

УДК 616-073.756.8:616.132.2-007.271

АНАЛИЗ ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРОНАРНОГО РУСЛА ПРИ СТЕНОЗИРУЮЩИХ ПОРАЖЕНИЯХ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ И ПОСЛЕ ПРОЦЕДУРЫ СТИНТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ОБЪЕМНОЙ МСКТ-КОРОНАРОГРАФИИ

Д. Ф. Варди́ков, Е. К. Яковлева, Д. Н. Майстренко

Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, Санкт-Петербург, Россия

ANALYSIS OF THE DENSITOMETRIC PARAMETERS OF CORONARY ARTERY STENOSIS AND AFTER THE STENTING PROCEDURE WITH THE METHOD OF VOLUME MDCT CORONARY ANGIOGRAPHY

D. F. Vardikov, E. K. Yakovleva, D. N. Maystrenko

Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2015 г.

Целью данного исследования являлся анализ денситометрических показателей коронарных артерий методом объемной многосрезовой компьютерно-томографической коронарографии (МСКТ-коронарографии) при стенозирующих и окклюзирующих поражениях коронарных артерий, а также после процедуры чрескожного коронарного стентирования. МСКТ-коронарография была выполнена 38 пациентам в возрасте от 47 до 75 лет. Исследование проводили на 320-срезовом компьютере томографе Aquilion One (Тошиба, Япония), в режиме объемного сканирования. При оценке результатов стентирования и стенозирующих поражений коронарных артерий были определены плотностные характеристики в единицах Хаунсфилда (ед. Х.) поперечного сечения сосуда в центральных отделах, на расстоянии 5 мм проксимальнее и дистальнее стентов либо зон стенозов и окклюзий. При отсутствии значимого внутрискелетного рестеноза значения денситометрического индекса (ДИ) были $>0,45$, при ДИ $<0,45$ выявлялись признаки значимого внутрискелетного рестеноза. Незначимый стеноз характеризовался значениями ДИ $>0,8$, при ДИ $<0,8$ были выявлены признаки значимого стеноза либо окклюзия сосуда. Таким образом, денситометрический анализ при объемной МСКТ-коронарографии может быть использован в оценке значимости стенозов коронарных артерий и внутрискелетных рестенозов для повышения диагностической информативности метода. Объемное сканирование с проспективной ЭКГ-синхронизацией позволяет значительно снизить лучевую нагрузку на пациента.

Ключевые слова: многосрезовая компьютерно-томографическая коронарография, внутрискелетный рестеноз, стентирование, коронарный атеросклероз.

The aim of this study was to evaluate the densitometric parameters of coronary arteries by volume MDCT coronary angiography for coronary artery stenosis and after percutaneous coronary stenting procedures. Volume MDCT coronary angiography was performed on 38 patients aged 47 to 75 years. The study was conducted on a 320-slice Aquilion One (Toshiba, Japan) computed tomographic machine, with prospective ECG-gating. The assessments of the results of stenting and coronary artery stenosis were determined density characteristics in Hounsfield units (HU) cross-sectional area of the vessel in the central departments, at a distance of 5 mm proximal and distal to the stent or stenotic areas. In the absence of significant in-stent restenosis DI was $>0,45$, with a DI $<0,45$ showed signs of significant in-stent restenosis. In the absence of significant stenosis of the vessel DI was $>0,8$, with a DI $<0,8$ showed signs of significant stenosis or occlusion of the vessel. Thus, densitometric analysis with a volume MDCT coronary angiography can be used in the evaluation of coronary artery stenosis and in-stent restenosis for improving diagnostic informativity method. Volume scanning with prospective ECG-gating can significantly reduce the radiation exposure to the patient.

Key words: multidetector computed tomographic coronary angiography, in-stent restenosis, stenting, coronary atherosclerosis.

Введение. Заболевания сердечно-сосудистой системы в XXI веке продолжают оставаться основной медицинской и социальной проблемой во всем мире. По данным ВОЗ, в 2012 г. от сердечно-сосудистых заболеваний умерло около 17,5 млн человек.

стных заболеваний (ССЗ) умерло 17,5 млн человек, что составило 31% всех случаев смерти в мире, в том числе 7,4 млн человек умерли от ишемической болезни сердца [1]. В последнее время появляются новые данные об атеросклерозе, о важной роли внеклеточных ловушек нейтрофилов — нового источника тканевого фактора в атеротромбозе [2].

Объемная МСКТ-коронарография сегодня служит ценным инструментом в диагностическом алгоритме обследования пациентов с атеросклеротическим поражением, аномалиями и вариантами строения коронарных артерий, оценке проходимости коронарных шунтов и стентов. Является более информативным методом в сравнении с традиционной ангиографией при оценке расположения устья и проксимальных отделов коронарных артерий [3].

МСКТ-коронарография обладает преимуществами перед коронарной ангиографией (КАГ) в прямой визуализации стентов (деформации, переломы стентов), позволяет получить дополнительные данные при аневризмах коронарных артерий, является малоинвазивной методикой и не требует госпитализации пациента. Современные компьютерные томографы позволяют более отчетливо визуализировать ячейки каркаса и просвет 2 мм стента [4].

Чувствительность и специфичность МСКТ-коронарографии при определении стенозов коронарных артерий составляют 98% и 95% соответственно [5].

Цель исследования: анализ денситометрических показателей коронарных артерий методом МСКТ-коронарографии при стенозирующих и окклюзирующих поражениях коронарных артерий, а также после процедуры чрескожного коронарного стентирования.

Материалы и методы исследования. МСКТ-коронарография проведена 38 пациентам в возрасте от 47 до 74 лет со значимыми стенозами коронарных артерий и после процедуры чрескожного коронарного стентирования. Исследование проводили на 320-срезовом компьютере томографе Aquilion One (Тошиба, Япония) в режиме объемного сканирования, с проспективной ЭКГ-синхронизацией, болюсным внутривенным введением йодсодержащего контрастного препарата ультравист-370 в объеме 50–70 мл со скоростью 4–5 мл/с и изотонического раствора натрия хлорида в объеме 50 мл со скоростью 4–5 мл/с. При оценке результатов стентирования и стенозирующих поражений коронарных артерий были определены плотностные характеристики в единицах Хаунсфилда (ед. Х.) поперечного сечения сосуда в центральных отделах, на расстоянии 5 мм проксимальнее и дистальнее стентов либо зон стенозов и окклюзий (рис. 1).

Точечное измерение максимальной плотности контрастированного просвета сосуда на 5 мм проксимальнее и дистальнее зон значимых стенозов, окклюзий и установленных стентов выполнялось на поперечных срезах сосуда в центральных отделах (рис. 2).

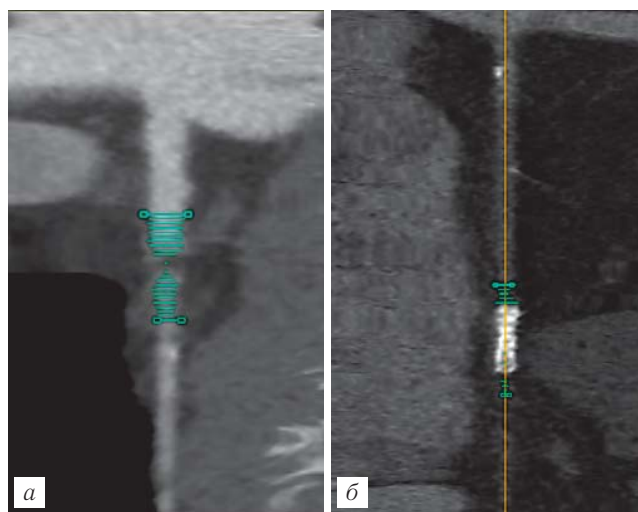


Рис. 1. Прямолинейная реконструкция окклюзированной коронарной артерии с измерением денситометрических показателей на расстоянии 5 мм проксимальнее и дистальнее зоны окклюзии (а); прямолинейная реконструкция стентированной коронарной артерии с измерением денситометрических показателей на расстоянии 5 мм краниальнее и каудальнее концов стента (б).

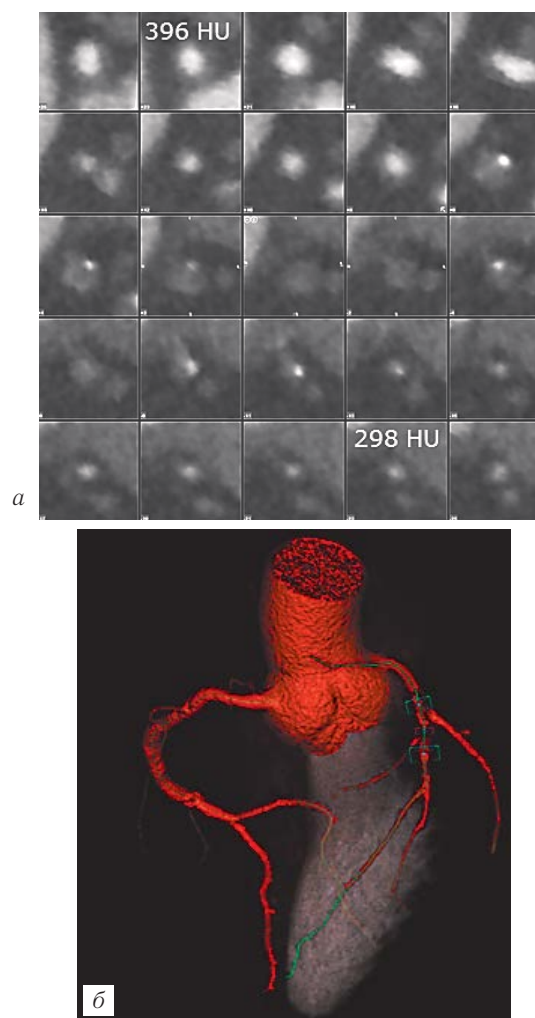


Рис. 2. Максимальная точечная плотность в ед. Х. просвета контрастированного сосуда проксимальнее и дистальнее зоны окклюзии коронарной артерии (а); зона окклюзии левой передней нисходящей коронарной артерии на объемной реконструкции (б).

Подготовка пациента к МСКТ-коронарографии включала исключение напитков, содержащих кофеин, курение за 5 часов до процедуры. Исследование проводили в положении лежа на спине, с незначительным смещением пациента вправо от центра стола для оптимальной визуализации сердца. Катетер 18G устанавливали в правую локтевую вену, водорастворимый йодсодержащий контрастный препарат вводили со скоростью 4–5 мл/с. ЭКГ электроды фиксировались в стандартных отведениях. После оптимизации зубца R и дыхательных тренировок выполнялась процедура подсчета коронарного кальция, вторым этапом — МСКТ-коронарография. Количество контрастного препарата и скорость его введения рассчитывались исходя из данных табл. 1.

тальнее зоны значимого стеноза, окклюзии коронарной артерии, либо установленного стента.

Эффективная доза, полученная пациентом за одно обследование при объемной МСКТ-коронарографии на 320-срезовом компьютерном томографе, составляла 2–5 мЗв.

В качестве метода верификации полученных результатов использовали коронарную ангиографию (КАГ), которая была выполнена 28 пациентам.

Результаты и их обсуждение. Атеросклеротическое поражение коронарных артерий характеризовалось преимущественно наличием «мягких» и смешанных атеросклеротических бляшек, которые располагались преимущественно в области бифуркации, проксимальных и средних сегментах коронарных

Таблица 1

Количество и скорость вводимого контрастного препарата и изотонического раствора натрия хлорида

Масса тела, кг	Кол-во контрастного препарата, мл	Кол-во изотонического раствора натрия хлорида, мл	Скорость введения контрастного вещества, мл/с
<59	50	50	4
60–80	60	50	4,5
81–100	60	50	5
>100	70	50	5

Тестовый срез устанавливали на нисходящую аорту на уровне четырехкамерного сердца. Параметры сканирования устанавливались автоматически (табл. 2) в зависимости от величины индекса массы тела (BMI).

Таблица 2

Параметры сканирования

Параметр	Значение
Сила тока, мА	360–580
Время, мс	220–350
Произведение силы тока на время, мАс	44–129
Толщина среза, мм	0,5
Напряжение, кВ	120

Построение коронарных артерий выполняли на рабочей станции Vitrea с использованием пакета программ для анализа проксимальных и дистальных сегментов коронарных артерий (MPR — мультипланарных реконструкций, MIP — проекций максимальной интенсивности, CPR — криволинейных реконструкций и VR — объемных реконструкций). Для расчета стеноза применяли Average метод, а также денситометрический индекс (ДИ). ДИ определяли по формуле $ДИ = D2/D1$, где D1 — денситометрические показатели в центральных отделах поперечного сечения контрастированного сосуда на расстоянии 5 мм проксимальнее зоны значимого стеноза, окклюзии коронарной артерии, либо установленного стента; D2 — денситометрические показатели в центральных отделах поперечного сечения контрастированного сосуда на расстоянии 5 мм дис-

артерий и их ветвей. Значимые (>50%) стенозы были выявлены у 12 пациентов, в том числе в 6 (50%) случаях были выявлены окклюзии коронарных артерий.

В коронарных артериях 26 пациентов установлены стенты в количестве от 1 до 6. При оценке проходимости стентов учитывали контрастирование просвета стентов, контрастирование сосуда проксимальнее и дистальнее стентов, а также денситометрические показатели контрастированного просвета сосуда проксимальнее и дистальнее зон стенозов, окклюзий и внутрискелетовых рестенозов на расстоянии 5 мм. Оценены следующие стенты: Cypher, Liberte, Optima, Presilium Plus, Yukon DES, Yukon CC, Multilink Zeta. Диаметр стентов составлял от 2 мм до 4 мм, протяженность от 20 мм до 38 мм.

При диаметре просвета стента от 3 мм и более в 22 (84%) случаях удалось достоверно оценить степень проходимости стентов. Степень проходимости просвета 2 мм стента в 4 (16%) случаях оценивали визуально с учетом дистального кровотока, а также по денситометрическим показателям контрастированного сосуда проксимальнее и дистальнее установленного стента. В 20 (76%) случаях нарушение проходимости стентов не выявлено, в 4 (16%) случаях обнаружены окклюзии коронарных стентов в виде протяженного дефекта наполнения, в 2 (8%) случаях выявлены незначимые внутрискелетовые рестенозы.

При отсутствии значимого внутрискелетового рестеноза разница в плотности контрастированного просвета коронарной артерии до и после стента составила менее 200 ед. X ($ДИ > 0,45$), при разнице более 200 ед. X ($ДИ < 0,45$) выявлены окклюзии коронарных стентов (рис. 3).

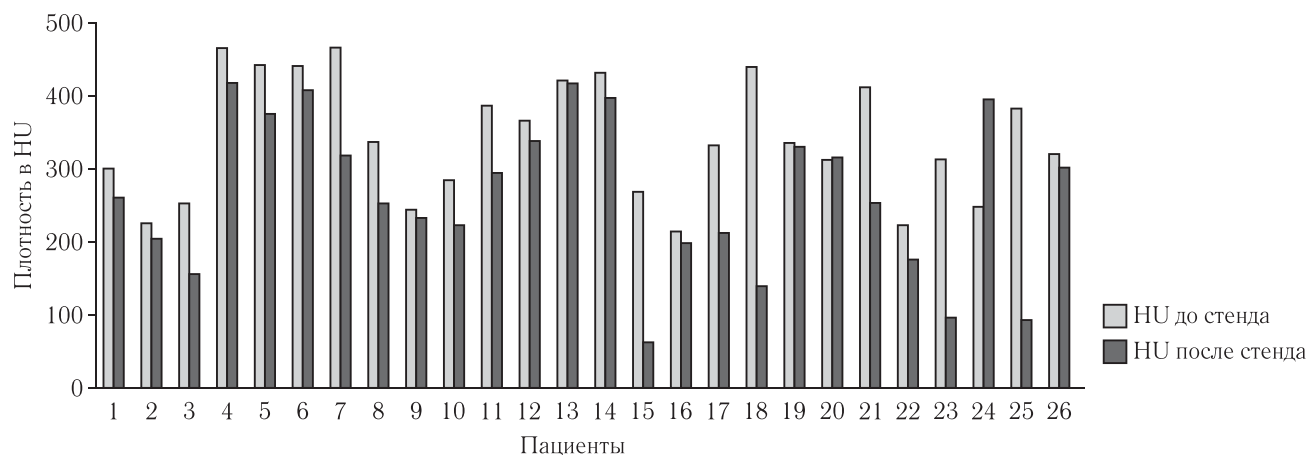


Рис. 3. Денситометрические показатели сосудистого русла стентированных пациентов.

Диаметр двух из четырех окклюзированных стентов составлял 2 мм, двух других — 3 мм и 3,5 мм. Во всех четырех случаях признаки внутрискелетного рестеноза подтверждены результатами инвазивной КАГ. Как правило, стенты диаметром 2 мм были установлены в средние и дистальные сегменты коронарных артерий (рис. 4).

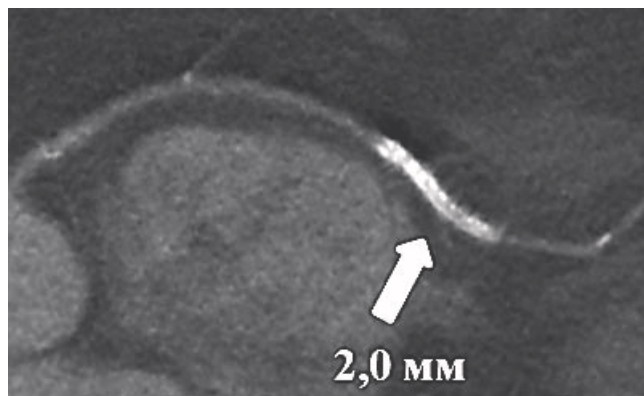


Рис. 4. Криволинейная (CPR) реконструкция левой передней нисходящей коронарной артерии с установленным 2-мм стентом в дистальном сегменте.

При разнице денситометрических значений при атеросклеротическом поражении коронарных артерий до и после стеноза более 80 ед. X (ДИ < 0,8) выявлены признаки значимого стеноза коронарной артерии либо окклюзия сосуда (рис. 5).

При отсутствии значимого стеноза сосуда разница в плотности контрастированного просвета коронарной артерии до и после места стеноза составила менее 80 ед. X (ДИ > 0,8) (рис. 6).

При использовании стентов с лекарственным покрытием частота внутрискелетных рестенозов снизилась и в настоящее время около 76% чрескожных коронарных реваскуляризаций выполняют с их применением [6]. Одними из поздних (более 6 мес после установки стента) осложнений после имплантации стента с лекарственным покрытием являются тромбозы, а также переломы стентов диагностируемые примерно у 3% больных [7]. По данным аутопсии частота переломов стентов составляет 29% [8]. В исследуемых нами коронарных стентах переломов не выявлено. В нашем исследовании при наличии выраженных артефактов от металличе-

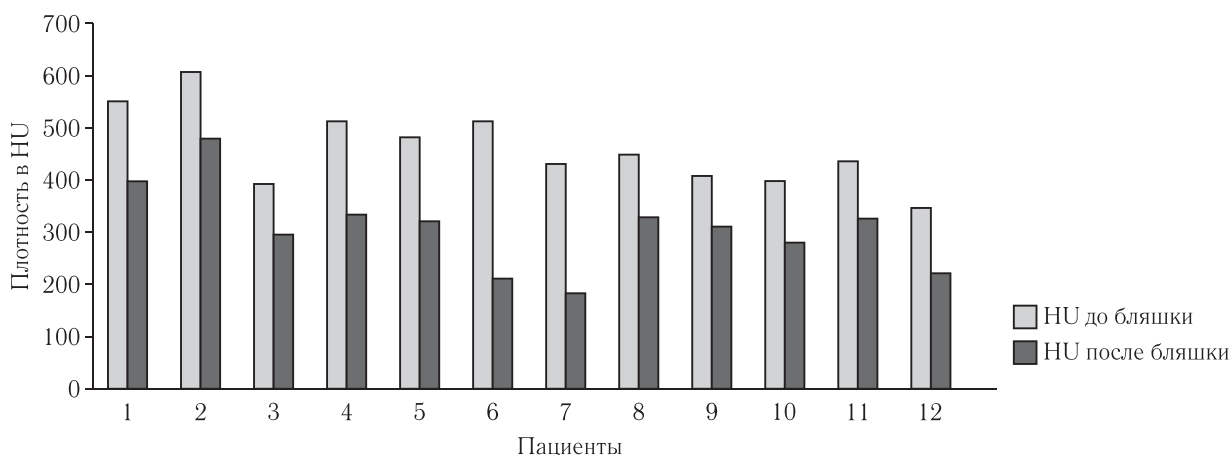


Рис. 5. Денситометрические характеристики сосудистого русла со значимыми стенозами и окклюзиями коронарных артерий.

При окклюдующем внутрискелетном рестенозе 2 мм стента выявлена значительная разница плотности проксимальнее и дистальнее стента.

ских коронарных стентов широко использовали возможности постобработки изображений на рабочей станции Vitrea, что способствовало нивелированию

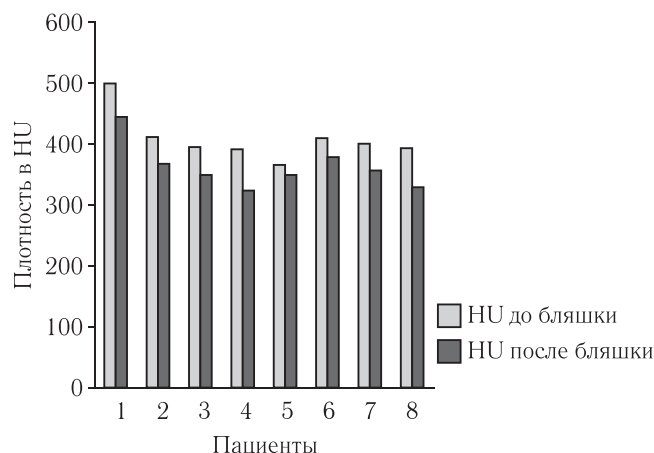


Рис. 6. Денситометрические характеристики сосудистого русла с незначимыми стенозами коронарных артерий.

артефактов и более отчетливой визуализации стента и его просвета (рис. 7).

По данным литературы при выявлении тромбоза и внутривентрикулярного рестеноза, в очень редких случаях оценивали денситометрические показатели дистальных отделов пораженного сосуда [9]. В нашем исследовании в 4 (16%) случаях внутривентрикулярного рестеноза было проанализировано контрастирование сосуда дистальнее места поражения. Снижение денситометрической плотности в проксимальном направлении свидетельствовало о ретроградном контрастировании.

Чувствительность, специфичность, положительная и отрицательная прогностическая ценность в диагностике внутривентрикулярного рестеноза и тромбоза стента составляют 95%, 93%, 83% и 98% соответственно [10]. Сегодня большая роль отводится изучению морфологических особенностей атеросклеротической бляшки с помощью МСКТ, выявлению МСКТ-признаков, характерных для нестабильных бляшек [11]. Данные разных авторов демонстрируют, что различные морфологические свойства бляшек, выявленные с помощью МСКТ-коронарографии у пациентов с загрудинной болью и значимыми стенозами коронарных артерий по данным МСКТ, могут указывать на наличие острого коронарного синдрома [12–14]. В этих работах, проведенных на 64-срезовых томографах, нет

сведений о денситометрических характеристиках контрастированного просвета сосуда выше и ниже уровня атеросклеротических бляшек. Это объясняется тем, что при спиральном сканировании просвет сосуда контрастирован гетерогенно, так как реконструируются изображения, полученные с учетом нескольких сердечных циклов.

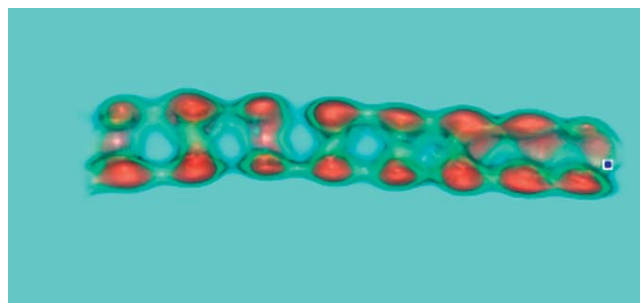


Рис. 7. Объемная реконструкция коронарного стента Synergy. Отчетливо видны ячейки неизмененного стента.

Преимуществами 320-срезового компьютерного томографа являются сканирование сердца за 1 сердечный цикл на протяжении до 160 мм менее чем за 1 секунду, более равномерное распределение контрастного препарата в просвете коронарных артерий, более высокое временное разрешение, уменьшение артефактов от стентов и обызвествленного компонента атеросклеротических бляшек [15]. Объемное сканирование позволяет, учитывая короткое время сбора данных, снизить количество вводимого контрастного препарата до 50–70 мл. Сканирование с проспективной ЭКГ-синхронизацией в узком окне интервала R-R обеспечило значительное снижение дозовой нагрузки на пациента.

Выводы. Денситометрические показатели при объемной МСКТ-коронарографии могут быть использованы в оценке значимости стенозов коронарных артерий и внутривентрикулярных окклюзий в группе пациентов с высоким кальциевым индексом и установленными 2 мм стентами для повышения диагностической информативности метода. Основным преимуществом объемного сканирования с проспективной ЭКГ-синхронизацией является значительное снижение дозовой нагрузки на пациента.

ЛИТЕРАТУРА

- ВОЗ. Сердечно-сосудистые заболевания. Информационный бюллетень № 317, январь 2015 г. [Электронный ресурс]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/>
- Stakos D. A., Kambas K., Konstantinidis T., Ritis K. et al. Expression of functional tissue factor by neutrophil extracellular traps in the culprit artery of acute myocardial infarction // Eur. Heart J. — 2015. — doi:10.1093/eurheartj/ehv007.
- Чамокова Б. Б., Сеницын В. Е. КТ-ангиография в диагностике аномалий коронарных артерий // Лучевая диагностика и терапия. — 2013. — Т. 2 (4). — С. 43–51.
- Архипова И. М., Сеницын В. Е. Оценка коронарных стентов *in vitro* с помощью мультиспиральной компьютерной томографии // Лучевая диагностика и терапия. — 2013. — Т. 2 (4). — С. 43–51.
- Gorenoi V., Schonermarck M. P., Hagen A. // GMS Health Technol Assess. — 2012. — Vol. 8, Doc 02. — doi: 10.3205/hta000100. Epub 2012 Apr 16.
- Roger V. L., Go A. S., Lloyd-Jones D. M. et al. Heart disease and stroke statistics — 2011 update: a report from the American Heart Association // Circulation. — 2011. — Vol. 125. — P. 2–220.

7. Aoki J., Nakazawa G., Tanabe K. *et al.* Incidence and clinical impact of coronary stent fracture after sirolimus-eluting stent implantation // Catheterization and Cardiovascular Interventions. — 2007. — Vol. 69 (3). — P. 380–386.
8. Nakazawa G., Finn A. V., Vorpahl M. *et al.* Incidence and predictors of drug-eluting stent fracture in human coronary artery. A pathologic analysis // J. of the American College of Cardiology. — 2009. — Vol. 54 (21). — P. 1924–1931.
9. Sun Z., Davidson R., Lin C. H. Multi-detector row CT angiography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a systematic review // Eur. J. Radiol. — 2009. — Vol. 69 (3). — P. 489–495.
10. Kubo T., Matsuo Y., Ino Y. *et al.* Diagnostic Accuracy of CT Angiography to Assess Coronary Stent Thrombosis as Determined by Intravascular OCT // J. Am. Coll. Cardiol. Img. — 2011. — Vol. 4 (9). — P. 1040–1043.
11. Терновой С. К., Веселова Т. Н. Выявление нестабильных бляшек в коронарных артериях с помощью мультиспиральной компьютерной томографии // RAJR. — 2014. — Т. 4 (1). — С. 7–13.
12. Ferencik M., Schlett C. L., Ghoshhajra B. B. *et al.* A computed tomography-based coronary lesion score to predict acute coronary syndrome among patients with acute chest pain and significant coronary stenosis on coronary computed tomographic angiogram // Am. J. Cardiol. — 2012. — Vol. 110 (2). — P. 183–189.
13. Ito T., Terashima M., Kaneda H. *et al.* Comparison of in vivo assessment of vulnerable plaque by 64-slice multislice computed tomography versus optical coherence tomography // Am. J. Cardiol. — 2011. — P. 1270–1277.
14. Kitagawa T., Yamamoto H., Horiguchi J. *et al.* Characterization of noncalcified coronary plaques and identification of culprit lesions in patients with acute coronary syndrome by 64-slice computed tomography // JACC. — 2009. — Vol. 2 (2). — P. 153–159.
15. Pundziute G., Schuijff J. D. Обнаружение и оценка бляшек коронарных артерий в клинической практике с использованием МСКТ // VISION 14–09. — С. 20–23.

Поступила в редакцию: 20.07.2015 г.

Контакт: Вардилов Даниил Федорович, vdany82@mail.ru

Сведения об авторах:

Вардилов Даниил Федорович — аспирант отделения компьютерной томографии, Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, 197758, пос. Песочный, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., 70. тел.: + 7 921 374-66-49; e-mail: vdany82@mail.ru;
Яковлева Елена Константиновна — доктор медицинских наук, Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, 197758, пос. Песочный, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., 70;
Майстренко Дмитрий Николаевич — доктор медицинских наук, Российский научный центр радиологии и хирургических технологий, 197758, пос. Песочный, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., 70.



Российская Академия Наук

Институт Мозга Человека

В Институте мозга человека открыт набор в аспирантуру по следующим специальностям:

- лучевая диагностика, лучевая терапия;
- нервные болезни;
- нейрохирургия;
- медицинская психология;
- физиология;
- патологическая физиология.

Обучение проводится в очной, заочной форме, на бюджетной и коммерческой основе. Также проводится набор в ординатуру по специальности:

- рентгенология.

Контактная информация:

Телефон отдела аспирантуры: +7 (812) 234-93-43
<http://www.ihb.spb.ru>