

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-7-19

Сопоставление результатов компьютерной томографии и внутрисосудистого ультразвукового исследования в оценке параметров атеросклеротических бляшек коронарных артерий

Шария М.А.¹, Шабанова М.С.^{1*}, Веселова Т.Н.¹, Меркулова И.Н.¹,
Мионов В.М.¹, Гаман С.А.¹, Терновой С.К.^{1, 2}

¹ ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России, Москва, Россия

² ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Comparison of computed tomography with intravascular ultrasound in evaluation of coronary plaques parameters

Shariya M.A.¹, Shabanova M.S.^{1*}, Veselova T.N.¹, Merkulova I.N.¹,
Mironov V.M.¹, Gaman S.A.¹, Ternovoy S.K.^{1, 2}

¹ National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

² Sechenov University, Moscow, Russia

Цель исследования: определить возможности КТ-ангиографии (КТА) в оценке количественных и качественных характеристик атеросклеротических бляшек (АСБ) в коронарных артериях по сравнению с данными внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ).

Материал и методы. В исследование было включено 37 пациентов (29 мужчин, 8 женщин), поступивших в отделение неотложной кардиологии с клинической картиной острого коронарного синдрома (ОКС), из которых у 24 диагностирована нестабильная стенокардия, у 13 – острый инфаркт миокарда. Средний возраст больных составил 58 [44; 65] лет. Всем пациентам первым из лучевых методов исследования была выполнена КТА коронарных артерий при отсутствии необходимости экстренного проведения инвазивной коронарной ангиографии. Каждому из 37 пациентов ВСУЗИ было выполнено в одной, двух или трех коронарных артериях. Всего с помощью ВСУЗИ обследовано 60 измененных участков в 55 коронарных артериях. Данные ВСУЗИ сравнивались с результатами КТА.

Результаты. Корреляционный анализ показал высокую сопоставимость методов в определении бремни бляшки ($r = 0,823$; $p < 0,0001$), протяженности

бляшки ($r = 0,932$; $p < 0,0001$), индекса ремоделирования (ИР) ($r = 0,906$; $p < 0,0001$). Чувствительность и специфичность метода в выявлении неровности контура составили 96,1 и 88,9% (площадь под кривой 0,925), положительного ремоделирования – 100 и 97,4% (площадь под кривой 0,974) соответственно. При оценке точечных кальцинатов в 9 мягких бляшках данные КТА не совпадали с данными ВСУЗИ, а чувствительность и специфичность метода составили 71 и 100% (площадь под кривой 0,855) соответственно.

Обсуждение. В представленной работе впервые в нашей стране проведен сравнительный анализ состояния бляшек в коронарных артериях по данным КТА и ВСУЗИ у больных с ОКС, который показал высокую сопоставимость методов для определения степени стенозирования просвета коронарных артерий, ИР, бремни, протяженности и контуров бляшки. Таким образом, характеристики АСБ по данным КТА можно использовать для стратификации риска развития ОКС.

Заключение. КТА является быстрым неинвазивным методом оценки состояния АСБ. Результаты КТА хорошо коррелируют с данными ВСУЗИ.

Ключевые слова: компьютерная томография, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, атеро-



склеротические бляшки, коронарные артерии, бремя бляшки, степень стенозирования просвета, индекс ремоделирования.

Ссылка для цитирования: Шария М.А., Шабанова М.С., Веселова Т.Н., Меркулова И.Н., Миронов В.М., Гаман С.А., Терновой С.К. Сопоставление результатов компьютерной томографии и внутрисосудистого ультразвукового исследования в оценке параметров атеросклеротических бляшек коронарных артерий. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (4): 7–19. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-7-19.

Purpose. To determine the possibilities of coronary CT-angiography (CTA) in evaluation of quantitative and qualitative parameters of coronary plaques in comparison with intravascular ultrasound (IVUS).

Materials and methods. 37 patients (29 men, 8 women) with symptoms of acute coronary syndrome (ACS) were included in the study. Unstable angina was detected in 24 patients, acute myocardial infarction (AMI) – in 13 patients. Average age was 58 [44; 65] years. CTA had been performed as the first method of beam diagnostics in all cases if it was not necessary to use the emergency selective coronary angiography (CAG). IVUS was performed in one, two or three coronary arteries of every patient. Total, 60 coronary lesions in 55 arteries were examined with IVUS. IVUS data was compared with CTA data.

Results. Methods well correlated in detection of plaque burden ($r = 0.823$; $p < 0.0001$), plaque length ($r = 0.932$, $p < 0.0001$), remodeling index (RI) ($r = 0.906$; $p < 0.0001$). Sensitivity and specificity of CTA in detection of irregular contour was 96.1% and 88.9% (area under ROC-curve 0.925), positive remodeling – 100% and 97.4% (area under ROC-curve 0.974). CTA and IVUS in evaluation of spotty calcinates was not coincide in 9 plaques, sensitivity and specificity of CTA in detection of 71% and 100% (area under ROC-curve 0.855).

Discussion. Comparison of CTA and IVUS was performed in evaluation of plaques features in patients with ACS. This analysis showed high comparability of methods for evaluation of coronary stenosis degree, RI, plaque burden, length and contour. Thus, the characteristics of plaques according to CTA data can be used to stratify the risk of development of ACS.

Conclusion. CTA – fast non-invasive method of coronary plaques evaluation. CTA correlates well with IVUS.

Key words: computed tomography, intravascular ultrasound, coronary plaques, coronary arteries, plaque burden, stenosis degree, remodeling index.

Recommended citation: Shariya M.A., Shabanova M.S., Veselova T.N., Merkulova I.N., Mironov V.M., Gaman S.A., Ternovoy S.K. Comparison of Computed Tomography with Intravascular Ultrasound in Evaluation of Coronary Plaques Parameters. *Medical Visualization*. 2018; 22 (4): 7–19.

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-7-19.

Введение

У больных ишемической болезнью сердца чаще всего развитию острых коронарных событий предшествует процесс дестабилизации атеросклеротической бляшки (АСБ), результатом которого

является разрыв или эрозия АСБ с последующим тромбозом просвета артерии в пораженном участке, что и приводит к острому коронарному синдрому (ОКС) [1–3]. В последние годы проводятся исследования, в которых изучаются возможности современных инвазивных и неинвазивных методов визуализации АСБ в коронарных артериях. Среди наиболее изученных инвазивных методов необходимо выделить внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) и оптическую когерентную томографию (ОКТ) [4]. Однако ВСУЗИ и ОКТ применяются в узкоспециализированных кардиологических клиниках в качестве дополнительных методов исследования, чаще всего во время проведения диагностической коронарной ангиографии (КАГ). Кроме того, эти методы требуют особой подготовки специалиста, выполняющего процедуру, относительно высоких финансовых затрат на расходные материалы (датчики), в связи с чем возникла необходимость поиска неинвазивных методов визуализации АСБ коронарных артерий. Единственным широко используемым неинвазивным методом оценки состояния коронарных артерий в настоящее время является компьютерная томография (КТ) [5–7]. Первые исследования по сопоставлению результатов КТ-ангиографии (КТА) с данными ВСУЗИ были проведены с использованием электронно-лучевых томографов (ЭЛТ) [8]. Однако исторически сложилось, что ЭЛТ не были внедрены в широкую клиническую практику. В последние годы в мире произошел значительный технический прогресс в области КТ. Компьютерные томографы с 64–320 рядами детекторов с возможностью синхронизации с ЭКГ и толщиной среза 0,5–0,65 мм внедрены в рутинную клиническую практику. В большинстве случаев эти томографы позволяют получить изображения сердца и коронарных артерий высокого качества.

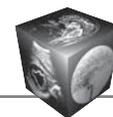
Возможность неинвазивной оценки особенностей строения АСБ в коронарных артериях методом КТА и, прежде всего, выявление так называемых нестабильных бляшек в коронарных артериях является перспективным направлением лучевой диагностики в кардиологии [9–11].

Цель исследования

Определение возможностей КТА в оценке количественных и качественных характеристик АСБ по сравнению с данными ВСУЗИ.

Материал и методы

В исследование было включено 37 пациентов, поступивших в отделение неотложной кардиологии с клинической картиной ОКС. Всем пациентам



первым из лучевых методов исследования была выполнена КТА коронарных артерий при отсутствии необходимости экстренного проведения инвазивной КАГ. Каждому из 37 пациентов ВСУЗИ было выполнено в одной, двух или трех коронарных артериях. Всего с помощью ВСУЗИ обследовано 60 измененных участков в 55 коронарных артериях. Данные ВСУЗИ сравнивались с результатами КТА.

Характеристика исследуемой группы больных

В сравнительное исследование включено 37 пациентов (29 мужчин, 8 женщин), из которых у 24 диагностирована нестабильная стенокардия, у 13 – острый инфаркт миокарда. Средний возраст больных составил 58 [44; 65] лет. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице.

Все пациенты были информированы о предполагаемом обследовании, получено их добровольное письменное согласие. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России. Перед исследованием лечащим врачом проводился опрос больных с целью исключения возможных аллергических реакций на йодсодержащие рентгеноконтрастные препараты (РКП). В связи с техническими особенностями проведения КТА с ЭКГ-синхронизацией при подготовке к проведению исследования у всех больных также осуществлялся контроль частоты сердечных сокращений (ЧСС). При отсутствии противопоказаний и необходимости урежения ЧСС до уровня менее 70 в минуту перед исследованием кардиологом назначались короткодействующие бета-блокаторы.

Компьютерная томография

КТ проводилась всем больным, включенным в исследование, на компьютерном томографе с 64 рядами детекторов (Aquilion 64, Toshiba, Япония). Исследование выполнялось при ретроспективной кардиосинхронизации согласно стандартному протоколу. Неионный йодсодержащий РКП (с концентрацией йода 370 мг йода/мл) вводился через периферический катетер болюсно с помощью автоматического шприца со скоростью 5 мл/с. Объем РКП рассчитывался в зависимости от массы тела больного (1,5 мл/кг массы тела). Выполнялись топограмма для определения зоны исследования (от уровня дуги аорты до диафрагмы), нативная и артериальная фазы. После выполнения нативной фазы производился подсчет кальциевого индекса (КИ) коронарных артерий [12]. При выраженном кальцинозе коронарных артерий (КИ > 600 ед.) принималось решение об отказе от продолжения исследования. В артериальную фазу на поперечных срезах, трехмерных, многоплоскостных реконструкциях и в проекции максимальной интенсивности оценивались качество изображений, анатомия и степень стенозирования просвета (ССП) коронарных артерий, особенности строения АСБ: бремя и протяженность бляшки, индекс ремоделирования (ИР), КТ-тип бляшки, наличие неровности контура бляшки, положительного ремоделирования (ИР ≥ 1,05), точечных кальцинатов (размером менее 3 мм). Из анализа исключались сегменты коронарных артерий с плохим качеством полученных изображений и сегменты, наружный диаметр которых составлял менее 2 мм. Примеры КТ-изображений изучаемых параметров приведены на рис. 1.

Общая характеристика больных, которым были выполнены КТА и ВСУЗИ (n = 37)

Клинические характеристики	Показатели
Мужской пол*	29 (78,4 %)
Средний возраст, годы**	58 [44; 65]
Алиментарное ожирение*	9 (24,3%)
Средний индекс массы тела, кг/м ² **	27 [24; 29]
Курение*	20 (54%)
Отягощенный семейный анамнез*	11 (29,7%)
Артериальная гипертензия*	23 (62,2%)
Сахарный диабет*	2 (5,4%)
Перенесенный инфаркт миокарда в анамнезе*	10 (27,0%)
Повышение уровня общего холестерина*	15 (40,5%)
Средний уровень холестерина, ммоль/л**	4,89 [4, 17; 5,39]
Повышение уровня триглицеридов*	8 (21,6%)
Средний уровень триглицеридов, ммоль/л**	1,58 [0,94; 2,20]
Течение ишемической болезни сердца:	
острый инфаркт миокарда*	13 (35,2%)
нестабильная стенокардия*	24 (64,8%)

* Частота выявления (%), **количественные значения (медиана [интерквартильный размах]).

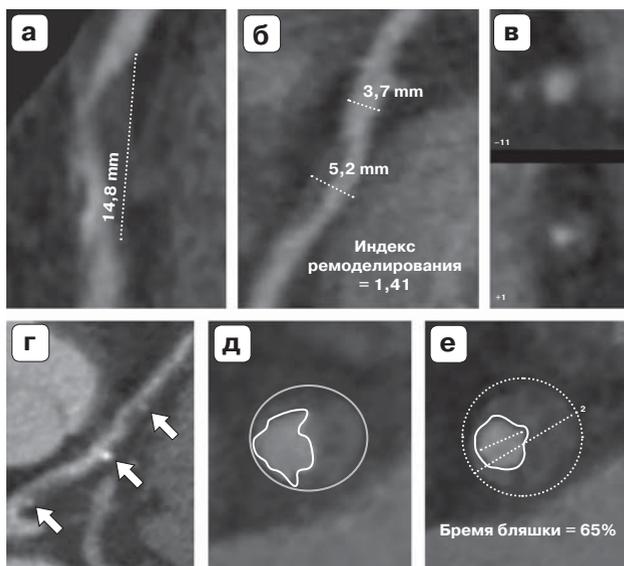


Рис. 1. КТ-ангиограммы. Мультипланарные реконструкции (а, б, г) и поперечные срезы коронарных артерий на уровне бляшки (в, д, е). а – протяженность бляшки (пунктирная линия); б – положительное ремоделирование артерии (пунктирными линиями обозначены диаметр артерии на уровне бляшки и диаметр референтного участка), индекс ремоделирования = 1,41; в – поперечные срезы артерии на уровне референтного участка (вверху) и максимального сужения просвета (внизу); г – точечные кальцинаты – менее 0,3 см (красные стрелки); д – неровный контур бляшки (внутренний контур артерии – красная кривая, наружный – зеленая); е – бремя бляшки.

При визуальном анализе АСБ распределялись на 3 КТ-типа: кальцинированные, мягкие и комбинированные. При наличии в структуре АСБ только “мягкотканного” компонента либо сочетания “мягкотканного компонента” и точечных кальцинатов диаметром менее 0,3 см бляшки классифицировались как мягкие, при наличии “мягкотканного” компонента и кальцинатов диаметром более 0,3 см – как комбинированные, при наличии включений кальцинатов, занимающих более 50% объема АСБ, – как кальцинированные. “Мягкотканным” компонентом считался участок бляшки со значением рентгеновской плотности менее 130 НУ, кальцинированным компонентом – участок со значением рентгеновской плотности 130 НУ и более. Кальцинированные АСБ исключались из дальнейшего анализа, так как некоторые параметры возможно оценить только в мягких и комбинированных бляшках.

Внутрипросветное ультразвуковое исследование

С целью уточнения ССП, параметров АСБ 37 больным проводилось ВСУЗИ коронарных ар-

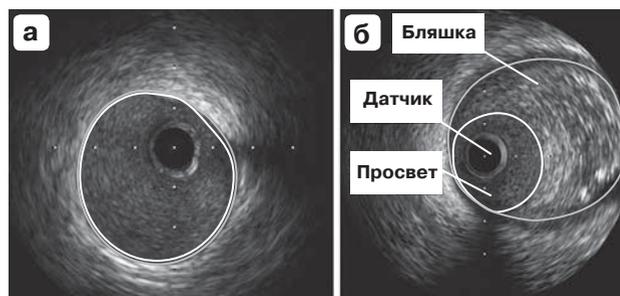


Рис. 2. Внутрипросветное ультразвуковое исследование. Пример определения контуров и просвета артерии на поперечных срезах артерии при анализе изображений. а – неизмененный участок; б – участок артерии на уровне бляшки.

терий на аппарате iLAB IVUS Console (Boston Scientific, США) с использованием внутрипросветного ультразвукового датчика Atlantis 40 МГц. Исследование выполнялось во время диагностической КАГ. С помощью проводника в пораженную коронарную артерию диаметром не менее 2,5 мм и остаточным просветом не менее 1,5 мм вводился вышеуказанный датчик и выполнялась обратная тракция в автоматическом режиме со скоростью 0,5 или 1 мм/с. Протяженность одной тракции составляла не менее 40 мм. Длина датчика позволяла охватить зону интереса в проксимальных и средних отделах коронарной артерии протяженностью 110 мм. ВСУЗИ выполнялось с ЭКГ-синхронизацией согласно стандартному протоколу. При ВСУЗИ определялись следующие количественные параметры: ССП артерии, бремя и протяженность бляшки, ИР, качественные параметры: неровность контура бляшки и положительное ремоделирование.

Ниже приведены формулы измерения изучаемых количественных параметров, методы оценки качественных параметров при КТА и ВСУЗИ и пример ВСУЗИ-изображений (рис. 2).

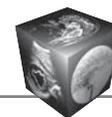
Для оценки выраженности сужения просвета оценивалась ССП, которая определялась по формулам:

$$\text{ССП} = \frac{(S_{\text{реф1}} - S_{\text{просвета}})}{S_{\text{реф1}}} \cdot 100\%,$$

где $S_{\text{просвета}}$ – площадь остаточного просвета артерии, мм^2 , $S_{\text{реф1}}$ – площадь просвета проксимального неизмененного референтного участка, мм^2 .

В случае невозможности измерения проксимального референтного участка вследствие устьевого или диффузного поражения применялась вторая формула:

$$\text{ССП} = \frac{(S_{\text{реф2}} - S_{\text{просвета}})}{S_{\text{реф2}}} \cdot 100\%,$$



где $S_{\text{просвета}}$ – площадь остаточного просвета артерии, мм^2 , $S_{\text{реф2}}$ – площадь просвета дистального неизмененного референтного участка, мм^2 .

Процент площади артерии, занимаемой АСБ (бремя бляшки), рассчитывался по формуле:

$$\text{Бремя АСБ} = \frac{S_{\text{артерии}} - S_{\text{просвета}}}{S_{\text{артерии}}} \cdot 100\%,$$

где бремя АСБ – бремя бляшки, $S_{\text{просвета}}$ – площадь остаточного просвета артерии, мм^2 , $S_{\text{артерии}}$ – общая площадь артерии в месте сужения, включая АСБ, мм^2 .

Положительное ремоделирование характеризует прогрессирующее увеличение площади поперечного сечения сосуда в месте атеросклеротического поражения относительно референтных участков. Этот параметр принято учитывать при оценке характеристик бляшек. В случае диффузного атеросклеротического поражения артерий, устьевых (в стволе левой коронарной артерии) и бифуркационных поражений данный параметр не учитывается в связи с невозможностью выбора референтных участков.

Для количественной оценки этого параметра в нашем исследовании определялся ИР, который рассчитывался по формулам:

$$\text{ИР} = \frac{S_{\text{артерии}}}{S_{\text{реф1}}},$$

где ИР – индекс ремоделирования, $S_{\text{артерии}}$ – общая площадь артерии в месте сужения, включая АСБ, мм^2 , $S_{\text{реф1}}$ – площадь проксимального референтного участка, мм^2 , или

$$\text{ИР} = \frac{S_{\text{артерии}}}{S_{\text{реф2}}},$$

где ИР – индекс ремоделирования, $S_{\text{артерии}}$ – общая площадь артерии в месте сужения, включая АСБ, мм^2 , $S_{\text{реф2}}$ – площадь дистального референтного участка, мм^2 .

Ремоделирование артерии считалось положительным при значении ИР, равном и более 1,05 [13].

Контур бляшки (ровный, неровный) оценивался визуально на многоплоскостных реконструкциях и поперечных срезах артерий при КТА и поперечных срезах при ВСУЗИ.

Статистический анализ

Статистический анализ выполнялся с использованием программы Microsoft Excel 2013 и MedCalc v. 2.7 (MedCalcSoftware's VAT, Бельгия). Сравнительный анализ данных измерения количественных показателей методами КТ и ВСУЗИ проводился с помощью непараметрических критериев Уилкоксона и Манна–Уитни, корреляцион-

ного анализа по Спирмену и диаграмм рассеяния по методу Блэнда–Альтмана. Для количественных параметров рассчитывались значения медиан и интерквартильных размахов. Различия считались достоверными при уровне статистической значимости $p < 0,05$. Для сравнения качественных показателей применялся метод анализа частотных таблиц и таблиц размерностью 2×2 с определением значимости различия по методу Фишера (Fisher) (двустороннее распределение) и индекс Козна – мера согласованности между двумя категориальными переменными.

Результаты

У 37 больных в 60 измененных участках коронарных артерий были сопоставлены количественные и качественные параметры АСБ, определенные с помощью КТА и ВСУЗИ: ССП, протяженность поражения, бремя бляшки, ИР, наличие положительного ремоделирования артерии, неровности внутреннего контура бляшки, точечных кальцинатов.

Степень стенозирования просвета

Предварительно из анализа ССП были исключены 11 из 60 измененных участков коронарных артерий, где вследствие диффузного или устьевого поражения измерить референтный участок не представлялось возможным. Таким образом, в анализ вошло 49 измененных участков коронарных артерий, оцененных при КТА и ВСУЗИ. Корреляционный анализ показал высокую сопоставимость данных КТА и ВСУЗИ в оценке ССП, коэффициент корреляции Спирмена составил 0,952 ($p < 0,0001$) (рис. 3, а). Достоверных различий результатов измерения ССП выявлено не было ($p = 0,35$), средние значения ССП, представленные в виде медиан и нижних и верхних квартилей при КТА и ВСУЗИ, составили 65 [50,81]% и 68 [52,77]%. Отмечалась незначительная тенденция к “занижению” ССП при КТА в среднем на 3% при сравнении с результатами ВСУЗИ. При сопоставлении результатов измерения ССП при КТА и ВСУЗИ методом Блэнда–Альтмана (рис. 3, б) средняя разница значений ССП (в процентном соотношении) между измерениями при КТА и ВСУЗИ была незначительна и составила 2,6%.

Протяженность поражения

Протяженность поражения была измерена обоими методами в 60 пораженных участках коронарных артерий. Медианы протяженности при КТА и ВСУЗИ составили 18,0 [12–28,5] мм и 19,5 [14–29] мм соответственно. Выявлена сильная корреляционная связь данных КТА и ВСУЗИ

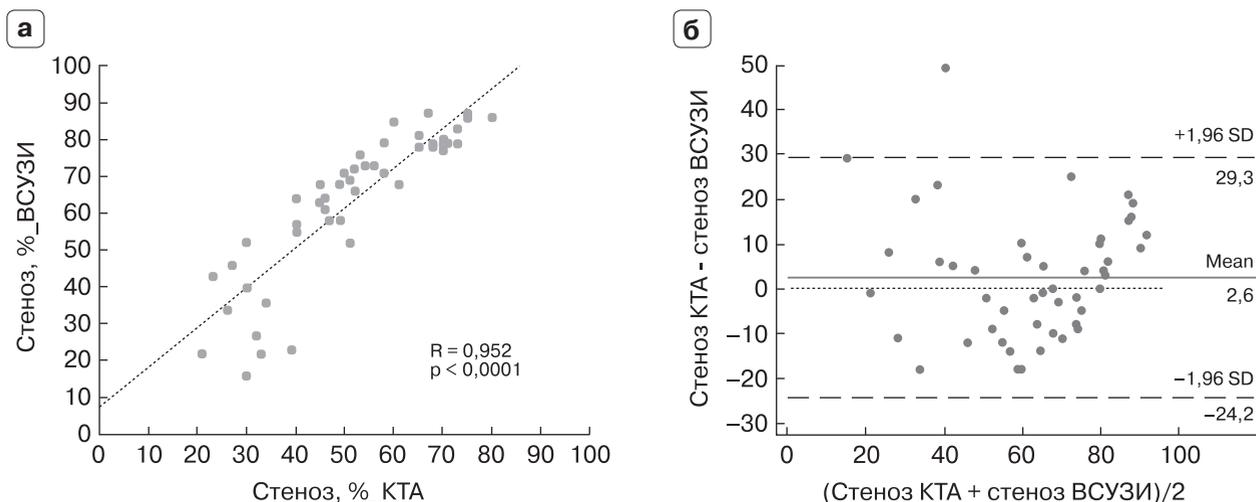


Рис. 3. Сопоставление результатов измерения степени стенозирования просвета коронарных артерий методами КТА и ВСУЗИ. а – график корреляции; б – диаграмма рассеяния (метод Блэнда–Альтмана). SD – стандартное отклонение, mean – среднее значение.

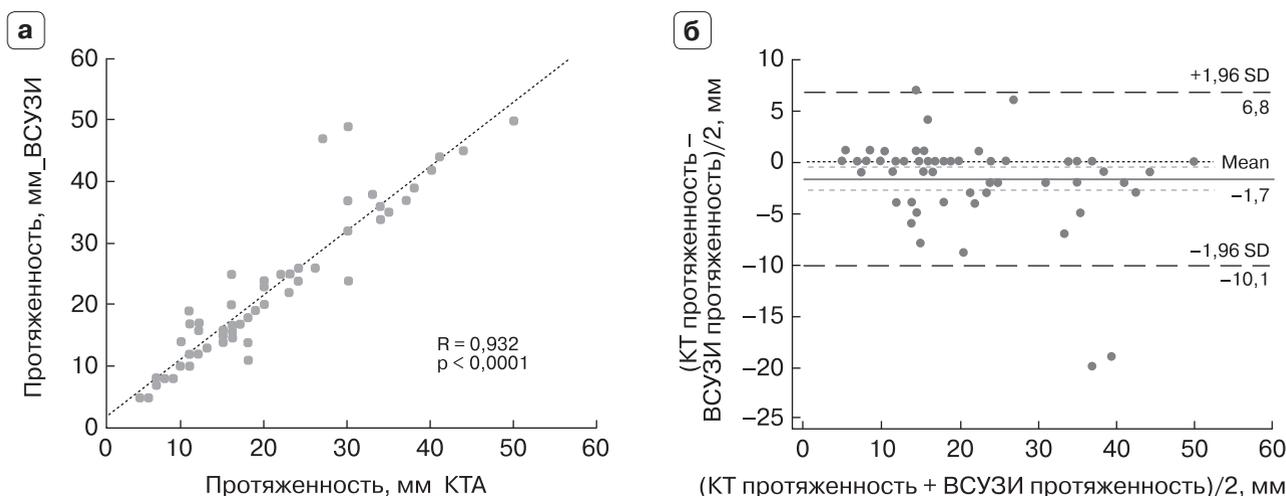


Рис. 4. Сопоставление результатов измерения протяженности поражения артерии методами КТА и ВСУЗИ. а – график корреляции; б – диаграмма рассеяния (метод Блэнда–Альтмана). SD – стандартное отклонение, Mean – среднее значение.

в оценке протяженности поражения (R Спирмена = 0,932, $p < 0,0001$) (рис. 4, а). С использованием непараметрических критериев Уилкоксона были выявлены статистически значимые различия между результатами измерения протяженности двумя методами ($p = 0,0008$). Однако относительно абсолютных величин этого показателя разница значений невелика и не имеет практической значимости, несмотря на полученные достоверные статистические различия данных КТА и ВСУЗИ. При анализе диаграммы рассеяния Блэнда–Альтмана средняя разница между измерениями составляет всего $-1,7$ мм (6,4%), что свидетельствует об отсутствии систематического расхожде-

ния результатов измерений (рис. 4, б). Средняя разница значений, определенных этими методами, была незначительной по сравнению с самими значениями – 4,3 мм (18%).

Бремя бляшки

Для оценки тяжести поражения атеросклеротически измененного участка коронарной артерии помимо ССП при КТА и ВСУЗИ используется еще один количественный показатель – бремя бляшки. В 60 пораженных участках коронарных артерий было определено бремя бляшек при КТА и ВСУЗИ. Медианы этого показателя при КТА и ВСУЗИ составили 70 [58,7; 81,2]% и 74,7 [58,5; 81,0]% соот-

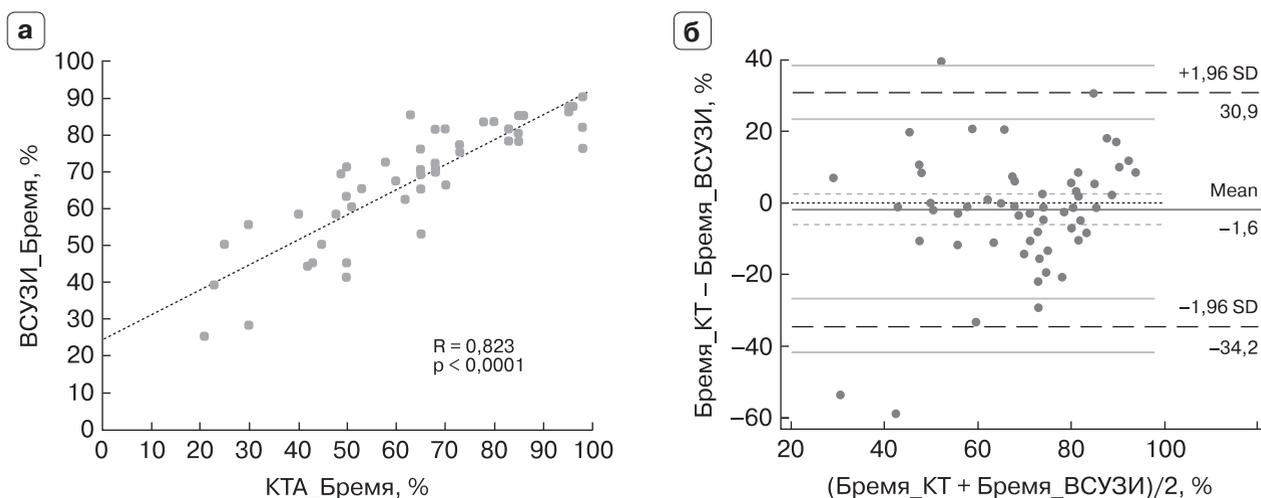
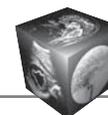


Рис. 5. Сопоставление результатов измерения бремни бляшки методами КТА и ВСУЗИ. а – график корреляции; б – диаграмма рассеяния (метод Блэнда–Альтмана). SD – стандартное отклонение, Mean – среднее значение.

ответственно. Выявлена сильная корреляционная связь методов в оценке бремни бляшки, коэффициент корреляции Спирмена составил 0,823 ($p < 0,0001$) (рис. 5, а). При сравнительном анализе результатов измерения бремни АСБ с помощью непараметрических критериев Уилкоксона статистически значимых различий не выявлено ($p = 0,721$). При анализе диаграммы рассеяния Блэнда–Альтмана средняя разница между измерениями составляет всего $-0,6\%$ (в процентном соотношении $1,6\%$), что свидетельствует об отсутствии систематического расхождения результатов измерений (рис. 5, б). Стандартное отклонение разностей бремни АСБ, определенных этими методами, было незначительным по сравнению с самими значениями $-9,9\%$ (в процентном соотношении $16,6\%$).

Ремоделирование артерии в пораженных участках

В 49 из 60 пораженных участков было оценено ремоделирование артерии. В 11 случаях определить ремоделирование артерии обоими методами не представлялось возможным вследствие диффузного поражения коронарных артерий и невозможности выбора референтных участков для расчета ИР. Сравнительный анализ значений ремоделирования артерии на уровне АСБ показал высокую сопоставимость КТА и ВСУЗИ в оценке этого показателя, коэффициент корреляции Спирмена составил $R = 0,906$ ($p < 0,0001$) (рис. 6, а). Медианы ИР при КТА и ВСУЗИ имели одинаковые значения, равные $1,1$ [1,0; 1,2]. При анализе диаграммы рассеяния Блэнда–Альтмана средняя разница между измерениями составляет всего $0,03$ ($2,1\%$), что

свидетельствует об отсутствии систематического расхождения результатов измерений (рис. 6, б). Стандартное отклонение разностей ИР, определенных этими методами, было незначительным по сравнению с самими значениями $-0,07$ ($6,1\%$).

Для оценки качественного параметра – положительного ремоделирования артерии на уровне поражения все участки ($n = 49$) были разделены на 2 группы: с наличием и отсутствием положительного ремоделирования. Ремоделирование считалось положительным при значении ИР, равном $1,05$ и более. Мера согласия определения положительного ремоделирования в одних и тех же участках коронарных артерий между этими методами (индекс Коэна) составила $0,955$ (95% доверительный интервал (ДИ) $0,869-1,000$). Получены высокие значения чувствительности и специфичности КТА в выявлении положительного ремоделирования артерии – 100 и $94,7\%$ соответственно, площадь под кривой $0,974$ (рис. 7).

Неровность внутреннего контура АСБ

В 60 пораженных участках оценили внутреннюю поверхность АСБ при КТА и ВСУЗИ. При ВСУЗИ неровность внутреннего контура бляшки определялась в 51 пораженном участке, при КТА – в 50 участках. При ВСУЗИ неровность контура определялась в 45 АСБ с признаками надрыва. Необходимо отметить, что при анализе ВСУЗИ-изображений в 4 случаях отмечалась неровность контура в бляшках с отсутствием надрывов, изъязвления, пристеночного тромбоза, при КТА контуры этих АСБ были расценены как ровные.

Мера согласия определения неровности контура АСБ между этими методами (индекс Коэна)

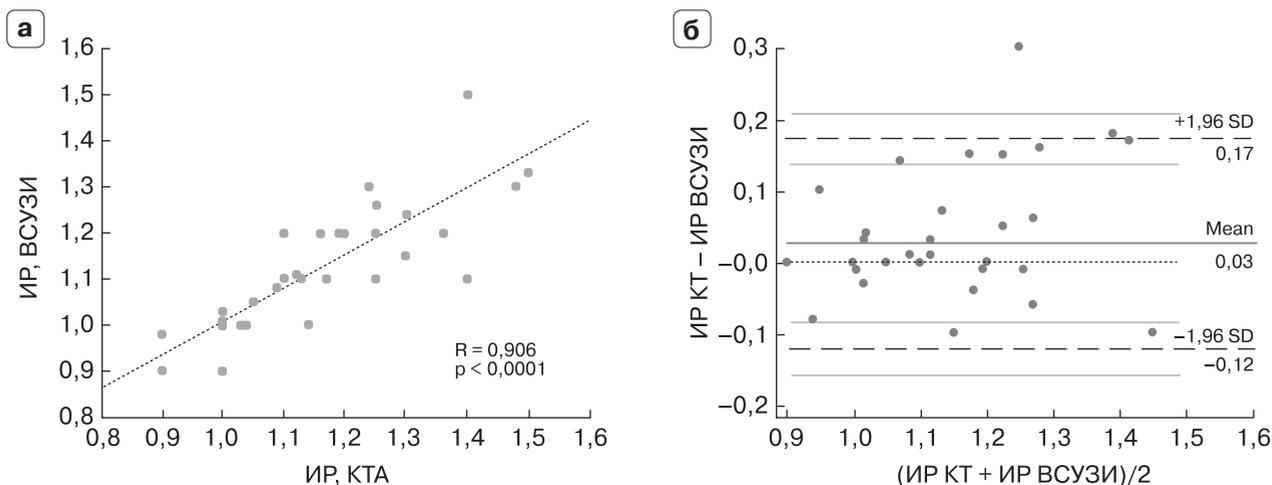


Рис. 6. Сопоставление результатов измерения индекса ремоделирования методами КТА и ВСУЗИ. а – график корреляции; б – диаграмма рассеяния (метод Блэнда–Альтмана). SD – стандартное отклонение, Mean – среднее значение.

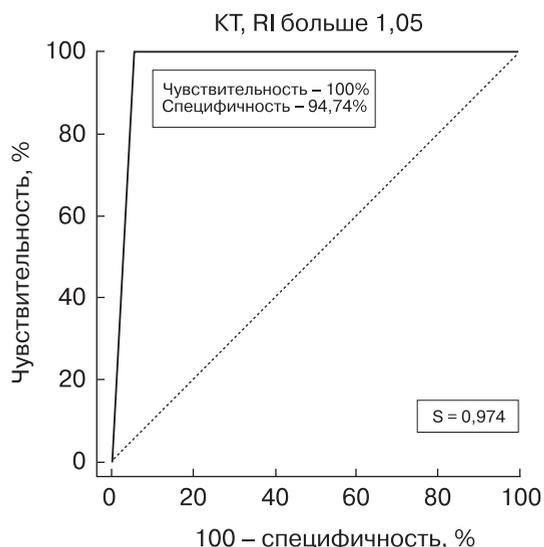


Рис. 7. Оценка чувствительности и специфичности показателя “положительное ремоделирование” при КТА. ИР – индекс ремоделирования.

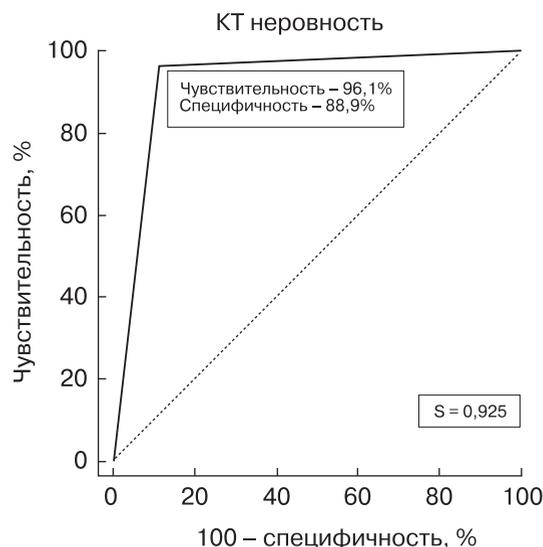


Рис. 8. Оценка чувствительности и специфичности показателя “неровность контура” при КТА.

составила 0,812 (95% ДИ 0,608–1,000). Чувствительность и специфичность КТА в выявлении неровности контура АСБ составили 96,1 и 88,9%, площадь под кривой 0,925 (рис. 8).

Наличие точечных кальцинов в АСБ

Результаты КТА в выявлении точечных кальцинов уступают результатам оценки остальных показателей. В 9 АСБ отмечались точечные кальцины диаметром менее 3 мм при ВСУЗИ, в кото-

рых при КТА точечные кальцины менее 3 мм не определялись. Чувствительность КТА в определении точечных кальцинов составила всего 71%, специфичность – 100%, площадь под кривой 0,855 (рис. 9).

На рис. 10 представлены изображения КТ и ВСУЗИ одной и той же коронарной артерии, где показана методика оценки наружного контура артерии и контура просвета артерии в месте сужения и на уровне референтного участка (рис. 10).

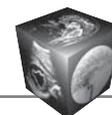


Рис. 9. Оценка чувствительности и специфичности показателя “точечные кальцинаты” при КТА.

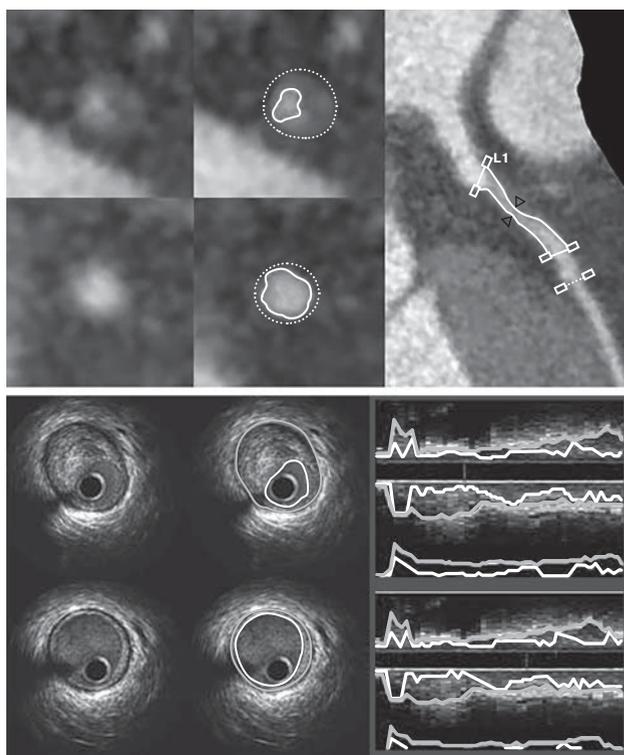


Рис. 10. КТА и ВСУЗИ передней нисходящей артерии больного П. КТ-ангиограммы – поперечные срезы и многоплоскостная реконструкция артерии. ВСУЗИ – поперечные срезы артерии в месте максимального стеноза (сверху) и в дистальном референтном участке (снизу), продольное сечение артерии.

Обсуждение

КТА является наиболее изученным методом неинвазивной оценки состояния АСБ в коронарных артериях. В последние годы проведено большое количество научных исследований, доказывающих высокую информативность КТА в определении состава и морфологических особенностей бляшек [14–19]. Однако в отечественной литературе опубликованы единичные работы, посвященные этой проблеме [7, 11].

В нашей работе продемонстрирована высокая корреляция данных КТА и ВСУЗИ в оценке количественных характеристик пораженных участков – ССП, протяженности поражения, ИР, бремени бляшки (R Спирмена = 0,952, 0,931, 0,906, 0,823 соответственно, $p < 0,001$) и большинства качественных характеристик – наличия положительной ремоделирования (индекс Коэна = 0,955 [95% ДИ 0,869–1,000]), неровности внутреннего контура бляшки (индекс Коэна = 0,812 [95% ДИ 0,608–1,000]).

Результаты нашего исследования согласуются с работой Р. Ugolini и соавт., в которой была выявлена высокая корреляционная связь КТА и ВСУЗИ в оценке ССП ($r = 0,84$, $p < 0,0001$) [20]. В проспективном многоцентровом исследовании FIGURE-OUT был выполнен сравнительный анализ КТА и ВСУЗИ в оценке 181 пораженного участка коронарных артерий с пограничными стенозами, который также показал сопоставимость методов КТА и ВСУЗИ в оценке минимального просвета артерии ($r = 0,528$, $p < 0,001$) [21]. Можно предположить, что более высокие показатели корреляции, полученные в нашем исследовании, по сравнению с FIGURE-OUT могут быть объяснены следующими причинами. Во-первых, максимальный период между КАГ и КТА по данным исследования FIGURE-OUT составлял 3 мес, а в нашем исследовании все 3 метода визуализации коронарных артерий выполнялись во время одной госпитализации. Во-вторых, мы исключили из анализа кальцинированные бляшки, а в исследовании FIGURE-OUT нет указаний на то, что высокая степень кальциноза была критерием исключения из анализа. Поэтому можно предположить, что качество анализируемых изображений в нашем исследовании было выше, чем в исследовании FIGURE-OUT. В-третьих, в исследовании FIGURE-OUT оценивались только пограничные сужения (от 30 до 70% просвета), а в нашем исследовании – стенозы в более широком диапазоне (от 25 до 90%). Стоит отметить, что в исследовании FIGURE-OUT так же, как и в нашей работе, из анализа были исключены сегменты с плохим качеством изображений.



По данным метаанализа, выполненного С. Fischer и соавт., при сравнении результатов КТА и ВСУЗИ значимых различий в оценке ССП по площади и бремени бляшки выявлено не было [22]. Наша работа показала аналогичные результаты. При оценке ССП отмечалась незначительная тенденция к “занижению” данного показателя при КТА в среднем на 3% по сравнению с данными ВСУЗИ. Однако различия были незначительными относительно абсолютных величин ССП и не имели практической значимости.

При анализе данных отмечалась тенденция к незначительному “завышению” ИР при КТА по сравнению с данными ВСУЗИ в среднем на 0,07. Чувствительность и специфичность КТА в выявлении пораженных участков с положительным ремоделированием (ИР – 1,05 и более) составили 100 и 94,7% соответственно. В работе, выполненной S. Gauss и соавт., также была получена высокая сопоставимость КТА и ВСУЗИ в оценке ИР ($r = 0,7$, $p < 0,0001$). Авторы этой работы тоже отмечают некоторое “завышение” показателей ИР при КТА по сравнению с данными ВСУЗИ [23].

В отличие от вышеописанных характеристик при сопоставлении наличия точечных кальцинатов в мягких бляшках чувствительность КТА в выявлении точечных кальцинатов (диаметром менее 3 мм) относительно невысока и составила 71%. В нашем исследовании в 9 мягких бляшках данные КТА по наличию точечных кальцинатов не совпадали с данными ВСУЗИ, что согласуется с данными A.G. van der Giessen и соавт. По результатам проведенного анализа авторами было высказано мнение, что при КТА возможно определение только тех точечных кальцинатов, диаметр которых больше 2,1 мм, что связано с недостаточным пространственным разрешением компьютерных томографов с 64 рядами детекторов [24]. Напротив, в исследовании A.W. Leber и соавт. были получены более обнадеживающие результаты сравнительного анализа КТА и ВСУЗИ – точечные кальцинаты были правильно оценены по данным КТА в 90% случаев [25].

Впервые признак “неровность контура” как критерий нестабильности АСБ в коронарных артериях был упомянут в работе Т.Н. Веселовой и соавт. [7]. Однако в этой работе не проводился сравнительный анализ данных КТА с референтным методом. В настоящем исследовании данные КТА в выявлении “неровности контура” бляшки хорошо коррелировали с результатами ВСУЗИ.

Таким образом, наша работа подтвердила возможность использования КТ-коронарографии для оценки параметров АСБ коронарных артерий на основании сравнительного анализа с референт-

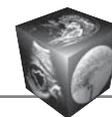
ным методом визуализации – ВСУЗИ. Ранее в других медицинских учреждениях Российской Федерации такие исследования не проводились. Результаты нашей работы являются основанием для проведения дальнейших исследований по изучению возможностей КТ-коронарографии в выявлении нестабильных АСБ, что является важной и актуальной проблемой современной кардиорадиологии. Таким образом, оценку характеристик АСБ возможно применять при комплексном анализе КТА в рутинной клинической практике. Новые исследования в этом направлении, вероятно, позволят пересмотреть роль КТ коронарных артерий среди исследований, используемых в кардиологии при стратификации риска развития ОКС.

Заключение

КТ коронарных артерий является неинвазивным методом оценки параметров АСБ в коронарных артериях, который возможно широко и практически повсеместно применять в рутинной клинической практике, в том числе в амбулаторных условиях. Актуально дальнейшее изучение возможностей КТ-коронарографии в выявлении нестабильных АСБ в рамках отечественных исследований.

Список литературы

1. Virmani R., Burke A.P., Farb A. Plaque rupture and plaque erosion. *Thromb. Haemost.* 1999; 82, Suppl. 1: 1–3.
2. Fuster V., Badimon J.J., Chesebro J.H. Atherothrombosis: mechanisms and clinical therapeutic approaches. *Vascular. Med.* 1998; 3: 231–239.
3. Farb A., Tang A.L., Burke A.P., Sessums L., Liang Y., Virmani R. Sudden coronary death. Frequency of active coronary lesions, inactive coronary lesions, and myocardial infarction. *Circulation.* 1995; 92: 1701–1709.
4. Кузнецов В.А., Ярославская Е.И., Зырянов И.П., Бессонов И.С., Сапожников С.С., Горбатенко Е.А. Внутрисосудистые ультразвуковые исследования у пациентов с пограничными поражениями ствола левой коронарной артерии по данным ангиографии. *Медицинская визуализация.* 2015; 1: 48–53.
5. Терновой С.К., Веселова Т.Н. Выявление нестабильных бляшек в коронарных артериях с помощью мультиспиральной компьютерной томографии. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2014; 4 (1): 7–14.
6. Веселова Т.Н., Шабанова М.С., Миронов В.М., Меркулова И.Н., Терновой С.К. Компьютерная томография в оценке состояния атеросклеротических бляшек коронарных артерий при сравнении с внутрисосудистым ультразвуковым исследованием. *Кардиология.* 2017; 57 (1): 42–47. DOI: 10.1856S/cardio.2017.1.42–47.
7. Веселова Т.Н., Меркулова И.Н., Барышева Н.А., Терновой С.К., Шария М.А., Руда М.Я. Сравнение особенностей атеросклеротических бляшек в коронарных артериях у больных острым коронарным синдромом и стабильной формой ишемической болезни сердца



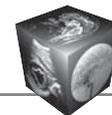
- по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Кардиология*. 2013; 12: 14–20.
8. Baumgart D., Schmermund A., Goerge G., Haude M., Ge J., Adamzik M., Sehnert C., Altmaier K., Groenemeyer D., Seibel R., Erbel R. Comparison of electron beam computed tomography with intracoronary ultrasound and coronary angiography for detection of coronary atherosclerosis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 30 (1): 57–64.
 9. Терновой С.К., Шабанова М.С., Гаман С.А., Меркулова И.Н., Шария М.А. Роль компьютерной томографии в выявлении нестабильных атеросклеротических бляшек коронарных артерий: сопоставление результатов компьютерной томографии и внутрисосудистого ультразвукового исследования. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2016; 6 (3): 68–79. DOI: 10.21569/2222-7415-2016-6-3-68-79.
 10. Синецын В.Е., Веселова Т.Н., Матчин Ю.Г., Устюжанин А.В., Терновой С.К. Диагностическое значение КТ-ангиографии в выявлении гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий. *Кардиология*. 2008; 48 (1): 9–14.
 11. Коков А.Н., Масенко В.Л., Барбараш О.Л. Новые подходы к оценке плотности атеросклеротических бляшек каротидного русла. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2015; 5 (S2): 65.
 12. Джанчатов Б.А., Капанадзе Л.Б., Серова Н.С. Лучевые методы оценки кальциноза коронарных артерий. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2015; 5 (1): 58–65.
 13. Schoenhagen P., Ziada K.M., Vince D.G., Nissen S.E., Tuzcu E.M. Arterial Remodeling and Coronary Artery Disease: The Concept of “Dilated” Versus “Obstructive” Coronary Atherosclerosis. *JACC*. 2001; 38 (2): 297–306.
 14. Min J.K., Dunning A., Lin F.Y., Achenbach S., Al-Mallah M., Budoff M.J., Cademartiri F., Callister T.Q., Chang H.J., Cheng V., Chinnaiyan K., Chow B.J., Delago A., Hadamitzky M., Hausleiter J., Kaufmann P., Maffei E., Raff G., Shaw L.J., Villines T., Berman D.S. CONFIRM Investigators. CONFIRM Investigators. Age- and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings results from the International Multicenter CONFIRM (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry) of 23,854 patients without known coronary artery disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58: 849–860.
 15. Goldstein J.A., Chinnaiyan K.M., Abidov A., Achenbach S., Berman D.S., Hayes S.W., Hoffmann U., Lesser J.R., Mikati I.A., O’Neil B.J., Shaw L.J., Shen M.Y., Valeti U.S., Raff G.L.; CT-STAT Investigators. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58: 1414–1422.
 16. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2016; 37 (3): 267–315.
 17. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2013; 34: 2949–3003.
 18. Inoue F., Sato Y., Matsumoto N., Tani S., Uchiyama T. Evaluation of plaque texture by means of multislice computed tomography in patients with acute coronary syndrome and stable angina. *Circ. J.* 2004; 68 (9): 840–844.
 19. Kitagawa T., Yamamoto H., Horiguchi J., Ohhashi N., Tadehara F., Shokawa T., Dohi Y., Kunita E., Utsunomiya H., Kohno N., Kihara Y. Characterization of noncalcified coronary plaques and identification of culprit lesions in patients with acute coronary syndrome by 64-slice computed tomography. *JACC: Cardiovasc. Imag.* 2009; 2 (2): 153–159.
 20. Ugolini P., Pressacco J., Lesperance J. et al. Evaluation of coronary atheroma by 64-slice multidetector computed tomography: comparison with intravascular ultrasound and angiography. *Canadian J. Cardiol.* 2009; 25: 641–647.
 21. Doh J.H., Koo B.K., Nam C.W., Kim J.H., Min J.K., Nakazato R., Silalahi T., Prawira H., Choi H., Lee S.Y., Namgung J., Kwon S.U., Kwak J.J., Lee W.R. Diagnostic value of coronary CT angiography in comparison with invasive coronary angiography and intravascular ultrasound in patients with intermediate coronary artery stenosis: results from the prospective multicenter FIGURE-OUT (Functional Imaging criteria for Guiding REview of invasive coronary angiography, intravascular Ultrasound, and coronary computed Tomographic angiography) study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2014; 15 (8): 870–877.
 22. Fischer C., Hulten E., Belur P., Smith R., Voros S., Villines T.C. Coronary CT angiography versus intravascular ultrasound for estimation of coronary stenosis and atherosclerotic plaque burden: a meta-analysis. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2013; 7 (4): 256–266.
 23. Gauss S., Achenbach S., Pflederer T., Schuhbäck A., Daniel W.G., Marwan M. Assessment of coronary artery remodelling by dual-source CT: a head-to-head comparison with intravascular ultrasound. *Heart*. 2011; 97 (12): 991–997.
 24. van der Giessen A.G., Gijzen F.J., Wentzel J.J., Jairam P.M., van Walsum T., Neefjes L.A., Mollet N.R., Niessen W.J., van de Vosse F.N., de Feyter P.J., van der Steen A.F. Small coronary calcifications are not detectable by 64-slice contrast enhanced computed tomography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2011; 27(1): 143–152.
 25. Leber A.W., Becker A., Knez A., von Ziegler F., Sirol M., Nikolaou K., Ohnesorge B., Fayad Z.A., Becker C.R., Reiser M., Steinbeck G., Boekstegers P. Accuracy of 64-Slice Computed Tomography to Classify and Quantify Plaque Volumes in the Proximal Coronary System. *A Comparative Study Using Intravascular. Ultrasound*. *JACC*. 2006; 47 (3): 672–677.

References

1. Virmani R., Burke A.P., Farb A. Plaque rupture and plaque erosion. *Thromb. Haemost.* 1999; 82, Suppl. 1: 1–3.
2. Fuster V., Badimon J.J., Chesebro J.H. Atherothrombosis: mechanisms and clinical therapeutic approaches. *Vascular. Med.* 1998; 3: 231–239.
3. Farb A., Tang A.L., Burke A.P., Sessums L., Liang Y., Virmani R. Sudden coronary death. Frequency of active coronary lesions, inactive coronary lesions, and myocardial infarction. *Circulation*. 1995; 92: 1701–1709.
4. Kuznetsov V.A., Yaroslavskaya E.I., Ziryakov I.P., Bessonov I.S., Sapoznikov S.S., Gorbatenko E.A. Intravascular Ultrasound in Patients with Intermediate Left Main Coronary Artery Lesions According to



- Angiography. *Medical Visualization*. 2015; 1: 48–53. (In Russian)
5. Ternovoy S.K., Veselova T.N. MDCT in detection of unstable coronary plaques. *REJR*. 2014; 4 (1): 7–14. (In Russian)
 6. Veselova T.N., Shabanova M.S., Mironov V.M., Merkulova M.N., Ternovoy S.K. Computed tomography in the evaluation of coronary atherosclerotic plaques: Comparison with intravascular ultrasound. *Kardiologiya*. 2017; 57 (1): 42–47. DOI: 10.1856S/cardio.2017.1.42-47. (In Russian)
 7. Veselova T.N., Merkulova I.N., Barysheva N.A., Ternovoy S.K., Shariya M.A., Ruda M.Ya. Comparison of characteristics of atherosclerotic plaques in patients with acute coronary syndrome and stable ischemic heart disease: data of multislice computed tomography. *Kardiologiya*. 2013; 53 (12): 14–20. (In Russian)
 8. Baumgart D., Schmermund A., Goerge G., Haude M., Ge J., Adamzik M., Sehnert C., Altmaier K., Groenemeyer D., Seibel R., Erbel R. Comparison of electron beam computed tomography with intracoronary ultrasound and coronary angiography for detection of coronary atherosclerosis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997; 30 (1): 57–64.
 9. Ternovoy S.K., Shabanova M.S., Gaman S.A., Merkulova I.N., Shariya M.A. Role of computed tomography in detection of vulnerable coronary plaques in comparison with intravascular ultrasound. *REJR*. 2016; 6(3):68–79. DOI: 10.21569/2222-7415-2016-6-3-68-79. (In Russian)
 10. Sinitsyn V.E., Veselova T.N., Matchin Yu.G., Ustuzhanin D.V., Ternovoy S.K. Diagnostic value of CT angiography in coronary arteries stenosis detection. *Kardiologiya*. 2008; 48 (1): 9–14. (In Russian)
 11. Kokov A.N., Masenko V.L., Barbarash O.L. New approaches in assessment of atherosclerotic plaques density in the carotid arteries. *REJR*. 2015; 5 (S2): 65. (In Russian)
 12. Dzhanchatova B.A., Kapanadze L.B., Serova N.S. Radiology in assessment of coronary arteries calcification. *REJR*. 2015; 5 (1): 58–65. (In Russian)
 13. Schoenhagen P., Ziada K.M., Vince D.G., Nissen S.E., Tuzcu E.M. Arterial Remodeling and Coronary Artery Disease: The Concept of “Dilated” Versus “Obstructive” Coronary Atherosclerosis. *JACC*. 2001; 38 (2): 297–306.
 14. Min J.K., Dunning A., Lin F.Y., Achenbach S., Al-Mallah M., Budoff M.J., Cademartiri F., Callister T.Q., Chang H.J., Cheng V., Chinnaiyan K., Chow B.J., Delago A., Hadamitzky M., Hausleiter J., Kaufmann P., Maffei E., Raff G., Shaw L.J., Villines T., Berman D.S. CONFIRM Investigators. CONFIRM Investigators. Age- and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings results from the International Multicenter CONFIRM (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry) of 23,854 patients without known coronary artery disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58: 849–860.
 15. Goldstein J.A., Chinnaiyan K.M., Abidov A., Achenbach S., Berman D.S., Hayes S.W., Hoffmann U., Lesser J.R., Mikati I.A., O’Neil B.J., Shaw L.J., Shen M.Y., Valeti U.S., Raff G.L.; CT-STAT Investigators. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58: 1414–1422.
 16. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2016; 37 (3): 267–315.
 17. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2013; 34: 2949–3003.
 18. Inoue F., Sato Y., Matsumoto N., Tani S., Uchiyama T. Evaluation of plaque texture by means of multislice computed tomography in patients with acute coronary syndrome and stable angina. *Circ. J.* 2004; 68 (9): 840–844.
 19. Kitagawa T., Yamamoto H., Horiguchi J., Ohhashi N., Tadehara F., Shokawa T., Dohi Y., Kunita E., Utsunomiya H., Kohno N., Kihara Y. Characterization of noncalcified coronary plaques and identification of culprit lesions in patients with acute coronary syndrome by 64-slice computed tomography. *JACC: Cardiovasc. Imag.* 2009; 2 (2): 153–159.
 20. Ugolini P., Pressacco J., Lesperance J. et al. Evaluation of coronary atheroma by 64-slice multidetector computed tomography: comparison with intravascular ultrasound and angiography. *Canadian J. Cardiol.* 2009; 25: 641–647.
 21. Doh J.H., Koo B.K., Nam C.W., Kim J.H., Min J.K., Nakazato R., Silalahi T., Prawira H., Choi H., Lee S.Y., Namgung J., Kwon S.U., Kwak J.J., Lee W.R. Diagnostic value of coronary CT angiography in comparison with invasive coronary angiography and intravascular ultrasound in patients with intermediate coronary artery stenosis: results from the prospective multicentre FIGURE-OUT (Functional Imaging criteria for GUIDing REview of invasive coronary angiography, intravascular Ultrasound, and coronary computed Tomographic angiography) study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2014; 15 (8): 870–877.
 22. Fischer C., Hulten E., Belur P., Smith R., Voros S., Villines T.C. Coronary CT angiography versus intravascular ultrasound for estimation of coronary stenosis and atherosclerotic plaque burden: a meta-analysis. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2013; 7 (4): 256–266.
 23. Gauss S., Achenbach S., Pflederer T., Schuhbäck A., Daniel W.G., Marwan M. Assessment of coronary artery remodelling by dual-source CT: a head-to-head comparison with intravascular ultrasound. *Heart*. 2011; 97 (12): 991–997.
 24. van der Giessen A.G., Gijzen F.J., Wentzel J.J., Jairam P.M., van Walsum T., Neefjes L.A., Mollet N.R., Niessen W.J., van de Vosse F.N., de Feyter P.J., van der Steen A.F. Small coronary calcifications are not detectable by 64-slice contrast enhanced computed tomography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2011; 27(1): 143–152.
 25. Leber A.W., Becker A., Knez A., von Ziegler F., Sirol M., Nikolaou K., Ohnesorge B., Fayad Z.A., Becker C.R., Reiser M., Steinbeck G., Boekstegers P. Accuracy of 64-Slice Computed Tomography to Classify and Quantify Plaque Volumes in the Proximal Coronary System. *A Comparative Study Using Intravascular. Ultrasound.* *JACC*. 2006; 47 (3): 672–677.



Для корреспонденции*: Шабанова Мария Сергеевна – 121552 Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а. Тел.: +7-916-754-97-74.
E-mail: shabanova03@gmail.com

Шария Мераб Арчилович – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела томографии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Шабанова Мария Сергеевна – лаборант-исследователь отдела томографии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Меркулова Ирина Николаевна – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отдела неотложной кардиологии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Веселова Татьяна Николаевна – доктор мед. наук, профессор, старший научный сотрудник отдела томографии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Мионов Всеволод Михайлович – канд. мед. наук, врач-кардиолог отдела рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Гаман Светлана Анатольевна – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела томографии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России, Москва.

Терновой Сергей Константинович – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела томографии ФГБУ “НМИЦ кардиологии” Минздрава России; заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва.

Contact*: Maria S. Shabanova – 121552, National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, 3-th Cherepkovskaya, 15a.
Phone: +7-916-754-97-74. E-mail: shabanova03@gmail.com

Merab A. Shariya – doct. of med. sci., Professor, leading researcher at tomography department of the National Medical Research Center of Cardiology, Moscow.

Maria S. Shabanova – research assistant at tomography department of the National Medical Research Center of Cardiology, Moscow.

Irina N. Merkulova – doct. of med. sci., senior researcher at emergency cardiology department of National Medical Research Center of cardiology, Moscow.

Tatyana N. Veselova – doct. of med. sci., Professor, senior researcher at tomography department of the National Medical Research Center of Cardiology, Moscow.

Vsevolod M. Mironov – cand. of med. sci., cardiologist at department of interventional radiology of National Medical Research Center of cardiology, Moscow.

Svetlana A. Gaman – cand. of med. sci., researcher of the tomography department of the National Medical Research Center of Cardiology, Moscow.

Sergey K. Ternovoy – academician of the RAS, doct. of med. sci., Professor, Head of the tomography department of the National Medical Research Center of Cardiology; Head of the Department of Imaging and Radiation Therapy of the Sechenov University, Moscow.

Поступила в редакцию 27.07.2018.
Принята к печати 11.09.2018.

Received on 27.07.2018.
Accepted for publication on 11.09.2018.