

Оценка функционального состояния левых отделов сердца у больных хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса

Вдовенко Д. В., Либис Р. А.

Цель. Изучить показатели деформации миокарда левого желудочка (ЛЖ) у больных хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса (ХСН-сФВ), возникшей на фоне ишемической болезни сердца (ИБС), артериальной гипертонии (АГ) с помощью технологии спекл трекинг эхокардиографии (ЭхоКГ) и состояние левого предсердия у данной категории больных.

Материал и методы. Обследовано 80 пациентов с ХСН-сФВ I-IIa стадии I-III функционального класса (ФК) в возрасте от 50 до 68 лет (51 мужчина и 29 женщин) и 30 здоровых лиц. ХСН-сФВ у больных развивалась на фоне АГ и ИБС. Пациентам проводили общеклиническое обследование, тест с шестиминутной ходьбой (ТШХ), ЭхоКГ по общепринятой методике и спекл трекинг ЭхоКГ.

Результаты. По итогам ТШХ: 27% — I ФК, 47,9% — II ФК, 25,1% — III ФК. Средняя ФВ по Симпсону $63,3 \pm 4,43\%$. Индексированный конечный систолический объем левого предсердия (ЛП) у больных ХСН-сФВ $45,2 \pm 8,1$ мл/м². У больных ХСН-сФВ выявлена диастолическая дисфункция ЛЖ: у 60 больных по типу нарушенной релаксации, у 20 — по псевдонормальному типу. Было выявлено снижение глобального систолического продольного стрейна ($-16,56 \pm 2,61\%$) и стрейн рейта ($-0,75 \pm 0,11$ с⁻¹) ЛЖ, снижение стрейна и стрейн рейта в базальном переднеперегородочном ($-14,72 \pm 2,54\%$ и $-0,76 \pm 0,05$ с⁻¹) и базальном переднебоковом ($-14,27 \pm 3,29\%$ и $-0,79 \pm 0,12$ с⁻¹) сегментах. Определено меньшее снижение глобальной циркулярной деформации ЛЖ ($-16,63 \pm 3,5\%$) и скорости деформации ($-1,43 \pm 0,21$ с⁻¹), ($p < 0,05$). Установлена положительная достоверная корреляция между значением систолического продольного стрейна ЛЖ и объемом ЛП ($r = 0,601$, $p < 0,01$).

Заключение. У больных ХСН-сФВ выявлено нарушение диастолической функции по типу нарушенной релаксации и по псевдонормальному типу, снижение глобальной продольной деформации и скорости деформации миокарда ЛЖ. Более выражено снижение стрейна и стрейн рейта выявлено в базальном переднеперегородочном и базальном переднебоковом сегментах. Циркулярная деформация у данной категории больных снижается незначительно, снижение радиальной деформации выявлено не было.

Ключевые слова: speckle-tracking, эхокардиография, сердечная недостаточность, диастолическая дисфункция, деформация.

Конфликт интересов: не заявлен.

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России, Оренбург, Россия.

Вдовенко Д. В.* — ассистент кафедры госпитальной терапии им. Р.Г. Межебовского, ORCID: 0000-0003-1236-3290, Либис Р. А. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной терапии им. Р.Г. Межебовского, ORCID: 0000-0003-0130-990X.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
dashkevich.vdv@gmail.com

ΔS — фракцию укорочения, dE — время замедления раннего трансмитрального кровотока, АГ — артериальная гипертония, E/A — отношение скоростей раннего и позднего диастолического наполнения, E/e' — соотношение максимальной скорости наполнения левого желудочка (пика E трансмитрального потока) и максимальной скорости движения фиброзного кольца МК (среднее значение пика e') в фазу раннее диастолы, ИБС — ишемическая болезнь сердца, иКСО ЛП — индексированный конечный систолический объем левого предсердия, КДО — конечный диастолический объем, КСО — конечно систолический объем, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, МОК — минутный объем крови, ТШХ — тест с шестиминутной ходьбой, УО — ударный объем, ФВ — фракция выброса, ФК — функциональный класс, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ХСН-сФВ — хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ШОКС — шкала оценки клинического состояния, ЭхоКГ — эхокардиография.

Рукопись получена 10.01.2019

Рецензия получена 24.01.2019

Принята к публикации 31.01.2019



Российский кардиологический журнал. 2019;24(2):26–30
<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2019-2-26-30>

Assessment of the functional state of left heart in patients with chronic heart failure with preserved ejection fraction

Vdovenko D. V., Libis R. A.

Aim. To research the myocardial function in patients with chronic heart failure with preserved left ventricular ejection fraction (CHF-PEF) by speckle tracking echocardiography and function of the left atrium.

Material and methods. Eighty patients aged from 50 to 68 years with verified CHF-PEF with NYHA (New York Heart Association) class I-IIa and stage A-C of the ABCD classification of the American College of Cardiology, and 30 healthy persons were examined. CHF-PEF was initiated by arterial hypertension and coronary artery disease. In our study we use 6-minute walk test to evaluate the functional class of CHF-PEF, echocardiography and speckle-tracking echocardiography to examine left ventricle systolic, diastolic function and speckle tracking echocardiography to determine the parameters of the myocardial deformation.

Results. Patients were divided as followed: 27% had stage A of CHF, 47,9% — stage B, 25,1% — stage C. The average left ventricular ejection fraction (by Simpson's method) was $63,3 \pm 4,43\%$. Indexed end systolic volume of the left atrium (LP) in CHF-SFV patients $45,2 \pm 8,1$ ml/m². All patients had the diastolic dysfunction: 60 patients had abnormal relaxation pattern, and 20 patients had pseudonormal pattern. Patients with CHF-PEF had reduced global longitudinal strain (GLS) $-16,56 \pm 2,61\%$ and GLS rate (GLSR) $-0,75 \pm 0,11$ s⁻¹ of the left ventricle and reduced segmental strain and strain rate in basal anteroseptal ($-14,72 \pm 2,54\%$ and

$-0,76 \pm 0,05$ s⁻¹) and basal anterolateral ($-14,27 \pm 3,29\%$ and $-0,79 \pm 0,12$ s⁻¹) segments. Also patients with CHF-PEF has lower reduction of the circular strain and strain rate ($-16,63 \pm 3,5\%$ and $-1,43 \pm 0,21$ s⁻¹), ($p < 0,05$) in comparison with the GLS. Changes of the radial strain and strain rate were not revealed. Positive correlation between GLS and left atrium volume ($r = 0,601$, $p < 0,01$) was found.

Conclusion. In patients with CHF-PEF we revealed abnormal relaxation pattern and pseudonormal pattern of the diastolic dysfunction. Reduced global and segmental strain and strain rate of the left ventricle were shown, circular strain was slightly reduced, radial strain was unchanged.

Russian Journal of Cardiology. 2019;24(2):26–30
<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2019-2-26-30>

Key words: speckle-tracking, echocardiography, heart failure, diastolic function, deformation.

Conflicts of Interest: nothing to declare.

Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia.

Актуальными проблемами современной медицины по-прежнему являются вопросы диагностики и лечения пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса (ХСН-сФВ). ХСН характеризуется рядом клинических симптомов, таких как одышка, утомляемость, снижение физической активности, отеки нижних конечностей и др., которые связаны с неадекватной перфузией органов и тканей. В Российской Федерации распространенность ХСН I-IV функционального класса (ФК) в популяции по данным исследования ЭПОХА-ХСН и ЭПОХА-О-ХСН, составляет 7% [1, 2]. Более половины больных (56,8%) с клиническими признаками ХСН имеют практически нормальную систолическую функцию левого желудочка (ЛЖ) (фракция выброса (ФВ) ЛЖ $\geq 50\%$) [3].

Согласно Рекомендациям ESC по диагностике и лечению острой и хронической СН (2016) и Национальным рекомендациям ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр) (2012), наиболее частыми причинами развития ХСН являются артериальная гипертензия (АГ) — 88% случаев и ишемическая болезнь сердца (ИБС) — 59% случаев [4, 5].

Выявление изменений функционального состояния миокарда у больных хронической сердечной недостаточностью является важной диагностической задачей. Стандартное ультразвуковое исследование сердца не дает полного представления о состоянии систолической и диастолической функции миокарда. Современные ультразвуковые и магнитно-резонансные методы диагностики установили, что при ХСН-сФВ нарушается не только диастолическая, но и систолическая функция миокарда ЛЖ. Эти изменения не выявляются при обычной эхокардиографии (ЭхоКГ).

На сегодняшний день в практику широко внедряется технология спекл-трекинг ЭхоКГ (speckle — пятно, метка, tracking — отслеживание) [6-8].

Эта технология основана на отслеживании пятен уникальной ультразвуковой картины серошкального изображения миокарда.

С появлением ультразвуковой технологии спекл-трекинг стало возможно более детальное изучение регионарной систолической и диастолической функции сердца [9, 10].

Материал и методы

Нами было обследовано 80 пациентов с ХСН-сФВ I-IIa стадии (по Стражеско-Василенко) I-III ФК (по NYHA) в возрасте от 50 до 68 лет, среди них 51 мужчина и 29 женщин. ХСН-сФВ у этих больных возникла

на фоне АГ и ИБС. Контрольную группу составили 30 здоровых лиц сопоставимых по полу и возрасту, без патологии сердечно-сосудистой системы.

Диагностировали ХСН-сФВ на основе Национальных рекомендаций ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр, 2012 год) и Рекомендаций по диагностике и лечению острой и хронической СН 2016 года Европейского общества кардиологов [4, 5].

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Оренбургский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, Россия. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Критерии включения: возраст 50-68 лет, ХСН-сФВ I-IIa стадии, I-II ФК по NYHA, возникающая на фоне АГ и ИБС. В исследование не включались пациенты, имеющие перенесенный инфаркт миокарда в анамнезе, аневризму ЛЖ, нарушения ритма, тяжелую бронхолегочную патологию; при невозможности оптимальной визуализации.

По шкале оценки клинического состояния (ШОКС) пациентам проводилась оценка клинического состояния (модификация В. Ю. Мареева, 2000) [5].

Чтобы определить ФК, пациенты проходили тест с шестиминутной ходьбой (ТШХ). ЭхоКГ проводилась по стандартной методике в М-, В- и доплеровском режимах на ультразвуковой системе Vivid E9 производства GENERAL ELECTRIC HEALTHCARE (США).

Сократительную способность миокарда ЛЖ оценивали, используя следующие показатели: конечный диастолический объем (КДО, мл), конечный систолический объем (КСО, мл), ударный объем (УО, мл), ФВ (в %), фракция укорочения (ΔS , %), минутный объем крови (МОК, л/мин) [11].

Диастолическую функцию ЛЖ изучали, проводя исследование в импульсно-волновом и тканевом импульсно-волновом доплеровском режимах. Определяли следующие показатели: отношение скоростей раннего и позднего диастолического наполнения (Е/А), время замедления раннего трансмитрального кровотока (dtE), соотношение максимальной скорости наполнения ЛЖ (пика Е трансмитрального потока) и максимальной скорости движения фиброзного кольца МК (среднее значение пика e') в фазу

Таблица 1

Значения максимального продольного систолического стрейна для ЛЖ

Значения максимального продольного стрейна	Контрольная группа, n=35	Функциональный класс СН		
		ФК I, n=21	ФК II, n=39	ФК III, n=20
APLAX	-21,13±1,82	-16,33±2,12*	-15,19±1,79*	-15,21±3,12*
4 СН	-20,48±3,24	-15,96±1,78*	-17,60±3,11	-14,79±2,65
2СН	-21,25±2,86	-18,62±3,21	-15,54±2,41*	-16,23±2,69*
Среднее значение для ЛЖ	-20,95±2,43	-17,35±2,40	-16,39±1,84*	-15,89±2,25*

Примечание: * — p<0,05.

Сокращения: APLAX — апикальная позиция по длинной сети, 4СН — апикальная четырехкамерная позиция, 2СН — апикальная двухкамерная позиция, ЛЖ — левый желудочек.

ранней диастолы — E/e'. Выявленные изменения диастолической функции распределяли соответственно классификации нарушений диастолического расслабления [12].

Состояние левого предсердия (ЛП) оценивали посредством определения его КСО по модифицированному методу Симпсона, полученное значение индексируем к площади поверхности тела для расчета индексированного КСО ЛП (иКСО ЛП).

Для оценки показателей глобальной и посегментарной продольной деформации (стрейн) и скорости деформации (стрейн рейт) ЛЖ проводилась спекл трекинг ЭхоКГ с использованием программного обеспечения EchoPAC.

Статистический анализ полученных в исследовании данных, проводился с помощью компьютерной программы Statistica 8.0. Качественные признаки в работе представлены в виде абсолютных и относительных частот (n (%)), количественные нормально распределенные признаки — в виде среднего значения и стандартного отклонения (M±SD). Коэффициент ранговой корреляции Спирмена использовался при исследовании взаимосвязи между показателями. Различия считались статистически значимыми при p<0,05.

Результаты

По результатам ТШХ для определения ФК ХСН, пациенты распределились следующим образом: 27% — I ФК, 47,9% — II ФК, 25,1% — III ФК.

По данным ЭхоКГ показатели систолической функции у обследуемых лиц были в пределах нормы. ФВ у всех пациентов была сохранена и составила 63,3±4,43%, достоверных отличий от группы сравнения выявлено не было.

При оценке состояния ЛП было установлено, что у больных ХСН-сФВ в сравнении с группой здоровых лиц иКСО ЛП имеет более высокое значение (45,2±8,1 мл/м² против 33,1±4,3 мл/м²).

Оценка диастолической функции ЛЖ выявила у обследуемых пациентов с ХСН-сФВ диастолическую дисфункцию (ДД). ДД по типу нарушенной

релаксации была у 60 больных с I-II ФК ХСН (dtE 274,3±65,3 ms; E/A 0,68±0,046; E/e' 6,72±1,82), по псевдонормальному типу у 20 с III ФК (dtE 182,2±12,4 ms; E/A 1,38±0,45; E/e' 11,09±0,91).

Выявлена достоверная корреляция между показателями диастолической функции ЛЖ и размером ЛП, а именно, с его объемом (r=0,624, p<0,01). Такое соотношение между указанными показателями позволяет судить о взаимосвязи состояния диастолической функции миокарда ЛЖ и размера ЛП. По мере ухудшения диастолической функции, происходит увеличение объема ЛП.

У пациентов с ХСН-сФВ, включенных в исследование, при оценке показателей деформации ЛЖ методом спекл трекинга выявлено небольшое снижение глобального систолического продольного стрейна (-16,56±2,61% против -20,22±1,59% в группе здоровых лиц) и стрейн рейта (-0,75±0,11 с⁻¹ против -1,20±0,18 с⁻¹) ЛЖ. Различия при сравнении с контрольной группой были достоверными (p<0,05).

Проанализировав глобальную циркулярную и радиальную деформации, мы выявили, что снижение циркулярного стрейна по сравнению с продольной глобальной деформацией менее значимо (-16,63±3,5% против -21,4±6%), это же справедливо и в отношении стрейн рейта (-1,43±0,21 с⁻¹ против -1,73±0,26 с⁻¹), (p<0,05). Значимых различий параметров деформации радиального стрейна между больными ХСН-сФВ и группой контроля выявлено не было.

Установлена достоверная положительная корреляция между значением систолического продольного стрейна миокарда ЛЖ и объемом ЛП (r=0,601, p<0,01).

В таблице 1 отражены показатели глобального систолического продольного стрейна, полученные из четырехкамерной, двухкамерной позиций и позиции по длинной оси из апикального доступа, а также среднее значение для ЛЖ в зависимости от ФК ХСН.

Технология спекл трекинг позволяет более детально изучать деформацию миокарда ЛЖ. В нашем исследовании мы определяли посегментарные стрейн

и стрейн рейт, взяв за основу 17-сегментную модель строения ЛЖ. Проанализировав полученные данные, было установлено, что достоверное ($p < 0,05$), при сравнении со здоровыми лицами, снижение стрейна и стрейн рейта у больных с ХСН-сФВ происходит в базальном переднеперегородочном ($-14,72 \pm 2,54\%$ и $-0,76 \pm 0,05 \text{ с}^{-1}$ против $-18,21 \pm 3,64\%$ и $1,07 \pm 0,13 \text{ с}^{-1}$, соответственно) и базальном переднебоковом ($-14,27 \pm 3,29\%$ и $-0,79 \pm 0,12 \text{ с}^{-1}$ против $-20,32 \pm 3,12\%$ и $-1,25 \pm 0,29 \text{ с}^{-1}$) сегментах. В остальных сегментах показатели деформации были в пределах нормы.

Обсуждение

В исследовании оценивались систолическая и диастолическая функции миокарда и показатели деформации ЛЖ у больных ХСН-сФВ, возникшей на фоне АГ и ИБС. Обследуемая группа была сопоставима по полу и возрасту с контрольной группой пациентов, не имеющих сердечно-сосудистой патологии.

Обычное ультразвуковое исследование сердца признаков нарушения систолической функции миокарда ЛЖ у больных ХСН-сФВ не выявляло, все показатели систолической функции были в пределах нормальных значений, однако более детальное изучение сократительной способности миокарда ЛЖ с помощью спекл трекинга позволило выявить ухудшение показателей продольной глобальной и по сегментарной деформации, что может служить маркером нарушения систолической функции при ХСН-сФВ. В работе Mentz RJ, et al. также отмечается более высокая чувствительность данной методики для оценки незначительных нарушений сократительной функции миокарда по сравнению с рутинной оценкой ФВ [13].

Снижение показателей деформации миокарда в базальных сегментах ЛЖ, в частности в боковом и переднеперегородочном, говорит о нарушении сократительной функции в указанных отделах. Схожие данные были получены в работе Боева С.С. (2013), в которой изучались показатели деформации миокарда у больных с ХСН, возникшей на фоне ИБС. Автором было также выявлено снижение показателей деформации в указанных сегментах, а также снижение в них сегментарной ФВ (по данным коронарографии) [14].

Менее значительное снижение циркулярной деформации ЛЖ были и отсутствие различий в значениях параметров деформации радиального стрейна при ХСН-сФВ, соответствует данным других работ. В работе Morris DA, et al. (2015) отмечается, что показатели вращения ЛЖ при ХСН-сФВ остаются в пределах нормы, что в свою очередь может служить ком-

пенсаторным механизмом для поддержания нормальной ФВ [15].

По мере нарастания ФК ХСН определяется более выраженное снижение показателей глобального стрейна, эти данные соответствуют результатам исследования Liu YW, et al., которые отмечают, что у пациентов с ХСН-сФВ нарушения систолической функции ЛЖ проявляются снижением глобального продольного стрейна. И это снижение прогрессирует при увеличении ФК ХСН [16]. О прогрессирующем снижении глобальной продольной деформации говорится и в работе Kosmala W, et al. [8].

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают опубликованные рядом авторов данные о высокой чувствительности и информативности показателей глобальной и сегментарной деформации при оценке сократительной способности миокарда у больных ХСН-сФВ.

Заключение

1. У пациентов с ХСН-сФВ выявлено нарушение диастолической функции по типу нарушенной релаксации и по псевдонормальному типу. У пациентов с ХСН I-II ФК преимущественно наблюдается ДД по типу нарушенной релаксации, ДД по псевдонормальному выявлена только у пациентов с ХСН III ФК.

2. По мере прогрессирования ФК ХСН и ухудшения диастолической функции происходит увеличение объема ЛП.

3. Применение технологии speckle-tracking ЭхоКГ позволяет проводить количественную оценку локальной и глобальной сократимости ЛЖ, анализируя показатели деформации и скорости деформации миокарда ЛЖ, что дает возможность выявлять ранние нарушения сократительной способности миокарда ЛЖ.

4. У пациентов с ХСН-сФВ по сравнению с группой здоровых лиц выявлено значимое снижение продольной деформации и скорости деформации миокарда ЛЖ. Показатели циркулярной деформации снижены незначительно. По мере прогрессирования ХСН происходит более выраженное снижение значений глобальной продольной деформации и скорости деформации.

5. У больных ХСН-сФВ преимущественное снижение показателей продольной деформации и скорости деформации происходит в базальном переднеперегородочном и базальном переднебоковом сегментах.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Belenkov YuN, Fomin IV, Mareev VYu, on behalf of researchers. The first results of the Russian epidemiological studies on heart failure. *Heart Failure Journal*. 2003;4(1):26-30. (In Russ.) Беленков Ю.Н., Фомин И.В., Мареев В.Ю. Первые результаты Российского эпидемиологического исследования по ХСН. *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2003;4(1):26-30.
2. Fomin IV, Belenkov YuN, Mareev VYu, et al. Prevalence of chronic heart failure in the European part of the Russian Federation: data from EPOCH-CHF. *Heart Failure Journal*. 2006; 7(3(37)):112-5. (In Russ.) Фомин И.В., Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю. и др. Распространенность хронической сердечной недостаточности в Европейской части Российской Федерации — данные ЭПОХА-ХСН. *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2006; 7(3(37)):112-5.
3. Mareev VYu, Danielyan MO, Belenkov YuN. On behalf of the working group of the EPOCH-O-CHF study. The comparative characteristic of patients with HF according to EF value based on the results of the EPOCH-O-CHF study. *Heart Failure Journal*. 2006;7(4):164-71. (In Russ.) Мареев В.Ю., Даниелян М.О., Беленков Ю.Н. От имени рабочей группы исследования ЭПОХА-О-ХСН. Сравнительная характеристика больных с ХСН в зависимости от величины ФВ по результатам Российского многоцентрового исследования ЭПОХА-О-ХСН. *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2006;7(4):164-71.
4. Ponikowski P, Voors AA, Stefan D, et al. 2016 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2017;22(1):7-81. (In Russ.) Ponikowski P, Voors AA, Stefan D, et al. Рекомендации ESC по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности 2016. *Российский кардиологический журнал*. 2017;22(1):7-81. doi:10.15829/1560-4071-2017-1-7-81.
5. Mareev VJ, Ageev FT, Arutjunov GP, et al. National guidelines SSHF, the RSC and RSMST for the diagnosis and treatment of chronic heart failure (fourth revision). Recommendations RSSC. *Heart Failure Journal*. 2013;14(7):379-472. (In Russ.) Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П. и др. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр) 2012. *Журнал Сердечная Недостаточность*. 2013;14(7):379-472.
6. Mornoş C, Ruşinaru D, Manolis AJ, et al. The Value of a New Speckle Tracking Index Including Left Ventricular Global Longitudinal Strain and Torsion in Patients with Dilated Cardiomyopathy. *Hellenic J Cardiol*. 2011;52:299-306.
7. Vasyuk YuA, Shkolnik EL. Strengths and limitations of modern echocardiography in cardiovascular disease diagnostics. *Russian Journal of Cardiology*. 2013;(4):28-32. (In Russ.) Васюк Ю.А., Школьник Е.Л. Современные возможности и ограничения эхокардиографии при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. *Российский кардиологический журнал*. 2013;(4):28-32. doi: 10.15829/1560-4071-2013-4-28-32.
8. Kosmala W, Plaksej R, Strotmann JM, et al. Progression of left ventricular functional abnormalities in hypertensive patients with heart failure: an ultrasonic two-dimensional speckle tracking study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21:1309-17. doi:10.1016/j.echo.2008.10.006.
9. Khadzegova AB, Yuschuk EN, Gabitova RG, et al. Assessment of the left ventricle systolic function with ultrasound 2d-strain technology in arterial hypertension. *Russian Journal of Cardiology*. 2016;21(12):7-11. (In Russ.) Хадзегова А.Б., Ющук Е.Н., Габитова Р.Г. и др. Оценка систолической функции левого желудочка с помощью ультразвуковой технологии 2D-стрейн у больных с артериальной гипертензией. *Российский кардиологический журнал*. 2016;21(12):7-11.
10. Alekhin MN. Ultrasound methods of myocardium strain evaluation and their clinical significance. М.: Vindar-M, 2012. p.88. (In Russ.) Алевин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. Москва: изд. дом Видар, 2012. с. 88. ISBN 987-5-88429-164-5.
11. Rybakova MK, Alekhin MN, Mit'kov VV. Practical guide to ultrasound diagnostics. *Echokardiografiya*. М.: VIDAR, 2008. p. 501. (In Russ.) Рыбакова М.К., Алевин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. М.: ВИДАР, 2008. с. 501. ISBN 978-5-88429-100-3.
12. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(4):277-314. doi:10.1016/j.echo.2008.11.023.
13. Mentz RJ, Khouiri MG. Longitudinal Strain in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. Is There a Role for Prognostication? *Circulation*. 2015;132:368-70. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.115.017683.
14. Boev SS, Dotsenko NYu, Molodan AV, et al. Diagnostic aspects of speckle tracking echocardiography of patients with coronary heart disease and chronic heart failure. *Journal Health Care of Chuvashia*. 2013;4:53-8. (In Russ.) Боев С.С., Доценко Н.Я., Молодан А.В. и др. Диагностические аспекты спекл-трекинг эхокардиографии у больных ишемической болезнью сердца с хронической сердечной недостаточностью (обзор литературы). *Журнал Здравоохранение Чувашии*. 2013;4:53-8.
15. Morris DA, Boldt L-H, Eichstädt H, et al. Myocardial Systolic and Diastolic Performance Derived by 2-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography in Heart Failure With Normal Left Ventricular Ejection Fraction. *Circulation: Heart Failure*. 2012;5:610-20. doi:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.112.966564.
16. Liu YW, Tsai WC, Su CT, et al. Evidence of left ventricular systolic dysfunction detected by automated function imaging in patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction. *J. Card Fail*. 2009;15(9):782-9. doi:10.1016/j.cardfail.2009.05.006.