

# Визуализация правого желудочка при перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии до и после реваскуляризации у больных с постинфарктным кардиосклерозом

Е.Н. Остроумов<sup>1</sup>, Е.В. Мигунова<sup>✉1</sup>, Е.Д. Котина<sup>2</sup>, Е.Б. Леонова<sup>2</sup>, И.М. Кузьмина<sup>1</sup>,  
М.В. Пархоменко<sup>1</sup>, С.Ю. Камбаров<sup>1</sup>, М.А. Сагиров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,  
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,  
199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9

✉ Автор, ответственный за переписку: Екатерина Валентиновна Мигунова, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения лучевой диагностики НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, MiguноваEV@sklif.mos.ru

## Аннотация

**Цель.** Оценить межсистемные (между бассейнами левой и правой коронарных артерий) механизмы перераспределения перфузии в миокарде после реваскуляризации у пациентов с ишемической болезнью сердца с многососудистым поражением и фокальным кардиосклерозом с использованием перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в области очагов кардиосклероза, первоначально выявленных с помощью магнитно-резонансной томографии.

**Материал и методы.** В исследование включены 17 пациентов с многососудистой коронарной болезнью и крупноочаговым постинфарктным кардиосклерозом по результатам магнитно-резонансной томографии с контрастированием. Диагноз «Аневризма левого желудочка» был установлен у 14 пациентов, «Очаговый субэндокардиальный кардиосклероз» – у 3. По разным причинам всем пациентам была проведена реваскуляризация миокарда без реконструкции левого желудочка (аортокоронарное шунтирование – 10, чрескожное коронарное вмешательство – 7 пациентам). При фокальном кардиосклерозе магнитно-резонансная томография использовалась для выявления кардиосклероза перед реваскуляризацией в качестве золотого стандарта. Всем пациентам до и после реваскуляризации была проведена перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография с помощью радиофармпрепарата <sup>99m</sup>Tc-Технетрил. При первичном анализе пиков на профильном срезе коронального и поперечно-срединного среза, проходящих вдоль боковых стенок левого и правого желудочков, мы не заметили четкой визуализации правого желудочка у 8 пациентов (1-я группа), в то время как повышенное накопление <sup>99m</sup>Tc-Технетрила в миокарде правого желудочка четко визуализировалось у 9 пациентов (2-я группа). Основываясь на высоте пиков профильных кривых, сравнивали изменения максимумов накопления радиофармпрепарата до и после реваскуляризации в боковых стенках левого и правого желудочков. Все исследования проводили с использованием оригинальной программы кардиологических функциональных изображений с целью получения количественной информации о функции миокарда не только левого, но и правого желудочка. Эта программа позволила выделить область правого желудочка даже в случае слабой визуализации за счет первоначального формирования параметрических изображений, где визуализировалась эта область.

**Результаты.** При сравнении результатов реваскуляризации двух групп было отмечено, что фракция выброса левого желудочка статистически значимо увеличилась только у пациентов без первичной визуализации миокарда правого желудочка. Фракция выброса левого желудочка после реваскуляризации у пациентов с изначально повышенным накоплением радиофармпрепарата в правом желудочке не изменялась. Глобально отмечено лишь увеличение диастолической функции левого желудочка и правого желудочка в последней группе больных. Кроме того, у пациентов с очаговым кардиосклерозом и изначально повышенной визуализацией правого желудочка после максимально возможной полной реваскуляризации миокарда было отмечено сохранение визуализации правого желудочка, что может указывать на перераспределение перфузии в пользу более сохранного миокарда правого желудочка.

**Выводы.** 1. У пациентов без признаков повышенной визуализации правого желудочка (1-я группа) после реваскуляризации выявлено статистически значимое увеличение фракции выброса левого желудочка ( $p$ -value=0,024), уменьшение конечно-систолического объема ( $p$ -value=0,024), увеличение движения в сегментах, соответствующих периферической зоне ( $p$ -value=0,016), и изменение систолического утолщения в сегменте базальных отделов переднебоковой стенки ( $p$ -value=0,046). 2. Исходно повышенная визуализация правого желудочка у пациентов с обширными очаговыми изменениями в миокарде левого желудочка позволяет предполагать отсутствие роста фракции выброса левого желудочка после реваскуляризации миокарда. 3. Увеличение визуализации правого желудочка после полной реваскуляризации миокарда свидетельствует о межсистемном перераспределении перфузии в пользу сохраненного миокарда этого отдела сердца.

**Ключевые слова:** визуализация правого желудочка, межсистемные механизмы перераспределения перфузии

**Конфликт интересов** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Финансирование** Исследование проводилось без спонсорской поддержки

**Для цитирования:** Остроумов Е.Н., Мигунова Е.В., Котина Е.Д., Леонова Е.Б., Кузьмина И.М., Пархоменко М.В. и др. Визуализация правого желудочка при перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии до и после реваскуляризации у больных с постинфарктным кардиосклерозом. *Трансплантология*. 2023;15(2):200–215. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-200-215>

© Остроумов Е.Н., Мигунова Е.В., Котина Е.Д., Леонова Е.Б., Кузьмина И.М., Пархоменко М.В., Камбаров С.Ю., Сагиров М.А., 2023

## Right ventricular visualization at SPECT perfusion imaging before and after revascularization in patients with postinfarction cardiosclerosis

E.N. Ostroumov<sup>1</sup>, E.V. Migunova<sup>✉1</sup>, E.D. Kotina<sup>2</sup>, E.B. Leonova<sup>2</sup>,  
I.M. Kuzmina<sup>1</sup>, M.V. Parkhomenko<sup>1</sup>, S.Yu. Kambarov<sup>1</sup>, M.A. Sagirov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,  
3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia;

<sup>2</sup> St. Petersburg State University,  
7-9 Universitetskaya Emb., St. Petersburg 199034 Russia

✉Corresponding author: Ekaterina V. Migunova, Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, MigunovaEV@sklif.mos.ru

### Abstract

**Aim.** To evaluate the intersystemic (between the myocardium of the left coronary artery system and the right coronary artery system redistribution mechanisms of perfusion in the myocardium after revascularization in patients with coronary artery disease with focal cardiosclerosis using gated single photon emission computed tomography. Cardiosclerosis foci were initially identified by magnetic resonance imaging.

**Material and Methods.** The study included 17 patients with coronary artery disease with multivessel coronary disease and large-focal cardiosclerosis according to the results of magnetic resonance imaging with contrast; the diagnosis of left ventricular aneurysm was established in 14 patients, the focal subendocardial cardiosclerosis was diagnosed in 3 patients. For various reasons, all patients underwent myocardial revascularization without the left ventricle reconstruction (coronary artery bypass grafting in 10 patients, percutaneous coronary intervention in 7 patients). Magnetic resonance imaging was used as the gold standard for focal cardiosclerosis before revascularization. All patients before and after revascularization underwent gated single photon emission computed tomography with MIBI scan. During the initial analysis of peaks on the profile slices of coronal and transversal midsections passing along the lateral walls of the left and right ventricles, we did not notice a clear visualization of in 8 patients (group 1), while an increased MIBI scan accumulation in the right ventricle myocardium was clearly visualized in 9 patients (group 2). Based on the peaks height of profile curves, we compared changes in the maxima of radiopharmaceutical accumulation before and after revascularization in the lateral walls of the left ventricle and right ventricle. All studies were performed using the original Cardiac Functional Imaging medical program in order to obtain quantitative information about the myocardial function of both the left ventricle, and also the right ventricle. This program made it possible to highlight the right ventricle area even in the case of its weak visualization through the initial formation of parametric images, where the right ventricle area was visualized.

**Results.** When comparing the revascularization results of the two groups, we noted that the left ventricle ejection fraction increased significantly only in patients without initial visualization of the right ventricular myocardium. Left ventricle ejection fraction did not change after revascularization in patients with initially increased accumulation of the radiopharmaceutical in the right ventricle. Globally, only an improvement in the diastolic function of the left and right ventricles was noted in the latter group of patients. In addition, an increase in the right ventricular uptake level was noted for patients with focal cardiosclerosis and the initially increased uptake in the right ventricle after the maximum possible complete myocardial revascularization, which may indicate a redistribution of perfusion in favor of a more intact right ventricular myocardium.

**Conclusions.** 1. In patients without signs of increased visualization of the right ventricle (group 1) after revascularization, we revealed a statistically significant increase in the left ventricle ejection fraction ( $p$ -value=0.024), a decrease in the end-systolic volume ( $p$ -value=0.024), an increase in the motion in segments corresponding to the peri-infarct scar zone ( $p$ -value=0.016), and a change in systolic thickening in the segment of the basal parts of the anterolateral wall ( $p$ -value=0.046). 2. Initially increased visualization of the right ventricle in patients with extensive focal cardiosclerosis in the myocardium of the left ventricle suggests the absence of the left ventricle ejection fraction increase after myocardial revascularization. 3. An increase in the visualization of the right ventricle after complete myocardial revascularization indicates an intersystemic redistribution of perfusion in favor of the preserved myocardium of this part of the heart.

**Keywords:** visualization of the right ventricular myocardium, intersystemic mechanisms of perfusion redistribution

**CONFLICT OF INTERESTS** Authors declare no conflict of interest

**FINANCING** The study was performed without external funding

**For citation:** Ostroumov EN, Migunova EV, Kotina ED, Leonova EB, Kuzmina IM, Parkhomenko MV, et al. Right ventricular visualization at SPECT perfusion imaging before and after revascularization in patients with postinfarction cardiosclerosis. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2023;15(2):200–215. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-200-215>

АД – артериальное давление  
 АКШ – аортокоронарное шунтирование  
 ВПЖ – визуализация правого желудочка  
 ДЛА – давление в легочной артерии  
 ИБС – ишемическая болезнь сердца  
 КАГ – коронароангиография  
 КАРФИ – кардиологические функциональные изображения  
 КДО – конечно-диастолический объем  
 КСО – конечно-систолический объем  
 ЛЖ – левый желудочек  
 ЛКА – левая коронарная артерия  
 МЖП – межжелудочковая перегородка

МРТ – магнитно-резонансная томография  
 ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография  
 ПМЖВ – правая межжелудочковая ветвь  
 ПЖ – правый желудочек  
 ПКА – правая коронарная артерия  
 РФП – радиофармпрепарат  
 УО – ударный объем  
 ФВ – фракция выброса  
 ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство  
 ЭКГ – электрокардиография  
 ЭхоКГ – эхокардиография

## Введение

Сегодня никто не сомневается в том, что ревааскуляризовать миокард с выраженным очаговым кардиосклерозом – задача неблагодарная, так как полного восстановления функции в этом случае, как правило, не наблюдается. Однако есть пациенты со значительными очагами кардиосклероза, явно присутствующими в миокарде, которые нуждаются в ревааскуляризации. Поэтому многие хирурги по-прежнему используют тестирование жизнеспособности миокарда для принятия решений о ревааскуляризации у пациентов с тяжелой дисфункцией левого желудочка (ЛЖ) вследствие ишемической болезни сердца (ИБС) с развитием сердечной недостаточности. С другой стороны, у пациентов с острым инфарктом миокарда ревааскуляризация часто предшествует неинвазивной оценке жизнеспособности миокарда, и поэтому врач в таком случае не может предварительно получить информацию о степени кардиосклероза во время чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ). В обоих случаях каждый дополнительный показатель важен для оценки прогноза восстановления систолической функции. Мы посвятили наше небольшое наблюдение только одному из инструментальных симптомов, возникающих у таких пациентов.

## Цель

Оценить межсистемные (между бассейнами левой – ЛКА и правой коронарных артерий – ПКА) механизмы перераспределения перфузии в миокарде после ревааскуляризации у пациентов с ИБС с многососудистым поражением и фокальным кардиосклерозом с использованием перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) в области очагов кар-

диосклероза, первоначально выявленных с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ).

## Материал и методы

Все исследования проводили с использованием оригинальной программы КАРФИ (кардиологические функциональные изображения) [1] с целью получения количественной информации о функции миокарда не только левого (ЛЖ), но и правого желудочка (ПЖ). Эта программа позволила выделить область ПЖ даже в случае слабой визуализации за счет первоначального формирования параметрических изображений. Для анализа данных ОФЭКТ использовались непараметрические методы статистики. На основе критерия знаковых рангов Уилкоксона для двух связанных выборок выявлены параметры, для которых имелись статистически значимые изменения после ревааскуляризации. Также для оценки достоверности получаемых результатов для каждого параметра были представлены либо исходные данные, по которым производился расчет, либо описательная статистика.

Параметры, которые изменились после ревааскуляризации у всех пациентов, мы представили в ряде таблиц. Было отмечено увеличение пиковой скорости наполнения ЛЖ (табл. 1 и 2). Нулевая гипотеза о равенстве двух выборок отвергается в пользу двусторонней альтернативы для параметра пиковой скорости наполнения ЛЖ; наблюдаемая разница в связанных выборках (1-я до и 2-я после ревааскуляризации) является статистически значимой при  $p\text{-value}=0,05$ . Для анализа был использован критерий знаковых рангов Уилкоксона ( $W$ ), здесь и далее для анализируемых параметров результаты полученных значений  $W$  с  $W_{crit}^1$  и  $p\text{-value}$  будут представлены в таблицах.

<sup>1</sup> Табличное значение, по которому определяется  $p\text{-value}$  для  $n$  ненулевых рангов (количество пациентов, для которых значение рассматриваемого параметра ( $W$ ) изменилось после ревааскуляризации). Если  $W$  больше или равен  $W_{crit}^1$ , то изменение рассматриваемого показателя считается статистически значимым при заданном (взятом из таблицы)  $p\text{-value}$

Для всех пациентов было характерно сокращение интервала частоты сердечных сокращений после вмешательства, то есть статистически значимое увеличение его при  $p\text{-value}=0,02$  (табл. 3).

Было также отмечено увеличение систолического утолщения миокарда, соответствующее верхушечным участкам диафрагмальной стенки (сегмент 15) (табл. 4, рис. 1).

Таблица 1. Показатели пиковой скорости наполнения левого желудочка у обследованных больных

Table 1. Parameters of the peak left ventricle filling rate in the study patients

Пациент	Показатели пиковой скорости наполнения левого желудочка			
	до	после	$X_2 - X_1$	знаковые ранги
В.Т.И.	0,21	0,13	-0,08	-10,5
В.О.М.	0,32	0,4	0,08	12
Д.В.Н.	0,24	0,29	0,05	7
И.Я.А.	0,34	0,39	0,05	7
К.М.П.	0,27	0,23	-0,04	-4,5
К.В.А.	0,23	0,36	0,13	14
К.Т.В.	0,22	0,3	0,08	10,5
М.Г.А.	0,37	0,4	0,03	2,5
М.Р.М.	0,28	0,16	-0,12	-13
С.А.И.	0,18	0,25	0,07	9
А.В.С.	0,19	0,5	0,31	16
А.А.А.	0,26	0,31	0,05	7
Г.В.Н.	0,23	0,24	0,01	1
Г.С.Н.	0,38	0,38	0	—
Г.В.А.	0,24	0,27	0,03	2,5
К.С.И.	0,35	0,54	0,19	15
Ш.П.И.	0,18	0,22	0,04	4,5
критерий Уилкоксона, $n=16, p=0,05$			$W_{crit}=76$	$W=80$

Таблица 2. Описательная статистика пиковой скорости наполнения левого желудочка

Table 2. Descriptive statistics of the peak left ventricle filling rate in the study patients

Все пациенты	n	Мин.	Q1	Медиана	Q3	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до	17	0,18	0,22	0,24	0,32	0,38	0,2641	0,0658
после	17	0,13	0,24	0,3	0,39	0,54	0,3159	0,1114
критерий Уилкоксона, $n=16, p=0,05$					$W_{crit}=76$		$W=80$	

Введение качественного показателя визуализации правого желудочка (ВПЖ) позволило разделить пациентов на две группы по наличию данного признака и провести сравнение между 1-й и 2-й группами.

Таблица 3. Описательная статистика частоты сердечных сокращений

Table 3. Descriptive statistics of heart rate

Все пациенты	n	Мин.	Q1	Медиана	Q3	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до	17	552	855	1000	1091	1121	955,6471	165,1435
после	17	580	684	815	878	1100	809,4706	152,9269
критерий Уилкоксона, $n=17, p=0,02$					$W_{crit}=97$		$W=-119$	

Таблица 4. Описательная статистика систолического утолщения миокарда в области 15-го сегмента

Table 4. Descriptive statistics of the myocardium systolic thickening in the area of the 15<sup>th</sup> segment

Все пациенты	n	Мин.	Q1	Медиана	Q3	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до	17	13	21	30	34	59	29,8824	13,2612
после	17	19	25	36	47	62	36,7059	12,3782
критерий Уилкоксона, $n=17, p=0,05$					$W_{crit}=83$		$W=90$	



Рис. 1. Схема изображения миокарда «Бычий глаз» с указанием сегментов и проекции кровотока

Fig. 1. The "Bull's eye" plot showing the myocardium segmentation and projection of its perfusion

**Ограничения наблюдения**

1. Небольшой размер выборки пациентов с различными заболеваниями как миокарда, так и коронарного кровообращения является основным ограничением нашего исследования.

2. Еще одним важным ограничением является условность понятия «полная реваскуляризация». Возможным примером является то, что среди 8 пациентов 1-й группы 3 пациентам не была проведена реканализация всех ветвей огибающей артерии, а у 1 пациента 2-й группы сохранялась окклюзия правой коронарной артерии. Это может объяснить уменьшение систолического утолщения миокарда в 6-м сегменте у больных 1-й группы после реваскуляризации.

**Результаты и обсуждение**

В 1-й группе, где исходно не было увеличения перфузии миокарда свободной стенки ПЖ, после реваскуляризации выявлено статистически значимое увеличение фракции выброса (ФВ) ЛЖ (табл. 5) и уменьшение размера полости ЛЖ в систолу, на что указывает изменение конечно-

систолического объема ЛЖ (табл. 6). Это свидетельствует об улучшении сократимости миокарда после реваскуляризации в целом у данной группы больных.

Вместе с тем отмечено увеличение движения в сегментах, соответствующих перирубцовой зоне (сегменты 9 и 13), однако одновременно наблюдалось снижение систолического утолщения в сегменте базальных отделов переднебоковой стенки (сегмент 6) (табл. 7–9).

Во 2-й группе исходно наблюдали увеличение перфузии миокарда свободной стенки ПЖ. После реваскуляризации миокарда у пациентов не отмечали увеличения ФВ ЛЖ и уменьшения размеров полости ЛЖ в систолу (КСО ЛЖ). Однако соотношение пиков накопления радиофармпрепарата (РФП) в свободных боковых стенках ЛЖ/ПЖ уменьшилось. То есть, по данным нашего исследования, перфузия боковой стенки ПЖ по сравнению с таковой боковой стенки ЛЖ после реваскуляризации увеличивалась. Эти гипотезы были проверены для коронарных и трансверсальных срезов миокарда на сцинтиграммах до и после реваскуляризации, что представлено в таблицах 10–13.

**Таблица 5. Описательная статистика показателя фракции выброса левого желудочка**

**Table 5. Descriptive statistics of the left ventricular ejection fraction**

Группа 1	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до реваскуляризации	8	24,64	32,93	36,28	47,555	77,09	42,1713	17,575
после реваскуляризации	8	22,81	47,8025	60,97	69,77	83,76	57,555	19,677
критерий Уилкоксона, n=8, p=0,024					W <sub>crit</sub> =32		W=34	

**Таблица 6. Описательная статистика конечно-систолического объема левого желудочка**

**Table 6. Descriptive statistics of end systolic volume of the left ventricle**

Группа 1	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до реваскуляризации	8	17,34	66,085	106,5	116,9025	157,32	93,386	44,447
после реваскуляризации	8	7,66	30,127	63,37	92,9825	138,62	65,37	45,419
критерий Уилкоксона, n=8, p=0,024					W <sub>crit</sub> =32		W=34	

**Таблица 7. Описательная статистика – движение, сегмент 9**

**Table 7. Descriptive statistics: Motion, Segment 9**

Группа 1	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до реваскуляризации	8	0	2,75	3,5	4,25	8	3,625	2,3261
после реваскуляризации	8	0	4,75	7,5	9,25	17	7,5	5,0427
критерий Уилкоксона, n=7, p=0,016					W <sub>crit</sub> =28		W=28	

## ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ

## PROBLEMATIC ASPECTS

Таблица 8. Описательная статистика – движение, сегмент 13

Table 8. Descriptive statistics: Motion, Segment 13

Группа 1	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до реваскуляризации	8	0	5,75	6,5	8,75	12	6,875	3,7201
после реваскуляризации	8	7	8,5	12	16	23	13,25	6,2507
критерий Уилкоксона, n=7, p=0,016					W <sub>crit</sub> =28		W=28	

Таблица 9. Описательная статистика – систолическое утолщение, сегмент 6

Table 9. Descriptive statistics: systolic thickening, Segment 6

Группа 1	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до реваскуляризации	8	0	22,75	30	36,25	46	28	13,7529
после реваскуляризации	8	0	10,5	22,5	26,5	37	18,75	13,3604
критерий Уилкоксона, n=7, p=0,046					W <sub>crit</sub> =24		W=-24	

Табл. 10. Соотношение максимального накопления радиофармпрепарата в боковой стенке левого и правого желудочков на коронарных срезах

Table 10. The ratio of maximum radiopharmaceutical accumulation in the lateral wall of the left and right ventricle on scintigraphy coronary sections

Пациент	Соотношение ЛЖ/ПЖ на коронарных срезах			
	до	после	X <sub>2</sub> -X <sub>1</sub>	знаковые ранги
В.О.М.	2,00444765	1,31387072	-0,69057693	-2
И.Я.А.	2,449912127	2,327447833	-0,122464293	-1
К.М.П.	3,877695878	2,25032754	-1,627368338	-7
М.Г.А.	5,870467927	1,952876712	-3,917591215	-8
М.Р.М.	3,775	2,495	-1,28	-5
Г.В.Н.	1,672508215	2,625030201	0,952521986	3
Г.С.Н.	12,35193697	2,297548045	-10,05438892	-9
К.Т.В.	5,314016661	3,958780593	-1,355236068	-6
Ш.П.И.	4,212239285	3,162060973	-1,050178311	-4
критерий Уилкоксона, n=9, p=0,02			W <sub>crit</sub> =39	W=-39

Таблица 11. Данные статистического анализа для соотношения накопления радиофармпрепарата в проекции левого и правого желудочков на коронарных срезах

Table 11. Statistical analysis data for the ratio of radiopharmaceutical accumulation in left and right ventricle on scintigraphy coronary sections

Группа 2	n	Мин.	Q <sub>1</sub>	Медиана	Q <sub>3</sub>	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до	9	1,6725	2,4499	3,8777	5,314	12,3519	4,6142	3,2307
после	9	1,3139	2,2503	2,3274	2,625	3,9588	2,487	0,7433
критерий Уилкоксона, n=9, p=0,02					W <sub>crit</sub> =39		W=-39	

Таблица 12. Соотношение накопления радиофармпрепарата в проекции левого и правого желудочков на трансверзальных срезах  
 Table 12. The ratio of the radiopharmaceutical accumulation in the projection of the left and right ventricles on scintigraphy transversal sections

Пациент	Соотношение ЛЖ/ПЖ на коронарных срезах			
	до	после	$X_2 - X_1$	знаковые ранги
В.О.М.	1,76097888	0,897864036	-0,863114845	-4
И.Я.А.	2,149936789	2,401802786	0,251865997	2
К.М.П.	4,03	2,44	-1,584436554	-9
М.Г.А.	3,378603459	2,046682146	-1,331921313	-7
М.Р.М.	3,366	2,487	-0,879	-5
Г.В.Н.	2,065033584	1,873145185	-0,191888399	-1
Г.С.Н.	3,718210013	2,646613766	-1,071596247	-6
К.Т.В.	5,216933868	3,731832139	-1,485101729	-8
Ш.П.И.	3,155966504	2,865600264	-0,29036624	-3
критерий Уилкоксона, $n=9$ , $p=0,02$			$W_{crit}=39$	$W=-41$

Таблица 13. Данные статистического анализа для соотношения накопления радиофармпрепарата в проекции левого и правого желудочков на трансверзальных срезах  
 Table. 13. Statistical analysis data for the ratio of radiopharmaceutical accumulation in the left and right ventricle on scintigraphy transversal sections

Группа 2	n	Мин.	$Q_1$	Медиана	$Q_3$	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение
до	9	1,761	2,1499	3,366	3,7182	5,2169	3,2046	1,0925
после	9	0,8979	2,0467	2,44	2,6466	3,7318	2,3767	0,7677
критерий Уилкоксона, $n=9$ , $p=0,02$					$W_{crit}=39$	$W=-41$		

В норме РФП включается в миокард пропорционально кровотоку, и поэтому его большая часть накапливается в миокарде ЛЖ, чем и обусловлена его отчетливая визуализация. В ПЖ в норме накопление РФП незначительное. В таблицах 10–13 представлено сравнение накопления РФП в ЛЖ и ПЖ сердца по корональным и трансверзальным срезам до и после реваскуляризации миокарда. Анализ данных, приведенных в таблицах, показал, что соотношение накопления после реваскуляризации у пациентов 2-й группы изменяется в пользу ПЖ. Таким образом, реваскуляризация привела к возрастанию перфузии в ПЖ, а не к ожидаемому улучшению перфузии левого.

Для объяснения повышения перфузии миокарда свободной стенки ПЖ необходимо оценить связь этого феномена с повышенной нагрузкой на миокард. У пациентов в нашем исследовании мы исключили наиболее распространенную причину – повышение давления в легочной артерии (ДЛА) [2]. Взаимосвязь между параметрами перфузии и ДЛА мы оценивали по результа-

там доплер-эхокардиографии (ЭхоКГ). Анализ проводили, сравнивая соотношение накопления РФП ЛЖ/ПЖ на корональных и трансверзальных срезах. Соответственно, вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $\rho$  для 9 пациентов ( $n=9$ ) как меру взаимозависимости между рядами рангов (непараметрический метод). Рассматривали следующие гипотезы:  $H_0$  – корреляция между переменными не отличается от 0 (взаимосвязь отсутствует),  $H_1$  – корреляция между переменными статистически значимо отличается от 0 (взаимосвязь есть).

Для параметров «ЛЖ/ПЖ» на корональных срезах и ДЛА было получено значение  $\rho=-0,0632$ , а на трансверзальных срезах  $\rho=-0,438$ . В таблицах 14 и 15 приведены исходные данные для вычисления коэффициента ранговой корреляции Спирмена соответствующих параметров.

Одной из наиболее известных причин повышенной перфузии миокарда свободной боковой стенки ПЖ является наличие соответствующего уровня легочной гипертензии [2]. Поэтому

Таблица 14. Исходные данные для расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена с использованием параметров «Соотношение левого и правого желудочков на корональном срезе» и давления в легочной артерии  
Table 14. Initial data for calculating Spearman's rank correlation coefficient for the parameters "Ratio of left to right ventricles on the coronary section" and the pulmonary arterial pressure

Пациент	ЛЖ/ПЖ на корональных срезах (X)	ДЛА, мм рт.ст. (Y)	Знаковые ранги		$(d_x - d_y)^2$
			X, $d_x$	Y, $d_y$	
В.О.М.	2,00444765	33	2	7	25
И.Я.А.	2,449912127	36	3	8	25
К.М.П.	3,877695878	18	5	1	16
М.Г.А.	5,870467927	30	8	6	4
М.Р.М.	3,775	22	4	4	0
Г.В.Н.	1,672508215	21	1	2,5	2,25
Г.С.Н.	12,35193697	21	9	2,5	42,25
К.Т.В.	5,314016661	26	7	5	4
Ш.П.И.	4,212239285	28	6	9	9
$\Sigma=$			45	45	127,5

Таблица 15. Исходные данные для расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена с использованием параметров «Соотношение левого и правого желудочков на трансверсальном срезе» и давления в легочной артерии  
Table 15. Initial data for calculating Spearman's rank correlation coefficient for the parameters "Ratio of left to right ventricles on the transversal section" and the pulmonary artery pressure

Пациент	ЛЖ/ПЖ на коронарных срезах (X)	ДЛА, мм рт.ст. (Y)	Знаковые ранги		$(d_x - d_y)^2$
			X, $d_x$	Y, $d_y$	
В.О.М.	1,76097888	33	1	7	36
И.Я.А.	2,149936789	36	3	8	25
К.М.П.	4,03	18	8	1	49
М.Г.А.	3,378603459	30	6	6	0
М.Р.М.	3,366	22	5	4	1
Г.В.Н.	2,065033584	21	2	2,5	0,25
Г.С.Н.	3,718210013	21	7	2,5	20,25
К.Т.В.	5,216933868	26	9	5	16
Ш.П.И.	3,155966504	28	4	9	25
$\Sigma=$			45	45	172,5

мы сравнили уровни взаимосвязи между ДЛА и повышением визуализации правого желудочка (ВПЖ). Как видно из таблиц 14 и 15, при уровне значимости 0,05 полученные значения  $r$  оказались меньше критического значения коэффициента корреляции рангов Спирмена, равного 0,68 для  $n=9$ , и поэтому на основании рассмотренных данных мы не можем говорить о наличии взаимосвязи между указанными параметрами.

Таким образом, взаимосвязи между уровнем перфузии боковой стенки ПЖ и ДЛА у наших больных не выявлено.

Другой причиной повышения уровня перфузии ПЖ по отношению к ЛЖ является тяжесть/множественность поражения проксимального отдела коронарного русла [3]. В некоторых случаях ПЖ визуализируется, даже если перфузия ЛЖ является нормальной. На значимость этого факта указывает взаимосвязь между дисфункцией ПЖ и повышенной летальностью [4, 5]. Наконец, гипертрофия миокарда ПЖ может быть причиной его повышенной визуализации на ОФЭКТ-изображениях как показателя риска наступления смертельного исхода, по крайней мере, у некоторых пациентов [6].

Без сомнения, существует много различных причин для повышенной визуализации миокарда ПЖ. Однако связь повышенной ВПЖ с развитием кардиосклероза в миокарде ЛЖ остается не исследованной. В нашей работе МРТ использовалась в качестве золотого стандарта при фокальном кардиосклерозе, а ОФЭКТ с  $^{99m}\text{Tc}$ -Технетрилом – для оценки перераспределения перфузии в миокарде. При этом может возникнуть резонный вопрос: «почему недостаточно выполнения только МРТ?». Но в описаниях результатов МРТ у наших пациентов никто из экспертов не обратил внимания на особенности изображений ПЖ. Более того, ни в этом случае, ни при описании результатов ЭхоКГ признаков гипертрофии миокарда ПЖ отмечено не было. Неясно, что ждет пациентов с исходно повышенной ВПЖ после реваскуляризации. Следовательно, перераспределение перфузии в миокарде ПЖ при значительном кардиосклерозе миокарда ЛЖ требует более вдумчивого и индивидуального анализа факторов, влияющих на процесс принятия решения. Такая информация может быть наиболее важна для реваскуляризации в остром периоде инфаркта миокарда, поскольку пациенты с рецидивирующим инфарктом миокарда подвергаются наибольшему риску осложнений и наступления смертельных исходов.

С другой стороны, при оценке жизнеспособности миокарда у пациентов с сердечной недостаточностью внимание исследователей обычно направлено на измерение размеров очагового кардиосклероза в ЛЖ [7], в то время как перераспределение перфузии в сохраненном миокарде, включая миокард ПЖ, может обеспечить наиболее эффективное вмешательство. Согласно имеющейся точке зрения, в результате реваскуляризации миокарда при ишемической сердечной недостаточности должна улучшаться систолическая функция ЛЖ [8].

Исходно повышенная перфузия миокарда ПЖ в нашем исследовании увеличивалась после реваскуляризации при многососудистом поражении. Это может быть результатом перераспределения кровотока и улучшения функции «доступного» миокарда, поэтому при уменьшении размера полости и отмечается соответствующее увеличение толщины стенки. Однако мы не обнаружили каких-либо существенных изменений в размерах полости ПЖ у наших пациентов. Это означает, что миокард ПЖ превосходил миокард ЛЖ по своей способности использовать перфузионный резерв, увеличивающийся после

реваскуляризации. Этому, на наш взгляд, может способствовать наличие очагового кардиосклероза в ЛЖ, препятствующее улучшению в нем кровотока.

Перераспределение перфузии после реваскуляризации у пациентов с очаговым кардиосклерозом ЛЖ в пользу миокарда ПЖ при том, что его взаимосвязь с уровнем ДЛА нами не была выявлена, подтверждает наше представление о независимом перераспределении перфузии из бассейна ЛКА в бассейн ПКА.

Интересно, что ранее мы наблюдали аналогичную негативную прогностическую роль ВПЖ у пациентов с неишемической кардиомиопатией, которые были отобраны для проведения сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ). Пациентам без улучшения систолической функции в ответ на СРТ выполняли пересадку сердца. После вскрытия эксплантированного сердца по данным морфологического исследования обнаруживали тяжелый диффузный кардиосклероз стенки ЛЖ с изначально высоким уровнем ВПЖ, выявляемым с помощью сцинтиграфии [9].

Для иллюстрации мы предлагаем краткое описание случая неполной реваскуляризации миокарда у пациента 2-й группы с многососудистым поражением коронарного русла и аневризмой ЛЖ.

Больной Ш.П.И., 56 лет, поступил в отделение с жалобами на давящие боли за грудиной, одышку при нагрузке и в покое, повышением артериального давления (АД) до 180/100 мм рт.ст. Из анамнеза было известно, что пациент длительное время страдал гипертонической болезнью с подъемом АД до указанных цифр, что сопровождалось болями за грудиной. Ухудшение самочувствия в виде снижения толерантности к физическим нагрузкам отмечает в течение последнего месяца, при этом одышка стала беспокоить и в ночное время.

При обследовании: на электрокардиограмме *синусовый ритм, частота сердечных сокращений 61 уд./мин, PQ 0,14 сек, QRS 0,10 сек, QT 0,44 сек. Мелкоочаговые изменения в миокарде вдоль задней стенки ЛЖ. Рубцовые изменения в миокарде в передней септальной и апикально-латеральной областях ЛЖ* (рис. 2).

По результатам эхокардиографии (ЭхоКГ): *конечно-диастолический объем (КДО) ЛЖ – 232 мл, конечно-систолический объем (КСО) ЛЖ – 139 мл, ударный объем (УО) – 93 мл, ФВ – 44%. Выявлен гипокинез в областях межжелудочковой перегородки (МЖП), бокового сегмента,*

нижней трети передневерхушечного и задне-  
 базального сегментов ЛЖ. Среднее расчетное  
 давление в легочной артерии – 28 мм рт.ст.

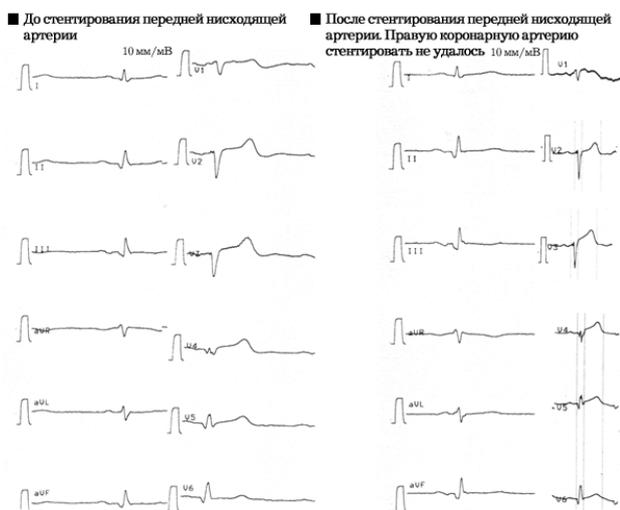


Рис. 2. Электрокардиограмма пациента Ш.П.И.  
 Fig. 2. Electrocardiogram of patient Sh.P.I.

Учитывая наличие инфаркта в анамнезе,  
 выполнена МРТ с контрастным усилением для  
 детальной оценки состояния миокарда и цен-  
 тральной гемодинамики (рис. 3).

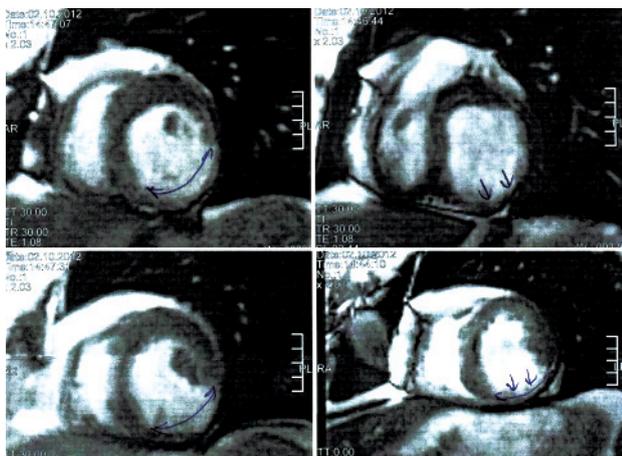


Рис 3. Магнитно-резонансная томограмма сердца паци-  
 ента Ш.П.И.  
 Fig. 3. Magnetic resonance imaging of the heart of patient  
 Sh.P.I.

Протокол МРТ: конечно-диастолический раз-  
 мер ЛЖ=7 см, конечно-систолический размер  
 ЛЖ=6,5 см, МЖП=1,4–0,9 см, боковая стенка

ЛЖ=0,5–0,6 см. Признаки фиброзной базальной  
 аневризмы заднебоковой стенки ЛЖ.

Для оценки перфузии и функции миокарда  
 выполнена перфузионная ОФЭКТ-ЭКГ миокарда,  
 при которой выявлено увеличение полости ЛЖ  
 (КДО=260 мл) с глубоким снижением перфузии  
 заднебоковой стенки, но сохраненной функ-  
 цией. В области верхушки, переднеперегородочной  
 стенки с переходом на МЖП и заднюю  
 стенку ЛЖ обнаружен гипокинез. ФВ ЛЖ=25%.  
 Выявлен признак ВПЖ.

Учитывая нарастание признаков сердечной  
 недостаточности и данные инструментальных  
 обследований, было принято решение о выпол-  
 нении селективной коронарографии.

Данные селективной коронарографии: тип  
 коронарного кровоснабжения – правый. В обла-  
 сти ствола ЛКА стенозических изменений не  
 выявлено. В передней межжелудочковой ветви –  
 стеноз 3-й степени в проксимальной трети,  
 далее окклюзия ниже отхождения диагональной  
 ветви (ДВ). ДВ диффузно поражена на всем про-  
 тяжении без гемодинамически значимых сте-  
 нозов. Огибающая ветвь – окклюзия в прокси-  
 мальной трети. ПКА окклюзирована от устья,  
 сообщается с бассейном правой межжелудочко-  
 вой ветви (ПМЖВ) через коллатераль (указано  
 стрелкой) (рис. 4).

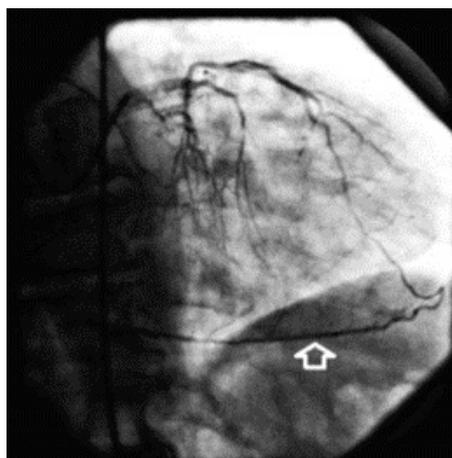


Рис. 4. Коронарограмма пациента Ш.П.И. Коллатераль  
 между правой коронарной артерией и правой межже-  
 лудочковой ветвью

Fig. 4. Coronarogram of patient Sh.P.I. The collateral  
 between the right coronary artery and the right  
 interventricular branch

В два этапа выполнена баллонная ангиопла-  
 стика с реканализацией и стентированием ПМЖВ

(установлены два стента). Реканализовать ПКА технически не представлялось возможным.

При контрольной ЭхоКГ отмечали улучшение кинетики МЖП и рост ФВ ЛЖ с 25% до 44%.

Для оценки эффективности проведенного лечения повторно выполнена перфузионная ОФЭКТ миокарда. При сравнении изображения миокарда на коронарных и трансверсальных срезах, представленного на рис. 5, выявлены увеличение (относительное) перфузии свободной стенки ПЖ – (ВПЖ) и улучшение диастолической функции (volume/time curve).

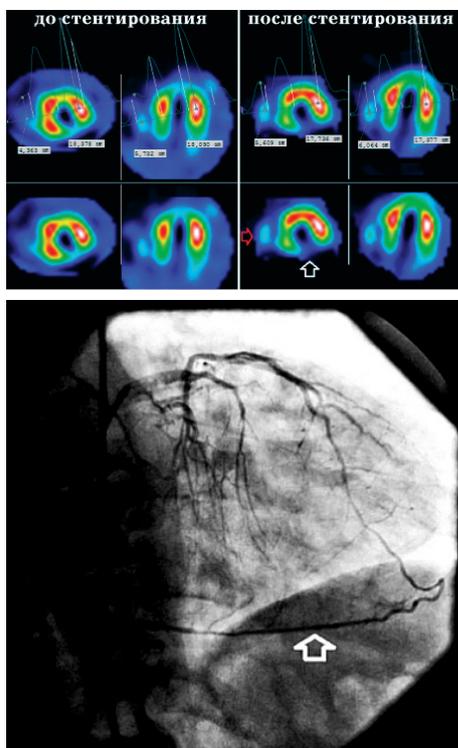


Рис. 5. Коронарные и трансверсальные срезы миокарда до и после проведения реваскуляризации у пациента Ш. Коллатеральный кровоток по данным коронарографии указан стрелкой

Fig. 5. Coronary and transverse sections of the myocardium before and after revascularization in patient Sh.P.I. Collateral blood flow according to coronary angiography is indicated by an arrow

Рост кровотока в боковой стенке ПЖ (указан красной стрелкой на рис. 5), вероятнее всего, связан с усилением коллатерального кровотока (указан белой стрелкой) из бассейна ПМЖВ в систему ПКА. На полярных картах при сравнении изображений после стентирования зона сниженной перфузии задней стенки увеличилась по площади (указано стрелкой).

На полярных картах движения обнаружены акинез диафрагмальной стенки ЛЖ и возникновение нового очага патологической асинхронии на фазовом изображении (рис. 6). Кроме того, отмечен рост движения и систолического утолщения миокарда в сегментах передней стенки ЛЖ. Увеличение кровотока в боковой стенке ПЖ может быть объяснено наличием коллатерали из системы ЛКА в систему ПКА.

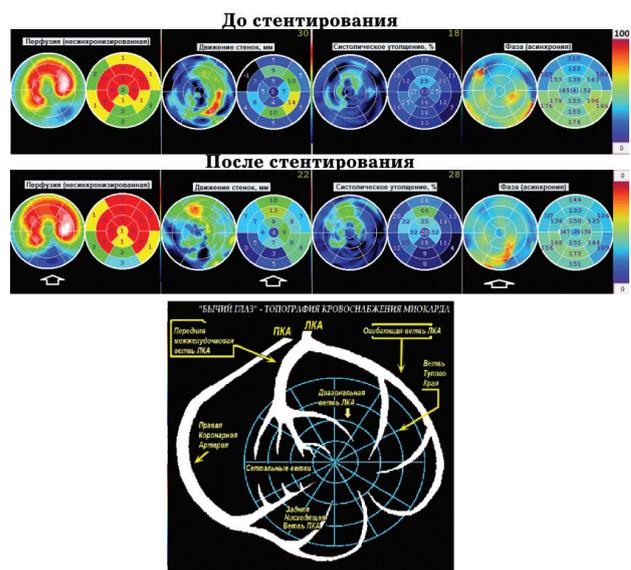


Рис. 6. Перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томограмма миокарда левого желудочка пациента Ш.П.И.

Fig. 6. Perfusion single photon emission computed tomogram of the left ventricle myocardium in patient Sh.P.I.

Построение гемодинамических кривых позволило установить изменения функции ЛЖ и ПЖ после реваскуляризации (рис. 7).

Эти изменения неоднозначны. После реваскуляризации отмечается улучшение сократительной функции ЛЖ – рост ФВ ЛЖ с 27 до 33% (прежде всего за счет увеличения перфузии передней стенки ЛЖ и уменьшения его полости). Вместе с тем отмечается увеличение очага снижения перфузии диафрагмальной стенки ЛЖ.

При этом на срезах отчетливо видно относительное увеличение перфузии свободной стенки ПЖ, сопровождающееся улучшением его диастолической функции (кривая объем/время). Для наглядной визуализации изменений в миокарде свободной стенки ПЖ мы представляем его изображения, полученные с помощью программы КАРФИ. При сравнении изображений полярных карт ПЖ выявлена положительная динамика,



Рис. 7. Гемодинамические кривые левого и правого желудочков перфузионной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии пациента Ш.П.И.

Fig. 7. Hemodynamic curves of the left and right ventricles as per perfusion single photon emission computed tomography in patient Sh.P.I.

связанная с реваскуляризацией – рост региональной перфузии и снижение патологической асинхронии с 672 мсек до 252 мсек по 9 сегментам, что способствует улучшению его функции (рис. 8).

Послеоперационный период прошел без осложнений, пациент выписан в удовлетворительном состоянии, но тем не менее вопрос о причине ухудшения перфузии и функции миокарда заднебоковой стенки ЛЖЖ остается открытым и не исключает возникновения кардиальных событий.

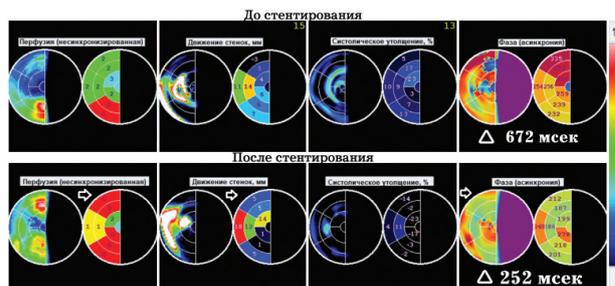


Рис. 8. Перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томограмма миокарда правого желудочка пациента Ш.П.И.

Fig. 8. Perfusion single photon emission computed tomogram of the right ventricle myocardium in patient Sh.P.I.

### Заключение

Важно отметить, что относительное увеличение перфузии миокарда правого желудочка и его повышенная визуализация могут быть связаны с гипертрофией правого желудочка или повышением его потребности в кровоснабжении (например, при легочной гипертензии различного генеза). Для оценки взаимосвязи между соотношением максимального накопления радиофармпрепарата в боковой стенке левого и правого желудочков на корональных и трансверзальных срезах и давлением в легочной артерии вычислялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена. В нашем исследовании связь показателя повышенной визуализации правого желудочка с величиной давления в легочной артерии была исключена результатами проведенного корреляционного анализа (табл. 14 и 15).

С другой стороны, с помощью перфузионных сцинтиграмм миокарда в покое вопреки ожиданиям мы выявили живые кардиомиоциты в правом желудочке, которые и аккумулировали введенный радиофармпрепарат. Как видно, у пациентов 2-й группы с исходно повышенной визуализацией миокарда правого желудочка дальнейший рост визуализации правого желудочка может быть связан со значительно большей утратой кардиомиоцитов левого желудочка, чем у пациентов 1-й группы. В пользу этого утверждения свидетельствует рост фракции выброса левого желудочка сразу после реваскуляризации, наблюдаемый в 1-й группе.

Вышеизложенное подтверждает, что пациенты с постинфарктным очаговым кардиосклерозом

нуждаются в проведении перфузионной сцинтиграфии миокарда для определения перспектив планируемой реваскуляризации. Дальнейшие исследования позволят оценить важность влияния сцинтиграфического признака визуализации правого желудочка на результаты реваскуляризации при различных заболеваниях миокарда и нарушении коронарного кровообращения.

### Выводы

1. У пациентов без признаков повышенной визуализации правого желудочка (1-я группа) после реваскуляризации выявлены статистически значимые увеличение фракции выброса левого желудочка ( $p$ -value=0,024), уменьшение конечно-систолического объема ( $p$ -value=0,024), увеличение движения в сегментах, соответствующих периферической зоне ( $p$ -value=0,016) и изменение систолического утолщения в сегменте базальных отделов переднебоковой стенки ( $p$ -value=0,046).

2. Исходно повышенная визуализация правого желудочка у пациентов с обширными очаговыми изменениями в миокарде левого желудочка позволяет предполагать отсутствие роста фракции выброса левого желудочка после реваскуляризации миокарда.

3. Увеличение визуализации правого желудочка после полной реваскуляризации миокарда свидетельствует о межсистемном перераспределении перфузии в пользу сохраненного миокарда этого отдела сердца.

## Список литературы/References

1. Остроумов Е.Н., Мигунова Е.В., Котина Е.Д., Синякова О.Г., Газарян Г.А., Рябинин В.А. и др. Что изменяется в перфузии и функции миокарда после поздней реваскуляризации острого инфаркта миокарда? *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2017;6(2):118–123. Ostroumov EN, Migunova EV, Kotina ED, Sinyakova OG, Gazaryan GA, Ryabinin VA, et al. What changes in perfusion and myocardial function after late revascularization of acute myocardial infarction? *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2017;6(2):118–123. (In Russ.). <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2017-6-2-118-123>
2. Sunder V, Cha R, Hunter K, Dolan R. Increased right ventricular uptake on (99m Tc)-sestamibi SPECT myocardial perfusion imaging as a marker of elevated pulmonary artery systolic pressure measured by Doppler echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imag.* 2021;22(Suppl 3):iii56–57. Available at: <https://www.researcher-app.com/paper/8254946> [Accessed February 6, 2023].
3. Naghshtabrizi B, Alvandi M, Shaghghi Z, Hadei SK, Fariba F, Moradi M, et al. Transient ischemic dilation or transient RV visualization in patients with normal SPECT stress myocardial perfusion imaging: correlation with CT coronary artery calcium scoring and coronary angiography. *J Nucl Cardiol.* 2022;29(5):2149–2156. PMID: 34228333 <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02704-9>
4. Mielniczuk LM, Birnie D, Ziadi MC, deKemp RA, DaSilva JN, Burwash I, et al. Relation between right ventricular function and increased right ventricular [18F] fluorodeoxyglucose accumulation in patients with heart failure. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2011;4(1):59–66. PMID: 21057116 <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.905984>
5. Pueschner A, Chattranukulchai P, Heitner JF, Shah DJ, Hayes B, Rehwald W, et al. The prevalence, correlates, and impact on cardiac mortality of right ventricular dysfunction in nonischemic cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017;10(10 Pt B):1225–1236. PMID: 29025576 <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.06.013>
6. Brunken RC. The abnormal right ventricle: relevant on low risk SPECT perfusion images? *J Nucl Cardiol.* 2022;29(4):1915–1918. PMID: 33977369 <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02647-1>
7. Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, Bates ER, Beckie TM, Bischoff JM, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for coronary artery revascularization: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2022;145(3):e18–e114. PMID: 34882435 <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001038>
8. Panza JA, Chrzanowski L, Bonow RO. Myocardial viability assessment before surgical revascularization in ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(10):1068–1077. PMID: 34474740 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.07.004>
9. Остроумов Е.Н., Котина Е.Д., Шмыров В.А., Слободяник В.В., Тонкошкурова В.В., Мозейко Н.П. и др. Кардиоресинхронизирующая терапия и перфузия миокарда левого и правого желудочков. *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2012;14(3):60–68. Ostroumov EN, Kotina ED, Shmyrov VA, Slobodyanik VV, Tonkoshkurova VV, Mozeiko NP, et al. Cardiac resynchronization therapy and myocardial perfusion of the left and right ventricles. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2012;14(3):60–68 (in Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2012-3-60-68>

## Информация об авторах

<b>Евгений Николаевич Остроумов</b>	проф., д-р мед. наук, старший преподаватель Учебного центра ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="mailto:OstroumovEN@sklif.mos.ru">OstroumovEN@sklif.mos.ru</a> 20% – концепция, дизайн, проведение исследований, сбор материала, редактирование текста статьи, анализ литературы
<b>Екатерина Валентиновна Мигунова</b>	д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0001-7521-487X">https://orcid.org/0000-0001-7521-487X</a> , <a href="mailto:MigunovaEV@sklif.mos.ru">MigunovaEV@sklif.mos.ru</a> 20% – сбор и анализ материала, написание текста статьи
<b>Елена Дмитриевна Котина</b>	проф., д-р физ.-мат. наук, заведующая кафедрой диагностики функциональных систем ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», <a href="https://orcid.org/0000-0002-2057-682X">https://orcid.org/0000-0002-2057-682X</a> , <a href="mailto:e.kotina@spbu.ru">e.kotina@spbu.ru</a> 20% – разработка программы обработки кардиологических радионуклидных исследований, утверждение окончательного варианта статьи
<b>Екатерина Борисовна Леонова</b>	аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», <a href="https://orcid.org/0000-0001-5675-108X">https://orcid.org/0000-0001-5675-108X</a> , <a href="mailto:st062324@student.spbu.ru">st062324@student.spbu.ru</a> 12% – математическая обработка статистических данных
<b>Ирина Михайловна Кузьмина</b>	канд. мед. наук, заведующая научным отделением неотложной кардиологии для больных инфарктом миокарда ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0001-9458-7305">https://orcid.org/0000-0001-9458-7305</a> , <a href="mailto:kuzminaim@sklif.mos.ru">kuzminaim@sklif.mos.ru</a> 7% – консультирование больных, включенных в исследование, утверждение окончательного варианта статьи
<b>Мстислав Васильевич Пархоменко</b>	заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0001-5408-6880">https://orcid.org/0000-0001-5408-6880</a> , <a href="mailto:parkhomenkomv@sklif.mos.ru">parkhomenkomv@sklif.mos.ru</a> 7% – проведение операций в соответствии с дизайном исследования, консультирование больных, включенных в исследование
<b>Сергей Юрьевич Камбаров</b>	д-р мед. наук, заведующий отделением неотложной коронарной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0003-3283-0562">https://orcid.org/0000-0003-3283-0562</a> , <a href="mailto:KambarovSY@sklif.mos.ru">KambarovSY@sklif.mos.ru</a> 7% – проведение операций в соответствии с дизайном исследования, консультирование больных, включенных в исследование
<b>Марат Анварович Сагиров</b>	канд. мед. наук, заведующий кардиохирургическим отделением № 1 ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-2971-9188">https://orcid.org/0000-0002-2971-9188</a> , <a href="mailto:SagirovMA@sklif.mos.ru">SagirovMA@sklif.mos.ru</a> 7% – проведение операций в соответствии с дизайном исследования, консультирование больных, включенных в исследование

## Information about the authors

<b>Evgeniy N. Ostroumov</b>	Prof., Dr. Sci. (Med.), Senior Lecturer of the Educational Center, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, OstroumovEN@sklif.mos.ru 20%, concept, design, making research, collection of material, editing the text of the article, literature analysis
<b>Ekaterina V. Migunova</b>	Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <a href="https://orcid.org/0000-0001-7521-487X">https://orcid.org/0000-0001-7521-487X</a> , MigunovaEV@sklif.mos.ru 20%, collection and analysis of material, writing the text of the manuscript
<b>Elena D. Kotina</b>	Prof., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Head of the Department for Diagnostics of Functional Systems, St. Petersburg State University, <a href="https://orcid.org/0000-0002-2057-682X">https://orcid.org/0000-0002-2057-682X</a> , e.kotina@spbu.ru 20%, software development for processing cardiological radionuclide studies, approval of the final version of the article
<b>Ekaterina B. Leonova</b>	Postgraduate, St. Petersburg State University, <a href="https://orcid.org/0000-0001-5675-108X">https://orcid.org/0000-0001-5675-108X</a> , st062324@student.spbu.ru 12%, mathematical processing of statistical data
<b>Irina M. Kuzmina</b>	Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Emergency Cardiology for Patients with Myocardial Infarction, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <a href="https://orcid.org/0000-0001-9458-7305">https://orcid.org/0000-0001-9458-7305</a> , kuzminaim@sklif.mos.ru 7%, consulting the patients enrolled in the study, approval of the final version of the article
<b>Mstislav V. Parkhomenko</b>	Head of the Department of X-ray Surgical Methods for Diagnosis and Treatment, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <a href="https://orcid.org/0000-0001-5408-6880">https://orcid.org/0000-0001-5408-6880</a> , parkhomenkomv@sklif.mos.ru 7%, making surgical interventions in accordance with the study design, consulting the patients enrolled in the study
<b>Sergey Yu. Kambarov</b>	Dr. Sci. (Med.), Head of the Emergency Cardiac Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <a href="https://orcid.org/0000-0003-3283-0562">https://orcid.org/0000-0003-3283-0562</a> , KambarovSY@sklif.mos.ru 7%, making surgical interventions in accordance with the study design, consulting the patients enrolled in the study
<b>Marat A. Sagirov</b>	Cand. Sci. (Med.), Head of Cardiac Surgery Department No.1, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <a href="https://orcid.org/0000-0002-2971-9188">https://orcid.org/0000-0002-2971-9188</a> , SagirovMA@sklif.mos.ru 7%, making surgical interventions in accordance with the study design, consulting the patients enrolled in the study

Статья поступила в редакцию 15.03.2023;  
одобрена после рецензирования 22.03.2023;  
принята к публикации 29.03.2023

The article was received on March 15, 2023;  
approved after reviewing March 22, 2023;  
accepted for publication March 29, 2023