ОЦЕНКА ВЫРАЖЕННОСТИ КОРОНАРНОГО СТЕНОЗА ПО ДАННЫМ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В СРАВНЕНИИ С КОРОНАРНОЙ АНГИОГРАФИЕЙ

*Е.Е. Фуженко – аспирант
В.В. Ховрин – к.м.н., зав. отд.
Т.Ю. Кулагина – к.м.н., зав. лаб.
С.А. Абугов – д.м.н., профессор, зав отд. рентгенохирургии и аритмологии
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
- мультиспиральная компьютерная томография
- коронарная ангиография
- стеноз
- коронарная артерия

РЕЗЮМЕ:

Цель: изучить возможности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в оценке степени стеноза коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца.

Материалы и методы: обследовано 64 пациента (18 женщин и 46 мужчин, средний возраст 62,4±9,5 лет), обратившихся за помощью впервые с высоким риском развития ИБС, а также пациенты с выявленной ранее ишемической болезнью сердца 1, 2, 3 и 4 функционального класса (ФК), госпитализированные с целью коррекции их состояния. Наиболее распространенным фактором риска у обследованного контингента была артериальная гипертензия, отмеченная у 55 пациентов – (85,9%), максимальные значения артериального давления (АД) у них составили 200/100 мм рт. ст., минимальные 140/80 мм рт. ст. Всем больным была выполнена мультиспиральная коронарная томография на 256-срезовом компьютерном томографе Somatom definition flash (Siemens, Germany): коллимация 128 × 0,6, временное разрешение – 75 мс, пространственное разрешение – 0,33 мм, толщина среза – 0,6 мм, с одномоментным использованием двух трубок с разным напряжением (kV, 120/100), сила тока (mAs) – с применением программы снижения лучевой нагрузки Care Dose – рассчитывается автоматически в зависимости от конституции человека.

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, огибающей артерии и правой коронарной артерии (ПНА, ОА, ПКА). Выполняли оценку степени стенозирования коронарных артерий по сегментам согласно Американской ассоциации кардиологов (АНА). Результаты отображали в процентах. Полученные данные сопоставлялись с результатами, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской коронароангиографии, которую выполняли по стандартному протоколу.

Результаты: сравнение результатов МСКТ и коронарной ангиографии с помощью корреляционного анализа показало наличие прямых сильных достоверных коэффициентов корреляции в оценке поражения коронарных артерий по данным двух методов. Продемонстрирована высокая внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость МСКТ при изучении состояния сосудов. Установлены следующие характеристики метода в отношении выявления стеноза сегментов коронарных артерий: чувствительность – 95,8%, специфичность – 92,8%, диагностическая точность – 95,1%, положительная прогностическая ценность – 97,9%, отрицательная прогностическая ценность – 86,6%.

Сделан вывод о высокой значимости метода МСКТ в диагностике заболеваний сердца и сосудов и необходимости его широкого использования в кардиологической практике.

ESTIMATIOM OF EXPRESSION OF CORONARY STENOSIS ACCORDING TO MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY COMPARED WITH CORONARY ANGIOGRAPHY

*Fuzhenko E.E. – MD, postgraduate
Khovrin V.V. – MD, PhD
Kulagina T.Yu. – 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

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

Статья поступила в редакцию в январе 2015 года.

KEY-WORDS:

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

ABSTRACT:

Aim: was to investigate possibilities of multislice computed tomography in estimation of stenosis degree in coronary arteries in patients with ischemic heart disease (IHD).

Materials and methods: we examined 64 patients (18 female, 46 male, mean age 62,4± 9,5 years), who primary had been admitted to hospital and had high risk of IHD; and those who had early diagnosed IHD of 1,2,3 and 4 functional class, they were hospitalized for condition correction. Mainly spreaded risk factor was arterial hypertention in 55 patients – (85,9%) with highest level 200/100 mm hg and minimal 140/80 mm hg. All patients underwent multislice computed tomography (MSCT) on the 256-slice tomography station «Somatom definition flash (Siemens, Germany)»: collimation 128 × 0,6, the temporal resolution of 75 ms and a spatial resolution of 0.33 mm, slice thickness of 0.6 mm, with simultaneous use of two tubes with different voltage (kV, 120/100), the current mAs - with programs to reduce radiation exposure Care Dose – is calculated automatically according to the constitution of man.

Post-processing of obtained data was performed on a workstation Syngo Via, in the application of CT-Soronary with automatic longitudinal separation of each coronary artery. In view of image quality was analyzed data from end-diastolic phase of the cardiac cycle (80% R-R), or evaluated complex of multiphase images. We analyze the state of the main arteries of the main coronary: left anterior descending artery, the circumflex artery and the right coronary artery (LAD, CA, RCA). We performed estimation of coronary artery stenosis of segments according to the American Heart Association (AHA). Results were displayed in percentage. Obtained data was compared with those obtained using the reference method – X-ray coronary angiography, which was performed according to standard protocol

Results: comparison of results of coronary angiography and MSCT using correlation analysis, showed the presence of strong direct significant correlation coefficients in the evaluation of coronary artery disease according to two methods. It was demonstrated a high inter-operator and intra-operator reproducibility of MSCT in the study of vessels conditions. Following characteristics of the method related to the identification of coronary artery stenosis segments: sensitivity – 95.8%, specificity – 92.8%, diagnostic accuracy – 95.1%, positive predictive value – 97.9%, negative predictive value – 86.6 %.

It was concluded that the high importance of the method of MSCT in the diagnosis of cardiovascular diseases and the need for its widespread use in cardiology practice.

Введение

Диагностика, лечение и профилактика ишемической болезни сердца (ИБС) на сегодняшний день остаются одними из главных приоритетов систем здравоохранения большинства развитых стран мира [1]. Судьба больных ИБС во многом зависит от адекватности проводимого амбулаторного лечения, от качества и своевременности диагностики тех клинических форм болезни, которые требуют оказания больному неотложной помощи или срочной госпитализации. Как известно, основной причиной ИБС является атеросклероз коронарных артерий (КА). Единственным надежным методом визуализации КА и количественной оценки коронарного стеноза при ИБС долгое время считалась селективная коронарная ангиография (КАГ) [2–4]. В последние годы стали интенсивно изучаться и внедряться в клиническую практику методы неинвазивной визуализации сердца и сосудов. Значительное число пациентов, которым выполняется КАГ, в дальнейшем не нуждаются в хирургической реваскуляризации миокарда. Использование метода сопровождается 2–3% серьезных осложнений и 0,1–0,3% летальности [3, 5–7]. Следует отметить, что результаты КАГ ограничиваются внутрипросветным осмотром венечных сосудов, при этом отсутствие прямой визуализации стенок артерий не позволяет выявить ранние проявления атеросклероза еще до сужения просвета сосуда [2,3, 6–8].

Внедрение в клиническую практику мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) открыло новые перспективы для изучения состояния, в частности, оценки степени стенозирования коронарных артерий. Все чаще исследователи рассматривают метод в качестве прогностического, позволяющего оценить риск для пациента, связанный с наличием атеросклеротических бляшек в коронарных сосудах. МСКТ является достоверным методом для исключения тяжелой ИБС у больных с клиническими симптомами стенокардии и с низкой или умеренной вероятностью ИБС [8, 9]. Метод позволяет проводить скрининг кальцификации коронарных артерий, осуществлять оценку структурных изменений и проводить идентификацию степени, уровня и распространенности поражения коронарных сосудов. В ряде сообщений указывается, что гемодинамически незначимые стенозы лучше выявляются при МСКТ-коронарографии, чем при КАГ [3–5, 7, 8]. Однако, следует отметить, что такие аспекты как выявленный выраженный кальциноз коронарных артерий, наличие аритмий и высоких значений ЧСС по современным литературным данным ограничивает возможности МСКТ-коронарографии в сравнении с эффективностью КАГ у больных ИБС. В свою очередь, новейшие технологические достижения в компьютерной томографии задают новые стандарты в кардиологической диагностике и не могут быть не оценены в повседневной клинической практике.

Цель работы: проанализировать возможности мульти-

спиральной томографии в оценке степени стеноза коронарных артерий у больных ишемической болезнью сердца.

Материалы и методы

Обследовано 64 пациента (18 женщин и 46 мужчин, средний возраст 62,4±9,5 лет), обратившихся за помощью впервые с высоким риском развития ИБС, а также пациенты с выявленной ранее ишемической болезнью сердца 1, 2, 3 и 4 функционального класса (ФК), госпитализированные с целью коррекции их состояния. Наиболее распространенным фактором риска у обследованного контингента была артериальная гипертензия, отмеченная у 55 пациентов (85,9%), максимальные значения артериального давления (АД) у них составили 200/100 мм рт. ст., минимальные – 140/80 мм рт. ст.

Из анамнеза – 34 пациента ранее перенесли острый инфаркт миокарда, так в бассейне правой коронарной артерии – у 18 из обследуемых и у 16 – в бассейне передней нисходящей артерии. В семи случаях пациенты уже были подвергнуты ранее реваскуляризации коронарного русла (состояние коронарных артерий оценивалось уже после стентирования).

Клинические проявления стенокардии отмечены у 40 человек, 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. В исследование не включались пациенты с ОКС и пациенты после шунтирования коронарных артерий.

Всем больным была выполнена мультиспиральная коронарная томография на 256-срезовом компьютерном томографе Somatom definition flash (Siemens, Germany): коллимация – 128 × 0,6, временное разрешение – 75 мс, пространственное разрешение – 0,33 мм, толщина среза 0,6 мм, с одномоментным использованием двух трубок с разным напряжением (kV, 120/100), сила тока (mAs) – с применением программы снижения лучевой нагрузки Care Dose – рассчитывается автоматически в зависимости от конституции человека.

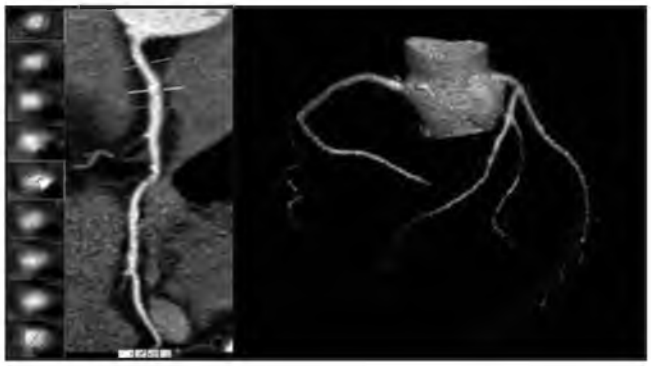

Рис. 1. *МСКТ-коронарография в виде МПР-реконструкции вдоль сосуда, поперечного сечения сосуда в области кальциевой бляшки и 3D-визуализация.*

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 – вводили 15 мл контрастного вещества, затем 15 мл физиологического раствора, с дальнейшим автоматическим подсчетом уровня максимального насыщения контрастного вещества в области интереса (в восходящей аорте). Второй этап – введение основного объема контрастного препарата 70-80 мл и второй волны 50 мл физиологического раствора. Скорость введения на всех этапах составляла 6,0 мл/с. Применялся стандартный протокол сканирования включающий: 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, таким образом, позволял полностью охватить анатомическую область сердечной мышцы. Все этапы сканирования сопровождались ЭКГ-синхронизацией, а также без предварительной подготовки пациентов приемом b-блокаторов. В связи с чем, 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 ЧСС>70 ударов в мин.; протокол CorCTA_AdaptiveSeq – пошаговый режим сканирования у пациентов с ЧСС>70 ударов в мин., а также с наличием экстрасистол в анамнезе. В случае наличия у пациента стабильного пульса и ЧСС< 70 ударов в мин. применяли протокол Flash_CorCTA – спиральный режим сканирования с проспективным сбором данных **(рис. 1)**. 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,

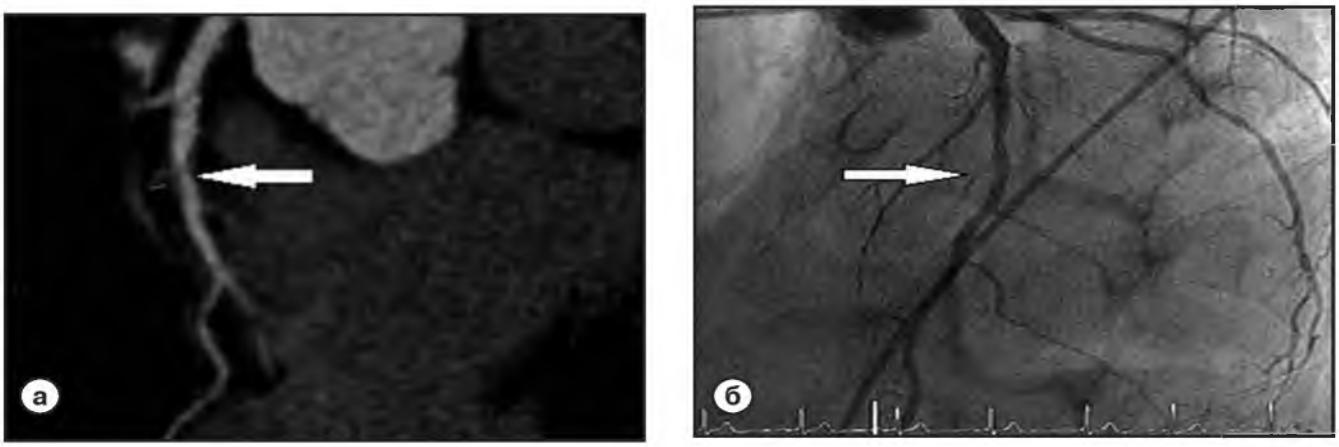

Рис. 2. Гемодинамически незначимый стеноз среднего сегмента ПНА за счет мягкой бляшки (отмечено стрелкой).
а – МСКТ-коронароангиография;
б – селективная рентгеновская коронарография.

огибающей артерии и правой коронарной артерии (ПНА, ОА, ПКА). Выполняли оценку степени стенозирования коронарных артерий по сегментам согласно Американской ассоциации кардиологов (АНА). Результаты отображали в процентах. Полученные данные сопоставлялись с результатами, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской коронароангиографии, которую выполняли по стандартному протоколу, принятому в РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского **(рис. 2)**.

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. Сравнивали полученные значения с таковыми, полученными по коронарной ангиографии (КАГ), которые были использованы нами в качестве референсных для оценки степени стеноза. Для оценки соответствия качественных результатов двух независимых методов исследования использовали корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмена.

С целью анализа результатов повторных измерений данных МСКТ-коронароангиографии также был выполнен тест оценки внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости для измеряемых и расчетных величин по методу Бленда-Альтмана. Была выделена группа из 20 обследуемых, у которых провели последовательные измерения степени стенозирования коронарного дерева. Обследование проводили поочередно 2 врача-оператора: один исследователь сменял предыдущего сразу после окончания обработки данных и не был информирован о результатах предыдущих измерений. С целью регистрации внутриоператорской воспроизводимости был произведен анализ КТ-томограмму у 14 пациентов. Все измерения и расчеты осуществляли отсроченно с применением программного обеспечения рабочей станции томографа.

Результаты внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости выявления стеноза коронарных артерий представлены как среднее арифметическое значение внутриоператорской разности (M, %), стандартное отклонение разности (STD, %), коэффициент вариации (CV, %).

Результаты и их обсуждение

Проведенная оценка диагностических возможностей МСКТ коронарографии показала, что у абсолютного большинства обследованных пациентов были выявлены стенозы коронарных артерий в 81,2% случаев, при этом гемодинамически значимые стенозы (ГЗС) обнаружены – у 48,4% пациентов по данным МСКТ и в 43,8% случаях по данным КАГ. Соответственно гемодинамически незначимые стенозы (ГНЗ) были обнаружены в 32,8 и 37,4% случаев соответственно при выполнении МСКТ и КАГ **(табл. 1)**.

При оценке 576 сегментов коронарных артерий были

Таблица 1. **Частота выявления стенозов коронарных артерий у обследуемых больных** (n=64)

Методы	ГЗС		ГНЗ		Нет изменений	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
МСКТ	31	48,4	21	32,8	12	18,8
КАГ	28	43,8	24	37,4	12	18,8

Примечание: *ГЗС-гемодинамически значимый стеноз, ГНЗ – гемодинамически незначимый стеноз.*

Рис. 3. *Мягкая протяженная бляшка среднего сегмента ПНА (отмечено стрелкой). МПР-реконструкция вдоль сосуда.*

рассчитаны характеристики метода в отношении такого признака, как наличие гемодинамически значимого стенозирования конкретного сегмента коронарной артерии. Получены следующие значения: чувствительность – 95,8%, специфичность – 92,8%, диагностическая точность – 95,1%, положительная прогностическая ценность – 97,9%, отрицательная прогностическая ценность – 86,6%.

Сравнительная оценка степени стенозирования коронарных артерий по данным МСКТ и КАГ с помощью корреляционного анализа показала наличие прямых сильных достоверных ($p<0,001$) коэффициентов корреляции **(табл. 2)**. В целом взаимосвязь результатов двух методов по определению стеноза коронарных артерий составила 0,92, по частоте выявления ГЗС – 0,90. Для прямой нисходящей артерии (ПНА) значение R составило 0,94, для огибающей артерии (ОА) – 0,96, для правой коронарной артерии (ПКА) – 0,93.

В ходе исследования было получено 2 ложноотрицательных результата – наличие изменений в русле ПКА и ПНА. В обоих случаях это были незначимые тромботические наложения в дистальных сегментах обоих артерий. Ввиду мелкого диаметра артерий в данной проекции (до 1 мм), судя по всему и возникла погрешность интерпретации результатов.

Был получен и один ложноположительный результат. Так, по данным МСКТ-коронароангиографии в проекции второго сегмента ПНА была выявлена протяженная мягкая бляшка, стенозирующая просвет до 50%, что не было подтверждено КАГ. Вероятнее всего на фоне начальных этапов атероматоза и компенсаторного ремоделирования артерии, данные изменения не были зафиксированы в ходе селективной коронароангиографии **(рис.3)**.

В целом при анализе КТ-ангиограмм возникали расхождения в оценке степени стенозирования коронарного русла, большей частью затруднения возникали в случаях выраженого кальцинирования коронарных артерий.

Полученные результаты свидетельствуют о хорошей сопоставимости результатов в оценке поражения коронарных артерий по данным МСКТ и КАГ и подтверждают высокие возможности метода МСКТ по выявлению поражений коронарного русла и степени их выраженности.

Характеристики внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости метода МСКТ в отношении выявления наличия и степени стеноза коронарных артерий представлены в **таблице 2**. Установлена высокая воспроизводимость при выполнении исследования. Значение коэффициента для внутриоператорской воспроизводимости составило 3,41%, для межоператорской воспроизводимости – соответственно 5,89%.

Полученные значения не превышали допустимых для медицинских исследований 10%, что относится к хорошо воспроизводимым показателям. Полученные результаты демонстрируют достоверную оценку качественных показателей стенозирования коронарных артерий сердца.

Таблица 2.

Результаты оценки воспроизводимости метода МСКТ при оценке наличия и степени стеноза

Параметры	Кол-во наблюдений	M%	STD%	CV%
Межоператорская воспроизводимость	20	1,55	2,26	5,89
Внутриоператорская воспроизводимость	14	2,06	1,71	3,41

Заключение

В последние годы инвазивность, наличие ряда противопоказаний и осложнений к применению КАГ в диагностике патологии коронарных сосудов способствовали проведению исследований, в которых диагностическая эффективность МСКТ-коронарографии сравнивалась с результатами КАГ [2–5]. Полученные данные подтвердили достоверность получаемых при МСКТ-коронарографии результатов в диагностике атеросклероза коронарных артерий и высокую информативность метода в оценке устьевых стенозов, которые сложно обнаружить с помощью КАГ [4,9,10]. Полученные нами данные в определенной степени согласуются с результатами исследователей, которые показывают достаточно высокие показатели чувствительности и специфичности данного метода в диагностике ИБС – от 80% и выше [3–9]. В нашем исследовании показано наличие сильных корреляционных связей между данными МСКТ-ангиографии и КАГ о наличии стенозов. В целом результаты двух методов имели высокую степень совпадения. Также показана высокая воспроизводимость метода при выявлении стенозов коронарных артерий, значения коэффициента, оцененного по методу Бленда-Альтмана, для межоператорской и внутриоператорской воспроизводимости были менее 10%, что является удовлетворительным показателем для методов, используемых в медико-биологических исследованиях.

Таким образом, значимость МСКТ в диагностике заболеваний сердца и сосудов в настоящее время достаточно велика, что подтверждают результаты выполненного исследования.

Полученные данные позволяют нам сделать следующие выводы:

1. Диагностическая эффективность метода МСКТ-коронароангиографии является высокой в выявлении различных стенозов коронарных сосудов различной степени выраженности.
2. Сильные статистически значимые корреляционные взаимосвязи между результатами МСКТ-коронароангиографии и КАГ при выявлении наличия и степени стенозов коронарных артерий свидетельствуют о высокой сопоставимости результатов обоих методов.
3. Для результатов применения МСКТ в отношении выявления стенозов коронарных сосудов характерна высокая внутри- и межоператорская воспроизводимость. ■

Список литературы/References

1. Чазов Е.И. Перспективы кардиологии в свете прогресса фундаментальной науки. *Тер. архив.* 2009; 9: 5–8.
Chazov E.I. Perspektivyi kardiologii v svete progressa fundamentalnoy nauki. [Prospects of Cardiology in light of the progress of fundamental science.] *Ter. Archive.* 2009; 9 : 5–8 [In Russ.].

2. Данилов Н.М., Матчин Ю.Г. и др. Показания к проведению коронарной артериографии. Consilium Medicum. *Болезни сердца и сосудов.* 2006; 1(1).
Danilov N.M., Matchin Yu.G. et al. Pokazaniya k provedeniyu koronarnoy arteriografii. Consilium Medicum. Bolezni serdtsa i sosudov. [Indications for coronary arteriography. *Consilium Medicum heart disease and vascular.*]2006; 1(1) [In Russ.].

3. Sun Z., Choo G.H., Ng K.H. Coronary CT angiography: current status and continuing challenges. *Br. J. Radiol.* 2012; 85: 495–510.

4. Sun Z., Aziz Y.F., Ng K.H. Coronary CT angiography: how should physicians use it wisely and when do physicians request it appropriately. *Eur. J. Radiol.* 2012; 81: 684–687.

5. Haberl R., Tittus J., Böhme E. et al. Multislice spiral computed tomographic angiography of coronary arteries in patients with suspected coronary artery disease: an effective filter before catheter angiography. Am. Heart J. 2005; 149: 1112–1119.

6. Steigner M.L., Otero H.J., Cai T. et al. Narrowing the phase window width in prospectively ECG-gated single heart beat 320-detector row coronary CT angiography. Int. *J. Cardiovasc. Imaging.* 2009; 25: 85–90.

7. Achenbach S., Marwan M., Schepis T. et al. High-pitch spiral acquisition: a new scan mode for coronary CT angiography. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2009; 3: 117–121.

8. Budoff M.J., Dowe D., Jollis J.G. et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52: 1724–1732.

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. De Graaf F.R., Schuijf J.D., Van Velzen J.E. et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease. *Eur. Heart J.* 2010; 31: 1908-1915.