

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

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-271>

Сопоставление полуавтоматического способа анализа деформации миокарда левых камер сердца с ручной трассировкой миокарда 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: сопоставить полуавтоматический способ оценки деформации миокарда левого желудочка (ЛЖ) и левого предсердия (ЛП) с ручным способом с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии.

Материал и методы. Для оценки деформации ЛЖ и ЛП у 110 пациентов использовались два способа – ручной (Q-Analysis) и полуавтоматический (AutoStrain). Оценивались следующие показатели: глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ (ГПСД ЛЖ), глобальная продольная деформация ЛП в фазу резервуара (ГПД ЛПр), глобальная продольная деформация ЛП в фазу кондуита (ГПД ЛПк) и глобальная продольная деформация ЛП в фазу сокращения (ГПД ЛПс).

Результаты. При полуавтоматическом способе измерения ГПСД ЛЖ коррективная зона интереса проводилась значительно чаще, чем при ручном ($40,1\%$ против $16,4\%$, $p < 0,05$). Средние значения ГПСД ЛЖ, полученные при полуавтоматическом способе, были ниже и статистически значимо отличались от значений, рассчитанных ручным способом ($18,8 \pm 2,8\%$ против $20,0 \pm 3,1\%$ при $p < 0,001$). При полуавтоматическом способе значения ГПД ЛПр и ГПД ЛПк были выше и до-

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 – e-mail: mgmatveeva@yandex.ru

стоверно отличались от значений, выполненных ручным способом (ГПД ЛПр $31,6 \pm 9,8\%$ против $30,3 \pm 10,8\%$ при $p = 0,038$; ГПД ЛПК $17,1 \pm 7,1\%$ против $15,4 \pm 6,8\%$ при $p < 0,001$). При полуавтоматическом способе требуется больше времени для анализа деформации ЛЖ и меньше времени для оценки деформации ЛП при сравнении с ручным способом.

Выводы. Полуавтоматические способы анализа деформации левых камер сердца оказались более воспроизводимыми при сравнении с ручным способом. При полуавтоматическом способе анализа деформации левого желудочка значения показателя ГПСД ЛЖ оказались ниже, чем при ручном, чаще вносилась корректировка зоны интереса и это занимало больше времени. Полуавтоматический способ анализа деформации левого предсердия характеризовался большими значениями деформации в фазу резервуара и кондуита и требовал меньше времени по сравнению с ручным способом. Показатель ГПД ЛП в фазу резервуара обладает наибольшей воспроизводимостью по сравнению с другими показателями деформации левого предсердия.

Ключевые слова: спекл-трекинг-эхокардиография; левый желудочек; левое предсердие; 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. Сопоставление полуавтоматического способа анализа деформации миокарда левых камер сердца с ручной трассировкой миокарда при спекл-трекинг-эхокардиографии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2024; 3: 21–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-271>

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач эхокардиографии (ЭхоКГ) является оценка функции миокарда. В последние годы все шире для изучения функции миокарда используется анализ показателей его систолической деформации с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии (СТЭхоКГ). Изначально СТЭхоКГ разрабатывалась как инструмент для оценки функции миокарда левого желудочка (ЛЖ), но в дальнейшем его применили и для анализа деформации других камер сердца [1–3]. Однако особенности строения левого предсердия (ЛП) ограничивают применение одного и того же программного обеспечения. Поэтому в практику внедряется и используется автоматическое (полуавтоматическое – автоматические с возможностью корректировки) программное обеспечение для анализа каждой камеры сердца в отдельности (AutoStrain) [4].

На сегодня не так много исследований, в которых проводились сравнения деформации миокарда, полученные ручным и полуавтоматическим способами, времени, потраченного на анализ деформации, воспроизводимости двух способов. При этом результаты этих исследований зачастую были неоднозначны [5–7, 8, 9].

Цель исследования: сопоставление полуавтоматического способа оценки деформации миокарда ЛЖ и ЛП с ручным способом с помощью спекл-трекинг-эхокардиографии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При плановом трансторакальном ЭхоКГ-обследовании в стационаре с ноября по декабрь 2023 г. у 110 пациентов была применена технология СТЭхоКГ. Для оценки деформации миокарда левых камер сердца использовалось два способа – ручной и полуавтоматический. Критерии включения в исследование: оптимальное качество изображения для проведения анализа деформации ЛЖ и ЛП, наличие на момент исследования у пациента синусового ритма. Критерии исключения: плохое качество двухмерного изображения и нарушения ритма, не позволяющие проводить анализ деформации ЛЖ и/или ЛП. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Трансторакальное ЭхоКГ-исследование проводилось на ультразвуковом аппарате GE Vivid E9 с мультислотным фазированным датчиком M5S (2,0–5,0 МГц) с одно-

временной записью электрокардиограммы. Измерения камер сердца, оценка систолической функции ЛЖ осуществлялись в соответствии со стандартным ЭхоКГ-протоколом, рекомендованным Американским обществом по эхокардиографии и Европейской ассоциацией по сердечно-сосудистой визуализации [10].

Для оценки деформации миокарда ЛЖ были использованы позиции по длинной оси ЛЖ на 4 и 2 камеры. Для оценки деформации ЛП использовали апикальную четырехкамерную позицию, при которой ЛП визуализировалось в максимально длинном его сечении. Частота кадров составляла не менее 50 в секунду. Дальнейший анализ деформации ЛЖ и ЛП проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения Q-Analysis и AutoStrain. Оценивались следующие показатели: глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ (ГПСД ЛЖ), глобальная продольная деформация ЛП в фазу резервуара (ГПД ЛПр), глобальная продольная деформация ЛП в фазу кондукта (ГПД ЛПк) и глобальная продольная деформация ЛП в фазу сокращения (ГПД ЛПс). Анализ деформации миокарда левых камер сердца проводился с использованием одной и той же кинопетли как для ручного, так и для полуавтоматического способа.

Ручной анализ деформации левых камер сердца проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения Q-Analysis.

Для анализа деформации ЛЖ врач последовательно методом “точка–щелчок” трассировал ЛЖ по внутреннему эндокардиальному контуру миокарда в каждой из трех позиций (по длинной оси ЛЖ, на 4 и 2 камеры). Результаты трассировки сравнивались с движением стенок ЛЖ. Если область интереса какого-либо сегмента не согласовывалась с движением стенки ЛЖ, то выполнялась корректировка. Затем программное обеспечение анализировало движение миокарда во всех трех позициях и выстраивало параметрические кривые изменения деформации каждого из сегментов ЛЖ и среднего значения ГПСД ЛЖ (рис. 1).

Для анализа деформации ЛП ручным способом использовалось программное обеспечение Q-Analysis, разработанное для

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Table 1. Clinical characteristics of patients

Показатели	Значения
Возраст, годы	60,9 ± 14,1
ППТ, м ²	2,0 ± 0,24
ИМТ, кг/м ²	28,7 ± 4,99
ФВ ЛЖ, %	58 ± 5
ИБС	30 (27,3%)
ГБ:	
I стадия	6 (5,4%)
II стадия	53 (48,2%)
III стадия	19 (17,3%)
СН, NYHA:	
I класс	5 (4,5%)
II класс	34 (31%)
III класс	3 (2,7%)
СД	10 (9,1%)
ХОБЛ	4 (3,6%)
НРС (в том числе пароксизмальная фибрилляция предсердий)	32 (29,1%)

Примечание. ППТ – площадь поверхности тела; ИМТ – индекс массы тела; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ГБ – гипертоническая болезнь; СН – сердечная недостаточность; СД – сахарный диабет; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; НРС – нарушения ритма сердца.

ЛЖ. Врач также методом “точка–щелчок” трассировал эндокардиальную поверхность ЛП в апикальной четырехкамерной позиции, начиная с одной стороны митрального клапана (МК), экстраполируя ее между устьями легочных вен и ушка ЛП и заканчивая другой стороной МК. Результаты трассировки сравнивались с движением стенки ЛП. Затем программой автоматически создавалась область интереса. Врачу необходимо было вручную настроить толщину зоны интереса. Она не должна была превышать 3 мм, чтобы покрывать только миокард ЛП и не захватывать прилежащие структуры [11, 12]. Затем программой автоматически осуществлялось разделение области интереса на 6 сегментов и генерировались кривые деформации для каждого из них. Глобальная продольная деформация ЛП рассчитыва-

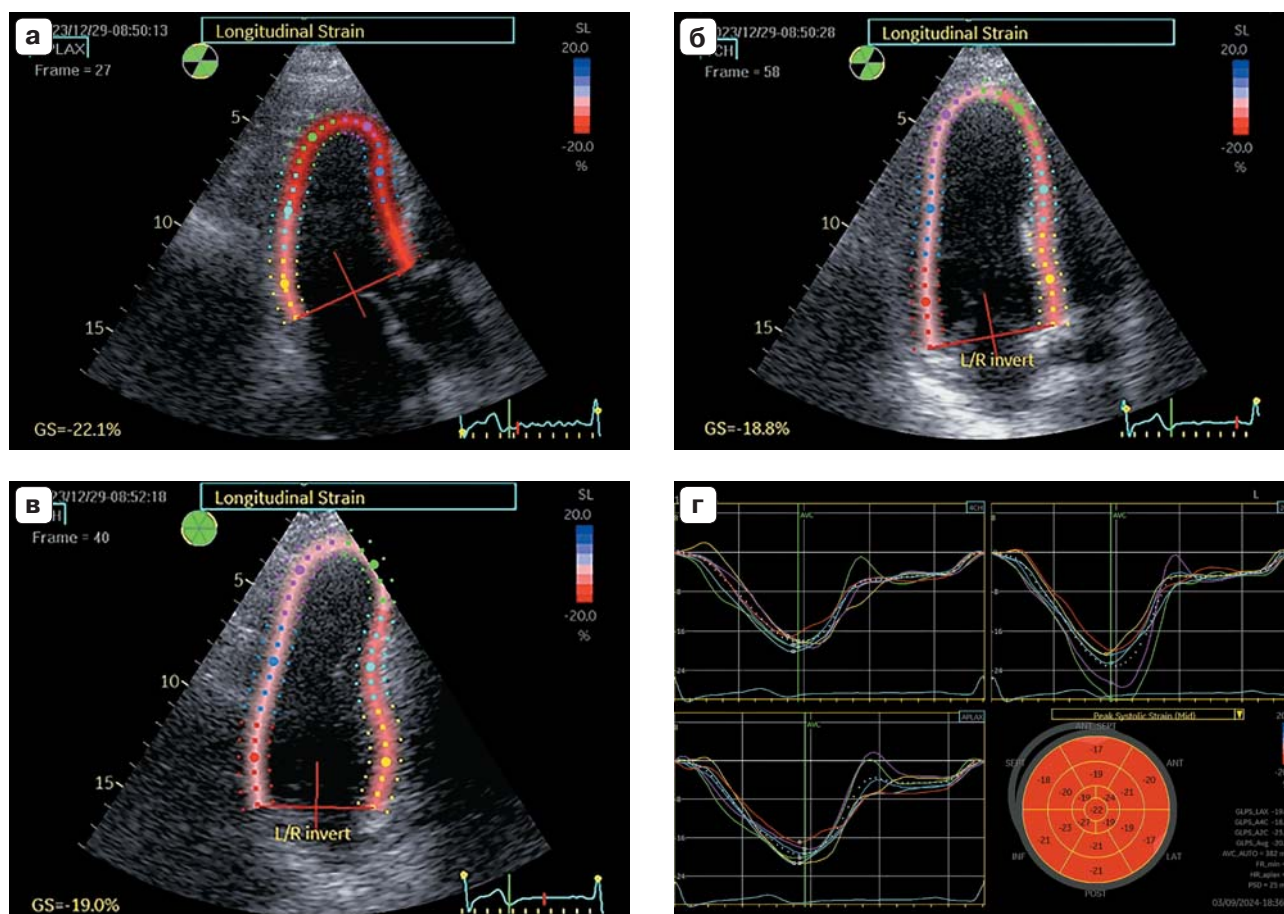


Рис. 1. Оценка глобальной продольной систолической деформации ЛЖ ручным способом. **а-в** – отслеживание миокарда ЛЖ в стандартных апикальных позициях; **г** – кривые деформации миокарда каждого из сегментов и средние значения деформации (пунктирные линии), диаграмма “бычий глаз”.

Fig. 1. Manual method of LV global longitudinal systolic strain assessment: **a-b** – tracking of the LV myocardium in standard apical positions; **r** – myocardial strain curves of each segment and average strain values (dashed lines), “bull’s eye” diagram.

лась путем усреднения значений всех сегментов и на графике представлялась пунктирной кривой, состоящей из трех фаз, каждая из которых была измерена вручную. ГПД ЛПр определялась как разница максимальной продольной деформации ЛП и конечной диастолической деформации ЛП, ГПД ЛПк – как разница максимальной продольной деформации ЛП и деформация ЛП в начале сокращения предсердия, ГПД ЛПс – как разница деформации ЛП в начале сокращения предсердия и конечной диастолической деформации ЛП (рис. 2).

Полуавтоматический анализ деформации левых камер сердца проводился на рабочей станции EchoPAC GE с использованием программного обеспечения AutoStrain.

Для оценки деформации ЛЖ использовался алгоритм Automated functional imaging (AFI). Врач в каждой из трех позиций (по длинной оси ЛЖ, на 4 и 2 камеры) выставял определенные реперные точки. Далее программа автоматически отслеживала эндокард на протяжении сердечного цикла, генерировала область интереса и выстраивала графики продольной деформации всех сегментов и среднего значения ГПСД ЛЖ. Врач мог контролировать качество отслеживания для каждого сегмента. В случае неудовлетворительной автоматической трассировки эндокарда ЛЖ врач вручную корректировал область интереса для получения адекватного и пригодного для анализа очерчивания ЛЖ (рис. 3).

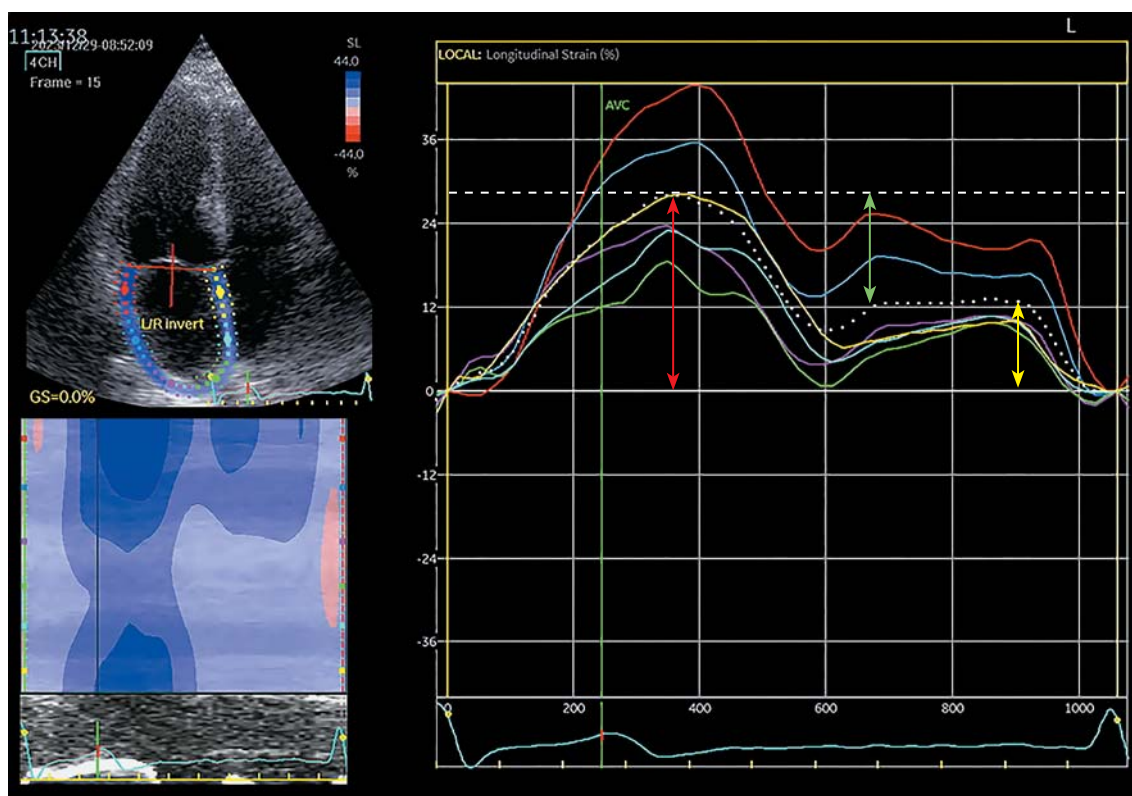


Рис. 2. Оценка глобальной продольной деформации ЛП ручным способом. На графике пунктирной линией обозначена ГПД ЛП: красная стрелка – в фазу резервуара, зеленая стрелка – в фазу кондукта, желтая стрелка – в фазу сокращения.

Fig. 2. Manual method of LA global longitudinal strain assessment. The dotted line on the graph indicates the LA GLS: the red arrow – in the reservoir phase, the green arrow – in the conduit phase, the yellow arrow – in the contraction phase.

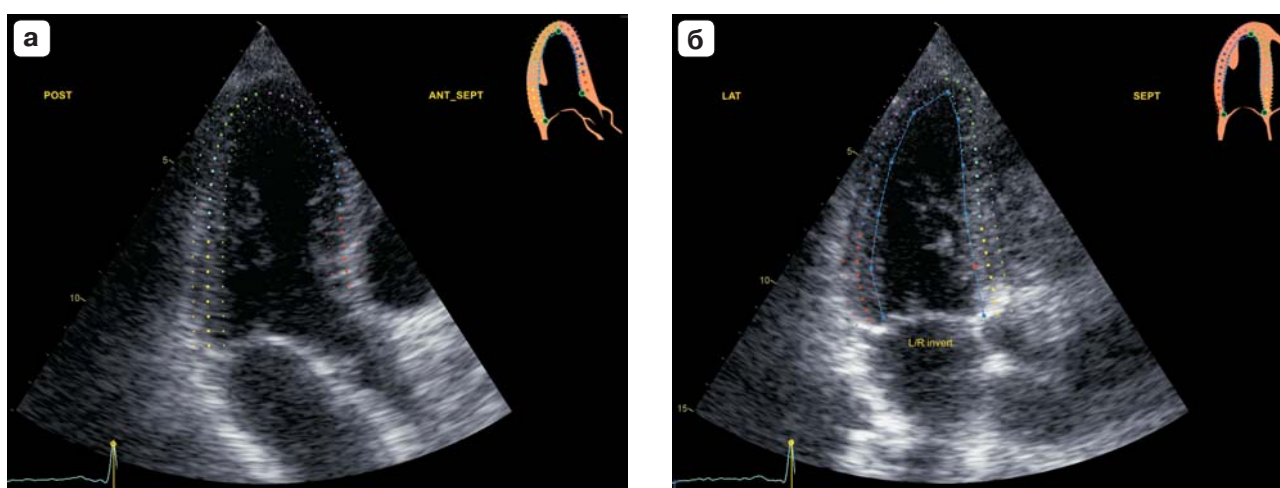


Рис. 3. Оценка глобальной продольной систолической деформации ЛЖ полуавтоматическим способом. а–в – отслеживание миокарда ЛЖ в стандартных апикальных позициях; г – диаграмма “бычий глаз”.

Fig. 3. Semi-automatic method of LV global longitudinal systolic strain: а–в – tracking of the LV myocardium in standard apical positions; г – “bull’s eye” diagram.

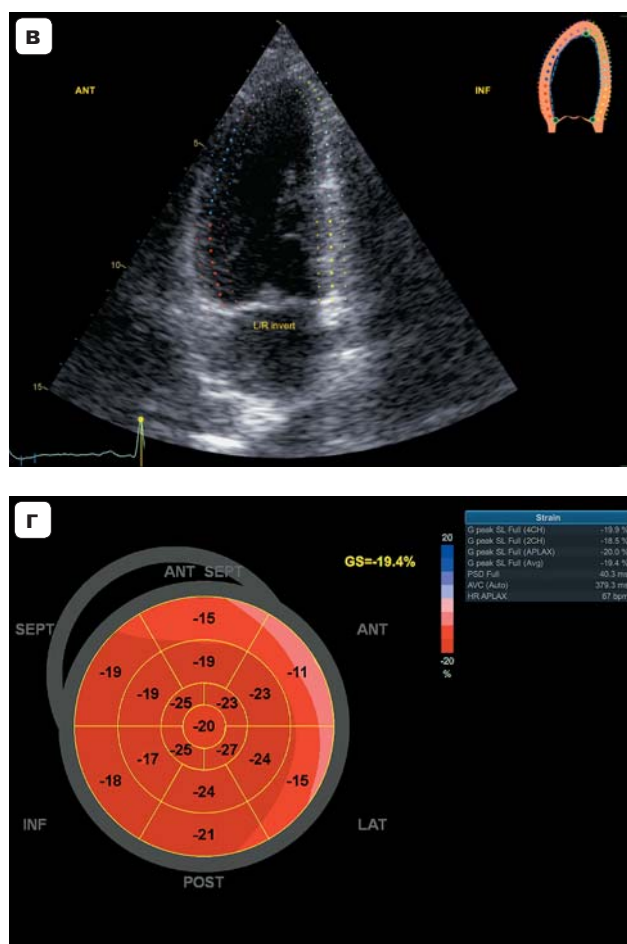


Рис. 3 (окончание).
Fig. 3 (end).

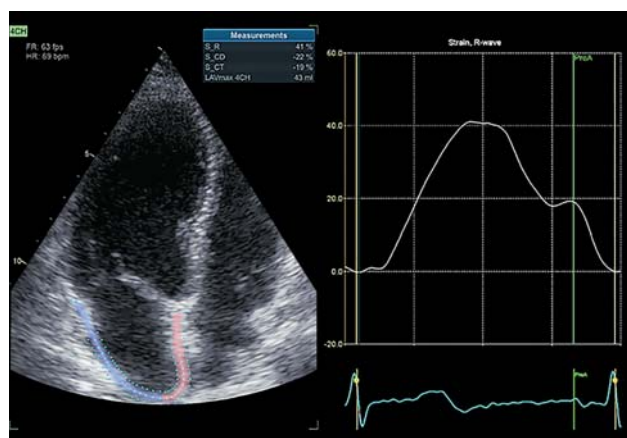


Рис. 4. Оценка глобальной продольной деформации ЛПП полуавтоматическим способом.

Fig. 4. Semi-automatic method of LA global longitudinal strain assessment.

Для анализа деформации ЛПП использовалось программное обеспечение AutoStrain LA. На полученном четырехкамерном апикальном изображении врач выставял три реперные точки: две – на латеральном и медиальном кольцах МК и одну – в области верхушки ЛПП. Далее программа автоматически генерировала область интереса с заданной толщиной 3 мм, отслеживала эндокард и представляла кривую деформации и значения деформации ЛПП в каждой из трех фаз. Врач контролировал качество отслеживания. В случае неадекватной автоматической трассировки эндокарда ЛПП врач мог скорректировать область интереса для правильной оценки деформации (рис. 4).

Мы использовали модули абсолютных значений ГПСД ЛЖ, ГПД ЛПк, ГПД ЛПс [6].

Время анализа деформации

Время измерения деформации рассчитывалось у 20 случайно выбранных пациентов и определялось как время от начала анализа выбранного ЭхоКГ-изображения до завершения расчета деформации.

Внутриисследовательская и межисследовательская воспроизводимость каждого из способов оценивалась у 30 случайно выбранных пациентов. Для определения внутриисследовательской воспроизводимости один и тот же исследователь выполнял все измерения дважды с временным интервалом 30 дней. Для оценки межисследовательской воспроизводимости два опытных врача выполняли измерения, после чего данные первого врача сопоставлялись с данными, полученными вторым врачом. Врачи не имели данные предыдущих измерений.

Статистический анализ

Накопление исходной информации и последующий статистический анализ осуществлялся в электронных таблицах Microsoft Office Excel. Статистическая обработка материала исследования проводилась с использованием методов параметрического анализа. 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.

Соотношение между корректировками зоны интереса при полуавтоматическом способе исследования по отношению к ручному в нашей работе характеризуется показателем χ^2 Пирсона, показывающим статистическую значимость их отличий при уровне значимости $p < 0,05$.

Для сравнения и корреляции показателей деформаций, измеренных двумя способами, использовались парный t -критерий Стьюдента и линейный корреляционный анализ. Для оценки соответствия между двумя способами оценки деформации миокарда использовался анализ по методу Бланда–Альтмана. Внутри- и межисследовательская вариабельность измерений оценивалась с использованием коэффициента корреляции и анализа Бланда–Альтмана, затем сила корреляции оценивалась по шкале Чеддока. При анализе Бланда–Альтмана были рассчитаны среднее смещение и доверительные интервалы (ДИ) как среднее смещение $\pm 1,96 \times$ стандартное отклонение. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 110 пациентов (68 (61,8%) были мужчины). Средний возраст пациентов составил $60,9 \pm 14,1$ года. Средняя фракция выброса ЛЖ

(ФВ ЛЖ) составила 58% (диапазон от 30 до 72%). Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Анализ деформации левого желудочка

При полуавтоматическом способе измерения ГПСД ЛЖ у 45 (40,1%) пациентов потребовалась корректировка зоны интереса, тогда как при ручном способе только у 18 (16,4%) пациентов. При этом частота корректировки при полуавтоматическим способом исследования была статистически значимой по сравнению с ручным ($p < 0,05$).

При полуавтоматическом способе средние значения показателя ГПСД ЛЖ были ниже и статистически значимо отличались от значений, полученных ручным способом анализа деформации ($18,8 \pm 2,8\%$ против $20,0 \pm 3,1\%$ при $p < 0,001$) (табл. 2). Корреляция между двумя способами оценки деформации была высокая ($r = 0,80$). Результаты анализа Бланда–Альтмана представлены в табл. 2 и на рис. 5.

Анализ деформации левого предсердия

При полуавтоматическом способе анализа деформации ЛП всего лишь у 13 (11,8%) пациентов потребовалась корректировка области интереса, тогда как при ручном способе корректировка области интереса требовалась значительно чаще – у 44 (40%) пациентов.

Проведенный статистический анализ средних значений измерений деформации ЛП в различные фазы показал следующие

Таблица 2. Сравнение ручного и полуавтоматического способов оценки деформации левого желудочка и левого предсердия

Table 2. Comparison of manual and semi-automatic methods of LA and LV strain assessment

Показатели	Ручной	Полуавтоматический	p	r	Среднее смещение (95% ДИ)
ГПСД ЛЖ, %	$20,0 \pm 3,1$	$18,8 \pm 2,8$	$<0,001^*$	0,80	$-1,26 (-4,99; 2,47)$
ГПД ЛПр, %	$30,3 \pm 10,8$	$31,6 \pm 9,8$	0,038*	0,81	$1,03 (-11,36; 13,96)$
ГПД ЛПк, %	$15,4 \pm 6,8$	$17,1 \pm 7,1$	$<0,001^*$	0,73	$1,73 (-8,23; 11,69)$
ГПД ЛПс, %	$14,9 \pm 6,7$	$14,6 \pm 6,5$	$>0,05$	0,8	$-0,38 (-8,54; 7,78)$

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

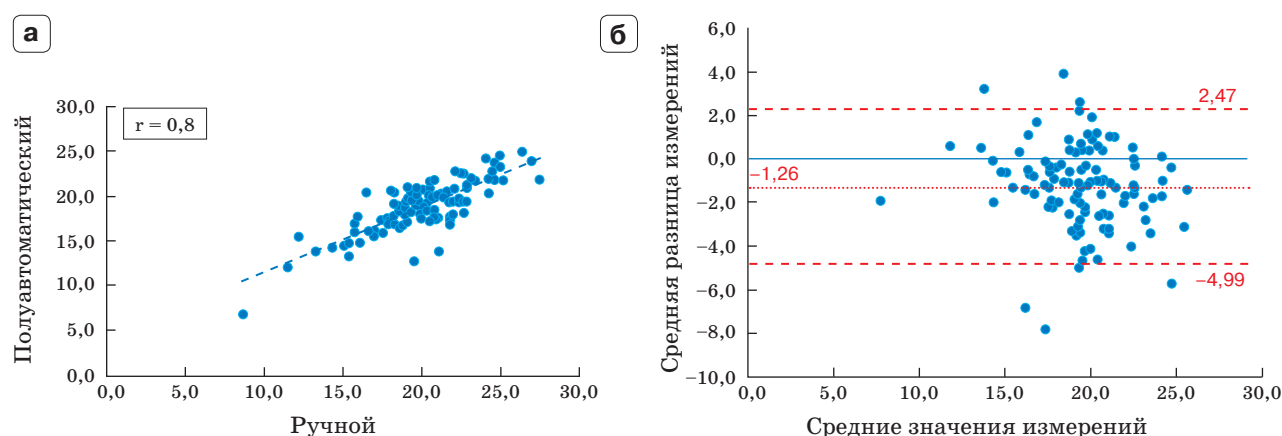


Рис. 5. Линейная корреляция (а) и анализ Бланда–Альмана (б) значений измерений ГПСД ЛЖ, полученных двумя способами анализа деформации левого желудочка – ручным и полуавтоматическим.

Fig. 5. Linear correlation (a) and Bland-Altman analysis (б) of LV GLS values obtained by two methods of LV strain analysis: manual and semi-automatic.

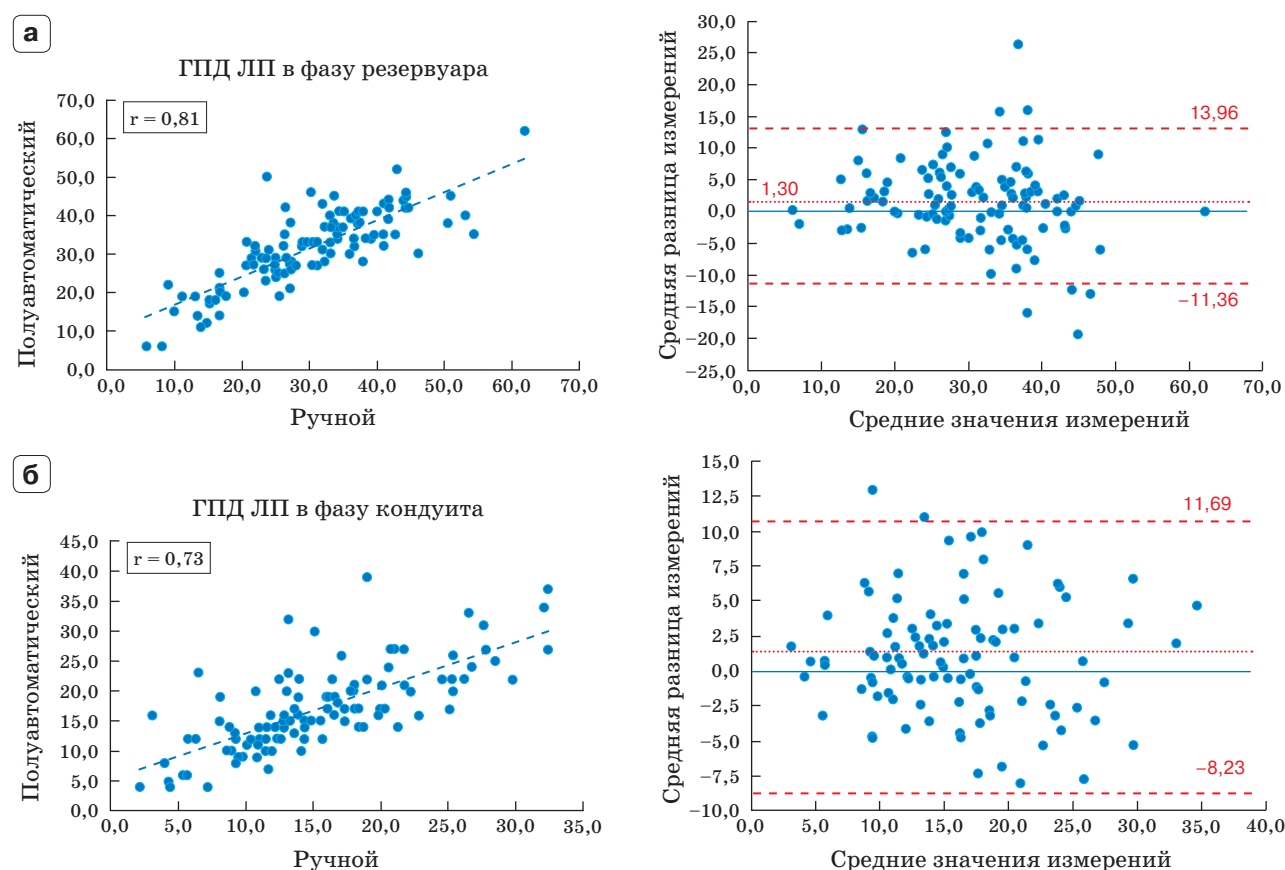


Рис. 6. Линейная корреляция и анализ Бланда–Альмана значений измерений ГПД ЛП в фазу резервуара (а), фазу кондукта (б), фазу сокращения (в), полученных двумя способами анализа деформации левого предсердия – ручным и полуавтоматическим.

Fig. 6. Linear correlation and Bland-Altman analysis of of LV GLS values in reservoir phase (а), conduit phase (б), contraction phase (в), obtained by two methods of LA strain analysis: manual and semi-automatic.

В

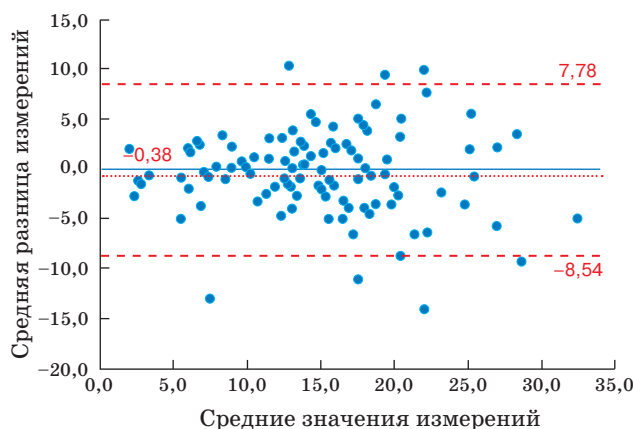
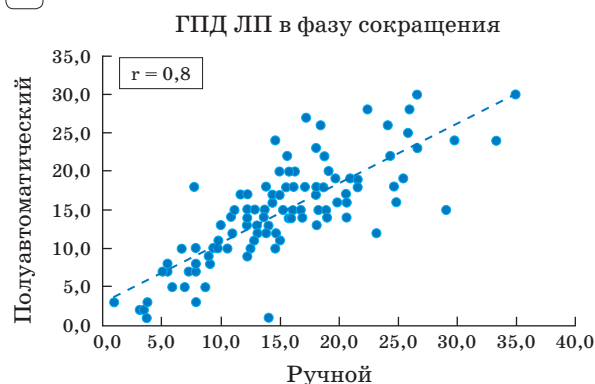


Рис. 6 (окончание).
Fig. 6 (end).

результаты. Значения деформации ЛП в фазу резервуара и кондуита, измеренные при полуавтоматическом способе, были выше и статистически значимо отличались от значений, выполненных ручным способом (ГПД ЛПр $31,6 \pm 9,8\%$ против $30,3 \pm 10,8\%$ при $p = 0,038$; ГПД ЛПк $17,1 \pm 7,1\%$ против $15,4 \pm 6,8\%$ при $p < 0,001$). Значимых различий в значениях измерений ГПД ЛП в фазу сокращения, измеренных двумя способами, получено не было (см. табл. 2). Корреляция между ручным и полуавтоматическим способами была высокая: для ГПД ЛПр – 0,81, для ГПД ЛПк – 0,73, для ГПД ЛПс – 0,8. Результаты анализа Бланда–Альтмана представлены на рис. 6 и в табл. 2.

Анализ времени, потраченного на оценку деформации левых камер сердца

Для анализа деформации ЛЖ у 20 пациентов при ручном способе потребовалось

меньше времени, чем при полуавтоматическом ($55,4 \pm 4,7$ с против $61,8 \pm 5,6$ с при $p < 0,001$) (табл. 3).

В то же время при оценке деформации ЛП меньше времени ($19,5 \pm 2,2$ с против $24,7 \pm 3,8$ с при $p < 0,001$) потребовалось при полуавтоматическом способе, чем при ручном.

Анализ воспроизводимости

Внутри- и межисследовательская воспроизводимость при обоих способах оценки деформации левых камер сердца была хорошая, на что указывают высокие внутриклассовые коэффициенты корреляции (см. табл. 3). Более узкие значения среднего смещения межисследовательской вариабельности при полуавтоматическом способе, чем при ручном, по результатам анализа Бланда–Альтмана свидетельствуют о высокой межисследовательской воспроизводимости полуавтоматического способа оценки

Таблица 3. Время, потраченное на анализ деформации левого желудочка и левого предсердия ручным и полуавтоматическим способами

Table 3. Time spent on LA and LV strain assessment by manual and semi-automatic methods

Показатели	Ручной	Полуавтоматический	p
ГПД ЛЖ, с	$55,4 \pm 4,7$	$61,8 \pm 5,6$	$<0,001^*$
ЛП, с	$24,7 \pm 3,8$	$19,5 \pm 2,2$	$<0,001^*$

Примечание. * – $p < 0,001$.

Таблица 4. Сравнение внутри- и межисследовательской вариабельности ручного и полуавтоматического способов анализа деформации левых камер сердца**Table 4.** Comparison of intra- and interobserver variability of manual and semi-automatic methods of LA and LV strain assessment

Показатели	Внутриисследовательская вариабельность, ВКК		Межисследовательская вариабельность, ВКК	
	ручной	полуавтоматический	ручной	полуавтоматический
ГПСД ЛЖ	0,85*	0,89*	0,86*	0,91*
Среднее смещение	0,41	0,22	-0,33	0,25
95% ДИ	(-1,72; 2,54)	(-1,24; 1,69)	(-2,50; 1,84)	(-1,10; 1,61)
ГПД ЛПр	0,94*	0,94*	0,95*	0,93*
Среднее смещение	1,08	-1,02	-1,94	-0,57
95% ДИ	(-8,48; 6,32)	(-7,45; 5,05)	(-8,46; 4,59)	(-7,09; 5,96)
ГПД ЛПк	0,94*	0,89*	0,91*	0,95*
Среднее смещение	-0,06	-0,50	1,63	-0,37
95% ДИ	(-5,34; 5,46)	(-7,03; 6,03)	(-8,14; 4,89)	(-4,87; 4,13)
ГПД ЛПс	0,89*	0,87*	0,94*	0,91*
Среднее смещение	-1,00	-1,03	-0,71	-0,10
95% ДИ	(-5,80; 3,79)	(-6,66; 4,59)	(-4,16; 2,74)	(-4,36; 4,16)

Примечание. ВКК – внутриклассовый коэффициент корреляции. * – $p < 0,001$.

ЛЖ и ЛП. Внутриклассовые коэффициенты корреляции, среднее смещение и ДИ при анализе Бланда–Альтмана приведены в табл. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ деформации миокарда левого желудочка

В ходе исследования выявлено, что при полуавтоматическом способе оценки деформации миокарда ЛЖ потребовалась ручная корректировка области интереса в 40,1% случаев. Следует отметить, что высокий процент корректировки (40%) также наблюдался и в работе Н. Kawakami и соавт., тогда как в исследовании G.J. Peng и соавт. он был существенно ниже и составлял 9,6% [8, 7]. Причиной такой вариабельности показателя может быть разная популяция пациентов. В нашей работе и в исследовании Н. Kawakami и соавт. это в основном были лица пожилого возраста ($60,9 \pm 14,1$ года и 71 ± 5 лет соответственно). У этой группы пациентов часто акустическая доступность сердца снижена по сравнению с молодыми людьми из-за ряда сопутствующих факторов (ожирение, заболевания легких). При ручном способе врач сам визуально оценивает границы эндокарда и трасси-

рует область интереса, поэтому не всегда требуется идеальное качество изображения, тогда как при полуавтоматическом анализе деформации эту функцию выполняет программное обеспечение. Для полуавтоматического программного обеспечения с целью оптимального определения границ эндокарда требуется двухмерное изображение высокого качества, чтобы более корректно отслеживать зону интереса. При соблюдении этих условий также снижается частота вмешательства врача. Так это было в исследовании G.J. Peng и соавт., где средний возраст пациентов составил 40 ± 11 лет [7].

В нашем исследовании при полуавтоматическом способе среднее значение ГПСД ЛЖ было значительно ниже, чем при ручном ($18,8 \pm 2,8\%$ против $20,0 \pm 3,1\%$ при $p < 0,001$). В работе Н. Kawakami и соавт., наоборот, при ручном способе оценки деформации ЛЖ значения деформации были ниже по сравнению с полуавтоматическим [8].

Высокий процент внесения корректировок при полуавтоматическом способе оценки деформации миокарда, скорее всего, повлиял и на время, затраченное на анализ деформации ЛЖ в нашем исследовании. Для оценки деформации ЛЖ полуавто-

тическим способом потребовалось больше времени ($61,8 \pm 5,6$ с) по сравнению с ручной трассировкой эндокарда ($55,4 \pm 4,7$ с). Такие же результаты были получены в работе У. Kobayashi и соавт. [9]. Поэтому мы не можем утверждать, что полуавтоматический способ более быстрый и требует меньше времени именно для анализа деформации миокарда ЛЖ. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

Так, результаты нашего исследования показывают высокую воспроизводимость (коэффициент корреляции 0,80) полуавтоматического способа оценки деформации ЛЖ.

Внутри- и межисследовательский анализ ГПСД ЛЖ показал, что воспроизводимость полуавтоматического способа лучше, чем при ручном, на что указывают более высокие коэффициенты корреляции. Этот же вывод подтверждают и невысокие значения среднего смещения при анализе по Бланду–Альтману полуавтоматического способа в сравнении с ручным, что дает меньшую вариабельность измерений.

Таким образом, проведенный статистический анализ полученных нами результатов позволяет говорить о том, что полуавтоматический способ оценки ГПСД ЛЖ обладает более высокой воспроизводимостью, но требует больше времени для выполнения анализа и дает меньшие значения ГПСД ЛЖ по сравнению с ручным способом оценки деформации.

Анализ деформации левого предсердия

Результаты нашего исследования показали, что при использовании полуавтоматического способа в оценке деформации ЛП процент ручной корректировки был небольшой (11,8%), что согласуется с данными литературы [7].

Значения измерений ГПД ЛП_р и ГПД ЛП_к, рассчитанные при полуавтоматическом способе, были статистически значимо выше, чем при ручном ($31,6 \pm 9,8\%$ против $30,3 \pm 10,8\%$ и $17,1 \pm 7,1\%$ против $15,4 \pm 6,8\%$ соответственно). В настоящее время исследований, где сравниваются различные способы в оценке деформации ЛП, немного и результаты неоднозначны [6, 7]. В нашем исследовании при полуавтоматическом способе оценки деформации ЛП были получены высокие показатели ГПД

ЛП_р и ГПД ЛП_к, которые статистически значимо отличались от ручного способа. Похожие результаты были также продемонстрированы в работе G.L. Peng и соавт. [7]. А вот в исследовании О. Mirea и соавт. значения показателей деформации ЛП при полуавтоматическом способе были ниже, чем при ручном, и не достигали статистической значимости [6]. Такие противоречивые результаты могут быть следствием нескольких причин. Во-первых, в исследованиях анализ деформации ЛП проводился с помощью различных программных обеспечений фирм-производителей, что может приводить к разным значениям показателей деформации ЛП. Во-вторых, различные настройки области интереса при ручном и при полуавтоматическом способах. При ручной трассировке эндокарда ЛП используется программа для оценки деформации ЛЖ с исходно иными параметрами. При использовании этой программы для определения деформации ЛП требуется последующая корректировка области интереса в соответствии с рекомендациями EACVI/ASE шириной до 3 мм [11], чтобы избежать включения прилежащих структур (перикарда, легочных вен), которые могут занижать значения ГПД ЛП. А в программное обеспечение для полуавтоматического способа оценки деформации ЛП уже заложены особенности строения и движения стенки ЛП. Если и возникает необходимость в коррекции зоны отслеживания, то она, как показывает практика, минимальна.

Минимальная корректировка зоны отслеживания, а также отсутствие необходимости вручную измерять каждую фазу деформации снижают время, которое тратится на оценку деформации ЛП при полуавтоматическом способе по сравнению с ручным ($19,5 \pm 2,2$ с против $24,7 \pm 3,8$ с соответственно). Наши результаты согласуются с исследованиями, представленными в литературе [6, 7].

Анализ деформации ЛП ручным и полуавтоматическим способами обладает хорошей внутри- и межисследовательской воспроизводимостью с высокими внутриклассовыми коэффициентами корреляции. Анализ по Бланду–Альтману показал более низкие межисследовательские значения среднего смещения при полуавтоматическом способе, чем при ручном, что свиде-

тellecтвует о небольшой вариабельности измерений полуавтоматическим способом.

Вышеперечисленные факты и то, что полуавтоматический способ оценки деформации ЛП обладает высокой воспроизводимостью (коэффициент корреляции 0,81), делает анализ деформации ЛП методом СТЭхоКГ привлекательным к применению в повседневной практике врача.

Таким образом, использование полуавтоматического способа в оценке деформации ЛП потенциально может облегчить анализ функции этой камеры сердца.

ВЫВОДЫ

1. Полуавтоматические способы анализа деформации левых камер сердца оказались более воспроизводимыми при сравнении с ручными способами.

2. При полуавтоматическом способе анализа деформации левого желудочка значения показателя ГПСД ЛЖ оказались ниже, чем при ручном, чаще вносилась корректировка зоны интереса и это занимало больше времени.

3. Полуавтоматический способ анализа деформации левого предсердия характеризовался большими значениями деформации в фазу резервуара и кондуита и требовал меньше времени по сравнению с ручным способом.

4. Показатель ГПД ЛП в фазу резервуара обладает наибольшей воспроизводимостью по сравнению с другими показателями деформации левого предсердия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Voigt J.U., Pedrizzetti G., Lysyansky P. et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28 (2): 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.11.003>
2. 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. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu230>
3. Mirea O., Berceanu M., Donoiu I. et al. Variability of right ventricular global and segmental longitudinal strain measurements. *Echocardiography.* 2019; 36 (1): 102–109. <https://doi.org/10.1111/echo.14218>
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.org/10.1136/heartjnl-2020-318256>
5. 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.org/10.1016/j.echo.2022.01.016>
6. 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.org/10.1016/j.echo.2021.11.011>
7. 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. <https://doi.org/10.1186/s12947-023-00309-5>
8. Kawakami H., Wright L., Nolan M. et al. Feasibility, Reproducibility, and Clinical Implications of the Novel Fully Automated Assessment for Global Longitudinal Strain. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2021; 34 (2): 136–145.e2. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.09.011>
9. Kobayashi Y., Ariyama M., Kobayashi Y. et al. Comparison of left ventricular manual versus automated derived longitudinal strain: implications for clinical practice and research. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 32 (3): 429–437. <https://doi.org/10.1007/s10554-015-0804-x>
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. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
11. 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 (2018). 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. *European heart journal. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 19 (6): 591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu042>
12. Voigt J.U., Mălăescu G.G., Haugaa K., Badano L. How to do LA strain. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 21 (7): 715–717. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa091>

Comparison of a semi-automatic strain analysis of left heart with manual myocardial tracing 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. of Sci. (Med.), doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6056-835X>

Tatyana A. Zarenkova – doctor of functional diagnostics, Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, 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 of the Presidential Administration of the Russian Federation, 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 – e-mail: mgmatveeva@yandex.ru

Purpose. To compare a semi-automatic strain analysis of the left ventricle and left atrium with a manual method in speckle-tracking echocardiography.

Materials and methods. A strain of left ventricle and left atrium was assessed in 110 patients by two methods: manual (Q-Analysis) and semi-automatic (AutoStrain). The following parameters were evaluated: LV global longitudinal strain (LV GLS), LA longitudinal strain during the reservoir phase (LASr), LA longitudinal strain during the conduit phase (LAScd), and LA longitudinal strain during the contraction phase (LASct).

Results. The ROI correction was carried out significantly more often with the semi-automatic method of measuring LV GLS than with manual (40.1% vs. 16.4%, $p < 0.05$). There were significant differences in LV GLS average values, LASr values, and LAScd values obtained by the semi-automatic and manual methods. LV GLS average values obtained by the semi-automatic method were lower ($18.8 \pm 2.8\%$ vs. $20.0 \pm 3.1\%$, $p < 0.001$), and the values of LASr and LAScd obtained by the semi-automatic method were higher (LASr $31.6 \pm 9.8\%$ vs. $30.3 \pm 10.8\%$, $p = 0.038$; LAScd $17.1 \pm 7.1\%$ vs. $15.4 \pm 6.8\%$, $p < 0.001$) than in manual. Semi-automatic method takes more time for LV strain analysis and less time for LA strain analysis than manual method.

Conclusion. The semi-automatic method of LV and LA strain evaluation showed higher reproducibility compared with the manual method. With the semi-automatic method, the values of the LV GLS were lower, and the correction of ROI was required more often and took more time than with manual. The semi-automatic method of LA strain evaluation was characterized by higher values in the reservoir and conduit phases and required less time compared to the manual method. The LA longitudinal strain in the reservoir phase showed the highest values of reproducibility compared to other LA strain parameters.

Keywords: speckle-tracking echocardiography; left ventricle; left atrial; 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. Comparison of a semi-automatic strain analysis of left heart with manual myocardial tracing in speckle-tracking echocardiography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2024; 3: 21–33. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-271> (In Russian)