

10. Severin E.S. (ed.) Biochemistry. M.: GEOTAR-Media; 2004 (in Russian).
11. De la Roche M., Tessier S.N., Storey K.B. Structural and functional properties of glycerol-3-phosphate dehydrogenase from a mammalian hibernator. *Protein J.* 2012; 31 (2): 109–19.
12. Guo Z.P., Zhang L., Ding Z.Y. et al. Improving ethanol productivity by modification of glycolytic redox factor generation in glycerol-3-phosphate dehydrogenase mutants of an industrial ethanol yeast. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2011; 38 (8): 935–43.
13. Al-Dwairi A., Pabona J.M., Simmen R.C., Simmen F.A. Cytosolic malic enzyme 1 (ME1) mediates high fat diet-induced adiposity, endocrine profile, and gastrointestinal tract proliferation-associated biomarkers in male mice. *PLoS One.* 2012 (7); 10: 46716.
14. Murugan S., Hung H.C. Biophysical characterization of the dimer and tetramer interface interactions of the human cytosolic malic enzyme. *PLoS One.* 2012; 7 (12): 50143.
15. Hayashi T., Tanaka S., Hori Y. et al. Role of mitochondria in the maintenance of platelet function during in vitro storage. *Transfus. Med.* 2011; 21 (3): 166–74.
16. Misztal T., Przeslaw K., Rusak T., Tomasiak M. Peroxynitrite – altered platelet mitochondria – a new link between inflammation and hemostasis. *Thromb. Res.* 2013; 131 (1): 17–25.

Поступила 21.05.2014

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАРДИОЛОГИИ И КАРДИОХИРУРГИИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.124.2-073.432.19:616.126.422:616.127-089.844

### Дополнительные возможности эхокардиографической оценки систолической функции левого желудочка у пациентов с умеренной митральной недостаточностью до и после хирургической реваскуляризации миокарда и митральной аннулопластики

С.Г. Суханов<sup>1,2</sup>, Е.Н. Орехова<sup>1,2</sup>, С.А. Шарлаимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия им. академика Е.А. Вагнера»  
Министерства здравоохранения РФ; ул. Петропавловская, 26, г. Пермь, 614000, Российская Федерация;

<sup>2</sup>ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения РФ;  
ул. Маршала Жукова, 35, г. Пермь, 614013, Российская Федерация

Суханов Сергей Германович, главный врач ФЦССХ МЗ РФ, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии ПГМА им. академика Е.А. Вагнера МЗ РФ, профессор, доктор мед. наук;

Орехова Екатерина Николаевна, заведующая отделением функциональной диагностики ФЦССХ МЗ РФ, доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии ПГМА им. академика Е.А. Вагнера МЗ РФ, доктор мед. наук;

Шарлаимов Станислав Александрович, врач ультразвуковой диагностики, e-mail: sharlaimovstas@mail.ru

**Цель.** Комплексная эхокардиографическая оценка систолической функции левого желудочка (ЛЖ) у пациентов с умеренной митральной недостаточностью до и после хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики.

**Материал и методы.** Обследованы 58 пациентов с умеренной митральной недостаточностью и без признаков существенного ремоделирования ЛЖ. В зависимости от выбранной оперирующим хирургом тактики дополнительного вмешательства на митральном клапане больные были разделены на две группы наблюдения: 1-я группа ( $n = 28$ ) – изолированное коронарное шунтирование, 2-я ( $n = 30$ ) – коронарное шунтирование и митральная аннулопластика. В эхокардиографическую оценку включены стандартные измерения и оценка глобальной и сегментарной функции ЛЖ, а также использование методики speckle tracking и тканевого доплера для определения скорости движения фиброзного кольца митрального клапана.

**Результаты.** Было отмечено достоверное снижение общей фракции выброса (ФВ) ЛЖ во 2-й группе в раннем послеоперационном периоде. В среднеотдаленном периоде общая ФВ несколько улучшилась, но не достигла исходных значений. Также в раннем периоде наблюдения расчетная ФВ показала достоверное улучшение по сравнению с исходным уровнем, но существенно не изменилась при дальнейшем наблюдении и была сопоставима с группой контроля. По сравнению с исходными данными в раннем периоде наблюдения было отмечено снижение глобальной продольной деформации в обеих группах, но более заметное во 2-й группе. В среднеотдаленном периоде наблюдения глобальная продольная деформация показала увеличение, но осталась ниже по сравнению с исходным уровнем.

**Выводы.** Некоторые параметры, такие как конечный систолический объем (КСО) ЛЖ, находящиеся в зависимости от постнагрузки, влияют на точность в оценке систолической функции ЛЖ до пластики митрального клапана. Показатели деформации ЛЖ могут помочь в выявлении дисфункции ЛЖ на ранней стадии, до того как произойдет значительное и необратимое повреждение миокарда.

*Ключевые слова:* продольная деформация; систолическая функция; митральная аннулопластика.

## **Additional features of echocardiographic assessment of left ventricular systolic function in patients with moderate mitral regurgitation before and after surgical myocardial revascularization and mitral annuloplasty**

*S.G. Sukhanov<sup>1,2</sup>, E.N. Orekhova<sup>1,2</sup>, S.A. Sharlaimov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Academician E.A. Wagner Perm State Medical Academy of Ministry of Health of the Russian Federation; ulitsa Petropavlovskaya, 26, Perm, 614000, Russian Federation;

<sup>2</sup>Federal Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation; ulitsa Marshala Zhukova, 35, Perm, 614013, Russian Federation

Sukhanov Sergey Germanovich, Head Physician of Federal Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Chief of Chair of Cardiovascular Surgery and Invasive Cardiology Academician E.A. Wagner Perm State Medical Academy of Ministry of Health of the Russian Federation, Professor, MD, DM;

Orekhova Ekaterina Nikolaevna, Chief of Department of Functional Diagnostics of Federal Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Associate Professor of Department of Cardiovascular Surgery and Invasive Cardiology Academician E.A. Wagner Perm State Medical Academy of Ministry of Health of the Russian Federation, MD, DM;

Sharlaimov Stanislav Aleksandrovich, Doctor of Ultrasonic Diagnostics, e-mail: sharlaimovstas@mail.ru

**Purpose.** Comprehensive echocardiographic assessment of left ventricular (LV) systolic function in patients with moderate mitral regurgitation before and after surgical revascularization and mitral annuloplasty.

**Material and methods.** The study involved 58 patients with moderate mitral insufficiency and no signs of significant left ventricular remodeling. Depending on the operating surgeon tactics against further intervention on the mitral valve patients were divided into 2 groups of observations: group 1 ( $n = 28$ ) – isolated coronary artery bypass grafting; group 2 ( $n = 30$ ) – coronary artery bypass grafting and mitral annuloplasty. In echocardiographic evaluation included standard measurement and assessment of global and segmental left ventricular function, as well as the use of techniques speckle tracking and tissue Doppler to measure speed of the fibrous ring of the mitral valve.

**Results.** The result was a significant decrease in overall left ventricular ejection fraction (LVEF) in group 2 in the early postoperative period. In the mid-term total LVEF has improved, but did not reach baseline values. Also in the early period of observation calculated LVEF showed significant improvement compared with baseline, but did not change significantly with further observation and was comparable to the control group. Compared with the original data in the early period of observation there was a reduction of global longitudinal strain in both groups,

but more pronounced in group 2. In the medium to long-term follow global longitudinal strain showed an increase, but remained lower than baseline.

**Conclusions.** Some parameters, such as left ventricular end-systolic volume, are dependent on afterload affect the accuracy in the evaluation of left ventricular systolic function to mitral valve annuloplasty. LV global longitudinal strain indicators may help to identify LV dysfunction at an early stage, before it happens a significant and irreversible myocardial injury.

*Key words:* longitudinal strain; systolic function; mitral annuloplasty.

---

### Введение

Систолическая функция левого желудочка (ЛЖ) имеет существенное прогностическое значение для больных с ишемической митральной недостаточностью (ИМН). Известно, что конвенциональные способы оценки контрактильности при наличии митральной регургитации (МР) имеют серьезные ограничения, так как определяются как более высокие из-за поступления регургитирующего объема в левое предсердие (ЛП). Несмотря на фактическое ухудшение сократительной способности ЛЖ у больных с ИМН, фракция выброса (ФВ) ЛЖ при использовании модифицированного метода Simpson определяется как «удовлетворительная». Для компенсации показателей внутрисердечной гемодинамики ударный объем (УО) поддерживается увеличением конечного диастолического объема (КДО), а увеличение преднагрузки и снижение постнагрузки длительное время маскирует развивающуюся дисфункцию ЛЖ [1, 2]. Однако возрастающее напряжение стенки ЛЖ, вызванное сохраняющейся МР, приводит к дальнейшему ремоделированию желудочка, значительному ухудшению его компенсаторных возможностей и в конечном счете к снижению систолической способности [3]. Кроме того, показатель ФВ ЛЖ не является достаточно чувствительным, чтобы определить контрактильную дисфункцию ЛЖ у пациентов без признаков серьезного глобального ишемического ремоделирования.

Оценке систолической функции ЛЖ у пациентов после хирургической реваскуляризации и коррекции ИМН посвящено небольшое количество работ. Известно, что после митральной ринговой аннуло-

пластики снижается преднагрузка и увеличивается постнагрузка (за счет ликвидации поступления регургитирующего объема в предсердие), и это первоначально ассоциируется с уменьшением ФВ ЛЖ. Причины и механизм этого снижения до конца не изучены. Ряд авторов показали, что сама процедура рестриктивной аннулопластики может ухудшить процессы послеоперационного восстановления систолической функции ЛЖ из-за ограничения подвижности фиброзного кольца митрального клапана (ФК МК) и уменьшения контрактильного вклада базальных сегментов ЛЖ [4]. Таким образом, оптимизация оценки функции ЛЖ у больных с умеренной митральной регургитацией до и после хирургического лечения имеет большое клиническое значение, оставаясь достаточно сложной и нерешенной задачей [5].

С внедрением в практику технологий отслеживания пятнистых структур (speckle tracking) серошкального В-модального изображения миокарда стало возможным проводить количественную оценку деформации миокарда (2D strain) как компонента систолической функции ЛЖ, отражающего его механическую составляющую [6]. Использование показателей глобальной продольной систолической деформации миокарда в дополнение к стандартным методикам оценки геометрии и функции ЛЖ позволят более точно количественно идентифицировать нарушения сократительной функции ЛЖ у пациентов без признаков выраженного глобального ремоделирования сердца [7]. Большой клинический интерес представляют вопросы, связанные с изучением продольной деформации ЛЖ у больных с умеренной ИМН, поскольку, во-первых, именно показатели продольной

деформации изменяются в первую очередь при ишемии миокарда и ее нарушения отражают постинфарктное ремоделирование ЛЖ; во-вторых, не установлено, каким образом меняются показатели деформации у больных с умеренной ИМН без значимой дилатации ЛЖ и какова динамика показателей деформации ЛЖ после хирургической реваскуляризации и митральной ринговой аннулопластики. Использование показателей продольной деформации миокарда может помочь лучше оценить дисфункцию ЛЖ и частично устранить ограничения традиционных способов оценки ФВ ЛЖ (методом Simpson). Кроме того, привлекательным методом для оценки локальных изменений на базальном уровне ЛЖ до и после рестриктивной аннулопластики остается тканевая доплер-эхокардиография. Не ясно, каким образом изменяются показатели скорости и амплитуды систолического движения латеральной части ФК МК после выполнения митральной ринговой аннулопластики и как они связаны с динамикой глобальной систолической функции ЛЖ.

Цель исследования: комплексная эхокардиографическая оценка систолической

функции левого желудочка у пациентов с умеренной митральной недостаточностью до и после хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики.

### Материал и методы

В исследование было включено 58 пациентов. Всеми участниками подписано информированное согласие, а само исследование было одобрено этическим комитетом учреждения. Критерием включения в исследование было наличие у больных многососудистого атеросклеротического поражения коронарного русла, требующего проведения хирургической реваскуляризации, выявление умеренной степени ИМН и отсутствие признаков существенного эхокардиографического ремоделирования ЛЖ (исходная характеристика пациентов представлена в таблице 1). Критерии исключения: индекс КДО ЛЖ (КДОи) более 86 мл/м<sup>2</sup>, ФВ ЛЖ менее 40%, органические поражения клапанов (ревматическая болезнь сердца, дегенеративный кальциноз, инфекционный эндокардит, миксоматозная дегенерация, отрыв хорд), хроническая постинфарктная аневризма ЛЖ. В зависимости от выбранной оперирующим

Таблица 1

Сравнительная характеристика групп до операции

Показатель	1-я группа (n = 28)	2-я группа (n = 30)	*p < 0,05
ППТ, м <sup>2</sup>	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1	0,21
МР, %	19,7 ± 2,2	28,4 ± 3,4	0,00000
КСО, мл	55,2 ± 8,5	64,7 ± 10,1	0,0003
КДО, мл	117,5 ± 6,5	137,8 ± 13,8	0,00000
ФВ общая, %	52,8 ± 7,2	53,0 ± 3,9	0,89
КСОи, мл/м <sup>2</sup>	29,9 ± 5,1	36,0 ± 4,7	0,00002
КДОи, мл/м <sup>2</sup>	65,1 ± 8,9	76,7 ± 5,7	0,00000
Расчетный УО, мл	52,6 ± 9,5	48,4 ± 4,1	0,03
Расчетная ФВ, %	43,8 ± 6,1	35,1 ± 2,9	0,00000
Систолическая скорость ФК МК, см/с	10,2 ± 3,0	9,8 ± 2,5	0,58
Амплитуда смещения ФК МК, мм	11,5 ± 3,04	11,3 ± 2,0	0,8
S, %	-13,8 ± 2,1	-15,2 ± 1,6	-0,007
Поправка: S/КДО, %/10 мл	-1,17 ± 0,2	-1,1 ± 0,2	-0,25

\* Достоверность различия между группами p < 0,05.

Примечание. ППТ – площадь поверхности тела; S – глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ.

хирургом тактики дополнительного вмешательства на МК больные были разделены на две группы наблюдения: 1-я группа ( $n=28$ ) – изолированное коронарное шунтирование (в среднем  $2,8 \pm 1$  шунт), 2-я группа ( $n=30$ ) – коронарное шунтирование ( $3,7 \pm 1,1$  шунта) и митральная аннулопластика (МА).

Среди пациентов обеих групп преобладали мужчины (1-я группа – 20 (71,4%), 2-я – 16 (53,3%),  $p=0,16$ ). Больные 2-й группы были старше по возрасту ( $62,5 \pm 9,8$  года против  $57,7 \pm 7,65$  в 1-й группе,  $p=0,04$ ), и у этих пациентов чаще встречалась артериальная гипертензия (20 (71,4%) человек против 16 (53,3%) в 1-й группе,  $p=0,7$ ), а также сахарный диабет (4 (13,3%) человека против 2 (7,1%) в 1-й группе,  $p=0,5$ ). Исходно пациенты были сопоставимы по функциональному классу (ФК) стенокардии (1-я группа –  $2,5 \pm 0,5$ ; 2-я –  $2,46 \pm 0,5$ ,  $p=0,8$ ). Определение ФК хронической сердечной недостаточности (ХСН) проводилось с помощью субъективной методики, основанной на мнении врача, – классификация New York Heart Association (NYHA). Тяжесть ФК ХСН до операции была больше среди пациентов 2-й группы ( $2,22 \pm 0,4$  против  $2,0 \pm 0,0$  в 1-й группе,  $p=0,01$ ). Площадь поверхности тела (ППТ) в группах была сопоставима (1-я группа –  $1,85 \pm 0,17$ , 2-я –  $1,79 \pm 0,16$ ;  $p=0,21$ ). Операции выполняли по стандартной методике в условиях искусственного кровообращения, нормотермии, фармакохолодовой кардиopleгии. В до- и послеоперационном периодах пациенты получали сопоставимую базисную и симптоматическую терапию, соответствующую общим принципам лечения больных ишемической болезнью сердца с ХСН.

В пред-, интра- и послеоперационном периодах всем пациентам выполняли трансторакальную и чреспищеводную эхокардиографию (ЭхоКГ) на аппарате «General Electric» (модель «Vivid 7») секторным мультисекторным датчиком с диапазоном 1,5–4,0 МГц по стандартной мето-

дике с использованием рекомендаций Американского эхокардиографического общества [8]. Все ЭхоКГ-исследования повторяли через 7 дней после операции (краткосрочное наблюдение) и через 12–18 мес (среднеотдаленное наблюдение). Кроме стандартных ЭхоКГ-измерений, с целью комплексной оценки систолической функции ЛЖ использовались импульсно-волновая тканевая доплерография и технология двухмерного отслеживания пятен серой шкалы (speckle tracking) [9]. В импульсно-волновом режиме тканевого доплера регистрировали максимальную систолическую скорость движения и амплитуду движения латеральной части ФК МК. Тяжесть ИМН была оценена несколькими количественными параметрами, включая измерение ширины проксимальной струи регургитации (*vena contracta*), индекс площади потока регургитации – % струи по отношению к площади ЛП (см. табл. 1) [10]. Из апикального доступа (двух- и четырехкамерная позиция) рассчитывали КСО и КДО, используя модифицированный метод Simpson. Полученные объемные показатели были индексированы к площади поверхности тела [8]. Чтобы исключить суммацию антероградного (в аорту) и ретроградного (в левое предсердие) УО при наличии МР и соответственно завышение показателя ФВ, отдельно были рассчитаны антероградный УО и ФВ ЛЖ по формуле: УО равен площади сечения выводного тракта ЛЖ, умноженной на его интегральную скорость кровотока (VTI).

$$\text{ФВ} = \frac{\text{УО}}{\text{КДО}} \square 100\%$$

Диаметр выводного тракта ЛЖ был измерен непосредственно под ФК аортального клапана из парастернальной позиции длинной оси ЛЖ, с использованием импульсно-волнового доплера получали кровотоки в выводном тракте ЛЖ и вычисляли VTI. Для пациентов обеих групп до операции эти параметры достоверно не различались (см. табл. 1).

Запись изображений для последующего анализа продольной систолической деформации миокарда проводилась при высокой частоте смены кадров (frame rate 60–90 в секунду) из апикального доступа из трех-, четырех- и двухкамерных позиций ЛЖ [11]. Рассчитывали глобальную продольную систолическую деформацию ЛЖ (global longitudinal peak systolic strain (GLPS)), полученные значения были соотнесены с КДО ЛЖ и выражены как процент деформации на 10 мл объема ЛЖ. Эта поправка выполнялась для адекватного измерения сократимости миокарда при наличии изменений объемов ЛЖ в процессе динамического отслеживания [7, 12]. Показатели глобальной продольной систолической деформации миокарда ЛЖ (1-я группа  $-13,8 \pm 2,1\%$ , 2-я группа  $-15,2 \pm 1,6\%$ ,  $p = 0,007$ ) и индексированные к КДО показатели деформации (1-я группа  $-1,2 \pm 0,2\%$  на 10 мл, 2-я группа  $-1,1 \pm 0,2\%$  на 10 мл,  $p = 0,25$ ) до операции были сопоставимы у больных обеих групп.

Статистический анализ материала проведен при помощи программы Statistica 6.0. Для описания количественных признаков полученных данных использовались значения среднего (M) и стандартного отклонения (SD). Оценка статистической достоверности различий ( $p$ ) между группами проводилась с использованием параметрических критериев (при нормальном распределении признака) – двухвыборочный  $t$ -критерий Стьюдента для сравнений средних ( $M \pm SD$ ). Различия показателей считались достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты

Среди обследованных больных за время наблюдения летальных случаев не было. Во 2-й группе время искусственного кровообращения ( $77,26 \pm 21,1$  мин против  $53,28 \pm 11,86$  в 1-й группе,  $p = 0,000002$ ) и длительность ишемии ( $46 \pm 12,1$  мин против  $30,85 \pm 7,59$  в 1-й группе,  $p = 0,00001$ ) были достоверно большими, что связано

с дополнительным вмешательством на МК, большим количеством шунтов (в 1-й группе  $2,8 \pm 1$ ; во 2-й –  $3,7 \pm 1,1$ ;  $p = 0,01$ ).

В раннем послеоперационном периоде наблюдались существенные изменения в объемных показателях ЛЖ: достоверно снизились КСО, КДО, КСОи, КДОи в обеих группах по сравнению с исходными значениями, однако во 2-й группе уменьшение объемов ЛЖ и индексированных объемных показателей более выражено (табл. 2). В среднеотдаленном периоде наблюдения КСОи, КДОи увеличились у пациентов обеих групп, но не превысили дооперационные значения (табл. 3). В результате ликвидации МР и объемной перегрузки ЛЖ значительно уменьшился КДО и в меньшей степени КСО у больных 2-й группы, следовательно, уменьшились УО и ФВ ЛЖ, полученные методом Simpson. Однако расчетная ФВ у пациентов группы хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики достоверно увеличилась (с  $35,1 \pm 3$  до  $41 \pm 5\%$ ,  $p = 0,01$ ), тогда как у больных с изолированной коронарной реваскуляризацией расчетная ФВ существенно не изменилась (исходно  $43,8 \pm 6,2\%$ , повторно  $43,1 \pm 6,2\%$ ,  $p = 0,7$ ). У больных 2-й группы в среднеотдаленном периоде наблюдения ФВ ЛЖ (по Simpson) несколько увеличилась (с  $42,4 \pm 5,5$  до  $45,5 \pm 5,2\%$ ,  $p = 0,08$ ), но не достигла порога нормативных значений и была ниже по сравнению с таковой у пациентов 1-й группы ( $45,5 \pm 5,2\%$  против  $52,8 \pm 6,5\%$  в 1-й группе,  $p = 0,001$ ). Но расчетная ФВ в период среднеотдаленного послеоперационного наблюдения у пациентов групп изолированной хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики достоверно не различались (1-я группа –  $44,1 \pm 5,9\%$ ; 2-я –  $42,1 \pm 4,3\%$ ,  $p = 0,14$ ). Таким образом, выполнение митральной аннулопластики и реваскуляризации в большей степени оптимизирует объемы ЛЖ, что способствует приросту показателей систолической функции (расчетной

Таблица 2

## Сравнительная характеристика групп после операции (ранние результаты)

Показатель	1-я группа (n=28)	Дельта* (p < 0,05)	2-я группа (n=30)	Дельта (p < 0,05)	p < 0,05**
МР, %	17,1 ± 2,7	-2,5 (0,00)	3,6 ± 3,6	-24,8 (0,00)	0,00000
КСО, мл	55,7 ± 15,5	+0,5 (0,81)	58,2 ± 11,9	-6,4 (0,00)	0,48
КДО, мл	108,2 ± 5,9	-9,3 (0,00)	102,1 ± 13,1	-35,7 (0,00)	0,029
ФВ общая, %	50,6 ± 6,7	-2,2 (0,00)	42,4 ± 5,5	-10,6 (0,00)	0,000004
КСОи, мл/м <sup>2</sup>	28,3 ± 4,2	-1,6 (0,00)	32,4 ± 6,4	-3,5 (0,00)	0,005
КДОи, мл/м <sup>2</sup>	58,8 ± 5,3	-6,3 (0,00)	57,0 ± 6,8	-19,7 (0,00)	0,25
Расчетный УО, мл	47,0 ± 7,6	-5,5 (0,00)	41,6 ± 3,2	-6,8 (0,00)	0,0006
Расчетная ФВ, %	43,1 ± 6,2	-0,7 (0,00)	41,0 ± 5,1	+5,8 (0,00)	0,15
Амплитуда смещения ФК МК, мм	10,1 ± 2,5	-1,3 (0,00)	7,8 ± 1,4	-3,5 (0,00)	0,00006
Систолическая скорость ФК МК, см/с	8,9 ± 2,6	-1,2 (0,00)	6,9 ± 1,3	-2,8 (0,00)	0,0004
S, %	-12,9 ± 1,9	-0,8 (0,00)	-10,7 ± 2,1	-4,5 (0,00)	0,0001
Поправка: S/КДО, %/10 мл	-1,19 ± 0,1	+0,02 (0,01)	-1,06 ± 0,3	-0,05 (0,1)	0,06

\* Различия внутри группы по сравнению с исходными.

\*\* Достоверность различия между группами p &lt; 0,05.

Примечание. S – глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ.

Таблица 3

## Сравнительная характеристика групп через 12–18 мес после операции (среднеотдаленные результаты)

Показатель	1-я группа (n=28)	Дельта* (p < 0,05)	2-я группа (n=30)	Дельта (p < 0,05)	p < 0,05**
МР, %	19,2 ± 2,0	-0,5 (0,13)	4,0 ± 4,1	-24,4 (0,00)	0,00000
КСО, мл	54,1 ± 8,1	-1,0 (0,00)	61,5 ± 11,9	-3,2 (0,00)	0,008
КДО, мл	114,8 ± 6,3	-2,7 (0,00)	112,7 ± 12,8	-25,1 (0,00)	0,43
ФВ общая, %	52,7 ± 6,4	-0,1 (0,77)	45,5 ± 5,2	-7,5 (0,00)	0,00001
КСОи, мл/м <sup>2</sup>	29,3 ± 4,5	-0,6 (0,1)	34,2 ± 6,0	-1,7 (0,00)	0,001
КДОи, мл/м <sup>2</sup>	62,4 ± 5,9	-2,7 (0,04)	62,9 ± 6,6	-13,8 (0,00)	0,78
Расчетный УО, мл	51,1 ± 7,3	-1,5 (0,02)	46,8 ± 4,4	-1,6 (0,02)	0,007
Расчетная ФВ, %	44,0 ± 5,9	+0,2 (0,13)	42,0 ± 4,3	+6,9 (0,00)	0,14
Амплитуда смещения ФК МК, мм	11,1 ± 2,7	-0,4 (0,00)	9,8 ± 1,8	-1,5 (0,00)	0,03
Систолическая скорость ФК МК, см/с	10,0 ± 2,6	-0,2 (0,16)	8,5 ± 1,9	-1,2 (0,00)	0,01
S, %	-13,6 ± 2,1	-0,2 (0,00)	-13,5 ± 1,5	-1,7 (0,00)	0,74
Поправка: S/КДО, %/10 мл	-1,1 ± 0,1	-0,1 (0,06)	-1,2 ± 0,2	+0,1 (0,00)	0,55

\* Различия внутри группы по сравнению с исходными.

\*\* Достоверность различия между группами p &lt; 0,05.

Примечание. S – глобальная продольная систолическая деформация ЛЖ.

ФВ ЛЖ), однако достоверных различий в послеоперационных показателях ФВ между больными 1-й и 2-й групп не выявлено.

При оценке динамики показателей глобальной продольной деформации у больных с изолированной реваскуляризацией не обнаружено достоверных изменений (деформа-

ция исходно  $-13,8 \pm 2,1\%$ , в ранний послеоперационный период  $-12,9 \pm 1,9\%$ , в среднеотдаленном периоде наблюдения  $-13,6 \pm 2,1\%$ ,  $p > 0,05$ ; индекс деформации/КДО исходно  $1,17 \pm 0,2$ , в ранний послеоперационный период  $1,19 \pm 0,1$ , в среднесрочном периоде наблюдения  $1,1 \pm 0,1$ ,  $p > 0,05$ ). В противо-

положность этим результатам у пациентов группы хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики были выявлены достоверные изменения глобальной продольной деформации ЛЖ. В раннем послеоперационном периоде отмечалось достоверное снижение глобальной продольной деформации (с  $-15,2 \pm 1,6\%$  до  $-10,7 \pm 2,1\%$ ,  $p=0,01$ ), тогда как индексированные значения деформации к КДО достоверно не изменились (исходно  $-1,1 \pm 0,2$ , в раннем послеоперационном периоде  $-1,06 \pm 0,3$ ). В среднесрочном послеоперационном периоде наблюдения у больных 2-й группы увеличилась как глобальная продольная деформация (с  $-10,7 \pm 2,1\%$  до  $-13,5 \pm 1,5\%$ ,  $p=0,01$ ), так и индексированные значения деформации к КДО (в раннем послеоперационном периоде  $-1,06 \pm 0,3$ , в среднеотдаленном  $-1,2 \pm 0,2$ ,  $p=0,07$ ). Следовательно, у пациентов после изолированной хирургической реваскуляризации показатели глобальной продольной систолической деформации и индексированные значения деформации к КДО не претерпевают значительной позитивной динамики по сравнению с аналогичными показателями в группе хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики.

При оценке показателей скорости и амплитуды движения латеральной части ФК МК было выявлено, что у пациентов группы изолированной хирургической реваскуляризации достоверных изменений за время наблюдения не выявлено (исходно скорость ФК МК  $10,2 \pm 3$  см/с, в раннем послеоперационном периоде  $8,9 \pm 2,6$  см/с; в среднесрочном периоде наблюдения  $10 \pm 2,6$  см/с,  $p > 0,05$ ; амплитуда движения ФК МК исходно  $11,5 \pm 3$  мм, в раннем послеоперационном периоде  $10,1 \pm 2,6$  мм, в среднесрочном  $-11,1 \pm 2,8$  мм,  $p > 0,05$ ). У больных группы хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики в раннем послеоперационном периоде достоверно снизились показатели систолической скорости (с  $9,8 \pm 2,8$  см/с до  $6,9 \pm 1,3$

см/с,  $p=0,01$ ) и амплитуды движения латеральной части ФК МК (с  $11,3 \pm 2$  мм до  $7,8 \pm 1,4$  мм,  $p=0,01$ ), что согласуется с данными других исследователей [4]. Однако в период среднесрочного наблюдения скоростные (в раннем послеоперационном периоде скорость ФК МК  $6,9 \pm 1,3$  см/с, в среднеотдаленном  $-8,5 \pm 1,9$  см/с,  $p=0,01$ ) и амплитудные показатели латеральной части ФК МК (в раннем послеоперационном периоде амплитуда ФК МК  $7,8 \pm 1,4$  мм, в среднеотдаленном  $-9,8 \pm 1,9$  мм,  $p=0,01$ ) достоверно возросли. Но по сравнению с пациентами 1-й группы значения скорости и амплитуды движения латеральной части ФК МК у больных 2-й группы были более низкими в среднеотдаленном периоде наблюдения (скорость в 1-й группе  $10 \pm 2,6$  см/с; во 2-й  $-8,5 \pm 1,9$  см/с,  $p=0,02$ ; амплитуда в 1-й группе  $11,4 \pm 2,8$  мм; во 2-й  $-9,8 \pm 1,9$  мм,  $p=0,03$ ).

Как в дооперационном периоде, так и непосредственно после операции и в среднеотдаленном периоде выявлена обратная умеренная корреляционная связь продольной систолической деформации ЛЖ и расчетной ФВ ( $r=-0,62$ ): чем выше расчетная ФВ ЛЖ, тем лучше показатели продольной деформации. Полученная корреляция подтверждает эффективность использования показателей деформации в оценке систолической функции ЛЖ у больных с МР.

### Обсуждение

Несмотря на то что истинная распространенность ИМН в популяции не известна, считается, что 1/3 составляют больные с умеренной степенью регургитации [13]. В рекомендациях по ведению пациентов с вторичной МР сказано, что хирургическая коррекция регургитации может быть рассмотрена у пациентов с умеренной МР во время коронарного шунтирования (класс рекомендаций Па, уровень доказательности С), хотя субоптимальный отдаленный результат может регистрироваться как после изолированной хирургической реваскуляризации, так и в случаях дополнительной



митральной аннулопластики [2]. В связи с этим выбор оптимальной тактики именно для пациентов с умеренной степенью МР, особенно без значительного дилатационного ремоделирования ЛЖ, представляет особый клинический интерес. Традиционно систолическая функция ЛЖ считается одним из определяющих прогностических факторов после хирургической реваскуляризации и клапанной реконструкции, и для ее оценки используются разнообразные ЭхоКГ-показатели [2]. При этом степень и корректность отражения ими систолической функции ЛЖ различна. Исходя из постулата, что «ИМН – это болезнь желудочка, а не клапана», систолическая дисфункция должна быть одним из определяющих патогенетических факторов появления МР [14]. Иными словами, в желудочке с сохраненной контрактильностью не может развиваться значимая МР, так как в момент выброса в аорту в его полости разовьется достаточная сила, прижимающая створки МК (closing force), что скорректирует избыточное аннулопапиллярное натяжение (tethering force) [14]. Но исследователями была найдена лишь слабая корреляция ФВ ЛЖ и количественных параметров тяжести ИМН (эффективного отверстия регургитации, регургитирующего объема) [15]. Это отчасти может быть объяснено гетерогенностью исходного ишемического миокардиального повреждения и, соответственно, разнородностью последующего ремоделирования ЛЖ. Но есть и другой важный аспект: используемый для оценки систолической функции ЛЖ показатель ФВ грубо недооценивает выраженность миокардиальных нарушений. Поскольку у больных с МР в систолу ЛЖ опорожняется в аорту и в ЛП, ударный объем (вычисленный как разница между КДО и КСО), а следовательно и ФВ (УО/КДО), будут некорректно отражать систолическую функцию ЛЖ [16, 17]. Снижение ФВ ЛЖ сразу после ликвидации МР также отражает не истинную контрактильную дисфункцию, а является следствием

уменьшения КДО ЛЖ, вызванного уменьшением преднагрузки ЛЖ [18]. Тем не менее до настоящего времени многие авторы оценивают динамику ФВ ЛЖ до и после хирургической реконструкции МК и даже пробуют интерпретировать полученные результаты не с точки зрения объемных изменений, но с позиции «ухудшения» и дальнейшего «восстановления» систолической функции ЛЖ [19]. Понимая вышеописанные ограничения, некоторые исследователи попытались лучше описать изменения в сократительной способности ЛЖ у больных с МР до и после митральной аннулопластики [20]. В качестве более точного метода оценки систолической функции ЛЖ у пациентов с МР были предложены производные показатели УО и ФВ ЛЖ, полученные с использованием импульсного доплера. Как показано в нашей работе, в обеих группах исследования в дооперационном периоде УО, вычисленный путем произведения площади поперечного сечения выводного тракта ЛЖ и интеграла линейной скорости потока, и расчетная ФВ ЛЖ были заметно меньше общей ФВ ЛЖ (определенной методом Simpson). Данные нашего исследования также демонстрируют отсутствие корреляции традиционного маркера систолической функции (ФВ) (определенной методом Simpson) с показателями антероградного УО ( $r=0,7$ ). Особенно расчетная (по потоку в аорту) ФВ ЛЖ была снижена у пациентов 2-й группы в дооперационном периоде, в то время как ФВ ЛЖ по методу Simpson находилась в пределах «нормальных» значений (расчетная ФВ  $35,1\pm 3\%$ , ФВ ЛЖ по Simpson  $53,1\pm 3,9\%$ ). Однако в раннем послеоперационном периоде после хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики показатель ФВ ЛЖ по методу Simpson достоверно снижается (с  $53,1\pm 3,9$  до  $42,4\pm 5,5\%$ ) и уже совпадает с расчетной ФВ ЛЖ, определенной с использованием уравнения непрерывности потока в аорте ( $41\pm 5,1\%$ ,  $p=0,8$ ). Результаты становятся сопоставимы, так как отсутствует регурги-

тирующий в левое предсердие объем. Полученные изменения в показателях ФВ ЛЖ подчеркивают исходное снижение контрактильности ЛЖ, несмотря на показатели ФВ ЛЖ по методу Simpson, находившихся в диапазоне нормы [21].

С появлением технологии двухмерного отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения миокарда появилась возможность выполнять оценку механической функции ЛЖ, где напряжение (деформация) является эквивалентом укорочения и удлинения миокардиальных волокон. То есть с помощью расчета показателя деформации (strain) доступно получение дополнительной количественной информации о сократительной функции ЛЖ. Следует признать, что продольная деформация ЛЖ частично зависит от таких гемодинамических условий, как пред- и постнагрузка, от частоты сердечных сокращений, геометрии ЛЖ. Несмотря на перечисленные моменты показатели продольной деформации ЛЖ наиболее чувствительны в диагностике механической дисфункции ЛЖ [16, 22]. Исходя из того, что продольная деформация чувствительна к условиям пред- и постнагрузки, прогностическая ценность получаемой информации будет снижаться пропорционально возрастанью регургитирующего в левое предсердие объема и увеличению объемов ЛЖ. Поэтому исследование показателей глобальной продольной деформации у больных с умеренной МР и без значительной дилатации полостей ЛЖ демонстрирует очевидное преимущество.

В нашем исследовании глобальная продольная деформация была оценена у перенесших МА пациентов с умеренной МР, но без значительной дилатации и дисфункции ЛЖ, чтобы оценить их значения при описании функции ЛЖ. В частности, измерения деформации были выполнены перед операцией, сразу после операции и в среднеотдаленном периоде наблюдения. При исходной сопоставимости данных в группах была выявлена вы-

раженная корреляция глобальной продольной деформации и антероградного УО до операции, а также достоверное улучшение показателей деформации у больных в группе хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики в среднеотдаленном периоде наблюдения. Это подтверждает гемодинамическую значимость даже умеренной степени МР, с одной стороны, и вселяет оптимизм по поводу влияния выполненной реконструкции на отдаленный результат у больных без значительной исходной дилатации ЛЖ – с другой. Выполненная в нашем исследовании индексация продольной деформации к значениям КДО позволила оценить динамику механической функции в условиях изменяющихся в до- и послеоперационных периодах объемов ЛЖ. Увеличение скорректированной глобальной деформации ЛЖ наблюдалось в среднеотдаленном периоде только у пациентов 2-й группы. Эти данные показывают, что хирургическая реваскуляризация и митральная аннулопластика эффективно улучшают контрактильность ЛЖ, когда вмешательство выполняется до значительного дилатационного ремоделирования ЛЖ. Оцененная нами динамика показателей систолической скорости и амплитуды движения латеральной части ФК МК продемонстрировала отсутствие негативного влияния рестриктивной аннулопластики на восстановление систолической функции в среднеотдаленном периоде наблюдения. Проведенное нами исследование подчеркивает важность применения комплексного анализа данных ЭхоКГ для лучшего понимания изменений систолической функции ЛЖ до и после хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики у больных с ИМН.

Полученные данные требуют дальнейшего осмысления, расширения объема анализируемого материала и систематического сопоставления с результатами, полученными в других исследованиях.

### Выводы

1. Оценка ФВ ЛЖ методом Simpson у больных с ишемической митральной недостаточностью не является точным маркером систолической функции.

2. Глобальная продольная систолическая деформация является объективным количественным эхокардиографическим показателем систолической функции ЛЖ у больных с умеренной ИМН.

3. У больных с умеренной ИМН после выполнения хирургической реваскуляризации и митральной аннулопластики достоверно увеличивается продольная систолическая деформация как показатель позитивной динамики глобальной систолической функции ЛЖ.

4. Показатели систолической скорости и амплитуды движения латеральной части ФК МК после рестриктивной аннулопластики снижаются, но в среднесрочном периоде возрастают.

### Литература

1. Bonow R.O., Carabello B.A., Chatterjee K.C., Antonio C.L., David P.F., Michael D.F. et al. ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48: 1–148.
2. Vahanian A., Alfieri O., Andreotti F., Antunes M., Baron-Esquivias G., Baumgartner H. et al. Guidelines on the management of valvular heart disease: (version 2012). The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J.* 2012; 33: 2451–96.
3. Bruch C., Stypmann J., Gradaus R., Breithardt G., Wichter T. Impact of stroke volume on mitral annular velocities derived from tissue Doppler imaging. *Heart.* 2005; 91 (2): 243–4.
4. Cheng A., Nguyen T.C., Malinowski M., Liang D., Daughters G.T., Ingels N.B. et al. Undersized mitral annuloplasty inhibits left ventricular basal wall thickening but does not affect equatorial wall cardiac strains. *J. Heart Valve Dis.* 2007; 16 (4): 349–58.
5. Suri R.M., Schaff H.V., Dearani J.A., Sundt T.M. 3rd, Daly R.C., Mullany C.J. et al. Determinants of early decline in ejection fraction after surgical correction of mitral regurgitation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2008; 136 (2): 442–7.
6. Reisner S.A., Lysyansky P., Agmon Y., Mutlak D., Lessick J., Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of leftventricular systolic function. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2004; 17 (6): 630–3.
7. Marciniak A., Claus P., Sutherland G.R., Marciniak M., Karu T., Baltabaeva A. et al. Changes in systolic left ventricular function in isolated mitral regurgitation. A strain rate imaging study. *Eur. Heart J.* 2007; 28 (21): 2627–36.
8. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A. et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2005; 18 (12): 1440–63.
9. Бокерия Л.А., Голухова Е.З. (ред.) Клиническая кардиология: диагностика и лечение. В 3 т. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2011: 612.
10. Бокерия Л.А., Голухова Е.З. (ред.) Клиническая кардиология: диагностика и лечение. В 3 т. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2011: 487.
11. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар; 2012: 88.
12. Marciniak A., Sutherland G.R., Marciniak M., Kourliouros A., Bijnens B., Jahangiri M. Prediction of postoperative left ventricular systolic function in patients with chronic mitral regurgitation undergoing valve surgery: the role of deformation imaging. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (5): 1131–7.
13. Magne J., Senechal M., Dumesnil J.G., Pibarot P. Ischemic mitral regurgitation: a complex multifaceted disease. *Cardiology.* 2009; 112 (4): 244–59.
14. Bolling S.F., Pagani F.D., Deeb G.M., Bach D.S. Intermediate-term outcome of mitral reconstruction in cardiomyopathy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1998; 115 (2): 381–6.
15. Yiu S.F., Enriquez-Sarano M., Tribouilloy C., Seward J.B., Tajik A.J. Determinants of the degree of functional mitral regurgitation in patients with systolic left ventricular dysfunction: a quantitative clinical study. *Circulation.* 2000; 102 (12): 1400–6.
16. Choi J.O., Shin D.H., Cho S.W., Song Y.B., Kim J.H., Kim Y.G. et al. Effect of preload on left ventricular longitudinal strain by 2D speckle tracking. *Echocardiography.* 2008; 25 (8): 873–9.
17. McGinley J.C., Berretta R.M., Chaudhary K., Rossman E., Bratinov G.D., Gaughan J.P. et al. Impaired contractile reserve in severe mitral valve regurgitation with a preserved ejection fraction. *Eur. J. Heart Fail.* 2007; 9 (9): 857–64.
18. Gaasch W.H., Meyer T.E. Left ventricular response to mitral regurgitation: implications for management. *Circulation.* 2008; 118 (22): 2298–303.
19. Suri R.M., Schaff H.V., Dearani J.A., Sundt T.M., Daly R.C., Mullany C.J. et al. Recovery of left ventricular function after surgical correction of mitral regurgitation caused by leaflet prolapse. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 137 (5): 1071–6.

20. Starling M.R. Effects of valve surgery on left ventricular contractile function in patients with long-term mitral regurgitation. *Circulation*. 1995; 92 (4): 811–8.
21. Enriquez-Sarano M., Bailey K.R., Seward J.B., Tajik A.J., Krohn M.J., Mays J.M. Quantitative Doppler assessment of valvular regurgitation. *Circulation*. 1993; 87 (3): 841–8.
22. Donal E., Bergerot C., Thibault H., Ernande L., Loufoua J., Augeul L. et al. Influence of afterload on left ventricular radial and longitudinal systolic functions: a two-dimensional strain imaging study. *Eur. J. Echocardiogr.* 2009; 10 (8): 914–21.
9. Bockeria L.A., Golukhova E.Z. (ed.) Clinical Cardiology: diagnosis and treatment. In 3 Vols. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 2011: 612 (in Russian).
10. Bockeria L.A., Golukhova E.Z. (ed.) Clinical Cardiology: diagnosis and treatment. In 3 Vols. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 2011: 487 (in Russian).
11. Alekhin M.N. Ultrasonic methods forest imating the deformation of the myocardium and their clinical significance. Moscow: Vidar; 2012: 88 (in Russian).
12. Marciniak A., Sutherland G.R., Marciniak M., Kourliouros A., Bijmens B., Jahangiri M. Prediction of postoperative left ventricular systolic function in patients with chronic mitral regurgitation undergoing valve surgery: the role of deformation imaging. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (5): 1131–7.
13. Magne J., Senechal M., Dumesnil J.G., Pibarot P. Ischemic mitral regurgitation: a complex multifaceted disease. *Cardiology*. 2009; 112 (4): 244–59.
14. Bolling S.F., Pagani F.D., Deeb G.M., Bach D.S. Intermediate-term outcome of mitral reconstruction in cardiomyopathy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1998; 115 (2): 381–6.
15. Yiu S.F., Enriquez-Sarano M., Tribouilloy C., Seward J.B., Tajik A.J. Determinants of the degree of functional mitral regurgitation in patients with systolic left ventricular dysfunction: a quantitative clinical study. *Circulation*. 2000; 102 (12): 1400–6.
16. Choi J.O., Shin D.H., Cho S.W., Song Y.B., Kim J.H., Kim Y.G. et al. Effect of preload on left ventricular longitudinal strain by 2D speckle tracking. *Echocardiography*. 2008; 25 (8): 873–9.
17. McGinley J.C., Berretta R.M., Chaudhary K., Rossman E., Bratinov G.D., Gaughan J.P. et al. Impaired contractile reserve in severe mitral valve regurgitation with a preserved ejection fraction. *Eur. J. Heart Fail.* 2007; 9 (9): 857–64.
18. Gaasch W.H., Meyer T.E. Left ventricular response to mitral regurgitation: implications for management. *Circulation*. 2008; 118 (22): 2298–303.
19. Suri R.M., Schaff H.V., Dearani J.A., Sundt T.M., Daly R.C., Mullany C.J. et al. Recovery of left ventricular function after surgical correction of mitral regurgitation caused by leaflet prolapse. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 137 (5): 1071–6.
20. Starling M.R. Effects of valve surgery on left ventricular contractile function in patients with long-term mitral regurgitation. *Circulation*. 1995; 92 (4): 811–8.
21. Enriquez-Sarano M., Bailey K.R., Seward J.B., Tajik A.J., Krohn M.J., Mays J.M. Quantitative Doppler assessment of valvular regurgitation. *Circulation*. 1993; 87 (3): 841–8.
22. Donal E., Bergerot C., Thibault H., Ernande L., Loufoua J., Augeul L. et al. Influence of afterload on left ventricular radial and longitudinal systolic functions: a two-dimensional strain imaging study. *Eur. J. Echocardiogr.* 2009; 10 (8): 914–21.

### References

1. Bonow R.O., Carabello B.A., Chatterjee K.C., Antonio C.L., David P.F., Michael D.F. et al. ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48: 1–148.
2. Vahanian A., Alfieri O., Andreotti F., Antunes M., Baron-Esquivias G., Baumgartner H. et al. Guidelines on the management of valvular heart disease: (version 2012). The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J.* 2012; 33: 2451–96.
3. Bruch C., Stypmann J., Gradaus R., Breithardt G., Wichter T. Impact of stroke volume on mitral annular velocities derived from tissue Doppler imaging. *Heart*. 2005; 91 (2): 243–4.
4. Cheng A., Nguyen T.C., Malinowski M., Liang D., Daughters G.T., Ingels N.B. et al. Undersized mitral annuloplasty inhibits left ventricular basal wall thickening but does not affect equatorial wall cardiac strains. *J. Heart Valve Dis.* 2007; 16 (4): 349–58.
5. Suri R.M., Schaff H.V., Dearani J.A., Sundt T.M. 3rd, Daly R.C., Mullany C.J. et al. Determinants of early decline in ejection fraction after surgical correction of mitral regurgitation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2008; 136 (2): 442–7.
6. Reisner S.A., Lysyansky P., Agmon Y., Mutlak D., Lessick J., Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of leftventricular systolic function. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2004; 17 (6): 630–3.
7. Marciniak A., Claus P., Sutherland G.R., Marciniak M., Karu T., Baltabaeva A. et al. Changes in systolic left ventricular function in isolated mitral regurgitation. A strain rate imaging study. *Eur. Heart J.* 2007; 28 (21): 2627–36.
8. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A. et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2005; 18 (12): 1440–63.