

Деформация левого предсердия при ишемической митральной регургитации

Е. Н. Павлюкова, д.м.н., проф., ведущий научный сотрудник отделения атеросклероза и хронической ишемической болезни сердца¹

Т. Ю. Каретина, врач отделения функциональной диагностики²

М. И. Ганкин, к.м.н., зав. отделением функциональной диагностики²

В. А. Сакович, д.м.н., проф., главный врач²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» («Научно-исследовательский институт кардиологии»)

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, г. Красноярск

Left atrial strain in ischemic mitral regurgitation

E. N. Pavlyukova, T. Yu. Karetina, M. I. Gankin, V. A. Sakovich

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre, Russia Academy of Science, Tomsk, Russia

Резюме

Цель. Оценить глобальную деформацию и скорость глобальной деформации левого предсердия (ЛП) в зависимости от степени митральной регургитации (МР) у больных хронической ишемической МР. **Материал и методы исследования.** Анализ выполнен у 118 больных ишемической МР IIb типом по Carpentier A. Стандартная эхокардиография и технология след пятна (Speckle Tracking Imaging) для оценки деформации (Strain) и скорости деформации Strain Rate) ЛП были выполнены на ультразвуковой системе VIVID 7 Dimension (GE, Healthcare) с использованием EchoPAC. Оценены показатели геометрии митрального клапана (МК) и объемные показатели МР, объемы и фракция выброса ЛП. **Результаты.** Значения деформации ЛП не связаны со степенью МР. Скорость глобальной деформации ЛП зависела от степени МР. Наименьшие значения скорости глобальной деформации ЛП выявлены при 3-й степени МР. Тентинг створок МК коррелировал со скоростью глобальной деформации ЛП ($r = -0,45$; $p = 0,0003$). Максимальный объем ЛП был связан с диаметром фиброзного кольца МК ($r = 0,59$), коаптационным расстоянием ($r = 0,53$), площадью тентинга створок МК ($r = 0,56$), межпапиллярной дистанцией ($r = 0,51$). Глобальная деформация и скорость глобальной деформации ЛП не коррелировали с максимальным объемом ЛП и фракцией выброса ЛП. **Выводы.** Площадь тентинга створок, диаметр фиброзного кольца, глубина и длина коаптации створок МК коррелируют с максимальным объемом ЛП и скоростью глобальной деформации ЛП у больных с ишемической МР. Значения скорости глобальной деформации ЛП зависят от степени МР. Деформация ЛП не взаимосвязана со степенью МР.

Ключевые слова: левое предсердие, деформация левого предсердия, ишемическая митральная регургитация, показатели геометрии митрального клапана.

Summary

Aim. To evaluate left atrial global strain and strain rate and their correlation with mitral regurgitation severity in patients with chronic ischemic mitral regurgitation. **Materials and methods.** The analysis was performed in 118 patients with type IIb ischemic mitral regurgitation according to Carpentier classification. Standard echocardiography and speckle tracking imaging were performed in order to assess left atrial global strain and strain rate. VIVID 7 Dimension (GE, Healthcare) ultrasound system and EchoPAC were used. Mitral valve (MV) geometry indices, mitral valve volumetric indices, left atrial volumes and left atrial ejection fraction were measured. **Results.** Left atrial strain values did not depend on mitral regurgitation severity. Left atrial global strain rate depended on mitral regurgitation severity. The lowest values of left atrial global strain rate were presented in patients with grade 3 mitral regurgitation. Tenting of mitral leaflets correlated with left atrial global strain rate ($r = -0,45$; $p = 0,0003$). Maximal left atrial volume correlated with the diameter of mitral annulus ($r = 0,59$), coaptation depth ($r = 0,53$), MV tenting area ($r = 0,56$) and interpapillary muscle distance ($r = 0,51$). Left atrial global strain and strain rate did not correlate with left atrial maximal volume and left atrial ejection fraction. **Conclusions.** MV tenting area, MV annular diameter, coaptation depth and coaptation heights correlate with left atrial maximal volume and global strain rate in patients with ischemic mitral regurgitation. Left atrial global strain rate depends on MR grade. Left atrial strain does not correlate with MR severity.

Key words: left atrium, left atrial strain, ischemic mitral regurgitation, mitral valve geometry indices.

Доказано, что увеличение (дилатация) левого предсердия (ЛП) является предиктором сердечно-сосудистых событий [1–5]. Ремоделирование ЛП, как известно, является прогностически неблагоприятным маркером при сердечной недостаточности, инфаркте миокарда, гипертрофической кардиомиопатии, фибрилляции предсердий. Оценка функции ЛП основывается на изменении объемов при двухмер-

ном изображении ЛП [6], на оценке скоростей пика А трансмитрального потока и/или потока легочных вен [6]. Кроме того, функцию ЛП можно оценить с позиции деформации. Оценены показатели деформации ЛП у здоровых лиц [7]. Показаны изменения (нарушения) деформации ЛП при кардиомиопатии [8], гипертрофии миокарда левого желудочка (ЛЖ) [9], после сердечной ресинхронизации

у пациентов с дилатационной кардиомиопатией [10]. Однако, как изменяется деформация ЛП в зависимости от степени ишемической митральной регургитации (МР), остается недостаточно изученным. В связи с этим целью исследования явилось оценить глобальную деформацию и скорость глобальной деформации ЛП в зависимости от степени МР у больных с хронической ишемической МР.

Материал и методы исследования

В анализ включено 118 больных с ишемической МР в возрасте от 38 до 77 лет с признаками хронической сердечной недостаточности, соответ-

ствующими I–II функциональному классу, согласно Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA) [11] с синусовым ритмом на электрокардиограмме (ЭКГ). Клиническая ха-

рактеристика пациентов представлена в табл. 1. Критериями исключения из исследования служили: первичное поражение митрального клапана (МК), наличие аневризмы левого желудоч-

Таблица 1
Клиническая характеристика больных ишемической митральной регургитацией

Показатель	Группы пациентов, n	M ± SD	Me	Нижняя-верхняя квартиль	Минимальные-максимальные значения	Значимость различий
Возраст, г	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	58,86 ± 6,43 60,70 ± 8,96 63,17 ± 7,85	59,00 60,50 64,00	57,00–63,00 53,00–60,00 58,00–70,00	38,00–69,00 42,00–76,0 43,00–77,00	
Половое соотношение: м/ж, %	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	19/4 (82,61 / 17,39) 32/12 (72,73 / 27,27) 33/18 (64,71 / 35,29)				
Артериальная гипертония, n(%)	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	23(100) 42(95,45) 45(88,24)				
Сахарный диабет, n(%)	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	7(30,43) 6(13,64) 5(9,80)				
Перенесенный инфаркт миокарда: n(%) - передний - задний - передне-задний	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	13/56,52 10/22,73 8/15,69	6/26,09 27/61,36 32/62,75	4/17,39 7/15,91 11/21,57		M-L Chi-square –14,39216, df = 4, p = 0,004
ЭхоКГ-показатели						
МЖП, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	11,869 ± 2,599 11,750 ± 2,211 12,333 ± 2,910	12,000 12,000 12,000	10,000–14,000 10,000–13,000 10,000–13,000	7,00–17,00 7,00–17,00 7,00–23,00	
ЗСЛЖ, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	11,913 ± 2,391 11,431 ± 1,770 11,255 ± 1,875	12,000 12,000 11,000	10,000–13,000 10,000–12,000 10,000–12,000	8,00–18,00 7,00–15,00 7,00–16,00	
КДО Simpson, мл	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	133,087 ± 41,312 158,863 ± 45,851 173,431 ± 49,361	117,000 157,500 172,000	106,000–156,000 82,000–310,000 136,000–205,000	73,00–229,00 82,00–310,00 88,00–284,00	
КСО Simpson, мл	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	66,608 ± 31,423 98,363 ± 38,953 106,745 ± 41,624	55,000 91,500 108,000	45,000–86,000 71,000–109,000 74,000–130,000	28,00–130,00 38,00–217,00 41,00–193,00	
ФВ, %	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	51,826 ± 8,472 39,159 ± 8,693 37,961 ± 7,774	54,000 39,500 36,000	44,000–60,000 33,000–45,000 33,000–43,000	38,00–64,00 21,00–63,00 26,00–63,00	H = 24,825 p = 0,000
Объем ЛП Simpson, мл	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	63,782 ± 17,409 87,186 ± 29,500 95,326 ± 30,720	60,000 78,000 88,000	51,000–65,000 65,000–103,000 73,000–116,000	41,00–105,00 52,00–191,00 50,00–173,00	
ERO, мм ²	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	0,404 ± 0,269 1,988 ± 0,7112 2,440 ± 0,611	0,500 2,000 2,000	0,100–0,500 2,000–2,000 2,000–3,000	0,10–1,00 1,00–4,00 2,00–4,00	
PISA, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	1,181 ± 0,501 5,814 ± 1,006 6,614 ± 1,408	1,000 6,000 6,000	1,000–1,000 5,000–6,000 6,000–7,000	1,00–3,00 4,00–8,00 5,00–10,00	
% регургитации	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	1,809 ± 1,177 27,340 ± 4,709 37,098 ± 5,897	1,500 27,000 37,000	1,000–2,000 23,000–30,5000 32,000–41,000	0,80–6,00 20,00–38,00 21,00–50,00	
Диаметр кольца МК, см	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	3,456 ± 0,246 3,643 ± 0,242 3,727 ± 0,272	3,500 3,650 3,8000	3,300–3,600 3,500–3,800 3,500–3,900	3,00–4,00 3,20–4,30 3,00–4,20	
Глубина коаптации створок МК, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	2,391 ± 1,269 7,325 ± 2,078 7,535 ± 1,953	2,000 7,000 8,000	1,000–4,000 6,000–9,000 6,000–9,000	1,00–5,00 2,00–12,00 4,00–13,00	
Длина коаптации створок МК, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	5,772 ± 1,306 2,124 ± 1,341 1,798 ± 1,114	6,000 2,000 1,000	5,000–7,000 1,000–3,000 1,000–3,000	3,00–8,00 1,00–6,00 1,00–5,00	
Межпапиллярная дистанция, мм	I (n = 23) II(n = 44) III(n = 51)	2,672 ± 0,211 2,877 ± 0,348 3,028 ± 0,237	2,650 2,900 3,000	2,600–2,800 2,700–3,150 2,900–3,100	2,30–3,10 2,00–3,40 2,70–3,80	

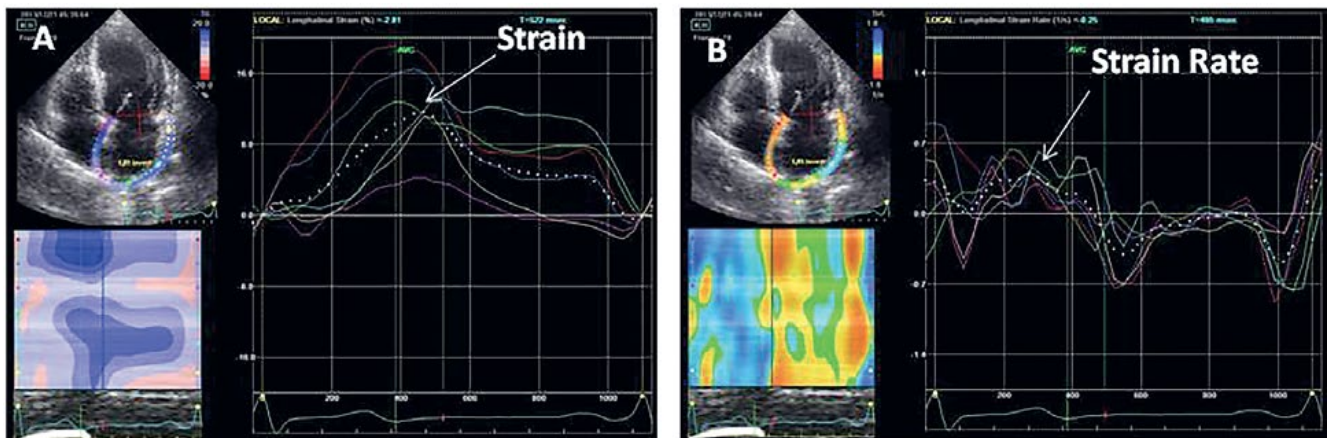


Рисунок 1. Двухмерное изображение ЛП из апикальной позиции на уровне 4 камер. Технология Speckle Tracking Imaging. Кривые деформации ЛП (А-кривая белая линия отражает деформацию ЛП в продольном направлении (Global Strain), В- кривая белая линия отражает скорость продольной деформации ЛП (Strain Rate).

ка (ЛЖ) той или иной локализации, функциональный класс сердечной недостаточности III–IV.

Исследования выполнены на ультразвуковой системе VIVID 7 Dimension (GE, Healthcare) с использованием матричных датчиков M3S (1,5–4,0 MHz) и M4S (1,5–4,3 MHz). Стандартная ЭхоКГ проведена по общепринятой методике в двухмерном режиме из парастернальной позиции на уровне фиброзного кольца митрального клапана (МК), папиллярных мышц и верхушки по короткой оси ЛЖ и апикальных позиций на уровне 2, 4 камер и по длинной оси ЛЖ. Конечный систолический и конечный диастолический объемы (КДО и КСО) ЛЖ, ФВ оценены по Simpson [6,12]. Объем ЛП (максимальный, минимальный) оценивали из апикальной позиции на уровне 2 и 4 камер по Simpson согласно рекомендациям [6,12,13]. Фракция выброса ЛП оце-

нивалась как отношение разности объемов к максимальному объему ЛП и умноженное на 100 %.

Глобальная деформация (Strain) и скорость глобальной деформации ЛП (Strain Rate) рассчитывались в режиме off-line на рабочей станции EchoPac112 с использованием технологии «след пятна» (Speckle Tracking Imaging-2D Strain), путем оконтуривания внутренней границы ЛП, зарегистрированной из апикальной позиции на уровне 4 камер при частоте кадров более 36 в секунду. По кривым, полученным автоматически, рассчитывали глобальную деформацию ЛП в продольном направлении (Global Longitudinal Strain Left Atrium) и скорость глобальной деформации ЛП в продольном направлении (Global Longitudinal Strain Rate Left Atrium) (рис. 1).

Оценка показателей геометрии МК была основана на определении

диаметра фиброзного кольца МК (на уровне 2 и 4 камер) длины и глубины коаптации, площади тентинга (tenting) створок митрального клапана, расстояние между основаниями папиллярных мышц [6,14–16]. Оценка степени МР проводилась с применением постоянного, цветового доплеровского исследования для расчета площади струи регургитации, произведения площади притекающей струи регургитации (PISA), эффективной площади отверстия регургитации (ERO, см²) [12,14,17].

Проверка гипотезы о гауссовом распределении по критериям Колмогорова–Смирнова в форме Лиллиефорса (Lilliefors) и Шапиро–Уилка (Shapiro–Wilk) отвергала эту гипотезу, поэтому был выполнен тест Манна–Уитни (Manna–Whitney U). Оценка корреляционных связей между парами количественных признаков осуществлялась с использованием

Таблица 2
Значения показателей левого предсердия в зависимости от степени МН

Показатель	Kruskal-Wallis ANOVA test (H, p)	Степень МР, n	M ± SD	Me	Нижняя – верхняя квартиль	Минимальные-максимальные значения	Пара, имеющая статистически значимые различия по Mann-Whitney U Test (U; Z-adj; p)
Объем ЛП, мл	H = 23,958 p = 0,0000	I (n = 23) II (n = 43) III (n = 46)	63,782 ± 17,409 87,186 ± 29,500 95,326 ± 30,719	60,00 78,00 88,00	51,00–65,00 65,00–103,00 73,00–116,00	41,00–105,00 52,00–191,00 50,00–178,00	UI–II = 195,00; Zadj = –4,02; p = 0,00005; UI–III = 175,00; Zadj = –4,49; p = 0,000007;
EF ЛП, %	H = 6,974 p = 0,03	I (n = 21) II (n = 37) III (n = 47)	21,857 ± 10,145 15,973 ± 11,327 19,042 ± 11,956	22,00 10,00 16,00	10,00–29,00 10,00–15,00 10,00–24,00	10,00–38,00 10,00–58,00 10,00–62,00	UI–II = 255,50; Zadj = 2,32; p = 0,019;
Strain ЛП, %		I (n = 21) II (n = 37) III (n = 47)	18,188 ± 7,061 17,482 ± 8,529 16,554 ± 7,319	20,48 16,85 17,19	11,88–23,84 12,34–21,00 11,25–22,50	8,46–34,00 4,06–35,76 1,72–30,75	
Strain Rate ЛП, с-1	H = 16,756 p = 0,0002	I (n = 21) II (n = 37) III (n = 47)	1,149 ± 0,377 0,882 ± 0,620 0,740–0,381	1,07 0,84 0,68	0,89–1,41 0,62–1,07 0,51–0,94	0,52–2,10 0,22–2,30 0,08–2,02	UI–II = 230,50; Zadj = 2,54; p = 0,010; UI–III = 186,50; Zadj = 4,07; p = 0,00004;

Таблица 3

Корреляционные связи максимального объема и скорости глобальной деформации левого предсердия с показателями геометрии МК у пациентов ишемической МР

Показатель	Показатель геометрии МК	r	p	Значимые различия коэффициентов корреляции
Объем ЛП	Диаметр ФК МК	0,59	0,0000001	0,007
Strain Rate ЛП		-0,29	0,003	
Объем ЛП	Тентинг МК	0,58	0,0000001	0,00001
Strain Rate ЛП		-0,45	0,0003	
Объем ЛП	Глубина коаптации створок МК	0,53	0,0000001	0,03
Strain Rate ЛП		-0,31	0,001	
Объем ЛП	ERO	0,49	0,000005	0,00001
Strain Rate ЛП		-0,37	0,001	
Объем ЛП	Площадь струи МР	0,53	0,000000	0,07
Strain Rate ЛП		-0,34	0,002	
Объем ЛП	PISA	0,51	0,000002	Н.д.
Strain Rate ЛП		-0,32	0,004	
Объем ЛП	Ширина Vena contracta	0,52	0,000001	0,03
Strain Rate ЛП		-0,28	0,014	
Объем ЛП	% МР	0,33	0,003	Н.д.
Strain Rate ЛП		-0,25	0,03	

Корреляционный анализ Spearman

непараметрического рангового коэффициента Спирмена. Результаты представлены в виде $M \pm SD$ (где M — среднее арифметическое, SD — среднеквадратичное отклонение), медианы и нижнего и верхнего квартилей. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05.

Результаты

Глобальная деформация и скорость глобальной деформации ЛП в зависимости от степени МР приведена в табл. 2. Как видно из данной таблицы, значения глобальной деформации ЛП значимо не различались между пациентами с 1-й, 2-й и 3-й степенью МР. Скорость глобальной деформации ЛП была взаимосвязана со степенью МР, то есть при 3-й степени МР величина глобальной скорости деформации ЛП была значимо ниже по сравнению с первой.

Анализ взаимосвязей глобальной деформации и скорости глобальной деформации ЛП с показателями геометрии МК показал наличие связей площади тентинга створок МК только со скоростью глобальной деформации ЛП ($r = -0,45$; $p = 0,0003$). Сопоставление значений корреляци-

онных связей объема ЛП и глобальной деформации ЛП с показателями геометрии МК и показателями объема МР, показал, что объем ЛП более тесно взаимосвязан с геометрией МК и МР по сравнению с глобальной деформацией и скоростью глобальной деформации ЛП (табл. 3). Следует отметить, что наибольшие значения коэффициентов корреляции были выявлены для объема ЛП по сравнению со скоростью глобальной деформации ЛП при анализе таких показателей МР, как PISA, ERO и ширина вена контракта.

Глобальная деформация и скорость глобальной деформации ЛП не коррелировали с максимальным объемом ЛП и фракцией выброса ЛП.

Обсуждение

Оценка функции ЛП с позиции деформации ЛП, по мнению многих исследователей, более точна по сравнению с оценкой объемов ЛП [19–21]. Ремоделирование ЛП, наблюдаемое при ишемической МР включает структурные, функциональные и электрофизиологические изменения. Гипотеза данного исследования заключалась в том, что мы предположили, что степень изменения глобальной деформации ЛП яв-

ляется отражением ремоделирования ЛП и сами значения глобальной деформации ЛП могут быть сопоставимы со степенью МР. Наша гипотеза была подтверждена полученными данными, где было установлено, что при 3-й степени МР были наименьшие значения деформации, скорости глобальной деформации и большие объемы ЛП.

Глубина коаптации и площадь тентинга створок МК зависят от степени МР, ремоделирования и дисфункции ЛЖ [14, 15]. Следовательно, логично предположить, что вышеуказанные показатели геометрии митрального клапана должны быть связаны с деформацией ЛП и его объемом. Нами было получено, что скорость глобальной деформации ЛП коррелировала с диаметром фиброзного кольца ($r = -0,29$), коаптационным расстоянием ($r = -0,32$), площадью тентинга ($r = -0,49$) створок МК. Аналогичные корреляционные связи были выявлены для максимального объема ЛП. Неясным остается факт отсутствия вышеуказанных связей с глобальной деформацией ЛП. Вероятно, скорость глобальной деформации ЛП является зависимой величиной от максимального объема ЛП, а сама глобальная деформация

ЛП не зависит от максимального объема ЛП. В пользу этого свидетельствовала слабая корреляционная связь максимального объема ЛП со скоростью глобальной деформации ЛП ($r = -0,24$; $p = 0,01$) и отсутствовала связь с глобальной деформацией ЛП. Фракция выброса ЛП не была связана с глобальной деформацией и скоростью глобальной деформации ЛП.

Вышесказанное свидетельствует о функциональном единстве МК со скоростью глобальной деформации и объемом ЛП при ишемической МР.

Выводы

Площадь тентинга, диаметр фиброзного кольца, длина и глубина кооптации створок МК коррелируют с максимальным объемом ЛП и скоростью глобальной деформации ЛП у больных с ишемической МР, но значения этих корреляционных связей значимо ниже для скорости глобальной деформации ЛП, за исключением площади тентинга створок МК. Значения корреляционных связей площади тентинга створок МК с максимальным объемом ЛП и скоростью глобальной деформации ЛП значимо не различаются.

Значения скорости глобальной деформации ЛП зависят от степени МР. Глобальная деформация ЛП не взаимосвязана со степенью МР.

Показатели геометрии МК и объемные показатели МР коррелируют с максимальным объемом ЛП и со скоростью глобальной деформации ЛП. Более тесные корреляционные связи характерны для максимального объема ЛП.

Список литературы

1. Yu C. M., Fang F., Zhang Q., Yip G. W., Li C. M., Chan J. Y. Improvement of atrial function and atrial reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy for heart failure // *J. Am. Coll. Cardiol.*—2007.—V.50.—N.8.—P. 778–785.
2. Roska M., Popescu B. A., Beladan C. C., Calin A., Muraru D., Popa E. C. Left atrial dysfunction as a correlate of heart failure symptoms in hypertrophic cardiomyopathy // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*—2010.—V.23.—N.10.—P. 1090–1098.
3. Tsa W. S., Lee S. N., Lin C. C., Liu Y. W., Huang Y. Y., Li W. T. Association of left atrial strain and strain rate assessed by speckle tracking echocardiography with paroxysmal atrial fibrillation // *Echocardiography*—2009.—V.26.—N.10.—P. 1188–1194.
4. Popescu B. A., Macor F., Antonini-Canterin F., Giannuzzi P., Temporelli P. L., Bosimini E. GISSI-3 Echo Substudy Investigators. Left atrial remodeling after acute myocardial infarction (results of the GISSI-3 Echo Substudy) // *Am. J. Cardiol.*—2004.—V.93.—N.9.—P. 1156–1159.
5. Sun J. P., Yang Y., Guo R., Wang D., Lee A. P., Wang X. Y., et al. Left atrial regional phasic strain, strain rate and velocity by speckle-tracking echocardiography—normal values and effects of aging in a large group of normal subjects // *Int. J. Cardiol.*—2003.—V.168.—N.4.—P. 3472–3479.
6. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V., Afilalo D., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F. A., Foster E., Goldstein S. A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M. H., Rietzschel E. R., Rudski L., Spencer K. T., Tsang W., Voigt J-U. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*—2015.—V. 16.—P. 233–271.
7. Калинин А. О., Алехин М. Н., Бахс Г., Шипачов П. Н. Оценка деформации левого предсердия у больных артериальной гипертензией и аортальным стенозом с различной степенью гипертрофии левого желудочка // *Терапевтический архив* 2012.— № 4.— С. 23–29. (Kalinin A., Alekhin M. N., Bachs G., Leinieks A., Kalinsh Sh., Shipachov P. Left atrial deformation in hypertensive patients with aortic stenosis and left ventricular hypertrophy of different severity // *Therapeutic archive*—2012.—N.4.—P. 23–29.)
8. DeAndrea A., Caso P., Romano S. et al. Association between left atrial myocardial function and exercise capacity in patients with either idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy: A two-dimensional speckle strain study // *Int. J. Cardiol.*—2008.—V.10.—P. 26–32.
9. DeAndrea A., De Corato G., Scarafile R. et al. Left atrial myocardial function in either physiological or pathological left ventricular hypertrophy: a two-dimensional speckle strain study // *Br. J. Sports. Med.*—2008.—V.42.—P. 696–702.
10. DeAndrea A., Caso P., Romano S. et al. Different effects of cardiac resynchronization therapy on left atrial function in patients with either idiopathic or ischaemic dilated cardiomyopathy: a two-dimensional speckle strain study // *Eur. Heart J.*—2007.—V. 28.—P. 2738–2748.
11. Кардиология: национальное руководство / под ред. Ю. Н. Беленкова, Р. Г. Оганова.— М.: ГЭОТАР, Медицина, 2008.— 1232 с. (Cardiology: national leadership / under red. Yu. N. Belenkov, R. G. Oganov.— М.: GEOTAR, Medicine, 2008.— 1232p.)
12. Шиллер Н. Б., Осипов М. А. Клиническая эхокардиография. Изд. 2-е. М., Практика.— 2005.— 344с. (Schiller N. B., Osipov M. A. Clinical Echocardiography. Ed. 2nd. M., 2005. Praktika.—344p.)
13. Nagueh F., Appleton G. P., Gillebert T. C., Marino P., Oh J. K., Smiseth O. A., Waggoner A. D., Flachskampf F. A., Pellikka P. A., Evangelista. Recommendations for the Evaluation of ventricular Diastolic Function by Echocardiography // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*—2009.—V.22.—N.2.—P. 105–123.
14. Бузиашвили Ю. И., Кокшенова И. В., Асымбекова Э. У., Тугеева Э. Ф., Голубев Е. П., Мацкеплишвили С. Т. Ишемическая митральная регургитация: механизмы развития и прогрессирования. Актуальные вопросы лечебной тактики. М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН; 2014. 196 с. (Buziashvili Y. I., Kokshenova I. V., Asymbekova E. W., Tugeeva E. F., Golubev E. P., Matskeplishvili S. T. Ischemic mitral regurgitation: mechanisms and progression. Actual questions of medical tactics. M.: AN NTSSSH them Bakuleva RAMS; 2014. 196p.)
15. Fattouch K., Lancellotti P., Angelini G. D. Secondary Mitral Regurgitation. Springer—Verlag London 2015. 206 p.
16. Lancellotti P¹, Moura L, Pierard LA, Agricola E, Popescu BA, Tribouilloy C, Hagen-dorff A, Monin JL, Badano L, Zamorano JL; European Association of Echocardiography. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease) // *European Journal of Echocardiography*—2010.—V.11.—N. 4.—P. 307–332.
17. Райдинг Э. Эхокардиография: практическое руководство. М., МЕДпресс-информ. 2010, 277с. (Riding E. Echocardiography: A Practical Guide. M. MEDpress-inform. 2010, 277p.)
18. Reisner S. A., Lysyansky P., Agmon Y. et al. Global longitudinal Strain: a novel index of left ventricular systolic function // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*—2004.—Vol. 17.—P. 630–633
19. Inaba Y., Yuda S., Kibayashi N., Hashimoto A., Uno K., Nakata T., Tsuchihashi K., Miura T., Ura N., Shimamoto K. Strain Rate Imaging for Noninvasive Functional Quantification of the Left Atrium: Comparative Studies in Controls and Patients With Atrial Fibrillation // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*—2005.—V.18.—P. 729–736.
20. Motoki H., Dahiya A., Bhargava M., Wazni O., Saliba W. I., Marwick T. H., Klien A. L. Assessment of left Atrial Mechanics in Patients With Atrial Fibrillation; Comparison between Two-Dimensional Speckle-Based Strain and Velocity vector mapping // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*—2012.—V.25.—N.4.—P. 428–435.
21. Матановская Т. В., Туев А. В., Орехова Е. Н., Суханов С. Г. Оценка механической функции левого предсердия у здоровых взрослых // *Методы диагностики и технологии*—2014.—Т.31.—№. 1.—С. 64–72. (Matanovskaya T. V., Tuev A. V., Orekhova E. N., Sukhanov S. G. Assessment of left atrium mechanical function in healthy adults // *Diagnostic methods and techniques*—2012.—№. 4.—P. 23–29.)

