

## СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ СТЕНОЗИРОВАНИЯ ПРОСВЕТА КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ, ВНУТРИСОСУДИСТОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ И КОРОНАРНОЙ АНГИОГРАФИИ

Шабанова М.С.

Лауреат Премии молодым ученым имени Ю.Н. Соколова за научную работу по лучевой диагностике Конгресса «Радиология – 2016»

**К**омпьютерная томография (КТ) является единственным неинвазивным методом визуализации состояния просвета, стенок коронарных артерий (КА) и оценки степени стенозирования их просвета.

**Цель исследования.** Сопоставить результаты измерения степени стенозирования просвета (ССП) КА при КТ с результатами интервенционной коронарной ангиографии (КАГ) и внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ).

**Материалы и методы.** В исследование были включены 36 больных с диагнозом ишемической болезни сердца, находившихся на стационарном лечении в отделении неотложной кардиологии ФГБУ «РКНПК» Минздрава РФ. Сопоставлены результаты КТ, ВСУЗИ и КАГ всех больных, включенных в исследование. Оценено влияние положительного ремоделирования КА на различия результатов измерения SSP этими методами.

**Результаты.** Выявлено, что оценка SSP КА с помощью КТ максимально приближена к результатам ВСУЗИ. По данным КАГ наблюдается тенденция к «занижению» значений SSP КА по сравнению с ВСУЗИ и КТ. Зависимости между положительным ремоделированием КА в месте сужения их просвета и «занижением» SSP при КАГ по сравнению с результатами измерений при КТ и ВСУЗИ выявлено не было.

**Выводы.** Результаты КТ хорошо коррелируют с данными ВСУЗИ. Наблюдается тенденция к «занижению» значений SSP КА при КАГ по сравнению с результатами измерений при ВСУЗИ и КТ.

Ключевые слова: коронарные артерии, компьютерная томография, КТ коронарных артерий, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, неинвазивная оценка коронарных артерий, атеросклероз, степень стенозирования просвета.

Контактный автор: Шабанова М. С., shabanova03@gmail.com, 8(916)754-97-74

Для цитирования: Шабанова М. С. Сопоставление результатов измерения степени стенозирования просвета коронарных артерий при компьютерной томографии, внутрисосудистом ультразвуковом исследовании и коронарной ангиографии. REJR. 2016; 6 (3):38-47. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-3-38-47.

Статья получена: 27.05.2016

Статья принята: 10.06.2016

Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «РКНПК» Минздрава России. г. Москва, Россия.

# COMPARISON OF CORONARY STENOSIS DEGREE MEASUREMENTS WITH COMPUTED TOMOGRAPHY, INTRAVASCULAR ULTRASOUND AND CORONARY ANGIOGRAPHY MEASUREMENTS WITH COMPUTED TOMOGRAPHY, INTRAVASCULAR ULTRASOUND AND CORONARY ANGIOGRAPHY

Shabanova M.S.

**C**omputed tomography (CT) is the only non-invasive method of coronary lumen and walls imaging and assessment of lumen stenosis degree.

**Purpose.** To compare CT data with invasive coronary angiography (CAG) and intravascular ultrasound (IVUS) in evaluation of coronary stenosis degree.

**Materials and methods.** Thirty-six patients with ischemic heart disease were included. All patients were hospitalized in the department of emergency cardiology of Russian Cardiology Research and Production Complex. We compared CT, IVUS and CAG results in all patients. The influence of positive remodeling on some discrepancy in measurements of coronary stenosis degree was assessed by these methods.

**Results.** It was found that the assessment of coronary stenosis degree with CT is possible approached to IVUS results. CAG had a tendency to "underestimate" stenosis degree in comparison with IVUS and CT results. Dependencies between the positive remodeling of the coronary arteries and stenosis degree "underestimation" by CAG in comparison with IVUS and CT have not been identified.

**Conclusions.** CT results are correlated well with IVUS data. CAG results show a tendency to "underestimate" stenosis degree compared with IVUS and CT.

Keywords: coronary arteries, computed tomography, coronary CT, intravascular ultrasound, non-invasive coronary assessment, atherosclerosis, stenosis degree.

Corresponding author: Mariia Shabanova, shabanova03@gmail.com

For citation: Shabanova M.S. Comparison of coronary stenosis degree measurements with computed tomography, intravascular ultrasound and coronary angiography. REJR. 2016; 6 (3):38-47. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-3-38-47.

Received: 27.05.2016

Accepted: 10.06.2016

**C**огласно данным Всемирной организации здравоохранения в 2012 году 7,4 миллиона человек умерли от ишемической болезни сердца (ИБС) [1]. Морфологическим субстратом ИБС в 95% случаев является атеросклероз коронарных артерий (КА) [2].

«Золотым» стандартом визуализации просвета КА считается селективная коронароангиография (КАГ) [3]. При КАГ определяется только просвет артерии и внутренний контур стенки сосуда. Визуализировать атеросклеротические бляшки (АСБ) данным методом не представляется возможным. В ряде случаев недооценивается степень стенозирования просвета (ССП) вследствие извитости сосудов, устьевых и бифуркационных поражений. Также необходимо отметить, что КАГ сопряжена с риском возникновения интраоперационных осложнений [4, 5].

Компьютерная томография (КТ) в настоя-

щее время является единственным неинвазивным методом визуализации просвета и стенки КА и оценки СПП. Обобщенные результаты 27 исследований, в которых сравнивали КАГ с КТ, выполненных на томографах с 64 рядами детекторов, изложены в мета-анализе Abdulla J. с соавторами [6]. Специфичность, чувствительность, положительная (ППЦ) и отрицательная предсказательная ценность (ОПЦ) метода составили, в среднем, 86%, 96%, 96% и 83% соответственно. В работе Junyan Sun с соавторами при сопоставлении результатов КТ, выполненной на томографе с 64 рядами детекторов, и внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ) чувствительность, специфичность, ППЦ, ОПЦ КТ составили 97%, 90%, 90% и 97% соответственно [7].

#### Цель исследования.

Оценить возможности КТ КА в оценке СПП артерий при сравнении с КАГ и ВСУЗИ.

A.L. Myasnikov  
Institute of Clinical  
Cardiology of  
the Russian Cardiology  
Research Center.  
Moscow, Russia.

**Таблица №1. Общая характеристика больных, включенных в исследование (n=36)**

Клинические характеристики		Частота выявления (%), количественные значения (среднее, стандартное отклонение)
Мужской пол		29 (86,5 %)
Средний возраст, годы		55,4±13,9
Алиментарное ожирение		8 (26,7%)
Средний индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>		26,8±4,0
Курение		18 (34,6%)
Отягощенный семейный анамнез		8 (23,3%)
Артериальная гипертензия		21 (70,0%)
Сахарный диабет		1 (3,3%)
Повышение уровня общего холестерина		10 (33,3%)
Средний уровень холестерина, ммоль/л		4,9±1,0
Повышение уровня триглицеридов		4 (13,3%)
Средний уровень триглицеридов, ммоль/л		1,9±1,1
Перенесенный инфаркт миокарда в анамнезе		7 (23,3%)
Течение ишемической болезни сердца	Острый инфаркт миокарда	12 (33,3%)
	Нестабильная стенокардия	18 (50%)
	Стабильная стенокардия	4 (11,1%)
	Безболевая ишемия миокарда	2 (5,6%)

**Материалы и методы.**

В исследование были включены 36 больных с диагнозом ишемической болезни сердца, находившихся на стационарном лечении в отделении неотложной кардиологии Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ «РКНПК» Минздрава РФ с 2009 г. по 2016 г. Клиническая характеристика больных приведена в таблице №1.

В исследование включались больные со стабильной стенокардией и острым коронарным синдромом (ОКС), которым по клиническим показаниям проведение КАГ могло быть отсрочено. Во всех случаях КТ проводилась до выполнения КАГ и ВСУЗИ. Критерием исключения больных из исследования являлось наличие в анамнезе аортокоронарного и маммарокоронарного шунтирования. Все пациенты подписывали информированное согласие о проведении исследования с внутривенным введением рентгеноконтрастного препарата (РКП). Исследование не выполнялось больным при наличии общепринятых противопоказаний (аллергии на йодсодержащий РКП, уровне клиренса креатинина менее 45 мл/мин). КТ КА проводилась на компьютерном томографе «Aquilion 64» (Toshiba, Япония) с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией согласно стандартному протоколу. Напряжение на трубке составляло 120-140 кВ, временное разрешение – 100-200 мс,

толщина и коллимация среза – 0,5 мм. Лучевая нагрузка составляла 15-20 мЗв. Критерием исключения больных после выполнения нативной фазы исследования был выраженный кальциноз КА [8]. Выраженным кальцинозом считалось значение кальциевого индекса (КИ) по Агатстону более 600 ед. или наличие локального участка массивного кальциноза симптом-связанной артерии, определенной по данным клинико-инструментального обследования. Обработка данных проводилась на рабочей станции томографа и рабочей станции Vitrea 2 версий 2,0 и 4,0 (Vital images Inc., U.S.A.): выполнялись трехмерные и мультипланарные реконструкции для визуализации КА на всем протяжении. При обработке данных использовалось стандартизированное деление КА на 17 сегментов (American Heart Association, 1999). Из дальнейшего анализа исключались сегменты КА с неудовлетворительным качеством полученных изображений вследствие выраженных артефактов от движения сердца в проекции КА и сегменты, диаметр которых составлял менее 2 мм.

В пораженных сегментах определялись типы АСБ в зависимости от наличия и объема включений кальция. Кальцинированные бляшки имели преимущественно высокую рентгеновскую плотность (130 и более единиц Хаунсфильда); мягкие бляшки – «мягкотканую» или низкую плотность (менее 130 единиц Хаунс

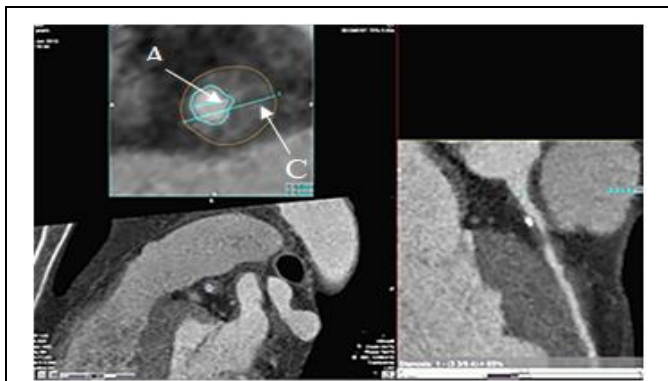


Рис. 1.

**Рис. 1. КТ коронарных артерий.**

Мультипланарная реконструкция левой коронарной артерии, аксиальный срез сосуда в месте бляшки. Измерение степени стенозирования просвета артерии (А – диаметр остаточного просвета артерии, С – общий диаметр артерии).

фильда); к комбинированным бляшкам относились бляшки «мягкотканой» плотности с включениями кальцинатов (не более 50% от общего объема бляшки).

ССП определялась на поперечных срезах и мультипланарных реконструкциях КА по формуле:  $\text{степень сужения просвета} = (C - A) / C \times 100\%$ ,

где А – диаметр остаточного просвета артерии,

С – общий диаметр артерии в месте сужения, включая АСБ (рис. 1) [9].

Кроме того, оценивалось ремоделирование артерии в атеросклеротически измененном участке. Положительное ремоделирование характеризует прогрессирующее увеличение площади поперечного сечения сосуда в месте атеросклеротического поражения относительно референтных участков. В качестве референтных участков выбирались непораженные участки сосуда непосредственно проксимальнее и дистальнее АСБ в пределах одного сегмента. При диффузном атеросклеротическом поражении КА данный параметр не учитывался в связи с невозможностью выбора референтных участков. Для количественной оценки этого параметра использовался индекс ремоделирования (ИР), который рассчитывался по формулам:

$$\text{ИР} = D1 / D2,$$

где ИР – индекс ремоделирования,

D1 – наружный диаметр КА на уровне бляшки,

D2 – наружный диаметр проксимального референтного участка,

$$\text{или ИР} = D1 / D3,$$

где D3 – наружный диаметр дистального референтного участка.

Вторая формула применялась в случае не-

возможности измерения проксимального референтного участка. Ремоделирование КА считалось положительным при значении ИР более 1,05. (рис. 2, 3) [10].

Всем больным выполнялась КАГ на рентгеноангиографической установке Allura Xper FD 10 (Philips, Нидерланды) радиальным доступом. ССП артерии определяли визуально и в автоматическом режиме с помощью программного обеспечения Xcelera (Philips, Нидерланды).

ВСУЗИ КА с целью уточнения ССП проводилось на аппарате iLAB IVUS Console (Boston Scientific) с использованием внутрисосудистого ультразвукового датчика Atlantis 40 MHz. По коронарному проводнику в артерию диаметром не менее 2,5 мм, имеющую минимальный остаточный просвет 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 КА протяженностью 110 мм. Типы АСБ при ВСУЗИ определялись визуально в «серой шкале» и автоматически с помощью программного обеспечения – iMap (цветового кодирования компонентов бляшек). ССП и ремоделирование артерии измерялись в полуавтоматическом режиме с визуальным редактированием границ автоматических измерений на специализированной станции.

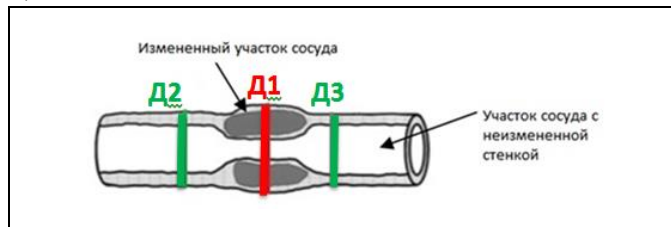


Рис. 2.

**Рис. 2. Схема. Измерение ремоделирования атеросклеротически измененного участка артерии.**

(D1 – диаметр сосуда в пораженном участке, D2 и D3 – диаметры сосуда в неизменных проксимальном и дистальном сегментах).

При сопоставлении изображений КА, полученных с помощью КТ и ВСУЗИ, для определения локализации заданного для сравнения сегмента КА использовались следующие ориентиры: расстояние от устья артерии, локализация устьев боковых ветвей, кальцинаты в стенках артерий. Анализировались сегменты КА, в которых по данным ВСУЗИ ССП составляла от 35% до 90%. При анализе ССП КА использовались как абсолютные величины, так и 5 стандартных градаций ССП: «0» – нет сужения просвета; «1» – сужение просвета до 49%; «2» – на

50 - 70%; «3» – на 70 - 99%, «4» – 100%. Участки стенозирования со значениями градаций «0» и «4» исключались из дальнейшего анализа. В 5 сегментах определялись стенозы градации «1», в 16 сегментах – стенозы градации «2», в 30 сегментах – стенозы градации «3». Средняя длительность периода, в течение которого выполнялись все три метода – КТ, ВСУЗИ и КАГ, составила 72 часа.

#### **Статистический анализ.**

Статистический анализ выполнялся с использованием программы «Microsoft Excel». Для количественных значений общей характеристики больных, включенных в исследование, рассчитывались средние значения и стандартные отклонения. Сравнительный анализ данных измерения степени стенозирования просвета КА методами КТ, КАГ и ВСУЗИ проводился с помощью непараметрических критериев Уилкоксона и Манна-Уитни, корреляционного анализа по Спирмену и анализа диаграмм рассеяния по методу Блэнда-Альтмана. За истинные значения измеряемой величины принимались разницы их средних значений, измеренные двумя методами. Различия считались достоверными при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

#### **Результаты исследования и обсуждения.**

У 36 больных был исследован 51 пораженный сегмент КА с помощью всех трех вышеописанных методов. По данным КТ в группе исследуемых преобладали мягкие ( $n=26$ , 50%) и комбинированные ( $n=21$ , 40,4%) АСБ. По данным ВСУЗИ в пораженных сегментах КА было выявлено 42 фиброатеромы, 5 кальцинированных фиброатером, 2 фиброзные бляшки, 1 гематома и 1 спонтанная диссекция артерии с пристеночным тромбозом.

При статистическом анализе достоверных различий результатов измерения ССП при КТ и ВСУЗИ выявлено не было (табл. №2). При сравнении результатов измерения ССП при КТ и ВСУЗИ методом Блэнда-Альтмана (рис. 4а) разброс значений разницы ССП, полученных этими методами, был незначителен – 15,3% (табл. №3, рис. 4а). Средняя разница между измерениями ССП с помощью КТ и ВСУЗИ составила всего 0,6% (табл. №3, рис. 4а). Отмечалась тенденция к «занижению» ССП при КТ, в среднем, на 6% по сравнению с данными ВСУЗИ (табл. №2).

Напротив, при сопоставлении результатов измерений при КАГ с данными ВСУЗИ и КТ были выявлены достоверные различия значений ССП (табл. №2). КАГ «занижает» результаты измерений ССП при ВСУЗИ и КТ, в среднем, на 21,3% и 20,7% соответственно (табл. №3). Кроме того, при анализе диаграмм рассеяния отмечалась тенденция к большему расхождению ре-

зультатов, полученных при КАГ, по сравнению с результатами КТ и ВСУЗИ, в выявлении легких и умеренных ССП (рис. 4б, 4в). Меньшие расхождения были выявлены при измерении больших ССП.

По признаку наличия положительного ремоделирования КА пораженные участки были разделены на три группы: 1 – с наличием положительного ремоделирования – ИР более 1,05 (48,1%); 2 – с отсутствием положительного ремоделирования – ИР менее 1,05 (44,2%), 3 – невозможность оценки ремоделирования – 7,7%. Оценивалась значимость наличия положительного ремоделирования пораженного участка артерии в определении ССП КА разными методами (табл. №4). Во всех исследуемых сегментах наблюдалось полное совпадение результатов, полученных методами КТ и ВСУЗИ при распределении пораженных участков в каждую из вышеуказанных групп. Зависимости между положительным ремоделированием КА и расхождением значений ССП по данным КТ и ВСУЗИ по сравнению с результатами КАГ выявлено не было (табл. №4).

#### **Клинический пример.**

Больная А., 57 лет, поступила в отделение неотложной кардиологии ФГБУ «РКНПК» Минздрава России с подозрением на ОКС без подъема сегмента ST в поздние сроки от начала приступа (более 24 часов). Для уточнения состояния КА на второй день пребывания в стационаре была проведена КТ КА, где были выявлены стенозы огибающей артерии (ОА): проксимального сегмента (50-55%), дистального (80-85%) (рис. 5). КАГ была проведена на 6 сутки госпитализации с последующим выполнением ВСУЗИ. При КАГ был выявлен стеноз дистального сегмента ОА (70%). В проксимальном сегменте ОА ССП была значительно ниже (10%) по сравнению с результатами КТ (рис. 6). По результатам ВСУЗИ (рис. 7): были выявлены стенозы проксимального (59%) и дистального сегментов ОА (78%). Таким образом, результаты КТ хорошо коррелировали с данными ВСУЗИ, а при КАГ была недооценена ССП в проксимальном сегменте КА.

#### **Обсуждение.**

В ряде сравнительных исследований КТ и КАГ, в которых применялись градации ССП КА, были получены высокие значения корреляции методов [11, 12, 13]. В нашей работе проводился более точный анализ, учитывались как абсолютные величины ССП, так и градации ССП. В нашем исследовании была отмечена тенденция к «занижению» ССП при КАГ по сравнению с ВСУЗИ и КТ. Такая тенденция прослеживается и в других зарубежных исследованиях. Так, в исследовании Ricardo C. Cury с соавторами при КТ значения ССП артерии превышали данные КАГ, в среднем, на  $4 \pm 8\%$  [15], в работе

**Таблица №2.** Сопоставление данных КТ, ВСУЗИ и КАГ в оценке степени стенозирования коронарных артерий.

КАГ	ВСУЗИ	КТ	p <sub>1-2</sub>	p <sub>1-3</sub>	p <sub>2-3</sub>
1	2	3			
60[40,75]	76[59,81]	70[62,82]	2x10 <sup>-6</sup>	2x10 <sup>-7</sup>	0,771

Данные в таблице указаны в виде медиан [нижних и верхних квартилей]. Р-уровень статистической значимости определялся по непараметрическому критерию Уилкоксона.

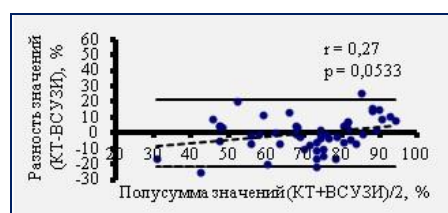


Рис. 4.а.

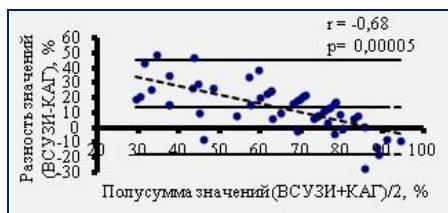


Рис. 4.б.



Рис. 4.в.

**Рис. 4.** Графики сопоставления результатов КТ с данными ВСУЗИ (а), КТ с данными КАГ (б) и ВСУЗИ с данными КАГ (в) по методу Блэнда-Альтмана.

**Таблица №3.** Сопоставление измерения степени стенозирования просвета при КТ, КАГ и ВСУЗИ по методу Блэнда-Альтмана.

Результаты статистической обработки	КАГ и ВСУЗИ	КАГ и КТ	ВСУЗИ и КТ
M(D)/M(S)*, %	21,3	20,7	-0,6
STD (D)/M(S)**, %	24,7	22,8	15,3
Коэффициент вариации, %	32,5	30,6	15,2
Коэффициент корреляции между разностью значений параметров и их полусуммой	-0,68	-0,53	0,27
Уровень статистической значимости (p)	0,0533	0,00005	0,00004

**Таблица №4.** Оценка значимости положительного ремоделирования пораженного участка артерии в определении степени стенозирования коронарных артерий разными методами.

Методы измерения степени стенозирования	КАГ	ВСУЗИ	КТ
Сопоставление степени стенозирования между группами, %			
Группа 1, (n=25)	60[40,75]	74[45,90]	67[30,98]
Группа 2, (n=23)	60[40,70]	76[39,87]	70[22,96]
p	0,787	0,87	0,65

Данные в таблице указаны в виде медиан [нижних и верхних квартилей]. Р-уровень статистической значимости определялся по непараметрическому критерию Манна-Уитни.

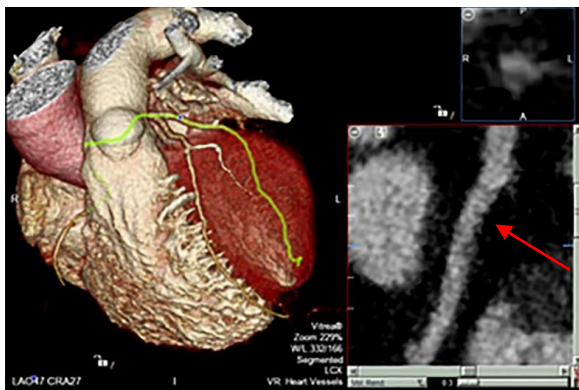


Рис. 5.а.

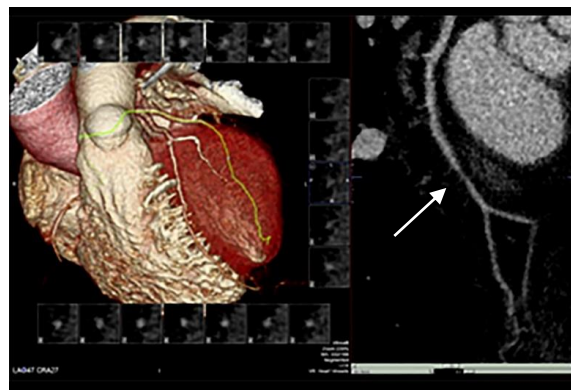


Рис. 5.б.

**Рис. 5.** КТ коронарных артерий, трехмерная и мультипланарная реконструкции, аксиальные срезы огибающей артерии.

Больная А., 57 лет.

а) Проксимальный сегмент, участок стеноза – 50-55% (красная стрелка).

б) Дистальный сегмент, участок стеноза – 80-85% (белая стрелка).

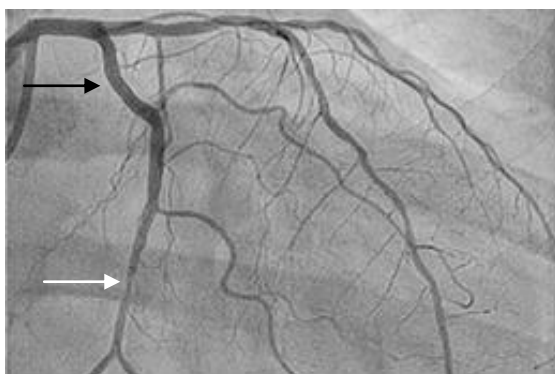


Рис. 6.

**Рис. 6.** КАГ, правая косая краниальная проекция.

Та же пациентка. Левая КА. Неровные контуры проксимального сегмента ОА – стеноз до 10% (черная стрелка), стеноз дистального сегмента – 70% (белая стрелка).

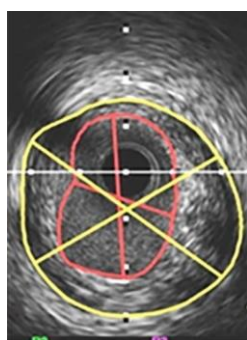


Рис. 7.а.

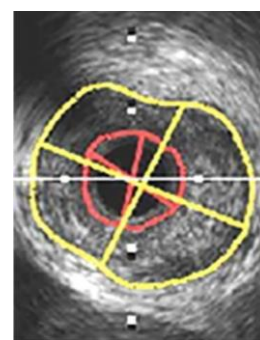


Рис. 7.б.

**Таблица №3.** Сопоставление измерения степени стенозирования просвета при КТ, КАГ и ВСУЗИ по методу Блэнда-Альмана.

Та же пациентка.

а) Стеноз проксимального сегмента ОА – 59%; наружный контур артерии обозначен желтой, внутренний – красной, диаметр наружного контура – желтой, диаметр остаточного просвета – красной линиями.

б) Стеноз дистального сегмента ОА – 78%; наружный контур обозначен желтой, внутренний – красной, диаметр наружного контура – желтой, диаметр остаточного просвета – красной линиями.

Stephanie Busch с соавторами – на 6,1% [16], в исследовании Udo Hoffmann с соавторами – на 12% [17], в работе Robert Dragu с соавторами – на 4,8% в ПНА, – на 5,9% в ОА и – 3,3% в ПКА [18].

По результатам нашего исследования различия показателей ССП КА (-0,6%) при КТ и ВСУЗИ значительно меньше различий между этими методами и КАГ (21,3% и 20,9%, соответственно). В зарубежном исследовании по сопоставлению трех методов с участием меньшего количества больных (n=21) были получены более высокие значения корреляции КТ и ВСУЗИ в определении ССП КА ( $r = 0,69$ ) по сравнению со значениями корреляции КТ и КАГ ( $r = 0,60$ ) [15].

Расхождения результатов измерения ССП с помощью КТ, ВСУЗИ и КАГ могут быть связаны с техническими особенностями методов. При КТ и ВСУЗИ возможна визуализация как продольных, так и поперечных сечений КА. В отличие от КТ и ВСУЗИ при КАГ возможна визуализация только двухмерных проекций КА. В работах при сопоставлении КАГ и гистологических исследований, а также КАГ и ВСУЗИ показано, что по этой причине при КАГ отмечается недооценка («занижение») ССП по сравнению с реальными значениями при асимметрично расположенных, так называемых «эксцентрических» АСБ, на долю которых приходится около 20-30% всех выявляемых бляшек КА [19]. Кроме того, при КАГ РКП вводится непосредственно в КА под давлением (500-600 мм рт.ст.) [5]. Вследствие этого, вероятно, сосуд несколько расширяется. Во время КАГ интракоронарно вводится 250 мкг нитроглицерина для предотвращения вазоспазма, что также может приводить к расширению просвета КА. В отличие от КАГ при КТ не используется нитроглицерин, а РКП вводится через периферическую вену. При проведении ВСУЗИ не требуется интракоронарного введения РКП, однако во время выполнения процедуры дополнительно вводится 250 мкг нитроглицерина [5, 20]. Следовательно, можно предположить, что при КТ визуализируется «естественный» просвет сосуда, без изменения его величины под действием лекарственными препаратами и других вышеописанных факторов.

Также необходимо отметить, что при определении ССП при КАГ, ВСУЗИ и КТ исполь-

#### **Благодарность.**

Автор данной работы выражает благодарность академику РАН, профессору, д.м.н., руководителю отдела томографии ФГБУ "РКНПК" Минздрава России Сергею Константиновичу Терновому. Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам ФГБУ "РКНПК" - д.м.н. старшему научному сотруднику отдела неотложной кардиологии Ирине Николаевне Мерку-

зуются различные способы измерения, что также может приводить к некоторым расхождениям значений ССП. При КАГ ССП оценивается по внутреннему контуру артерии в месте сужения при сравнении с референтным неизменным участком проксимальнее или дистальнее поражения. Тогда как при КТ и ВСУЗИ ССП определяется на поперечных сечениях артерии в месте расположения АСБ по отношению к наружному диаметру сосуда, который может существенно изменяться по отношению к диаметру просвета из-за положительного ремоделирования. Stephan Achenbach с соавторами связывают «завышение» ССП КА при КТ по сравнению с КАГ с наличием положительного ремоделирования артерии в месте сужения [21]. Однако исследования, в которых оценивалось влияние положительного ремоделирования КА на расхождение результатов КАГ с результатами КТ и ВСУЗИ, не проводились. В нашей работе взаимосвязи между наличием положительного ремоделирования пораженного участка КА и «занижением» ССП при КАГ при сравнении с результатами КТ и ВСУЗИ выявлено не было.

#### **Выводы.**

Таким образом, КТ при достижении хорошего качества изображений является высокоинформативным быстрым неинвазивным методом оценки ССП КА. Метод может быть рекомендован к более широкому применению в клинической практике как альтернатива инвазивным методам определения ССП КА. Результаты КТ наиболее приближены к результатам ВСУЗИ. Наблюдается тенденция к «занижению» значений ССП КА при КАГ по сравнению с ВСУЗИ и КТ. По нашим данным «занижение» ССП КА при КАГ при сравнении с результатами ВСУЗИ и КТ не зависит от наличия или отсутствия положительного ремоделирования пораженных участков КА.

#### **Источник финансирования и конфликт интересов.**

Работа выполнена в рамках реализации Гранта Президента РФ по поддержке Ведущей научной школы НШ-5035.2014.7 «Гибридные технологии лучевой медицины в сердечно-сосудистой хирургии и кардиологии».

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

ловой, к.м.н., врачу-кардиологу отдела рентгеноэндovasкулярных методов диагностики и лечения Всеволоду Михайловичу Миронову, д.м.н., старшему научному сотруднику отдела томографии Мерабу Арчиловичу Шария, к.м.н., научному сотруднику отдела томографии Светлане Анатольевне Гаман, д.м.н. старшему научному сотруднику отдела томографии



Татьяне Николаевне Веселовой за непосредственное участие и поддержку в проведении

исследования.

**Список литературы:**

1. World Health Organization. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (accessed January 2015).
2. Abdulla J., Abildstrom S. Z., Gotzsche O., Christensen E., Kober L., Torp-Pedersen C. 64-multislice detector computed tomography coronary angiography as potential alternative to conventional coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J.* 2007; 28: 3042-3050.
3. Практические рекомендации ACC/AHA по коронарографии. Бюллетень НИЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН основан в 2000 г. Общие вопросы. 2002; 3 (8).
4. Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Горгадзе Т.Т., Чазова И.Е., Савченко А.П. Показания к проведению коронарной артериографии. *Consilium Medicum* Болезни сердца и сосудов. 2006; 1: 15-19.
5. Меркулов Е.В., Миронов В.М., Самко А.Н. Руководство по коронарной ангиографии, вентрикулографии и шунтографии. В иллюстрациях и схемах. 2011. 99 с.
6. Болезни органов кровообращения. Под. Редакцией акад. РАН Е.И. Чазова. Москва, Медицина, 1997. 832с.
7. Sun J., Zhang Z., Lu B., Yu W., Yang Y., Zhou Y. et al. Identification and Quantification of Coronary Atherosclerotic Plaques: A Comparison of 64-MDCT and Intravascular Ultrasound. *AJR.* 2008; 190: 748-754.
8. Джанчатова Б.А., Капанадзе Л.Б., Серова Н.С. Лучевые методы оценки кальциноза коронарных артерий. *REJR.* 2015; 5 (1): 58-65. Available at: <http://www.rejr.ru/archiv.html>.
9. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. В 2 томах. Москва, МЕДпресс-информ, 2011. 712 с.
10. 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. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 38 (2): 297-306.
11. Терновой С.К., Никонова М.Э., Акчуринов Р.С., Федотенков И.С., Ширяев А.А. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в оценке коронарного русла и вентрикулографии в сравнении с интервенционной коронароангиографией. *REJR.* 2013; 3(1): 28-35. Available at: <http://rejr.ru/volume/9/nikonova.pdf>.
12. Cheng V., Gutstein A., Wolak A., Suzuki Y., Dey D., Gransar H. et al. Moving beyond binary grading of coronary arterial stenoses on coronary computed tomographic angiography. *Insights*

- for the imager and referring clinician. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008; 1: 460-71.
13. Goldstein J.A., Gallagher M.J., O'Neill W., Ross M.A., O'Neil B.J., Raff G. A randomized controlled trial of multislice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 49: 863-71.
14. Feuchtner G., Loureiro R., Bezerra H., Rocha-Filho J.A., Sarwar A., Pflederer T. et al. Quantification of coronary stenosis by dual source computed tomography in patients: A comparative study with intravascular ultrasound and invasive angiography. *Eur J Radiol.* 2012; 81 (1): 83-8.
15. Cury R.C., Pomerantsev E.V., Ferencik M., Hoffmann U., Nieman K., Moselewski F. et al. Comparison of the degree of coronary stenoses by multidetector computed tomography versus by quantitative coronary angiography. *Am J of Cardiol.* 2005; 96 (6): 784-787.
16. Busch S., Johnson T.R.C., Nikolaou K., von Ziegler F., Knez A., Reiser M.F., Becker C.R. et al. Visual and automatic grading of coronary artery stenoses with 64-slice CT angiography in reference to invasive angiography. *Eur Radiol.* 2007; 17: 1445-51.
17. Hoffmann M.H., Shi M., Schmitz B.L., Schmid F.T., Lieberknecht M., Schulze R. et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA.* 2005; 293: 2471-8.
18. Dragu R., Rispler S., Gherlin E., Gruberg L., Lessick J., Litmanovich D. et al. Contrast enhanced multi-detector computed tomography coronary angiography versus conventional invasive quantitative coronary angiography in acute coronary syndrome patients— correlation and bias. *Acute Card Care.* 2006; 8: 99 - 104.
19. Arbab-Zadeh A., Texter J., Ostbye K., Kitagawa K., Brinker J., George R.T. et al. Quantification of lumen stenoses with known dimensions by conventional angiography and computed tomography—implications for the use of angiography as a gold standard. *Heart.* 2010; 96 (17): 1358-1363.
20. Ahmed B., Martinez J.D., Schevchuck A., Ahmed S., Schrader R., Peralta M.A. et al. Appropriate Timing of Nitroglycerin Prior to Intravascular Ultrasound. *J Invasive Cardiol.* 2012; 24 (9): 422-426.
21. Achenbach S. Quantification of Coronary Artery Stenosis by Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol Img.* 2008; 1 (4): 472-474.

**References:**

1. World Health Organization. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/> (accessed January 2015).
2. Abdulla J., Abildstrom S. Z., Gotzsche O., Christensen E., Kober L., Torp-Pedersen C. 64-multislice detector computed tomography coronary angiography as potential alternative to conventional coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J.* 2007; 28: 3042-3050.
3. Practical guidance ACC/AHA for coronarography. *Bulletin of Bakoulev CCVS for Cardiovascular Surgery "Cardiovascular*

- diseases". General questions 2002; 3 (8) (in Russian).
4. Danilov N.M., Matchin Yu.G., Gorgadze T.T., Chazova I.E., Savchenko A.P. Indications for coronary angiography. *Consilium Medicum. Heart and vessels diseases.* 2006; 1: 15-19 (in Russian).
5. Merkulov E.V., Mironov V.M., Samko A.N. Guidance for coronary angiography, ventriculography and bypass angiography. *Demonstrations and schemes.* 2011. 99 p. (in Russian).
6. Chazov E.I. *Cardiovascular diseases.* Moscow, Medicine, 1997. 832 p. (in Russian).

7. Sun J., Zhang Z., Lu B., Yu W., Yang Y., Zhou Y. et al. Identification and Quantification of Coronary Atherosclerotic Plaques: A Comparison of 64-MDCT and Intravascular Ultrasound. *AJR*. 2008; 190: 748–754.
8. Dzhanchatova B.A., Kapanadze L.B., Serova N.S. Radiology in assessment of coronary arteries calcification. *REJR*. 2015; 5 (1): 58-65. Available at: <http://www.rejr.ru/volume/17/r8.pdf> (in Russian).
9. Prokop M., Galanski M. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body*. Moscow, MEDpress-inform, 2011. 712 p. (in Russian).
10. 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. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 38 (2): 297–306.
11. Ternovoy S.K., Nikonova M.E., Akchurin R.S., Fedotenkov I.S., Shiryayev A.A. Capabilities of multislice computed tomography in the evaluation of coronary arteries and ventriculography versus interventional coronary and ventriculography. *REJR*. 2013; 3 (1): 28-35. Available at: <http://rejr.ru/volume/9/nikonova.pdf> (in Russian).
12. Cheng V., Gutstein A., Wolak A., Suzuki Y., Dey D., Gransar H. et al. Moving beyond binary grading of coronary arterial stenoses on coronary computed tomographic angiography. *Insights for the imager and referring clinician. J Am Coll Cardiol Img*. 2008; 1: 460–71.
13. Goldstein J.A., Gallagher M.J., O’Neill W., Ross M.A., O’Neil B.J., Raff G. A randomized controlled trial of multislice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 2007; 49: 863–71.
14. Feuchtner G., Loureiro R., Bezerra H., Rocha-Filho J.A., Sarwar A., Pflederer T. et al. Quantification of coronary stenosis by dual source computed tomography in patients: A comparative study with intravascular ultrasound and invasive angiography. *Eur J Radiol*. 2012; 81 (1): 83-8.
15. Cury R.C., Pomerantsev E.V., Ferencik M., Hoffmann U., Nieman K., Moselewski F. et al. Comparison of the degree of coronary stenoses by multidetector computed tomography versus by quantitative coronary angiography. *Am J of Cardiol*. 2005; 96 (6): 784–787.
16. Busch S., Johnson T.R.C., Nikolaou K., von Ziegler F., Knez A., Reiser M.F., Becker C.R. et al. Visual and automatic grading of coronary artery stenoses with 64-slice CT angiography in reference to invasive angiography. *Eur Radiol*. 2007; 17: 1445–51.
17. Hoffmann M.H., Shi M., Schmitz B.L., Schmid F.T., Lieberknecht M., Schulze R. et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA*. 2005; 293: 2471–8.
18. Dragu R., Rispler S., Ghersin E., Gruberg L., Lessick J., Litmanovich D. et al. Contrast enhanced multi-detector computed tomography coronary angiography versus conventional invasive quantitative coronary angiography in acute coronary syndrome patients— correlation and bias. *Acute Card Care*. 2006; 8: 99 – 104.
19. Arbab-Zadeh A., Texter J., Ostbye K., Kitagawa K., Brinker J., George R.T. et al. Quantification of lumen stenoses with known dimensions by conventional angiography and computed tomography—implications for the use of angiography as a gold standard. *Heart*. 2010; 96 (17): 1358–1363.
20. Ahmed B., Martinez J.D., Schevchuck A., Ahmed S., Schrader R., Peralta M.A. et al. Appropriate Timing of Nitroglycerin Prior to Intravascular Ultrasound. *J Invasive Cardiol*. 2012; 24 (9): 422-426.
21. Achenbach S. Quantification of Coronary Artery Stenosis by Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol Img*. 2008; 1 (4): 472-474