

## ОЦЕНКА ДИСФУНКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА ПРИ МАЛОИНВАЗИВНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ЛЕГКИХ

**Б.А. Минько**, д. м. н., профессор, руководитель лаборатории функциональной и ультразвуковой диагностики

**И.В. Вологодина**, д. м. н., вед. науч. сотр.

**П.Л. Бородич**, врач кабинета компьютерной томографии

**М.П. Крылова**, врач-радиолог

ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий

им. акад. А.М. Гранова» Минздрава России,

пос. Песочный, ул. Ленинградская, 70, Санкт-Петербург, 197758, Российская Федерация

## ASSESSMENT OF LEFT VENTRICULAR DYSFUNCTION IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE DURING MINIMALLY INVASIVE SURGERY ACCORDING TO LUNG COMPUTED TOMOGRAPHY DATA

**B.A. Min'ko**, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Laboratory of Functional and Ultrasound Diagnostics;  
orcid.org/0000-0002-3484-1233

**I.V. Vologdina**, Dr. Med. Sc., Leading Researcher;  
orcid.org/0000-0001-5990-0925

**P.L. Borodich**, Radiologist; orcid.org/0000-0002-2646-3551

**M.P. Krylova**, Radiologist; orcid.org/0000-0002-0692-7582

A.M. Granov Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies,  
Ministry of Health of the Russian Federation,  
poselok Pesochnyy, ul. Leningradskaya, 70, St. Petersburg, 197758, Russian Federation

**Цель исследования** – оценить возможности многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) легких в диагностике ранних проявлений сердечной недостаточности у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) при проведении малоинвазивных хирургических вмешательств.

**Материал и методы.** У 54 больных ИБС в возрасте от 43 до 89 лет до и после интервенционных вмешательств была выполнена МСКТ легких. Из них у 24 было выполнено коронарное стентирование, у 26 – имплантация кардиостимулятора, у 4 – абляция проводящих путей. Левожелудочковую недостаточность оценивали по нарушению гемодинамики в малом круге кровообращения с учетом использования известных патофизиологических данных. Проведено сравнение последовательно выполненных МСКТ легких до и после малоинвазивных хирургических вмешательств с регистрацией изменений локальной денситометрической плотности легочной паренхимы.

**Результаты.** Предложена методика объективной оценки сопоставимых МСКТ-изображений легких у одного и того же пациента в специальном окне визуализации. Уменьшение локальной денситометрической плотности легочной паренхимы более чем на 10 ед. Н в ближайшие сроки после операции выявлено у 24 пациентов, что рассматривалось как признак улучшения насосной функции левого желудочка.

**Заключение.** Исследование показало высокую чувствительность МСКТ легких в диагностике дисфункции левого желудочка у больных ИБС при улучшении коронарного кровотока и нормализации сердечного ритма.

**Ключевые слова:** острый коронарный синдром; нарушение ритма сердца; интервенционная радиология; сердечная недостаточность; компьютерная томография легких.

**Objective:** to assess whether multislice computed tomography (MSCT) of the lung can be used to diagnose the early manifestations of heart failure in patients with coronary heart disease (CHD) during minimally invasive surgical interventions.

**Material and methods.** Lung MSCT was performed in 54 patients aged 43 to 89 years with CHD before and after interventions. The identified group included 24 patients who had undergone coronary stenting, 26 who had cardiac pacemaker implantation, and 4 patients who had conduction pathways ablation. Left ventricular failure was assessed by hemodynamic disorders in the pulmonary circulation, by taking into account the use of known pathophysiological data. Successive lung MSCT examinations were performed before and after minimally invasive surgical interventions, by recording local densitometric changes in the lung parenchyma.

**Results.** A procedure was proposed to objectively assess comparable lung MSCT images in the same patient in the special imaging window. The density of the lung parenchyma reduced by more than 10 Hounsfield units in 24 patients in the next periods after surgery, which was regarded as a sign of better left ventricular pumping function.

**Conclusion.** The study showed that lung MSCT was highly sensitive in diagnosing left ventricular dysfunction in patients with CHD with improved coronary blood flow and normalized heart rate.

**Index terms:** acute coronary syndrome; heart rhythm disturbances; interventional radiology; heart failure; computed tomography of lungs.

**For citation:** Min'ko B.A., Vologdina I.V., Borodich P.L., Krylova M.P. Assessment of left ventricular dysfunction in patients

**Для цитирования:** Минько Б.А., Вологодина И.В., Бородин П.Л., Крылова М.П. Оценка дисфункции левого желудочка у больных ишемической болезнью сердца при малоинвазивных хирургических вмешательствах по данным компьютерной томографии легких. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018; 99 (3): 147–52. DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-3-147-152

**Для корреспонденции:** Минько Борис Александрович; E-mail: profminko@yandex.ru

Поступила 07.09.2017

Принята к печати 21.09.2017

with coronary heart disease during minimally invasive surgery according to lung computed tomography data. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2018; 99 (3): 147–52 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-3-147-152

**For correspondence:** Boris A. Min'ko; E-mail: profminko@yandex.ru

**Acknowledgements.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received September 7, 2017

Accepted September 21, 2017

## Введение

По данным ВОЗ, от ишемической болезни сердца (ИБС) и связанной с ней сердечной недостаточности (СН) ежегодно в мире умирает более 7,2 млн человек. В России смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в 2009 г. составляла около 1400 человек на 100 тыс. населения [1]. Развитие СН при острых формах ИБС осложняет течение заболевания и в значительной степени ухудшает прогноз и качество жизни пациентов. Выявление ранних признаков СН остается достаточно сложной задачей. Известно, что до 50% больных ИБС с установленным снижением функции левого желудочка не имеют характерных клинических симптомов [2].

В последние годы большое внимание уделяется лечению больных с острым коронарным синдромом (ОКС) и нарушением сердечного ритма [3]. Выявление на ранних стадиях СН, связанной с дисфункцией левого желудочка, у пациентов с ОКС и нарушениями ритма может быть ассоциировано с изменениями в малом круге кровообращения и их динамикой в процессе лечения. Восстановление эпикардального кровотока, перфузии миокарда и нормализация сердечного ритма способствуют улучшению сократимости миокарда левого желудочка.

Важной задачей кардиологии является повышение точности объективной, инструментальной, диагностики СН [4, 5]. При углубленном обследовании больных ИБС осуществляют комплексную оценку сократимости и резервных возможностей миокарда; исполь-

зуют функциональные и лучевые методы исследования, наиболее распространенными из которых являются электрокардиография и эхокардиография с применением нагрузочных проб [6]. У лиц без явных клинических проявлений СН объективными показателями дисфункции сердца могут служить увеличение камер сердца, систолическая и диастолическая дисфункция миокарда левого желудочка и др. Информацию о структурных и функциональных изменениях сердца можно получить при многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ), магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии, позволяющих с высокой точностью определить степень повреждения сердечной мышцы. Однако проведение современных методов лучевой диагностики требует дорогостоящего оборудования, занимает существенное время и трудно реализуемо в ограниченные сроки дооперационного обследования больных с ОКС [7, 8]. Важно иметь доступную технологию для оценки «малых» изменений функции левого желудочка в условиях стационаров экстренной кардиологической помощи, что позволит по ее результатам корректировать проводимую терапию.

Известно, что нарушение функции левого желудочка приводит к возникновению перегрузки объемом в малом круге кровообращения – от стадии перераспределения легочного кровотока вплоть до отека легкого, что достаточно хорошо изучено по данным рентгенографии. Оценку рентгенологических симптомов нарушения легочного кровотока

осуществляют с учетом возможного депонирования жидкости в местах ее патофизиологического накопления, наличия сопутствующей экстракардиальной патологии и возрастных изменений. На современном этапе у больных с острыми проявлениями ИБС существует возможность использовать МСКТ легких. Динамика изменений легочного кровотока по данным МСКТ при малоинвазивных вмешательствах может служить чувствительной характеристикой миокардиальной дисфункции [9].

Цель нашего исследования – на основании данных денситометрии оценить возможности МСКТ легких в диагностике ранних проявлений сердечной недостаточности у больных ИБС при проведении малоинвазивных хирургических вмешательств.

## Материал и методы

Оценку динамики кровообращения в малом круге проводили по изменению денситометрической плотности легочной паренхимы в выделенном объеме легкого по результатам МСКТ органов грудной полости до и в ближайшее время после проведения малоинвазивных вмешательств. Исследование грудной полости выполняли на компьютерном томографе Toshiba Aquilion 16 в обычном режиме, с толщиной аксиальных срезов 2 мм × 16, время оборота трубки 0,5 с. Напряжение 120–130 кВ, ток 50 мАс.

В исследование включены 54 больных ИБС в возрасте от 43 до 89 лет (средний возраст  $67,7 \pm 9,6$  года), в числе которых было 18 мужчин и 36 женщин. На первом этапе МСКТ легких

**Распределение больных по видам проведенного лечения  
и сравнительная оценка результатов МСКТ легких**

Признаки улучшения функции левого желудочка	Коронарное стентирование (n=24)	Установка водителя ритма (n=26)	Абляция проводящих путей (n=4)	Всего
Выявлены	9 (16%)	15 (28%)	0	24 (44%)
Не выявлены	15 (28%)	11 (20%)	4 (7%)	30 (56%)
Итого	24 (44%)	26 (48%)*	4 (7%)	54 (100%)

\* $p < 0,05$ .

была выполнена у 24 больных с ОКС в экстренном порядке, до первичного коронарного вмешательства, и у 30 пациентов с нарушениями сердечного ритма, острейшие проявления которых были купированы консервативно. Повторная МСКТ легких у этих пациентов по той же программе была проведена в первые 4 дня после малоинвазивного хирургического вмешательства.

Анализ нативной МСКТ легких позволял определить существующие изменения, свойственные для пациента данного возраста, которые в большинстве случаев характеризовались умеренным усилением легочного рисунка за счет сосудистого компонента и невыраженными поствоспалительными изменениями. При первичном КТ-сканировании плотность легочной паренхимы была в пределах 710–860 ед. Н. Клинические проявления СН без нагрузки в выделенной группе не определялись. В процессе исследования ориентировались на известные проявления левожелудочковой недостаточности, к которым относятся: выпот в плевральные полости и междолевых щелях, утолщение интерстиция, расширение легочных сосудов, симптом «матового стекла» или сочетание указанных признаков. В исследование не были включены пациенты с легочными заболеваниями, а также те, у которых на момент обследования был диагностирован отек легких или было известно о его наличии в прошлом.

У одних и тех же пациентов выполнен посрезовый сравнительный анализ двух МСКТ-изо-

бражений легких. В целях стандартизации исследования в каждом случае в периферической зоне выделяли специальное «окно визуализации». Денситометрическая плотность паренхимы по шкале Хаунсфилда в выделенной зоне приблизительно соответствовала 800 ед. Полученное значение принималось за уровень «окна», ширина которого устанавливалась от 100 до 200 ед. Н. Для лучшей визуализации уровень и ширина «окна» в каждом конкретном случае могли быть незначительно изменены. Интегральный анализ результатов выполненного исследования был проведен на рабочей станции VITRIA. Полученные данные обработаны в соответствии с принципами биомедицинской статистики, с использованием программы «Биостат» и применением двустороннего критерия Фишера [10].

### Результаты

Снижение денситометрической плотности легочной ткани связано с улучшением сократимости миокарда левого желудочка у больных с ОКС. За достоверное улучшение легочного кровообращения в виде локального повышения воздушности паренхимы в пределах нескольких легочных долек принимали понижение денситометрических показателей в последовательно выполненных срезах МСКТ более чем на 10 ед. Н.

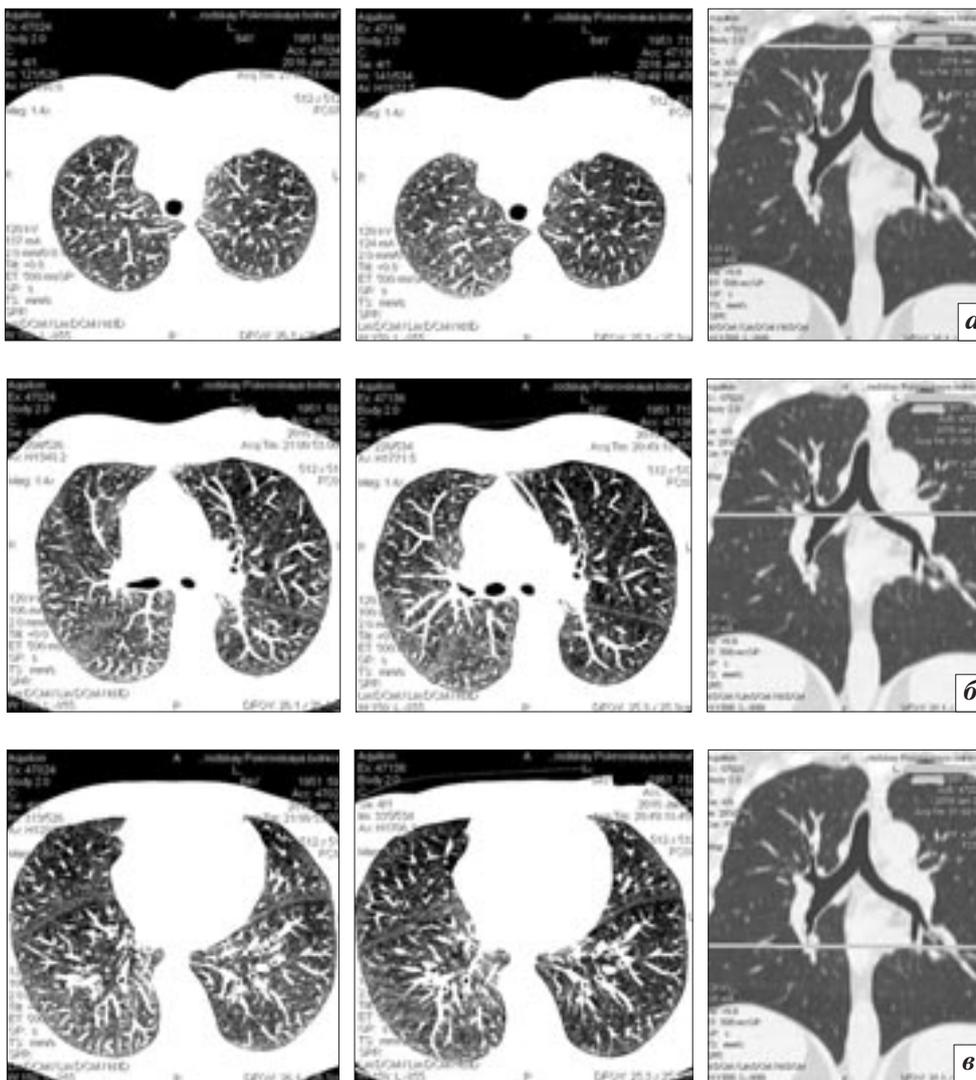
Распределение больных по видам проведенного лечения и значимым результатам МСКТ представлено в таблице.

Установлено, что улучшение денситометрических показателей после проведения малоинва-

зивных вмешательств произошло у 24 пациентов. У остальных 30 больных значимого улучшения состояния легочного кровотока не было. Последнее обстоятельство могло быть расценено как то, что у части больных при первичном обследовании отсутствовали связанные с дисфункцией миокарда МСКТ-признаки изменений в малом круге кровообращения или что выполненное малоинвазивное вмешательство в ближайшем послеоперационном периоде не приводило к объективно выявляемому уменьшению существующей левожелудочковой недостаточности. По результатам выполненных расчетов при анализе данных двух различных групп пациентов признаки достоверного улучшения ( $p < 0,05$ ) насосной функции левого желудочка установлены у 15 (58%) из 26 больных после имплантации ЭКС, и реже они наблюдались после интракоронарного стентирования – у 9 (38%) из 24 пациентов. При этом различия по частоте позитивных ответов после принципиально разных типов малоинвазивных вмешательств при данном объеме выборки (54 пациента) не были статистически достоверными [10].

В качестве иллюстрации приводим описание двух клинических наблюдений.

*Пациентка Л., 64 лет, поступила в экстренном порядке по поводу ОКС с клинически выраженными болями за грудиной и изменениями на ЭКГ. Клинический диагноз: ИБС, нестабильная стенокардия, постинфарктный кардиосклероз (ИМ неизвестной давности). Сердечная недостаточность I ФК (по NYHA).*



**Рис. 1.** МСКТ легких, аксиальные срезы на трех различных уровнях (а–в): слева – до, в центре – через 2 дня после интракоронарного стентирования. Визуализируются изменения КТ-картины легких за счет появления зон повышения пневматизации, указывающей на уменьшение проявлений левожелудочковой сердечной недостаточности

Выполнено коронарное стентирование левой передней нисходящей артерии (рис. 1).

Изменения пневматизации наилучшим образом могли быть выявлены с использованием специального легочного «окна визуализации».

Пациентка Г., 74 лет, поступила в экстренном порядке по поводу нарушения ритма, связанного с синдромом слабости синусового узла, с диагнозом: ИБС, синдром слабости синусового узла, синусовая блокада 3 ст., предсердная и желудочковая экстрасистолия, АВ-блокада 1 ст. ХСН 2 ФК. Гипертоническая болезнь III ст. Проведено оператив-

ное лечение – установлен двухкамерный ЭКС (рис. 2). Режим ЭКС – DDD.

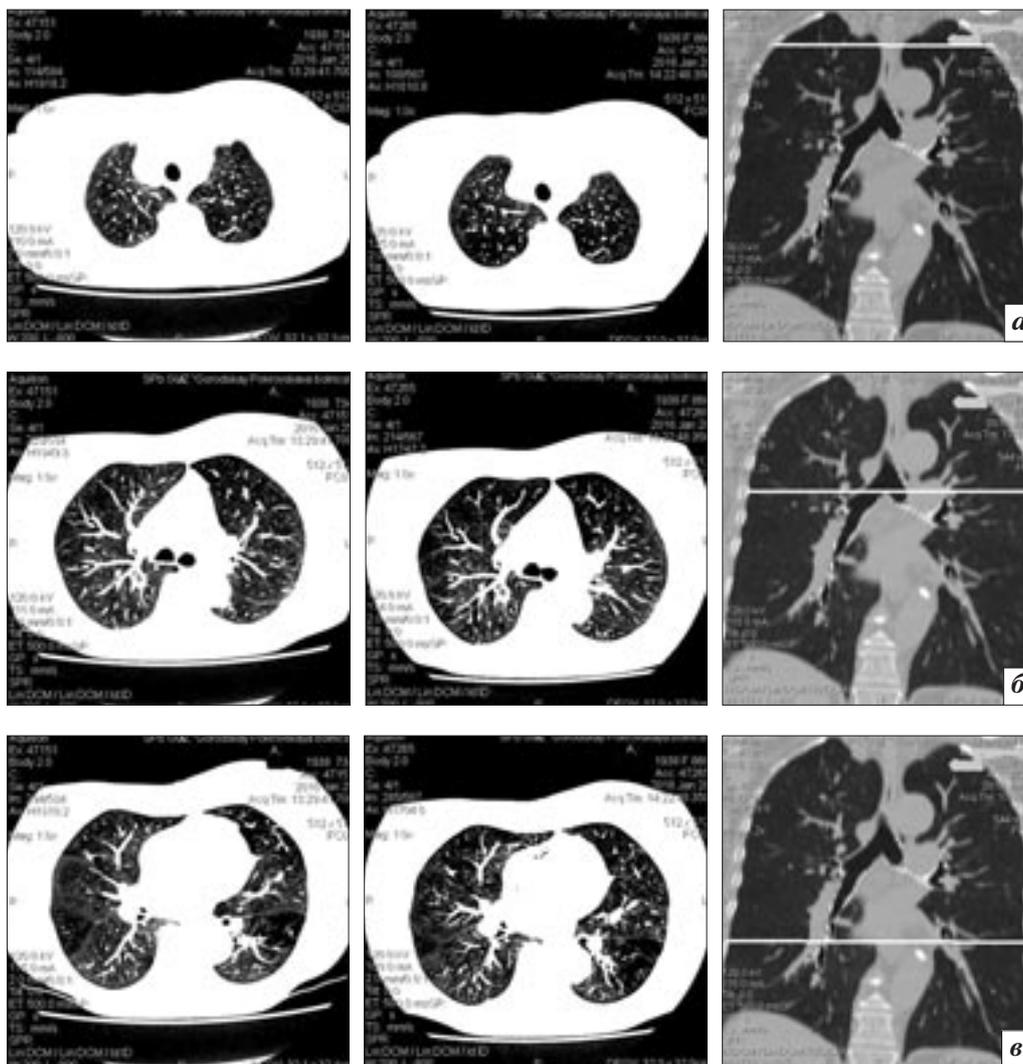
Положительная динамика изменений в малом круге кровообращения зависит от сократительной способности миокарда, которая обусловлена увеличением фракции выброса и в значительной мере связана с уменьшением диссинхронии сокращений левого желудочка.

По изменению денситометрической плотности легочной ткани возможна приблизительная количественная оценка уменьшения объема депонированной жидкости. По нашим данным,

при положительном ответе на малоинвазивное вмешательство средняя плотность легочной паренхимы уменьшалась с 800 до 780 ед. Н. Поэтому, например, если рассчитанный на рабочей станции компьютерного томографа объем легких соответствовал 3700 мл, то при снижении легочной плотности на 20 ед. Н уменьшение вычисленного объема жидкости в легких соответствовало 74 мл, приблизительно по 37 мл на каждое легкое.

### Обсуждение

Лучевое и функциональное обследование больных ИБС пре-



**Рис. 2.** МСКТ легких, аксиальные срезы на трех различных уровнях (а–в): слева – до, в центре – через 2 дня после установки водителя ритма.

Визуализируются изменения КТ-картины легких за счет появления зон повышения пневматизации, указывающей на уменьшение проявлений левожелудочковой сердечной недостаточности

дусматривает диагностику СН, начальные признаки которой могут быть определены по состоянию малого круга кровообращения. В ранее выполненных фундаментальных исследованиях отечественных и зарубежных авторов установлено наличие патофизиологически обоснованной взаимосвязи между рентгеновской картиной легких и конечным диастолическим давлением в левом предсердии, проявляющейся повышением давления в посткапиллярном звене и капиллярах малого круга [13–15]. Рентгенологическая диагностика начальных признаков СН, основанная на выявлении перераспределения легочного кровотока,

зачастую носит субъективный и исключительно качественный характер. По данным литературы, показана высокая эффективность использования МСКТ в выявлении развившегося отека легких [16–19].

В последние годы в связи с внедрением малоинвазивных технологий лечения ОКС большое внимание уделяется вопросам всестороннего лучевого и функционального обследования этой категории больных. Многочисленные исследования направлены на разработку объективных методик оценки миокардиального кровотока, перфузии миокарда и признаков СН при ОКС в процессе лечения [11, 12].

Повышение сократимости миокарда левого желудочка и уменьшение СН являются непосредственным результатом выполненного первичного коронарного вмешательства и восстановления сердечного ритма.

На основании МСКТ легких у больных с ОКС предложена методика диагностики изменений в малом круге кровообращения, наблюдающихся при реваскуляризации миокарда и нормализации сердечного ритма, характеризующих полное или частичное восстановление сократимости миокарда. В основе методики лежит локальная, на уровне легочных долек, качественная и количественная оценка

денситометрической плотности легочной ткани и ее изменений после хирургического вмешательства. При оценке чувствительности методики необходимо учитывать, что максимальная завышенная производителем погрешность использованного томографа по неоднородности поля составляет 4 ед. Н.

### Заключение

По результатам выполненного исследования установлена высокая чувствительность МСКТ легких, выполненной по предложенной методике, в диагностике дисфункции левого желудочка у больных с ОКС при восстановлении коронарного кровотока и нормализации сердечного ритма. Результаты МСКТ легких могут служить одним из критериев эффективности проведенного вмешательства.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Литература [References]

1. Информационный бюллетень ВОЗ № 317. Март 2013 г. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (дата обращения: 02.02.2016). [World health organization. Information Fact sheet of the world health organization № 317, March 2013 (in Russ.). Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (accessed 2 February 2016)]
2. McDonagh T.A., Morrison C.E., Lawrence A. et al. Symptomatic and asymptomatic left-ventricular systolic dysfunction in an urban population. *Lancet*. 1997; 350: 829–33. DOI: 10.1016/S0140-6736(97)03033-X
3. Концевая А.В., Калинина А.М., Колтунов И.Е., Оганов Р.Г. Социально-экономический ущерб от острого коронарного синдрома в Российской Федерации. *Радиональная фармакотерапия в кардиологии*. 2011; 7 (2): 158–66. DOI: 10.20996/1819-6446-2011-7-2-158-166 [Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., Koltunov I.E., Oganov R.G. Socio-economic harm from acute coronary syndrome in the Russian Federation. *Ratsional'naya Farmakoterapiya v Kardilogii (Rational Pharmacotherapy in Cardiology, Russian journal)*. 2011; 7 (2): 158–66 (in Russ.). DOI: 10.20996/1819-6446-2011-7-2-158-166]
4. Salvador M.J., Sebaoun A., Sonntag F. et al. European Study of Ambulatory Management of Heart Failure. *Rev. Esp. Cardiol*. 2004; 57 (12): 1170–8. DOI: 10.1016/S1885-5857(06)60209-0
5. Rezcalla S.H., Kloner R.A. Coronary no-reflow phenomenon: from the experimental laboratory to the cardiac catheterization laboratory. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2008; 72: 950–7.
6. Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. М.: Видар-М; 2008. [Rybakova M.K., Alekhin M.N., Mit'kov V.V. Practical guide to ultrasound diagnostics. Echocardiography. Moscow: Vidar-M; 2008 (in Russ.).]
7. Труфанов Г.Е., Железняк И.С., Рудь С.Д., Меньков И.А. МРТ в диагностике ишемической болезни сердца. СПб: Элби-СПб; 2012. [Trufanov G.E., Zheleznyak I.S., Rud' S.D., Men'kov I.A. MRI in the diagnosis of coronary heart disease. St. Petersburg: Elbi-SPb; 2012 (in Russ.).]
8. Гранов А.М., Тютин Л.А. Позитронно-эмиссионная томография. СПб: Фолиант; 2008. [Granov A.M., Tyutin L.A. Positron emission tomography. St. Petersburg: Foliant; 2008 (in Russ.).]
9. Abbate A., Kontos M.C. No-reflow: the next challenge in treatment of ST-elevation acute myocardial infarction. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 1795–7. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn281
10. Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. 3-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015. [Petrie A., Sebin C. Visual medical statistics. 3rd Ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2015 (in Russ.).]
11. Тихонов К.Б. Функциональная рентгеноанатомия сердца. М.: Медицина; 1990. [Tikhonov K.B. Functional radiological anatomy of the heart. Moscow: Meditsina; 1990 (in Russ.).]
12. Turner F, Lau F, Jacobson G. A method for estimation of pulmonary venous and arterial pressures from the routine chest roentgenogram. *Am. J. Roentgenol.* 1972; 116: 97–106.
13. Петренко И.Е. Рентгенологические проявления левожелудочковой недостаточности сердца и рентгенодиагностика некоторых осложнений при остром инфаркте миокарда: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л.; 1982. [Petrenko I.E. Radiological manifestations of left ventricular failure of the heart and X-ray diagnosis of certain complications of acute myocardial infarction. Cand. Med. Sc. Theses of Diss. Leningrad; 1982 (in Russ.).]
14. Pelosi P, Gama de Abreu M. Lung CT scan. *Open Nucl. Med. J.* 2010; 2: 86–98.
15. Kato S, Nakamoto T, Iizuka M. Early diagnosis and estimation of pulmonary congestion and edema in patients with left-sided heart disease from histogram. *Pulmonary CT Number*. 1996; 109: 1439–45.
16. Storto M.L., Kee S.T., Golden J.A., Webb W.R. Hydrostatic pulmonary edema: high-resolution CT findings. *AJR*. 1995; 165: 817–20.
17. Claudia M., Cunha R., Edson M., Rodrigueus R. et al. Hydrostatic pulmonary edema: high-resolution computed tomography aspects. *J. Bras. Pneumol.* 2006; 32 (6): 515–22. DOI: 10.1590/S1806-37132006000600008
18. Sebastiaan C.A., Bekkers M., Waltenberger J. Microvascular obstruction: underlying pathophysiology and clinical diagnosis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010; 55: 1649–60. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.12.037
19. Обрезан А.Г., Вологодина И.В. Хроническая сердечная недостаточность. СПб: Вита Нова; 2002. [Obrezan A.G., Vologdina I.V. Chronic heart failure. St. Petersburg: Vita Nova; 2002 (in Russ.).]