

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49

УДК: 611.127, 612.171, 612.172, 612.176

Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов

О.П. Мамаева¹, Н.Е. Павлова¹, А.М. Подлесов^{2,3}, А.А. Хильчук¹, А.М. Сарана^{1,4}, С.Г. Щербак^{1,4}

¹СПб ГБУЗ Городская больница №40, г. Санкт-Петербург, Россия

²СПб ГБУЗ Городская многопрофильная больница №2, г. Санкт-Петербург, Россия

³ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, Министерство образования и науки РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: проанализировать показатели трансторакальной эхокардиографии в двухмерном и трехмерном режимах и технологии speckle-tracking у молодых спортсменов. **Материалы и методы:** проспективно обследованы 79 спортсменов (52 мужчины и 27 женщин, средний возраст 20,5±3,7). По уровню подготовки сформированы группы А (профессионалы) и Б (любители), а по гендерному признаку - группы 1 (мужчины) и 2 (женщины). Использованы ЭКГ в 12-ти отведениях, эхокардиография в 2D- и 3D-режимах. Оценка функции ЛЖ выполнена по методике speckle-tracking с оценкой продольной деформации ЛЖ в режиме Automated Function Imaging. **Результаты:** выявлены достоверные различия в 2D и 3D режимах по значениям КДО ($p<0,0001$), ОЛП ($p<0,0001$), ФВЛЖ ($p<0,0001$) для 2D ($p<0,05$) и 3D ($p<0,0001$) эхокардиографии, ГПД для 2D ($p<0,0001$) и 3D ($p=0,007$), а также ГЦД в 3D ($p=0,02$). Выявлены более низкие показатели ГПД в группе А как в 2D ($p=0,0002$), так и в 3D режимах ($p=0,007$). **Выводы:** 3D-визуализация и speckle-tracking эхокардиография позволяют провести детальную оценку систолической функции миокарда, с выявлением начальных признаков систолической дисфункции при сохраненной фракции выброса, что особенно актуально у спортсменов.

Ключевые слова: эхокардиография, трехмерная эхокардиография, speckle-tracking, систолическая функция, диастолическая функция, спортсмены

Для цитирования: Мамаев О.П., Павлова Н.Е., Подлесов А.М., Хильчук А.А., Сарана А.М., Щербак С.Г. Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 49-58. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49.

The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes

Olga P. Mamaeva¹, Nataliya E. Pavlova¹, Aleksandr M. Podlesov^{2,3}, Anton A. Khilchuk¹,
Andrey M. Sarana^{1,4}, Sergey G. Shcherbak^{1,4}

¹City Hospital №40, Saint-Petersburg, Russia

²City Hospital №2, Saint-Petersburg, Russia

³St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

⁴Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

Objective: to analyze the parameters of 2D and 3D transthoracic echocardiography (TEE) with speckle-tracking technology in young athletes. **Materials and methods:** 79 athletes (52 male, 27 female, median age 20,5±3,7 years) undergone prospective analysis. Participants were divided into groups by level of training (group A-professionals and group B-amateurs) and by gender (group 1-men and group 2-women). Athletes underwent 12-lead ECG, 2D TTE and 3D TTE with a speckle-tracking. The evaluation of LV function was performed using the speckle-tracking method with the assessment of LV longitudinal strain in the Automated Function Imaging mode. **Results:** significant differences in LDV ($p<0,0001$), LAV ($p<0,0001$), LVEF ($p<0,0001$) between 2D ($p<0,05$) and 3D ($p<0,0001$) assessment, and differences in 2D ($p<0,0001$) and 3D ($p=0,007$) GLS values and in 3D GCS assessment ($p=0,02$) were registered. Significantly lower values of GLS were obtained in the group A in 2D ($p=0,0002$) and 3D ($p=0,007$)

echo. **Conclusions:** 3D visualization with speckle-tracking allows careful and detailed assessment of left ventricular systolic function. The usage of left ventricle deformation quantitative analysis can detect early signs of systolic dysfunction with normal ejection fraction with a great value in young athletes.

Key words: echocardiography, three-dimensional echocardiography, speckle-tracking, systolic function, diastolic function, athletes

For citation: Mamaeva OP, Pavlova NE, Podlesov AM, Khilchuk AA, Sarana AM, Shcherbak SG. The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2018;8(3):49-58. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49.

1.1 Введение

Вопрос профилактики внезапной сердечной смерти (ВСС) у спортсменов, с формированием концепции допуска к занятиям спортом сохраняет актуальность во всем мире. 20-30 лет назад наибольшее значение придавали недиагностированной при жизни спортсменов гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП), а также аритмогенной дисплазии правого желудочка, выявленных при аутопсии в 25-35% случаев [1]. Было установлено, что 68% смертей юных атлетов в США зарегистрированы в игровых видах спорта с серьезными физическими нагрузками: 47 случаев в баскетболе, 45 в американском футболе [2]. За последние годы существенно изменилось представление о патогенезе ВСС у спортсменов. По современным данным мировой литературы, до 36% случаев смертей у юных атлетов остаются без видимых морфологических причин при вскрытиях [3].

Система предварительного скрининга спортсменов включает в себя сбор анамнеза и физикального обследования, с целью выявления потенциальной сердечно-сосудистой патологии и предикторов внезапной сердечной смерти. Доказана эффективность применения электрокардиографии (ЭКГ) у спортсменов по профилактике ВСС при своевременном выявлении признаков ГКМП, признаков аритмогенной кардиомиопатии, синдроме WPW, ионных каналопатиях, длинном или коротком интервалах QT и синдроме Бругада [4, 5].

По-прежнему высока роль применения двухмерной эхокардиографии (ЭхоКГ) для диагностики ГКМП и асимметричной гипертрофии миокарда ЛЖ, а также пороков сердца, нарушения систолической и диастолической функции, как факторов повышенного риска ВСС [6].

При выявлении у спортсменов отягощенного семейного анамнеза, симптомов, патологии при осмотре или изменениях на ЭКГ, не связанных с тренировочным процессом, следует провести углубленное медицинское обследование, включающее ЭхоКГ, и при необходимости, ряд других специфических тестов (стресс-тест, магнитно-резонансная томография (МРТ), длительное мониторирование ЭКГ, эндокардиальное электрофизиологическое исследование (ЭФИ) и другие) (класс показаний Па с уровнем доказательности С) [7]. В результате стремительного развития ультразвуковых технологий исследования сердца и сосудов за последние 10-15 лет все более широкое распространение получает ЭхоКГ в трехмерном режиме в реальном времени (3D ЭхоКГ) [8]. В мировой литературе представлены результаты исследований

по анализу данных, получаемых при оценке показателей 3D ЭхоКГ и показателей референсных методов: КТ, МРТ. В данных исследованиях были отмечены хорошая воспроизводимость, высокая точность и независимость от оператора новой методики 3D ЭхоКГ [9, 10].

Ряд показателей глобальной и локальной систолической функции продолжает носить полуколичественный, соответственно, субъективный характер [11, 12].

Методика speckle-tracking эхокардиографии позволяет полуавтоматически обрабатывать данные деформации миокарда в трёх пространственных направлениях: продольном, радиальном и циркулярном. Кроме того, speckle-tracking эхокардиография проводит оценку возникновения, направления и скорости вращения левого желудочка (ЛЖ). [11]. Полуавтоматический характер speckle-tracking эхокардиографии гарантирует хорошую воспроизводимость, независимую от оператора. В России данные технологии находятся на этапе развития, что и определило актуальность проводимого исследования.

Цель исследования – проанализировать показатели трансоракальной ЭхоКГ, полученные в двухмерном режиме (2D ЭхоКГ), при трехмерной визуализации в режиме реального времени (3D ЭхоКГ) и технологии speckle-tracking с количественной оценкой глобальной и региональной функции ЛЖ у спортсменов молодого возраста.

1.2 Материалы и методы

В рамках гранта Российского научного фонда по созданию «Биобанка» №14-50-00069, за период 2015-2016г.г. были обследованы 79 студентов ВУЗ-ов Санкт-Петербурга (52 мужчины и 27 женщин), активно занимающихся в различных спортивных секциях и принимающие участие в соревнованиях в рамках городских сборных команд. Средний возраст составил $20,5 \pm 3,7$ лет. У обследуемых не было выявлено симптомов заболеваний сердца или других хронических заболеваний, отсутствовал регулярный прием лекарственных препаратов. Все испытуемые давали информированное согласие на обследования, с одобрением протоколов локальным этическим комитетом СПб ГБУЗ Городская больница №40.

По уровню физической подготовки испытуемые были разделены на две группы. В группу А (условно названные «профессионалы») были включены 56 спортсменов городских сборных команд со стажем занятий спортом не менее 7 лет, имеющих 4 и более тренировочных дней в неделю и наличием не менее 1-ого спортивного разряда. В группу Б (условно названные «любители»)

тели») включили 23 молодых человека с более низким уровнем тренировочной активности, с меньшим стажем занятий спортом. По гендерному признаку выделили еще 2 группы сопоставимые по возрасту: 1 – мужчины и 2 – женщины. Таким образом, в исследовании выделили 4 группы: А1 – «профессионалы» мужчины (n=42), А2 – «профессионалы» женщины (n=14), Б1 – «любители» мужчины (n=11) и Б2 – «любители» женщины (n=12). Распределение по видам спорта представлено в таблице 1.

Всем обследуемым проводили ЭКГ в 12 стандартных отведениях с использованием аппарата МАК 2000 (GE, США); стресс-тест на тредмиле по стандартному протоколу Брюса (система «Кардиософт», тредмил GE, США); суточное мониторирование ЭКГ (по Холтеру) в 12 отведениях, с анализом двигательной активности, пневмограммы, с применением носимых регистраторов Кардиотехника-4 (Инкарт, Россия); эхокардиография (ЭхоКГ) в 2D-и 3D-режимах на аппарате Vivid E9 XDclear 4D (GE, США).

Критерии исключения: возраст <18 лет; не синусовый ритм; низкое качество визуализации структур сердца при ЭхоКГ (не визуализировалось ≥ 3 сегментов), наличие соматической патологии в стадии обострения, наличие остро инфекционного процесса, периоды беременности и лактации.

Двухмерную ЭхоКГ выполняли с использованием матричного монокристалльного секторного фазированного датчика M5Sc-D по стандартной методике, рекомендованной Американской Ассоциацией кардиологов, с получением основных линейных размеров, объемов камер сердца, массы миокарда, а также их индексированных значений.

Для количественной оценки глобальной и региональной функции ЛЖ использовали методику speckle-tracking ЭхоКГ с оценкой продольной деформации ЛЖ в режиме AFI (Automated Function Imaging).

Изображения для speckle-tracking эхокардиографического анализа, выполняемые в автономном режиме, получаются и записываются с использованием обычной двухмерной эхокардиографии в серой шкале во время задержки дыхания со стабильной электрокардиографической картиной. При выполнении продольного анализа деформации во всех 3 апикальных плоскостях, программное обеспечение автоматически генерирует топографическое представление всех 17 проанализированных сегментов (bull'seye – мишень) (рис. 1).

Трехмерная визуализация выполнялась из апикальной позиции с использованием матричного секторного объемного датчика 4V-D. Объемное изображение получалось путем сканирования в реальном времени в режиме 4D на протяжении четырех последовательных сердечных циклов в течение одной задержки дыхания. С помощью пакета программ для обработки 3D массивов (4D auto LVQ и 4D-Strain and LV-mass) в автоматическом и полуавтоматическом режиме были получены диастолические и систолические объемы ЛЖ, левого предсердия (ЛП), масса миокарда ЛЖ, показатели продольной, радиальной и циркулярной деформаций и площади деформации.

Полученные в процессе выполнения работы клинические результаты обрабатывали с использованием программной системы STATISTICA for Windows (версия 10). Сопоставление частотных характеристик качественных показателей проводили с помощью непараметрических

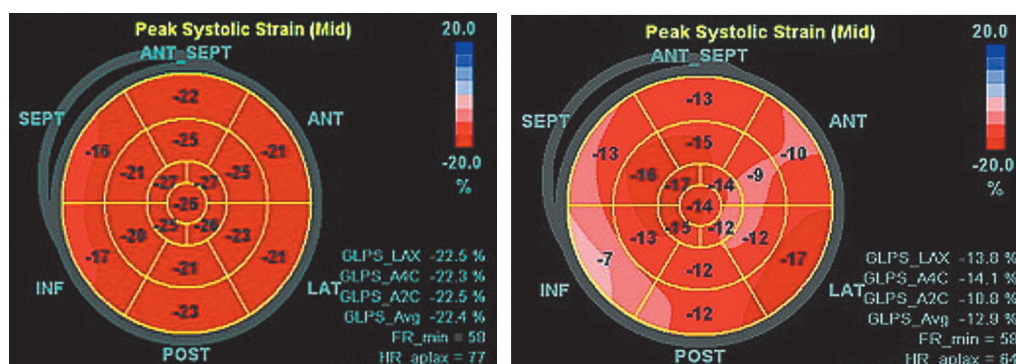
Таблица 1

Характеристика групп сравнения по видам спорта

Table 1

Characteristics of groups according to the kinds of sport

Виды спорта/Kinds of sport	Профессионалы (группа А)/ Professionals (group A) (n=56)	Любители (группа Б)/ Amateurs (group B) (n=23)
Футбол/Footbal	13	0
Волейбол/Volleybal	11	1
Гребля академическая/Academic rowing	6	0
Хоккей/Hockey	9	0
Бадминтон/Badminton	3	1
Спортивные танцы/Dance sport	0	13
Скалолазание/Rock climbing	2	2
Чирлидинг/Cheerleading	0	5
Спортивное ориентирование/Orienteering	3	0
Триатлон/Triathlon	8	0
Регби/Rugby	1	1
Всего/Overall	56(71%)	23(29%)



а

б

Рис. 1. Speckle-tracking эхокардиографический анализ. Bull's-eye-мишень: А. Группа Б2 (девушка 20 лет, чирлидинг); Б. Группа А1 (юноша 18 лет, хоккей)

Fig. 1. Speckle-tracking analysis. Bull's-eye: А. Group B2 (20-yr female, cheerleading); В. Group A1 (18-yr male, hockey)

методов χ^2 , χ^2 Пирсона, критерия Фишера. Сравнение количественных параметров в исследуемых группах осуществляли с использованием критериев Манна-Уитни (проверка гипотезы о гауссовском распределении количественных признаков по критериям Колмогорова-Смирнова в форме Лиллиефорса и Шапиро-Уилка показала отсутствие нормального распределения и обосновала применение данного непараметрического критерия), Вальда, медианного хи-квадрат и модуля ANOVA. Сопоставление изучаемых показателей, полученных разными методиками выполняли с помощью критерия Знаков и критерия Вилкоксона. Результаты представлены в виде $M \pm SD$ (где M – среднее арифметическое, SD – среднеквадратичное отклонение), медианы. Критерием статистической достоверности получаемых выводов мы считали величину $P < 0,05$.

1.3 Результаты и их обсуждение

Рост технического прогресса на современном этапе позволил войти в клиническую практику новым ультразвуковым приборам, с возможностью объемной визуализации структур сердца в режиме реального времени [10, 13]. При проведении эхокардиографии были получены достоверные различия по ряду показателей, в зависимости от пола и уровня тренированности (табл. 2)

Индекс массы миокарда ЛЖ в 2D и 3D режимах достоверно отличался ($p < 0,0001$) между группами А и Б (рис. 2).

Анализ эхокардиографических показателей здоровых добровольцев, приведенных в статье Luigi P. Badano [14], позволил расценить значения данных показателей у группы Б (любители) в нашей работе, как вариант нормы, что обосновало отсутствие введения группы контроля.

Достоверные различия были выявлены при анализе конечно-диастолического (КДО) и конечно-систолического (КСО) объемов ЛЖ в 2D режиме и 3D режимах ($p < 0,0001$), как между мужчинами и женщинами ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$), так и между группами А и Б ($p < 0,0001$, $p < 0,005$). Данные представлены на рис. 3 и 4.

В нашей работе, выше были объемы ЛП (ОЛП), значения которых достоверно различались в 2D режиме и 3D режимах между мужчинами и женщинами ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$ соответственно), между группами А и Б ($p < 0,01$, $p < 0,004$). Отмечены достоверные различия между значениями ОЛП в 2D режиме и 3D режимах ($p = 0,05$), что согласуется с данными исследования Badano, где отмечены большие значения этого показателя в 3D режиме [14]. Однако достоверно значимых различий индекса объема левого предсердия ИОЛП в сопоставляемых нами группах получено не было (табл. 3).

С 2012 г. Европейской и Американской Ассоциацией по эхокардиографии рекомендовано оценивать фракцию выброса (ФВ) левого желудочка в 3D режиме [15].

Показатели фракции выброса ФВ достоверно различались в 2D режиме и 3D режимах в группе А ($p < 0,0001$). В 2D режиме достоверные различия по ФВ отмечены между группами А и Б ($p < 0,05$). В 3D режиме большие достоверные различия по ФВ отмечены между группами А и Б ($p < 0,0001$) и между мужчинами и женщинами ($p < 0,01$). По данным литературы, отмечены более низкие значения показателей ФВ в 3D режиме у мужчин в сравнении с женщинами [16]. В нашей работе, у мужчин спортсменов группы А и Б выявлены несколько более низкие значения показателей ФВ в 3D режиме (рис. 5).

В своей статье Luigi P. Badano [14], помимо оценки фракции выброса в 2D режиме и 3D режимах, провели анализ показателей speckle-tracking эхокардиографии у 265 здоровых добровольцев (возраст – 18-76 лет; 57% женщин). Были оценены в различных возрастных группах: продольная деформация (3DLe), циркулярная деформация (3DCe), радиальной деформации (3DRe), и площадь деформации (3DAe) с помощью программных пакетов 3D speckle-tracking. Референтные величины (нижняя граница нормы) для 3D speckle-tracking были показаны авторами: средние значения- (-15%) для 3DLe, (-14%) для 3DCe, (-26%) для 3DAe, и (38%) для 3DRe.

Таблица 2

Эхокардиографические показатели в 2D режиме и 3D режиме в группах

Table 2

2D- and 3D-echocardiography values according to groups

	Группа Б/Group B (n=23)	Группа А/Group A (n=56)	Значение p/p value
Пол (муж/жен)/Gender (male/female)	11/12	42/14	
Возраст/Age	20±2,1	20,6±4,2	Нет/ n/s
2D ЭХО-КГ			
КДО, мл/LDV, ml	91,2±21,1	115,1±23,1	<0,0001
КСО, мл/ LSV, ml	33,7±11,3	45,7±12,2	<0,0001
ФВ, %/EF, %	63,4±6,4	60,9±4,6	Нет/ n/s
ММ, г/ММ, g	133,0±31,6	169,2±41,1	<0,0001
ИММ, г/м ² /MMI, g/m ²	78,9±13,8	89,2±16,8	0,011
3D-ЭХО-КГ			
КДО, мл/LDV, ml	94,1±21,8	112,0±25,8	0,005
КСО, мл/LSV, ml	39,3±12,6	49,9±13,9	<0,0001
ФВ, %/EF, %	59,0±6,0	55,9±4,1	0,01
ММ, г/ММ, g	118,9±13,3	135,8±20,1	<0,0001
ИММ, г/м ² /MMI, g/m ²	71,1±6,7	72,6±10,0	Нет/ n/s

КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ/LDV – late-diastolic volume;
КСО – конечно-систолический объем ЛЖ/LSV – late-systolic volume;
ФВ – фракция выброса ЛЖ/EF – ejection fraction;
ММ – масса миокарда ЛЖ/MM – myocardial mass;
ИММ – индекс массы миокарда ЛЖ/MMI – myocardial mass index.

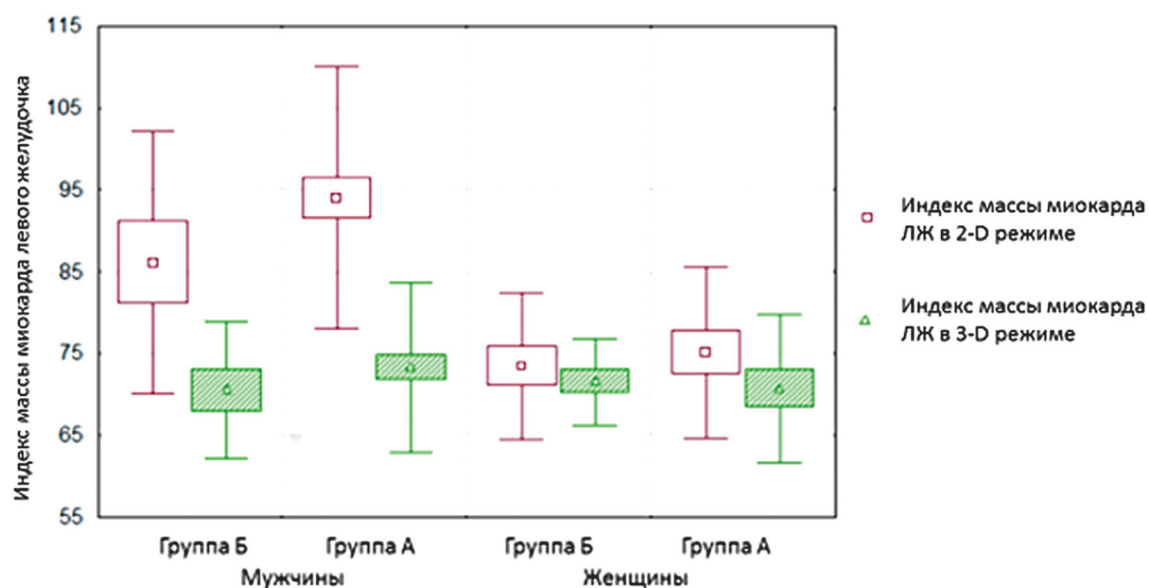


Рис. 2. Показатели индекса массы миокарда левого желудочка в 2D и 3D режимах

Fig. 2. Myocardial mass index values in 2D- and 3D-modes

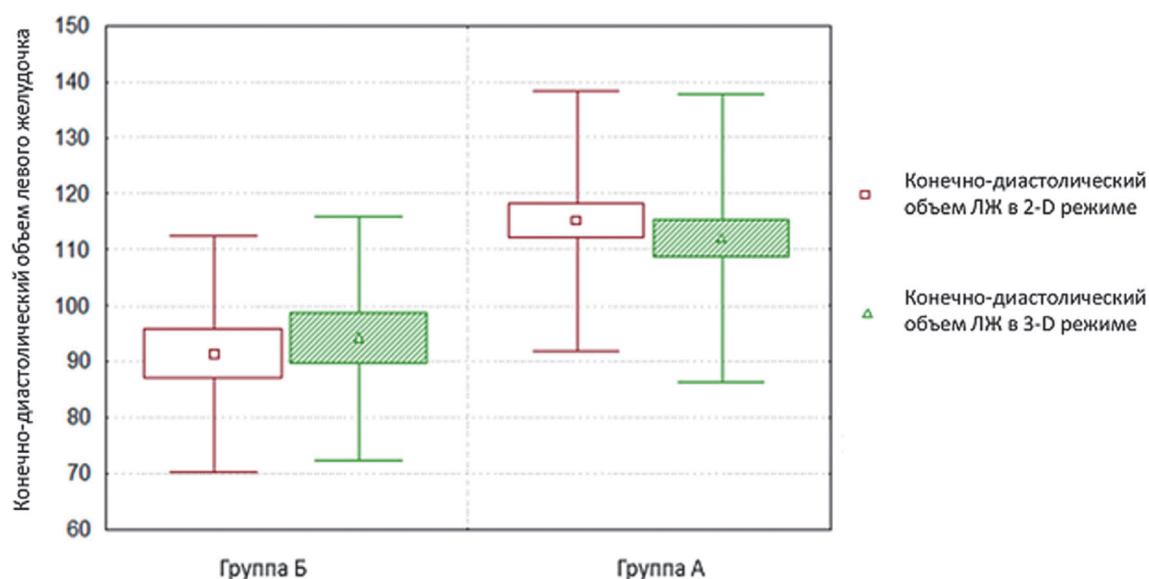


Рис. 3. Значения показателей конечного диастолического объема левого желудочка в 2D и 3D режимах

Pic. 3. Late diastolic volume values in 2D- and 3D-modes

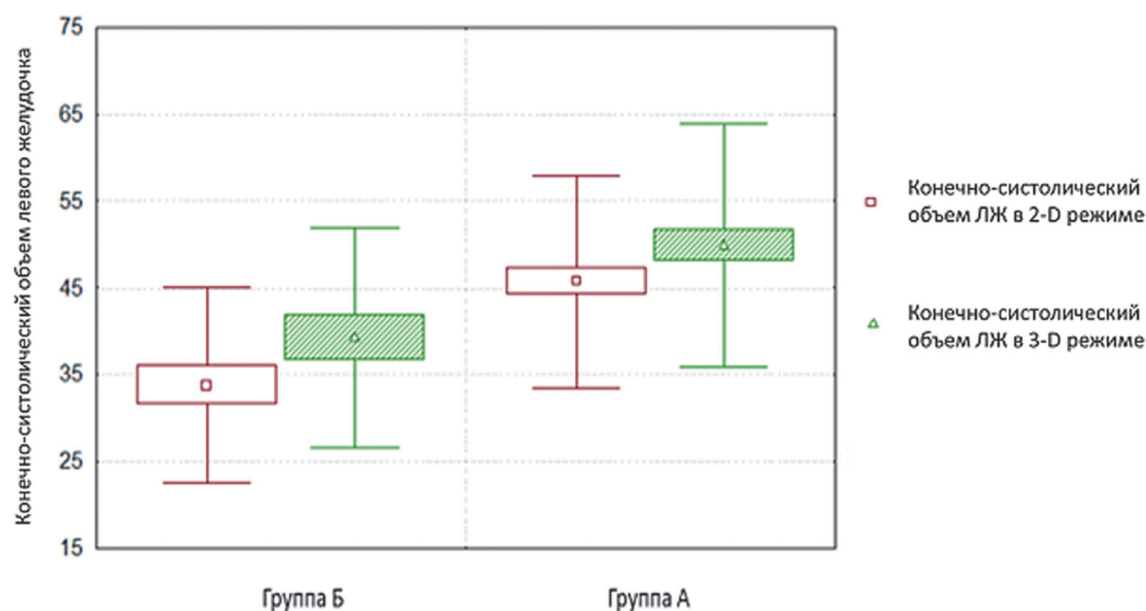


Рис. 4. Значения показателей конечного систолического объема левого желудочка в 2D и 3D режимах

Pic. 4. Late systolic volume values in 2D- and 3D-modes

У мужчин были более низкие 3DLe, 3DRe, 3DAe, и 2D продольной деформации, чем женщин. Значения показателей ниже для 3DLe и 3DCe, и выше для 3DRe, чем для 2DLe, 2DCe, и 2DRe, соответственно. Эту закономерность подтверждает и наше исследование. Нами были выявлены достоверные различия между группами А и Б по показателям глобальной продольной деформации в 2D режиме ($p = 0,0003$), 3D режиме ($p = 0,007$) (табл. 4) и циркулярной деформации (3D режим, $p=0,02$; табл. 5).

Показатели глобальной продольной деформации были ниже у мужчин, чем у женщин (рис. 6).

При оценке глобальной циркулярной деформации достоверно значимых различий при сравнении у мужчин и женщин получено не было, но отмечались более высокие показатели в группе профессионалов ($p=0,02$). Показатели глобальной радиальной деформации были достоверно выше у женщин, в сравнении с мужчинами ($p=0,038$). Однако различий между группами А и Б получено не было.

Ряд работ, сравнивающих данные 2D и 3D speckle-tracking эхокардиографических измерений, представляли противоречивые результаты. Возможно, из-за методических особенностей и различного программного обеспечения [17-19].

Таблица 3

Показатели объема левого предсердия при 2D и 3D эхокардиографии

Table 3

Left atrium 2D- and 3D-echocardiography assessment

	Группа В/Group B (n=23)	Группа А/Group A (n=56)	Значение p/p value
2D-эхокардиография / 2D-echocardiography			
Мужчины/males			
ОЛП, мл/LAV, ml	46,7±6,5	48,8±8,1	0,004
ИОЛП, мл/м ² /LAVI, ml/m ²	26±2,8	25,1±3,9	Нет / n/s
Женщины/Females			
ОЛП, мл/LAV, ml	37,5±6,7	42,6±11,1	<0,001
ИОЛП, мл/м ² /LAVI, ml/m ²	23,8±4,9	25,1±5,8	Нет / n/s
3D-эхокардиография / 3D-echocardiography			
Мужчины/males			
ОЛП, мл/LAV, ml	47,1±7,7	51,4±9,9	<0,001
ИОЛП, мл/м ² /LAVI, ml/m ²	25,5±3,4	26,5±4,8	Нет / n/s
Женщины/females			
ОЛП, мл/LAV, ml	37,9±9,3	44,1±11,4	<0,001
ИОЛП, мл/м ² /LAVI, ml/m ²	23,7±4,9	26,0±6,2	Нет / n/s

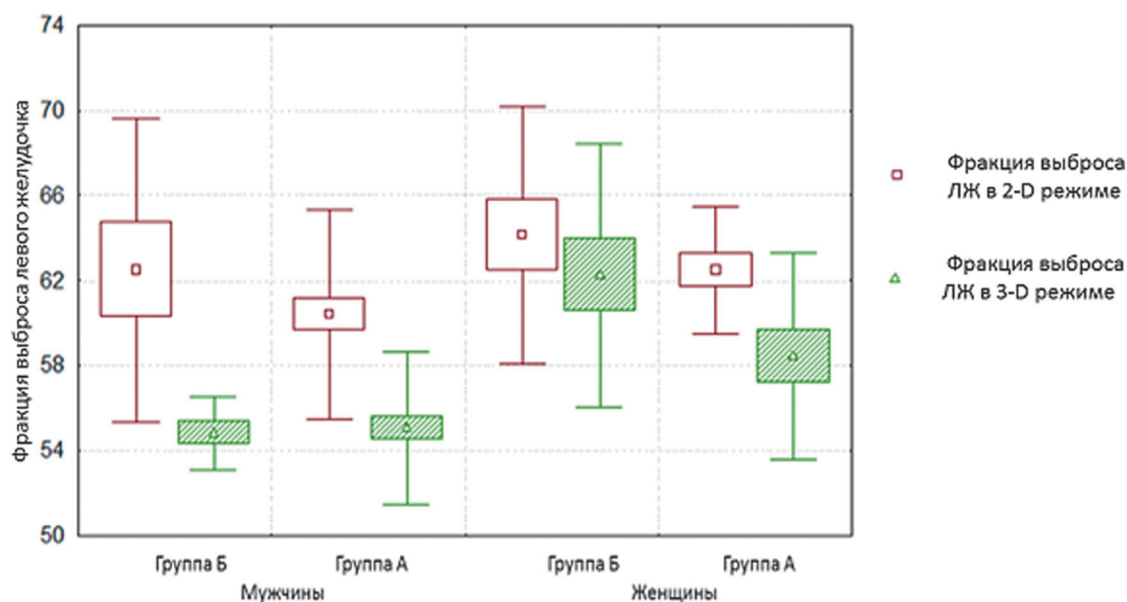


Рис. 5. Групповое распределение показателей фракции выброса у мужчин и женщин в 2D и 3D режимах

Fig. 5. Ejection fraction values in males and females in 2D- and 3D-modes

Определение 3D деформации и ее нормативных значений включено в ряд научно-исследовательских проектов по патофизиологии и спортивной медицине.

1.4 Выводы

1. Трехмерная визуализация и speckle-tracking эхокардиография позволяют провести более детальную

Таблица 4

Показатели глобальной продольной деформации левого желудочка

Table 4

Left ventricle global longitudinal strain values

Пол/Sex	2D, M±o, Mediana		3D, M±o, Mediana	
	Группа А/ Group A (n=56)	Группа В/ Group B (n=23)	Группа А/ Group A (n=56)	Группа В/ Group B (n=23)
Мужчины/Males	-18,3±2,3% -18%	-20,0±1,7% -20%	-14,3±2,9% -15%	-14,8±2,3% -14%
Женщины/Females	-19,5±2,5% -20%	-21,3±2,0% -22%	-15,3±3,2% -15%	-18,0±2,5% -18,5%

Таблица 5

Показатели глобальной циркулярной деформации левого желудочка в 3D режиме

Table 5

3D-echocardiography left ventricle global circular strain values

Мужчины/Males, M±o, Mediana		Женщины/Females, M±o, Mediana	
Группа А/Group A (n=42)	Группа В/Group B (n=11)	Группа А/Group A (n=14)	Группа В/Group B (n=12)
-12,6±2,4% -13%	-10,4±3,0% -10%	-12,8±1,9% -13%	-11,8±2,2% -11,5%

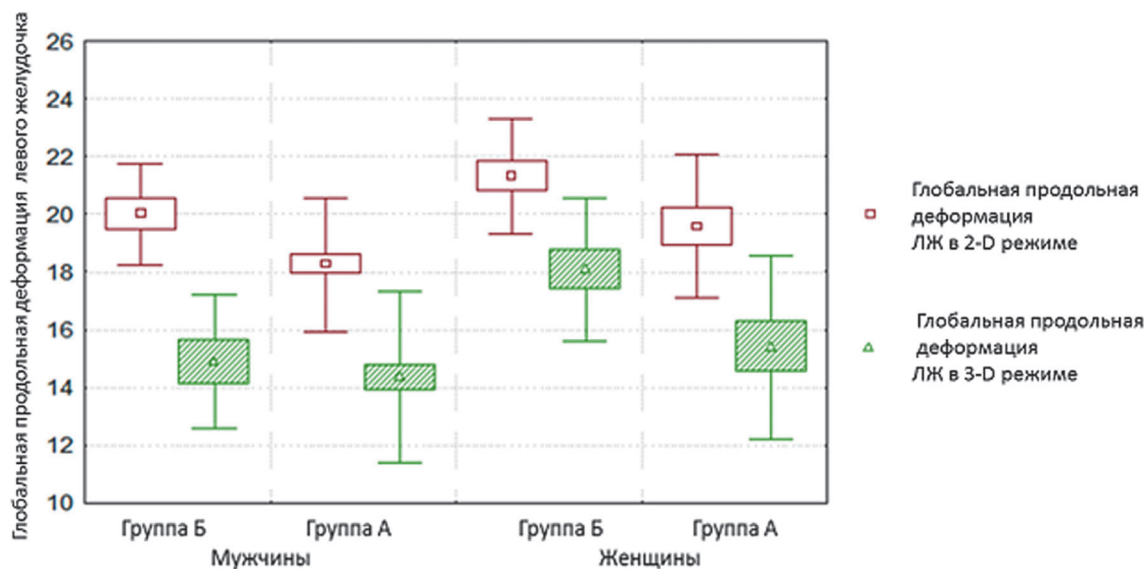


Рис. 6. Показатели глобальной продольной деформации левого желудочка

Pic. 6. Left ventricle global longitudinal strain values in 2D- and 3D-modes

оценку систолической и диастолической функций миокарда у спортсменов, чем традиционные эхокардиографические методики.

2. Проведение количественного анализа региональной и глобальной деформации миокарда левого желудочка по-

зволяет выявлять начальные признаки систолической дисфункции при сохраненной фракции выброса левого желудочка, что особенно актуально при работе со спортивным контингентом, формировании критериев допуска к соревнованиям и контроле за тренировочным процессом.

Список литературы

1. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes: insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy // *Circulation*. 1995. Vol.91. P. 1596–601. DOI: 10.1161/01.CIR.91.5.1596.
2. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, Dimeff R, Douglas PS, Glover DW, Hutter AM Jr, Krauss MD, Maron MS, Mitten MJ, Roberts WO, Puffer JC. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation // *Circulation*. 2007. Vol.115, №12. P. 1643-455. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181423.
3. Макаров Л.М. Холтеровское мониторирование. 4-е издание. М.: ИД «Медпрактика-М», 2017. 504 с.
4. Christiaans I, van Engelen K, van Langen IM, Birnie E, Bonsel GJ, Elliott PM, Wilde AAM. Risk stratification for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy: systematic review of clinical risk markers // *Europace*. 2010. Vol.12. P. 313-21. DOI: 10.1093/europace/eup431.
5. Delisei P, Allocca G, Marras E, Giustetto C, Gaita F, Sciarra L, Calo L, Proclemer A, Marziali M, Rebellato L, Berton G, Coro L, Sitta N. Risk stratification in individuals with the Brugada type 1 ECG pattern without previous cardiac arrest: usefulness of a combined clinical and electrophysiologic approach // *Euro Heart J*. 2011. Vol.32. P. 169-76. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq381.
6. Бойцов С.А., Колос И.П., Лидов П.И., Смоленский А.В. Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2011. №7. С. 4-60.
7. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти // Клиническая практика. 2012. №4. С. 6-94.
8. Sugeng L, Mor-Avi V, Lang RM. Three-dimensional echocardiography: coming of age // *Heart*. 2008. Vol.94. P. 1123-5. DOI: 10.1136/hrt.2007.133702.
9. Lang RM, Dent JM. Three-Dimensional Echocardiography: Is it ready for Every day Clinical Use? // *J Am Coll Cardiol Img*. 2009. Vol.2. P. 114-7. DOI: 10.1016/j.acvd.2010.01.007.
10. Leung K, Bosch JG. Automated border detection in three-dimensional echocardiography: principles and promises // *Eur. J. Echocardiography*. 2010. Vol.11, №2. P. 97-108. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq005.
11. Алехин М.Н. Ультразвуковые методики оценки деформации миокарда и их клиническое значение // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. №3. С. 107-20.
12. Muraru D, Badano LP, Piccoli G. Validation of a novel automated border-detection algorithm for rapid and accurate quantitation of left ventricular volumes based on three-dimensional echocardiography // *European Journal of Echocardiography*. 2010. Vol.11, №4. P. 359-68. DOI: 10.1093/ejehocard/jep217.
13. Iskandrian AE, Hage FG. Imaging Acute MI in the 21st Century // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013. Vol.6, №3. P. 370-2. DOI: 10.1016/j.jcmg.2012.11.010.
14. Luigi P Badano. Defining normative values for 3D LV volumes // *JACC: Cardiovascular imaging*. 2013. Vol.6, №4. P. 526-31. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.01.008.
15. Guidelines and standards EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional

References

1. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes: insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1995;91:1596-601. DOI: 10.1161/01.CIR.91.5.1596.
2. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, Dimeff R, Douglas PS, Glover DW, Hutter AM Jr, Krauss MD, Maron MS, Mitten MJ, Roberts WO, Puffer JC. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation. *Circulation*. 2007;115(12):1643-455. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181423.
3. Makarov LM. Kholterovskoe monitorirovanie. Moscow, «Medpraktika-M», 2017. 504 p. Russian.
4. Christiaans I, van Engelen K, van Langen IM, Birnie E, Bonsel GJ, Elliott PM, Wilde AAM. Risk stratification for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy: systematic review of clinical risk markers. *Europace*. 2010;12:313-21. DOI: 10.1093/europace/eup431.
5. Delisei P, Allocca G, Marras E, Giustetto C, Gaita F, Sciarra L, Calo L, Proclemer A, Marziali M, Rebellato L, Berton G, Coro L, Sitta N. Risk stratification in individuals with the Brugada type 1 ECG pattern without previous cardiac arrest: usefulness of a combined clinical and electrophysiologic approach. *Euro Heart J*. 2011;32:169-76. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq381.
6. Boytsov SA, Kolos IP, Lidov PI, Smolenskiy AV. Natsionalnye rekomendatsii po dopusku sportsmenov s otkloneniyami so storony serdechno-sosudistoy sistemy k trenirovochno-sorevnovatelnomu processu. *Ratsionalnaya farmakoterapiya v kardiologii*. 2011;(7):4-60.
7. Natsionalnye rekomendatsii po opredeleniyu riska i profilaktike vnesapnoy serdechnoy smerti. *Klinicheskaya praktika*. 2012;(4):6-94.
8. Sugeng L, Mor-Avi V, Lang RM. Three-dimensional echocardiography: coming of age. *Heart*. 2008;94:1123-5. DOI: 10.1136/hrt.2007.133702.
9. Lang RM, Dent JM. Three-Dimensional Echocardiography: Is it ready for Every day Clinical Use? *J Am Coll Cardiol Img*. 2009;2:114-7. DOI: 10.1016/j.acvd.2010.01.007.
10. Leung K, Bosch JG. Automated border detection in three-dimensional echocardiography: principles and promises. *Eur. J. Echocardiography*. 2010;11(2):97-108. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq005.
11. Alekhin MN. Ultrazvukovye metodiki otsenki deformatsii miokarda i ikh klinicheskoe znachenie. *Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika*. 2011;(3):107-20.
12. Muraru D, Badano LP, Piccoli G. Validation of a novel automated border-detection algorithm for rapid and accurate quantitation of left ventricular volumes based on three-dimensional echocardiography. *European Journal of Echocardiography*. 2010;11(4):359-68. DOI: 10.1093/ejehocard/jep217.
13. Iskandrian AE, Hage FG. Imaging Acute MI in the 21st Century. *JACC Cardiovascular Imaging*. 2013;6(3):370-2. DOI: 10.1016/j.jcmg.2012.11.010.
14. Luigi P Badano. Defining normative values for 3D LV volumes. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(4):526-31. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.01.008.
15. Guidelines and standards EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional

echocardiography // J Am Soc Echocardiogr. 2012. Vol.25. P. 3-46. DOI: 10.1093/ehjci/jer316.

16. **Denisa Muraru, Umberto Cucchini, Sorina Mihail, Luigi P Badano.** Left Ventricular Myocardial Strain by Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Healthy Subjects: Reference Values and Analysis of Their. Physiologic and Technical Determinants // J Am Soc Echocardiogr. 2014. Vol.27, №8. P. 858-71. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.010.

17. **Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, Davidsen ES, Sibelas F, Ovize M, Bonnefoy-Cudraz E, Thibault H, Derumeaux G.** Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities // Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2014. Vol.15. P. 316-23. DOI: 10.1093/ehjci/jet103.

18. **Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, Landelle M, Roudaut R, Lafitte S.** Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters // J Am Soc Echocardiogr. 2012. Vol.25. P. 68-79. DOI: 10.1016/j.echo.2011.10.009.

19. **Wu VC, Takeuchi M, Otani K, Haruki N, Yoshitani H, Tamura M, Abe H, Lin F, Otsuji Y.** Effect of through-plane and twisting motion on left ventricular strain calculation: direct comparison between two-dimensional and threedimensional speckle-tracking echocardiography // J Am Soc Echocardiogr. 2013. Vol.26. P. 1274-81. DOI: 10.1007/s10554-016-0961-6.

echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2012;25:3-46. DOI: 10.1093/ehjci/jer316.

16. **Denisa Muraru, Umberto Cucchini, Sorina Mihail, Luigi P Badano.** Left Ventricular Myocardial Strain by Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Healthy Subjects: Reference Values and Analysis of Their. Physiologic and Technical Determinants. J Am Soc Echocardiogr. 2014;27(8):858-71. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.010.

17. **Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, Davidsen ES, Sibelas F, Ovize M, Bonnefoy-Cudraz E, Thibault H, Derumeaux G.** Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities. Eur Heart J Cardiovascular Imaging. 2014;15:316-23. DOI: 10.1093/ehjci/jet103.

18. **Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, Landelle M, Roudaut R, Lafitte S.** Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters. J Am Soc Echocardiogr. 2012;25:68-79. DOI: 10.1016/j.echo.2011.10.009.

19. **Wu VC, Takeuchi M, Otani K, Haruki N, Yoshitani H, Tamura M, Abe H, Lin F, Otsuji Y.** Effect of through-plane and twisting motion on left ventricular strain calculation: direct comparison between two-dimensional and threedimensional speckle-tracking echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2013;26:1274-81. DOI: 10.1007/s10554-016-0961-6.

Сведения об авторах:

Мамаева Ольга Петровна, заведующая отделением функциональной диагностики СПб ГБУЗ Городская больница №40, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-4722-6950 (+7 (921) 943-20-12, mopetrovna@gmail.com)

Павлова Наталья Евгеньевна, врач отделения функциональной диагностики СПб ГБУЗ Городская больница №40. ORCID ID: 0000-0003-4443-5797

Подлесов Александр Михайлович, заведующий отделением кардиологии СПб ГБУЗ Городская многопрофильная больница №2, профессор кафедры факультетской терапии им. профессора В.А. Вальдмана ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-1441-7937

Хильчук Антон Андреевич, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения СПб ГБУЗ Городская больница №40. ORCID ID: 0000-0002-7199-0502

Сарана Андрей Михайлович, доцент кафедры последипломного образования медицинского факультета ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, зам. главного врача по реабилитации СПб ГБУЗ Городская больница №40, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3198-8990

Щербак Сергей Григорьевич, заведующий кафедрой последипломного образования медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета, главный врач СПб ГБУЗ Городская больница №40, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-5047-2792

Information about the authors:

Olga P. Mamaeva, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Functional Diagnostics Department of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0002-4722-6950 (+7 (921) 943-20-12, mopetrovna@gmail.com)

Nataliya E. Pavlova, M.D., Physician of the Functional Diagnostics Department of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0003-4443-5797

Aleksandr M. Podlesov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Cardiology Department №1 of City Hospital №2, Professor of the Faculty Therapy Department of the St. Petersburg State Pediatric Medical University. ORCID ID: 0000-0002-1441-7937

Anton A. Khilchuk, M.D., Physician of the Department of X-Ray Surgery Methods of Diagnostics and Treatment of City Hospital №40, St. ORCID ID: 0000-0002-7199-0502

Andrey M. Sarana, M.D., Ph. D. (Medicine), Associate Professor of the Postgraduate Medical Department of the Saint-Petersburg State University, Deputy Chief Physician in Rehabilitation of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0003-3198-8990

Sergey G. Shcherbak, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Postgraduate Medical Education Department of the Saint-Petersburg State University, Chief Physician of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0001-5047-2792

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 15.07.2018

Принята к публикации: 18.08.2018

Received: 15 July 2018

Accepted: 18 August 2018