

ОДНОФОТОННАЯ ЭМИССИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ С КОРРЕКЦИЕЙ АТТЕНЮАЦИИ В ВЕРИФИКАЦИИ НАРУШЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕВЫМ СИНДРОМОМ В ГРУДНОЙ КЛЕТКЕ И ИНТАКТНЫМИ КОРОНАРНЫМИ АРТЕРИЯМИ

© Хачирова Э.А.¹, Самойленко Л.Е.², Шевченко О.П.¹

¹ Кафедра кардиологии ФДПО Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова, Москва; ² кафедра радиологии и радиотерапии Российской медицинской академии постдипломного образования, Москва

E-mail: elchik09@mail.ru

В статье оценена роль коррекции поглощения излучения (КПИ) при однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с рентгеновской томографией (ОЭКТ/КТ), в выявлении нарушений микроциркуляции миокарда у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и неизменными/малоизмененными коронарными артериями (НМКА) по данным коронароангиографии (КАГ). Обследован 31 пациент, среди них 17 женщин и 14 мужчин, средний возраст 62,1 г. с болевым синдромом в грудной клетке и НМКА. У всех больных получены признаки стресс-индуцированной ишемии миокарда по данным ОЭКТ/КТ без и с КПИ. Однако средние значения оцениваемых количественных параметров перфузии миокарда по данным ОЭКТ/КТ с КПИ оказались ниже при сравнении с данными ОЭКТ/КТ без КПИ. Полученные результаты подтверждают тезис о высокой диагностической точности ОЭКТ/КТ с КПИ, поскольку позволяют избежать гипердиагностики в отношении показателей, отражающих наличие, распространенность и тяжесть нарушений микроциркуляции и резерва миокардиальной перфузии.

Ключевые слова: болевой синдром в грудной клетке, неизменные/малоизмененные коронарные артерии, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ), коррекция поглощения излучения (КПИ), перфузия миокарда, микрососудистая болезнь (МСБ).

SINGLE-PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY WITH ATTENUATION CORRECTION FOR VERIFICATION OF MICROCIRCULATORY DISORDERS IN PATIENTS WITH CHEST PAIN AND INTACT CORONARY ARTERIES

Khachirova E.A.¹, Samoylenko L.E.², Shevchenko O.P.¹

¹ Department of Cardiology of FPE of N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow;

² Department of Radiotherapy and Radiology of Russian Medical Academy of Postgraduate Education Studies, Moscow

The paper estimated the role of the attenuation correction (AC) for single-photon emission computed tomography combined with computed tomography (SPECT/CT) in the assessment of myocardial perfusion in patients with chest pain and unaffected coronary artery. The study included 31 patients, each of whom had a selective coronary angiography and rest/stress SPECT/CT of the myocardium made with ^{99m}Tc -MIBI with- and without CA. Stress-induced myocardial ischemia of varying incidence and severity was detected in all patients according to scintigramm without and with AC on SPECT. However, the perfusion parameters showed the prevalence and severity of stress-induced perfusion deficit which were significantly lower after the correction. The average values of quantitative parameters of perfusion scintigramm on rest were also lower with CA, although not significantly different when compared without CA. Quantitative parameters of myocardial perfusion to assess the functional state of the myocardium by SPECT/CT with attenuation correction are of great diagnostic value.

Keywords: pain in the chest, intact coronary arteries, single-photon emission computed tomography (SPECT/CT), attenuation correction (AC), microvascular angina, myocardial perfusion.

В последние десятилетия внедрение новых методов диагностики (ультразвуковых, рентгенологических, магнитно-резонансных, радионуклидных) позволило значительно улучшить качество диагностики ишемической болезни сердца, которая в 90-95% случаев ассоциируется с атеросклерозом коронарных артерий (КА) [2]. Между тем у части больных с синдромом стенокардии в 10-40% случаев выявляются ангиографически неизмененные КА [9]. В этих случаях диагностическим критерием является подтверждение наличия нарушений перфузии и снижения резерва микроциркуляции в качестве причины ишемии миокар-

да и болевого синдрома. Согласно последним Европейским рекомендациям (2013 г.) по диагностике и лечению стабильной ИБС, одним из методов верификации ишемии вследствие снижения микроциркуляторного резерва является однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ) миокарда, выполненная в сочетании с фармакологической пробой с вазодилататорами или на фоне физической нагрузки [6]. Этот метод широко применяется в клинической кардиологии на протяжении последних более чем 30 лет и обладает высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике ИБС [13]. Одним из фак-

торов, ограничивающих применение ОЭКТ, является феномен затухания энергии фотонов при прохождении через мягкие ткани грудной клетки, диафрагму и прилежащие органы брюшной полости [11], что может в ряде случаев (тучные пациенты, женщины с большими размерами молочных желез) приводить к гипердиагностике и ошибочным трактовкам. Применение совмещенных систем ОЭКТ/КТ позволяет провести коррекцию поглощения излучения (КПИ) и, следовательно, по мнению ряда авторов, повысить специфичность и точность результатов исследования, не только у больных с коронарным атеросклерозом, но и у больных с гемодинамически незначимыми стенозами КА [8]. К сожалению, до настоящего времени исследование информативности и особенностей применения гибридных технологий в кардиологии, особенно у больных с интактными КА, являются единичными, носят предварительный характер, а их результаты неоднозначны [5, 8]. В этой связи целью настоящего исследования явилась оценка роли КПИ при ОЭКТ/КТ в диагностике нарушений микроциркуляции миокарда у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и неизменными или малоизмененными КА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включены 31 пациент, находившиеся на стационарном лечении в Клинической больнице Управления делами Президента РФ, в возрасте от 45 до 76 лет (в среднем, $62,1 \pm 8,3$). Критериями включения явились наличие болей в левой половине грудной клетки ангинозного характера, положительный нагрузочный тест,

выполненный ранее в амбулаторных условиях, а также неизменные или малоизмененные КА по данным коронароангиографии (КАГ), проведенной в стационаре.

Всем пациентам, включенным в исследование (табл. 1), проведено клиническое обследование, включавшее сбор анамнеза, осмотр, клинический и стандартные биохимические анализы крови, включавшие определение общего холестерина (ХС), липидов низкой плотности (ЛНП), КАГ, а также С-ОЭКТ/КТ в покое и на фоне велоэргометрической пробы (ВЭМ-пробой).

По данным КАГ интактные КА выявлены у 22 обследованных, у 9 пациентов определялось поражение только 1 КА $< 50\%$. У 2 из 9 больных определялся стеноз ствола левой КА $\approx 20\%$, у 3 – правой межжелудочковой ветви до 40% , у 2 – огибающей артерии до 30% и у 2 пациентов – правой КА до 30% .

Синхронизированную с ЭКГ ОЭКТ/КТ миокарда выполняли в отделении радиоизотопной диагностики с целью верификации ишемии миокарда. Антиангинальная терапия была отменена за 48 часов до проведения исследования.

ОЭКТ/КТ выполняли по двухдневному протоколу: в первый день выполняли исследование в сочетании с нагрузочной пробой, во второй день – в покое.

В качестве радиофармпрепарата (РФП) применяли «технетрил», меченный технецием (^{99m}Tc – МИБИ), который вводили внутривенно активностью 444-555 МБк. Регистрацию изображения на гамма-камере начинали через 60-90 мин после введения РФП в покое и через 45-60 мин после введения во время нагрузочной пробы.

Таблица 1

Клиническая характеристика обследованных пациентов

Показатели	Пациенты, n=31
Возраст, лет	$62,1 \pm 8,3$
Пол, муж/жен	14/17
Длительность болезни, годы	$3,3 \pm 2,4$
Гипертоническая болезнь	15
Ожирение (ИМТ ≥ 25)	11
Курение	19
Общий ХС, ммоль/л	$5,1 \pm 1,23$
ХС ЛНП, ммоль/л	$3,2 \pm 0,82$
ВЭМ-проба:	
Боль, $ST \geq 2,0$ мм	9
Боль, $1 \text{ мм} \leq ST \leq 2,0$ мм	12
Усталость, одышка, $1 \text{ мм} \leq ST \leq 2,0$ мм	7
Отрицательная проба	3

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ЛНП – липопротеиды низкой плотности ммоль/л; ХС – холестерин, ммоль/л. Данные по ИМТ, ВЭМ-пробе, полу и курению представлены в виде абсолютного числа больных.

ВЭМ-пробу проводили на велоэргометре (Ergoline, Германия), начиная с мощности нагрузки 25 Вт, с последующим увеличением на 25 Вт каждые 3 мин., под контролем ЭКГ и АД. Достоверными критериями ишемии миокарда считали горизонтальное или косонисходящее смещение сегмента ST на ЭКГ ниже изолинии более чем на 1,0 мм на расстоянии 80 м/сек от точки j. При достижении критериев прекращения ВЭМ-пробы в/в вводили РФП, после чего больной продолжал выполнять нагрузку в течение 1 минуты. Регистрацию изображения сердца осуществляли в томографическом режиме, синхронизированном с R зубцом ЭКГ, на 2-детекторной гамма-камере «SYMBIA T-16» (SIEMENS, Германия), совмещенной с низкодозовым компьютерным томографом, оснащенным коллиматором «smartzum» 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 на 180°. Регистрировали 32 проекции по 16 проекций каждым детектором.

КТ области сердца для КПИ проводили с помощью плоскопанельной 16-срезовой КТ-подсистемы ОЭКТ/КТ-томографа с напряжением на трубке 140 кВ при силе тока 2 мА. Один томографический срез выполнялся за 16 секунд.

Обработку изображений осуществляли с применением программ AutoSPECT, AutoQUANT, QPS/QGS по 17-сегментарной модели левого желудочка сердца.

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

и преходящие, в случае их отсутствия на томограммах в покое и появлении на постнагрузочных изображениях.

В таблице 2 представлены количественные параметры и критерии выраженности нарушения перфузии, которые оценивали при сравнении изображений миокарда без КПИ и с КПИ.

Статистическую обработку результатов производили 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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выработки оптимального протокола исследования пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и неизменными или малоизменными КА было выполнено сравнение томографических изображений миокарда без КПИ и с КПИ.

При анализе томосцинтиграмм, зарегистрированных в покое и после пробы с физической нагрузкой, преходящие ДП выявлялись у всех больных на изображениях миокарда без КПИ и с КПИ, однако распространенность участков сниженной перфузии и степень их выраженности была меньше после КПИ, что подтверждается результатами количественного анализа (табл. 3).

Анализ полученных данных показал, что у обследованных больных нарушения перфузии миокарда выявляются на обоих изображениях. Выявленные нарушения лежат в диапазоне умеренно выраженных и начальных изменений, что характерно для данного контингента больных. Однако значения оцениваемых показателей, таких как SSS, SDS, Stress ext. Total, Stress TPD total, TPD_i, характеризующие распространенность и обратимость ДП, были менее выражены после КПИ ($p < 0,05$).

Таблица 2

Количественные критерии степени нарушения перфузии миокарда

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

Примечание: SRS (summed rest score), отражает сумму баллов во всех 17-сегментах на изображениях в покое, включает только стабильные ДП; SSS (summed stress score), отражает сумму баллов во всех 17 сегментах на постнагрузочных изображениях, включает преходящие и стабильные ДП; SDS (summed difference score), суммарный счет разницы между суммами баллов после нагрузки и в покое, указывает на обратимость дефекта перфузии; Extent stress/Extent rest, %, показатели распространенности нарушения перфузии миокарда при нагрузке/в покое; Total perfusion deficit (TPD) stress/rest, общий дефицит перфузии, интегральный показатель, отражающий распространенность и глубину нарушений перфузии при нагрузке/в покое; TPD ischemia (TPDi), ишемический дефицит перфузии, наиболее точно характеризует величину стресс-индуцированных ДП.

Количественные параметры перфузии миокарда, полученные при ОЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ (покой/нагрузка)

Оцениваемые параметры	КПИ	Без КПИ	p
SRS	3,0±1,2	3,6±0,9	>0,05
SSS	7,2±1,3	8,4±1,1	<0,05
SDS	4,2±0,8	5,1±0,6	<0,05
Stress ext. Total(SeT)	12,2±2,4	13,8±2,2	<0,05
Rest ext. Total (ReT)	4,7±1,6	5,4±1,6	>0,05
Stress TPD total	9,9±1,5	11,7±1,2	<0,05
Rest TPD total	4,5±0,9	5,2±1,7	>0,05
TPDi	4,3±1,1	6,4±0,8	<0,05

Примечание: нарушения перфузии отсутствуют в случае: SSS≤3; SDS 0-1; TPDs, %<5; TPDi, %<3.

Количественные параметры перфузии миокарда при ОЭКТ/КТ с и без КПИ у мужчин и женщин

Оцениваемые параметры	Мужчины, n=14		p	Женщины, n=17		p
	с КПИ	без КПИ		с КПИ	без КПИ	
SRS	3±0,8	3,5±0,9	>0,05	2,9±1,1	3,8±0,9	<0,05
SSS	6,3 ±1,3	7,8±1,1	<0,05	7,5±1,6	9,2±1,8	<0,05
SDS	3, 3±0,8	4,2±0,7	<0,05	4,5±0,8	5,4±0,9	<0,05
Stress ext. Total	11,8±1,6	13,2±1,8	<0,05	12,4±2,3	14,5±2,9	<0,05
Rest ext. Total	5±0,9	5,6±0,7	>0,05	4,4±1,1	5,5±1,4	<0,05
Stress TPD total	9,8±1,2	10,7±1,4	<0,05	10±2,1	12,6±2,3	<0,05
Rest TPD total	4,7±0,4	5,3±0,6	>0,05	4,2±0,9	5,8±1,2	<0,05
TPDi	5,0±0,9	5,2±0,8	>0,05	5,6±1,1	6,6±2,1	<0,05

Несмотря на то, что распространенность микрососудистой болезни (МСБ) по данным литературы у женщин выше, чем у мужчин [5], в настоящем исследовании количество лиц обоего пола не различалось, что позволило провести анализ результатов ОЭКТ/КТ миокарда с КПИ и без КПИ раздельно как у мужчин, так и у женщин (таблица 4).

При анализе количественных параметров перфузии миокарда с КПИ и без КПИ достоверно было отмечено наличие гендерных различий влияния коррекции на параметры перфузии. Так, у женщин достоверные различия получены для всех оцениваемых параметров перфузии миокарда в покое и на фоне физической нагрузки. У мужчин достоверные различия получены для параметров перфузии миокарда только в условиях нагрузочного теста.

В качестве клинического примера приводим выписку из истории болезни пациентки К., 54 лет, диагноз: ИБС при неизменных коронарных артериях (стенокардия напряжения II ФК). Жалобы при поступлении: чувство нехватки воздуха, давящие боли за грудиной, возникающие при эмоциональной нагрузке, длящиеся около 20-25 мин, не полностью купирующиеся приемом нитратов короткого действия.

Анамнез: Боли беспокоят около 2 лет, возникают практически ежедневно. Семейный анамнез не отягощен. В анамнезе двое родов, менопауза с 51 г. Вредные привычки отрицает.

При поступлении состояние удовлетворительное. ИМТ 32. Показатели клинического, биохимического анализов крови, а также уровни гормонов щитовидной железы в пределах нормы. ЭКГ: Ритм синусовый правильный, ЧСС 62 в мин. ЭХО-КГ: КДР 5,4 см, КСР 3,4 см, ТЗС 1,0 см. ФВ>60%, нарушений локальной сократимости нет. При проведении ВЭМ-пробы в амбулаторных условиях накануне госпитализации выявлены эпизоды депрессии сегмента ST до 1,5 мм.

По данным ОЭКТ/КТ без КПИ (рисунок 1А) определяются ДП распространенной перегородочной (Ext. Str. 54) и базальной боковой (Ext. Str. 13) локализации; SSS 8, SRS 2, SDS 6, TPDi 5. После КПИ (рисунок 1Б) отмечена нормализация перфузии по боковой стенке (Ext. Str. 1), сохраняется ДП по перегородке существенно меньшей распространенности (Ext. Str. 35) и отмечается появление зоны гипоперфузии в области верхушки (SSS 6, SRS 2, SDS 4, TPDi 4).

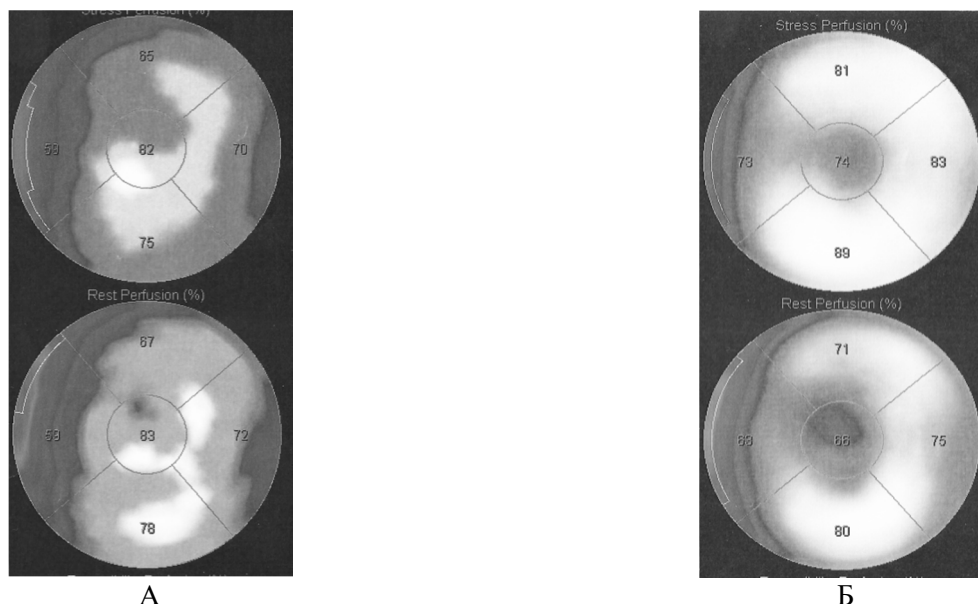


Рис. 1. Томосцинтиграммы миокарда ЛЖ сердца без КПИ (А), с КПИ (Б).

Таким образом, применение КПИ у пациентов с интактными КА позволило повысить точность оценки характера изменений перфузии миокарда, которые расценены как умеренно выраженные нарушения перфузии с начальными проявлениями снижения резерва микроциркуляторного русла миокарда, что позволило предположить наличие микрососудистой болезни. При КАГ данных за атеросклеротическое поражение КА не получено, просвет КА не изменен.

До настоящего времени проблема изучения механизмов развития и верификации ишемии миокарда у больных с болевым синдромом в грудной клетке и интактными КА, остается дискуссионной. В 2013 г. Европейское общество кардиологов выделило в самостоятельную нозологическую форму заболевание МСБ [6], одной из основных причин которого рассматривается снижение резерва микроциркуляции. Именно поэтому у данной категории больных для постановки диагноза необходимо подтверждение ишемии миокарда вследствие снижения резерва микроциркуляции. На сегодняшний день одним из наиболее доступных и распространенных методов, способных визуализировать ишемию, является ОЭКТ миокарда, которая характеризуется высокой чувствительностью в верификации ишемии вследствие снижения резерва перфузии у больных с интактными КА [1]. Однако ограничения, связанные с ослаблением излучения фотонов при прохождении через мягкие ткани, на протяжении всего времени существования метода вызвали дискуссии относительно гипердиагностики нарушений перфузии, особенно у тучных пациентов, женщин с выраженными молочными железами и стимулировали развитие исследований, направ-

ленных на решение проблемы аттенуации. По данным разных авторов, распространенность появления артефактных ДП вследствие ослабления излучения колеблется от 20% до 50% обследованных больных [4]. Разработанные в последние годы гибридные системы ОЭКТ/КТ позволяют осуществлять КПИ и, следовательно, повысить специфичность и точность результатов исследования [4, 7, 12].

Результаты сравнительной оценки информативности ОЭКТ/КТ с ^{99m}Tc-технетрилом с КПИ и без нее у больных с болевым синдромом в грудной клетке и интактными КА показали существенное влияние КПИ на количественные параметры перфузии миокарда, являющиеся критериями нарушений коронарной микроциркуляции. Средние значения общей площади, распространенности и обратимости стресс-индуцированных ДП оказались достоверно ниже показателей, полученных без коррекции. При анализе параметров, отражающих распространенность и выраженность ДП в покое, определялась та же направленность, хотя достоверных различий не получено. Анализ результатов, полученных у мужчин и женщин, выявил достоверные различия практически по всем количественным показателям перфузии миокарда с КПИ и без КПИ у женщин. У мужчин, в отличие от других исследований [7], несмотря на то что они носили однонаправленный характер, различия коснулись общей площади, распространенности и обратимости стресс-индуцированных ДП: SSS, SDS, Stress ext. Total, Stress TPD total. При этом у женщин эти различия гораздо выше, чем у мужчин. Кроме того, у женщин получены аналогичные различия параметров ДП и в покое, что, вероятно, обусловлено большей потерей части энергии фотонов при

прохождении через мягкотканые анатомические структуры (молочные железы). У мужчин такое рассеивание происходит в меньшей степени [3].

Результаты исследования подтверждают тезис, что в ряде случаев оценка наличия и степени тяжести ишемии завышается, поскольку ДП без КПИ расценивается как более тяжелый, следовательно, возникает риск гипердиагностики заболевания. Полученные результаты в целом совпадают с данными мировой литературы [10]. В тоже время в ряде работ [12] средние значения параметров перфузии без КПИ у пациентов с пограничными стенозами оказались достоверно выше после КПИ, что отличается от результатов, как настоящего, так и большинства зарубежных исследований.

Применение ОЭКТ/КТ миокарда с КПИ так и без КПИ позволяет выявлять нарушения перфузии и снижение резерва микроциркуляторного русла миокарда у пациентов с болевым синдромом в грудной клетке и интактными КА. При этом показатели средних значений количественных параметров перфузионных томосцинтиграмм после КПИ достоверно ниже, чем без КПИ, что позволяет избежать гипердиагностики в отношении наличия, распространенности и тяжести нарушений микроциркуляции и резерва миокардиальной перфузии. Таким образом, ОЭКТ/КТ с КПИ у данной категории больных может иметь особое значение, поскольку будет способствовать снижению риска ложноположительных заключений, повышению точности в верификации ишемии вследствие снижения резерва перфузии миокарда, а следовательно, оптимизации тактики ведения и лечения и будет крайне полезной в алгоритме обследования таких пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *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 // Кардиоваскулярная терапия и профилактика – 2016. – № 15 (1) – С. 58-63.
2. *Шевченко О.П., Мишинёв О.Д.* Ишемическая болезнь сердца – М. : Реафарм, 2005. – 11 с.
3. *Corbett J.R., Ficaro E.P.* Clinical review of attenuation-corrected cardiac SPECT // J Nucl Cardiol – 1999. – Vol. 6, N 1, Pt. 1 – P. 54-68. – doi: 10.1016/S1071-3581(99)90065-X
4. *Desmarais R.L., Kaul S., Watson D.D., Beller G.A.* Do false positive thallium-201 scans lead to unnecessary catheterization? Outcome of patients with perfusion defects on quantitative planar thallium-201 scintigraphy // J Am Coll Cardiol – 1993. – Vol. 21, N 5. – P. 1058-1063. – doi: 10.1016/0735-1097(93)90225-P
5. *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, N 7. – P. 2041-2057. – doi: 10.1148/rg.317115090
6. ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology, 2013 [Электронный ресурс] // European Society of Cardiology – Режим доступа: <http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/early/2013/08/28/eurheartj.eht296>, свободный
7. *Genovesi D., Giorgetti A., Gimelli A., Kusch A., D'Aragona Tagliavia I., Casagrande M., Cannizzaro G., Giubbini R., Bertagna F., Fagioli G., Rossi M., Romeo A., Bertolaccini P., Bonini R., Marzullo P.* 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 Mol Imaging. – 2011. – Vol. 38, N 10. – P. 1890-1898. – doi: 10.1007/s00259-011-1855-4.
8. *Hendel R.C., Corbett J.R., Cullom S.J., DePuey E.G., Garcia E.V., Bateman T.M.* 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, N 1. – P. 135-143.
9. *Humphries K.H., Pu A., Gao M., Carere R.G., Pilote L.* Angina with “normal” coronary arteries: sex differences in outcomes // Am Heart J – 2008. – Vol. 155, N 2. – P. 375-381. – doi: 10.1016/j.ahj.2007.10.019.
10. *Kinahan P.E., Hasegawa B.H., Beyer T.* X-ray-based attenuation correction for positron emission tomography/computed tomography scanners // Semin Nucl Med. – 2003. – Vol. 33, N 3. – P. 166-179. – doi: 10.1053/snuc.2003.127307
11. *Massoud T., Gambhir S.* Molecular imaging in living subjects: seeing fundamental biological processes in a new light // Genes Dev. – 2003. – Vol. 17, N 5. – P. 545-580. – doi: 10.1101/gad.1047403.
12. *Solomyanyy V., Sergienko I.* 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 // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. – 2013. – Vol. 40, N 2, Supp. – P. 546.
13. *Vermeltfoort I.A., Bondarenko O., Raijmakers P.G., Odekerken D.A., Kuijper A.F., Zwijnenburg A., van der Vis-Melsen M.J., Twisk J.W., Beek A.M., Teule G.J., van Rossum A.C.* Is subendocardial ischaemia present in patients with chest pain and normal coronary angiograms? A cardiovascular MR study. // Eur Heart J. – 2007. – Vol. 28, N 13. – P. 1554-1558. – doi: 10.1093/eurheartj/ehm088