

Алехин М. Н.^{1,2}, Матвеева М. Г.¹, Порошина Т. А.¹

¹ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Россия, Москва

² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Россия, Москва

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ КАМЕР СЕРДЦА У УСЛОВНО ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ SPECKLE-TRACKING-ЭХОКАРДИОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

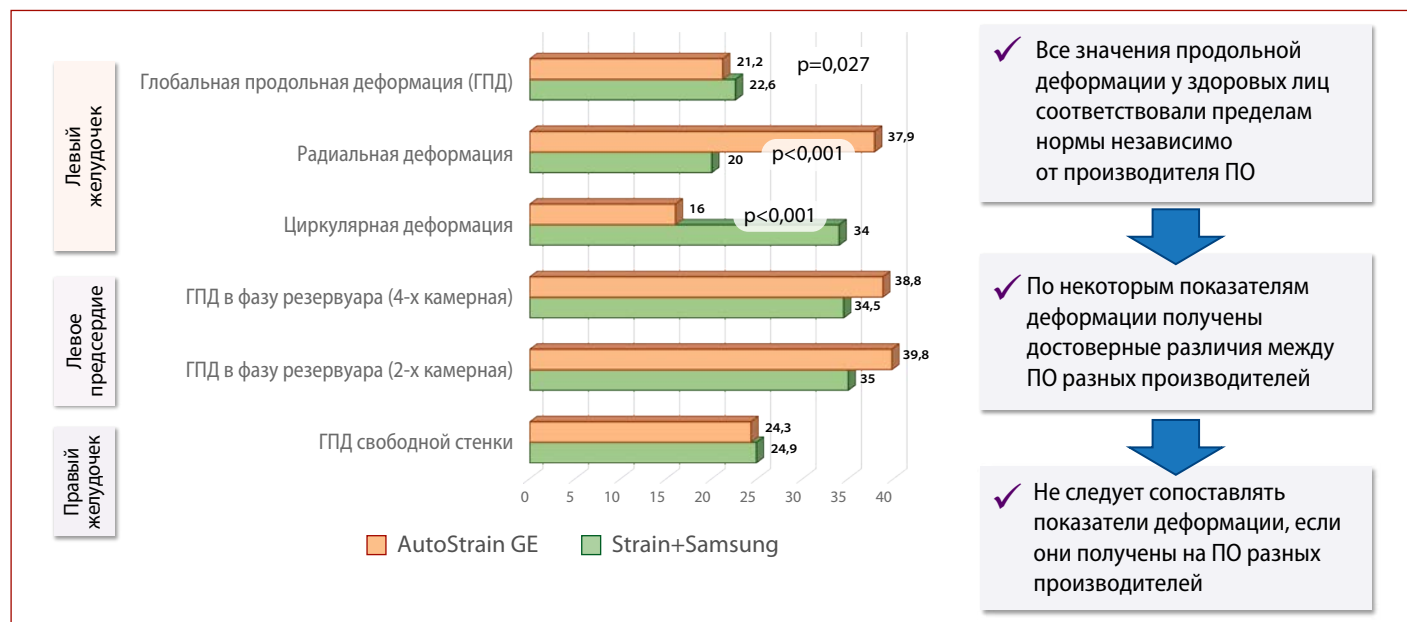
Цель	Определить у здоровых лиц значения показателей деформации миокарда (левого желудочка – ЛЖ, левого предсердия – ЛП, правого желудочка – ПЖ) с помощью технологии speckle-tracking-эхокардиографии (st-ЭхоКГ) с использованием оборудования двух разных производителей и сопоставить их.
Материал и методы	В исследование были включены 30 обследованных лиц без известных на момент исследования заболеваний сердечно-сосудистой системы. Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) выполнялась всем пациентам в один и тот же день одним и тем же опытным врачом в течение часа последовательно с использованием двух ультразвуковых систем разных производителей. Для оценки деформации миокарда камер сердца были зарегистрированы клипы для ЛЖ, ЛП и ПЖ. Рассчитывались следующие показатели: глобальная продольная систолическая деформация и продольная сегментарная деформация ЛЖ в 17 сегментах; радиальная и циркулярная деформация ЛЖ; глобальная продольная и сегментарная деформация свободной стенки ПЖ; деформация ЛП в фазу резервуара, фазу кондуита и фазу сокращения.
Результаты	Полученные значения продольной деформации ЛЖ, ПЖ и ЛП по данным st-ЭхоКГ у здоровых лиц при использовании программного обеспечения (ПО) двух разных производителей соответствовали существующим допустимым пределам нормальных значений этих показателей. При сравнении показателей деформации, рассчитанных на ПО двух различных производителей, выявлены достоверные различия для регионарной продольной систолической деформации миокарда ЛЖ в 6 сегментах из 17, для свободной стенки ПЖ в 1 сегменте из 3, для радиальной и циркулярной деформации ЛЖ, а также для глобальной продольной деформации ЛП в фазу сокращения. Анализ Бланда – Алтмана показал среднее смещение больше 1 и широкие пределы доверительного интервала показателей этих двух ПО.
Заключение	Полученные значения продольной деформации ЛЖ, ПЖ и ЛП по данным st-ЭхоКГ у здоровых лиц соответствовали существующим допустимым пределам нормальных значений этих показателей независимо от производителя ПО. При сравнении показателей деформации, рассчитанных с использованием программ разных производителей, по ряду показателей получены достоверные различия, что не позволяет сопоставлять показатели деформации при их расчете с использованием ПО разных производителей.
Ключевые слова	Эхокардиография; speckle-tracking; продольная деформация; левый желудочек; правый желудочек; левое предсердие
Для цитирования	Alekhin M. N., Matveeva M. G., Poroshina T. A. Intervendor Differences in the Values of Myocardial Strain Measures by Speckle-Tracking Echocardiography in Conditionally Healthy Individuals. <i>Kardiologiya</i> . 2026;66(2):12–20. [Russian: Алехин М. Н., Матвеева М. Г., Порошина Т. А. Сравнение значений показателей деформации камер сердца у условно здоровых лиц при speckle-tracking-эхокардиографии с использованием оборудования разных производителей. <i>Кардиология</i> . 2026;66(2):12–20].
Автор для переписки	Матвеева Марина Георгиевна. E-mail: mgmatveeva@yandex.ru

Введение

Развитие современных ультразвуковых технологий привело к появлению новых подходов в оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы, которые позволяют выявлять минимальные изменения функции сердца. Одна из таких технологий – двухмерная speckle-tracking-эхокардиография (st-ЭхоКГ), которая позволяет оценивать различные виды систолической

деформации левого желудочка (ЛЖ), тем самым расширяя возможности неинвазивной количественной оценки функции миокарда ЛЖ. Наибольшее клиническое применение получил анализ глобальной продольной систолической деформации (ГПДСД) ЛЖ с использованием st-ЭхоКГ, особенно при динамическом наблюдении за субклиническими заболеваниями миокарда, как наиболее надежного и воспроизводимого показателя [1, 2]. Од-

Центральная иллюстрация. Сравнение значений показателей деформации камер сердца у 30 условно здоровых лиц при speckle-tracking-эхокардиографии с использованием оборудования разных производителей



ним из известных недостатков технологии st-ЭхоКГ является зависимость показателей деформации миокарда от производителя соответствующего программного обеспечения (ПО), что обуславливает различия нормальных значений показателей деформации у различных производителей [3–5].

За последние годы появилось множество исследований, показывающих прогностическую важность оценки деформации миокарда не только ЛЖ, но и других камер сердца – левого предсердия (ЛП), правого желудочка (ПЖ) [6–8]. Однако вопрос о зависимости показателей деформации ЛП и ПЖ от используемого оборудования остается открытым.

Поэтому при появлении нового ПО для выполнения st-ЭхоКГ неизбежно возникает вопрос о нормальных значениях показателей деформации для данного ПО и о том, насколько сопоставимы эти значения с имеющимися нормативными значениями, для обеспечения преемственности обследования пациентов, что особенно важно при исследованиях в динамике [9].

Цель

Определение у здоровых лиц значений показателей деформации миокарда (ЛЖ, ЛП, ПЖ) с помощью технологии st-ЭхоКГ с использованием оборудования двух разных производителей и сопоставление полученных значений.

Материал и методы

В исследование включены 30 обследованных лиц без известных на момент исследования заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Критериями включения в исследование были:

- 1) хорошая визуализация сердца;
- 2) наличие синусового ритма на момент исследования.

Критерии исключения из исследования:

- 1) нарушения ритма (фибрилляция предсердий);
- 2) низкое качество двухмерного эхокардиографического изображения, определяемое как отсутствие оптимальной визуализации эндокарда в двух сегментах и более, что не позволяет проводить достоверный анализ деформации миокарда.

Проведение данного исследования одобрено этическим комитетом при ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации от 25 июня 2024 г. (протокол заседания №06-А).

Трансторакальную ЭхоКГ выполняли всем пациентам в один и тот же день последовательно с использованием двух ультразвуковых систем – Samsung Medison V8-RUS с секторным фазированным датчиком PA1-5A (1–5 МГц, монокристалльный) и GE Vivid E95 с мультисекторным фазированным датчиком M5S (2,0–5,0 МГц). Одновременно осуществлялась запись электрокардиограммы (ЭКГ). Все изображения получены с частотой кадров 50–80 в секунду. Исследование проводилось одним и тем же опытным врачом последовательно у одного и того же обследуемого в течение часа.

Для оценки деформации миокарда камер сердца были зарегистрированы клипы из следующих позиций на каждой из ультразвуковых систем Samsung Medison V8-RUS и GE Vivid E95: для ЛЖ – апикальные позиции по длинной оси ЛЖ, на 4 камеры и на 2 камеры; из парастерального доступа регистрировали позицию по ко-

роткой оси ЛЖ на уровне папиллярных мышц; для ЛП – апикальные позиции на 4 и на 2 камеры, при которых ЛП визуализировалось в максимально длинном его сечении; для ПЖ – апикальная четырехкамерная позиция, ориентированная на ПЖ.

На основе указанных апикальных позиций для ЛЖ рассчитывали значения ГПСД и продольной сегментарной деформации (ПСД) ЛЖ в 17 сегментах. Значения радиальной и циркулярной деформации ЛЖ были рассчитаны в позиции по короткой оси ЛЖ на уровне папиллярных мышц. Рассчитывали значения глобальной продольной и сегментарной деформации свободной стенки (СС) ПЖ исходя из апикальной четырехкамерной позиции, ориентированной на ПЖ. Для ЛП рассчитывали показатели деформации ЛП в фазу резервуара, фазу кондукта и фазу сокращения отдельно для апикальной позиции на 4 камеры и для апикальной позиции на 2 камеры.

Расчет показателей деформации

Расчет показателей деформации камер сердца проводили на ультразвуковом сканере Samsung Medison V8-RUS с использованием ПО Strain+, а также на рабочей станции EchoPAC GE с использованием ПО AutoStrain GE, после загрузки соответствующих клипов из ультразвуковой системы GE Vivid E95.

ПО Strain+ представляет собой программу автоматической количественной оценки параметров деформации камер сердца (ЛЖ, ЛП и ПЖ).

Для расчета показателей деформации ЛЖ с использованием ПО Strain+ врачу необходимо было выбрать три клипа с хорошим качеством изображения (длинная ось ЛЖ, позиции на 4 и 2 камеры). Затем программа автоматически генерировала зону интереса. При необходимости предусмотрена ручная корректировка зоны интереса. Результатом работы программы является получение параметрических кривых и диаграммы «мишень» с отображением на ней цифровых значений деформации каждого из 17 сегментов. Для получения показателей радиальной и циркулярной деформации ЛЖ с помощью ПО Strain+ выбирался клип, записанный из парастернального доступа по короткой оси на уровне папиллярных мышц. Затем программа в автоматическом режиме создавала зону интереса и рассчитывала цифровые значения радиальной и циркулярной деформации ЛЖ.

При оценке деформации ЛП врач выбирал последовательно четырех- и двухкамерные позиции ЛП. После этого программа автоматически выстраивала зону интереса и рассчитывала показатели деформации. В случае, если зона интереса отклонялась от движения стенки ЛП, врач выполнял корректировку зоны интереса. Точкой отсчета нулевого значения на графике деформации ЛП принимали зубец R на ЭКГ.

Для расчета деформации ПЖ врач выбирал клип с апикальной четырехкамерной позицией, ориентированной на ПЖ. Затем программа автоматически определяла зону интереса СС ПЖ и рассчитывала значения глобальной продольной и сегментарной деформации СС ПЖ.

Для анализа деформации миокарда на рабочей станции EchoPAC GE использовалось ПО AutoStrain GE.

Для расчета показателей деформации ЛЖ врач выбирал три клипа (длинная ось ЛЖ, позиция на 4 камеры и позиция на 2 камеры). На каждом клипе врач выставил реперные точки, соответствующие базальному отделу ЛЖ и его верхушке. Затем программа AutoStrain GE генерировала область интереса и рассчитывала показатели деформации ЛЖ. Врач визуально контролировал корректность отслеживания областью интереса сегментов миокарда. При несовпадении области интереса с сегментами миокарда проводилась ручная корректировка области интереса для получения адекватного очерчивания стенки камеры сердца на протяжении сердечного цикла. Результатом работы программы является получение параметрических кривых и диаграммы «мишень» с отображением на ней цифровых значений деформации каждого из 17 сегментов.

Расчет показателей радиальной и циркулярной деформации ЛЖ проводили на рабочей станции EchoPAC GE с использованием ПО Q-Analysis. Выбирали позицию по короткой оси ЛЖ на уровне папиллярных мышц. Последовательно методом точка-щелчок трассировался миокард ЛЖ по внутреннему эндокардиальному контуру, определяя область интереса. Далее программа отслеживала движение миокарда с определением кривых деформации и получением цифровых значений радиальной и циркулярной деформации ЛЖ. Если область интереса какого-либо сегмента отклонялась от движения стенки ЛЖ, выполнялась его корректировка.

При оценке деформации ЛП врач выбирал последовательно четырех- и двухкамерные позиции ЛП. На каждом клипе врач выставил реперные точки. Две точки соответствовали миокарду ЛП в зоне, прилежащей к фиброзному кольцу митрального клапана, и еще одна точка соответствовала «крыше» ЛП. Затем программа AutoStrain GE генерировала область интереса и рассчитывала показатели деформации ЛП. Врач визуально контролировал корректность отслеживания областью интереса сегментов миокарда. При несовпадении области интереса с сегментами миокарда проводилась ручная корректировка области интереса для получения адекватного очерчивания стенки камеры сердца на протяжении сердечного цикла. Точкой отсчета нулевого значения на графике деформации ЛП принимали зубец R на ЭКГ.

Для расчета деформации ПЖ врач выбирал клип с апикальной четырехкамерной позицией, ориентированной

на ПЖ. На выбранном клипе врачом выставлялись три реперные точки. Одна точка соответствовала миокарду СС ПЖ в зоне, прилежащей к фиброзному кольцу трехстворчатого клапана, другая точка соответствовала верхушке ПЖ и третья точка – базальной части межжелудочковой перегородки в зоне прикрепления к фиброзному кольцу трехстворчатого клапана. Затем программа AutoStrain GE генерировала область интереса и рассчитывала показатели деформации ПЖ. Врач визуально контролировал корректность отслеживания областью интереса сегментов миокарда. При несовпадении области интереса с сегментами миокарда проводилась ручная корректировка области интереса для получения адекватного очерчивания стенки камеры сердца на протяжении цикла сердца.

Статистический анализ

Накопление, корректировку, систематизацию исходной информации, визуализацию полученных результатов и статистический анализ осуществляли в электронных таблицах Microsoft Office Excel, а также с использованием программы StatTech v. 4.9.2 (ООО «Статтех», Россия).

Категориальные переменные представлены как абсолютные числа и проценты. Количественные показатели оценивали на соответствие нормальному распределению. В случае их нормального распределения для представления количественных показателей использовали среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD) – $M \pm SD$. Если распределение было отличным от нормального, использовали медиану (Me) и межквартильный интервал [Q_1 ; Q_3] – $Me [Q_1; Q_3]$. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого в каждой из групп соответствовало нормальному, при условии

равенства дисперсий выполняли с помощью критерия t Стьюдента, при неравных дисперсиях – с помощью критерия t Уэлча. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, осуществляли с помощью критерия U Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Таблица 2. Сравнение значений показателей регионарной продольной систолической деформации миокарда левого и правого желудочков с использованием различного программного обеспечения (n=30)

Показатель	Программное обеспечение		P
	AutoStrain GE	Strain+ Samsung	
ПСД верхушки ЛЖ, %	25,2±4,9	25,5±2,3	0,826
ПСД верхушечного переднего сегмента ЛЖ, %	20,3±6,4	23,4±2,8	0,020
ПСД верхушечного бокового сегмента ЛЖ, %	20,5 [18,0; 24,7]	25,2 [23,3; 26,8]	0,004
ПСД верхушечного заднего сегмента ЛЖ, %	26,6±4,7	27,1±2,6	0,592
ПСД верхушечного перегородочного сегмента ЛЖ, %	26,6±4,1	25,6±2,7	0,276
ПСД среднего передне-перегородочного сегмента ЛЖ, %	22,5 [20,0; 25,7]	19,0 [16,3; 21,0]	<0,001
ПСД среднего переднего сегмента ЛЖ, %	19,8±6,3	18,5±2,9	0,310
ПСД среднего передне-бокового сегмента ЛЖ, %	20,0±3,4	20,5±2,8	0,504
ПСД среднего задне-бокового сегмента ЛЖ, %	20,0 [18,2; 23,0]	21,5 [20,0; 23,2]	0,302
ПСД среднего заднего сегмента ЛЖ, %	22,0 [19,0; 24,0]	23,5 [22,0; 25,0]	0,043
ПСД среднего задне-перегородочного сегмента ЛЖ, %	22,0±2,3	20,9±3,1	0,103
ПСД базального передне-перегородочного сегмента ЛЖ, %	16,0 [13,0; 17,0]	19,5 [17,0; 21,9]	0,001
ПСД базального переднего сегмента ЛЖ, %	20,4±5,8	18,6±2,5	0,155
ПСД базального передне-бокового сегмента ЛЖ, %	19,2±4,3	20,6±3,1	0,171
ПСД базального задне-бокового сегмента ЛЖ, %	21,4±4,4	22,5±2,6	0,265
ПСД базального заднего сегмента ЛЖ, %	21,5±4,7	23,2±2,6	0,088
ПСД базального задне-перегородочного сегмента ЛЖ, %	17,8±2,7	20,9±2,8	<0,001
ПСД верхушечного сегмента СС ПЖ, %	25,5 [18,5; 29,8]	21,0 [14,5; 28,8]	0,297
ПСД среднего сегмента СС ПЖ, %	26,3±10,3	21,0±8,7	0,034
ПСД базального сегмента СС ПЖ, %	32,0±9,7	32,7±12,5	0,814

ПСД – продольная систолическая деформация; ЛЖ – левый желудочек; ПЖ – правый желудочек; СС – свободная стенка.

Таблица 1. Данные обследованных лиц (n=30)

Показатель	Значение
Возраст, годы	38±8 (25–53)
Пол, n (%)	
мужской	8 (27)
женский	22 (73)
ИМТ, кг/м ²	24,3±3,5
ЧСС, уд/мин	70±7
ФВ ЛЖ, %	62±4 (56–75)
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл	96±22 (60–140)
Конечный систолический объем ЛЖ, мл	36±8 (22–53)
ИО ЛП, мл/м ²	26±7 (17–38)
Передне-задний размер ПЖ, мм	26±3 (20–31)
TAPSE, мм	24±3 (20–33)

Данные представлены в виде среднего значения, стандартного отклонения и минимального и максимального значений – $M \pm SD$ (min – max). ИМТ – индекс массы тела; ЧСС – частота сердечных сокращений; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ЛЖ – левый желудочек; ИО ЛП – индекс объема левого предсердия; ПЖ – правый желудочек; TAPSE – систолическая экскурсия плоскости кольца трикуспидального клапана.

Парный критерий t Стьюдента и линейный корреляционный анализ использовали для сравнения и корреляции показателей деформаций, измеренных двумя различными ПО. Оценку соответствия между двумя ПО осуществляли на основе графического метода Бланда–Альмана. При этом анализе были рассчитаны среднее смещение и доверительные интервалы (ДИ), т. е. пределы согласия (среднее смещение $\pm 1,96 \times$ стандартное отклонение).

Результаты

В таблице 1 представлены данные 30 обследованных лиц, включенных в исследование.

Согласно представленным данным, все эхокардиографические показатели структуры и функции анализируемых нами камер сердца были в пределах нормальных значений.

Сравнение результатов анализа показателей деформации

В таблице 2 отражены результаты сравнения регионарной продольной систолической деформации миокарда ЛЖ и ПЖ при использовании ПО двух различных производителей. Так, для 6 сегментов миокарда ЛЖ были выявлены достоверные различия при использовании ПО разных производителей, а именно для верхушечных переднего и бокового, средних передне-перегородочного и заднего, базальных передне-перегородочного и задне-

перегородочного сегментов. Для ПЖ достоверное различие наблюдалось для среднего сегмента СС при использовании ПО разных производителей.

В таблице 3 представлены результаты сравнения значений показателей деформации ЛЖ, ЛП и ПЖ при использовании ПО двух различных производителей.

Согласно представленным данным сравнительный анализ значений показателей деформации при использовании ПО Strain+ и AutoStrain GE выявил статистически значимые различия для ГПСД ЛЖ, радиальной и циркулярной деформации ЛЖ, а также для ГПД ЛП в фазу сокращения.

Значения ГПСД СС ПЖ и ГПД ЛП в фазы резервуара и кондуита достоверно не различаются при использовании ПО Strain+ и AutoStrain GE. Значения ГПД ЛП в фазу сокращения при использовании ПО Strain+ достоверно меньше, чем при применении ПО AutoStrain GE.

Анализ Бланда–Альмана показал среднее смещение больше 1 и широкие пределы ДИ для исследуемых ПО (рис. 1 и табл. 3).

Обсуждение

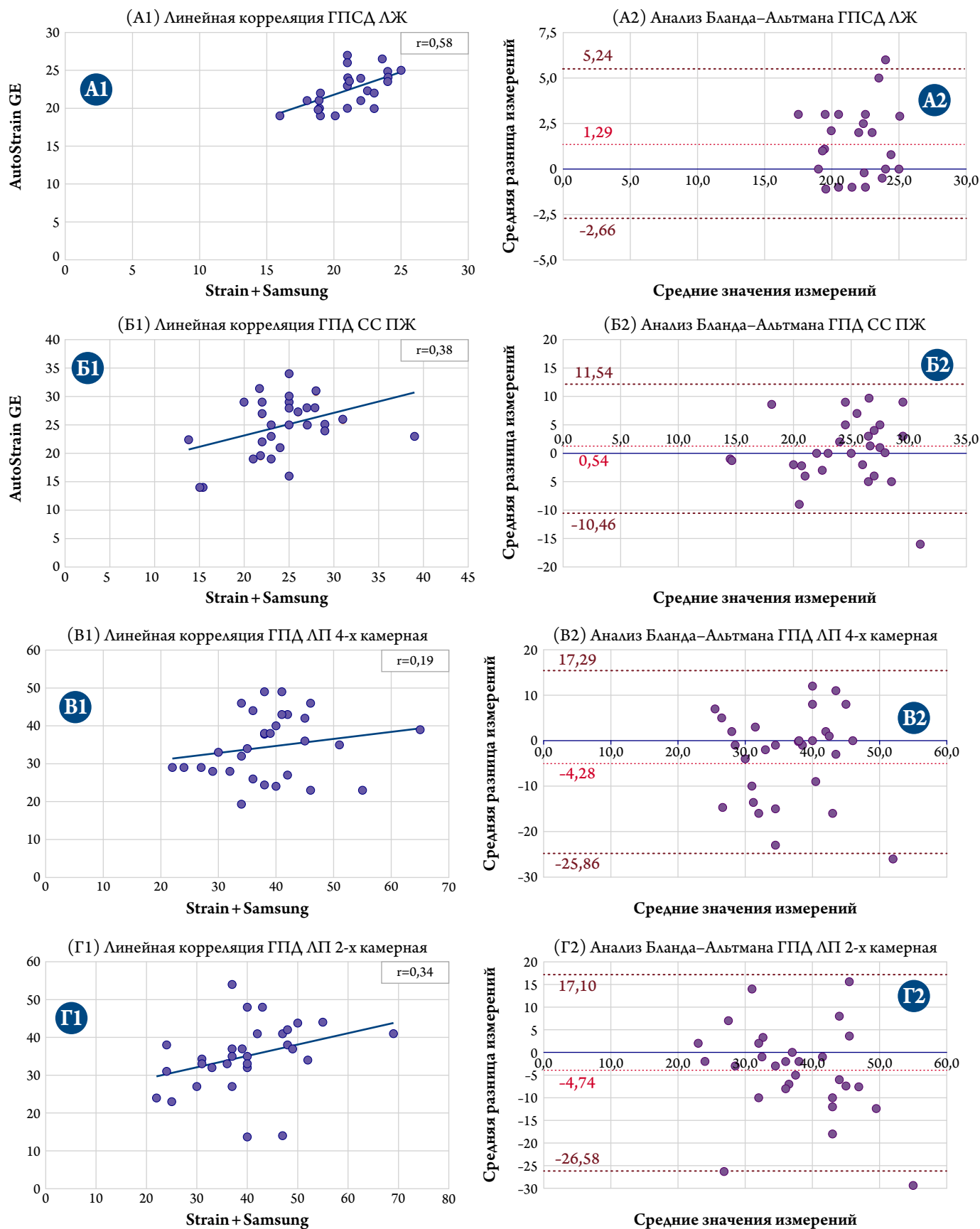
В настоящее время многие производители ультразвуковых диагностических систем для исследования сердца предлагают программные продукты для анализа деформации миокарда ЛЖ и других камер сердца. Появление у производителей новых программных продуктов для анализа деформации миокарда требует постоянного

Таблица 3. Сравнение значений показателей деформации миокарда левого желудочка, правого желудочка и левого предсердия с использованием различного программного обеспечения (n=30)

Показатель	AutoStrain GE	Strain+ Samsung	p	r	Среднее смещение (95% ДИ)
ГПСД ЛЖ, %	21,2 $\pm$ 2,1	22,6 $\pm$ 2,3	0,027	0,58	1,29 (от –2,66 до 5,24)
ПСД ЛЖ четырехкамерная позиция, %	21,1 $\pm$ 2,1	22,5 $\pm$ 2,6	0,023	0,41	1,44 (от –3,69 до 6,58)
ПСД ЛЖ двухкамерная позиция, %	22,0 $\pm$ 2,8	22,7 $\pm$ 2,2	0,387	0,47	0,57 (от –4,61 до 5,75)
ПСД ЛЖ длинная ось ЛЖ, %	22,0 [19,3; 22,0]	22,0 [20,3; 24,0]	0,073	0,58	1,56 (от –3,76 до 6,87)
Радиальная деформация ЛЖ, %	37,9 [29,0; 51,5]	20,0 [16,0; 23,6]	<0,001	–0,03	–19,51 (от –56,75 до 17,74)
Циркулярная деформация ЛЖ, %	16,0 $\pm$ 4,5	34,0 $\pm$ 7,3	<0,001	0,33	18,06 (3,99–32,12)
ГПД ЛП четырехкамерная позиция, фаза резервуара, %	38,8 $\pm$ 8,8	34,5 $\pm$ 8,5	0,061	0,19	–4,28 (от –25,86 до 17,29)
ГПД ЛП четырехкамерная позиция, фаза кондуита, %	25,6 $\pm$ 6,6	23,7 $\pm$ 7,2	0,311	0,22	1,83 (от –18,81 до 15,15)
ГПД ЛП четырехкамерная позиция, фаза сокращения, %	14,0 [11,0; 15,0]	9,0 [8,0; 13,7]	0,018	0,42	–2,32 (от –11,58 до 6,95)
ГПД ЛП двухкамерная позиция, фаза резервуара, %	39,8 $\pm$ 10,3	35,0 $\pm$ 9,1	0,063	0,34	–4,74 (от –26,58 до 17,10)
ГПД ЛП двухкамерная позиция, фаза кондуита, %	23,8 $\pm$ 7,0	23,6 $\pm$ 8,6	0,918	0,43	–0,21 (от –16,75 до 16,33)
ГПД ЛП двухкамерная позиция, фаза сокращения, %	16,0 [14,0; 19,0]	10,7 [9,3; 12,9]	<0,001	0,01	–4,97 (от –17,44 до 7,50)
ГПСД СС ПЖ, %	24,3 $\pm$ 4,9	24,9 $\pm$ 5,1	0,680	0,38	0,54 (от –10,46 до 11,54)

ДИ – доверительный интервал; ГПСД ЛЖ – глобальная продольная систолическая деформация левого желудочка; ПСД ЛЖ – продольная систолическая деформация левого желудочка (ЛЖ); ГПД ЛП – глобальная продольная деформация левого предсердия; ГПД СС ПЖ – глобальная продольная деформация свободной стенки правого желудочка.

Рисунок 1. Линейная корреляция и анализ Бланда–Альтмана параметров деформации камер сердца при использовании программных обеспечений Strain+ (Samsung) и AutoStrain GE



А – ГПСД ЛЖ; Б – ГПД СС ПЖ; В – ГПД ЛП четырехкамерная позиция, фаза резервуара; Г – ГПД ЛП двухкамерная позиция, фаза резервуара. ГПСД ЛЖ – глобальная продольная систолическая деформация левого желудочка; ГПД СС ПЖ – глобальная продольная деформация свободной стенки правого желудочка; ГПД ЛП – глобальная продольная деформация левого предсердия.

проведения валидационных исследований, так как вопрос воспроизводимости результатов при оценке деформации с использованием эхокардиографического оборудования разных производителей остается открытым [3, 4, 9, 10].

В нашем исследовании впервые определялись значения деформации для ЛЖ, ЛП и ПЖ с использованием нового специализированного ПО Strain+ Samsung и последующим сравнением результатов с широко используемым ПО AutoStrain GE.

Мы определили значения деформации миокарда у здоровых лиц по данным нового ПО Strain+ (Samsung). Полученные нами значения деформации у здоровых лиц соответствуют существующим нормальным значениям для ГПСД ЛЖ (19–25%), ПСД СС ПЖ (более 20%), а также для ПСД ЛП (23–60%), т. е. для наиболее востребованных в клинической практике показателей [8, 11]. Преимуществом этой программы является наличие разработанных специализированных алгоритмов для анализа деформации миокарда не только ЛЖ, но и ЛП и ПЖ. Эти алгоритмы встроены в ультразвуковой сканер, что позволяет значительно сократить время комплексной ЭхоКГ и получить результаты расчетов деформации любой камеры сердца непосредственно при проведении ЭхоКГ.

При сравнительном анализе полученных значений показателей деформации выявлена тенденция к более высоким значениям ПСД для всех трех позиций ЛЖ, которая достигала достоверных различий для апикальной четырехкамерной позиции и для ГПСД ЛЖ при использовании ПО Strain+ по сравнению с ранее используемым ПО AutoStrain GE. За последние полтора десятилетия активного использования технологии st-ЭхоКГ проведено немало исследований по сравнению получаемых значений ГПСД ЛЖ с помощью ПО, разработанных разными производителями. Авторы едины в одном, что в настоящее время в исследованиях отмечается тенденция к повышению согласованности измерений ГПСД ЛЖ среди различных производителей [12, 13]. По данным A. Balinisteanu и соавт. [13], среднее смещение между измерениями у разных производителей составляло 0,6%. В нашем исследовании ГПСД ЛЖ Strain+ имели более высокие значения деформации по сравнению с таковыми AutoStrain GE, степень корреляция варьировала от слабой ($r=0,41$) до средней ($r=0,58$) в широких пределах ДИ со средним смещением больше 1.

Значения показателей радиальной и циркулярной деформации ЛЖ варьировали в значительных пределах с очень слабой корреляцией ($-0,03$ для радиальной и $0,33$ для циркулярной деформации). Вероятной причиной столь выраженной вариабельности значений деформации могут быть различия в алгоритме постобработки изображений в анализируемых нами программных

пакетах. Очевидно, что следует продолжить исследования клинического использования показателей радиальной и циркулярной деформации ЛЖ в повседневной клинической практике, и необходимы дальнейшие усилия фирм-производителей по преодолению столь значимых различий для этих показателей.

Создание производителями специализированных ПО для оценки деформации ПЖ и ЛП позволило уйти от ряда технических сложностей (использование ПО, предназначенного для расчета ГПСД ЛЖ, для анализа деформации другой камеры сердца с ручной корректировкой зоны интереса). Это должно повысить не только внутри-, но и межисследовательскую сопоставимость и воспроизводимость получаемых результатов [14]. Так, наше исследование одно из немногих, в котором мы сравнили полученные значения глобальной и регионарной деформации ПЖ, и единственное, в котором сравнивались значения деформации ЛП в разные фазы его сокращения при использовании ПО различных производителей.

В нашем исследовании при сравнении специализированного ПО двух производителей показатели ГПСД СС ПЖ были сопоставимы, среднее смещение измерений составило меньше 1 при небольшом ДИ. Однако показатели регионарной деформации ПЖ были вариабельны со статистически значимыми различиями по ПСД среднего сегмента СС ПЖ. Таким образом, мы можем говорить о возможности использования глобальной ПСД СС ПЖ в оценке функции ПЖ при применении ПО этих производителей. Однако, следует продолжить исследования регионарных показателей ПСД СС ПЖ вследствие их вариабельности. В данном случае наши результаты согласуются с выводами Z. Il'Giovine и соавт. [5], которые сравнивали значения деформации ПЖ с применением ПО от разных производителей.

ПО Strain+ позволяет также проводить анализ деформации ЛП как в четырех-, так и в двухкамерной позициях. Показатели деформации ЛП были ниже при использовании программы Strain+. Статистически значимых различий в показателях деформации ЛП в фазу резервуара и кондуита не было, но слабая корреляция со средним смещением более 1 и широкими ДИ свидетельствует о большой вариабельности измерений. Показатели деформации ЛП в сократительную фазу имели значительные различия с большой вариабельностью, что свидетельствует о невозможности использования этих программ двух производителей для оценки сократительной функции ЛП. Поэтому для динамического наблюдения за показателями деформации ЛП не следует использовать ПО разных производителей.

В последнем согласительном документе Американского общества эхокардиографии вместе с Европейской ассоциацией сердечно-сосудистой визуализации

Европейского общества кардиологов для динамического наблюдения за пациентами все еще рекомендуется использовать ПО одного и того же производителя и с осторожностью использовать данные разных поставщиков [8]. Разнонаправленность результатов нашего исследования при анализе деформации миокарда с применением ПО разных производителей подтверждает точку зрения о том, что и в клинической практике при динамическом наблюдении за пациентами, а также при проведении научных исследований следует избегать использования значений деформации, полученных при использовании ПО различных производителей.

Постоянное появление новых программ для расчета показателей деформации с помощью технологии st-ЭхоКГ и постоянная тенденция сближения значений показателей деформации миокарда, полученных с использованием программ разных производителей, требует проведения дальнейших исследований в этом направлении.

Ограничения исследования

Основным ограничением исследования является небольшое число обследованных лиц, что не позволило оценить зависимость показателей деформации от пола и возраста.

В нашей работе мы не проводили оценку внутри- и межисследовательской вариабельности результатов исследования, поскольку доказано, что анализ дефор-

мии миокарда при использовании оборудования одного и того же производителя обладает очень хорошей внутри- и межисследовательской воспроизводимостью [8, 15, 16].

Заключение

Полученные нами значения продольной деформации левого желудочка, правого желудочка и левого предсердия по данным speckle-tracking-эхокардиографии у здоровых лиц соответствовали существующим допустимым пределам нормальных значений этих показателей независимо от производителя программного обеспечения.

При сравнении показателей деформации, рассчитанных с использованием программ разных производителей, по ряду показателей получены достоверные различия, что не позволяет сопоставлять показатели деформации при их расчете с использованием программного обеспечения разных производителей.

Финансирование

Финансирование исследования проводилось в соответствии с договором 250281 от 18.08.2025 при поддержке ЗАО «МЕДИЭЙС».

Конфликт интересов

Статья подготовлена при финансовой поддержке ЗАО «МЕДИЭЙС».

Статья поступила 15.01.2026

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vasyuk Yu.A., Vyzhigin D.A., Shupenina E.Yu., Novosel E.O., Ulyanova E.A. New opportunities for preclinical diagnostics of antitumor therapy cardiotoxicity: results of an observational study. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2025;21(3):209–16. [Russian: Васюк Ю.А., Выжигин Д.А., Шупенина Е.Ю., Новосел Е.О., Ульянова Е.А. Новые возможности доклинической диагностики кардиотоксичности противоопухолевой терапии: результаты обсервационного исследования. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии*. 2025;21(3):209–16]. DOI: 10.20996/1819-6446-2025-3187
2. Shlyakhto E.V., Kaprin A.D., Belenkov Yu.N., Vasyuk Yu.A., Khabarova N.V., Ilgisonis I.S. et al. Expert Consensus of the Russian Society of Cardiology, the Society of Heart Failure Specialists, the Russian Association of Oncologists and the Eurasian Association of Cardio-Oncologists. “Cardioprotection 2025: Modern Approaches to Preventing Cardiovascular toxicity in Antitumor Therapy”. Part I. Introduction, Objectives, Cardiovascular toxicity Detection Methods and Risk Stratification. *Kardiologiya*. 2025;65(10):4–17. [Russian: Шляхто Е.В., Каприн А.Д., Беленков Ю.Н., Васюк Ю.А., Хабарова Н.В., Ильгисонис И.С. и др. Консенсус экспертов Российского кардиологического общества, Общества специалистов по сердечной недостаточности, Ассоциации онкологов России и Ассоциации кардиоонкологов Евразии «Кардиопротекция 2025: современные подходы к профилактике кардиоваскулотоксичности противоопухолевой терапии». Часть I. Введение, цели, методы выявления кардиоваскулотоксичности и стратификация риска. *Кардиология*. 2025;65(10):4–17]. DOI: 10.18087/cardio.2025.10.n3076
3. Ünlü S, Mirea O, Pagourelis ED, Duchenne J, Bézy S, Bogaert J et al. Layer-Specific Segmental Longitudinal Strain Measurements: Capability of Detecting Myocardial Scar and Differences in Feasibility, Accuracy, and Reproducibility, Among Four Vendors A Report From the EACVI-ASE Strain Standardization Task Force. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2019;32(5):624–632.e11. DOI: 10.1016/j.jecho.2019.01.010
4. Farsalinos KE, Daraban AM, Ünlü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt J-U. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(10):1171–1181.e2. DOI: 10.1016/j.jecho.2015.06.011
5. Il'Giovine ZJ, Mulder H, Chiswell K, Arges K, Tomfohr J, Hashmi A et al. Right Ventricular Longitudinal Strain Reproducibility Using Vendor-Dependent and Vendor-Independent Software. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2018;31(6):721–732.e5. DOI: 10.1016/j.jecho.2018.01.008
6. Mazur E.S., Mazur V.V., Bazhenov N.D., Nilova O.V., Nikolaeva T.O. Left Atrial Strain as a Predictor of Diastolic Stress Test Results in Patients With Arterial Hypertension. *Kardiologiya*. 2022;62(9):9–17. [Russian: Мазур Е.С., Мазур В.В., Баженов Н.Д., Нилова О.В., Николаева Т.О. Стрейн левого предсердия как предиктор результата диастолического стресс-теста у больных артериальной гипертензией. *Кардиология*. 2022;62(9):9–17]. DOI: 10.18087/cardio.2022.9.n2206
7. Golukhova E.Z., Slivneva I.V., Mamalyga M.L., Marapov D.I., Alekhin M.N., Scopin I.I. et al. Right ventricular free-wall longitudinal speckle tracking strain as a prognostic criterion of adverse outcomes in patients with pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4):103–15. [Rus-

- sian: Голухова Е.З., Сливнева И.В., Мамалыга М.А., Марапов Д.И., Алехин М.Н., Скопин И.И. и др. Продольная деформация свободной стенки правого желудочка по данным спекл-трекинг эхокардиографии как прогностический критерий неблагоприятных исходов у пациентов с легочной гипертензией: систематический обзор и метаанализ. Российский кардиологический журнал. 2021;26(4):103-15]. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4417
8. Thomas JD, Edvardsen T, Abraham T, Appadurai V, Badano L, Banchs J et al. Clinical Applications of Strain Echocardiography: A Clinical Consensus Statement From the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration With the European Association of Cardiovascular Imaging of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2025;38(11):985–1020. DOI: 10.1016/j.echo.2025.07.007
9. Mirea O, Pagourelias ED, Duchenne J, Bogaert J, Thomas JD, Badano LP et al. Variability and Reproducibility of Segmental Longitudinal Strain Measurement: A Report From the EACVI-ASE Strain Standardization Task Force. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11(1):15–24. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.01.027
10. Yang H, Marwick TH, Fukuda N, Oe H, Saito M, Thomas JD et al. Improvement in Strain Concordance between Two Major Vendors after the Strain Standardization Initiative. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(6):642-648.e7. DOI: 10.1016/j.echo.2014.12.009
11. Nyberg J, Jakobsen EO, Østvik A, Holte E, Stølen S, Lovstakken L et al. Echocardiographic Reference Ranges of Global Longitudinal Strain for All Cardiac Chambers Using Guideline-Directed Dedicated Views. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2023;16(12):1516–31. DOI: 10.1016/j.jcmg.2023.08.011
12. Chamberlain R, Shiino K, Scalia GM, Sabapathy S, Chan J. Advantage and validation of vendor-independent software for myocardial strain analysis compared to vendor-specific software. *Australasian Journal of Ultrasound in Medicine*. 2021;24(1):48–57. DOI: 10.1002/ajum.12229
13. Balinisteanu A, Duchenne J, Puvrez A, Wouters L, Bézy S, Youssef A et al. Vendor differences in 2D-speckle tracking global longitudinal strain: an update on a 10-year standardization effort. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2025;26(8):1360–73. DOI: 10.1093/ehjci/jeaf155
14. Mirea O, Duchenne J, Voigt J-U. Comparison between Nondedicated and Novel Dedicated Tracking Tool for Right Ventricular and Left Atrial Strain. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2022;35(4):419–25. DOI: 10.1016/j.echo.2021.11.011
15. 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 & Functional Diagnostics*. 2024;3:21–33. [Russian: 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]. DOI: 10.24835/1607-0771-271
16. 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 & Functional Diagnostics*. 2024;1:10–21. [Russian: 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]. DOI: 10.24835/1607-0771-075