

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И АНГИОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

***Е.Е. Фуженко** – аспирант
В.В. Ховрин – к.м.н., зав. отд.
С.А. Аbugов – д.м.н., профессор, зав.отд. рентгенохирургии и аритмалогии
В.А. Сандриков – академик РАН, профессор, д.м.н., зав. отделом

*ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского»
 119991 Россия, г. Москва, Абрикосовский пер., 2*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- ишемическая болезнь сердца
- коронарные артерии
- мультиспиральная компьютерная томография
- коронарная ангиография
- стеноз

РЕЗЮМЕ:

Цель: повысить эффективность диагностики у пациентов с ишемической болезнью сердца, путем исследования возможностей мультиспиральной томографии в сравнении с коронарной ангиографией.

Материалы и методы: в исследование включены 64 пациента (18 женщин и 46 мужчин, средний возраст 62,4±9,5 лет) с высоким риском развития ишемической болезни сердца. У 34 пациентов - инфаркт миокарда в анамнезе (у 18 пациентов - в бассейне правой коронарной артерии, у 16 пациентов – в бассейне передней нисходящей артерии). Клиника стенокардии – у 40 пациентов (ФК I – 10; ФК II – 22; ФК III – у 6, ФК IV – у 2 пациентов). Критерием отбора были отсутствие прогрессирования заболевания в течение не менее 6 недель, а также минимум 3 месяца оптимального лечения.

Всем пациентам выполнена МСКТ на 256-срезовом компьютерном томографе. Полученные данные сопоставляли с результатами, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской коронароангиографии.

Результаты: сравнение МСКТ с данными инвазивной коронароангиографии показало высокую сопоставимость результатов двух методов в оценке поражения коронарных артерий. Выявлено, что расхождения данных мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и коронароангиографии (КАГ) по выявлению гемодинамически незначимых стенозов составляют от 0 до 4 %, гемодинамически значимых стенозов – от 0 до 2,6 %, субтотальных стенозов – от 0 до 1 %, окклюзий – 0 %. Показано наличие сильных корреляционных связей между данными МСКТ-ангиографии и КАГ о наличии стенозов, продемонстрировано высокое качество МСКТ-изображений сегментов коронарных артерий при проведении исследования с помощью различных режимов применения метода.

Выводы: мультиспиральная компьютерная томография является высокоэффективным методом диагностики структурных и анатомических изменений коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца.

Для цитирования: Фуженко Е.Е., Ховрин В.В., Аbugов С.А., Сандриков В.А. Сравнительная характеристика возможностей мультиспиральной компьютерной томографии и ангиографии в оценке степени атеросклеротического поражения коронарных артерий. Журнал Диагностическая и интервенционная радиология. 2017;11(1):28-36

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF POSSIBILITIES OF MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY AND ANGIOGRAPHY TO ASSESS THE DEGREE OF ATHEROSCLEROTIC LESIONS OF CORONARY ARTERIES

***Fuzhenko E.E.** – MD
Khovrin V.V. – MD, PhD
Abugov S.A. – MD, PhD, professor
Sandrikov V.A. – MD, PhD, professor, academician of RAS

*B.V. Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation
 2, Abrikosovskij per., Moscow, Russian Federation 119991*

KEY-WORDS:

- ischemic heart disease
- coronary artery
- multislice computed tomography
- coronary angiography
- stenosis

ABSTRACT:

Aim: was to improve the efficiency of diagnosis of patients with coronary heart disease, by estimating of possibilities of cardiac multislice computed tomography in comparison with coronary angiography.

Materials and methods: study included 64 patients (18 women and 46 men, mean age 62,4 ± 9,5 years) with a high risk of developing coronary heart disease. In 34 patients - myocardial infarction in anamnesis (18 patients - in pool right coronary artery in 16 patients - in left anterior descending artery). Clinics of angina pectoris - in 40 patients (functional class (FC) I - 10; FC II - 22, FC III -

**Адрес для корреспонденции (Correspondence to):* Фуженко Екатерина Евгеньевна (Fuzhenko E.E.), e-mail: fuzhenko@gmail

in 6, FC IV - 2 patients). Selection criteria: the absence of disease progression for at least 6 weeks, and at least 3 months of optimal treatment.

All patients underwent cardiac MSCT at 256-slice CT scanner. Obtained data was compared with data of reference method - x-ray coronary angiography

Results: comparison of MSCT coronary angiography with invasive data showed a high comparability of results of two methods in the evaluation of coronary artery disease. It was revealed that discrepancies between cardiac MSCT and CAG in detection of hemodynamically insignificant stenoses ranging from 0 to 4%, hemodynamically significant stenoses - from 0 to 2.6%, subtotal stenosis - from 0 to 1%, occlusions - 0%. The presence of strong correlations between data of cardiac MSCT and coronary angiography of stenosis, demonstrated the high quality of MSCT imaging of coronary artery segments in the examination with a variety of modes of application method.

Conclusion: multislice computed tomography is a highly effective method for diagnosing of structural and anatomic changes of coronary arteries in patients with coronary heart disease.

Введение

Известно, что более 30% инфарктов миокарда (ИМ) развиваются непосредственно в результате окклюзии коронарных артерий (КА), однако результаты общепринятых кардиологических тестов у этих больных часто оказываются отрицательными или сомнительными [1-3]. В качестве единственного надежного метода визуализации КА и количественной оценки стеноза сосудов у данного контингента больных до последнего времени рассматривается селективная коронарная ангиография (КАГ) [1, 4]. Однако, большая доля пациентов, которым выполняется КАГ, в дальнейшем не нуждается в применении методов хирургической реваскуляризации миокарда. Использование КАГ приводит к серьезным осложнениям в 2-3% случаев [5, 6]. У части больных применение этого метода диагностики может не выявлять изменения в коронарных артериях, таким образом, ее выполнение не всегда оправдано.

Внедрение в клиническую практику многослойной спиральной компьютерной томографии (МСКТ) раскрыло широкие перспективы для изучения анатомических характеристик, оценки структурной основы и степени стенозирования коронарных артерий [6, 7]. КТ-ангиография является одним из наиболее быстро развивающихся методов оценки состояния сердца и коронарных сосудов. Благодаря стремительному техническому прогрессу мультисрезовых сканеров КТ-ангиография приобретает все большую ценность в диагностике коронарной недостаточности. Внедрение новых подходов в реализации этого метода способствовало рассмотрению его в качестве перспективной альтернативы диагностической инвазивной коронарной ангиографии, а дальнейшее развитие технологий позволит КТ-ангиографии стать основным методом диагностики коронарной недостаточности и других сердечно-сосудистых заболеваний [7-9].

В ряде сообщений указывается, что гемодинамически незначимые стенозы лучше выявляются при МСКТ-коронарографии, чем при контрастной ангиографии [10-13]. В то же время сведения об эффективности

метода в прогнозировании и выявлении стенозов коронарных артерий достаточно противоречивы.

Цель работы - сравнить и оценить возможности мультиспиральной томографии и коронарной ангиографии в диагностике атеросклеротических изменений коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца.

Материалы и методы

Обследовано 64 пациента (18 женщин и 46 мужчин, средний возраст $62,4 \pm 9,5$ лет), среди которых были больные с высоким риском развития ИБС, впервые обратившиеся за помощью, а также пациенты с выявленным ранее заболеванием I-IV функционального класса (ФК, CCS), госпитализированные с целью коррекции их состояния.

Ранее перенесли острый инфаркт миокарда 34 пациента, из них в 18 случаях в бассейне правой коронарной артерии, у 16 пациентов – в бассейне передней нисходящей артерии. Ранее была выполнена реваскуляризация коронарного русла 7 пациентам. Таким образом, состояние коронарных артерий оценивалось после стентирования.

Клинические проявления стенокардии были отмечены у 40 больных, из них: стенокардия напряжения I ФК наблюдалась у 10 пациентов, II ФК – у 22 больных, III ФК – у 6 пациентов, а IV ФК – у 2 пациентов.

У 7 пациентов в процессе госпитального обследования было выявлено нарушение сердечного ритма в виде желудочковых экстрасистол. Критерием отбора были отсутствие прогрессирования заболевания в течение не менее 6 недель, а также минимум 3 месяца оптимального лечения.

Всем больным была выполнена мультиспиральная коронарная томография на 256-срезовом компьютерном томографе Somatom definition flash (Siemens, Germany) со следующими параметрами: коллимация $128 \times 0,6$, временное разрешение 75 мс, пространственное разрешение 0,33 мм, толщина среза 0,6 мм.

В ходе обследования у всех пациентов был собран аллергоанамнез и получено добровольное согласие на введение контрастного препарата.

Контрастное вещество (Визипак-320), предварительно разогретое до комнатной температуры, вводили больным через кубитальную вену, диаметр бранюли 18G. Контраст вводился автоматически, болюсным инжектором в два этапа: первый – тест-болюс – 15 мл контрастного вещества, затем 15 мл физиологического раствора, с дальнейшим автоматическим подсчетом уровня максимального насыщения контрастного вещества в области интереса (восходящей аорте). Вторым этапом выполняли введение основного объема контрастного препарата в объеме 70-80 мл и второй волны – 50 мл физиологического раствора. Скорость введения растворов на всех этапах составляла 6,0 мл/с.

Применяли стандартный протокол сканирования, который включал: нативное исследование сердца с целью последующего подсчета CaScoring, далее тест-болюс с автоматическим определением пика насыщения контрастного препарата в восходящей аорте и непосредственно сканирование уровня интереса. Размер зоны исследования составлял в среднем 15-20 см, что позволяло полностью охватить анатомическую область сердечной мышцы. Все этапы сканирования сопровождалась ЭКГ-синхронизацией и осуществлялись без предварительного приема бета-блокаторов.

В соответствии с рекомендациями по сбору данных на используемом томографе применяли три основных вида ЭКГ-синхронизированных программ: «протокол DS CorCTA»- спиральный режим сканирования у пациентов с частотой сердечных сокращений (ЧСС) > 70 уд/мин; «протокол CorCTA_AdaptiveSeq» – пошаговый режим сканирования у пациентов с ЧСС > 70 уд/мин, а также с наличием экстрасистол в анамнезе. В случае наличия у пациента стабильного пульса и ЧСС < 70 уд/мин применяли «протокол Flash_CorCTA» – спиральный режим сканирования с проспективным сбором данных. В случаях выявления у пациентов высоких значений кальциевого индекса применяли сканирование с применением двойной энергии («протокол Dual Energy») с одномоментным использованием двух трубок с разным напряжением (kV 120/100), сила тока mAs – Care Dose – рассчитывалась автоматически в зависимости от конституции человека. Минимальное значение ЧСС у исследуемых пациентов составляло 54 уд/мин, максимальное – 102 уд/мин.

Постобработку полученных данных производили на рабочей станции Syngo Via, в приложении CT-Coronary с автоматическим продольным выделением каждой коронарной артерии. С учетом качества изображения анализировали данные, полученные в конечно-диастолическую фазу сердечного цикла (80% R-R) либо оценивали комплекс мультифазных изображений.

Анализировали состояние основных магистральных артерий коронарного русла: передней нисходящей артерии (ПНА), огибающей артерии (ОА) и правой коронарной артерии (ПКА). Оценку степени стенозирования коронарных артерий (в процентах) выполняли по сегментам согласно Американской ассоциации кардиологов (АНА).

Полученные данные сопоставляли с результатами, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской коронароангиографии, которую выполняли по стандартному протоколу, принятому в РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского.

Также была проведена оценка качества томограмм каждой коронарной артерии посегментно – сегменты ПКА – 1-3, ПНА – 6-8, ОА – 11-14.

Всего было проанализировано состояние 576 сегментов коронарной артерии в зависимости от примененного протокола сканирования. Все полученные в ходе изображения были проанализированы и классифицированы двумя врачами-операторами независимо друг от друга. Анализ качества изображения осуществляли по следующей схеме:

- доступные интерпретации, без артефактов;
- наличие артефактов, но интерпретация возможна;
- наличие выраженных артефактов, интерпретация невозможна.

Критериями оценки качества изображения выступало наличие таких факторов как: артефакты от движения – в виде двойного контура стенки сосуда; артефакты от частичного эффекта объема – в виде размытости контура сосуда; зашумленности изображения – в виде повышенной зернистости картинки, когда отмечалось выраженное расхождение значений КТ-плотности в проекции контрастируемого просвета артерии, а также сочетание малого диаметра артерии и выраженного протяженного кальциноза, вызывающего «засвечивание» ее просвета.

Каждый из 2 операторов после исследования каждого сегмента артерии оценивал качество изображения по вышеприведенной схеме, таким образом, было получено по 2 оценки качества визуализации сегментов у групп пациентов по 18, 16, 11 и 19 человек в зависимости от использованного режима сканирования.

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft, США). Количественную оценку эффективности метода МСКТ в оценке стеноза коронарных артерий проводили путем расчета показателей чувствительности и специфичности. Выявленные количественные изменения сравнивали с таковыми, полученными по коронарной ангиографии (КАГ), который был использован нами в качестве референсного для оценки степени стеноза. Для оценки соответствия качественных результатов двух независимых методов исследования использовали корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмена.

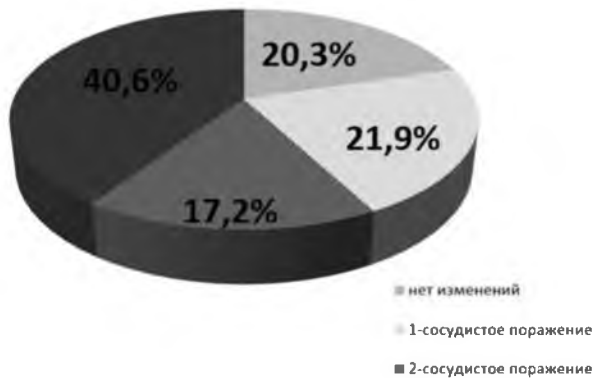


Рис. 1. Распределение степени поражения коронарного русла (по данным МСКТ).

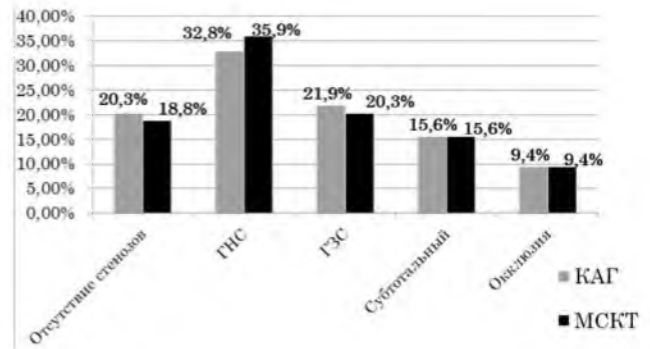


Рис. 2. Поражения КА у больных по данным КАГ и МСКТ (n=64).

Таблица 1. Частота совпадений результатов исследования КА по данным МСКТ и КАГ при расчете на общее количество артерий (n=192)

Характеристика	КАГ		МСКТ	
	Абс.	%	Абс.	%
Изменений не выявлено	68	35,4	66	34,4
Субтотальный	10	5,2	9	4,7
Окклюзия	4	2,1	4	2,1
ГНС	59	30,7	57	29,7
ГЗС	51	26,6	56	29,1

Таблица 2. Частота совпадений результатов исследования сегментов коронарных артерий по данным МСКТ и КАГ (n=576)

Состояние сосуда	КАГ		МСКТ	
	Абс.	%	Абс.	%
Изменений не выявлено	370	64,2	363	63,0
Субтотальный	11	1,9	11	1,9
Окклюзия	5	0,9	5	0,9
ГНС	140	24,3	138	24,0
ГЗС	50	8,7	59	10,2

Результаты

В большинстве случаев при обследовании больных было выявлено многососудистое поражение КА. Как представлено на рисунке 1, трехсосудистое поражение было отмечено у 40,6 % пациентов, двухсосудистое – в 17,7 % случаев, однососудистое поражение – у 21,9 % больных. У 20,3 % пациентов изменений коронарного русла выявлено не было.

Анализ данных, полученных при МСКТ и КАГ коронарных артерий, при расчете на количество обследованных пациентов показал, что, по данным МСКТ чаще выявлялись гемодинамически незначимые стенозы – в 23(35,9 %) случаях, чем по данным КАГ – 21(32,8 %) случаев (рис.2). В то же время результаты КАГ

несколько чаще свидетельствовали об отсутствии изменений в сосудах – у 13(20,3 %) пациентов, в то время как МСКТ показала несколько меньшую долю таких случаев – 12(18,8%). Также по данным КАГ было обнаружено 14(21,8 %) случаев значимого стеноза КА, тогда как МСКТ позволило выявить такие изменения сосудов у 13(20,3%) больных. Частота обнаружения окклюзии и субтотальных стенозов при различных методах исследования была одинаковой. При этом достоверных межгрупповых отличий показателей отмечено не было.

Полученная картина результатов демонстрирует 100% достоверность данных МСКТ и КАГ в случаях выявления субтотального и тотального поражения коронарного русла. Почти полное совпадение данных (98,4%) в

Таблица 3. Сравнительная оценка качества изображения при использовании различных режимов получения данных МСКТ (n=64)

Результат сопоставления	DS_CorCTA (18 пациентов, 162 сегмента)		CorCTA_AdaptiveSeq (16 пациентов, 144 сегмента]		Flash_CorCTA (11 пациентов, 99 сегментов)		Dual Energy (19 пациентов, 171 сегмент)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Совпадение	156	96,3	140	97,2	99	100	166	97,1
Несовпадение	6	3,7	4	2,8	-	-	5	2,9

случае выявления ГЗС и отсутствия поражения артерий и лишь до 3% расхождения данных при регистрации ГНС коронарных артерий, что иллюстрирует некоторую гипердиагностику методики МСКТ.

Сравнение данных, полученных с помощью МСКТ и КАГ, при расчете на количество исследованных артерий, показало, что, по данным МСКТ, гемодинамически значимые стенозы были выявлены в 56(29,1 %) случаях, несколько чаще, чем при КАГ – у 51(26,6 %) больного (табл. 1).

В то же время, по данным КАГ, чаще отмечались субтотальный стеноз, гемодинамически незначимый стеноз, соответственно в 10(5,2%) и 59(30,7%) случаях, тогда как при МСКТ значения этого показателей составили соответственно 9(4,7%) и 57(29,7%) случаев. Также КАГ показала более высокую долю больных с отсутствием изменений в коронарных артериях. Однако достоверных отличий показателей при оценке состояния артерий разными методами отмечено не было.

Сравнение данных, полученных с помощью МСКТ и КАГ, при расчете на количество исследованных сегментов коронарных артерий, показало, что, по данным МСКТ, гемодинамически значимые стенозы были выявлены чаще, чем при КАГ, соответственно в 59(10,2%) случаях и 50(8,7 %) случаях (табл. 2). В то же время, по данным КАГ, чаще отмечались гемодинамически незначимые стенозы – в 140(24,3%) сегментах, при проведении МСКТ значение этого показателя составило 138(24%) сегментов. Частота выявления субтотального стеноза и окклюзии была одинакова. КАГ показала более высокую долю сегментов с отсутствием изменений 370(64,2 %), тогда как по данным МСКТ значение этого показателя составило 363(63%) сегмент. Достоверных отличий показателей при оценке состояния сегментов различными методами отмечено не было.

При этом выявленные данные демонстрируют преимущественное поражение средних сегментов в русле ПНА и ОА, а также проксимальных сегментов в русле ПКА. Расхождение данных выглядело следующим образом: при отсутствии стенозов процент расхождений результатов двух методик составил от 1% до 1,2%; при наличии ГНС – от 0% до 4%; при наличии ГЗС – от 0% до 2,6%; критическое стенозирование КА иллюстрировало процент от 0 до 1.

Сравнительная оценка степени стенозирования коро-

нарных артерий по данным МСКТ и КАГ с помощью корреляционного анализа показала наличие прямых сильных достоверных ($p < 0,001$) коэффициентов корреляции. В целом взаимосвязь результатов двух методов по определению стеноза КА составила 0,92, по частоте выявления гемодинамически значимых стенозов – 0,90, $p < 0,001$.

Расчеты показали, что чувствительность метода МСКТ в отношении выявления стенозов коронарных артерий (при расчете на количество оцененных артерий) составляют: чувствительность – 98,1%, специфичность – 91,6%, диагностическая точность – 95,3 %, положительная прогностическая ценность – 93,8%, отрицательная прогностическая ценность – 97,4%.

При расчете по отдельным сегментам коронарных артерий значения этих показателей составляют: чувствительность – 98,9%, специфичность – 95,6%, диагностическая точность – 96,7%, положительная прогностическая ценность – 91,5%, отрицательная прогностическая ценность – 99,5 %.

Результаты оценки качества изображения сегментов коронарных артерий представлены в таблице 3. Сравнение частоты совпадений результатов оценки изображений сегментов коронарных артерий при проведении исследования с помощью различных режимов показало, что в абсолютном большинстве случаев (96,3-100%) оценки разных операторов совпадали. При использовании режима DS_CorCTA у 18 пациентов было изучено 162 сегмента, частота несовпадений оценок качества изображения составила 3,7%, при использовании режима CorCTA_AdaptiveSeq (16 пациентов, 144 сегмента) – 2,8%.

В то же время при использовании режима Flash_CorCTA случаев несовпадения оценки качества изображения (11 пациентов, 99 сегментов) отмечено не было. Частота несовпадений при оценке качества изображения 171 сегмента у 19 больных при режиме Dual Energy составила 2,9%. Значимых межгрупповых отличий по частоте несовпадений результатов оценки качества изображений сегментов коронарных сосудов выявлено не было.

Обсуждение

В настоящее время все более очевидной становится необходимость применения в клинической практике

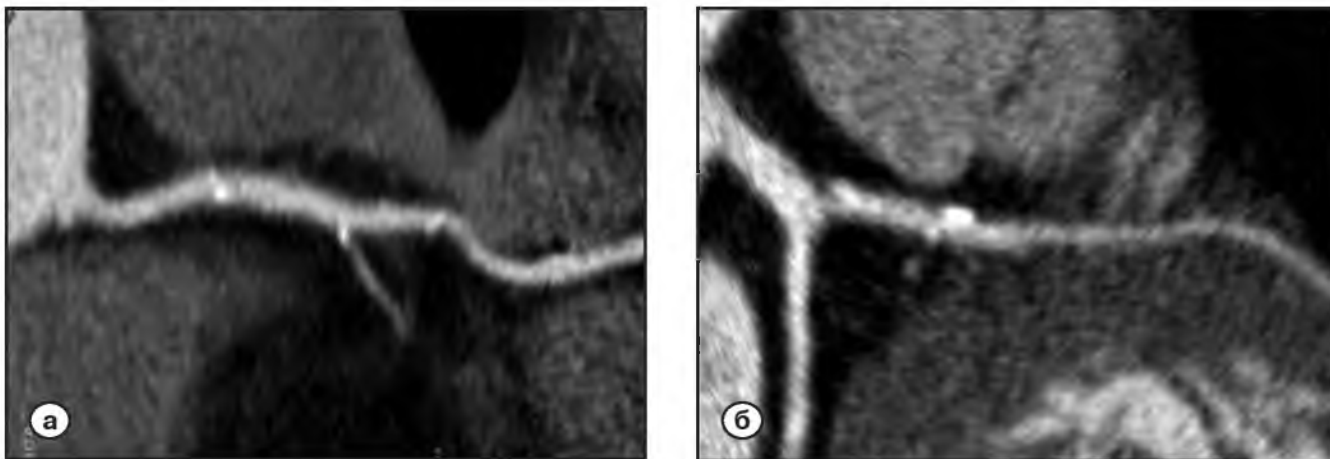


Рис. 3. Атеросклеротическое поражение КА по данным МСКТ:
а – МРR-реконструкция ПКА (двухэнергетический режим сбора данных);
б – МРR-реконструкция ПНА (пошаговый режим сбора данных с одной энергией).

высокоэффективных неинвазивных методов диагностики поражения КА [2, 3, 7, 13].

Полученные в настоящей работе данные подтвердили достоверность получаемых при МСКТ-коронарографии результатов в диагностике атеросклероза коронарных артерий, высокую информативность метода в оценке устьевых стенозов, а также сопоставимость результатов с данными КАГ [5, 7, 14]. Наши данные согласуются с результатами других авторов, в частности, в исследовании Pellicia F. с соавт. (2013) при обследовании 118 больных с подозрением на коронарную недостаточность было показано, что для МСКТ на 320-срезовом сканере значения показателей чувствительности, специфичности, и прогностической ценности положительных и отрицательных результатов составляют свыше 90 % [15].

Установлено наличие сильных корреляционных связей между данными МСКТ-ангиографии и КАГ о наличии стенозов. В целом результаты двух методов имели высокую степень совпадения.

Продемонстрировано и высокое качество МСКТ-изображений сегментов коронарных артерий - при проведении исследования с помощью различных режимов применения метода было установлено, что в абсолютном большинстве случаев оценки, сделанные разными операторами, совпадали. В частности, показано, что при правильно подобранном алгоритме сбора данных результаты оценки состояния коронарных сосудов с использованием двух- и одноэнергетической МСКТ достоверно не различаются (**рис.3**).

Как известно, успех МСКТ-коронарографии во многом зависит от получения качественных исходных изображений, свободных от артефактов. Поэтому контроль качества должен осуществляться на всех этапах исследования, включая отбор пациентов, подготовку пациентов, параметры томографии и введения контрастного препарата, обработку томограмм, оценку

результатов [6, 12, 14]. К настоящему времени были выполнены исследования, посвященные оценке качества изображения КТ с двумя источниками энергии в различных клинических ситуациях и влиянию на него ЧСС. Было показано, что для проведения КТ с высоким значением питча необходимо, чтобы у пациента была низкая и постоянная ЧСС. Это нужно для того, чтобы просканировать сердце за 270 мс (при значении шага до 3,4) [16-18].

Stehli J. и соавт. (2015) отмечают значительное улучшение качества изображения при выполнении реконструкций с использованием двухэнергетической МСКТ, чем от одного источника в сравнении с результатами КАГ. При этом авторы продемонстрировали снижение влияния артефактов, в частности уменьшение зашумления изображения [18].

Danad I. и соавт. (2015) считают, что применение двухэнергетической МСКТ расширяет возможности этого метода в изучении атеросклеротического поражения коронарных сосудов, оценке степени стеноза коронарных артерий [19]. Некоторые авторы отмечают потенциальные возможности этого метода в выявлении дефектов на поверхности частых атеросклеротических бляшек коронарных сосудов, которые в итоге могут привести к разрыву бляшки, провоцирующему острый коронарный тромбоз [20, 21] Считают, что применение двухэнергетической МСКТ может улучшить дифференциацию различных бляшек [19].

В то же время в ряде исследований были получены неоднозначные результаты использования этого метода. В частности, в одном из исследований были получены результаты, которые позволили исследователям сделать вывод, что точность этого метода в обнаружении некротических компонентов бляшек ниже по сравнению с возможностями виртуального гистологического внутрисосудистого ультразвукового исследования [16].

При изучении патологоанатомических образцов (при отсутствии влияния на получение изображения движений и особенностей конституции тела), было показано, что точность двухэнергетической МСКТ сходна с таковой при проведении одноэнергетической компьютерной томографии при оценке характеристик коронарных бляшек [17].

Не менее важным аспектом является значительное снижение лучевой нагрузки для всех процедур сканирования. Так, лучевая нагрузка при исследованиях сердца составляет менее 1 мЗв. Второе поколение средств КТ с двумя энергетическими уровнями автоматически обеспечивает второй вариант сканирования, что способствует оптимальной точности диагностики без увеличения лучевой нагрузки. Наряду с этим функция X-CARE позволяет защитить отдельные органы и самые рентгеночувствительные области тела (например, молочные железы) за счет точного и эффективного сокращения лучевой нагрузки (до 40%). Кроме того, благодаря специальной технологии Adaptive Dose Shield исключается избыточное облучение пациента на границах спирального диапазона сканирования, обеспечивая тем самым снижение дозы до 25 % [22].

Безусловно, полученные к настоящему времени результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований, в том числе направленных на совершенствование протоколов сканирования и обработки изображений, получаемых с помощью двухэнергетической МСКТ. По мнению исследователей, несомненно, преимущества этого метода в будущем позволят повысить его возможности в оценке состояния коронарных сосудов и визуализации атеросклеротических бляшек, однако для реального использования этих преимуществ в клинической практике и определения точных параметров выполнения метода необходимо проведение дальнейших исследований [18, 19].

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что на сегодняшний день в распоряжении специалистов диагностической службы имеются необходимые высокоэффективные методы объективной оценки поражения коронарного русла, не связан-

ные с интервенционными вмешательствами, среди которых все большее значение в диагностике заболеваний сердца и сосудов приобретает МСКТ.

Выводы

1. Мультиспиральная компьютерная томография является высокоэффективным методом диагностики структурных и анатомических изменений коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца.
2. Расхождения данных мультиспиральной компьютерной томографии и коронароангиографии по выявлению гемодинамически незначимых стенозов составляют от 0 до 4%, гемодинамически значимых стенозов – от 0 до 2,6%, субтотальных стенозов – от 0 до %, окклюзий – 0%. Полученные данные свидетельствуют о высокой сопоставимости результатов двух методов в оценке поражения коронарных артерий.
3. Характеристики метода МСКТ в отношении выявления стенозов коронарных артерий (при расчете на количество оцененных артерий): чувствительность – 98,1%, специфичность – 91,6%, диагностическая точность – 95,3%, положительная прогностическая ценность – 93,8%, отрицательная прогностическая ценность – 97,4%; характеристики метода МСКТ при расчете по отдельным сегментам сосудов составляют: чувствительность – 98,9%, специфичность – 95,6%, диагностическая точность – 96,7%, положительная прогностическая ценность – 91,5%, отрицательная прогностическая ценность – 99,5 %.
4. Мультиспиральная компьютерная коронарография может быть использована как менее инвазивная альтернатива коронароангиографии у пациентов с высоким риском развития ишемической болезни сердца, у которых наблюдается атипичный болевой синдром в грудной клетке, а также у пациентов с ранее верифицированным диагнозом для оценки динамики заболевания. Показаниями к применению метода у данной категории пациентов являются: подозрение на многососудистое поражение коронарного русла, наличие факторов риска развития ишемической болезни сердца, оценка динамики прогрессирования заболевания. ■

Список литературы/References

1. Чазов Е.И. Перспективы кардиологии в свете прогресса фундаментальной науки. *Тер. архив.* 2009; 9:5–8.

Chazov E.I. Perspektivy kardiologii v svete progressa fundamental'noj nauki [Cardiology prospects in sight of the progress of fundamental science.]. *Ter. arhiv.* 2009;9:5-8 [In Russ].

2. Коков Л.С., Шутихина И.В., Тимина И.Е. Использование ультразвуковых технологий в оценке атеро-

склеротических поражений сосудистой стенки. *Молекулярная медицина.* 2013;4:15-25.

Kokov L.S., Shutihina I.V., Timina I.E. Ispol'zovanie ul'trazvukovyh tehnologij v ocenke ateroskleroticheskikh porazhenij sosudistoj stenki [The use of ultrasonic technology in the assessment of atherosclerotic lesions of the vascular wall.]. *Molekuljarnaja medicina.* 2013;4:15-25 [In Russ].

3. Синицын В.Е., Стукалова О.В., Доценко Ю.А. и др.

Контрастная магнитно-резонансная томография в оценке рубцовых поражений миокарда у больных ИБС. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2009; 3(4):23-31.

Sinicyn V.E., Stukalova O.V., Docenko Ju.A. i dr. Kontrastnaja magnitno-rezonansnaja tomografija v ocenke rubcovyh porazhenij miokarda u bol'nyh IBS [Contrast magnetic resonance imaging in the evaluation of myocardial scarring lesions in patients with coronary artery disease.]. *Diagnosticheskaja i intervencionnaja radiologija*. 2009;3 (4):23-31 [In Russ].

4. Федотенков И.С., Гагарина Н.В., Веселова Т.Н., Сеницын В.Е., Терновой С.К. Количественный анализ уровня кальциноза коронарных артерий: сравнение информативности мультиспиральной компьютерной томографии и электронно-лучевой томографии. *Терапевтический архив*. 2006; 12:15-19.

Fedotenkov I.S., Gagarina N.V., Veselova T.N., Sinicyn V.E., Ternovoj S.K. Kolichestvennyj analiz urovnja kal'cinoza koronarnyh arterij: sravnenie informativnosti mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii i jelektronno-luchevoj tomografii [Quantitative analysis of the level of calcification of the coronary arteries: comparison of informativeness of multislice computed tomography and electron beam tomography.]. *Terapevticheskij arhiv*. 2006;12:15-19 [In Russ].

5. Терновой С.К., Веселова Т.Н., Сеницын В.Е. и др. Роль мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике инфаркта миокарда. *Кардиология*. 2008; 1:4-8.

Ternovoj S.K., Veselova T.N., Sinicyn V.E. i dr. Rol' mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii v diagnostike infarkta miokarda [The role of multislice computed tomography in the diagnosis of myocardial infarction.]. *Kardiologija*. 2008; 1: 4-8 [In Russ].

6. Сеницын В.Е., Терновой С.К., Устюжанин Д.В. и др. Диагностическое значение КТ-ангиографии в выявлении гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий. *Кардиология*. 2008; 1: 9-14.

Sinicyn V.E., Ternovoj S.K., Ustjuzhanin D.V. i dr. Diagnosticheskoe znachenie KT-angiografii v vyjavlenii gemodinamicheski znachimyh stenozov koronarnyh arterij [The diagnostic value of CT angiography in the detection of hemodynamically significant stenoses of coronary arteries.]. *Kardiologija*. 2008; 1: 9-14 [In Russ].

7. Устюжанин Д.В., Веселова Т.Н., Сеницын В.Е. и др. Сравнительный анализ диагностического значения неинвазивной ангиографии коронарных артерий с помощью электронно-лучевой и мультиспиральной компьютерной томографии. *Терапевтический архив*. 2008; 4: 12-15.

Ustjuzhanin D.V., Veselova T.N., Sinicyn V.E. i dr. Sravnitel'nyj analiz diagnosticheskogo znachenija neinvazivnoj angiografii koronarnyh arterij s pomoshh'ju jelektronno-luchevoj i mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii [Comparative analysis of the diagnostic value of noninvasive coronary angiography using the electron beam and multi-

slice computed tomography.]. *Terapevticheskij arhiv*. 2008; 4:12-15 [In Russ].

8. Веселова Т.Н., Меркулова И.Н., Миронов В.М., Меркулов Е.В., Терновой С.К., Руда М.Я. Неинвазивная оценка атеросклеротического поражения коронарных артерий у больных с острым коронарным синдромом методом мультиспиральной компьютерной томографии. *Медицинская визуализация*. 2010;4:100-109.

Veselova T.N., Merkulova I.N., Mironov V.M., Merkulov E.V., Ternovoj S.K., Ruda M.Ja. Neinvazivnaja ocenka ateroskleroticheskogo porazhenija koronarnyh arterij u bol'nyh s ostrym koronarnym sindromom metodom mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii [Noninvasive assessment of atherosclerotic lesions of coronary arteries in patients with acute coronary syndrome by multislice computed tomography.]. *Medicinskaja vizualizacija*. 2010; 4:100-109 [In Russ].

9. Petcherski O., Gaspar T., Halon D. et al. Diagnostic accuracy of 256-row computed tomographic angiography for detection of obstructive coronary artery disease using invasive quantitative coronary angiography as reference standard. *Am. J. Cardiol*. 2013;111:510-515.

10. Gaudio C., Pelliccia F., Evangelista A. et al. 320-row computed tomography coronary angiography vs. conventional coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Cardiol*. 2013;168:1562-1564.

11. Федотенков И.С., Веселова Т.Н., Терновой С.К., Сеницын В.Е. Роль мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике кальциноза коронарных артерий. *Кардиологический вестник*. 2007;II(XIV): 45-48.

Fedotenkov I.S., Veselova T.N., Ternovoj S.K., Sinicyn V.E. Rol' mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii v diagnostike kal'cinoza koronarnyh arterij [The role of multislice computed tomography in the diagnosis of coronary artery calcification]. *Kardiologicheskij vestnik*. 2007;II (XIV):45-48 [In Russ].

12. Терновой С.К., Никонова М.Э., Акчурин Р.С. и др. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в оценке коронарного русла и вентрикулографии в сравнении с интервенционной коронаро-вентрикулографией. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2013;3(9): 28-36.

Ternovoj S.K., Nikonova M.Je., Akchurin R.S. i dr. Vozmozhnosti mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii (MSKT) v ocenke koronarnogo rusla i ventrikulografii v sravnenii s intervencionnoj koronarovenkrikulografiej [Possibilities of multislice computed tomography (MSCT) in the evaluation of coronary arteries and ventriculography in comparison with interventional coronarovenkrikulografiej.]. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal luchevoj diagnostiki*. 2013;3 (9): 28-36 [In Russ].

13. Терновой С.К., Веселова Т.Н. Выявление нестабильных бляшек в коронарных артериях с помощью мультиспиральной компьютерной томографии. *Рос-*

сийский электронный журнал лучевой диагностики. 2014; 4(13):7-14.

Ternovoj S.K., Veselova T.N. Vyjavlenie nestabil'nyh bljashek v koronarnyh arterijah s pomoshh'ju mul'tispiral'noj komp'juternoj tomografii [Identification of unstable plaques in coronary arteries using a multislice computed tomography.]. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal luchevoj diagnostiki*. 2014;4(13):7-14 [In Russ].

14. Sabarudin A., Sun Z. Coronary CT angiography: Diagnostic value and clinical challenges. *World J. Cardiol*. 2013;26;5(12):473-483.

15. Pelliccia F., Pasceri V., Evangelista A. et al. Diagnostic accuracy of 320-row computed tomography as compared with invasive coronary angiography in unselected, consecutive patients with suspected coronary artery disease. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2013;29(2):443-452.

16. Obaid D.R., Calvert P.A., Gopalan D. et al. Dual-energy computed tomography imaging to determine atherosclerotic plaque composition: a prospective study with tissue validation. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014; 8(3):230–237. [PubMed: 24939072]

17. Obaid D.R., Calvert P.A., Gopalan D. et al. Atherosclerotic plaque composition and classification identified by coronary computed tomography: assessment of computed tomography-generated plaque maps compared with virtual histology intravascular ultrasound and histology.

Circ Cardiovasc Imaging. 2013;6(5):655–664. [PubMed: 23960215]

18. Stehli J., Clerc O.F., Fuchs T.A. et al. Impact of monochromatic coronary computed tomography angiography from single-source dual-energy CT on coronary stenosis quantification. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10(2):135-140.

19. Danad I., Hartaigh B., Min J.K. Dual-energy computed tomography for detection of coronary artery disease. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2015;13(12):1345-1356.

20. Petranovic M., Soni A., Bezzera H. et al. Assessment of nonstenotic coronary lesions by 64-slice multidetector computed tomography in comparison to intravascular ultrasound: evaluation of nonculprit coronary lesions. *J Cardiovasc. Comput. Tomogr*. 2009;3(1):24–31.

21. Leber A.W., Knez A., Becker A. et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2004;43(7):1241–1247.

22. Wu Y., Zheng M., Zhao H. et al. Low-concentration contrast material for dual-source computed tomography coronary angiography by a combination of iterative reconstruction and low-tube-voltage technique: feasibility study. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2014;94(29):2260-2263.