

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛОКАЛЬНОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПОСЛЕ ПРЯМОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА ПО ДАННЫМ МРТ С ОТСРОЧЕННЫМ КОНТРАСТИРОВАНИЕМ И ЭХОКАРДИОГРАФИИ

Крюков Н.А.\*, Рыжков А.А., Сухова И.В., Кучеренко В.С.,  
Фокин В.А., Гордеев М.Л.

Национальный медицинский исследовательский центр  
имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург

УДК: 616.12-005.4/.124.2.003.12-073.432.1:615.38/.39  
DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.28.85.015

### EVALUATION OF CHANGES IN REGIONAL AND GLOBAL CONTRACTILE FUNCTION OF THE LEFT VENTRICLE IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE AFTER DIRECT MYOCARDIUM REVASCULARIZATION BASED ON RESULTS OF DELAYED CONTRAST ENHANCEMENT MRI AND ECHOCARDIOGRAPHY

Kryukov N.A.\*, Ryzhkov A.A., Suhova I.V., Kucherenko V.S., Fokin V.A., Gordeev M.L.  
Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Healthcare of Russia,  
Saint Petersburg

**Резюме.** Представлены отдаленные результаты хирургического лечения 118 пациентов с критическим снижением сократительной функции левого желудочка (ЛЖ) (фракция выброса менее 30%), перенесших операцию коронарного шунтирования. Средний срок наблюдения 24,2±11,3 мес. Выявлено, что значимым предиктором улучшения локальной сократительной функции сегментов миокарда ЛЖ после реваскуляризации, определяющим срок улучшения, является толщина накопления контрастного препарата. Предикторами улучшения глобальной сократительной функции миокарда ЛЖ являются сроки реваскуляризации миокарда после инфаркта и определенное сочетание сегментов миокарда с глубиной поражения более 50% толщины.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, ишемическая кардиомиопатия, сердечная недостаточность, коронарное шунтирование, прямая реваскуляризация, жизнеспособность миокарда.

**Abstract.** Materials and methods: We have studied long-term results of the surgical treatment of 118 patients with critical decrease in contractile function of the left ventricle (ejection fraction is less than 30%) after coronary artery bypass surgery. Average observation period was 24.2±11.3 months. It was shown that significant predictor of improvement of regional contractile function of LV myocardium segments after revascularization, which determines the term of improvement is a thickness of accumulation of the contrast agent. Predictors of improvement of global contractile function of LV myocardium are the terms of myocardium revascularization after MI and specific combination of myocardium segments with affection depth of more than 50% of the thickness.

**Keywords:** coronary heart disease, ischemic cardiomyopathy, cardiac failure, coronary artery bypass surgery, direct revascularization, myocardial vitality.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) – одна из основных причин развития сердечной недостаточности, смертности и инвалидизации [7]. Осложнения ИБС значительно усугубляют течение заболевания и ухудшают прогноз для жизни и трудоспособности. Важным критерием госпитальной и отдаленной летальности при хирургических методах лечения, а также предиктором выживаемости у пациентов ИБС остается глобальная сократительная способность левого ЛЖ.

Несмотря на широкие возможности медикаментозной терапии и совершенствование хирургической техники, проблема лечения пациентов ИБС на фоне низкой фракции выброса ЛЖ по-прежнему остаётся актуальной.

Прямая реваскуляризация миокарда у больных ИБС со сниженной сократительной функцией ЛЖ сопряжена с более высоким риском летальности по сравнению с пациентами с нормальной функцией ЛЖ [6], но при условии наличия жизнеспособного мио-

карда, существенно улучшает клиническую картину и прогноз [15].

**Цель исследования:** выявить факторы, влияющие на изменение глобальной и локальной сократительной функции миокарда ЛЖ, на основании данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с отсроченным контрастированием и трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) у пациентов с ИБС, осложнённой выраженным снижением сократительной функции ЛЖ.

#### Материалы и методы

В исследование включены 118 пациентов с осложненной формой течения ИБС, которым в период с 2011 по 2018 гг. было выполнено коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения и кровяной кардиоплегии. Критерии включения в исследование: выраженное снижение сократительной функции миокарда ЛЖ с фракцией выброса (ФВ) ≤30%. Из исследования исключены пациенты с аневризмой ЛЖ, требовавшей хирургической коррекции, с органическим поражением

\* e-mail: Kryukita@mail.ru

клапанов сердца, перенесшие острый инфаркт миокарда (ИМ) менее чем за 30 суток до операции. Исходная клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Всем пациентам до операции и в отдаленном периоде выполнялись трансторакальная ЭхоКГ, интраоперационно – чреспищеводная ЭхоКГ. Исследование проводилось аппаратом Vivid 9 (General Electric Corp.) с использованием датчика 4MS. Протокол включал оценку размеров полостей сердца, сократительную функцию левого и правого желудочков, состояния клапанного аппарата сердца из стандартных позиций – парастернальной и апикальной.

МРТ сердца выполнялась на аппарате MAGNETOM Trio (Siemens) с индукцией магнитного поля 3 Тесла. В качестве контрастного препарата во всех случаях использовался гадолиний – содержащий внеклеточный препарат (Гадобутрол). Протокол включал оценку размеров ЛЖ, его сократительную функцию, состояния всех сегментов миокарда ЛЖ, определение глубины накопления контраста. Анализ результатов отсроченного контрастирования МРТ сердца определяет 4 варианта глубины накопления контраста: от 1 до 24% толщины стенки (субэндокардиальное), от 25 до 49%, от 50 до 74%, от 75 до 100% (трансмуральное) [10]. Для оценки локализации рубцовых изменений использовалась стандартная

Табл. 1. Клиническая характеристика исследуемых пациентов

Показатели	Пациенты
Возраст, лет	60,2±10,4
Пол, n(%)	
мужчины	111 (94)
женщины	7 (6)
ФК Стенокардии, Медиана [Q25Q75]	3 [2 ; 3]
ФК СН (NYHA), Медиана [Q25Q75]	3 [3 ; 3]
Шкала Рисков Euro Score II, %	13,2±2,1
Индекс коморбидности (Charlson), балл	6,3±0,4

Примечание: ФК – функциональный класс. СН – сердечная недостаточность. Данные представлены в виде  $M \pm \sigma$  и медианы, 25-й и 75-й квартилей распределения.

17-сегментная модель (система координат «бычий глаз») адаптировано М. D. Cerqueira et al., 2002 [13] (Рис. 1).

Размеры и функция ЛЖ по данным ЭхоКГ и МРТ сердца до операции представлены в табл. 2.

При обследовании до операции у всех пациентов выявлена дилатация ЛЖ с выраженным снижением его сократительной способности.

Оценка отдаленных результатов проводилась в группе из 104 (88,1%) человек. Средний срок наблюдения составил 24,2±11,3 месяца.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета StatSoft Statistica v. 10.0.

## Результаты

У всех пациентов КШ выполнялось доступом через срединную стернотомию. Среднее количество дистальных анастомозов – 3,45±0,7. Средняя продолжительность ИК – 120±42,3 мин., пережатие аорты – 75,2±30,0 мин.

Контрольное исследование в раннем послеоперационном периоде выполнялось на 7-е сутки. Было выявлено достоверное уменьшение дилатации полости ЛЖ, а также увеличение ФВ по Симпсону, однако достоверно значимого увеличения ФВ по Тейхольцу не происходило. Вероятно, причиной этому являлась адекватная терапия после операции, в том числе диуретическая, что способствовало уменьшению преднагрузки и постнагрузки на сердце. Динамика ЭхоКГ параметров на госпитальном этапе представлена в табл. 3.

Табл. 2. Структурные и функциональные характеристики ЛЖ у исследуемых пациентов на дооперационном этапе

	По данным МРТ сердца	По данным ЭхоКГ	
		Simpson	Teicholz
КДОлж, мл	254,5±65,3	250,2±63,3	223,2±51,9
КСОлж, мл	181,9±57,6	183,1±54,9	145,0±43,2
ФВлж, %	27,2±5,8	27,0±4,8	34,8±6,0

Примечания: КДО – конечный диастолический объем; КСО – конечный систолический объем. ФВ – фракция выброса. Данные представлены в виде  $M \pm \sigma$ .

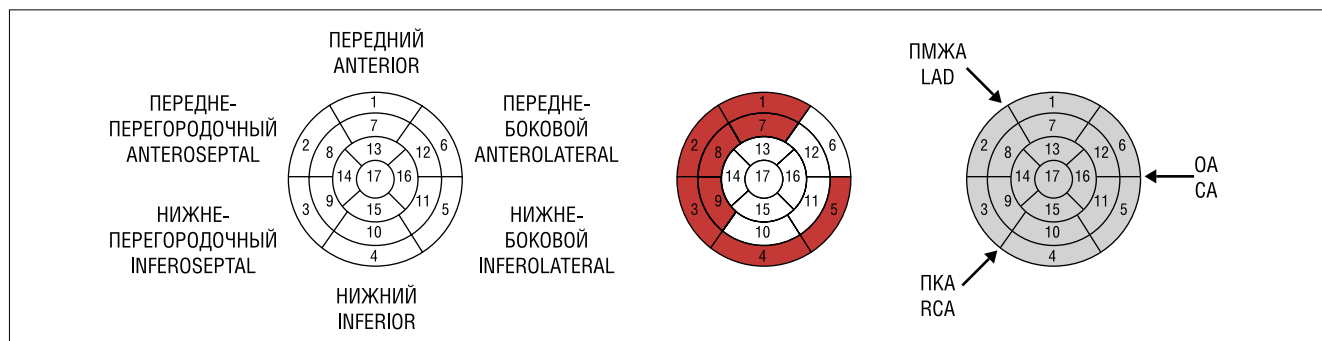


Рис. 1. Сегментная модель региональной сократимости и локализации рубцовых полей (система координат «бычий глаз») по М. D. Cerqueira. Вертикальным штрихом отмечены сегменты миокарда, кровоснабжаемые передней межжелудочковой артерией (ПМЖА), косым штрихом – огибающей артерией (ОА), горизонтальным штрихом – правой коронарной артерией (ПКА) при сбалансированном типе коронарного кровоснабжения. Цветом выделено сочетание сегментов наиболее важных для улучшения глобальной сократительной функции.

**Табл. 3.** Данные эхокардиографического исследования пациентов на ранних сроках после операции

Показатели ЭхоКГ	до операции	7 суток после операции	p
МЖП, мм	11,8±2,2	11,7±2,1	p = 0,7
ЗСлж, мм	9,9±2,3	10,3±1,9	p = 0,01
КДОлж, мл	251,1±64,5	209,9±44,9	p = 0,00000000004
КСОлж, мл	183,1±54,9	146,7±40,5	p = 0,0000000003
ФВлж, Simpson, %	27,0±3,8	31,6±4,9	p = 0,00000001
ФВлж, Teicholz %	34,8±6,0	35,2±6,1	p = 0,1

*Примечания:* МЖП – межжелудочковая перегородка. ЗС – задняя стенка. КДР – конечный диастолический размер. КСР – конечный систолический размер. КДО – конечный диастолический объем. КСО – конечный систолический объем. ФВ – фракция выброса. ИНЛС – индекс нарушений локальной сократимости. ЛА – легочная артерия. Данные представлены в виде  $M \pm \sigma$ .

**Табл. 4.** Данные эхокардиографического исследования пациентов в отдаленные сроки после операции

Показатели ЭхоКГ	до операции	Отдаленный период	P
МЖП, мм	11,8±2,2	11,0±2,3	p = 0,02
ЗСлж, мм	9,9±2,3	9,8±1,9	p = 0,8
КДОлж, мл	251,1±64,5	214,9±59,9	p = 0,000002
КСОлж, мл	183,1±54,9	141,1±57,4	p = 0,0000006
ФВлж, Simpson, %	27,0±3,8	36,6±5,1	p = 0,000000000001
ФВлж, Teicholz %	34,8±6,0	39,1±5,6	p = 0,00007

*Примечания:* МЖП – межжелудочковая перегородка. ЗС – задняя стенка. КДР – конечный диастолический размер. КСР – конечный систолический размер. КДО – конечный диастолический объем. КСО – конечный систолический объем. ФВ – фракция выброса. ИНЛС – индекс нарушений локальной сократимости. ЛА – легочная артерия. Данные представлены в виде  $M \pm \sigma$ .

Госпитальной летальности не было. Значимым улучшением сократительной функции ЛЖ в отдаленном периоде считали увеличение ФВ более, чем на 5% [5].

Динамика параметров ЭхоКГ в отдаленные сроки после реваскуляризации представлена в табл. 4.

В отдаленном периоде происходит увеличение фракции выброса по Тейхольцу и по Симпсону ( $p < 0,001$ ).

В ходе исследования было выявлено, что рубцовые изменения миокарда различной локализации влияли на снижение сократительной способности миокарда незначительно. В связи с этим было принято решение изучить вклад различных сегментов миокарда в глобальную сократительную функцию миокарда. Было определено, что при наличии рубцовых изменений с проникновением, более чем на 50% толщины миокарда в сочетании (см. схему 1): срединные и базальные сегменты: передней стенки (1-й и 7-й) и межжелудочковой перегородки (2-й, 3-й, 8-й и 9-й); а также базальные сегменты боковой (5-й) и задней стенки (4-й) улучшения глобальной сократительной функции не происходило ( $p = 0,03$ ).

Проведен анализ динамики локальной сократимости сегментов миокарда после КШ. Все сегменты миокарда были поделены по исходному функциональному состо-

янию: акинезия, выраженная гипокинезия, умеренная гипокинезия, нормокинезия (оценка выполнялась по величине утолщения сегментов), а также по глубине накопления контрастного препарата.

На 7 суток после операции:

1. Улучшение сократительной функции было выявлено в сегментах без накопления контрастного препарата с частотой 38%, и в сегментах с накоплением контрастного препарата до 50% – с частотой 41%. В сегментах с накоплением контрастного препарата более 50% толщины улучшения сократительной функции не определялось.

Через 6–12 месяцев после КШ:

1. Улучшение сократительной функции сегментов без накопления контрастного препарата до нормокинезии и умеренной гипокинезии выявлено с частотой 53% и 32%, соответственно.
2. Улучшение сократительной функции до умеренной гипокинезии наблюдалось в сегментах с накоплением контрастного препарата до 50% с частотой 58%.
3. Улучшение сократительной функции сегментов с накоплением контрастного препарата более 50% происходило до умеренной гипокинезии с частотой 19% и до выраженной гипокинезии с частотой 27%.

При анализе улучшения сократительной функции ЛЖ в зависимости от сроков реваскуляризации после развития ИМ было выявлено, что, если реваскуляризация была выполнена на сроках до 9 месяцев после ИМ, частота восстановления сократительной функции значимо выше чем на сроках более 9 месяцев ( $p = 0,003$ ) (Рис. 2).

В отдаленном периоде умерло 11 (9,3%) пациентов, из них 8 (6,8%) – от кардиологических причин. 2 пациента умерли от гемодинамически значимых нарушений ритма сердца через 2 и 3 года после реваскуляризации, 3 – тромбоза легочной артерии, 3 – остро нарушения мозгового кровообращения (кардиоэмболического генеза, на фоне отмены антикоагулянтов). Причина смерти у 3 (2,54%) пациентов – онкологические заболевания различной локализации (через 2 года после хирургического вмешательства). Большинство пациентов в отдаленные сроки после реваскуляризации не имели клиники сердечной недостаточности (СН) и стенокардии. Рецидив СН III–IV ФК с высокой легочной гипертензией возник у 18 (15,2%) пациентов, из них: 1 пациент находится в списке ожидающих трансплантацию сердца. У 13 (11%) пациентов рецидив СН: у 7 (5,9%) после операции спустя 1–3 года отмечен на фоне отмены терапии (по данным ЭхоКГ в динамике было зарегистрировано увеличение сократительной функции миокарда ЛЖ до отмены препаратов). У 6 (5%) пациентов рецидив СН произошел на фоне появившихся нарушений ритма (фибриляция предсердий, экстрасистолия, предсердная тахикардия).

Рецидив стенокардии отмечен у 5 (4,2%) пациентов: у 3-х спустя 4 года после операции: формирование новых стенозов в коронарном русле, и в шунтах (кроме ЛВГА), на фоне закономерного прогрессирования атеросклероза, у 2-х на фоне отмены антиагрегантов.

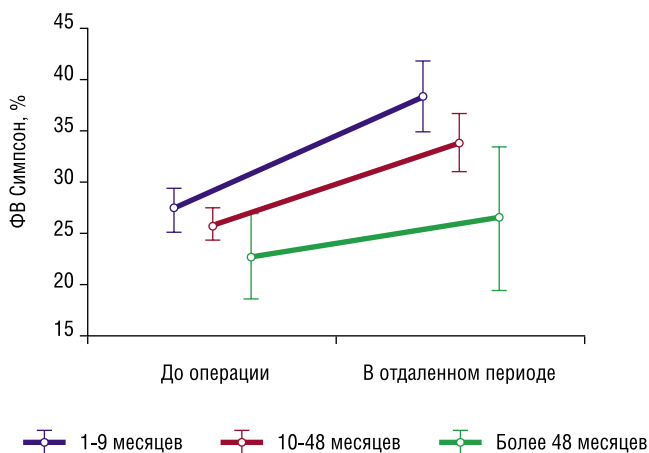


Рис. 2. Зависимость восстановления сократительной способности миокарда ЛЖ от срока между ИМ и реваскуляризацией.

## Обсуждение

Диагностика жизнеспособности миокарда и оценка сократимости ЛЖ у больных осложненными формами ИБС является важным аспектом получения информации о функциональном состоянии сердца. Получаемые данные имеют большое значение в выборе тактики лечения пациентов, в частности, в определении целесообразности проведения операции прямой реваскуляризации миокарда [1; 8]. Для успешного прогнозирования эффективности хирургического лечения пациентов с осложненными формами ИБС на этапе подготовки к кардиохирургическому вмешательству большое значение имеет наличие, локализация, глубина и сочетание рубцовых изменений.

Было определено, что при наличии рубцовых изменений, более чем на 50% толщины миокарда в следующем сочетании: срединные и базальные сегменты: передней стенки (1 и 7) и межжелудочковой перегородки (2, 3 и 8 и 9); а также базальные сегменты боковой (5) и задней стенки (4) улучшения глобальной сократительной функции не происходило ( $p = 0,03$ ). Этот факт вероятнее связан с анатомическими особенностями расположения слоев миокарда и угла наклона волокон МЖП, которые определяют функциональное значение спирального скручивания миокарда, происходящее за счет МЖП [3; 4; 9; 12; 14].

Улучшение локальной сократимости после коронарного шунтирования как по временным рамкам, так и по своей выраженности происходит в сегментах в соответствии глубиной поражения. При отсутствии накопления контраста или накоплении до 50% улучшение определяется уже на 7 сутки после операции. При накоплении контраста более чем на 50% глубины миокарда, улучшение сократительной функции сегментов п на 6–12 месяцев после операции.

Необходимо учитывать, что процессы, протекающие в гибернирующем миокарде, со временем вызывают сначала обратимые структурные изменения, которые влияют

на длительность восстановления функции миокарда [2]. Далее в миокарде под действием ишемии и гибернации образуются необратимые изменения, а восстановление кровоснабжения этих сегментов уже не влияет на их функцию [11]. В связи с этим нельзя недооценивать роль фактора времени в определении тактики лечения у пациентов с резко сниженной сократительной функцией миокарда ЛЖ с целью достижения оптимального отсроченного результата.

По данным нашего исследования улучшение сократительной функции миокарда ЛЖ после КШ зависит от сроков реваскуляризации ( $p = 0,003$ ).

Наши результаты сопоставимы с данными зарубежных авторов, которые показали, что на сроках до 1 года после ИМ вероятность улучшения сократительной функции ЛЖ не изменяется, к 5 году вероятность улучшения становится минимальной [11; 16].

## Выводы

1. По данным МРТ с контрастным усилением у пациентов с ИБС и критически сниженной сократительной функцией миокарда не следует ожидать улучшения функции ЛЖ после реваскуляризации при наличии рубцовых изменений, более чем на 50% толщины миокарда в сочетании: срединные и базальные сегменты: передней стенки (1 и 7) и межжелудочковой перегородки (2, 3 и 8, 9); а также базальные сегменты: боковой стенки (5) и задней стенки (4), или суммарно более 16 баллов в этих сегментах.
2. КШ предпочтительнее выполнять на сроках до 9 месяцев после ИМ для наилучшего эффекта в отношении увеличения сократительной функции миокарда ЛЖ.
3. Улучшение локальной сократимости сегментов зависит от толщины накопления контрастного препарата, при отсутствии накопления контраста или накоплении до 50% глубины, улучшение происходит уже на 7 сутки после реваскуляризации. При накоплении контраста более чем на 50% глубины улучшение локальной сократимости происходит к 6–12 месяцу.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Шевченко Ю.Л., Бобров Л.Л., Обрезан А.Г. Диастолическая функция левого желудочка / Обрезан. – Москва: ГЭОТАР-Мед. – 2002. – 238 с. [Shevchenko YUL, Bobrov LL, Obrezan AG. Diastolicheskaya funkciya levogo zheludochka /. – Moskva: GEOTAR-Med., 2002. – 238 s. (In Russ).]
2. Angelini A, Maiolino G, La Canna G, Ceconi C, Calabrese F, Pettenazzo E, Valente M, Alfieri O, Thiene G, Ferrari R. Relevance of apoptosis in influencing recovery of hibernating myocardium // *Europ. J. of Heart Failure*. – 2007. – Vol. 9(4). – P. 377–383.
3. Buckberg G, Hoffman JI. Right ventricular architecture responsible for mechanical performance: unifying role of ventricular septum // *J Thorac Cardiovasc Surg*. – 2014. – Vol. 148(6). – P. 3166–3171.
4. Buckberg GD, Mahajan A, Jung B, Markl M, Hennig J, BallesterRodes, M MRI myocardial motion and fiber tracking: a confirmation of knowledge from different imaging modalities // *Eur J Cardiothorac Surg*. – 2006. – Vol. 29(1). – P. 165–77.

5. Glaveckaite S, Valeviciene N, Palionis D, Puronaite R, Serpytis P, Laucevicius A. Prediction of long-term segmental and global functional recovery of hibernating myocardium after revascularisation based on low dose dobutamine and late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance // *J Cardiovasc Magn Reson*. – 2014. – Vol. 16. – P. 83.
6. Haxhibeqiri-Karabdic I, Hasanovic A, Kabil E, Straus S. Improvement of ejection fraction after coronary artery bypass grafting surgery in patients with impaired left ventricular function // *Med Arch*. – 2014. – 68(5). – P. 332–334.
7. Lim SP, Mc Ardle BA, Beanlands RS, Hessian RC. Myocardial viability: it is still alive // *Semin Nucl Med*. – 2014. – Vol. 44(5). – P. 358–374.
8. Mielniczuk LM, Toth GG, Xie JX, De Bruyne B, Shaw LJ, Beanlands RS. Can Functional Testing for Ischemia and Viability Guide Revascularization? // *JACC Cardiovasc Imaging*. – 2017. – Vol. 10(3). – P. 354–364.
9. Nguyen T, Cao L, Movahed A. Altered right ventricular contractile pattern after cardiac surgery: monitoring of septal function is essential // *Echocardiography*. – 2014. – Vol. 31(9). – P.1159–1165.
10. Patel H, Mazur W, Sr Williams KA, Kalra DK. Myocardial viability-State of the art: Is it still relevant and how to best assess it with imaging? // *Trends Cardiovasc Med*. – 2018. – Vol. 28(1). – P. 24–37.
11. Pitt M, Dutka D, Pagano D, Camici P, Bonser R. The natural history of myocardium awaiting revascularisation in patients with impaired left ventricular function // *Eur. Heart J*. – 2004. – Vol. 25(6). – P. 500–507.
12. Saleh S, Liakopoulos OJ, Buckberg GD. The septal motor of biventricular function // *Eur J Cardiothorac Surg*. – 2006. – Vol. 29(1). P. 126–138.
13. Souto ALM, Souto RM, Teixeira ICR, Nacif MS. Myocardial Viability on Cardiac Magnetic Resonance // *Arq Bras Cardiol*. – 2017. – Vol. 108(5). – P. 458–469.
14. Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente C, Cox JL, Coghlan HC, Gharib, M. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart // *Thorac Cardiovasc Surg*. – 2001. – Vol. 13(4). – P. 301-19.
15. Umaramanan T, Tayal B, Jensen SE, Petersen LJ. Methods for detection of myocardial viability in patients with heart failure // *Ugeskr Laeger*. – 2014. – Vol. 176. – P. 2–8.
16. Underwood S, Bax J, vom Dahl J, Henein MY, Knuuti J, van Rossum AC, Schwarz ER, Vanoverschelde JL, van der Wall EE, Wijns W. Imaging techniques for the assessment of myocardial hibernation. Report of a Study Group of the European Society of Cardiology. // *Eur. Heart J*. – 2004. – Vol. 25(10). – P. 815–836.