p = 0,212$).

Матвеева Марина Георгиевна – канд. мед. наук, врач функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6056-835X>

Заренкова Татьяна Анатольевна – врач функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0004-1901-5728>

Скрипникова Анна Вячеславовна – врач функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0007-3541-0834>

Гришин Алексей Михайлович – канд. мед. наук, врач функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0009-0001-7102-5614>

Алехин Михаил Николаевич – доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением функциональной диагностики ФГБУ “Центральная клиническая больница с поликлиникой” Управления делами Президента Российской Федерации, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

Контактная информация*: Матвеева Марина Георгиевна – mgmatveeva@yandex.ru

Значения TAPSE, полученные при полуавтоматическом анализе, были ниже и статистически значимо отличались от значений, рассчитанных в M-режиме ($22,6 \pm 3,8$ мм против $24,9 \pm 4,5$ мм, $p < 0,001$). Для полуавтоматического анализа деформации ПЖ требуется значительно меньше времени по сравнению с ручным ($22,9 \pm 4,5$ с против $38,9 \pm 7,8$ с, $p < 0,05$).

Выводы. Выбор способов оценки деформации ПЖ (ручного или полуавтоматического) не оказывает существенного влияния на измерения значений глобальной деформации ПЖ, но может повлиять на оценку значений сегментарной деформации ПЖ в базальных и средних отделах. Полуавтоматический способ анализа деформации ПЖ обеспечивает более быструю и воспроизводимую оценку функции ПЖ. Значения TAPSE, полученные при полуавтоматическом анализе деформации, статистически значимо меньше по сравнению со значениями TAPSE в M-режиме.

Ключевые слова: спекл-трекинг-эхокардиография; правый желудочек; деформация; полуавтоматический

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Матвеева М.Г., Заренкова Т.А., Скрипникова А.В., Гришин А.М., Алехин М.Н. Сравнение полуавтоматического и ручного способов анализа деформации правого желудочка при спекл-трекинг-эхокардиографии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2024; 1: 10–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-075>

ВВЕДЕНИЕ

Двухмерная спекл-трекинг-эхокардиография (СТЭхоКГ) в настоящее время является основным ультразвуковым способом оценки деформации миокарда. Анализ деформации миокарда с помощью СТЭхоКГ в меньшей степени зависит от угла сканирования по сравнению с тканевым доплером, имеет низкую внутри- и межисследовательскую вариабельность и обладает хорошей выполнимостью. Несмотря на ряд ограничений, связанных с геометрией и формой правого желудочка (ПЖ), двухмерная СТЭхоКГ является эффективным инструментом в оценке дисфункции ПЖ [1].

Изначально двухмерная СТЭхоКГ была разработана как инструмент для измерения деформации левого желудочка (ЛЖ), но впоследствии этот способ был применен для анализа деформации ПЖ, левого и правого предсердий [2, 3]. Анализ деформации ПЖ можно провести двумя способами. Первый – это традиционный ручной, при котором используется обычное программное обеспечение для анализа деформации ЛЖ (Q-analysis). Этот подход сопряжен с рядом трудностей. С одной стороны, ПЖ имеет иное строение по сравнению с ЛЖ, поэтому использование одного способа для оценки разных камер сердца остается спорным вопросом [3]. С другой стороны,

ручная трассировка эндокарда отнимает много времени, что ограничивает его применение на практике. Второй способ – полуавтоматический (т.е. автоматический с возможностью корректировки) с использованием нового автоматического программного обеспечения AutoStrain для конкретной камеры сердца [4]. При этом подходе уменьшается время исследования и снижается необходимость вмешательства со стороны врача [5].

Цель исследования: сравнить воспроизводимость традиционного ручного способа оценки деформации ПЖ (Q-Analysis) с новым полуавтоматическим (т.е. автоматический с возможностью корректировки) анализом деформации ПЖ (AutoStrainRV).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С ноября по декабрь 2023 г. при прохождении планового обследования в стационаре у 113 пациентов была применена технология СТЭхоКГ для оценки деформации миокарда. У 71 пациента был проведен анализ деформации миокарда ПЖ с использованием двух способов – ручного и полуавтоматического. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие.

Трансторакальное ЭхоКГ-исследование проводилось на ультразвуковой системе GE

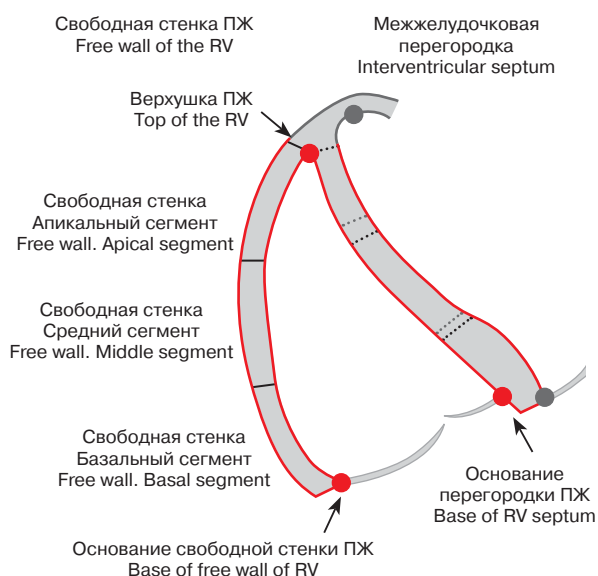


Рис. 1. Деление на сегменты ПЖ. Свободная стенка ПЖ разделена на три равных (черная линия) сегмента. Аналогичным образом делится межжелудочковая перегородка (черная пунктирная линия). Сегменты межжелудочковой перегородки несовместимы со стандартной сегментацией ЛЖ (серая пунктирная линия) [7].

Fig. 1. Segmentation of the RV. The free wall of the RV is divided into three equal (black line) segments. The interventricular septum is divided in a similar way (black dotted line). Segments of the interventricular septum are incompatible with standard LV segmentation (gray dotted line).

Vivid E9 с мультисекторным фазированным датчиком M5S (2,0–5,0 МГц) с одновременной записью электрокардиограммы. Все линейные и объемные измерения, оценку систолической функции ЛЖ проводили в соответствии со стандартным ЭхоКГ-протоколом, рекомендованным Американским обществом по эхокардиографии и Европейской ассоциацией по сердечно-сосудистой визуализации [6].

Для оценки деформации ПЖ были зарегистрированы клипы апикальной четырехкамерной позиции, ориентированной на ПЖ, с частотой кадров не менее 50 в секунду. Дальнейший анализ деформации ПЖ проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения Q-Analysis и AutoStrainRV. Оценивались такие показатели, как глобальная продольная систолическая деформация ПЖ (ГПСД ПЖ), продольная систолическая деформация свободной стенки ПЖ (ПСД ССПЖ), продольная сегментарная деформация свободной стенки ПЖ и амплитуда движения кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion – TAPSE). Для оценки сегментарной деформации свободная стенка ПЖ от основания до точки соединения с левым желудочком (верхушка ПЖ) делилась на

три сегмента, имеющих одинаковую длину в конце диастолы, – базальный, средний и верхушечный [7] (рис. 1). Для каждого из этих сегментов определялся показатель деформации.

Ручной анализ деформации ПЖ

Анализ деформации ПЖ проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения Q-Analysis (рис. 2а–г). На корректно зарегистрированном изображении врач последовательно методом “точка–щелчок” трассировал по внутреннему эндокардиальному контуру миокард ПЖ, определяя область интереса. Для получения показателя ГПСД ПЖ трассировка проводилась от латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (ФКТК) через верхушку ПЖ до медиальной части ФКТК. Для получения показателя ПСД ССПЖ трассировался эндокард свободной стенки ПЖ от латеральной части ФКТК до верхушки ПЖ. Далее программное обеспечение отслеживало движение миокарда с определением кривых деформации сегментарных и средних значений ГПСД ПЖ и ПСД ССПЖ. Одновременно результаты трассировки визуально сравнивались с движением стенок ПЖ. В случае если область интереса какого-либо сегмента

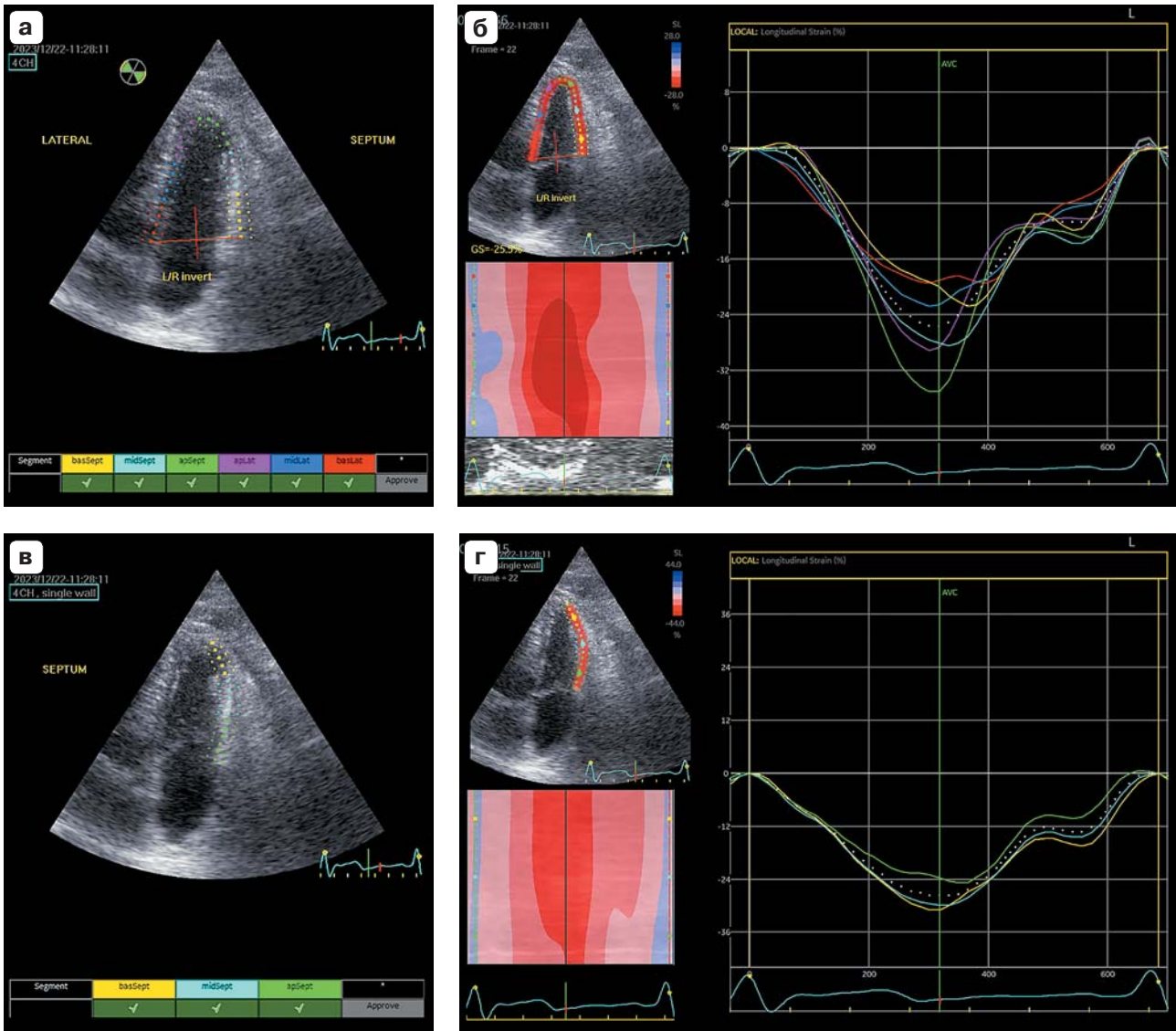


Рис. 2. Оценка деформации ПЖ с использованием программного обеспечения Q-Analysis. **а, б** – определение глобальной продольной систолической деформации ПЖ (ГПСД ПЖ); **в, г** – определение продольной систолической деформации свободной стенки правого желудочка (ПСД ССПЖ).

Fig. 2. Evaluation of RV longitudinal strain by Q-Analysis software for strain analysis: **а, б** – assessment of the RV global longitudinal strain (RV GLS); **в, г** – assessment of the RV longitudinal free wall strain (RVLFWS).

отклонялась от движения стенки ПЖ, то выполнялась его корректировка. Если отслеживание более двух сегментов на одной кинопетле было неудовлетворительным, то выбирался другой клип для анализа. Толщина области интереса не превышала 5 мм [7].

Полуавтоматический анализ деформации ПЖ

Анализ деформации ПЖ проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения AutoStrainRV (рис. 3). На зарегистрированном изображении врач выставляет три реперные точки: две – на латеральной и медиальной частях ФКТК и одну – на вершине ПЖ. Затем программа AutoStrainRV генерирует область интереса и отслеживает эндокард на протяжении всего сердечного цикла с определением кривых деформации сегментарных и средних значений ГПСД ПЖ,

ПСД ССПЖ и TAPSE. После автоматического анализа деформации врач проверяет качество отслеживания для каждого сегмента. При необходимости врач мог вручную скорректировать область интереса для получения адекватного, по его мнению, очерчивания стенки ПЖ.

Продольная систолическая деформация ПЖ в норме имеет отрицательное значение (например, «-20%»). Во избежание сложностей интерпретации результатов в статье будут использоваться модули абсолютных значений продольной деформации ПЖ (например, «20%» вместо «-20%») [6].

Время анализа деформации

У 10 случайно выбранных пациентов было рассчитано время, необходимое для измерения деформации ПЖ с помощью двух способов анализа. Время измерения деформации определялось как время от на-

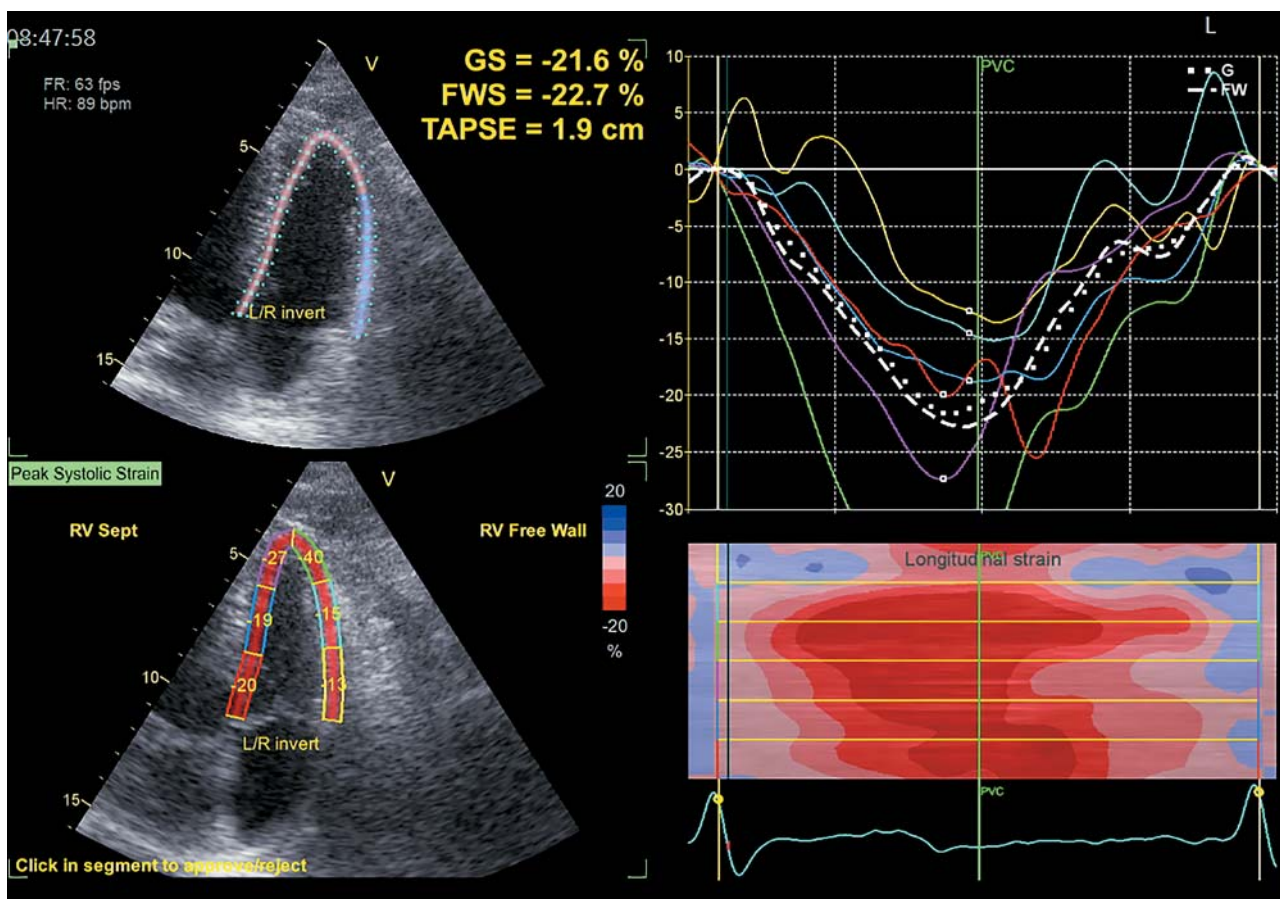


Рис. 3. Оценка деформации ПЖ с использованием программного обеспечения AutoStrainRV.
Fig. 3. Evaluation of RV longitudinal strain by AutoStrainRV software for strain analysis.

чала анализа выбранного эхокардиографического изображения до завершения расчета деформации.

Внутриисследовательская и межисследовательская воспроизводимость

Для определения внутриисследовательской воспроизводимости каждого из способов расчета деформации ПЖ у 20 случайно выбранных пациентов один и тот же исследователь выполнял все измерения дважды с временным промежутком 30 дней. Для определения межисследовательской воспроизводимости два опытных врача выполняли измерения показателей каждым из способов расчета деформации ПЖ, и они сопоставлялись с данными, полученными другим врачом. При этом каждый врач не имел данных предыдущих измерений.

Статистический анализ

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации, визуализация полученных результатов и статистический анализ осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel.

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному гауссовскому распределению.

При определении количественных показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних значений (M) и стандартных отклонений (σ), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). Категориальные переменные представлены как числа и проценты.

Парный t -критерий Стьюдента и линейный корреляционный анализ использовались для сравнения и корреляции деформаций, измеренных двумя различными методами. Анализ Блэнда–Альтмана использовался для оценки соответствия между двумя методами – ручным и полуавтоматическим. Вариабельность внутри- и межисследовательских измерений оценивалась с использованием коэффициента корреляции и анализа Блэнда–Альтмана, сила корреляции – по шкале Чеддока. При анализе

Блэнда–Альтмана были рассчитаны среднее смещение и доверительные интервалы, или пределы согласия (среднее смещение $\pm 1,96 \times$ стандартное отклонение). Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из 113 пациентов, которым выполнялось ЭхоКГ-исследование с применением СТЭхоКГ, было исключено 42 пациента из-за неоптимальной визуализации правых отделов сердца. В итоге анализ деформации ПЖ с использованием двух способов был успешно выполнен у 71 (62,8%) пациента (средний возраст 59,3 года): у 42 (59,1%) мужчин и у 29 (40,9%) женщин. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Table 1. Clinical characteristics of patients

Показатель	Значения
Возраст, годы	59,3 \pm 13,9
ППТ, м ²	2,0 \pm 0,2
ИМТ, кг/м ²	28,1 \pm 4,5
ИБС	16 (22,5%)
ГБ:	
I стадия	5 (7,1%)
II стадия	30 (42,2%)
III стадия	2 (2,8%)
СН, NYHA:	
I класс	3 (4,2%)
II класс	16 (22,5%)
III класс	2 (2,8%)
СД	7 (9,8%)
ХОБЛ	2 (2,8%)
НРС (в том числе фибрилляция предсердий)	17 (23,9%)

Примечание. ППТ – площадь поверхности тела, ИМТ – индекс массы тела, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ГБ – гипертоническая болезнь, СН – сердечная недостаточность, СД – сахарный диабет, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, НРС – нарушения ритма сердца.

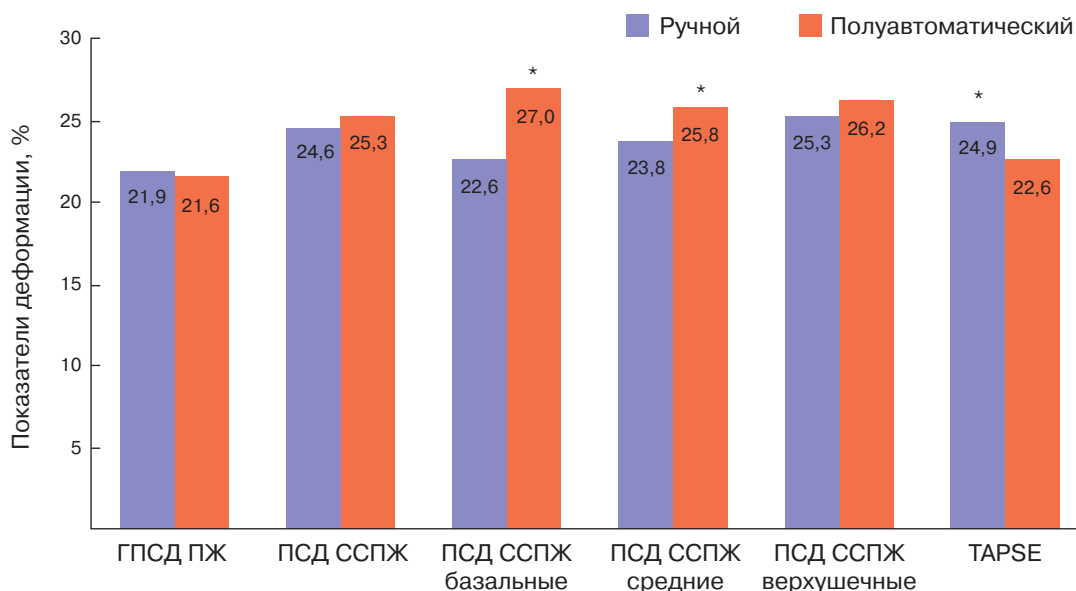


Рис. 4. Сравнение показателей деформации, измеренных ручным и полуавтоматическим способами. * – различия статистически значимые.

Fig. 4. Comparison of strains values assessed by manual and semi-automatic methods: * – the statistically significant differences.

Анализ деформации правого желудочка

При полуавтоматическом способе анализа деформации в 64,8% случаев (46/71) потребовалась корректировка области интереса, тогда как при ручном способе только в 36,6% случаев (26/71).

На рис. 4 представлена диаграмма сравнения показателей деформации, измеренных двумя способами.

При использовании двух способов анализа деформации не было обнаружено статистически значимой разницы в значениях показателей ГПСД ПЖ ($21,9 \pm 4,7\%$ против $21,6 \pm 3,6\%$, $p = 0,488$) и ПСД ССПЖ ($24,6 \pm 5,1\%$ против $25,3 \pm 4,6\%$, $p = 0,212$) (табл. 2). Однако при использовании полуавтоматического способа значения показателей деформации были выше. Корреляция

Таблица 2. Сравнение показателей, измеренных ручным и полуавтоматическим способами

Table 2. Comparison of values obtained by manual and semi-automatic approaches

Показатели деформации	Ручной	Полуавтоматический	p	r	Среднее смещение (95% ДИ)
ГПСД ПЖ, %	$21,9 \pm 4,7$	$21,6 \pm 3,6$	0,488	0,62	-0,31 (-7,62-7,00)
ПСД ССПЖ, %	$24,6 \pm 5,1$	$25,3 \pm 4,6$	0,212	0,54	0,70 (-8,44-9,83)
ПСД ССПЖ, %					
базальные сегменты	$22,6 \pm 7,1$	$27,0 \pm 1,0$	<0,002*	0,23	4,39 (-16,97-25,76)
средние сегменты	$23,8 \pm 5,9$	$25,8 \pm 8,0$	<0,05*	0,50	2,01 (-12,03-16,04)
верхушечные сегменты	$25,3 \pm 6,4$	$26,2 \pm 10,4$	0,549	0,07	0,84 (-12,03-16,04)
TAPSE, мм	$24,9 \pm 4,5$	$22,6 \pm 3,8$	<0,001*	0,40	-2,25 (-11,28-6,77)

Примечание. p – парный t-тест, сравнивающий полуавтоматические и ручные измерения; r – показатель корреляции; * – различия статистически значимые; ДИ – доверительный интервал.

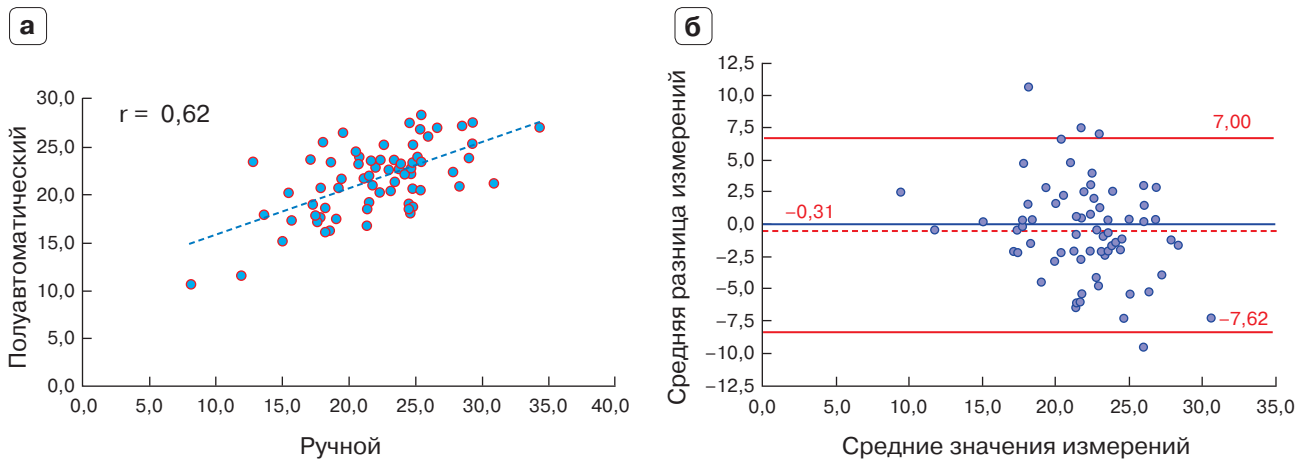


Рис. 5. Линейная корреляция (а) и анализ Блэнда–Альтмана (б) измерений ГПСД ПЖ, полученных с использованием полуавтоматического и ручного способов.

Fig. 5. Linear correlation (a) and Bland–Altman analysis (b) of RVGLS measurements obtained using the semi-automatic and manual methods.

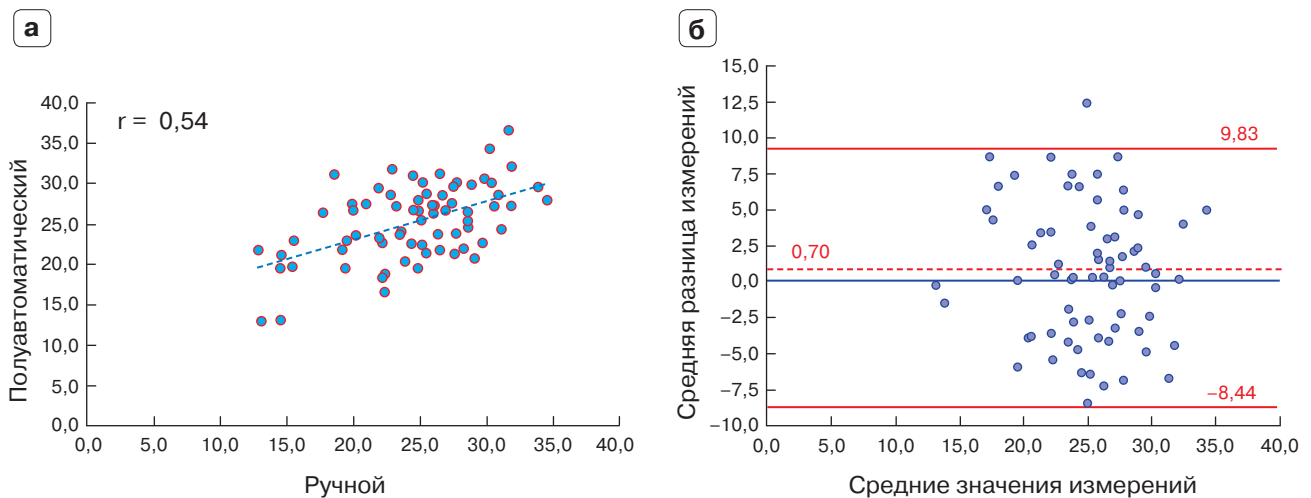


Рис. 6. Линейная корреляция (а) и анализ Блэнда–Альтмана (б) измерений ПСД ССПЖ, полученных с использованием полуавтоматического и ручного способов.

Fig. 6. Linear correlation (a) and Bland–Altman analysis (b) of RVFWS measurements obtained by semi-automatic and manual methods.

между двумя способами была умеренная: для ГПСД ПЖ – $r = 0,62$, для ПСД ССПЖ – $r = 0,54$. При анализе Блэнда–Альтмана среднее смещение для ГПСД ПЖ составило $-0,31$ (95% ДИ $-7,62-7,0$, $p = 0,488$), для ПСД ССПЖ – $0,70$ (95% ДИ $-8,44-9,83$, $p = 0,212$) (рис. 5, 6).

При анализе сегментарной деформации свободной стенки ПЖ значения показателей, полученных полуавтоматическим способом, статистически значимо отличались от значений показателей, полученных руч-

ным способом в базальных ($22,6 \pm 7,1\%$ против $27,0 \pm 10,1\%$, $p < 0,002$) и средних ($23,8 \pm 5,9\%$ против $25,8 \pm 8,0\%$, $p < 0,05$) сегментах. Статически значимых различий в значениях показателей деформации верхушечных сегментов получено не было (см. табл. 2). Корреляция между двумя методами была очень слабой ($r = 0,07$) в верхушечных, слабой ($r = 0,23$) в базальных и умеренной в средних ($r = 0,50$) сегментах. Результаты анализа Блэнда–Альтмана представлены в табл. 2.

Таблица 3. Сравнение внутриисследовательской и межисследовательской вариабельности ручного и полуавтоматического анализа деформации**Table 3.** Comparison of intra- and interobserver variability of manual and semi-automatic strain analysis

Показатели	Внутриисследовательская вариабельность, ВКК		Межисследовательская вариабельность, ВКК	
	ручной	полуавтомат	ручной	полуавтомат
ГПСД ПЖ Среднее смещение (95% ДИ)	0,72 0,27 (-5,59-6,13)	0,77 0,68 (-4,58-5,93)	0,53 2,27 (-5,23-9,77)	0,83 0,49 (-3,82-4,80)
ПСД ССПЖ Среднее смещение (95% ДИ)	0,83 0,09 (-6,03-6,20)	0,78 0,34 (-6,46-7,13)	0,66 1,15 (-7,27-9,57)	0,82 1,03 (-5,09-7,15)
ПСД ССПЖ баз. Среднее смещение (95% ДИ)	0,65 -1,25 (-12,46-9,96)	0,67 -0,15 (-13,54-13,24)	0,46 0,95 (-13,61-13,50)	0,67 4,9 (-8,15-17,95)
ПСД ССПЖ ср. Среднее смещение (95% ДИ)	0,82 0,45 (-6,28-7,18)	0,78 0,95 (-9,23-11,13)	0,67 2,51 (-6,37-11,38)	0,75 0,25 (-10,24-10,74)
ПСД ССПЖ вер. Среднее смещение (95% ДИ)	0,76 1,13 (-6,28-7,18)	0,7 -0,5 (-14,83-13,83)	0,45 2,19 (-11,12-15,50)	0,74 -3,35 (-17,84- 11,14)
TAPSE Среднее смещение (95% ДИ)		0,85 0,45 (-3,65-4,55)		0,77 -0,05 (-5,04-4,94)

Примечание. ВКК – внутриклассовый коэффициент корреляции; ДИ – доверительный интервал.

Использование программного обеспечения AutoStrain позволяет дополнительно оценить параметр TAPSE. Результаты сравнения измерений параметра TAPSE, полученного при полуавтоматическом способе с измерением в М-режиме, показали статистически значимые различия ($22,6 \pm 3,8$ против $24,9 \pm 4,5$, $p < 0,001$ соответственно).

Сравнение времени анализа

При использовании полуавтоматического способа анализа деформации врачу потребовалось значительно меньше времени ($22,9 \pm 4,5$ с), чем при ручном ($38,9 \pm 7,8$ с) ($p < 0,05$).

Анализ воспроизводимости

Для полуавтоматического способа анализа деформации ПЖ внутриклассовый

коэффициент корреляции внутри- и межисследовательской воспроизводимости был сильным и составил 0,77 и 0,83 для ГПСД ПЖ и 0,78 и 0,82 для ПСД ССПЖ соответственно.

При анализе Блэнда–Альтмана среднее смещение и ДИ внутриисследовательской воспроизводимости при полуавтоматическом методе составили 0,68 (95% ДИ -4,58-5,93, $p = 0,274$) для ГПСД ПЖ и 0,34 (95% ДИ -6,46-7,13, $p = 0,67$) для ПСД ССПЖ. Среднее смещение и ДИ между наблюдателями составили 0,49 (95% ДИ -3,82-4,80, $p = 0,33$) для ГПСД ПЖ и 1,03 (95% ДИ -5,09-7,15, $p = 0,155$) для ПСД ССПЖ.

Для ручного анализа деформаций коэффициент корреляции для ГПСД ПЖ и ПСД ССПЖ, а также среднее смещение и ДИ при анализе Блэнда–Альтмана представлены в табл. 3.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ внутри- и межисследовательской воспроизводимости показал более высокие значения внутриклассового коэффициента корреляции полуавтоматического способа анализа деформации ПЖ по сравнению с ручным.

Использование программного обеспечения AutoStrain для отслеживания деформации ПЖ сокращает время анализа деформации [8, 9]. По результатам нашего исследования оценка деформации ПЖ полуавтоматическим способом также требует меньше времени (22,9 с) по сравнению с ручным (38,9 с), даже несмотря на то что в большинстве случаев требовалась корректировка сгенерированной программой области интереса (64,8%). Таким образом, использование специализированного программного обеспечения для анализа ПЖ позволяет ускорить оценку функции ПЖ в рутинной работе врача ультразвуковой диагностики.

В нашей работе значения показателей ПСД ССПЖ, полученные при полуавтоматическом способе, были немного выше, чем при ручном. Статистически значимых различий в измерениях деформации ПЖ (ГПСД ПЖ и ПСД ССПЖ) при использовании обоих способов получено не было. Анализ Блэнда–Альтмана показал небольшое среднее смещение (ГПСД ПЖ $-(-0,31)$; ПСД ССПЖ $-0,7$) и узкие пределы доверительного интервала для обоих показателей (для ГПСД ПЖ от $-7,62$ до $7,00$; для ПСД ССПЖ от $-8,44$ до $9,83$). Отсутствие значимых различий в значениях показателей деформации ПЖ при сравнении двух способов, продемонстрировано в работе О. Mirea и соавт., хотя в его работе значения показателей ГПСД ПЖ при полуавтоматическом способе измерения были ниже [9]. Наши результаты также подтверждают предположение О. Mirea и соавт., что выбор программного обеспечения для оценки деформации не оказывает существенного влияния на измерения деформации ПЖ [9]. В то же время в исследовании G.L. Peng и соавт. были получены другие результаты: показатели ПСД ССПЖ, измеренные полуавтоматическим способом, были ниже и значи-

тельно отличались от ручного ($26,4 \pm 4,8\%$ против $31,3 \pm 5,8\%$, $p < 0,001$) [10]. Таким образом, не так много работ, в которых сравниваются различные способы измерения деформации ПЖ, результаты их противоречивы, поэтому необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

При анализе сегментарной деформации свободной стенки ПЖ при полуавтоматическом анализе показатели деформации базальных ($22,6 \pm 7,1\%$ против $27,0 \pm 10,1\%$, $p < 0,002$) и средних ($23,8 \pm 5,9\%$ против $25,8 \pm 8,0\%$, $p < 0,05$) сегментов статистически значимо отличались от ручного анализа. Подобных сравнений в доступной нам литературе мы не нашли. Вероятно, эти различия можно объяснить большей амплитудой движения свободной стенки, особенно ее базального отдела. Ее можно более аккуратно проследить при ручной трассировке, тогда как при полуавтоматическом отслеживании вероятность смещения области интереса по отношению к собственно стенке желудочка выше. Это может повлиять на значения показателей деформации.

Использование нового полуавтоматического программного обеспечения позволяет определять показатель TAPSE. Результаты исследования показали, что значения TAPSE, полученные при полуавтоматическом анализе, значительно ниже ($22,6 \pm 3,8$ мм против $24,9 \pm 4,5$ мм, $p < 0,001$) значений, получаемых в М-режиме в стандартной апикальной четырехкамерной позиции, и имеют слабую внутриклассовую корреляцию. Такая разница в значениях данного параметра может быть объяснена тем, что TAPSE представляет собой линейное измерение продольной функции ПЖ и является параметром, зависящим от угла сканирования, поэтому он может быть недооценен при наличии угла между направлением движения и направлением измерения. В нашем случае измерение TAPSE проводилось в разных эхокардиографических позициях: при ручном измерении использовалась стандартная четырехкамерная позиция, при полуавтоматическом – апикальная четырехкамерная позиция, ориентированная на правый желудочек. Внутри- и межисследовательская воспроиз-

водимость измерений TAPSE полуавтоматическим методом была высокая. Таким образом, разные значения TAPSE при проведении полуавтоматического анализа деформации и двухмерной ЭхоКГ в М-режиме указывают на необходимость определения референсных значений этого показателя при использовании нового программного обеспечения для оценки функции ПЖ. При отсутствии референсных значений TAPSE для полуавтоматического анализа деформации следует использовать двухмерную ЭхоКГ с последующей регистрацией систолической экскурсии латерального кольца трикуспидального клапана в М-режиме для оценки TAPSE.

Таким образом, анализ полученных показателей деформации ПЖ и проведенный статистический анализ в ходе сравнения двух методов оценки деформации позволяет признать полуавтоматический метод способным оптимизировать процедуру оценки функции ПЖ при СТЭхоКГ.

ВЫВОДЫ

1. Выбор способов оценки деформации ПЖ (ручного или полуавтоматического) не оказывает существенного влияния на измерения значений глобальной деформации ПЖ, но может повлиять на оценку значения сегментарной деформации ПЖ в базальных и средних отделах.

2. Значения TAPSE, полученные при проведении полуавтоматического анализа деформации, статистически значимо меньше по сравнению со значениями TAPSE в М-режиме.

3. Специализированное программное обеспечение для анализа деформации ПЖ полуавтоматическим способом обеспечивает более быструю и воспроизводимую оценку функции ПЖ по сравнению с ручным анализом.

Ограничения

Ограничением исследования явилась небольшая выборка пациентов для анализа деформации правого желудочка, что обусловлено сложностью выведения нестандартной позиции для визуализации правого желудочка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Longobardo L., Suma V., Jain R. et al. Role of Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography Strain in the Assessment of Right Ventricular Systolic Function and Comparison with Conventional Parameters. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30 (10): 937–946.e6. <http://doi:10.1016/j.echo.2017.06.016>
2. Mirea O., Berceanu M., Donoiu I. et al. Variability of right ventricular global and segmental longitudinal strain measurements. *Echocardiography.* 2019; 36 (1): 102–109. <http://doi:10.1111/echo.14218>
3. Donal E., Behagel A., Feneon D. Value of left atrial strain: a highly promising field of investigation. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 16 (4): 356–357. <http://doi:10.1093/ehjci/jeu230>
4. Kitano T., Nabeshima Y., Negishi K., Takeuchi M. Prognostic value of automated longitudinal strain measurements in asymptomatic aortic stenosis. *Heart.* 2020; 12 (14). <http://doi:10.1136/heartjnl-2020-318256>
5. Badano L.P., Muraru D., Parati G. et al. How to do right ventricular strain. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 21 (8): 825–827. <http://doi:10.1093/ehjci/jeaa126>
6. 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: 1–39. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
7. Badano L.P., Kolas T.J., Muraru D. et al; Industry representatives; Reviewers: This document was reviewed by members of the 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 19 (6): 591–600. <https://doi:10.1093/ehjci/jey042>
8. Li Y., Sun C., Zhang L. et al. Feasibility, Reproducibility, and Prognostic Value of Fully Automated Measurement of Right Ventricular Longitudinal Strain. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2022; 35 (6): 609–619. <https://doi:10.1016/j.echo.2022.01.016>
9. Mirea O., Duchenne J., Voigt J.U. Comparison between Nondedicated and Novel Dedicated Tracking Tool for Right Ventricular and Left Atrial Strain. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2022; 35 (4): 419–425. <https://doi:10.1016/j.echo.2021.11.011>
10. Peng G.J., Luo S.Y., Zhong X.F. et al. Feasibility and reproducibility of semi-automated longitudinal strain analysis: a comparative study with conventional manual strain analysis. *Cardiovasc Ultrasound.* 2023; 21 (1): 12. Published 2023 Jul 19. <https://doi:10.1186/s12947-023-00309-5>

A comparison of semi-automatic and manual analysis of right ventricular strain in speckle tracking echocardiography

M.G. Matveeva*, T.A. Zarenkova, A.V. Skripnikova, A.M. Grishin, M.N. Alekhin

Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation;
15, Marshal Timoshenko str., Moscow 121359, Russian Federation

Marina G. Matveeva – Cand. Sci. (Med.), doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital with Outpatient Clinic of Department of Presidential Affairs. <https://orcid.org/0000-0001-6056-835X>

Tatyana A. Zarenkova – doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital with Outpatient Clinic of Department of Presidential Affairs, Moscow. <https://orcid.org/0009-0004-1901-5728>

Anna V. Skripnikova – doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital with Outpatient Clinic of Department of Presidential Affairs, Moscow. <https://orcid.org/0009-0007-3541-0834>

Aleksey M. Grishin – Cand. Sci. (Med.), doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital with Outpatient Clinic of Department of Presidential Affairs, Moscow. <https://orcid.org/0009-0001-7102-5614>

Mikhail N. Alekhin – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Functional Diagnostics Department, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

Correspondence* to Dr. Marina G. Matveeva – mgmatveeva@yandex.ru

The aim was to compare the reproducibility of the traditional manual analysis of the right ventricle (RV) strain with a semi-automatic analysis (an automatic method with the possibility of adjustment) in speckle-tracking echocardiography (STE).

Materials and methods. Evaluation of RV by speckle-tracking echocardiography was performed in 71 patients with two approaches: manual (Q-Analysis) and semi-automatic (AutoStrainRV). Such parameters as RV global longitudinal strain (RVGLS), RV longitudinal free wall strain (RVLFWS), RV longitudinal free wall segmental strain, and the amplitude of movement of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) were compared.

Results. There were no significant differences between the values of RVGLS ($21.9 \pm 4.7\%$ vs. $21.6 \pm 3.6\%$, $p = 0.488$, respectively) and RVLFWS ($24.6 \pm 5.1\%$ vs. $25.3 \pm 4.6\%$, $p = 0.212$, respectively) obtained by manual and semi-automatic strain analysis. The significant differences were revealed in the values of RVLFWS in the basal and middle segments estimated by a semi-automatic method and by a manual method ($22.6 \pm 7.1\%$ vs. $27.0 \pm 10.1\%$, $p < 0.002$, and $23.8 \pm 5.9\%$ vs. $25.8 \pm 8.0\%$, $p < 0.05$, respectively). Bland-Altman analysis showed mean bias for RVGLS -0.31 (95% CI: $-7.62-7.00$) and for RVLFWS -0.70 (95% CI: $-8.44-9.83$). The values of the TAPSE obtained by semi-automatic analysis were lower and significantly different from the values calculated in the M-mode (22.6 ± 3.8 mm vs. 24.9 ± 4.5 mm, $p < 0.001$). Strain analysis by the semi-automatic method requires less time than the manual method (22.9 ± 4.5 seconds vs. 38.9 ± 7.8 seconds, $p < 0.05$).

Conclusions. The choice of approach for RV strain assessment (manual or semi-automatic) does not significantly affect the values of RV strain but may affect the result of segmental RV strain in the basal and middle segments. The semi-automatic strain analysis of RV provides a faster and more reproducible assessment of RV function. The values of the TAPSE by semi-automatic strain analysis are significantly lower compared to the values of the TAPSE in M-mode.

Keywords: speckle-tracking echocardiography; right ventricle; strain; semi-automatic

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Matveeva M.G., Zarenkova T.A., Skripnikova A.V., Grishin A.M., Alekhin M.N. A comparison of semi-automatic and manual analysis of right ventricular strain in speckle tracking echocardiography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2024; 1: 10–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-075> (In Russian)