



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-2-131-139>
УДК 616.124.2-005.4-089.163-073.756.8

Предоперационное применение контрастной магнитно-резонансной томографии сердца у пациентов с ишемической кардиомиопатией, подвергнутых хирургической реконструкции левого желудочка

А.С. Пряхин, В.М. Шипулин, С.Л. Андреев, Е.А. Александрова, В.В. Шипулин, Е.А. Кужелева, А.А. Гарганеева, В.Ю. Усов

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,
634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

Аннотация

Цель исследования: выявление значимости показателей жизнеспособности миокарда, рассчитанных по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с отсроченным контрастированием, в качестве предикторов неблагоприятного течения послеоперационного периода при хирургическом лечении пациентов с ишемической кардиомиопатией (ИКМП).

Материал и методы. В период с марта 2013 г. по декабрь 2017 г. 178 пациентам было выполнено хирургическое лечение по поводу ИКМП. Всем пациентам предоперационно выполнялась МРТ сердца с парамагнитным контрастированием.

Результаты. По результатам логистического регрессионного анализа выявлено, что объемные показатели левого желудочка (ЛЖ), а также объем остаточного жизнеспособного миокарда (ЖМ), рассчитанные с помощью МРТ с отсроченным контрастированием, являются важными предикторами благоприятного и осложненного течения послеоперационного периода у пациентов с ИКМП. У пациентов с остаточным ЖМ ЛЖ более 64,5% возможно выполнение процедуры хирургической реконструкции ЛЖ (ХРЛЖ) с низким риском осложнений в раннем послеоперационном периоде (ОР 8,25; 95% ДИ: 1,45–46,8; $p = 0,017$). Таким образом, МРТ сердца с отсроченным парамагнитным контрастированием является важным методом, способствующим предоперационному определению когорты пациентов с ИКМП, способных получить наибольшую выгоду от ХРЛЖ.

Ключевые слова:	хроническая сердечная недостаточность, ишемическая кардиомиопатия, магнитно-резонансная томография, хирургическая реконструкция левого желудочка.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
Соответствие принципам этики:	информированное согласие получено от каждого пациента. Исследование одобрено этическим комитетом Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (протокол № 184 от 30 апреля 2019 г.).
Для цитирования:	Пряхин А.С., Шипулин В.М., Андреев С.Л., Александрова Е.А., Шипулин В.В., Кужелева Е.А., Гарганеева А.А., Усов В.Ю. Предоперационное применение контрастной магнитно-резонансной томографии сердца у пациентов с ишемической кардиомиопатией, подвергнутых хирургической реконструкции левого желудочка. <i>Сибирский медицинский журнал</i> . 2020;35(2):131–139. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-2-131-139 .

Preoperative contrast-enhanced magnetic resonance imaging in ischemic cardiomyopathy patients undergoing surgical left ventricular reconstruction

Andrey S. Pryakhin, Vladimir M. Shipulin, Sergey L. Andreev,
Ekaterina A. Aleksandrova, Vladimir V. Shipulin, Alla A. Garganeeva,
Elena A. Kuzheleva, Wladimir Y. Ussov

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,
111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

Abstract

Purpose. The aim of this study was to identify the significance of myocardial viability indicators calculated based on cardiac magnetic resonance imaging (MRI) with delayed contrast, as predictors of the adverse course of postoperative period in the surgical treatment of patients with ischemic cardiomyopathy.

Material and Methods. A total of 178 patients underwent surgical treatment for ischemic cardiomyopathy from March, 2013 to December, 2017. All patients underwent preoperative cardiac MRI scan with paramagnetic contrast.

Results. The logistic regression analysis showed that the left ventricular volumetric indicators and the amount of residual viable myocardium, calculated using delayed contrast-enhanced MRI, were the essential predictors of favorable and complicated course of postoperative period in ischemic cardiomyopathy patients. In patients with a residual viable left ventricular myocardium amount over 64.5%, surgical ventricular reconstruction procedure may be performed with a low risk of early postoperative complications (OR 8.25, 95% CI 1.45–46.8, $p = 0.017$).

Conclusion. Cardiac MRI with delayed paramagnetic contrasting is a valuable method contributing to the preoperative identification of a cohort of ischemic cardiomyopathy patients who can benefit the most from surgical left ventricular reconstruction.

Keywords:	chronic heart failure, ischemic cardiomyopathy, magnetic resonance imaging, reconstruction of the left ventricle.
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest.
Financial disclosure:	no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.
Adherence to ethical standards:	informed consent was obtained from all patients. The study was approved by the Ethics Committee of the Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (protocol No. 184 from 30.04.2019).
For citation:	Pryakhin A.S., Shipulin V.M., Andreev S.L., Aleksandrova E.A., Shipulin V.V., Garganeeva A.A., Kuzheleva E.A., Ussov W.Y. Preoperative contrast-enhanced magnetic resonance imaging in ischemic cardiomyopathy patients undergoing surgical left ventricular reconstruction. <i>The Siberian Medical Journal</i> . 2020;35(2):131–139. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-2-131-139 .

Введение

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является методом, обладающим уникальной способностью оценивать наличие жизнеспособного (ЖМ) и необратимо поврежденного миокарда в течение одного исследования, а также позволяет получить информацию о глобальной функции левого желудочка (ЛЖ), о его региональной сократимости [13]. Важными преимуществами МРТ по сравнению с альтернативными методами визуализации ЖМ является превосходная пространственная визуализация, возможность распознавать зоны нежизнеспособного миокарда, обеспечение точной количественной оценки жизнеспособной ткани ЛЖ. Способность МРТ к обнаружению рубцовой ткани ЛЖ является надежной методикой, имеющей чувствительность 83% и специфичность 88% [4]. Преимущества данного метода становятся особенно очевидными у пациентов с ишемической кардиомиопати-

ей (ИКМП) [5]. Течение данного состояния, характеризующегося дисфункцией миокарда вследствие неадекватной коронарной перфузии, выражено коррелирует с процессами фиброобразования миокарда, изменением размеров и формы ЛЖ (так называемым «ремоделированием сердца») [6, 7]. Процесс ремоделирования, начинаясь в острый период инфаркта миокарда (ИМ), продолжается значительно дольше течения самого заболевания. Некроз кардиомиоцитов, распространение фиброза, перестройка клеточного матрикса – это основные процессы, протекающие в миокарде, и именно они ответственны за редукцию сократительной функции и изменение механических свойств миокарда в результате ремоделирования [7, 8]. Лекарственная терапия (ЛТ) при ИКМП, как правило, имеет низкую эффективность, зачастую требуется хирургическое вмешательство. Стоит отметить, что вопрос эффективного лечения пациентов с ИКМП

является одним из самых сложных в современной сердечно-сосудистой хирургии. Это обусловлено не только большой распространенностью заболевания, но и отсутствием единых и общепринятых подходов к диагностике и хирургическому лечению данной патологии.

Несмотря на множество отечественных и зарубежных работ, посвященных хирургии ИКМП, вопросы течения данного заболевания после хирургического лечения в зависимости от исходных показателей жизнеспособности миокарда ЛЖ остаются актуальными,

Цель исследования: выявление значимости показателей жизнеспособности миокарда, рассчитанных по данным МРТ сердца с отсроченным контрастированием, в качестве предикторов неблагоприятного течения послеоперационного периода при хирургическом лечении пациентов с ИКМП.

Материал и методы

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом. В данное ретроспективное исследование были включены 178 пациентов, которым в период с марта 2013 г. по декабрь 2017 г. в отделении сердечно-сосудистой хирургии НИИ кардиологии Томского НИМЦ выполнялись хирургические вмешательства по поводу

ИКМП. Критериями включения в исследование являлись: фракция выброса (ФВ) ЛЖ менее 40%, конечно-систолический индекс (КСИ) ЛЖ более 60 мл/м², инфаркт миокарда (ИМ) в анамнезе, сердечная недостаточность (СН) II–IV функционального класса (ФК) по NYHA, многососудистое гемодинамически значимое атеросклеротическое поражение коронарных артерий (КА). Критериями исключения из исследования являлись: органические пороки сердца ревматической и инфекционной этиологии, ИМ острой стадии, острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), сопутствующая патология, являющаяся противопоказанием к операции с искусственным кровообращением (ИК), наличие правожелудочковой недостаточности.

Основные характеристики пациентов, включенных в исследование, представлены в таблице 1.

Концепция хирургического лечения ИКМП представляет собой сочетание методик реваскуляризации миокарда, хирургической реконструкции ЛЖ (ХРЛЖ) и реконструкции митрального клапана (МК) (принцип Triple V) [8]. Пациенты были разделены на две группы согласно проведенному типу хирургического лечения: коронарного шунтирования КШ (группа I, $n = 109$) и КШ в сочетании с ХРЛЖ (группа II, $n = 69$).

Таблица 1. Характеристика групп сравнения
Table 1. Clinical characteristics of comparison groups

Показатели Parameters	КШ (группа I) CABG (Group I)	КШ + ХРЛЖ (группа II) CABG + SVR (Group II)	<i>p</i> -value
Количество пациентов, <i>n</i> Patients, <i>n</i>	109	69	
Возраст, лет Age, years	61 [56,5; 65]	58 [54; 63]	0,048
Пол, <i>n</i> (%): Gender, <i>n</i> (%):			
– Мужской – Male	105 (96,3)	67 (97,1)	0,781
– Женский – Female	4 (3,7)	2 (2,9)	
Индекс массы тела, кг/м ² BMI, kg/m ²	28 [24,7; 31,25]	28,08 [25,15; 31,03]	0,948
СД 2-го типа, <i>n</i> (%) Diabetes mellitus, <i>n</i> (%)	29 (26,6)	8 (11,6)	0,016
ФК СН по NYHA, <i>n</i> (%): HF NYHA functional class, <i>n</i> (%):			
– I	0	0	0,045
– II	52 (47,3)	40 (58,0)	
– III	53 (48,4)	26 (39,1)	
– IV	4 (3,6)	2 (2,9)	
ФК стенокардии напряжения, <i>n</i> (%): CCS grading of angina pectoris, <i>n</i> (%):			
– I	2 (1,8)	5 (7,2)	0,027
– II	29 (26,6)	29 (42,0)	
– III	75 (68,8)	34 (49,3)	
– IV	3 (2,8)	1 (1,4)	
ГБ 3-й стадии, <i>n</i> (%) Hypertension, <i>n</i> (%)	102 (93,6)	51 (73,9)	0,379
Дислипидемия, <i>n</i> (%) Dyslipidemia, <i>n</i> (%)	75 (68,8)	51 (73,9)	0,465
ХПН, <i>n</i> (%) CKD, <i>n</i> (%)	10 (9,2)	6 (8,7)	0,913
ХОБЛ, <i>n</i> (%) COPD, <i>n</i> (%)	30 (27,5)	16 (23,2)	0,520
ХИМ, <i>n</i> (%) CCI, <i>n</i> (%)	28 (25,7)	13 (18,8)	0,290
ЧКВ в анамнезе, <i>n</i> (%) PCI, <i>n</i> (%)	25 (22,9)	17 (24,6)	0,709

Окончание табл. 1
 End of table 1

Показатели Parameters	КШ (группа I) CABG (Group I)	КШ + ХРЛЖ (группа II) CABG + SVR (Group II)	p-value
Euroscore II, %	4,29 [2,59; 6,1]	3,81 [2,27; 5,07]	0,094
Hb, г/л Hb, g/L	140,5[134; 155,2]	147[135; 159]	0,202
Поражения ствола ЛКА более 50%, n (%) LCA stenosis over 50%, n (%)	15 (16,9)	5 (10,9)	0,354
Пораженные КА, n (%): Lesioned coronary arteries, n (%):			
– 1	4 (3,7)	15 (21,7)	<0,001
– 2	21 (19,4)	19 (27,5)	
– 3	53 (49,1)	19 (27,5)	
– 4	28 (25,9)	10 (14,5)	
КДО ЛЖ, мл LV EDV, mL	199 [183; 233,5]	222 [207,5; 256,5]	0,001
КСО ЛЖ, мл LV ESV, mL	135 [120; 166,5]	148 [128; 179,5]	0,040
ФВ ЛЖ, % LV EF, %	32,0 [27,5; 35,5]	34,0 [28,5; 37,5]	0,199
КДИ ЛЖ, мл/м ² LV EDVI, ml/m ²	101,8 [91,59; 123,14]	111,87 [103,04; 129,4]	0,001
КСИ ЛЖ, мл/м ² LV ESVI, mL/m ²	67,39 [61,00; 84,98]	73,54 [65,95; 88,48]	0,260
Регургитация МК > 2-й ст. MV regurgitation grade > 2	43 (39,4)	8 (11,5)	< 0,001
СДПЖ, мм рт. ст. RVSP, mmHg	40,9 [31,5; 52,1]	36,5 [25,5; 53,5]	0,380

Примечание: СД – сахарный диабет, ФК – функциональный класс, СН – сердечная недостаточность, ГБ – гипертоническая болезнь, ХПН – хроническая почечная недостаточность, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ХИМ – хроническая ишемия мозга, ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство, ЛКА – левая коронарная артерия, КА – коронарные артерии, КСО – конечно-систолический объем, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, КДИ – конечно-диастолический индекс, КСИ – конечно-систолический индекс, МК – митральный клапан, СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке.

Note: BMI – body mass index, CCI – chronic cerebral ischemia, CKD – chronic kidney disease, COPD – chronic obstructive pulmonary diseases, Hb – hemoglobin, HF – heart failure, LCA – left coronary artery, LV EDV – left ventricular end-diastolic volume, LV ESV – left ventricular end-systolic volume, LV EF – left ventricular ejection fraction, LV EDVI – left ventricular systolic volume index, LV ESVI – left ventricular end-systolic volume index, MV – mitral valve, NYHA – New York Heart Association, PCI – percutaneous intervention, RVSP – right ventricular systolic pressure.

МРТ проводилась предоперационно на томографе Toshiba Vantage Titan с индукцией поля 1,5 T, снабженном системой синхронизации с электрокардиограммой. Все этапы сканирования выполнялись при задержке пациентом дыхания на выдохе длительностью от 6–8 до 12–14 с. Внутривенная инъекция контрастного вещества осуществлялась через 30–35 мин после получения ориентировочных срезов толщиной 8 мм, серий киноизображений и T1-, T2-взвешенных изображений. В качестве контрастирующих агентов для выявления постинфарктных рубцовых изменений в отсроченную фазу применялись препараты на основе хелатных комплексов гадолиния («Гадовист» 1,0). Полученные данные обрабатывались полуавтоматическим методом с помощью специального программного обеспечения Segment v1.9. Полученные изображения позволяли оценить следующие параметры: размеры камер сердца и показатели глобальной сократительной функции ЛЖ (КДО ЛЖ, КСО ЛЖ, ФВ ЛЖ), массу миокарда ЛЖ (ММ ЛЖ), процентное содержание рубцовой ткани ЛЖ, процентное содержание ЖМ ЛЖ, массу ЖМ ЛЖ. Основные показатели МРТ сердца с контрастированием в группе КШ + ХРЛЖ представлены в таблице 2.

Статистической обработке были подвергнуты данные предоперационного исследования пациентов, результаты ближайшего и отдаленного послеоперационных

периодов. Обработка результатов проводилась с помощью программного комплекса SPSS 23.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA) в сочетании с пакетом R for Windows (R Development Core Team, Vienna, Austria). С целью проверки принадлежности анализируемых данных нормальному закону распределения применялся критерий Колмогорова – Смирнова.

Таблица 2. Предоперационные показатели магнитно-резонансной томографии сердца с контрастированием в группах сравнения

Table 2. Preoperative parameters of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging in comparison groups

Показатели Parameters	КШ (группа I)	КШ + ХРЛЖ (группа II)	p-value
КДО ЛЖ, мл LV EDV, mL	232,0 [190; 256,75]	236,5 [204,45; 269,0]	0,456
КСО ЛЖ, мл LV ESV, mL	163,7 [134,6; 190,0]	178,5 [144,97; 200,00]	0,379
ФВ ЛЖ, % LV EF, %	28,4 [25,0; 34,0]	28,3 [24,0; 33,85]	0,737
ММ ЛЖ, г LV MM, g	214,5 [178,75; 236,62]	210,0 [195,3; 278,75]	0,395
% остаточного ЖМ ЛЖ Residual viable LV myocardium, %	71,0 [63,5; 80,0]	66,0 [58,0; 73,8]	0,030

Количественные данные, подчиняющиеся нормальному закону распределения, описывались с помощью среднего значения (M) и стандартного отклонения (StD) в виде $M \pm StD$; при неизвестном законе распределения – с помощью медианы (Me) и 1-го и 3-го интерквартильных интервалов ($Q_{25}-Q_{75}$) в виде $Me [Q_{25}; Q_{75}]$. Качественные данные описывались частотой встречаемости или ее процентом. В случае нормального закона распределения для проверки значимости различий количественных показателей в сравниваемых группах использовался t -критерий; критерий Манна – Уитни применялся в случае неизвестного закона распределения. Для проверки значимости различия качественных данных использован критерий χ -квадрат (или точный критерий Фишера в тех случаях, когда χ -квадрат провести невозможно). С помощью ROC-анализа выполнялось определение площади под кривой, чувствительности и специфичности показателя, а также определение точек отсечения для определения значимых предикторов летальности и осложнений в ранние и отдаленные сроки после оперативного лечения. Затем на основе полученных с помощью ROC-анализа точек отсечения проводился логистический регрессионный анализ с целью определения рисков неблагоприятных исходов лечения. Результаты логистического регрессионного анализа представлены в виде отношения рисков (ОР) и 95% доверительного интервала (ДИ). Все статистические различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Интраоперационное время ишемии миокарда в группе I составило 72,0 [55,5; 100,0] мин, в группе II – 103,5 [81,25; 118,5] мин ($p = 0,002$). Общее время ИК в группах сравнения составило: в группе I – 114,0 [94,0; 165,0] мин, в группе II – 147,0 [112,5; 171,5] мин ($p = 0,002$). Индекс шунтирования КА в группе I составил $2,8 \pm 0,84$, в группе II – $2,35 \pm 0,97$ ($p = 0,156$). С целью профилактики и

коррекции периоперационной СН в 18 (31,0%) случаях применялось вспомогательное кровообращение в виде методики внутриаортальной баллонной контрапульсации (ВАБК): в 10 случаях – в группе КШ, в 8 случаях – в группе КШ + ХРЛЖ. Ретроспективно проводилась попытка анализа влияния основных предоперационных переменных у пациентов с ИКМП на вероятность необходимости постановки ВАБК в раннем послеоперационном периоде. При проведении ROC-анализа по представленным выше предоперационным переменным выявлено, что процент оставшегося ЖМ менее 68,5% (ОР 4,75; 95% ДИ: 1,7–13,3; $p = 0,03$), рассчитанный на основе МРТ сердца, является предиктором необходимости в ВАБК у пациентов с ИКМП в раннем послеоперационном периоде (рис. 1А). Также значимым предиктором являлся предоперационный КСИ ЛЖ более 84,5 мл/м² (ОР 15,75; 95% ДИ: 4,17–59,4; $p = 0,01$), рассчитанный по данным МРТ (рис. 1Б). Стоит отметить, что остальные предоперационные показатели, такие как данные эхокардиографии – ЭхоКГ (КДО ЛЖ, КСО ЛЖ, ФВ ЛЖ, ударный объем – УО ЛЖ), не показали статистической значимости при расчете риска имплантации ВАБК при хирургическом лечении пациентов с ИКМП.

Госпитальная летальность после проводимых хирургических процедур составила 2 (6,8%) пациента в группе КШ + ХРЛЖ и 2 (6,8%) пациента – в группе КШ ($p = 0,951$). По времени респираторной поддержки (ИВЛ), продолжительности инотропной поддержки в раннем послеоперационном периоде не было получено статистически значимых различий между группами ($p = 0,927$ и $p = 0,812$ соответственно). По частоте осложненности послеоперационного периода группы не различались. Осложненный послеоперационный период наблюдался в 11 (37,9%) случаях в группе I и в 11 (37,9%) случаях – в группе II. При сравнении групп по времени пребывания в реанимационном отделении статистически значимых различий также не было получено ($p = 0,780$)

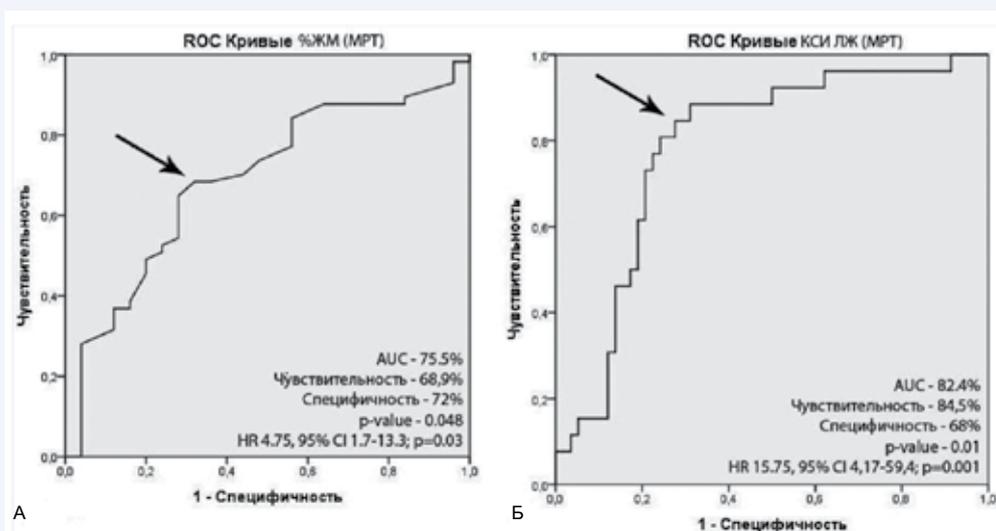


Рис. 1. ROC-кривые показателей остаточного жизнеспособного миокарда и конечно-систолического индекса левого желудочка по отношению к вероятности постановки внутриаортальной баллонной контрапульсации. А – ROC-кривая по показателю % жизнеспособного миокарда, Б – ROC-кривая по показателю конечно-систолического индекса левого желудочка

Примечание: AUC – площадь под кривой, HR – отношение рисков, CI – доверительный интервал. Стрелками указаны точки разделения показателей на группы.

Fig. 1. ROC curves of the residual vital myocardium and left ventricular end-systolic index values relative to the probability of intra-aortic balloon counterpulsation administration. A – ROC curve of vital myocardium percentage, B – ROC curve of the left ventricular end-systolic volume index
Note: AUC – area under the curve, HR – hazard ratio, CI – confidence interval. The arrows indicate the points of dividing the indicators into groups.

Критериями осложненности послеоперационного периода в данном исследовании после КШ и КШ в сочетании с ХРЛЖ являлись: СН, потребовавшая применения методик вспомогательного кровообращения (ВАБК, экстракорпоральная мембранная оксигенация – ЭКМО); длительная (более 24 ч) инотропная и вазопрессорная поддержка; нахождение в палате интенсивной терапии более 2 сут.

Также проводился анализ влияния основных предоперационных переменных МРТ у пациентов с ИКМП на вероятность осложненного раннего послеоперационного периода после операции КШ. При проведении ROC-анализа по представленным выше предоперационным переменным выявлено, что КСИ ЛЖ более 88,8 мл/м² (ОР 11,25; 95% ДИ: 2,4751,04; $p = 0,002$), рассчитанный на основе МРТ, является предиктором осложненного после-

операционного периода у пациентов с ИКМП после КШ (рис. 2А). Показатель предоперационной ФВ ЛЖ менее 28,2% (ОР 10,61; 95% ДИ: 2,05–54,95; $p = 0,005$), рассчитанной на основе МРТ, также является предиктором осложненного послеоперационного периода у пациентов с ИКМП после КШ (рис. 2Б).

При проведении анализа влияния основных предоперационных переменных МРТ у пациентов с ИКМП после КШ в сочетании с ХРЛЖ выявлены значимые предикторы осложненного раннего послеоперационного периода по данным МРТ с парамагнитным контрастированием. Отмечено, что КДИ ЛЖ более 118,4 мл/м² (ОР 6,87; 95% ДИ: 1,34–35,05; $p = 0,020$) является предиктором осложненного послеоперационного периода у пациентов с ИКМП после КШ в сочетании с ХРЛЖ (рис. 3А).

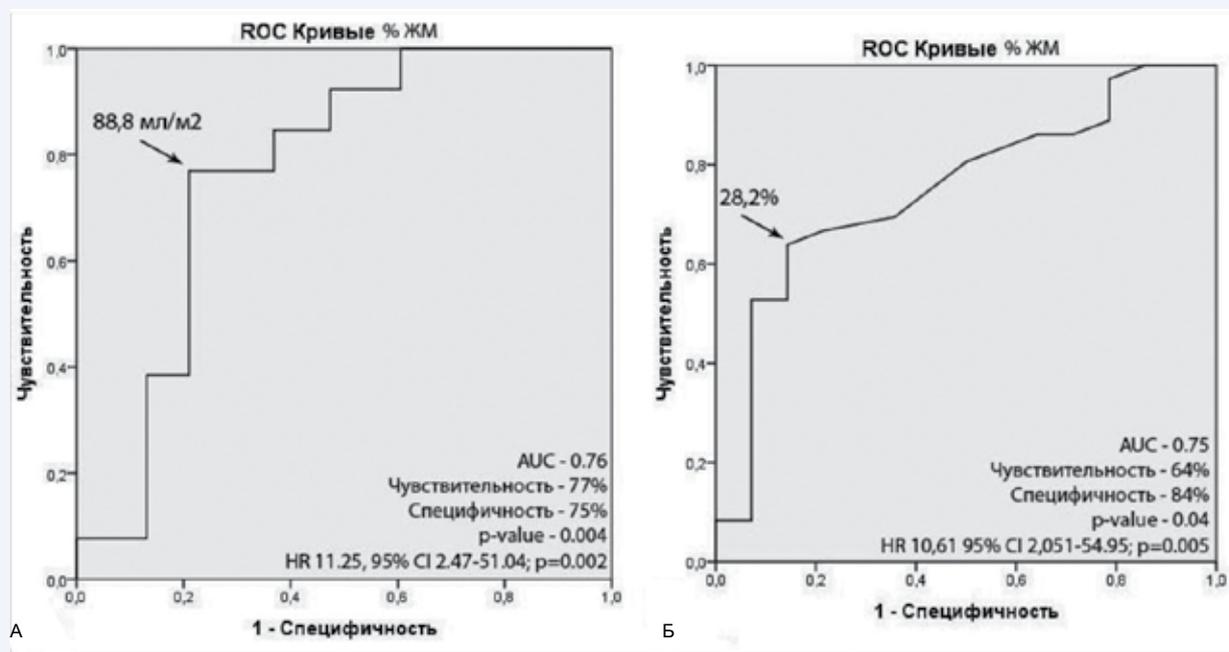


Рис. 2. ROC-кривые предоперационных показателей конечно-систолического индекса и фракции выброса левого желудочка по отношению к вероятности осложненного послеоперационного периода после операции коронарного шунтирования у пациентов с ишемической кардиомиопатией. А – ROC-кривая по показателю конечно-систолического индекса левого желудочка, Б – ROC-кривая по показателю фракции выброса левого желудочка
Примечание: AUC – площадь под кривой, HR – отношение рисков, CI – доверительный интервал. Стрелками указаны точки разделения показателей на группы.

Fig. 2. ROC curves of the preoperative values of left ventricular end-systolic volume and left ventricular ejection fraction in relation to the probability of a complicated postoperative period after coronary artery bypass grafting surgery in patients with ischemic cardiomyopathy. А – ROC curve of the left ventricular systolic volume index, Б – ROC curve of the left ventricular ejection fraction

Note: AUC – area under the curve, HR – hazard ratio, CI – confidence interval. The arrows indicate the points of dividing the indicators into groups.

Показатель предоперационного КСИ ЛЖ более 82,4 мл/м² (ОР 6,87; 95% ДИ: 0,79–17,7; $p = 0,090$) также является предиктором осложненного послеоперационного периода у пациентов с ИКМП после КШ в сочетании с ХРЛЖ (рис. 3Б).

Также немаловажным являлось определение остаточного ЖМ ЛЖ. При содержании остаточного ЖМ менее 67,8% увеличивался риск неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода после КШ в 2,81 раза ($p = 0,043$). При содержании остаточного ЖМ менее 64,5% увеличивался риск неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода после ХРЛЖ +

КШ в 8,25 раза ($p = 0,017$), рисунок 4. При обследовании в отдаленном периоде наблюдения (до 7 лет) повторное ремоделирование ЛЖ наблюдалось у 31% пациентов после КШ + ХРЛЖ и у 36% пациентов – после КШ.

При анализе влияния периоперационных переменных была выявлена значимая предикторная роль остаточного ЖМ: у пациентов с ИКМП с остаточным ЖМ менее 59% в 2,2 раза выше риск вторичного послеоперационного ремоделирования ЛЖ после КШ + ХРЛЖ; у пациентов с ИКМП с остаточным ЖМ менее 77,5% в 2,4 раза выше риск вторичного послеоперационного ремоделирования ЛЖ после КШ.

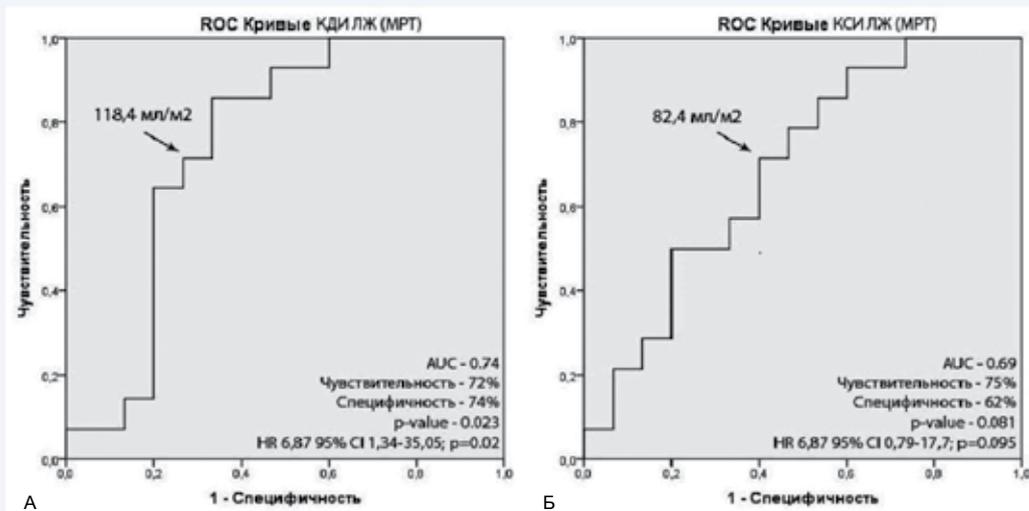


Рис. 3. ROC-кривые предоперационных показателей конечно-диастолического индекса и конечно-систолического индекса левого желудочка по отношению к вероятности осложненного послеоперационного периода после операции коронарного шунтирования в сочетании с ХРЛЖ у пациентов с ишемической кардиомиопатией. А – ROC-кривая по показателю конечно-систолического индекса левого желудочка, Б – ROC-кривая по показателю фракции выброса левого желудочка

Примечание: AUC – площадь под кривой, HR- отношение рисков, CI – доверительный интервал. Стрелками указаны точки разделения показателей на группы.

Fig. 3. ROC curves of the preoperative values of left ventricular end-diastolic volume and left ventricular systolic volume index in relation to the likelihood of a complicated post-operative period after coronary artery bypass grafting surgery in combination with surgical ventricular reconstruction in patients with ischemic cardiomyopathy. А – ROC curve of the left ventricular end-systolic volume index, B – ROC curve of the left ventricular ejection fraction

Note: AUC – area under the curve, HR – hazard ratio, CI – confidence interval. The arrows indicate the points of dividing the indicators into groups.

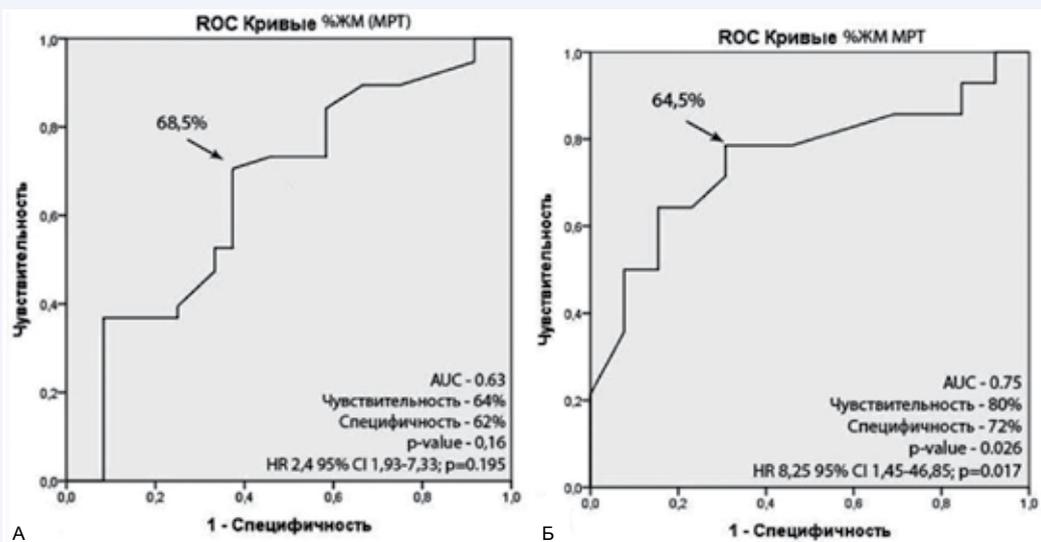


Рис. 4. ROC-кривые предоперационного показателя остаточного жизнеспособного миокарда по отношению к вероятности осложненного раннего послеоперационного периода после оперативного лечения у пациентов с ишемической кардиомиопатией. А – ROC-кривая по показателю жизнеспособного миокарда в группе коронарного шунтирования, Б – ROC-кривая по показателю жизнеспособного миокарда в группе КШ + ХРЛЖ

Примечание: AUC – площадь под кривой, HR – отношение рисков, CI – доверительный интервал. Стрелками указаны точки разделения показателей на группы.

Fig. 4. ROC curves of the preoperative values of residual viable myocardium with respect to the likelihood of a complicated early postoperative period after surgical treatment in patients with ischemic cardiomyopathy. А – ROC curve of the vital myocardium index in coronary artery bypass grafting group, B – ROC curve of the vital myocardium index in group of coronary artery bypass grafting + surgical ventricular reconstruction

Note: AUC – area under the curve, HR – hazard ratio, CI – confidence interval. The arrows indicate the points of dividing the indicators into groups.

Обсуждение

«Наличие ЖМ не способствует улучшению отдаленной выживаемости при КШ у пациентов с ИКМП» – так звучит один из выводов раздела STICH-исследования о прогностической роли тестирования миокарда ЛЖ на жизнеспособность. Все пациенты в приведенном исследовании были рандомизированы с целью проведения

изолированного КШ в сочетании с ЛТ или только ЛТ, с ФВ ЛЖ, измеренной в начале исследования, через 4 мес. после начала исследования и в отдаленном периоде наблюдения (в среднем 10,4 года) [9]. В течение медианного периода наблюдения (10,4 лет) общая частота смертности в группах сравнения статистически не различалась у пациентов с (313 [64%] из 487 пациентов) и без

(78 [68%] из 114 пациентов) ЖМ (ОР 0,81; 95% ДИ: 0,631,03; $p = 0,09$). Когда изменения во ФВ ЛЖ были проанализированы в соответствии со статусом ЖМ, независимо от проводимого лечения, у пациентов с ЖМ ($n = 248$) наблюдалось умеренное увеличение ФВ ЛЖ от исходного уровня на 4-м мес. после включения в исследование. Напротив, среди пациентов без ЖМ ($n = 70$) не было значительного изменения во ФВ ЛЖ. Анализ всех четырех подгрупп показал сходную величину улучшений ФВ ЛЖ в группе КШ, а также в группе ЛТ с ЖМ [10, 11].

Таким образом, результаты раздела STICH-trial о прогностической роли тестирования миокарда ЛЖ на жизнеспособность подтвердили выводы основного исследования. Также результаты данного раздела STICH-исследования подтвердили неспособность тестирования на жизнеспособность миокарда ЛЖ идентифицировать пациентов, которые могут получить наибольшую пользу от проводимого лечения.

При этом, по мнению одного из главных исследователей STICH, J.A. Panza, одно из ограничений раздела STICH-исследования о прогностической роли тестирования миокарда ЛЖ на жизнеспособность – «недоступность и ограниченность применения в период проведения исследования STICH методики МРТ с отсроченным контрастированием, которая в настоящее время считается наиболее точной для определения жизнеспособности миокарда» [12].

В настоящем исследовании с целью оценки жизнеспособности миокарда был выбран показатель процентного содержания ЖМ относительно общей массы ЛЖ, рассчитанный по данным МРТ с отсроченным парамагнитным контрастированием, который в достаточной степени способствует отражению изменений структуры миокарда у пациентов при ИКМП.

Результаты настоящего исследования демонстрируют, что показатели КДО ЛЖ и КСО ЛЖ, а также процентное содержание остаточного ЖМ при МРТ с отсроченным контрастированием, рассчитанные на дооперационном этапе, являются сильными предикторами неблагоприятного послеоперационного периода и отрицательной динамики в плане ремоделирования ЛЖ у пациентов с ИКМП после хирургического лечения. Определение процента остаточного ЖМ, по результатам настоящего исследования, представляется важным при оценке риска неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода у больных ИКМП и после операций КШ, и после операций КШ + ХРЛЖ. Процент остаточного ЖМ менее

67,8% увеличивал риск неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода после КШ в 2,81 раза ($p = 0,043$). При остаточном ЖМ менее 64,5% увеличивался риск неблагоприятного течения раннего послеоперационного периода после КШ + ХРЛЖ в 8,25 раза ($p = 0,017$). Также в настоящем исследовании определена прогностическая роль определения остаточного ЖМ на вторичное послеоперационное ремоделирование у пациентов с ИКМП после хирургического лечения. У пациентов после КШ с остаточным ЖМ менее 77,5% в 24 раза выше риск вторичного послеоперационного ремоделирования ЛЖ. У пациентов после КШ + ХРЛЖ с ИКМП с остаточным ЖМ менее 59% в 2,2 раза выше риск вторичного ремоделирования ЛЖ. Выявлены пороговые значения величин КДО и КСО ЛЖ, а также процентного содержания ЖМ от массы ЛЖ, обладающие на дооперационном этапе обследования прогностической ценностью в определении послеоперационной динамики у пациентов с ИКМП.

Таким образом, результаты проведенного в данной работе исследования, вопреки результатам STICH-trial, подтверждают гипотезу о том, что значимым предиктором прогноза пациентов с ИКМП перед хирургическим лечением является функция оставшегося ЖМ.

Согласно результатам данного исследования, процедура КШ в сочетании с ХРЛЖ приводила не только к статистически значимому улучшению сократительной функции ЛЖ в ближайшем и отдаленном периодах наблюдения, но и улучшала течение хронической сердечной недостаточности относительно пациентов, перенесших КШ, что подтвердилось различиями в результатах теста 6-минутной ходьбы, спирометрии и NT-proBNP в группах сравнения.

Заключение

МРТ сердца с отсроченным парамагнитным контрастированием является важным методом для предоперационного определения когорты пациентов с ИКМП, способных получить наибольшую выгоду от хирургического лечения. Объемные показатели ЛЖ, как и объем остаточного ЖМ, рассчитанные с помощью МРТ с отсроченным контрастированием, являются предикторами неблагоприятного течения послеоперационного периода у пациентов с ИКМП после КШ и ХРЛЖ в сочетании с КШ. У пациентов с остаточным ЖМ ЛЖ более 64,5% возможно выполнение процедуры хирургической реконструкции ЛЖ с низким риском осложнений в раннем послеоперационном периоде (ОР 8,25; 95% ДИ: 1,4546,8; $p = 0,017$).

Литература / References

1. Saeed M., Higgins C.B., Geschwind J.-F., Wendland M.F. T1-relaxation kinetics of extracellular, intracellular and intravascular MR contrast agents in normal and acutely reperfused infarcted myocardium using echoplanar MR imaging. *European Radiology*. 2000;10(2):310–318. DOI: 10.1007/s003300050050.
2. Pennell D.J. Cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2010;121(5):692–705. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.811547.
3. Yoon Y.E., Kitagawa K., Kato S., Nakajima H., Kurita T., Dohi K. et al. Prognostic value of unrecognised myocardial infarction detected by late gadolinium-enhanced MRI in diabetic patients with normal global and regional left ventricular systolic function. *European Radiology*. 2013;23(8):2101–2108. DOI: 10.1007/s00330-013-2817-y.
4. Yang S., Kang S.J., Song J.K., Moon D.H., Song J.-M., Kang D.-H. et al. Diagnosis of viable myocardium using velocity data of doppler myocardial imaging: Comparison with positron emission tomography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2004;7(9):933–940. DOI: 10.1016/j.echo.2004.05.001.
5. Castelvécchio S., Careri G., Ambrogi F., Camporeale A., Menicanti L., Secchi F. et al. Myocardial scar location as detected by cardiac magnetic resonance is associated with the outcome in heart failure patients undergoing surgical ventricular reconstruction. *European Journal Cardio-Thoracic Surgery*. 2018;53(1):143–149. DOI: 10.1093/ejcts/ezx197.
6. Buckberg G., Athanasuleas C., Conte J. Surgical ventricular restoration for the treatment of heart failure. *Nat. Rev. Cardiol.* 2012;9(12):703–716. DOI: 10.1038/nrcardio.2012.143.
7. Pfeffer M., Braunwald E. Ventricular remodeling after myocardial infarction. Experimental observations and clinical implications. *Circulation*. 1990;81(4):1161–1172. DOI: 10.1161/01.cir.81.4.1161.
8. Шипулин В.М., Козлов Б.Н., Кривошеков Е.В., Казаков В.А., Лезнев А.А., Бабочкин В.Е. и др. Морфофункциональная характеристика миокарда пациентов с постинфарктным ремоделированием как возможная причина неблагоприятных результатов оперативного лечения. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2009;(5):37–41. Shipulin V.M., Kozlov B.N., Krivoshekov E.V., Kazakov V.A., Lezhnev A.A., Babokin V.E. et al. Morphofunctional characteristics of the myocardium of patients with postinfarction remodeling as a possible cause of adverse

- results of surgical treatment. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2009;(5):37–41 (In Russ.).
9. Velazquez E., Lee K.L., Deja M.A., Jain A., Sopko G., Marchenko A. et al. Coronary-artery bypass surgery in patients with left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 2011;364(17):1607–1616. DOI: 10.1056/NEJMoa1100356.
 10. Bonow R.O., Maurer G., Lee K., Holly T.A., Binkley P.F., Desvigne-Nickens P. et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 2011;364(17):1617–1625. DOI: 10.1056/NEJMoa1100358.
 11. Jha S., Flamm S., Kwon D. Revascularization in heart failure in the post-STICH era. *Curr. Heart Fail. Rep.* 2013;10(4):365–372. DOI: 10.1007/s11897-013-0168-2.
 12. Panza J., Ellis A., Al-Khalidi H., Holly T., Berman D., Oh J. et al. Myocardial viability and long-term outcomes in ischemic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med.* 2019;381(8):739–748. DOI: 10.1056/nejmoa1807365.

Информация о вкладе авторов

Шипулин В.М., Андреев С.Л., Усов В.Ю., Гарганеева А.А. предложили концепцию исследования и разработали его протокол.

Андреев С.Л., Пряхин А.С., Александрова Е.А., Шипулин В.В., Кужелева Е.А. организовали сбор клинических данных и участвовали в обсуждении результатов.

Шипулин В.В., Андреев С.Л., Александрова Е.А., Пряхин А.С. сформировали выборку пациентов, выполнили хирургическое вмешательство и проводили послеоперационное наблюдение.

Пряхин А.С., Шипулин В.В., Кужелева Е.А. анализировали и интерпретировали данные, написали первую версию рукописи, вместе с Шипулиным В.М., Гарганеевой А.А., Усовым В.Ю. внесли вклад в доработку исходного варианта рукописи.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ручаясь за их точность и безупречность.

Сведения об авторах

Пряхин Андрей Сергеевич, врач сердечно-сосудистый хирург, кардиохирургическое отделение № 1, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-0532-8091.

E-mail: Andrew.prk@mail.ru.

Шипулин Владимир Митрофанович, д-р мед наук, профессор, научный руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-1956-0692.

E-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Андреев Сергей Леонидович, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-4049-8715.

E-mail: Anselen@rambler.ru.

Александрова Екатерина Александровна, врач сердечно-сосудистый хирург, кардиохирургическое отделение № 1, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0003-1281-0265.

E-mail: Alex2705@mail.ru.

Шипулин Владимир Владимирович, аспирант, лаборатория радионуклидных методов исследования, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0001-9887-8214.

E-mail: shipartphoto@gamail.com.

Гарганеева Алла Анатольевна, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением патологии миокарда, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-9488-6900.

E-mail: aag@cardio-tomsk.ru.

Кужелева Елена Андреевна, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение патологии миокарда, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-8070-2234.

E-mail: snigireva1209@rambler.ru.

Усов Владимир Юрьевич, д-р мед. наук, заведующий отделением рентгеновских и томографических методов диагностики, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. ORCID 0000-0002-7352-6068.

E-mail: ussov62@mail.ru.

 **Пряхин Андрей Сергеевич**, e-mail: Andrew.prk@mail.ru.

Information on author contributions

Shipulin V.M., Andreev S.L., Ussov W.Y., and Garganeeva A.A. proposed research concept and developed study protocol.

Andreev S.L., Pryakhin A.S., Aleksandrova E.A., Shipulin V.V., and Kuzheleva E.A. organized the collection of clinical data and participated in the discussion of results.

Shipulin V.V., Andreev S.L., Aleksandrova E.A., and Pryakhin A.S. formed a sample of patients, performed surgical intervention, and carried out postoperative observation.

Pryakhin A.S., Shipulin V.V., and Kuzheleva E.A. analyzed and interpreted data, wrote the first version of the manuscript, and, together with Shipulin V.M., Garganeeva A.A., and Ussov W.Y. contributed to writing the final draft of the manuscript.

All authors gave their final consent to the submission of the manuscript and agreed to bear responsibility for all aspects of the work, vouching for their accuracy and impeccability.

Information about the authors

Andrey S. Pryakhin, Cardiovascular Surgeon, Department of Cardiac Surgery No. 1, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-0532-8091.

E-mail: Andrew.prk@mail.ru.

Vladimir M. Shipulin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-1956-0692.

E-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Sergey L. Andreev, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-4049-8715.

E-mail: Anselen@rambler.ru.

Ekaterina A. Aleksandrova, Cardiovascular Surgeon, Department of Cardiac Surgery No. 1, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0003-1281-0265.

E-mail: Alex2705@mail.ru.

Vladimir V. Shipulin, Postgraduate Student, Department of Nuclear Medicine, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0001-9887-8214.

E-mail: shipartphoto@gamail.com.

Alla A. Garganeeva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Myocardial Pathology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-9488-6900.

E-mail: aag@cardio-tomsk.ru.

Elena A. Kuzheleva, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Myocardial Pathology, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-8070-2234.

E-mail: snigireva1209@rambler.ru.

Wladimir Y. Ussov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Radiology and Tomography, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences. ORCID 0000-0002-7352-6068.

E-mail: ussov62@mail.ru.

 **Andrey S. Pryakhin**, e-mail: Andrew.prk@mail.ru.