



Возможности ОФЭКТ-КТ в диагностике стенозов коронарных артерий

Литвиненко И.В.

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница», Челябинск, Россия

ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск, Россия

The Possibility of SPECT-CT in the Diagnosis of Coronary Artery Stenosis

Litvinenko I.V.

Chelyabinsk Regional Hospital, Chelyabinsk, Russia

South Ural State medical University, Chelyabinsk, Russia

Цель исследования: оценить возможности ОФЭКТ-КТ в диагностике стенозов коронарных артерий в сравнении с данными коронароангиографии (КАГ).

Материал и методы. Выполнены ОФЭКТ-КТ и КАГ 39 (100%) пациентам с ишемической болезнью сердца. Перфузионную сцинтиграфию миокарда проводили на аппарате ОФЭКТ-КТ SIMBIA фирмы Siemens в ЭКГ-синхронизированном режиме в покое и с нагрузочными пробами. Вводили РФП «Технетрил, ^{99m}Tc » в дозе 500–700 МБк. КАГ проводилась по стандартной методике на аппаратах Siemens Artis Zee Floor, Thoshiba Infinix CF-I/SP.

Результаты. По данным ОФЭКТ-КТ миокардиальную гипоперфузию визуализировали у 29 (74,3%) пациентов, при инвазивной коронарографии патологические изменения коронарных артерий определяли у 25 (64,1%). Нарушение перфузии миокарда левого желудочка в 41% наблюдений диагностировалось при пограничных и гемодинамически значимых стенозах венечных артерий. При сравнительном анализе данных двух методов истинно положительные результаты были получены у 21 (53,8%) пациента, истинно отрицательные – у 8 (20,5%), ложноположительные – у 4 (10,2%), ложноотрицательные – у 2 (5,1%). В 10,2% случаев неправильная интерпретация томосцинтиграмм, выполненных с КТ, привела к ошибочным заключениям. Из исследовательского поиска исключены 4 (10,2%) наблюдения, так как не являлись диагностическими ошибками. Чувствительность метода составила 91%, специфичность – 67%, точность – 83%.

Выводы. ОФЭКТ-КТ является высокоинформативным методом в выявлении нарушения перфузии миокарда левого желудочка у пациентов с гемодинамически значимыми и пограничными стенозами коронарных артерий. Только тщательная визуальная оценка сцинтиграфических изображений с поправкой на аттенуацию и без нее позволяет установить правильное диагностическое заключение. Учитывая высокую чувствительность и прогностическую ценность как положительного, так и отрицательного результата перфузионной сцинтиграфии миокарда, а также неинвазивность, возможно

ее использование как первого метода диагностики для отбора групп больных для проведения инвазивной коронарографии.

Ключевые слова: сцинтиграфия, перфузия, коронарный стеноз, коронароангиография.

Objective: to evaluate the possibility of SPECT-CT in the diagnosis of coronary artery stenosis in comparison with data of CA.

Materials and methods. The SPECT-CT and coronary angiography 39 (100%) patients with ischemic heart disease. Perfusion scintigraphy of the myocardium was performed on the apparatus SPECT-CT «SIMBIA» Siemens ECG-synchronized mode alone and with load tests. Entered RN «Technical, ^{99m}Tc » in a dose of 500–700 MBq. CAG was performed by a standard method on the Siemens Artis Zee Floor, ThoshibaInfinix CF-I/SP.

Results. Myocardial hypoperfusion was visualized in 29 (74.3%) patients according to SPECT-CT, pathological changes of the coronary arteries was determined in 25 (64.1%) with invasive coronary angiography. Impaired perfusion of the myocardium of the left ventricle in 41% of cases were diagnosed at the edge and hemodynamically significant stenoses of the coronary arteries. A comparative analysis of these two methods who also has the results were obtained in 21 (53.8%) of the patient, stenotritidae – 8 (20.5%), false-positive – 4 (10.2%), false-negative – 2 (5.1%). In 10.2% of cases incorrect interpretation tomoscintigraphy performed with CT resulted in erroneous conclusions.Excluded from the investigation 4 (10.2%) observations, as was not diagnostic errors. The sensitivity was 91%, specificity of 67%, an accuracy of 83%.

Conclusion. SPECT-CT is an a highly informative method in detecting violations of perfusion of the myocardium of the left ventricle in patients with hemodynamically significant and borderline coronary stenoses. Only a thorough visual assessment of scintigraphic images with correction for attenuation and without it permits to set the correct diagnostic conclusion. Given the high sensitivity and predictive



value of both positive and negative results of perfusion scintigraphy of the myocardium, as well as non-invasive, it can also be used as the first diagnostic method for selection of patients for invasive coronary angiography.

Key words: scintigraphy, perfusion, coronary stenosis, coronary catheterization.

Введение

В настоящее время перфузионная сцинтиграфия миокарда (ПСМ) занимает ведущую позицию в диагностике заболеваний сердца и широко используется для обследования пациентов с установленным или вероятным диагнозом ишемической болезни сердца (ИБС) [1].

Безусловно, “золотым стандартом” современной диагностики ИБС является коронарная ангиография (КАГ), но исследование инвазивное и небезопасное для больного. Перед его проведением предпочтительнее использовать неинвазивные методы визуализации для оценки жизнеспособности миокарда и прогнозирования исхода реваскуляризации, одним из которых является однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) [1–3].

Точность ОФЭКТ с выполнением нагрузочных физических или медикаментозных проб в выявлении коронарной ишемии неуклонно растет. По данным различных авторов, результаты ПСМ неоднократно верифицировались с помощью инвазивной коронарографии, при этом была доказана высокая информативность метода в определении локализации коронарного стеноза и оценки его гемодинамической значимости [4–11].

Многочисленные исследования доказали, что ОФЭКТ может эффективно использоваться для прогнозирования кардиальных событий у больных с коронарной недостаточностью. У пациентов с 10% ишемией миокарда со снижением сократительной способности по-прежнему более высокий риск развития смерти, несмотря на проведение стентирования. При поражении миокарда левого желудочка (ЛЖ) более 10% увеличивается ежегодный риск коронарной смерти до 2% и смерти от всех причин – 3%, тогда как при меньшей степени ишемии – менее 3%. Мало того, стентирование

может увеличить смертность у пациентов с ИБС при поражении менее 10%. Выделение группы больных с высоким риском смертности и инфаркта миокарда по объему нарушения перфузии позволило бы избежать у них развития осложнений при реваскуляризации миокарда. При низком риске можно продолжать медикаментозное лечение, что разрешило бы избежать преждевременного выполнения инвазивных процедур [12–16].

Последние технологические разработки и новые алгоритмы реконструкции позволяют улучшить разрешающую способность и качество сцинтиграфического изображения, значительно сократить время исследования и уменьшить количество артефактов, затрудняющих интерпретацию полученных данных. Причинами артефактов, а следовательно, получения “ложноположительных” результатов являются: смещение больного во время исследования, ткань молочной железы, высокое стояние купола диафрагмы, металлические пуговицы или предметы, находящиеся в карманах. Поэтому на современном этапе для коррекции аттенюации в радиологии используются гибридные технологии: однофотонная эмиссионная компьютерная томография – компьютерная томография (ОФЭКТ-КТ) [2, 17–21].

Цель исследования

Оценить возможности ОФЭКТ-КТ в диагностике стенозов коронарных артерий в сравнении с данными КАГ.

Материал и методы

В работе изложены результаты ОФЭКТ-КТ-исследований 39 пациентов с ИБС, выполненных в 2014 г. в отделении радионуклидной диагностики Челябинской областной клинической больницы, направленных на обследование врачом-кардиологом. В исследовании преобладали мужчины (79,5%), средний возраст пациентов составил $53 \pm 11,25$ года. Диагностика ИБС основывалась на клиничко-anamnestических, лабораторных данных, результатах ЭКГ, инвазивной коронарографии, эхокардиографии (ЭхоКГ) и изотопного исследования. Распределение больных по характеру патологиче-

Для корреспонденции: Литвиненко Ия Владимировна – 454076 Челябинск, ул. Воровского, 70, Челябинская областная клиническая больница, корпус 11. Тел.: +7-906-869-92-23. E-mail: iya_litvinenko@mail.ru

Литвиненко Ия Владимировна – канд. мед. наук, заведующая отделением радионуклидной диагностики Челябинской областной клинической больницы, ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО “Южно-Уральский государственный медицинский университет” МЗ РФ.

Contact: Litvinenko Iya Vladimirovna – 454076 Chelyabinsk, Vorovskogo str., 70, Chelyabinsk Regional Hospital, housing 11. Phone: + 7-906-869-92-23. E-mail: iya_litvinenko@mail.ru

Litvinenko Iya Vladimirovna – cand. of med. sci., head of the nuclear medicine department of Chelyabinsk Regional Hospital, assistant of the department of oncology, radiation diagnosis and radiotherapy of South Ural State medical University.

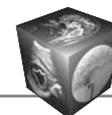


Таблица 1. Распределение больных по характеру заболевания

Нозологическая форма	Число больных	
	абс.	%
1. ИБС:		
стенокардия напряжения II функционального класса	10	25,6
стенокардия напряжения III функционального класса	15	38,4
стенокардия напряжения в сочетании со стенокардией покоя	3	7,6
постинфарктный кардиосклероз в сочетании с безболевогой формой ИБС или стенокардией напряжения	2	5,1
постинфарктный кардиосклероз в сочетании со стенокардией напряжения	5	12,8
2. Сахарный диабет в сочетании с гипертонической болезнью	4	10,2
3. Всего	39	100

ского процесса представлено в табл. 1. Пациенты предъявляли следующие жалобы: боль за грудиной (73%), головокружение (23%), одышка (57%), сердцебиение (40%), перебои в работе сердца (17%). У 19 (48,7%) обследуемых вышеперечисленные жалобы купировались нитроглицерином.

Объем обследования больных: ЭКГ, ЭхоКГ, ОФЭКТ-КТ, инвазивная коронарография. ПСМ выполняли на аппарате ОФЭКТ-КТ (T2) SIMBIA фирмы Siemens в ЭКГ-синхронизированном режиме в покое и с нагрузочными пробами. Использовали радиофармпрепарат (РФП) "Технетрил, ^{99m}Tc" в дозе 500–700 МБк.

Нагрузочные пробы проводили по ступенчато-возрастающей нагрузке, по данным велоэргометрии (ВЭМ) достоверными критериями прекращения пробы считали:

1) достижение субмаксимальных цифр частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД);

2) появление общей усталости и отказ пациента от проведения нагрузки;

3) жалобы на общее головокружение и одышку;

4) развитие клинического приступа стенокардии;

5) снижение АД на 10 мм рт.ст. и более;

6) элевация сегмента ST более чем на 1 мм;

7) депрессия сегмента ST более чем на 2 мм;

8) появление пароксизмальной предсердной и/или желудочковой тахикардии, атриовентрикулярной, синоатриальной блокады II–III степени,

По окончании пробы с физической нагрузкой давали следующие формы заключений:

– отрицательная;

– сомнительная;

– положительная.

Критериями отрицательной пробы считали отсутствие у пациентов клинических и электрокардиографических признаков ишемии.

Сомнительной результаты пробы считали в случае:

1) атипичного болевого синдрома за грудиной и при этом не было признаков ишемии на ЭКГ;

2) горизонтального снижения сегмента ST ниже 0,5 мм или медленно восходящее снижение сегмента ST на 1 мм.

Критерии положительной пробы:

1) снижение сегмента ST на 1 мм по "ишемическому типу";

2) подъем сегмента ST на 1 мм;

3) развитие типичного приступа стенокардии;

4) появление одышки, удушья.

Когда на высоте нагрузки вводили РФП, пациент продолжал выполнять нагрузку еще 1 мин для достижения ишемического равновесного состояния.

Для нагрузочного фармакологического тестирования при выявлении скрытой коронарной недостаточности нами использовался аденозин. Основным преимуществом этого препарата является его быстрый метаболизм в плазме крови, что позволяло минимизировать вероятность развития осложнений. Препарат вводили в дозировке 0,14 мг/кг/мин. Как и при проведении ВЭМ тест выполнялся врачом функциональной диагностики при постоянном мониторинге ЭКГ и АД.

ОФЭКТ-КТ начинали через 40–60 мин после введения РФП. На первом этапе проводили КТ исследуемой области для коррекции эмиссионной информации (с целью поправок на ослабление сигналов). Пространственное несовпадение КТ- и ОФЭКТ-изображений устраняли путем их ручного совмещения (рис. 1).

Для обработки и интерпретации результатов ПСМ использовали приложение Corridor4DM. На полученных изображениях определяли локализацию дефекта перфузии по отношению к зонам кровоснабжения соответствующей венечной артерии. Наличие жизнеспособного миокарда выявляли полуколичественно и количественно. При количественной оценке использовали систему координат "бычий глаз", т.е. разделяли миокард на 17 сегментов и определяли долю включения РФП в каждом сегменте.

Оценка отражала характер, степень, площадь, локализацию поражения. По характеру поражения диагностировали очаговый дефект или диффузно-



неоднородное накопление РФП. Достоверным признаком нарушения перфузии считали уменьшение накопления препарата на 25% и более относительно максимума. При описании томосцинтиграмм использовали 4 степени нарушения перфузии: нормальная перфузия – степень захвата РФП 100–70%, умеренное нарушение – 69–50%, выраженное нарушение – 10–29%, аперфузия – менее 10%. Локализацию поражения определяли соответственно пяти областям миокарда ЛЖ: верхушка, перегородка, передняя, боковая, задняя стенки или их сочетание. Дефекты перфузии классифицировали как стабильные (наличие дефекта перфузии при нагрузке и/или в покое) и переходящие (уменьшение в покое постнагрузочного дефекта перфузии).

КАГ проводили по стандартной методике на аппаратах Siemens Artis Zee Floor, Toshiba Infinix CF-I/SP. По ее результатам анализировали тип коронарного кровоснабжения, число пораженных артерий, степень и уровень стеноза.

Выполнен статистический анализ операционных характеристик ПСМ: чувствительность, специфичность, точность, доверительный интервал, прогностичность положительного и отрицательного результатов [22, 23]. Статистическая обработка проводилась стандартными средствами Microsoft Excel 2003.

Результаты и их обсуждение

За 2014 г. было проведено 631 исследование миокарда ЛЖ. Из них сцинтиграфия с нагрузочны-

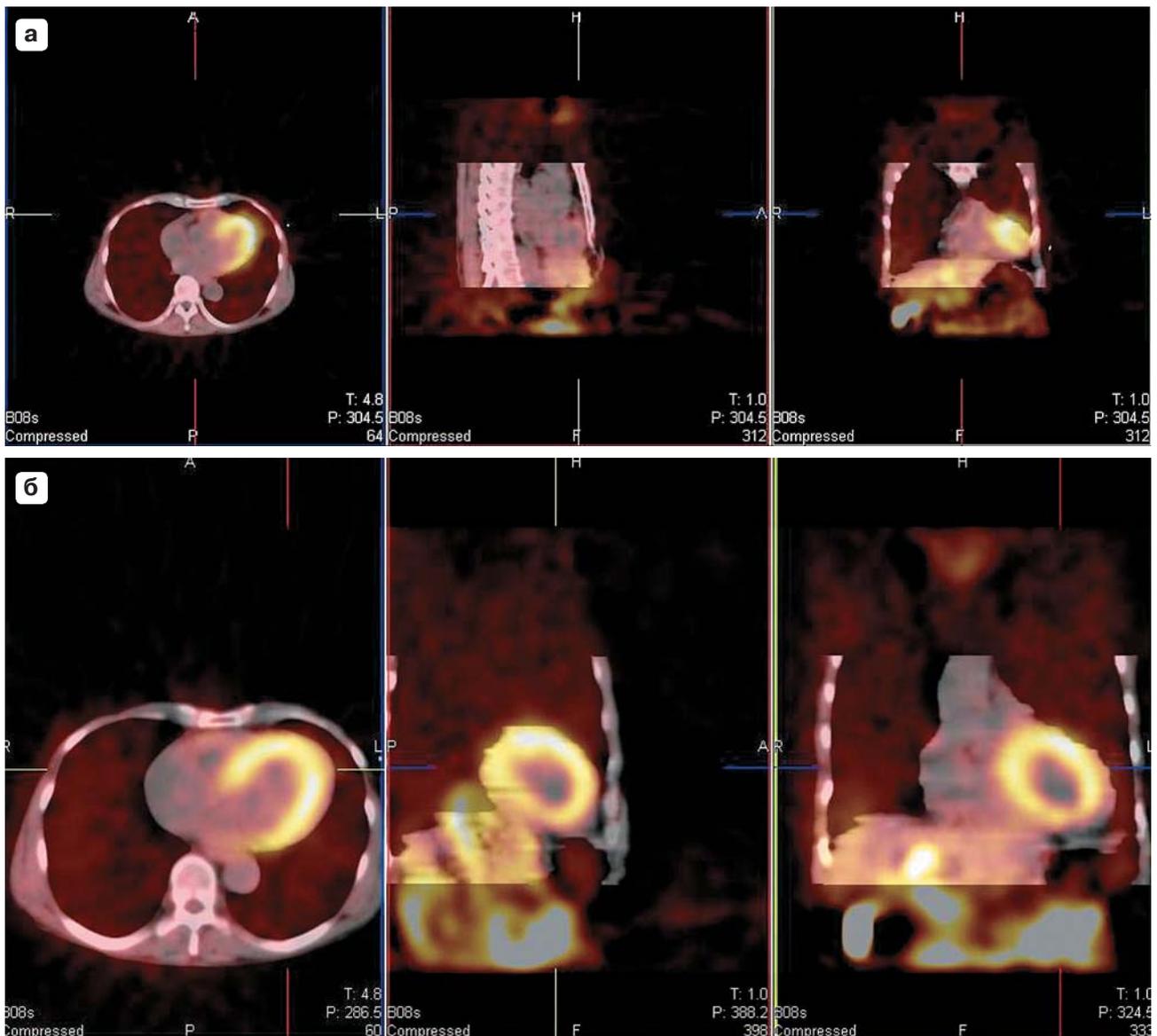
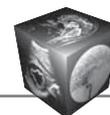


Рис. 1. ОФЭКТ- и КТ-изображения. а – пространственное несовпадение; б – ручное совмещение изображений.



ми пробами была выполнена 245 (39%) больным, в покое – 386 (61%). Всем 100% пациентов ПСМ проводили в ЭКГ-синхронизированном режиме, что позволяло оценить не только перфузию миокарда, но и сократительную функцию ЛЖ: конечно-систолический и конечно-диастолический объем, фракцию выброса (ФВ), подвижность сердечной стенки, систолическое утолщение, зоны гипо-, акинеза и дискинеза (рис. 2).

Гибридное исследование ОФЭКТ-КТ выполнено в 525 (83%) случаях из 631. ПСМ миокарда ЛЖ без поправки на аттенуацию вследствие неисправности КТ была проведена в 27% наблюдений. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Количественные показатели ПСМ

Результаты ПСМ	Число больных	
	абс.	%
Нет нарушения перфузии	249	39
Зона гипоперфузии менее 5%	174	28
Зона гипоперфузии от 5 до 10%	169	27
Зона гипоперфузии от 10% и более	39	6,1
Всего	631	100

В настоящей работе для оценки возможностей ОФЭКТ-КТ в выявлении нарушения перфузии в бассейнах коронарных артерий проанализированы результаты обследования 39 больных, которым была проведена инвазивная коронаро-

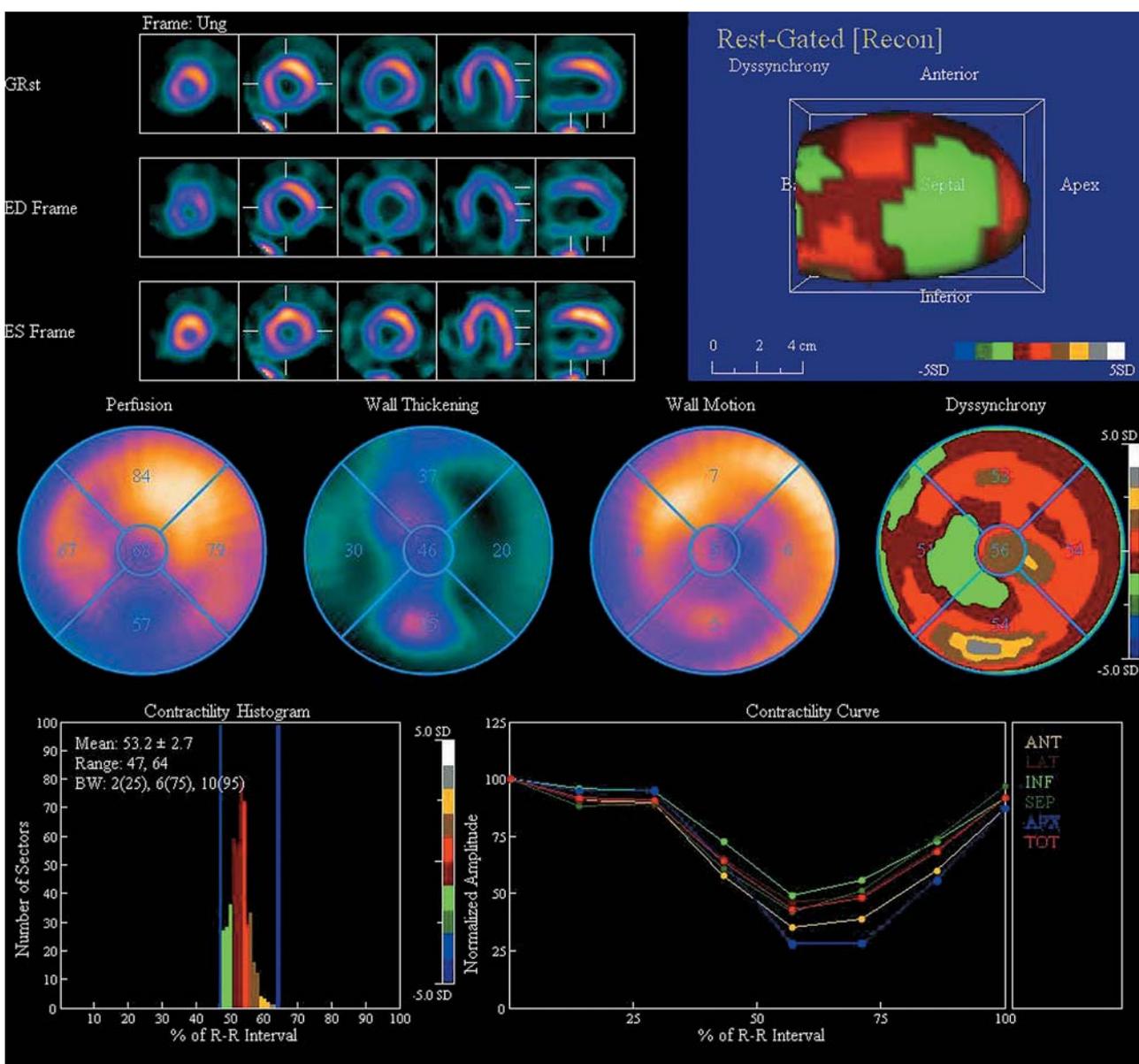


Рис. 2. ЭКГ-ПСМ-изображения. Исследование в покое. Дефект перфузии по задней стенке. Нарушение систолического утолщения. Незначительное нарушение движения стенки ЛЖ.



Таблица 3. Результаты нагрузочных проб

Результаты проб	АТФ		ВЭМ		Итого
	м.	ж.	м.	ж.	
Проба отрицательная	6 (19,3%)	1 (3,2%)	5 (16%)	1 (3,2%)	13 (42%)
Проба сомнительная	2 (6,4%)	0 (0%)	3 (9,6%)	3 (9,6%)	8 (26%)
Проба положительная	2 (6,4%)	1 (3,2%)	5 (16%)	2 (6,4%)	10 (32%)
Всего	10 (32,1%)	2 (6,4%)	13 (42%)	6 (19,3%)	31 (100%)

графия, из них нагрузочные пробы были выполнены 31 (79%) больному. Показания к проведению сцинтиграфии с нагрузочными пробами или в покое определял врач-кардиолог.

Результаты физической и фармакологической нагрузочных проб представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, только в 32% случаев пробы были положительными как в группе больных с фармакологической нагрузкой, так и в группе с физической нагрузкой (рис. 3).

Хотелось бы отметить, что в группе пациентов, которым проводилась фармакологическая нагрузка, результаты чаще были отрицательными (22,5%), а при физической нагрузке – положительными (22,5%).

Для того чтобы определить, влияет ли степень нарушения и размер зоны гипоперфузии на результаты нагрузочного тестирования, нами проведен сравнительный анализ разных групп пациентов (рис. 4).

Полученные данные указывают на то, что положительная нагрузочная проба наблюдалась во всех случаях у больных с нарушением перфузии миокарда ЛЖ разной степени (32%). Отрицательная проба чаще встречалась у пациентов с нормальной

перфузией миокарда (26%) и не была получена ни в одном наблюдении с аперфузией миокарда.

Результаты ОФЭКТ-КТ при выявлении нарушения перфузии в бассейнах коронарных артерий представлены в табл. 4.

В проведенном исследовании возможности метода позволили установить нарушение перфузии миокарда ЛЖ у 29 (74,3%) пациентов, по данным коронарографии стеноз венечных артерий был выявлен у 25 (64,1%). Сцинтиграфия в большинстве случаев определяла миокардиальную гипоперфузию в бассейне передней межжелудочковой ветви левой и правой коронарных артерий (ПМЖВ ЛКА и ПКА) (рис. 5). При КАГ патологические нарушения сосудов наблюдали чаще всего в бассейнах трех коронарных артерий – 13 (33,3%) наблюдений, причем в 11 (28,2%) гемодинамически значимые и пограничные стенозы диагностировали только в бассейне одной из них. В 36% случаев при инвазивной коронарографии поражение артерий не определяли или имелись лишь небольшие атеросклеротические изменения.

Сравнительные данные по степени нарушения перфузии миокарда ЛЖ и стеноза коронарных артерий представлены в табл. 5.

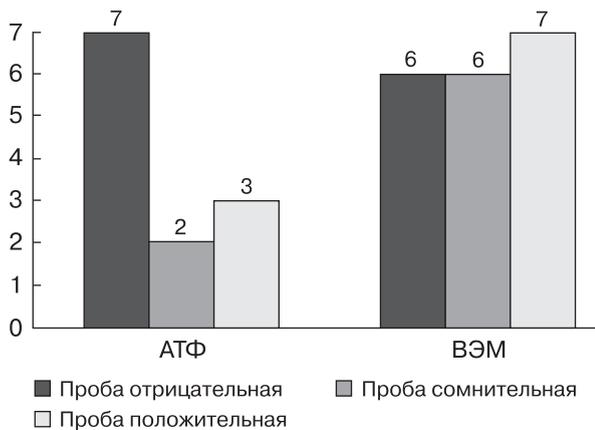


Рис. 3. Количественные показатели нагрузочного тестирования.

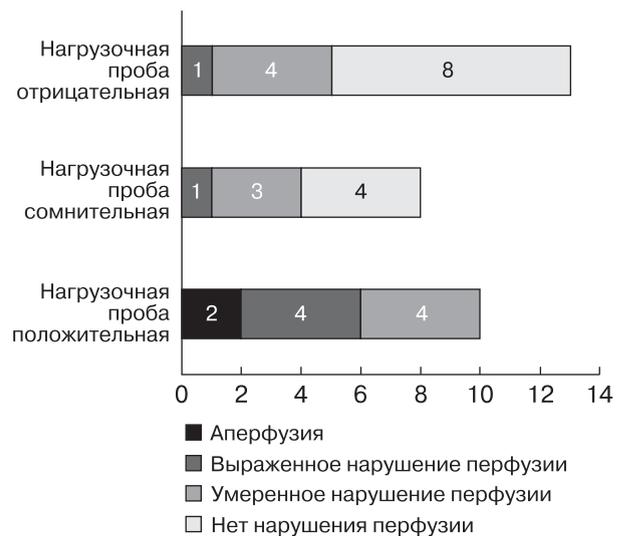


Рис. 4. Сравнительные показатели нарушения перфузии миокарда ЛЖ с результатами нагрузочных проб.

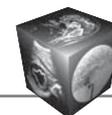


Таблица 4. Показатели ПСМ в определении локализации патологического процесса в сравнении с данными КАГ

Бассейны коронарных артерий	Число случаев			
	ПСМ		КАГ	
	n	%	n	%
1.Нарушение перфузии /стеноз коронарных артерий				
ЛКА ПМЖВ	6	15,3	2	5,1
ЛКА ОВ	2	5,1	1	2,5
ПКА	6	15,3	2	5,1
ЛКА ПМЖВ+ОВ	5	12,8	1	2,5
ЛКА ПМЖВ+ПКА	5	12,8	5	12,8
ЛКА ПМЖВ+ПКА+ ЛКА ОВ	2	5,1	13	33,3
ПКА+ ЛКА ОВ	1	2,5	1	2,5
2. Нарушения перфузии нет/стеноза нет	12	30,1	14	35,8
Всего	39	100	39	100

Таблица 5. Сравнительные показатели нарушения перфузии миокарда со степенью стеноза коронарных артерий

Нарушение перфузии	Степень стеноза коронарных артерий								Итого	
	норма		стеноз >50%		стеноз 50–70%		стеноз <70–90%			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Нарушение перфузии выше 10%	2	5,1	–	–	1	2,5	4	10,3	7	17,9
Нарушение перфузии от 5 до 10%	–	–	1	2,5	–	–	4	10,3	5	12,8
Нарушение перфузии до 5%	4	10,3	4	10,3	4	10,3	3	7,7	15	38,4
Нет нарушения перфузии	8	20,5	2	5,1	–	–	2	5,1	12	30,7
Всего	14	35,9	7	17,9	5	12,8	13	33,4	39	100

Результаты исследования показали, что сцинтиграфия наиболее часто выявляет снижение миокардиальной перфузии у больных со стенозом артерий более 90% (рис. 6).

При сравнительном анализе данных ПСМ и КАГ истинно положительные результаты (ИП) были получены у 21 (53,8%) пациента, т.е. метод позволил определить нарушение перфузии при стенозе коронарных артерий от 50% и более (рис. 7, 8).

8 (20,5%) случаев нами были расценены как истинно отрицательные итоги (ИО), как при КАГ, так и при ПСМ не определялось патологических изменений в сосудах сердца.

Ложноположительные результаты (ЛП) были диагностированы в 6 (15,3%) случаях. При этом у 2 (5,1%) пациентов было состояние после стентирования коронарных артерий. По данным проведенного исследования, выполненного в покое

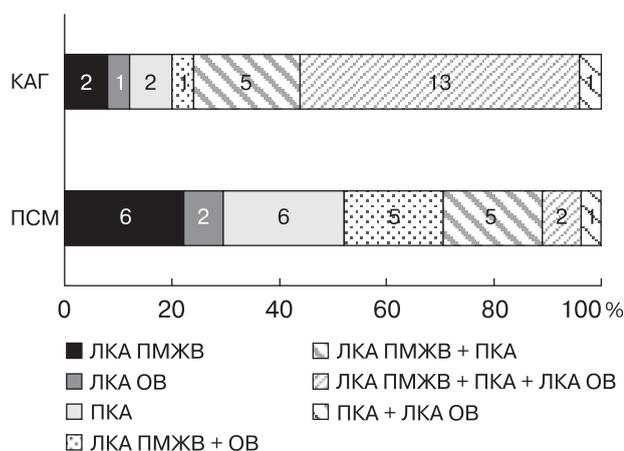


Рис. 5. Количественные показатели патологических изменений в бассейнах коронарных артерий по данным ПСМ и КАГ.



Рис. 6. Количественные показатели патологических изменений по степени нарушений в бассейнах коронарных артерий по данным ПСМ и КАГ.

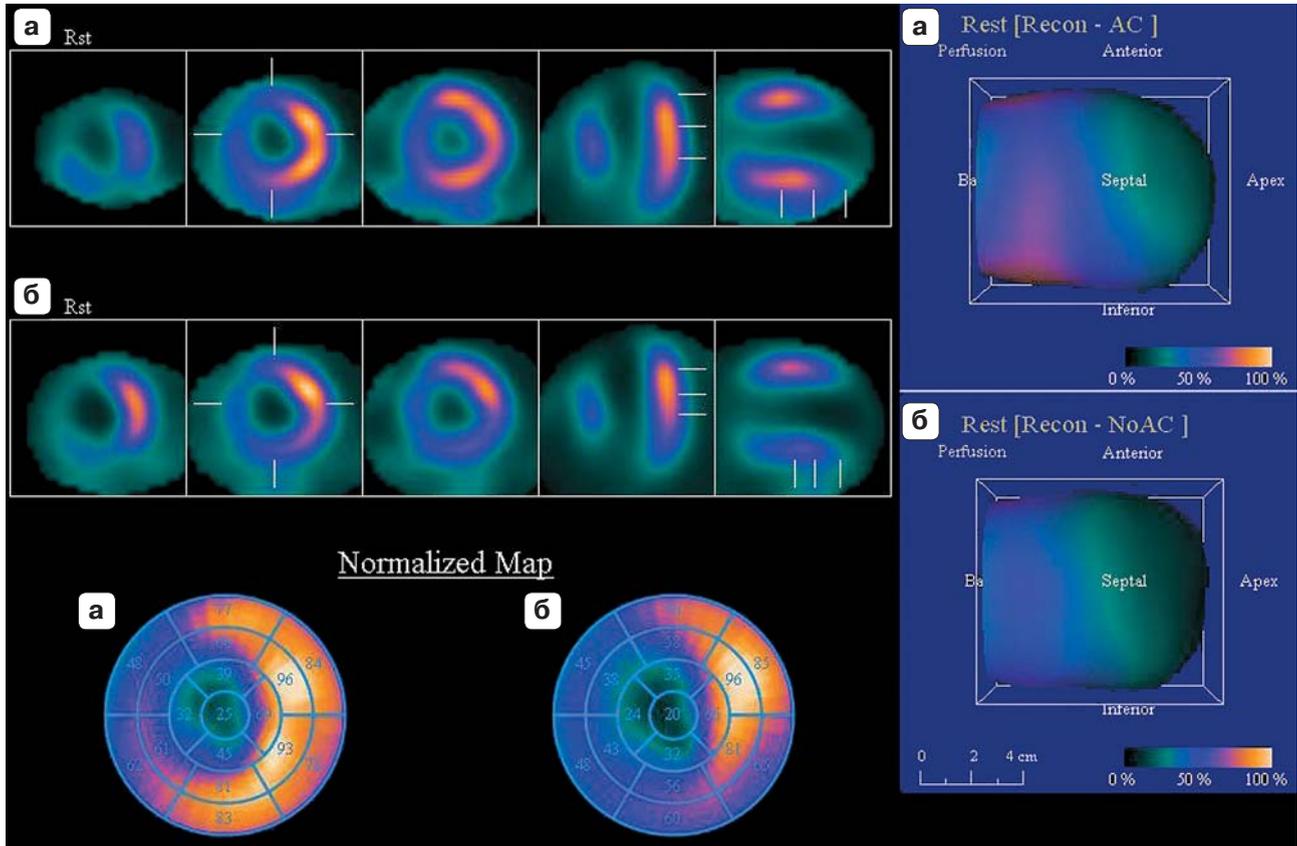


Рис. 7. ЭКГ-PCM-изображения. Исследование в покое. а – томосрезы, полярная карта, трехмерная реконструкция с коррекцией аттенуации – определяется выраженный дефект перфузии в верхушке, апикальных сегментах, перегородочном отделе (размер зоны гипоперфузии более 10%); б – томосрезы, полярная карта, трехмерная реконструкция без коррекции аттенуации – отмечается увеличение площади гипоперфузии – ложноположительный “дефект перфузии” по задней стенке.

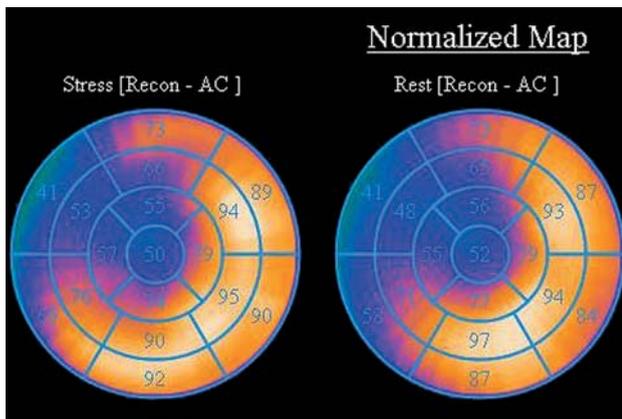


Рис. 8. Полярные карты ЛЖ. Исследование при нагрузке и в покое с поправкой на ослабление сигнала. Стабильный дефект перфузии.

и при физической нагрузке, у них определялся выраженный стабильный дефект перфузии, соответствующий области постинфарктного кардиосклероза. По клиническим показаниям была про-

ведена повторная коронарография, стенты были проходимы, стенозов и окклюзий не наблюдалось. На основании полученных результатов эти больные нами исключены из данной группы наблюдений, так как не являются диагностическими ошибками. Таким образом, ЛП результата было 4 (10,2%). Нарушения перфузии менее 5% у 4 (10,2%) больных были получены в начале наших исследований и связаны с неправильной интерпретацией данных ОФЭКТ-КТ. При реконструкции изображений приложение 4DM автоматически выводит на экран наборы данных, содержащих результаты исследований, проведенных с и без КТ. Нами анализировались только данные с поправкой на аттенуацию и не учитывались без нее (рис. 9). В настоящих наблюдениях нарушение перфузии визуализировалось в верхушке, апикальных сегментах перегородочного отдела и передней стенке, а на изображениях без КТ в этих же отделах нарушение перфузии отсутствовало, таким образом, дефекты перфузии были обусловлены артефактами от КТ. В дальнейшей работе обязательное сравнение

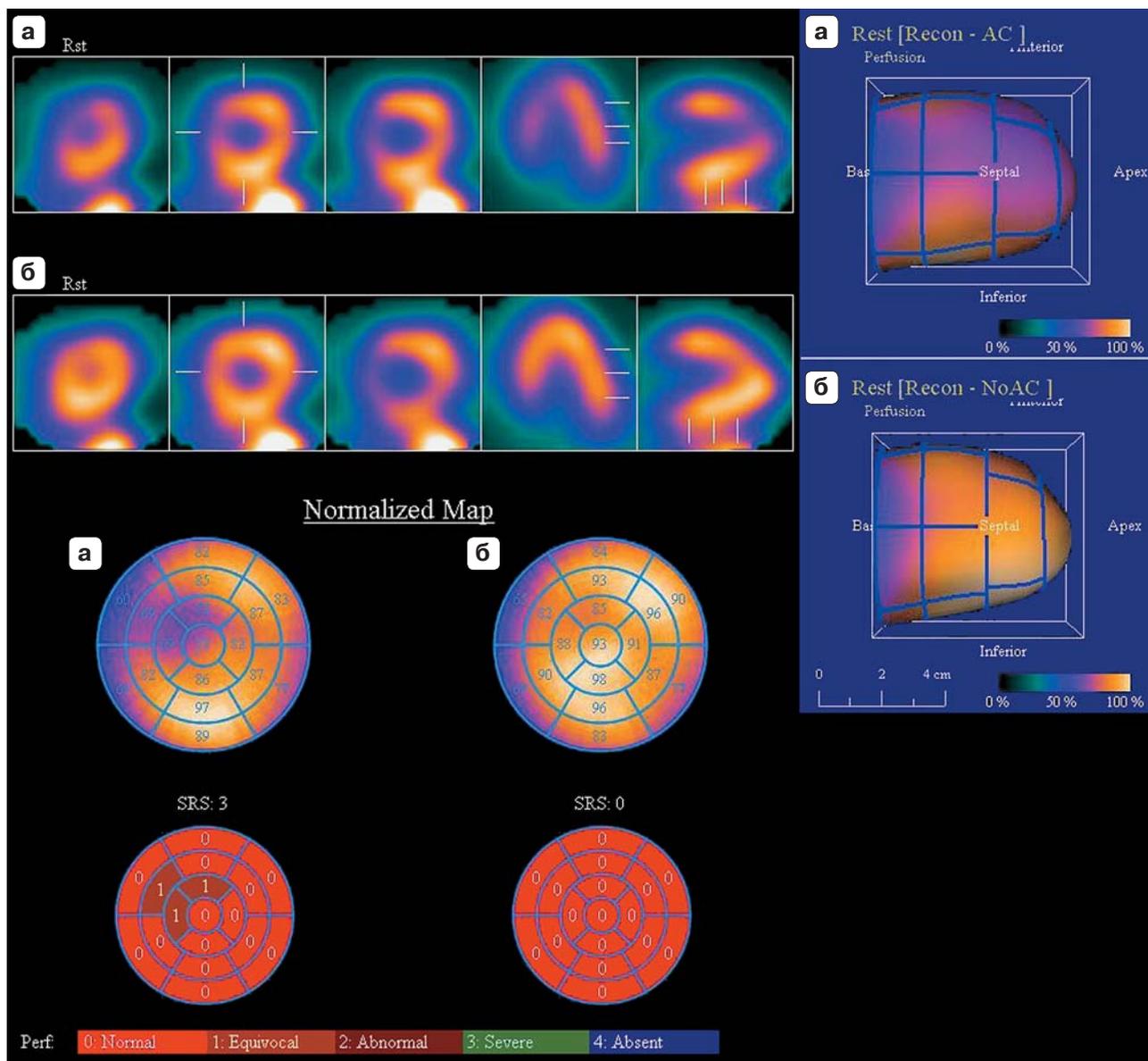


Рис. 9. ЭКГ-PCM-изображения. Исследование в покое. а – томосрезы и полярная карта с коррекцией аттенуации – имеется незначительный дефект перфузии в апикальных сегментах передней стенки и перегородки, среднем сегменте переднеперегородочного отдела – “ложноположительный” результат за счет артефактов от КТ; б – томосрезы и полярная карта без коррекции аттенуации – артефакты от КТ отсутствуют. В представленном наблюдении нарушение перфузии нет.

сцинтиграмм, проведенных с поправкой на ослабление сигнала и без него, позволило избежать диагностических ошибок.

Ложноотрицательные результаты (ЛО) были получены у 4 (10,2%) обследуемых. Но так как у 2 (5,1%) из них стенозы коронарных артерий были менее 50%, т.е. гемодинамически незначимы, кровотоков и микроциркуляция в миокарде ЛЖ сохранялись, при сцинтиграфии отмечалось нормальное миокардиальное накопление индикатора, поэтому они также были нами исключены из диаг-

ностического поиска. В 2 (5,1%) случаях при стенозе 70–90% трех коронарных артерий нами не визуализировалось патологических изменений миокарда ЛЖ, что совпадает с данными литературы. Авторы [2] указывают, что у больных ИБС с трехсосудистым поражением коронарных артерий не всегда выявляются дефекты перфузии, это обусловлено “сбалансированным” снижением кровотока. Учитывая, что в настоящей работе нами более подробно анализировалось нарушение перфузии и не использовались результаты оценки

**Таблица 6.** Диагностическая ценность ПСМ при выявлении нарушения перфузии миокарда ЛЖ

Диагностический признак	Результаты диагностического теста			
	ИП	ЛО	ЛП	ИО
Нарушение перфузии	21	2	4	8

Таблица 7. Диагностические возможности ПСМ

Показатели						
Ч,% (95% ДИ)	С,% (95% ДИ)	Т,% (95% ДИ)	ОП+	ОП-	ПЦПР, %	ПЦОР,%
91 (79–100)	67 (39–93)	83 (70–95)	2,74	0,13	84	80

Примечание. Ч – чувствительность, С – специфичность, Т – точность, (ОП +) – отношение правдоподобия при положительном результате теста, (ОП–) – отношение правдоподобия при отрицательном результате теста, ПЦПР – прогностическая ценность положительного результата, ПЦОР – прогностическая ценность отрицательного результата, ДИ – доверительный интервал.

сократимости ЛЖ в качестве диагностического критерия, 2 (5,1%) представленных наблюдения были расценены как ложноотрицательные.

Результаты ПСМ в сравнении с данными КАГ представлены в табл. 6.

Диагностические возможности ПСМ представлены в табл. 7.

Проведенный диагностический поиск показал, что возможности ОФЭКТ-КТ в 41% случаев позволили выявить нарушение перфузии миокарда ЛЖ при пограничных и гемодинамически значимых стенозах коронарных артерий, что совпадает с данными литературы [6, 8–11].

К.В. Завадовский и соавт. (2014), изучая состояние миокардиальной перфузии у пациентов с ангиографически значимыми (более 70%) и пограничными стенозами (50–70%) коронарных артерий, пришли к выводу, что 20–30% больных с пограничными стенозами КА имеют скintiграфические признаки, характерные для ангиографически значимых стенозов [10].

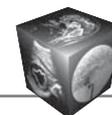
Интересные результаты были представлены в исследованиях Е.В. Михайлова и соавт. (2013) при сравнении данных ПСМ и коронарографии у 118 работников железнодорожного транспорта с аритмиями сердца. ОФЭКТ проводилась в покое и при физической нагрузке. Среди 40 пациентов с нестенозирующим поражением коронарных артерий (менее 50%) стойкий дефект перфузии был получен у 27, без стенозов – у 34, стеноз более 50% – у 3. Безболевого форма ишемии была выявлена у 30 (25%) больных. В 72% случаев диагностировалось нарушение перфузии миокарда ЛЖ в покое [9].

В проведенном исследовании снижение кровоснабжения сердечной мышцы чаще определялось при патологических изменениях в бассейне ПМЖВ ЛКА (46,1%) при изолированном и сочетанном ее

поражении и реже в огибающей ветви (ОВ) ЛКА (25,6%), что совпадает с данными Г.Г. Романова (2009). Автор указывает, что большинство нарушений перфузии приходится на бассейн ПМЖВ (47,3%) и реже – на бассейн ОВ (21,62%). Ученый также отмечает, данные ОФЭКТ и коронарографии совпадают по выявлению стенозирующего поражения в области каждого из трех основных сосудистых бассейнов ЛЖ [6]. Дальнейшая работа, проводимая Г.Г. Романовым (2012), показала высокую чувствительность (97%), специфичность (82%) и точность (92%) ОФЭКТ миокарда в диагностике ИБС. Исследования автор проводил без поправки на аттенюацию в группе пациентов, которым была выполнена фармакологическая нагрузка, и данные ОФЭКТ были сравнены с результатами КТ-ангиографии [8].

В научных изысканиях Е.А. Грабской (2008) отмечено, синхронизированная с ЭКГ ОФЭКТ миокарда обладает высокой чувствительностью (85%) и специфичностью (76%) в диагностике стенозирующего поражения коронарных артерий у пациентов с аортальным стенозом. Она рекомендует использовать метод для определения показаний к проведению коронарографии и выбора тактики хирургического лечения этих больных [3].

Аналогичные исследования были проведены В.В. Соломяным и соавт. (2014). Ученые сравнивали результаты ОФЭКТ-КТ миокарда ЛЖ (покой/нагрузка) с данными КАГ у 70 пациентов с ИБС при наличии стеноза в одной из трех коронарных артерий (50–70%). Чувствительность метода без поправки на коррекцию поглощения в диагностике достоверного стойкого дефекта перфузии составила 96,4%, специфичность – 84,2%. При исследованиях с поправкой на аттенюацию выросла специфичность метода на 6,4% [11].



В диагностическом поиске Z.-X. He и соавт. (1997), выполненном у 59 пациентов по однодневному протоколу (стресс/покой), чувствительность ОФЭКТ в выявлении заболеваний коронарных артерий составила 85%, специфичность – 55%. Использовался РФП ^{99m}Tc -тетрофосмин. Фармакологическая нагрузка выполнялась с дипиридамолом [24].

Сходный поиск провели D.D. Miller и соавт. (1997), были проанализированы результаты ОФЭКТ (стресс) в сравнении с коронарографией. РФП– ^{99m}Tc -МИБИ. Из 204 случаев заболевание одного сосуда имелось в 43 (21%), многососудистое поражение – в 161 (79%). При однососудистом поражении чувствительность метода составила 93%, при двух-, трех- – 91%, специфичность – 28%. Авторы отмечают, что сцинтитомография в сочетании с внутривенным введением дипиридамола является безопасным и чувствительным методом для обнаружения стеноза венечных артерий [25].

P. Soman и соавт. (1997) сравнили данные ОФЭКТ (РФП – ^{99m}Tc -МИБИ) с инвазивной КАГ у 27 больных. При фармакологической нагрузке в разные дни применялись arbutamine и дипиридамолом. По данным авторов, чувствительность сцинтиграфии в выявлении ИБС с использованием arbutamine на 10% выше, чем с дипиридамолом (100 и 90% соответственно). Специфичность в обеих группах составила 66% [26].

S.R. Underwood и соавт. (2004), обобщив многочисленные исследования зарубежных ученых, указывают, что в сравнении с результатами коронарографии чувствительность ПСМ отмечается стабильно выше 70% (среднее – 85–90%), причем результаты, полученные с MIBI, аналогичны тем, которые проводились с использованием таллия. Диапазон специфичности колеблется от 64 до 90%. Анализ ученых показал, что информативность метода выше при многососудистом поражении, ниже при заболевании одного сосуда и при стенозах с выраженными коллатеральными. Снижают показатели метода физические упражнения, прием лекарств до диагностических исследований. К уменьшению специфичности ОФЭКТ приводят артефакты, движение пациента, неправильная обработка и реконструкция изображений. При интерпретации сцинтиграмм необходимо учитывать клиническую картину. Точность диагностики улучшают гибридные технологии и исследования в ЭКГ-синхронизированном режиме, что помогает различить истинный дефект перфузии с артефактом, а также предоставляет дополнительную информацию о сократительной функции ЛЖ [27].

В собственном диагностическом поиске были получены высокие цифры чувствительности (91%)

и точности (83%) метода. Невысокую цифру специфичности (67%) мы связываем с неправильной трактовкой результатов, описанных выше, которые были получены в начале наших исследований. Казалось бы, использование гибридных технологий позволит избежать артефактов при ПСМ и снизить количество ошибочных заключений. Но в наших исследованиях артефакты присутствовали на большинстве томографических изображений, выполненных с КТ, и располагались в верхушке, апикальном сегменте передней стенки, апикальном и среднем сегментах переднеперегородочного отдела. Степень захвата РФП в этих участках не опускалась ниже 60%, если это был не истинный дефект перфузии.

Аналогичные данные были получены С.М. Tonge и соавт. (2005), исследовав результаты ОФЭКТ-КТ 27 пациентов, у которых на изображениях с коррекцией ослабления наблюдались дефекты перфузии в верхушке, переднеперегородочном отделе и передней стенке. Авторы считают, что неправильное совмещение сцинтиграфических и КТ-изображений приводит к артефактам в вышеперечисленных отделах. Томосцинтиграммы были повторно обработаны, реконструированы и проанализированы. В указанных сегментах дефекты перфузии стали менее выраженными у 15 обследуемых, остались на том же уровне у 6, улучшения не было в связи с несоответствием совмещений в краниокаудальном направлении у 4, контуры выходили за пределы области КТ у 2. Ученые пришли к выводу, даже при использовании специальных программ для обработки изображений у каждого пациента необходимо проверять совмещение сцинти- и КТ-срезов [18].

W.L. Duvall и соавт. (2006) проанализировали данные сцинтиграфии с коррекцией аттенюации у пациентов с ожирением. В работе учитывались качество изображения, ослабление сигнала, интерпретация сцинтиграмм и гемодинамический ответ на фармакологический стресс. Качество изображения было хорошее в 61% случаев, умеренное в 37%, плохое в 2%. Было выявлено, что это зависит от используемой нагрузки (физический тест давал лучшие показатели) и не зависит от индекса массы тела. КТ использовалась в 95% рассмотренных исследований и была информативна в 60%. ЧСС в ответ на дипиридамолом и аденозин была более выраженная у пациентов с ожирением. У 43 обследуемых, перенесших впоследствии катетеризацию, стресс/ПСМ имела чувствительность 95% и отрицательную прогностическую ценность 80% [28].

Интересный научный поиск провели M.A. Ahlman и соавт. (2014), их целью было определить



достоверность количественной оценки перфузии миокарда с использованием одного изображения КТ для коррекции аттенуации в двух сцинтиграфических исследованиях (покой/стресс), одновременный протокол. При положительном результате это бы позволило снизить радиационное воздействие на пациента и уменьшить время сканирования. Изучение было ретроспективное, в котором участвовали врач-радиолог со стажем работы более 20 лет, кардиолог с опытом работы более 10 лет. В группу входили равное число мужчин и женщин, которые имели одинаковое распределение РФП. Сканирование проводили на аппарате Siemens SIMBIA (T6 и T2). Для реконструкции использовали приложение Corridor4DM с применением фильтров для сглаживания данных, точечной коррекции с последующей 3D-реконструкцией. В работе также отмечено, что точное совмещение КТ и ОФЭКТ позволит минимизировать количество диагностических ошибок. Авторы пришли к выводу, что срезов одного КТ недостаточно для коррекции затухания при ПСМ стресс/покой вследствие анатомических и физиологических изменений между исследованиями [21].

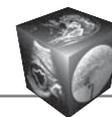
Использование опыта работ коллег НИИ кардиологии Томска [2, 10], тщательный анализ литературы и собственных ошибок позволили нам в дальнейшем правильно интерпретировать томосцинтиграммы и уменьшить число ложноположительных и ложноотрицательных результатов. Несмотря на низкую специфичность ПСМ, хотелось бы отметить высокие цифры ее прогностической ценности. У 84 пациентов из 100 исследование позволит выявить нарушение перфузии, а у 80 исключить патологические изменения миокарда левого желудочка. Нельзя не сказать, что в 20,5% случаев, по нашим данным, было возможно избежать проведения инвазивных процедур.

Заключение

ОФЭКТ-КТ является высокоинформативным методом в выявлении нарушения перфузии миокарда ЛЖ у пациентов с гемодинамически значимыми и пограничными стенозами коронарных артерий. Только тщательная визуальная оценка сцинтиграфических изображений с поправкой на аттенуацию и без нее позволяет установить правильное диагностическое заключение. Учитывая высокую чувствительность и прогностическую ценность как положительного, так и отрицательного результата ПСМ, а также неинвазивность, возможно ее использование как первого метода диагностики для отбора групп больных для проведения КАГ.

Список литературы

1. Шарип Т. Исследование перфузии миокарда: клиническое значение. Лучевая диагностика и терапия. 2014; 3 (5): 83–87.
2. Национальное руководство по радионуклидной диагностике; Под ред. Ю.Б. Лишманова, В.И.Чернова. В 2-х томах. Т. 2. Томск: STT, 2010. 418 с.
3. Грабская В.А. Результаты использования однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда с ^{99m}Tc-тетрофосмином в диагностике ишемической болезни сердца у больных с аортальным стенозом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008. 24 с.
4. Cramer M.-J., Verzijlbergen J.F., Van der Wall E.E. et al. Head-to-head comparison between technetium-99m-sestamibi and thallium-201 tomographic imaging for the detection of coronary artery disease using combined dipyridamole-exercise stress. Coron. Artery Dis. 1994; 5: 787–791.
5. Романов Г.Г. Оценка перфузии миокарда у кардиохирургических пациентов до и после проведения операции аортокоронарного шунтирования. Вестник Российской Военно-медицинской академии. Приложение. 2009; 4 (28): 104–105.
6. Романов Г.Г. Сравнительная оценка диагностических возможностей перфузионной ЭКГ-синхронизированной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда и коронарографии в выявлении стенозов коронарных артерий. Вестник Российской Военно-медицинской академии. Приложение. 2009; 4 (28): 10–106.
7. Notghi A., Low C.S. Myocardial perfusion scintigraphy: past, present and future. Br. J. Radiol. 2011; 84 (3): S229–S236.
8. Романов Г.Г. Изменения перфузии миокарда по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии у военнослужащих, связанных с работами по уничтожению химического оружия: Автореф. дис.... канд. мед. наук. СПб.,: Ин-т, 2012. 24 с.
9. Михайлов Е.В., Меньшикова Е.С., Гребенюк Е.А. и др. Результаты перфузионной сцинтиграфии миокарда и коронарной ангиографии у работников железнодорожного транспорта с аритмиями сердца: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию заслуженного деятеля науки РФ, профессора Д.А. Глубокова “Актуальные проблемы полипатий в клинической и профилактической медицине”. Челябинск, 2013. 167–170.
10. Заводовский К.В., Гуля М.О., Лишманов Ю.Б. Состояние миокардиальной перфузии у пациентов с пограничными и гемодинамически значимыми стенозами коронарных артерий. Научное издание. Конгресс Российской Ассоциации радиологов. Тезисы. СПб., 2014. 482 с.
11. Соломяный В.В., Сергиенко И.В., Самко А.Н. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография с коррекцией поглощения в оценке гемодинамической значимости пограничных стенозов коронарных артерий. Научное издание. Конгресс Российской Ассоциации радиологов. Тезисы. СПб., 2014. 482 с.
12. Кардиология: Национальное руководство; Под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Оганова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 1232 с.
13. Кардиология; Под ред. Б. Гриффина и Э. Тополя: Пер.с англ. М.: Практика, 2008. 1248 с.



14. Остроумов Е.М. Где нужна ядерная кардиология? Российский кардиологический журнал. 2009; 5 (79): 4–9.
15. Кундин В.Ю. Миокардиосцинтиграфия в кардиологической практике. Мистецтво лікування. 2009; 1 (57): 76–80.
16. Миронов В.А., Сироткина О.А. Рекомендации по реваскуляризации миокарда Европейского Общества кардиологов, Европейской Ассоциации сердечно-сосудистых хирургов, Европейской Ассоциации интервенционных кардиологов 2014 года (адаптированный перевод). Часть 1. Вестник Челябинской областной клинической больницы. 2014; 4 (27): 72–78.
17. Fricke H., Fricke E., Weise R. et al. A method to remove artifacts in attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT Introduced by misalignment between emission scan and CT-derived attenuation maps. J. Nucl. Med. 2004; 45 (10): 1619–1625.
18. Tonge C.M., Manoharan M., Lawson R.S. et al. Attenuation correction of myocardial SPECT studies using low resolution computed tomography images. Nucl. Med. Commun. 2005; 26 (3): 231–237.
19. Gaemperli O., Schepis T., Valenta I. et al. Cardiac image fusion from stand-alone SPECT and CT: clinical experience. Nucl. Med. 2007; 48 (5): 696–703.
20. Dvorak R.A., Brown R.K., Corbett J.R. Interpretation of SPECT/CT myocardial perfusion images: common artifacts and quality control techniques. Radiographics. 2011; 31 (7): 2041–2057.
21. Ahlman M.A., Nietert P.J., Wahlquist A.E. et al. A single CT for attenuation correction of both rest and stress SPECT myocardial perfusion imaging: a retrospective feasibility study. J. Clin. Exp. Med. 2014; 7 (1): 148–155.
22. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
23. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины: Пер. с англ. М.: Медиа Сфера, 1998. 352 с.
24. He Z.-X., Iskandrian A.S., Gupta N.C., Verani M.S. Assessing coronary artery disease with dipyridamole technetium-99m tetrofosmin SPECT: a multicenter trial. J. Nucl. Med 1997; 38: 44–48.
25. Miller D.D., Younis L.T., Chaitman B.R., Stratmann H. Diagnostic accuracy of dipyridamole technetium-99m-labeled sestamibi myocardial tomography for detection of coronary artery disease. J. Nucl. Cardiol. 1997; 4: 18–24.
26. Soman P., Khattar R., Senior R., Lahiri A. Inotropic stress with arbutamine is superior to vasodilator stress with dipyridamole for the detection of reversible ischaemia with Tc-99m sestamibi single-photon emission computed tomography. J. Nucl. Cardiol. 1997; 4: 364–371.
27. Underwood S.R., Anagnostopoulos C., Cerqueira M. et al. Myocardial perfusion scintigraphy: the evidence. A consensus conference organised by the British Cardiac Society, the British Nuclear Cardiology Society and the British Nuclear Medicine Society, endorsed by the Royal College of Physicians of London and the Royal College of Radiologists. Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. 2004; 31 (2): 261–291.
28. Duval W.L., Croft L.B., Corrie J.S. et al. SPECT myocardial perfusion imaging in morbidly obese patients: image quality, hemodynamic response to pharmacologic stress, and diagnostic and prognostic value. J. Nucl. Cardiol. 2006; 13 (2): 202–209.

References

1. Sharir T. Investigation of myocardial perfusion: clinical implications. Luchevaya diagnostika i terapiya. 2014; 3 (5): 83–87. (In Russian)
2. National guidelines for nuclear medicine. Eds Y.B. Lishmanova, V.I. Chernova. In 2 Vol. V. 2. Tomsk: STT, 2010. 418 p. (In Russian)
3. Grabskaya V.A. The results of using single photon emission computed tomography myocardials ^{99m}Ts-tetrofosmine in the diagnosis of coronary artery disease in patients with aortic stenosis: Author. dis. ... kand. med. тфлг. Moscow, 2008. 24 p. (In Russian)
4. Cramer M.-J., Verzijlbergen J.F., Van der Wall E.E. et al. Head-to-head comparison between technetium-99m-sestamibi and thallium-201 tomographic imaging for the detection of coronary artery disease using combined dipyridamole-exercise stress. Coron. Artery Dis. 1994; 5: 787–791.
5. Romanov G.G. Assessment of myocardial perfusion in cardiac surgical patients before and after surgery coronary artery bypass grafting. Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii. Application. 2009; 4 (28): 104–105. (In Russian)
6. Romanov G.G. Comparative evaluation of diagnostic possibilities perfusion ECG-synchronized single-photon emission computed tomography myocardial and coronary angiography in detecting coronary artery stenosis. Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii. Application. 2009; 4 (28): 10–106. (In Russian)
7. Notghi A., Low C.S. Myocardial perfusion scintigraphy: past, present and future. Br. J. Radiol. 2011; 84 (3): S229–S236.
8. Romanov G.G. Changes in myocardial perfusion according to the single-photon emission computed tomography in military-related work for the destruction of chemical weapons: Author. dis ... kand. med. nauk. Sankt-Petersburg, 2012. 24 p. (In Russian)
9. Mikhailov E.V., Menshikov E.S., Grebenuk E.A. et al. The results of myocardial perfusion scintigraphy and coronary angiography in railway workers with cardiac arrhythmias. All-Russian scientific-practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Honored Worker of Science, Professor D.A. Glubokova "Actual problems of polypathy in clinical and preventive medicine." Chelyabinsk, 2013. 167–170. (In Russian)
10. Zavodovsky K.W., Gulya M.O., Lishmanov Yu.B. Condition of myocardial perfusion in patients with borderline and hemodynamically significant coronary artery stenosis. Scientific publication. Congress of the Russian Association of Radiologists. Abstracts. St. Petersburg, 2014. 482 p. (In Russian)
11. Solomyaniy V.V., Sergienko I.V., Samko A.N. Quantitative assessment of intermediate stenosis of coronary arteries by single photon emission computed tomography with attenuation correction compared fractional flow reserve. Scientific publication. Congress of the Russian Association of Radiologists. Abstracts. SPb., 2014. 482 p. (In Russian)
12. Cardiology: National leadership. Ed. Y.N. Belenkova, R.G. Oganova. M.: GEOTAR.-Media, 2007. 1232 p. (In Russian)
13. Cardiology. Eds. B. Griffin and E. Topol. per.s angl. M.: Praktika, 2008. 1248 p. (In Russian)



14. Ostroumov E.M. Where need nuclear cardiology. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal*. 2009; 5 (79): 4–9. (In Russian)
15. Kundin V.Y. Miokardiostintigrafiya in cardiology practice. *Mistetstvo likuvannya*. 2009; 1 (57): 76–80. (In Russian)
16. Mironov V.A., Sirotkin O.A. Recommendations for revascularization of the European Society of Cardiology, the European Association of Cardiovascular Surgeons, the European Association of Interventional Cardiology 2014 (adapted translation). Part 1. *Vestnik oblastnoy chelyabinskoy bolnitsi*. 2014; 4 (27): 72–78. (In Russian)
17. Fricke H., Fricke E., Weise R. et al. A method to remove artifacts in attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT Introduced by misalignment between emission scan and CT-derived attenuation maps. *J. Nucl. Med.* 2004; 45 (10): 1619–1625.
18. Tonge C.M., Manoharan M., Lawson R.S. et al. Attenuation correction of myocardial SPECT studies using low resolution computed tomography images. *Nucl. Med. Commun.* 2005; 26 (3): 231–237.
19. Gaemperli O., Schepis T., Valenta I. et al. Cardiac image fusion from stand-alone SPECT and CT: clinical experience. *Nucl. Med.* 2007; 48 (5): 696–703.
20. Dvorak R.A., Brown R.K., Corbett J.R. Interpretation of SPECT/CT myocardial perfusion images: common artifacts and quality control techniques. *Radiographics*. 2011; 31 (7): 2041–2057.
21. Ahlman M.A., Nietert P.J., Wahlquist A.E. et al. A single CT for attenuation correction of both rest and stress SPECT myocardial perfusion imaging: a retrospective feasibility study. *J. Clin. Exp. Med.* 2014; 7 (1): 148–155.
22. Glantz S. *Biomedical Statistics*. M.: Praktika, 1999. 459 p. (In Russian)
23. Fletcher R., Fletcher, S., Wagner E. *Clinical Epidemiology. Evidence-based medicine*. Trans. from English. M.: Media Sphera, 1998. 352 p. (In Russian)
24. He Z.-X., Iskandrian A.S., Gupta N.C., Verani M.S. Assessing coronary artery disease with dipyridamole technetium-99m tetrofosmin SPECT: a multicenter trial. *J. Nucl. Med* 1997; 38: 44–48.
25. Miller D.D., Younis L.T., Chaitman B.R., Stratmann H. Diagnostic accuracy of dipyridamole technetium-99m-labeled sestamibi myocardial tomography for detection of coronary artery disease. *J. Nucl. Cardiol.* 1997; 4:18–24.
26. Soman P., Khattar R., Senior R., Lahiri A. Inotropic stress with arbutamine is superior to vasodilator stress with dipyridamole for the detection of reversible ischaemia with Tc-99m sestamibi single-photon emission computed tomography. *J. Nucl. Cardiol.* 1997; 4: 364–371.
27. Underwood S.R., Anagnostopoulos C., Cerqueira M. et al. Myocardial perfusion scintigraphy: the evidence. A consensus conference organised by the British Cardiac Society, the British Nuclear Cardiology Society and the British Nuclear Medicine Society, endorsed by the Royal College of Physicians of London and the Royal College of Radiologists. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2004; 31 (2): 261–291.
28. Duvall W.L., Croft L.B., Corriel J.S. et al. SPECT myocardial perfusion imaging in morbidly obese patients: image quality, hemodynamic response to pharmacologic stress, and diagnostic and prognostic value. *J. Nucl. Cardiol.* 2006; 13 (2): 202–209.