

DOI 10.12737/article_5a2541849d5335.59531206

Э.А. Хачирова¹, Л.Е. Самойленко², О.П. Шевченко¹**ВЛИЯНИЕ КОРРЕКЦИИ ПОГЛОЩЕНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРФУЗИИ МИОКАРДА МЕТОДОМ ОФЭКТ/КТ**

1. Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова Минздрава РФ, Москва. E-mail: elchik09@mail.ru. 2. Российская медицинская академия постдипломного образования Минздрава РФ, Москва

Э.А. Хачирова – ассистент; Л.Е. Самойленко – д.м.н., проф.; О.П. Шевченко – д.м.н., проф., зав. кафедрой, член Европейского общества кардиологов

Реферат

Цель: Оценить количественные показатели перфузионных томосцинтиграмм (ПТС), характеризующие степень и распространенность нарушений микроциркуляции миокарда у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и неизменными/малоизмененными коронарными артериями (Н/МКА), по данным ОФЭКТ/КТ с коррекцией и без коррекции поглощения гамма-излучения (КПИ).

Материал и методы: Обследованы 35 пациентов, каждому из которых проводили селективную коронароангиографию и ОФЭКТ/КТ миокарда без и с КПИ в покое и в сочетании с велоэргометрической пробой.

Результаты: У всех обследованных пациентов с болевым синдромом в грудной клетке (БС) и Н/МКА, по данным ОФЭКТ миокарда без и после КПИ, выявлены стресс-индуцированные нарушения перфузии различной распространенности и степени выраженности. При этом, в целом по группе, средние значения оцениваемых количественных параметров ПТС после КПИ были меньшими, чем без КПИ: SSS $6,9 \pm 1,2$ и $7,7 \pm 1,1$; Stress ext Total $11,2 \pm 1,8$ и $13,0 \pm 1,9$; Stress TPD Tot $9,3 \pm 1,2$ и $10,9 \pm 1,2$; SDS $4,0 \pm 0,8$ и $,9 \pm 0,6$; TRPDi $4,7 \pm 1,0$ и $5,9 \pm 0,9$ ($p < 0,05$ для всех значений). Аналогичные результаты получены при анализе ПТС в покое, но достоверных различий оцениваемых показателей без и после КПИ не выявлено. Количество гипоперфузируемых сегментов, по данным сегментарного анализа распределения РФП в миокарде ЛЖ, было меньше после КПИ и составило 126 и 153 в покое, 242 и 177 в условиях физической нагрузки. Достоверно менее выраженные значения всех количественных показателей ПТС после КПИ получены у женщин ($p < 0,05$ во всех случаях), и у пациентов с избыточной массой тела при ИМТ более 25 ($p < 0,05$ во всех случаях). У мужчин статистически значимыми были различия для 4 параметров, у пациентов с нормальными показателями ИМТ – для 3 параметров ($p < 0,05$ во всех случаях).

Заключение: Применение ОФЭКТ/КТ миокарда с КПИ позволяет выявлять нарушения перфузии у больных с БС в грудной клетке и Н/МКА. Распространенность и тяжесть выявления нарушений перфузии миокарда лежат в диапазоне слабо- и умеренно выраженных изменений и, особенно, у женщин и пациентов с избыточной массой тела, причем достоверно лучше выявляются после КПИ. Полученные данные позволяют предположить, что ОФЭКТ/КТ-исследования миокарда с КПИ могут быть целесообразными у определенной части пациентов с БС в грудной клетке и Н/МКА, поскольку позволяют избежать у них завышения оценки распространенности и тяжести стресс-индуцированных нарушений перфузии миокарда и, следовательно, гипердиагностики микрососудистой болезни.

Ключевые слова: ОФЭКТ/КТ, гамма-излучение, коррекция поглощения, перфузия миокарда, микрососудистая болезнь

Поступила: 29.05.2017. Принята к публикации: 09.11.2017

Введение

В диагностике и стратификации риска сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе у пациентов с болевым синдромом (БС) в грудной клетке и неизменными/малоизмененными коронарными артериями (Н/МКА), на протяжении многих лет важную роль играют методы ядерной кардиологии, представленные планарной скintiграфией, однофотонной эмиссионной компьютерной томографией (ОФЭКТ) и позитронной эмиссионной томографией (ПЭТ). При использовании этих методов получение изображения исследуемого органа, ткани или процесса основано на регистрации пространственно-временного распределения введенного пациенту радиофармпрепарата (РФП). Большое разнообразие РФП, широкий спектр их клинического применения и высокая чувствительность обеспечивают востребованность методов ядерной медицины в современном диагностическом алгоритме кардиологических заболеваний человека.

Наибольшее распространение в клинической кардиологической практике на протяжении последних более чем 35 лет получил метод ОФЭКТ миокарда, благодаря высокой чувствительности и специфичности в диагностике ишемического и рубцового повреждения, возможности определения жизнеспособности миокарда [1]. И практически на протяжении всего этого времени в литературе обсуждается проблема ограниченной точности метода вследствие влияния эффекта

ослабления гамма-излучения от РФП тканями тела: диафрагмой, прилежащими органами брюшной полости, мягкоткаными структурами грудной клетки и др. [2]. В ряде случаев, к примеру, у тучных пациентов, женщин с большими размерами молочных желез, наличие эффекта поглощения фотонов в тканях может приводить к появлению ошибок при интерпретации результатов исследования, основанных на оценке накопления и распределения РФП [3].

Избежать подобных ошибок позволяют гибридные системы визуализации, предназначенные для одновременного выполнения радионуклидного и рентгеновского или магнитно-резонансного исследований – ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ – и позволяющие интегрировать индивидуальный специфический для пациента функциональный/молекулярный профиль заболевания в традиционный анатомический (рентгеновский, МРТ) формат изображения. Такие системы позволяют значительно улучшить пространственную ориентацию распределения РФП в исследуемом органе, прежде всего в миокарде, и дают возможность провести коррекцию поглощения гамма-излучения от РФП (КПИ) при сопоставлении с поглощением рентгеновского излучения и, следовательно, повысить специфичность полученных данных. Одномоментное проведение радионуклидного и рентгеновского исследования методом ОФЭКТ/КТ позволяет выполнить процедуру КПИ и, следовательно,

но, повысить специфичность полученных данных [4]. Несмотря на уже многолетний опыт использования гибридных технологий в ядерной медицине [5], работ, посвященных ОФЭКТ/КТ в кардиологии недостаточно, результаты их неоднозначны [6–10].

Целью настоящего исследования явилась оценка количественных параметров перфузионных томосцинтиграмм (ПТС), отражающих наличие, распространенность и степень нарушений перфузии миокарда у пациентов с БС в грудной клетке и Н/МКА, по данным ОФЭКТ/КТ с и без КПИ.

Материал и методы

В исследование включены 35 пациентов в возрасте от 43 до 76 лет (в среднем 62,8 лет), которые прошли стационарное лечение на базе кафедры кардиологии РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Среди обследованных были 15 мужчин и 20 женщин, из них у 15 была сопутствующая гипертоническая болезнь с достигнутыми целевыми значениями АД (в среднем, 125/80 мм рт. ст.), без признаков гипертрофии левого желудочка сердца (индекс массы миокарда $77,2 \pm 4,9$). У 19 пациентов была гиперхолестеринемия, в т.ч. холестерин с липопротеинами низкой плотности, в целом по группе показатели общего холестерина составили $5,3 \pm 1,32$ ммоль/л, холестерин с липопротеинами низкой плотности – $3,1 \pm 0,94$ ммоль/л. У 12 индекс массы тела (ИМТ) составил $29,7 \pm 1,11$, у 23 – $24,6 \pm 2,27$.

Всем пациентам в условиях стационара проведено клиническое обследование, включавшее сбор анамнеза, осмотр, клинический и биохимический анализы крови, коронарную ангиографию, а также синхронизированную с ЭКГ ОФЭКТ/КТ в покое и в сочетании с велоэргометрической пробой.

По данным коронарографии, у 26 обследованных коронарные артерии были интактными, у остальных выявлены изменения только в одной коронарной артерии со степенью стенозирования менее 40 %.

Синхронизированную с ЭКГ ОФЭКТ/КТ миокарда выполняли с целью верификации ишемии миокарда и оценки внутрисердечной гемодинамики. Антиангинальная терапия была отменена за 48 ч до проведения исследования.

ОФЭКТ/КТ выполняли по двухдневному протоколу: в первый день – в покое, во второй – в сочетании с физической нагрузкой на велоэргометре (ВЭМ), либо наоборот. Достоверными критериями ишемии миокарда считали горизонтальное или косонисходящее смещение сегмента ST на ЭКГ ниже изолинии более 1,0 мм на расстоянии 80 мс от точки j.

РФП – ^{99m}Tc -технетрил (производитель «Диамед», Россия), аналог зарубежного ^{99m}Tc -МИБИ, вводили внутривенно, активностью 444–555 МБк. Регистрацию изображения на гамма-камере начинали через 60–90 мин после введения ^{99m}Tc -технетрила в покое и через 60 мин после введения РФП во время выполнения пациентом нагрузочной пробы. ВЭМ-пробу проводили на велоэргометре фирмы Ergoline, начиная с мощности нагрузки 25 Вт, с последующим увеличением на 25 Вт каждые 3 мин. ЭКГ и АД регистрировали до начала

пробы и в конце каждой ступени перед последующим увеличением мощности нагрузки. При достижении критериев прекращения нагрузочной пробы в/в вводили РФП, после чего пациент продолжал выполнять нагрузку в течение 1 мин. Регистрацию изображения сердца осуществляли в томографическом режиме, синхронизированном с R-зубцом ЭКГ, на двухдетекторной гамма-камере SYMBIA T-16 (Siemens, Германия), совмещенной с низкодозовым компьютерным томографом, оснащенной коллиматором smartzum высокого разрешения для проведения кардиологических исследований.

Исследование выполняли в положении больного лежа на спине с вращением детекторов, расположенных под углом 90° по отношению друг к другу, вокруг тела пациента по траекториям на 180° . Регистрировали 32 проекции – по 16 каждым детектором.

КТ области сердца проводили с помощью плоскостанельной 16-срезовой КТ-подсистемы ОФЭКТ/КТ-томографа, с напряжением на трубке 140 кВ и силе тока 2 мА. Один томографический срез выполняли за 16 с в матрицу 512×512 . Диаметр среза составлял 48 см, толщина среза – 5 мм. Эффективная доза облучения пациента составляла 6,5 и 9 мЗв при исследовании без КПИ и с КПИ соответственно.

Обработку изображений осуществляли с помощью пакета программ Cardiology Advanced SPECT CT Cedars, включающей программы AutoSPECT, AutoQUANT, QPS/QGS с картированием радиологической информации по 17-сегментарной модели левого желудочка (ЛЖ) сердца.

По данным ОФЭКТ/КТ на основании визуального анализа и основных количественных показателей, рассчитываемых программой автоматически, оценивали наличие, локализацию, распространенность, степень выраженности (тяжести) нарушений перфузии в покое и стресс-индуцированной (преходящей) ишемии миокарда. Дефекты перфузии определяли как стабильные, в случае их наличия на томограммах, зарегистрированных в покое и на постнагрузочных изображениях, и проходящие, в случае их отсутствия на томограммах в покое и появлении на постнагрузочных изображениях.

При сравнении изображений без и после КПИ оценивали выраженность и распространенность (табл. 1) нарушений перфузии миокарда на основании следующих количественных параметров ПТС:

SRS (summed rest score) – совокупный показатель покоя: отражает сумму баллов во всех сегментах ЛЖ на изображениях, полученных в покое (включает только стабильные дефекты перфузии);

Таблица 1

Количественные критерии степени нарушения перфузии миокарда [11]

Нарушения перфузии	SSS	SDS	TPDs, %	TPDi, %
Отсутствуют	≤3	0–1	< 5	< 3
Начальные	4–8	2–4	5–9	< 5
Умеренно выраженные	9–13	5–7	10–19	5–9
Выраженные	≥14	≥8	≥20	≥10



Рис. 1. Сегментарный анализ перфузионных томосцинтиграмм миокарда ЛЖ сердца у больных с Н/МКА, по данным ОФЭКТ/КТ без и после КПИ

SSS (summed stress score) – совокупный показатель нагрузки: отражает сумму баллов во всех сегментах ЛЖ, на изображениях, полученных после нагрузки (включает переходящие и стабильные дефекты перфузии);

SDS (summed difference score) – суммарный счет разности между суммами баллов после нагрузки и в покое, указывает на обратимость дефектов перфузии;

Es/Er (Extent stress/Extent rest), % – показатели распространенности нарушения перфузии миокарда ЛЖ при нагрузке/в покое;

TPD (Total perfusion deficit) stress/rest – общий дефицит перфузии, интегральный показатель, отражающий распространенность и глубину нарушений перфузии при нагрузке/в покое (TPDs и TPDr соответственно);

TPDi (TPD ischemia) – ишемический дефицит перфузии (разница между TPD в покое/нагрузке), наиболее точно характеризует величину стресс-индуцированных дефектов перфузии.

Помимо анализа указанных выше количественных показателей, оценивали сегментарное распределение накопления РФП без и после КПИ на томографических картах «бычий глаз» в 595 сегментах миокарда ЛЖ сердца у 35 пациентов, соответственно по 17-сегментарной модели ЛЖ, зарегистрированных в покое и после пробы с физической нагрузкой. Сегменты миокарда ЛЖ с накоплением РФП 75–100 % считали нормально перфузируемыми. Сегменты с аккумуляцией РФП менее 75 % от максимума относили к гиперперфузируемым.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета программ Statistica 6.0. Данные представлены в виде $M \pm SD$ (средней величины и стандартного отклонения). Различия между группами оценены с помощью критериев Манна–Уитни, значимыми различия считали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По данным ОФЭКТ/КТ в покое среди 35 больных с БС в грудной клетке и Н/МКА, области слабо- и умеренно сниженной перфузии миокарда выявлялись на изображениях без КПИ в 21 случае, после КПИ – в 17. У 8 и 6 обследованных соответственно наблюдалось сочетание 2 и более гиперперфузируемых участков. При сегментарном анализе ПТС в покое без и после КПИ выявлено 442 (74,3 %) и 469 (78,9 %) нормально перфузируемых сегментов и 153 (25,7 %) и 126 (21,1 %) гиперперфузируемых сегментов соответственно (рис. 1). В гиперперфузируемых участках миокарда ЛЖ

абсолютное совпадение по локализации получено в 98 сегментах, что составило 64 и 78 % от общего количества гиперперфузируемых сегментов без и после КПИ соответственно.

Число нормально и гиперперфузируемых сегментов на постнагрузочных томосцинтиграммах без и после КПИ составило 353 (59 %) и 418 (70 %); 242 (41 %) и 177 (30 %) соответственно. Таким образом, после КПИ общее количество гиперперфузируемых сегментов также уменьшилось (рис. 1). Количество абсолютно совпавших по локализации сегментов 144, что составило 59,5 % от общего числа гиперперфузируемых сегментов на изображениях миокарда без КПИ и 81 % после КПИ. Число несовпавших по локализации сегментов 98 (40,5 %) и 33 (19 %) на постнагрузочных томосцинтиграммах и 55 (36 %) и 28 (22 %) в покое соответственно.

Наибольшее расхождение по локализации относилось к областям верхушки и перегородки миокарда (рис. 2).

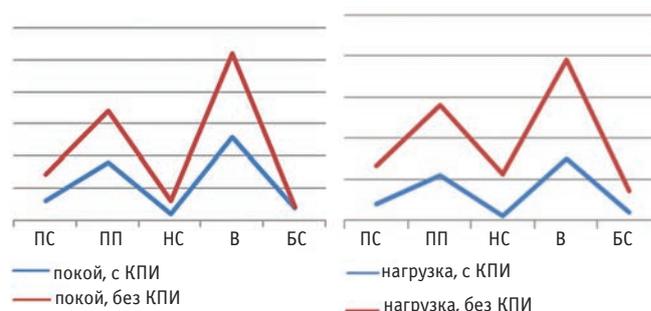


Рис. 2. Гиперперфузируемые сегменты миокарда ЛЖ, несовпавшие по локализации на изображениях без и после КПИ в покое и после ВЭМ-пробы
Обозначения: ПС – передняя стенка, ПП – перегородка, НС – нижняя стенка, В – верхушка, БС – боковая стенка

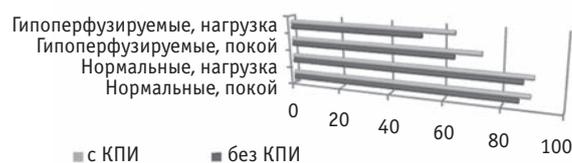


Рис. 3. Средняя скорость счета в нормально- и гиперперфузируемых сегментах миокарда ЛЖ сердца у больных с Н/МКА, по данным ОФЭКТ/КТ без и после КПИ

Средняя скорость счета в гиперперфузируемых сегментах после КПИ возросла и в покое и после ВЭМ-пробы (рис. 3).

По данным количественного анализа ПТС, выявленные нарушения перфузии миокарда лежат в диапазоне умеренно выраженных изменений, что характерно для данного контингента больных. Однако, значения ряда оцениваемых показателей SSS, SDS, SeT, Stress TPD total, TPDi, характеризующих распространенность и обратимость дефектов перфузии, оказались достоверно меньше после КПИ (рис. 4). Полученные результаты совпадают с данными и других авторов [12, 13].

Представлялось интересным проанализировать количественные параметры ПТС без и после КПИ у мужчин и женщин (рис. 5). Результаты, показали, что

Оцениваемые параметры	КПИ	без КПИ	p
SRS	2,9 ± 1,1	3,0 ± 0,9	> 0,05
SSS*	6,9 ± 1,2	7,7 ± 1,1	< 0,05
SDS*	4,0 ± 0,8	4,9 ± 0,6	< 0,05
Stress ext. Total* (SeT)	11,2 ± 1,8	13,0 ± 1,9	< 0,05
Rest ext. Total (ReT)	4,4 ± 1,3	5,0 ± 1,4	> 0,05
Stress TPD total (TPDs)*	9,3 ± 1,2	10,9 ± 1,2	< 0,05
Rest TPD total (TPDr)	4,5 ± 0,9	5,0 ± 1,7	> 0,05
TPDi*	4,7 ± 1,0	5,9 ± 0,9	< 0,05

Примечание: *p < 0,05

Рис. 4. Количественные параметры перфузионных томосцинтиграмм миокарда, полученные при ОФЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ (покой/нагрузка)

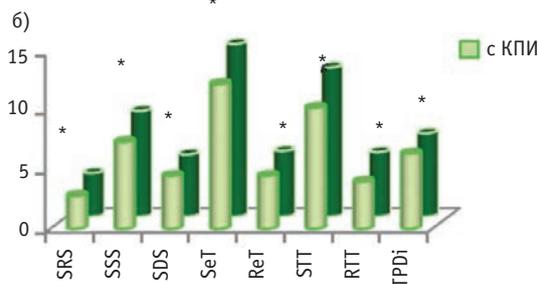
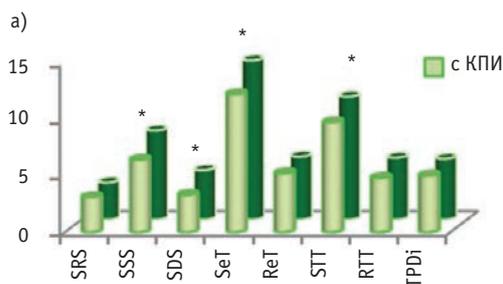
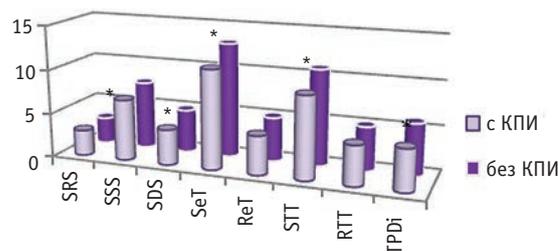


Рис. 5. Количественные параметры перфузионных томосцинтиграмм миокарда у мужчин (а) и женщин (б), по данным ОФЭКТ/КТ без и после КПИ.

Примечание: * p < 0,05 в рис. 5а и во всех случаях в рис. 5б

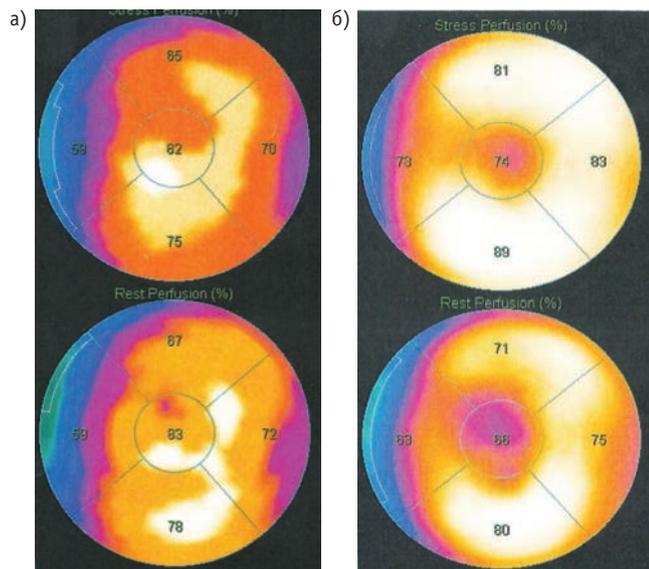


Рис. 6. Томосцинтиграммы миокарда ЛЖ без (а) и после КПИ (б)

у женщин практически все оцениваемые показатели после КПИ достоверно отличались по сравнению с результатами, полученными без КПИ. У мужчин статистические различия касались только совокупного показателя нагрузки (SSS), общей площади (Stress ext. Total), распространенности (Stress TPD total) и обратимости стресс-индуцированных дефектов перфузии (SDS), но не показателей перфузии миокарда в покое (рис. 5).

На рис. 6 приведены томосцинтиграммы миокарда ЛЖ без и после КПИ пациентки К., 54 лет, диагноз: ИБС при неизмененных коронарных артериях (стенокардия напряжения II ФК). Из представленного при-

мера видно, что после КПИ отмечается нормализация перфузии во всех отделах миокарда, но, по сравнению с изображением без КПИ, появляется дефект перфузии верхушечной локализации.

Хорошо известно, что жировая ткань при избыточной массе тела также вносит определенный вклад в картину формирования изображения за счет ослабления излучения [13]. Поэтому следующим этапом работы была оценка результатов ОФЭКТ/КТ без и после КПИ у 23 (13/10 м/ж) пациентов с нормальной (ИМТ < 25, 1 группа) и у 12 (2/10 м/ж) с избыточной (ИМТ > 25, 2 группа) массой тела. У пациентов с избыточной массой тела все анализируемые параметры ПТС после КПИ были достоверно меньшими по сравнению с данными без КПИ. У больных с нормальным ИМТ результаты без и после КПИ достоверно различались по показателям Stress ext. Tot, Stress TPD Tot и TPDi (рис. 7).

Следует отметить, что одним из ограничений настоящего исследования является отсутствие гендерной сопоставимости групп с различной массой тела. Так, в 1 группе преобладали мужчины (13 из 23 пациентов), во второй же были практически все женщины (10 из 12), что, естественно, также внесло свой вклад в полученные результаты.

На сегодняшний день наиболее чувствительным, точным, доступным и распространенным среди неинвазивных методов верификации преходящей ишемии у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и Н/МКА считается перфузионная сцинтиграфия миокарда, выполненная в сочетании с вазодилататорами или с пробой с физической нагрузкой [14, 15]. Однако, как и каждому методу, ОФЭКТ присущи ограничения, в частности, обусловленные эффектом ослабления излучения при прохождении через мягкие ткани тела че-

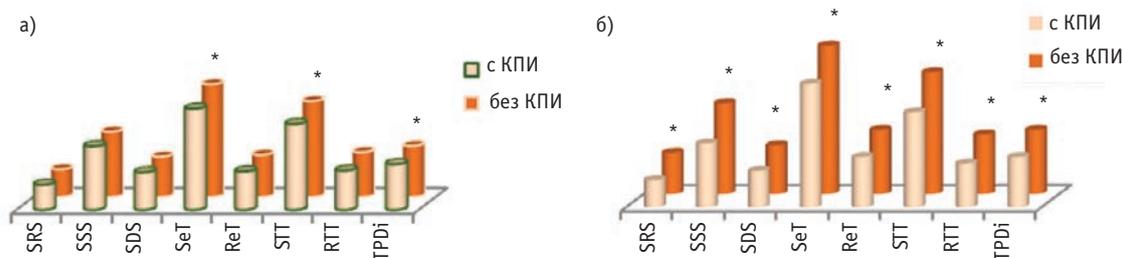


Рис. 7. Количественные параметры перфузионных томосцинтиграмм миокарда у больных с нормальной (а) и избыточной (б) массой тела, по данным ОФЭКТ/КТ без и после КПИ
 Примечание: * $p < 0,05$ в рис. 7а и во всех случаях в рис. 7б

ловека, что влияет на точность интерпретации результатов исследования [16]. Артефакты, обусловленные ослаблением излучения, обычно возникают в областях передней и передне-перегородочной стенок миокарда у женщин, особенно с массивными молочными железами, а также в области нижней стенки у лиц с мощной диафрагмой [17]. Точная распространенность указанных артефактов не установлена. В литературе приводятся данные относительно интерпретационных ошибок, обусловленных артефактами вследствие ослабления излучения, диапазон которых колеблется от 20 до 50 % обследованных больных [18, 19]. Применение гибридных систем, обеспечивающих одновременный сбор функциональной радионуклидной (ОФЭКТ) и анатомической (РКТ и/или МРТ) информации в ходе одного исследования позволяет решить, в определенной степени, проблему интерпретационных ошибок [4]. Как отмечалось выше, в литературе представлены немногочисленные работы, посвященные применению гибридных систем в кардиологии, результаты которых неоднозначны [6–10].

В настоящем исследовании проанализированы количественные параметры ПТС, используемые в качестве критериев распространенности и тяжести нарушений перфузии миокарда, у пациентов с БС в грудной клетке и Н/МКА, по данным ОФЭКТ/КТ без и после КПИ. Подобно данным ряда исследований [7, 8, 12], средние значения общей площади, распространенности, обратимости стресс-индуцированных дефектов перфузии после КПИ оказались достоверно меньше средних значений показателей, полученных без коррекции.

Количество гипоперфузируемых сегментов после КПИ было также достоверно меньше, чем на изображениях без КПИ. Кроме того, отмечено несовпадение по локализации и глубине дефектов перфузии, регистрируемых, преимущественно, в перегородочной, верхушечной и нижней стенках миокарда ЛЖ, что отмечают и другие исследователи [20].

В отличие от работы Dario Genovesi et al [12], не выявивших достоверного гендерного влияния КПИ, в настоящем исследовании значимые различия получены практически по всем количественным показателям перфузии миокарда у женщин. Это объясняется, как отмечалось выше, особенностями анатомии и большим ослаблением излучения мягкими тканями молочной железы [21]. У мужчин при той же направленности изменений достоверно различались только

средние значения общей площади, распространенности и обратимости стресс-индуцированных дефектов перфузии: SSS, SDS, Stress ext. Total, Stress TPD total.

Достоверная разница для всех оцениваемых количественных показателей до и после КПИ была получена у пациентов с избыточной массой тела, что объясняется не только вкладом жировой ткани в формирование изображения, но и тем, что основной контингент этих пациентов составляли женщины с большими размерами молочных желез.

Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что, вероятно, для определенной части пациентов со стенокардией и Н/МКА использование ОФЭКТ/КТ с КПИ может быть более предпочтительным, т.к. снижается риск завышения выявленных нарушений перфузии, следовательно, риск получения ложноположительных результатов и гипердиагностики МСБ, тем более что, по данным мировой литературы, основной контингент больных с МСБ представлен женщинами [22]. При обнаружении достоверных критериев преходящей ишемии миокарда после КПИ повышается специфичность и точность постановки диагноза, следовательно, и определения тактики лечения.

Но, помимо этого, возникает и другой вопрос: не приведет ли использование КПИ к недооценке выявленных нарушений микроциркуляции, и не повлияет ли оно на тактику ведения и лечения таких пациентов, для которых характерно наличие слабо- и умеренно выраженных нарушений перфузии миокарда, и, следовательно, на увеличение риска сердечно-сосудистых событий? Также не стоит забывать и о возрастающей лучевой нагрузке на пациента при совмещенном исследовании. Аналогичный вопрос о целесообразности проведения ОФЭКТ/КТ всем пациентам без исключения ставят и другие исследователи [10]. Очевидно, что этот вопрос требует дальнейших исследований.

Выводы

1. У пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и Н/МКА, по данным ОФЭКТ/КТ в настоящем исследовании, средние значения общей площади (Stress ext. Total), распространенности (Stress TPD total), обратимости (TPDi) стресс-индуцированных дефектов перфузии после КПИ достоверно меньше средних значений показателей, полученных без коррекции.
2. У женщин с болевым синдромом в грудной клетке и Н/МКА оцениваемые количественные показатели

ПТС достоверно меньше после КПИ. У мужчин статистически значимые различия параметров ПТС без и после КПИ получены для совокупного показателя нагрузки (SSS), общей площади (Stress ext. Total), распространенности (Stress TPD total) и обратимости стресс-индуцированных (SDS) дефектов перфузии.

3. У пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и Н/МКА с ИМТ > 25 количественные показатели ПТС после КПИ достоверно меньше, чем без КПИ, в отличие от больных с ИМТ < 25, где статистические различия получены лишь для общей площади (Stress ext. Total), распространенности (Stress TPD total) и обратимости (TPDi) стресс-индуцированных дефектов перфузии.

4. Применение ОФЭКТ/КТ с КПИ, вероятно, информативно у определенной части пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и Н/МКА (женщины, пациенты с высоким ИМТ), поскольку позволит уменьшить риск ложноположительных результатов и избежать гипердиагностики МСБ.

Список нестандартных сокращений:

- БС – болевой синдром,
 ВЭМ-проба – велоэргометрическая проба,
 ИМТ – индекс массы тела,
 КПИ – коррекция поглощения излучения,
 ЛЖ – левый желудочек миокарда
 МСБ – микрососудистая болезнь,
 Н/МКА – измененные/малоизмененные коронарные артерии,
 ОФЭКТ/КТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией,
 ПТС – перфузионная томосцинтиграмма,
 РФП – радиофармпрепарат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sciagra R., Leoncini M. Gated single-photon emission computed tomography. The present-day «one-stop-shop» for cardiac imaging // *J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2005. Vol. 49. № 1. P. 19–29.
2. Beyer T., Townsend D.W., Blodgett T.M. Dualmodality PET/CT tomography for clinical oncology // *J. Nucl. Med.* 2002. Vol. 46. № 1. P. 24–34.
3. Friedman T.D., Greene A.C., Iskandrian A.S. et al. Exercise thallium-201 myocardial scintigraphy in women: correlation with coronary arteriography // *Amer. J. Cardiol.* 1982. Vol. 49. P. 1632–1637.
4. Gaemperli O., Schepis T., Kalff V., Namdar M. et al. Validation of a new cardiac image fusion software for three-dimensional integration of myocardial perfusion SPECT and stand-alone 64-slice CT angiography // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2007. Vol. 34. № 7. P. 1097–1106.
5. Schillaci O. Hybrid SPECT/CT: a new era for SPECT imaging? // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2005. Vol. 32. № 5. P. 521–524.
6. Gaemperli O., Saraste A., Knuuti J. Cardiac hybrid imagine // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2012. Vol. 13. № 1. P. 51–60.
7. Hendel R., Corbett J., Cullom S. et al. The value and practice of attenuation correction for myocardial perfusion SPECT

- imaging: a joint position statement from the American Society of Nuclear Cardiology and the Society of Nuclear Medicine // *J. Nucl. Cardiol.* 2002. Vol. 9. № 1. P. 135–143.
8. Dvorak R.A., Brown R.K., Corbett J.R. Interpretation of SPECT/CT myocardial perfusion images: common artifacts and quality control techniques // *Radiographics*. 2011. Vol. 31. № 7. P. 2041–2057.
 9. Solomyany V., Sergienko V. Quantitative evaluation with attenuation correction improves specificity of myocardial perfusion SPECT in the assessment of functionally significant intermediate coronary artery stenosis: a comparative study with fractional flow reserve 23 measurements // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2013. Vol. 40. № 2. Supplement. P. 546–550.
 10. Apostolopoulos D. J., Savvopoulos C. What is the benefit of CT-based attenuation correction in myocardial perfusion SPET? // *Hell. J. Nucl. Med.* 2016. Vol. 19. № 2. P. 89–92.
 11. Prasad M., Slomka P.J., Fish M. et al. Improved quantification and normal limits for myocardial perfusion stress-rest change // *J. Nucl. Med.* 2010. Vol. 51. P. 204–209.
 12. Genovesi D., Giorgetti A. Impact of attenuation correction and gated acquisition in SPECT myocardial perfusion imaging: Results of the multicentre SPAG (SPECT Attenuation Correction vs Gated) study // *Eur. J. Nucl. Med.* 2011. Vol. 38. № 10. P. 1890–1898.
 13. Shawgi M., Tonge C. et al. Attenuation correction of myocardial perfusion SPET in patients of normal body mass index // *Hell. J. Nucl. Med.* 2012. Vol. 15. № 3. P. 2015–2019.
 14. Карпова И.Е., Самойленко Л.Е., Соболева Г.Н. и соавт. Применение однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с ^{99m}Tc-МИБИ в сочетании с фармакологической пробой с аденозинтрифосфатом натрия в диагностике ишемии миокарда у больных с микроваскулярной стенокардией // *Кардиология*. 2014. № 7. С. 4–8.
 15. Хачирова Э.А., Самойленко Л.Е., Шевченко О.П., Карпова И.Е. Оценка перфузии миокарда у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и ангиографически неизменными коронарными артериями, по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией // *Кардиоваск. терапия и профилактика*. 2016. Т. 15. № 1. С. 58–63.
 16. Massoud T., Gambhir S. Molecular imaging in living subjects: seeing fundamental biological processes in a new light // *Genes. Dev.* 2003. Vol. 17. № 5. P. 545–580.
 17. Goodgold H.M., Render J.G., Samuels L.D. et al. Improved interpretation of exercise Tl-201 myocardial perfusion scintigraphy in women: characterization of breast attenuation artifacts // *Radiology*. 1987. Vol. 165. P. 361–366.
 18. Desmaris R., Kaul, S., Watson D. et al. Do false positive thallium-201 scans lead to unnecessary catheterization? Outcome of patients with perfusion defects on quantitative planar thallium scintigraphy // *J. Amer. Coll. Cardiol.* 1993. Vol. 21. P. 1058–1063.
 19. Holly T.A., Parker M.A., Hendel R.C. The prevalence of non-uniform soft tissue attenuation in myocardial SPECT perfusion imaging and the impact of gated SPECT // *J. Nucl. Cardiol.* 1997. Vol. 4. S103 (abstract).
 20. Namdar M., Hany T.F., Koepfli P. et al. Integrated PET/CT for the assessment of coronary artery disease: a feasibility study // *J. Nucl. Med.* 2005. Vol. 46. P. 930–935.
 21. Corbett J. R., Ficaro E.P. Clinical review of attenuation-corrected cardiac SPECT // *J. Nucl. Cardiol.* 1999. Vol. 6. P. 54–68.
 22. Nelson M.D., Szczepaniak L.S., Wei J. et al. Diastolic dysfunction in women with signs and symptoms of ischemia in the absence of obstructive coronary artery disease a hypothesis-generating study // *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2014. Vol. 7. P. 510–516.

DOI 10.12737/article_5a2541849d5335.59531206

Effect of Correction of Gamma-Radiation Absorption in the Study of Myocardial Perfusion by SPECT/CT**E.A. Khachirova¹, L.E. Samoylenko², O.P. Shevchenko¹**

1. N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia. E-mail: elchik09@mail.ru

2. Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia

E.A. Khachirova – assistant; L.E. Samoylenko – Dr. Sc. Med., Prof., O.P. Shevchenko – Dr. Sc. Med., Prof., Head the Department, Member of the European Society of Cardiology

Abstract

Purpose: Assessment of the impact of absorption correction (AC) on quantitative parameters of myocardial perfusion and determination of the extent of stress-induced myocardial microcirculation disorders on SPECT/CT in patients with chest pain and unchanged coronary arteries.

Material and methods: the study included 35 patients, each of whom was carried a selective coronary angiography and rest/stress SPECT/CT of the myocardium with ^{99m}Tc -MIBI with- and without AC.

Results: In all patients with stress-induced myocardial ischemia was detected both without and with AC images. However, quantitative parameters of myocardial perfusion were lower after the AC: SSS 6.9 ± 1.2 vs. 7.7 ± 1.1 ; SDS 4.0 ± 0.8 vs. 4.9 ± 0.6 ; Stress ext. Total 11.2 ± 1.8 vs. 13.0 ± 1.9 ; Stress TPD total 9.3 ± 1.2 vs. 10.9 ± 1.2 ; TPDi 4.1 ± 1.0 vs. 5.9 ± 0.9 (for all $p < 0.05$). For SRS, Rest ext. Total, and Rest TPD total difference was not significant. The number of hypoperfused segments, according to the segmental analysis, was less after AC and was 126 vs. 153 at rest, 242 vs. 177 under stress. In women, significant difference was obtained for all parameters, for men – only for the SSS, SDS, Stress ext. Total, Stress TPD total. In patients with BMI ≥ 25 significant difference for all parameters was obtained. However, patients with the normal BMI (18,5–24,9; WHO, 2004) significant difference was obtained only for Stress ext. Total, Stress TPD total.

Conclusion The use of SPECT/CT with AC allow to detect microcirculatory violations of perfusion and myocardial reserve perfusion in patients with pain in the chest with the unchanged AC, as evidenced by indicators of the average values of quantitative parameters of perfusion scintigram. The most significant impact on the quantitative perfusion parameters was observed in women with well-developed breasts and obese patients. The findings give reason to assume the use of AC to avoid reevaluation incidence and severity of stress-induced myocardial perfusion disturbances.

Key words: SPECT/CT, gamma-ray emission, absorption correction, microvascular angina, myocardial perfusion

REFERENCES

14. Karpova I.E., Samoylenko L.E., Soboleva G.N. et al. *Primeneniye odnofotonnoy emissionnoy kompyuternoy tomografii s ^{99m}Tc-MIBI v sochetanii s farmakologicheskoy proboy s adenzinotriposfatom natriya v diagnostike ishemii miokarda u bolnykh s mikrovaskulyarnoy stenokardiyey // Kardiologiya. 2014. № 7. P. 4–8.*
15. Khachirova E.A., Samoylenko L.E., Shevchenko O.P., Karpova I.E. *Otsenka perfuzii miokarda u patsiyentov s bolevym sindromom v grudnoy kletke i angiograficheski neizmenennymi koronarnymi arteriyami. po dannym odnofotonnoy emissionnoy kompyuternoy tomografii. sovmeshchennoy s rentgenovskoy kompyuternoy tomografiyey // Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika . 2016. Vol. 15. № 1. P. 58–63.*