

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-32-39

## Объемная динамическая 640-срезовая компьютерная томография коронарных артерий

Серова Н.С., Кондрашина О.С.\* , Кондрашин С.А.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

## Volumetric dynamic 640-slice CT of coronary arteries

Serova N.S., Kondrashina O.S.\* , Kondrashin S.A.

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

**Цель исследования** – оценка диагностической эффективности и безопасности объемной динамической 640-срезовой мультиспиральной компьютерной томографии в отношении выявления стенозов коронарных артерий.

**Материал и методы.** В кабинете рентгеновской компьютерной томографии УКБ №1 ПГМУ им. И.М. Сеченова было обследовано 86 больных, из них 52 пациента с ишемической болезнью сердца и 34 пациента с некоронарогенными хирургическими заболеваниями. Всем больным была проведена объемная динамическая 640-срезовая КТ-коронарография с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и последующей мультипараметрической реконструкцией и оценкой коронарного русла. Анализировали состояние основных магистральных артерий коронарного русла, оценивали степень стенозирования коронарных артерий. Полученные результаты сопоставляли с данными, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской коронароангиографии, которую выполняли по стандартному протоколу.

8 пациентов из числа обследуемых ранее перенесли острый инфаркт миокарда, 22 пациентам была выполнена реваскуляризация соответствующей артерии (состояние коронарных артерий оценивали после стентирования).

У 12 больных в процессе обследования были выявлены нарушения сердечного ритма в виде желудочковых экстрасистол. Критерием отбора были отсутствие прогрессирования заболевания в течение не менее 6 нед, а также как минимум 3 мес оптимального лечения. В исследование не включали пациентов с острым коронарным синдромом и больных, которым выполнялось аортокоронарное шунтирование коронарных артерий.

Всем больным была выполнена мультиспиральная коронарная томография на 640-срезовом компьютерном томографе Toshiba. Контрастное вещество (Ультравист-370), предварительно разогретое до комнатной

температуры, вводили больным через кубитальную вену, диаметр браунюли 18 G. Скорость введения контрастного препарата составляла 4,5 мл/с.

Установлены следующие характеристики метода в отношении выявления стеноза сегментов коронарных артерий: чувствительность – 94,3%, специфичность – 93,5%, диагностическая точность – 92,8%, положительная прогностическая ценность – 96,4%, отрицательная прогностическая ценность – 87,3%. В ходе выполнения исследования не было отмечено никаких побочных явлений, пациенты жалоб не предъявляли.

**Заключение.** Объемная динамическая 640-срезовая КТ-коронароангиография является высокочувствительным, безопасным неинвазивным и низкодозным методом исследования пациентов с сердечно-сосудистой патологией.

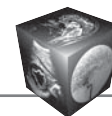
**Ключевые слова:** 640-срезовая КТ-коронарография, стентирование коронарной артерии, коронарография, фибрилляция предсердий, приобретенные пороки сердца.

**Ссылка для цитирования:** Серова Н.С., Кондрашина О.С., Кондрашин С.А. Объемная динамическая 640-срезовая компьютерная томография коронарных артерий. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (4): 32–39. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-32-39.

\*\*\*

**Purpose.** Evaluation of diagnostic efficiency and safety of volumetric dynamic 640-slice CT in the detection of stenotic lesions of the coronary arteries.

**Materials and methods.** In University clinic N1 in 2016–2017 years we investigated 86 patients with ischemic heart disease or valvular heart disease. All patients were fulfilled volumetric dynamic 640-slice CT-coronarography with retrospective ECG-synchronization and subsequent multiparametric reconstruction and evaluation of the coronary vessels. We determinate the degree of stenosis of the coronary arteries. The results are compared with data of the standard coronarography. 22 patients previously



had stenting coronary arteries. In 12 cases, patients have atrial fibrillation. The selection criterion for the study was the absence of progression of the disease for at least 6 weeks and a minimum period of 3 months of optimal medical therapy. The study did not include patients with acute coronary syndrome and patients with aortic-coronary bypass surgery in history. All patients were performed CT-angiography on 640-slice CT Aquilion One (Toshiba, Japan). Contrast agent (Ultravist-370) of room temperature was injected into the cubital vein via catheter 18G at a speed of 4.5 ml/s.

**Results.** Statistical criteria in the detection of coronary artery stenosis at MSCT-coronarography were as follows: sensitivity – 94.3%, specificity – 93.5%, accuracy – 92.8%, positive prognostic value – 96.4%, negative prognostic value – 87.3%. Spearman rank correlation coefficient in the evaluation of coronary artery lesions according to these methods was 0.68.

**Conclusion.** Volumetric dynamic 640-slice CT-angiography is a highly sensitive safe non-invasive method of examination of patients with different cardiovascular diseases, which is characterized by low radiation dose and high security.

**Key words:** 640-slice CT-coronarography, coronary artery stenting, coronarography, atrial fibrillation, valvular heart disease.

**Recommended citation:** Serova N.S., Kondrashina O.S., Kondrashin S.A. Volumetric dynamic 640-slice CT of coronary arteries. *Medical Visualization*. 2018; 22 (4): 32–39. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-32-39.

\*\*\*

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) и их осложнения занимают лидирующие позиции в структуре смертности населения экономически развитых стран. В нашей стране уровень общей смертности от ССЗ пока превышает аналогичные показатели в странах Западной Европы и США. Первое место среди ССЗ занимает ишемическая болезнь сердца (ИБС), диагностика которой при наличии выраженной клинической симптоматики не вызывает сложностей [1–3].

Проблемы визуализации коронарных артерий (КА) обусловлены особенностями их анатомического строения: малым диаметром, быстрым движением в течение сердечного цикла, дыхательной экскурсией грудной клетки. В то же время единственным надежным методом визуализации КА, а также выявления и характеристики их стенозов ранее считалась рентгеноконтрастная коронароангиография (КАГ) [1, 4]. Однако все более актуальным является внедрение в клиническую практику неинвазивного способа ранней диагностики изменений КА. Развитие медицинских технологий способствовало внедрению в клиническую практику целого ряда неинвазивных диагностических исследований, позволяющих достаточно полно оценивать состояние коронарного русла и сердечную гемодинамику уже на ранней стадии ИБС. К таким

исследованиям в первую очередь относится мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) [3–5].

По мнению ряда авторов, в настоящее время МСКТ является наиболее перспективным методом диагностики ИБС, все шире применяется в кардиологической практике [6–8]. Использование современной аппаратуры позволяет не только визуализировать просвет КА, но и оценивать состояние стенки сосуда, что невозможно сделать с помощью других неинвазивных методов исследования. МСКТ дает возможность оценить характеристики атеросклеротической бляшки (АСБ), позволяя осуществлять стратификацию риска сердечно-сосудистых событий у обследуемых [3, 5, 7].

МСКТ выступила в качестве неинвазивной альтернативы метода КАГ в диагностике состояния коронарных артерий. Благодаря высокой чувствительности и прогностической точности отрицательных результатов МСКТ КА считается надежным методом, позволяющим исключать наличие выраженных гемодинамически значимых стенозов, и все шире применяется в рамках предварительного обследования пациентов при решении вопроса о необходимости выполнения реваскуляризирующих вмешательств [2, 4].

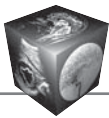
Эволюция компьютерных томографов происходила в направлении появления мультисрезовых томографов: первый 4-срезовый компьютерный томограф был создан в 1998 г., современные варианты аппаратуры уже представляют собой 256-, 320- и 640-срезовые системы. Диагностическая эффективность метода в значительной степени определяется технологическими достижениями, на базе которых разрабатывались новые поколения томографов [4, 5]. После выпуска прототипов 256-срезовых компьютерных томографов были разработаны и апробированы 320- и 640-срезовые томографы, для которых характерен наибольший охват по “оси z” [7–10]. В то же время сообщения об исследованиях, выполненных с использованием 640-срезовых томографов, и оценке характеристик метода МСКТ, реализуемого с помощью этой аппаратуры, в доступной литературе практически отсутствуют.

## Цель исследования

Оценка диагностической эффективности и безопасности объемной динамической 640-срезовой МСКТ в отношении выявления стенозов КА.

## Материал и методы

В кабинете рентгеновской компьютерной томографии УКБ №1 ПГМУ им. И.М. Сеченова было обследовано 86 больных, из них 52 пациента



с ИБС и 34 пациента с некоронарогенными хирургическими заболеваниями. Всем больным была проведена объемная динамическая 640-срезовая КТ-коронарография с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и последующей мультипараметрической реконструкцией и оценкой коронарного русла. Анализировали состояние основных магистральных артерий коронарного русла, оценивали степень стенозирования КА. Полученные результаты сопоставляли с данными, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской КАГ, которую выполняли по стандартному протоколу.

8 пациентов из числа обследуемых ранее перенесли острый инфаркт миокарда, 22 пациента были подвергнуты реваскуляризации соответствующей артерии (состояние КА оценивали после стентирования).

У 12 больных в процессе обследования были выявлены нарушения сердечного ритма в виде желудочковых экстрасистол. Критерием отбора были отсутствие прогрессирования заболевания в течение не менее 6 нед, а также как минимум 3 мес оптимального лечения. В исследование не включали пациентов с острым коронарным синдромом и больных, которым выполнялось аортокоронарное шунтирование КА.

Всем больным была выполнена мультиспиральная коронарная томография на 640-срезовом компьютерном томографе Toshiba. Контрастное вещество (Ультравист-370), предварительно разогретое до комнатной температуры, вводили больным через локтевую вену, диаметр браунюли 18 G. Скорость введения составляла 4,5 мл/с.

Протокол сканирования был следующим: вначале нативное исследование сердца с ЭКГ-синхронизацией – проводилась предварительная оценка органа на уровне сканирования (подсчет CaScoring), далее выбирали границы последующего сканирования с использованием контрастирования. После этого вводили тест-болюс с автоматическим определением пика насыщения контрастного препарата в нисходящей аорте и выполняли непосредственно сканирование уровня интереса также с ЭКГ-синхронизацией. Размер зоны исследования составлял 16 см, что позволяло полностью охватить анатомическую область сердечной мышцы.

Обработку полученных данных производили на рабочей станции Vitrea в приложении Cardiac: Arteries CT – 3D Analysis Auto Vessels. Анализировали состояние основных магистральных артерий коронарного русла, оценивали степень стенозирования КА по сегментам, которую отображали в процентах. Полученные результаты сопоставля-

ли с данными, полученными с помощью референсного метода – рентгеновской КАГ, которую выполняли по стандартному протоколу, принятому в УКБ №1.

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft, США). Количественную оценку эффективности метода МСКТ в оценке стеноза КА осуществляли с помощью расчета показателей чувствительности, специфичности, точности, положительной и отрицательной прогностической ценности. При оценке соответствия результатов двух независимых методов исследования использовали корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмена.

## Результаты

Установлены следующие характеристики метода в отношении выявления стеноза сегментов КА: чувствительность – 94,3%, специфичность – 93,5%, диагностическая точность – 92,8%, положительная прогностическая ценность – 96,4%, отрицательная прогностическая ценность – 87,3%. В ходе выполнения исследования не было отмечено никаких побочных явлений, пациенты жалоб не предъявляли.

Сравнение результатов МСКТ и КАГ с помощью корреляционного анализа показало наличие прямых сильных достоверных коэффициентов корреляции в оценке поражения КА по данным двух методов – 0,49–0,68.

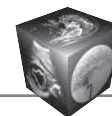
## Клиническое наблюдение

Пациент Б., 64 года.

Предварительный диагноз: ИБС, стенокардия напряжения.

Под местной анестезией 200 мг лидокаина пунктирована правая бедренная артерия, установлен интродьюсер 6 F. По проводнику в устье правой КА установлен проводниковый катетер 6 F JR 4. При контрольной ангиографии подтверждено наличие 80% стеноза среднего сегмента правой КА. По проводниковому катетеру интракоронарный проводник проведен в дистальные отделы правой КА. В место стеноза по интракоронарному проводнику проведен коронарный стент Xience V длиной 28 мм, смонтированный на баллоне диаметром 3,5 мм. Выполнена прямая имплантация стента под давлением 10 атм (3,63 мм), постдилатация проксимального отдела под давлением 12 атм (3,75 мм). Баллонный катетер удален. При контрольной ангиографии кровотока по правой КА TIMI III, признаков резидуального стеноза и диссекции артерии нет. Проводниковый катетер удален из устья правой КА.

По проводнику в устье левой КА установлен проводниковый катетер Launcher EBU 3,5 SH. При контрольной



ангиографии подтверждено наличие окклюзии в среднем сегменте передней межжелудочковой артерии, 70% стеноза проксимального отдела огибающей артерии. По проводниковому катетеру интракоронарный проводник проведен в дистальные отделы огибающей артерии. В место стеноза по интракоронарному проводнику проведен коронарный стент Xience V длиной 15 мм, смонтированный на баллоне диаметром 3,5 мм. Выполнена прямая имплантация стента под давлением 12 атм (3,75 мм), постдилатация под давлением 13 атм (3,80 мм). Баллонный катетер удален. При контрольной ангиографии кровотока по огибающей артерии TIMI III, признаков резидуального стеноза и диссекции артерии нет.

По проводниковому катетеру интракоронарным проводником выполнена реканализация хронической окклюзии передней межжелудочковой ветви, он проведен в дистальные отделы передней межжелудочковой артерии. В место имевшейся окклюзии по интракоронарному проводнику установлен баллонный катетер Sprinter 2,25 × 15 мм, выполнены повторные ангиопластики под давлением 6 и 8 атм. Баллонный катетер удален. При контрольной ангиографии признаки остаточного 40% резидуального стеноза. В место стеноза по интракоронарному проводнику проведен коронарный стент Xience V длиной 28 мм, смонтированный на баллоне диаметром 2,5 мм. Выполнена имплантация стента под давлением 9 атм (2,52 мм). Баллонный катетер удален.

При контрольной ангиографии имеются признаки диссекции по дистальному краю стента. Интракоронарно введено 250 мкг нитроглицерина. В место диссекции по

интракоронарному проводнику проведен коронарный стент Xience V длиной 18 мм, смонтированный на баллоне диаметром 2,5 мм, он установлен в зоне диссекции с “оверлэппингом” предыдущего стента. Выполнена имплантация стента под давлением 6 атм (2,46 мм). Баллонным катетером произведена баллонная ангиопластика зоны “оверлэппинга” под давлением 11 атм (2,63 мм). Баллонный катетер удален. При контрольной ангиографии кровотока по передней межжелудочковой артерии TIMI III, признаков резидуального стеноза и диссекции артерии нет. Проводниковый катетер удален из устья левой КА.

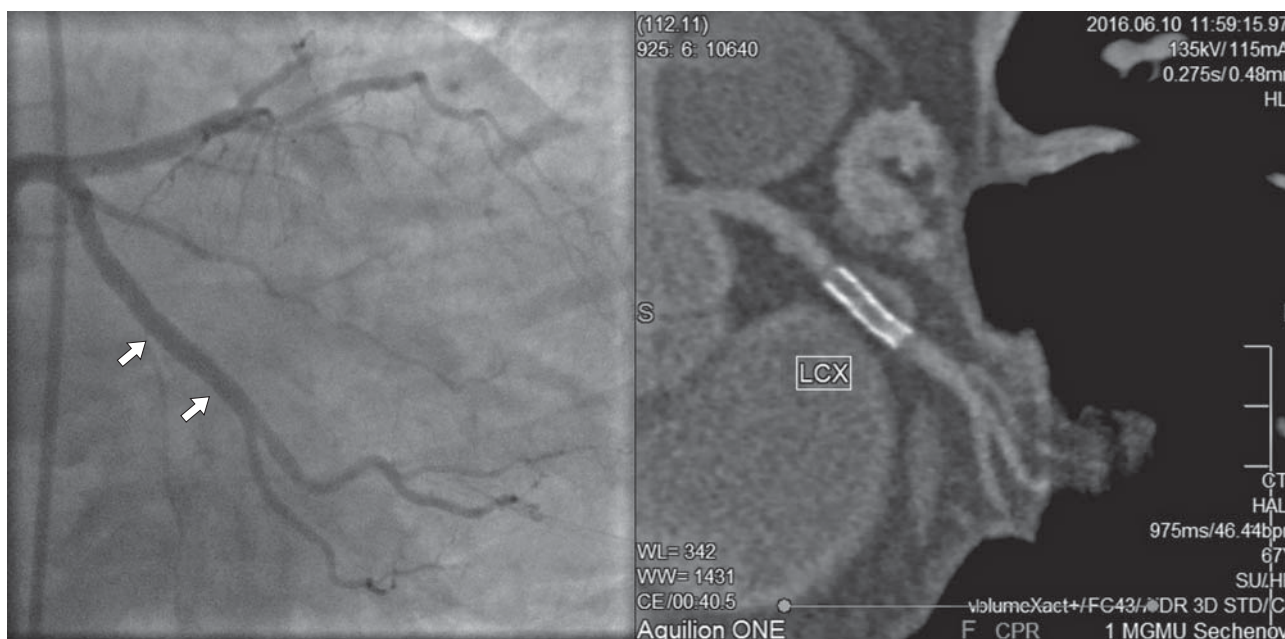
Интродьюсер удален из правой бедренной артерии. Гемостаз с использованием клипирующего устройства ExoSeal. Асептическая давящая повязка на место пункции правой бедренной артерии. Аллергических реакций на контрастное вещество не отмечено. Гемодинамика в ходе операции стабильная.

#### *Заключение МСКТ*

Для определения состояния стента и КА 10.06.2016 была проведена КТ-коронарография на 640-срезовом компьютерном томографе Toshiba. Выявлены: сбалансированный тип кровоснабжения миокарда.

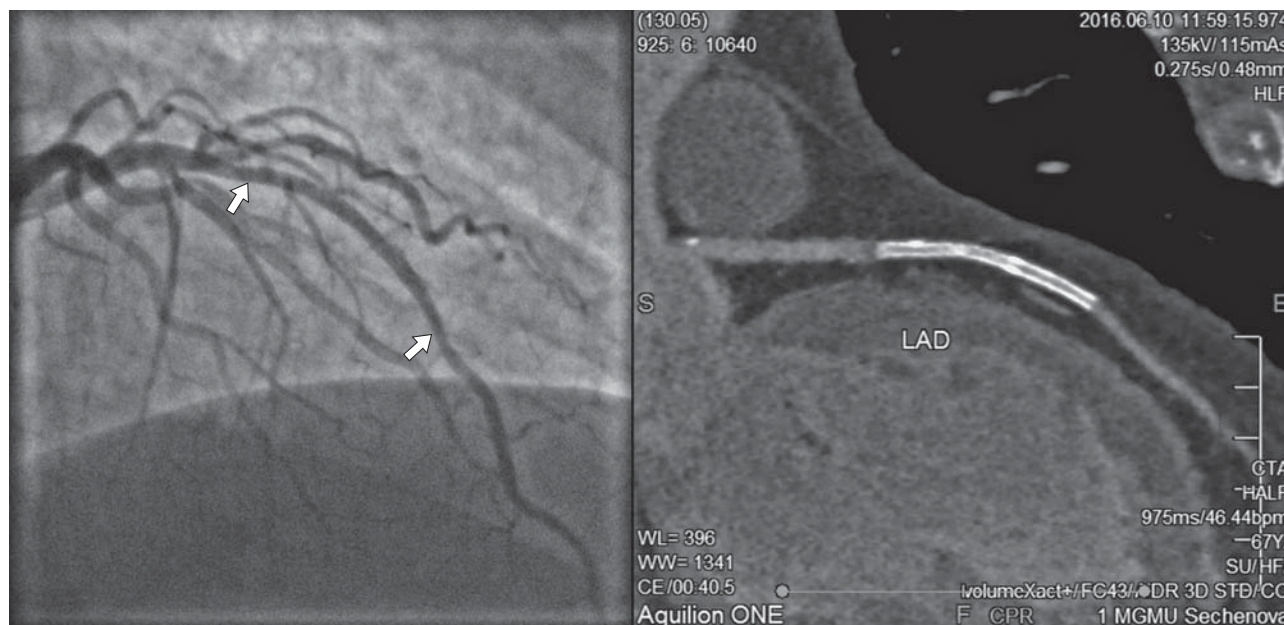
Левая КА равномерно заполняется контрастным препаратом.

В проксимальном отделе огибающей артерии установлен стент, кровотока в просвете стента и непосредственно за стентом сохранен, артерия дистальнее стента имеет ровные контуры, стенотических изменений не выявлено (рис. 1).



**Рис. 1.** Картина визуализации стента в огибающей артерии (стрелки) при МСКТ-коронароангиографии на 640-срезовом томографе. Стент проходим.





**Рис. 2.** Картина визуализации стента в передней межжелудочковой ветви (стрелки) при МСКТ-коронароангиографии на 640-срезовом томографе. Стент проходим.



**Рис. 3.** Картина визуализации стента в правой коронарной артерии при МСКТ-коронароангиографии на 640-срезовом томографе. Стент проходим.

В среднем сегменте передней межжелудочковой ветви установлен стент, проходим, дистальнее артерия контрастируется без стенотических изменений (рис. 2).

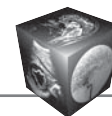
В среднем сегменте правой КА виден стент, кровоток в просвете стента сохранен. В дистальном сегменте определяется плоская кальцинированная бляшка без гемодинамически значимого стеноза (рис. 3).

### Обсуждение

Результаты исследования показали, что использование высокотехнологичного метода 640-срезовой МСКТ-коронарографии в раннем периоде

после реканализации и стентирования КА с баллонной ангиопластикой, отходящей из-под стента крупной сегментарной артерии, при подозрении на тромбоз оперированных КА позволило избежать инвазивной и небезопасной КАГ, выявить ранее не диагностированную аномалию отхождения КА.

По данным литературы, при инвазивной КАГ примерно в 40% случаев не удастся идентифицировать место отхождения аномальных КА [7]. В то же время использование МСКТ-коронарографии позволяет выявлять особенности ано-



мального отхождения венечных артерий, включая длину и выраженность сужений проксимальных сосудов [6].

В настоящее время МСКТ-коронарография рекомендуется как метод выбора при диагностике аномалий КА. В целом современные многосрезовые аппараты дают возможность получать надежную и воспроизводимую информацию о морфологии КА с высоким временным и пространственным разрешением, при этом для МСКТ-ангиографии характерна низкая лучевая нагрузка по сравнению с КАГ.

Выполнено большое количество исследований, посвященных оценке диагностической эффективности МСКТ в диагностике состояния КА. Ранние работы были посвящены в основном МСКТ с ретроспективной синхронизацией с ЭКГ, в исследованиях последних лет выполняется сравнение проспективной и ретроспективной ЭКГ-синхронизации. Согласно результатам исследований, МСКТ с ретроспективной синхронизацией с ЭКГ обладает сравнительно высокой чувствительностью (86–99%) и специфичностью (89–100%) при диагностике коронарной недостаточности. Для этого метода характерна и высокая прогностическая ценность отрицательного результата (96–99%), поэтому этот метод может явиться скрининговым в отношении выявления коронарной недостаточности [8].

Было показано, что при проведении МСКТ на 256-срезовой сканере чувствительность также достигла более 90%. При этом у пациентов с подозрением на коронарную недостаточность МСКТ показывает высокую диагностическую точность, а доза ионизирующего излучения, получаемого пациентом, очень мала [4, 11]. Эти обнадеживающие результаты, однако, не исключают необходимости дальнейшего изучения диагностической эффективности МСКТ в мультицентровых клинических исследованиях с большими когортами пациентов.

В настоящее время в доступной литературе практически отсутствуют сообщения, в которых бы рассматривались результаты применения 640-срезовой МСКТ в диагностике изменения КА. Имеются лишь единичные работы. В частности, E. Di Cesare и соавт. (2014) было проведено исследование для оценки возможности снижения дозы с помощью адаптивной итеративной системы снижения дозы (AIDR 3D) путем использования автоматической системы контроля экспозиции. В исследование было включено 200 пациентов, которым выполнялась МСКТ на 640-срезовой томографе. При этом были оценены средняя эффективная доза и качество изображения. Было

установлено снижение средней эффективной дозы (на 23,6%) при использовании системы AIDR 3D наряду с повышением качества изображения. Авторами был сделан вывод о том, что AIDR 3D с автоматическим контролем экспозиции позволяет значительно уменьшить среднюю дозу облучения и улучшить качество изображения по сравнению с использованием метода без модуляции экспозиции [9].

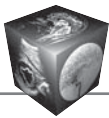
В работе этих авторов 2015 г. была предпринята попытка оценить качество изображения и дозу облучения при использовании коронарной 640-срезовой МСКТ-ангиографии у больных с фибрилляцией предсердий (ФП) и у пациентов с нормальным синусовым ритмом (НСР). В исследование был включен 71 пациент с ФП и 71 обследуемый с НСР и ЧСС 65 в 1 мин. Всем участникам исследования была проведена МСКТ сердца с синхронизацией. Выполнена оценка средней эффективной дозы и качества изображения в сопоставлении с данными объективного обследования пациентов [10].

Было установлено, что для 96,4% изученных сегментов коронарных сосудов у пациентов с ФП было констатировано диагностическое качество изображения. Доля обследуемых с как минимум одним недиагностированным сегментом составила 14 и 2,8% ( $p = 0,031$ ) соответственно в группах ФП и НСР. Среди пациентов с ФП доля пациентов с как минимум одним недиагностируемым сегментом с ЧСС 72 в 1 мин составила 1,8% (1 из 55), значение этого показателя существенно не отличалось от такового в группе обследуемых с НСР (2,8% – 2 из 71) ( $p = 1,0$ ). При оценке характеристик качества изображения не было выявлено значимых различий показателей двух групп. При этом средняя эффективная доза облучения составила  $4,24 \pm 1,24$  мЗв в группе ФП и  $2,67 \pm 0,5$  мЗв у обследуемых с синусовым ритмом ( $p < 0,0001$ ), т.е. была увеличена на 59% в группе с больных с ФП.

Авторы считают, что использованный протокол регистрации сердцебиения с 640-срезовой ЭКГ-синхронизированной КТ-ангиографией может применяться у пациентов с ФП при ЧСС ниже 72 в 1 мин, хотя при этом средняя эффективная доза этого протокола в группе с ФП была на 59% выше, чем и в группе с НСР. У пациентов с ФП при ЧСС выше 72 в 1 мин при выполнении МСКТ отмечается высокая частота артефактов, связанных с движением [9, 10].

## Заключение

Таким образом, собственный опыт и анализ литературных данных показывают, что диагности-



ческие характеристики метода объемной МСКТ-коронароангиографии на 640-срезовом томографе являются высокими в отношении выявления стенозов коронарных сосудов. Подтверждена высокая сопоставимость результатов оценки состояния КА методами МСКТ-коронароангиографии и КАГ. Объемная динамическая 640-срезовая МСКТ-коронарография является высокотехнологичным высокочувствительным безопасным неинвазивным методом обследования больных с ССЗ, для которого характерна низкая лучевая нагрузка и высокая безопасность.

## Список литературы

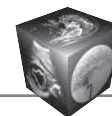
1. Азизов В.А., Султанова М.Д., Улудог К. Оценка распространенности и характера атеросклеротических бляшек коронарных артерий у больных сахарным диабетом при помощи мультиспиральной компьютерной томографии. *Кардиология в Беларуси*. 2014; 4 (35): 58–64.
2. Hu X.H., Zheng W.L., Wang D., Xie S.S., Wu R., Zhang S.Z. Accuracy of high-pitch prospectively ECG-triggering CT coronary angiography for assessment of stenosis in 103 patients: comparison with invasive coronary angiography. *Clin. Radiol.* 2012; 67: 1083–1088. DOI: 10.1016/j.crad.2012.03.016/
3. Wang R., Liu X., Wang C., Ye X., Xu X., Yang C. Higher coronary artery calcification score is associated with adverse prognosis in patients with stable angina pectoris. *J. Thorac. Dis.* 2017; 9 (3): 582–589. DOI: 10.21037/jtd.2017.02.84.
4. De Graaf F.R., van Velzen J.E., de Boer S.M., van Werkhoven J.M., Kroft L.I., de Roos A., Sieders A., de Grooth G.I., Jukema J.W., Schuijt J.D., Bax J.J., Schalji M.J., van der Wall E.E. . Noninvasive computed tomography coronary angiography as a gatekeeper for invasive coronary angiography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2013; 29: 221–228. DOI: 10.1007/s10554-012-0059-8.
5. Sabarudin A., Sun Z. Coronary CT angiography: Diagnostic value and clinical challenges. *Wld J. Cardiol.* 2013; 26 (5): 473–483. DOI: 10.4330/wjc.v5.i12.473.
6. Belgrano M., Bregant P., Djoguella M., Toscano W., Marchese E., Cova M.A. 256-slice CT coronary angiography: in vivo dosimetry and technique optimization. *Radiol. Med.* 2014; 119 (4): 249–256. DOI: 10.1007/s11547-013-0334-3.
7. Klass O., Walker M.J., Olszewski M.E., Bahner J., Feuerlein S., Hoffmann M.H., Lang A. Quantification of aortic valve area at 256-slice computed tomography: comparison with transesophageal echocardiography and cardiac catheterization in subjects with high-grade aortic valve stenosis prior to percutaneous valve replacement. *Eur. J. Radiol.* 2011; 80 (1): 151–157. DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.07.015.
8. Sun Z. Cardiac CT imaging in coronary artery disease: Current status and future directions. *Quant. Imaging Med. Surg.* 2012; 2: 98–105. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4292.2012.05.02.
9. Di Cesare E., Gennarelli A., Di Sibio A., Felli V., Splendiani A., Gravina G.L., Barile A., Masciocchi C. Assessment of dose exposure and image quality in coronary angiography

performed by 640-sliceCT: a comparison between adaptive iterative and filtered back-projection algorithm by propensity analysis. *Radiol. Med.* 2014; 119 (8): 642–649. DOI: 10.1007/s11547-014-0382-3.

10. Di Cesare E., Gennarelli A., Di Sibio A., Felli V., Splendiani A., Gravina G.L., Masciocchi C. Image quality and radiation dose of single heartbeat 640-slice coronary CT angiography: a comparison between patients with chronic atrial fibrillation and subjects in normal sinus rhythm by propensity analysis. *Eur. J. Radiol.* 2015; 84 (4): 631–636. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.11.035.
11. Hou Y., Ma Y., Fan W., Wang Y., Yu M., Vembar M., Guo O. Diagnostic accuracy of low-dose 256-slice multi-detector coronary CT angiography using iterative reconstruction in patients with suspected coronary artery disease. *Eur. Radiol.* 2014; 24: 3–11. DOI: 10.1007/s00330-013-2969-9.

## References

1. Azizov V.A., Sultanova M.D., Uludag K. Evaluation of extent and of type of atherosclerotic plaques in patients with diabetes mellitus using multispiral computed tomography. *Cardiologia v Belarusi*. 2014; 4 (35): 58–64. (In Russian)
2. Hu X.H., Zheng W.L., Wang D., Xie S.S., Wu R., Zhang S.Z. Accuracy of high-pitch prospectively ECG-triggering CT coronary angiography for assessment of stenosis in 103 patients: comparison with invasive coronary angiography. *Clin. Radiol.* 2012; 67: 1083–1088. DOI: 10.1016/j.crad.2012.03.016/
3. Wang R., Liu X., Wang C., Ye X., Xu X., Yang C. Higher coronary artery calcification score is associated with adverse prognosis in patients with stable angina pectoris. *J. Thorac. Dis.* 2017; 9 (3): 582–589. DOI: 10.21037/jtd.2017.02.84.
4. De Graaf F.R., van Velzen J.E., de Boer S.M., van Werkhoven J.M., Kroft L.I., de Roos A., Sieders A., de Grooth G.I., Jukema J.W., Schuijt J.D., Bax J.J., Schalji M.J., van der Wall E.E. . Noninvasive computed tomography coronary angiography as a gatekeeper for invasive coronary angiography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2013; 29: 221–228. DOI: 10.1007/s10554-012-0059-8.
5. Sabarudin A., Sun Z. Coronary CT angiography: Diagnostic value and clinical challenges. *Wld J. Cardiol.* 2013; 26 (5): 473–483. DOI: 10.4330/wjc.v5.i12.473.
6. Belgrano M., Bregant P., Djoguella M., Toscano W., Marchese E., Cova M.A. 256-slice CT coronary angiography: in vivo dosimetry and technique optimization. *Radiol. Med.* 2014; 119 (4): 249–256. DOI: 10.1007/s11547-013-0334-3.
7. Klass O., Walker M.J., Olszewski M.E., Bahner J., Feuerlein S., Hoffmann M.H., Lang A. Quantification of aortic valve area at 256-slice computed tomography: comparison with transesophageal echocardiography and cardiac catheterization in subjects with high-grade aortic valve stenosis prior to percutaneous valve replacement. *Eur. J. Radiol.* 2011; 80 (1): 151–157. DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.07.015.
8. Sun Z. Cardiac CT imaging in coronary artery disease: Current status and future directions. *Quant. Imaging Med. Surg.* 2012; 2: 98–105. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4292.2012.05.02.
9. Di Cesare E., Gennarelli A., Di Sibio A., Felli V., Splendiani A., Gravina G.L., Barile A., Masciocchi C. Assessment of dose exposure and image quality in coronary angiography



- performed by 640-sliceCT: a comparison between adaptive iterative and filtered back-projection algorithm by propensity analysis. *Radiol. Med.* 2014; 119 (8): 642–649. DOI: 10.1007/s11547-014-0382-3.
10. Di Cesare E., Gennarelli A., Di Sibio A., Felli V, Splendiani A, Gravina GL, Masciocchi C. Image quality and radiation dose of single heartbeat 640-slice coronary CT angiography: a comparison between patients with chronic atrial fibrillation and subjects in normal sinus rhythm by propensity analysis. *Eur. J. Radiol.* 2015; 84 (4): 631–636. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.11.035.
11. Hou Y., Ma Y., Fan W., Wang Y., Yu M., Vembar M., Guo O. Diagnostic accuracy of low-dose 256-slice multi-detector coronary CT angiography using iterative reconstruction in patients with suspected coronary artery disease. *Eur. Radiol.* 2014; 24: 3–11. DOI: 10.1007/s00330-013-2969-9.

**Для корреспонденции\*:** Кондрашина Ольга Сергеевна – 119991 Москва, Россия, ул. Трубетская, д. 8, стр. 2., Тел.: 8-926-845-2424. E-mail: oskondrashina@gmail.com

**Серова Наталья Сергеевна** – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва.

**Кондрашина Ольга Сергеевна** – аспирантка кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва.

**Кондрашин Сергей Алексеевич** – доктор мед. наук, профессор, заведующий рентгенодиагностическим отделением ангиографии УКБ №1 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва.

**Contact\*:** Olga S. Kondrashina – 119991, Moscow, Russia, Trubetskaya str., 8/2. Phone: +7-926-845-2424. E-mail: oskondrashina@gmail.com

**Natalya S. Serova** – corresponding member of RAS, doct. of med. sci., Professor, professor of Radiology dept., Sechenov University, Moscow.

**Olga S. Kondrashina** – graduate student of Radiology dept., Sechenov University, Moscow.

**Sergey A. Kondrashin** – doct. of med. sci., Professor, Head of angiography dept. university clinic №1, Sechenov University, Moscow.

Поступила в редакцию 05.06.2018.  
Принята к печати 13.09.2018.

Received on 05.06.2018.  
Accepted for publication on 13.09.2018.