

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ ПО ДАННЫМ ОБЪЕМНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ

Колесникова О.Г.<sup>1</sup>, Терновой С.К.<sup>1,2</sup>, Гаман С.А.<sup>2</sup>, Шахнович Р.М.<sup>2</sup>,  
Семенова А.А.<sup>2</sup>, Меркулова И.Н.<sup>2</sup>

1 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.  
2 - ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России. г. Москва, Россия.

**Цель исследования.** Проанализировать структуру и выявить признаки нестабильности в атеросклеротических бляшках на симптом-несвязанных участках коронарных артерий у больных с ОКС по данным объемной компьютерной коронарографии.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 73 пациента с острым коронарным синдромом (59 мужчин – 80,82% и 14 женщин – 19,18%), которым выполнялась объемная компьютерная томография (КТ) коронарных артерий (КА) с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией и внутривенным введением неионного йодсодержащего рентгеноконтрастного препарата. Исследование проводили на томографе Aquilion ONE Vision Edition 640, Canon, Япония с 320-ю рядами детекторных элементов и шириной детектора 160 мм. Проводили оценку следующих параметров: уровень стеноза бляшки, ее протяженность, бремя бляшки, а также признаков нестабильности: наличие микрокальцинатов, участка низкой плотности в структуре, индекс ремоделирования, кольцевидное усиление и контур бляшки. По клиническим показаниям 63 пациентам была проведена инвазивная коронароангиография (КАГ). Было проведено сопоставление результатов КТ КА и КАГ.

**Результаты.** В анализ вошло 236 бляшек с мягкотканым компонентом. Оценка структуры бляшек показала преобладание мягких – 161 (68,22%), против комбинированных – 75 (31,78%) ( $p < 0,05$ ). По результатам объемной КТ КА выраженный стеноз 70-99% был выявлен в 17,65% случаев ( $n=39$ ), умеренный стеноз 50-69% – в 43,44% случаев ( $n=96$ ), начальный 25-49% и минимальный стеноз 1-24% был выявлен в 33,48% ( $n=74$ ) и в 1,36% случаев ( $n=3$ ) соответственно. АСБ имели среднюю протяженность  $12,66 \pm 6,83$ . Положительное значение индекса ремоделирования КА выявлено в 45 случаях (19,07%), среднее значение бремени составило  $69,62 \pm 11,09\%$ . Микрокальцинаты выявлены в 64 случаях (27,12%), участки с низкой плотностью менее 46 HU выявлены в 21 случае (8,90%), наличие кольцевидного усиления – в 19 случаях (8,05%), и неровность контура бляшки определена в 9 случаях (3,81%). В половине бляшек на симптом-несвязанных участках коронарного русла были выявлены признаки нестабильности (122 бляшки, 51,65%). Объемная КТ КА имеет высокие показатели точности и специфичности (95,9% и 97,9%), а также прогностическую ценность отрицательного результата (97,4%), но более низкую чувствительность и прогностическую ценность положительного результата (84,8% и 87,5%). Было получено статистически значимое несовпадение данных КТ КА и КАГ при наличии положительного ремоделирования КА ( $IP > 1,1$ ) ( $p < 0,05$ ).

**Обсуждение.** Результаты исследования подтверждают теорию мультифокального характера дестабилизации атеросклеротических бляшек у пациентов с сердечно-сосудистыми событиями. АСБ с одним или несколькими признаками нестабильности были выявлены на симптом-несвязанных участках коронарных артерий. Полученные данные согласуются с результатами других авторов.

**Заключение.** Объемная КТ КА обладает высокой диагностической ценностью, позволяет анализировать не только степень и объем стенозирования артерий, но и качественный состав бляшки без использования инвазивных методов диагностики.

Полученные в результате исследования данные показывают важность изучения симптом-несвязанных коронарных артерий, определения в них АСБ с признаками нестабильности и их дальнейший контроль.

Ключевые слова: острый коронарный синдром, атеросклероз, нестабильность атероскле-

ротической бляшки, компьютерная томография.

Контактный автор: Колесникова Ольга Геннадиевна, e-mail: 48kolesnikova@gmail.com

Для цитирования: Колесникова О.Г., Терновой С.К., Гаман С.А., Шахнович Р.М., Семенова А.А., Меркулова И.Н. Характеристика поражения коронарных артерий по данным объемной компьютерной томографии у пациентов с острым коронарным синдромом. REJR 2022; 12(2):55-64. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-55-64.

Статья получена: 16.03.22

Статья принята: 13.04.22

## CORONARY ARTERY CHARACTERISTICS BY VOLUME COMPUTED TOMOGRAPHY IN PATIENTS WITH ACUTE CORONARY SYNDROME

Kolesnikova O.G.<sup>1</sup>, Ternovoy S.K.<sup>1,2</sup>, Gaman S.A.<sup>2</sup>, Shakhnovich R.M.<sup>2</sup>,  
Semenova A.A.<sup>2</sup>, Merkulova I.N.<sup>2</sup>

1 - Sechenov University.

2 - National medical research Centre of cardiology. Moscow, Russia.

**Purpose.** To analyse the structure and to identify vulnerable plaque features in non-culprit coronary lesions in patients with ACS according to volumetric computer coronary angiography.

**Materials and methods.** The study included 73 patients with acute coronary syndrome (59 men – 80.82% and 14 women – 19.18%), who underwent volumetric coronary computed tomography angiography (CCTA) with retrospective ECG gating and intravenous contrast enhancement. The study was carried out on an Aquilion ONE Vision Edition 640, Canon, Japan with 320 rows of detector elements and a detector width of 160 mm. The level of plaque stenosis, plaque length, plaque burden were assessed. Also the presence of vulnerable plaque features such as microcalcifications, low-density plaque area, remodeling index, napkin ring sign and plaque contour were analyzed. 63 patients underwent invasive coronary angiography (ICA) when clinically indicated. The results of CCTA and ICA were compared.

**Results.** 236 plaques with a soft tissue component were included in the study. Structural analysis of plaques showed a predominance of soft ones – 161 (68.22%), against combined ones – 75 (31.78%) ( $p < 0.05$ ). According to volumetric CCTA, severe stenosis of 70-99% was detected in 17.65% of cases ( $n=39$ ), moderate stenosis of 50-69% in 43.44% of cases ( $n=96$ ), initial 25-49% and minimal 1-24% stenosis was detected in 33.48% ( $n=74$ ) and 1.36% of cases ( $n=3$ ), respectively. Atherosclerotic plaque had an average length of  $12.66 \pm 6.83$ . A positive remodeling index was found in 45 cases (19.07%), the mean plaque burden was  $69.62 \pm 11.09\%$ . Microcalcifications were detected in 64 cases (27.12%), low attenuation plaque  $< 46$  HU – in 21 cases (8.90%), napkin-ring sign – in 19 cases (8.05%), and the irregular plaque contour was detected in 9 cases (3.81%). Half of non-culprit coronary plaques showed signs of vulnerability (122 plaques, 51.65%). Volumetric CCTA showed high accuracy, specificity and prognostic value of a negative result (95.9%, 97.9% and 97.4%), but lower sensitivity and prognostic value of a positive result (84.8% and 87.5%). Positive remodeling ( $IR > 1.1$ ) showed statistically significant discrepancy between CCTA and ICA in quantification of coronary arterial stenosis ( $p < 0.05$ ).

**Discussion.** The results of the study confirm the theory of the multifocal nature of atherosclerotic plaques destabilization in patients with cardiovascular events. Atherosclerotic plaques with one or more signs of instability were detected on non-culprit coronary area. The data obtained are consistent with the results of other authors.

**Conclusion.** Volumetric CCTA has a high diagnostic value, allows analysing not only the degree and volume of arterial stenosis, but also the qualitative plaque composition without using invasive diagnostic methods.

The data resulting from the study show the importance of non-culprit lesion examination for identifying plaques with signs of instability and its further control.

Keywords: acute coronary syndrome, atherosclerosis, atherosclerotic plaque vulnerability,

**П**рофилактика, ранняя диагностика и лечение заболеваний сердечно-сосудистой системы остается актуальной проблемой, как в России, так и во всем мире. Сердечно-сосудистые заболевания остаются ведущей причиной заболеваемости и смертности населения в мире. Острый коронарный синдром (ОКС) – это группа клинических признаков или симптомов, которые позволяют подозревать острый инфаркт миокарда (ИМ) или нестабильную стенокардию [1]. Согласно данным «РЕКОРД-3» с момента возникновения ОКС в течении года частота смертельных исходов достигает 15,8% [2]. Актуальность данной проблемы обусловлена особенно тем, что за последние два десятилетия ОКС чаще выявлялся у лиц трудоспособного возраста (35-65 лет) и имел неблагоприятный прогноз [2, 3, 4].

Большинство случаев ОКС ассоциированы с наличием в коронарном русле нестабильной атеросклеротической бляшки с ее последующим разрывом (2/3 случаев) или эрозией (1/3 случаев), что приводит к внутрисосудистому тромбозу [5]. Морфологически нестабильная бляшка представляет тонкокапсульную фиброатерому (ТКФА), состоящую из крупного липидного ядра и тонкой фиброзной покрывки [6]. Наиболее точно оценить структуру атеросклеротической бляшки позволяет внутрисосудистое УЗИ (ВСУЗИ) и ВСУЗИ с виртуальной гистологией, оптическая когерентная томография (ОКТ) и ангиоскопия [7]. Однако широкое применения этих методик ограничено их инвазивностью и неспособностью исследовать коронарную артерию на всем протяжении.

Показано, что развитие ОКС – это очаговое проявление системного заболевания, и множественные бляшки с признаками нестабильности часто присутствуют как в симптом-связанной, так и в симптом-несвязанной артерии [2]. Неинвазивная одномоментная оценка всего коронарного русла, выявление и характеристика признаков нестабильности бляшек с помощью компьютерной томографии в настоящее время представляет особенный интерес и является важ-

нейшей клинической задачей современной медицины.

#### **Цель исследования.**

Проанализировать структуру и выявить признаки нестабильности в атеросклеротических бляшках на симптом-несвязанных участках коронарных артерий у больных с ОКС по данным объемной компьютерной коронарографии.

#### **Материалы и методы.**

В исследование были включены 73 пациента с острым коронарным синдромом (59 мужчин – 80,82% и 14 женщин – 19,18%) в возрасте 35 – 82 лет (57,67±10,47 года). Диагноз ОКС включал инфаркт миокарда с элевацией сегмента ST, инфаркт миокарда без элевации сегмента ST и случаи нестабильной стенокардии. По клиническим показаниям 63 пациентам после проведения инвазивной коронароангиографии (КАГ) выполнялось чрескожное коронарное вмешательство на симптом-связанной артерии. Через 3–10 дней от ЧКВ каждому пациенту была проведена объемная компьютерная томография (КТ) коронарных артерий (КА) с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией с дальнейшей оценкой симптом-несвязанных участков коронарного русла. Пациентам, у которых не было показаний для проведения КАГ объемная компьютерная томография КА была проведена на 1–3 сутки от госпитализации. Исследование проводили на томографе Aquilion ONE Vision Edition 640, Canon, Япония, с 320-ю рядами детекторных элементов и шириной детектора 160 мм (объемная компьютерная томография) с внутривенным введением неионного йодсодержащего рентгеноконтрастного препарата. Анализировали поперечные срезы коронарных сегментов, полученные после построения многоплоскостных реконструкций по центральной оси сосуда. При наличии коронарной бляшки внешний контур сосуда и контур просвета дополнительно корректировали вручную. Для анализа использовали сегменты коронарных артерий с хорошим качеством изображения и диаметром не менее 2 мм.

Все бляшки были поделены на три группы: мягкие, комбинированные и каль-

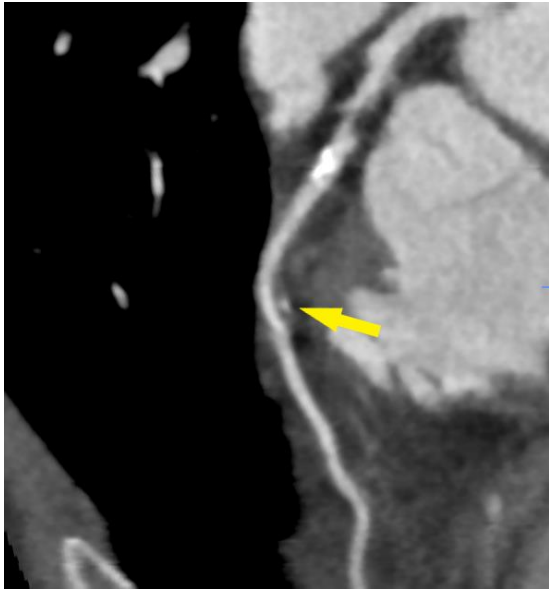


Рис. 1 (Fig. 1)

**Рис. 1. КТ-коронароангиография, криволинейная реконструкция по оси ПНА.**

Пациент В., 72 года, диагноз ИМпСТ. В среднем сегменте ПНА определяется мягкая атеросклеротическая бляшка с признаком нестабильности – микрокальцинатам (3 мм) (желтая стрелка).

**Fig. 1. CCTA, curved planar reformation of LAD.**

Patient V., 72 y. o., STEMI. High-risk plaque feature – spotty calcifications (<3 mm) (yellow arrow) – in plaque of middle segment of LAD.

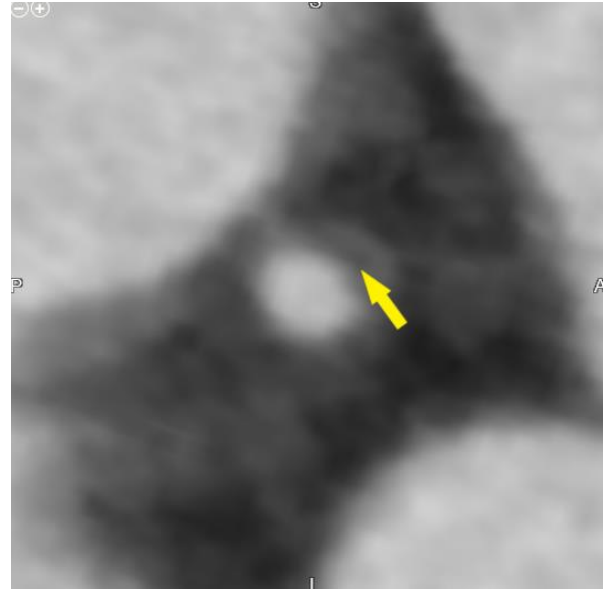


Рис. 2 (Fig. 2)

**Рис. 2. Пациент К., 64 года, ИМпСТ.**

КТ-коронароангиография, поперечный срез на уровне атеросклеротической бляшки в проксимальном сегменте ПНА с признаком нестабильности – участком низкой плотности <46 HU (желтая стрелка), который является отображением липидного ядра в структуре мягкой бляшки.

**Fig. 2. Patient K., 64 y.o., STEMI.**

CCTA, cross-sectional image at plaque level of proximal segment of LAD. High-risk low-attenuation plaque in the proximal segment of LAD. Low-density area <46 HU (yellow arrow) represents lipid core in soft plaque.

цинированные. Любые бляшки должны были быть идентифицированы по крайней мере в двух независимых плоскостях.

Некальцинированная атеросклеротическая бляшка определялась как мягкотканная структура в стенке коронарной артерии с плотностью, которая была меньше плотности коронарного просвета, усиленного контрастным препаратом и больше плотности окружающей эпикардиальной жировой ткани [8]. Кальцинированная атеросклеротическая бляшка описывалась как различимая структура в стенке коронарной артерии с плотностью >130 HU [8]. Комбинированная атеросклеротическая бляшка определялась как состоящая из мягкотканного (<130 HU) и кальцинированного (>130 HU) компонентов при размере кальцинатах более 3 мм.

Дальнейшему анализу подвергались мягкие и комбинированные бляшки (n=236), в то время как кальцинированные бляшки не

учитывались.

Основными признаками нестабильности, которые оценивали в данном исследовании, были: наличие микрокальцинатах, участка низкой плотности в структуре, положительное ремоделирование сосуда в месте локализации бляшки, симптом кольцевидного усиления и характер контура бляшки. Кроме того, для каждой бляшки анализировали уровень стеноза, протяженность и значение бремени.

В структуре мягкой бляшки за микрокальцинатах принимали высокоплотные включения (>130 HU) размерами менее 3 мм [9] (рис. 1).

Участком низкой плотности принимали область бляшки с плотностью <46 HU в соответствии с данными отечественной литературы [10] (рис. 2).

Индекс ремоделирования (ИР) рассчитывали по стандартной методике как отно-

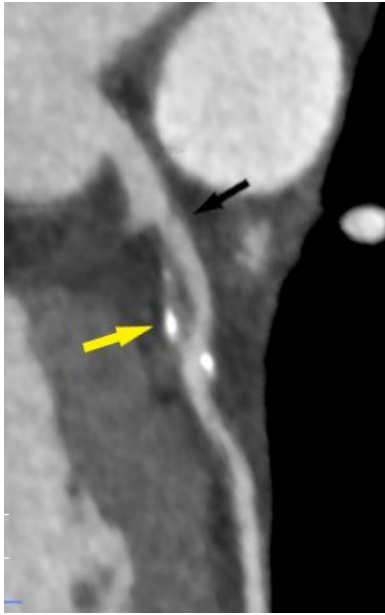


Рис. 3 (Fig. 3)

**Рис. 3.** КТ-коронароангиография, криволинейная реконструкция по оси ПНА.

Пациент Б, 78 лет, ИМпСТ. В проксимальном сегменте ПНА определяется АСБ с признаком нестабильности – положительное ремоделирование артерии. ИР=1/6. Уровень референсного сегмента проксимальнее бляшки (черная стрелка), уровень максимального ремоделирования артерии на уровне бляшки (желтая стрелка).

**Fig. 3.** CCTA, curved planar reformation of LAD.

Patient B, 78 y.o., STEMI. High-risk plaque feature – positive remodeling. RI>1,1. The reference segment level is proximal to the plaque (black arrow), the level of maximum remodeling of the artery is at the plaque level (yellow arrow).

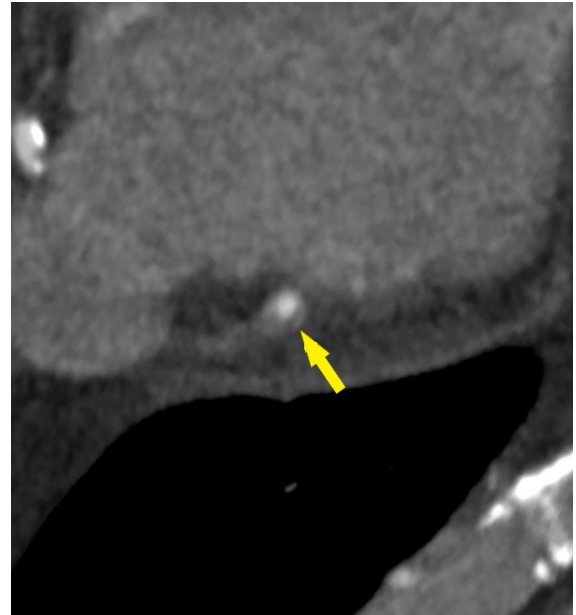


Рис. 4 (Fig. 4)

**Рис. 4.** КТ-коронароангиография.

Поперечный срез проксимального сегмента ПКА на уровне атеросклеротической бляшки с признаком нестабильности – симптомом кольцевидного усиления по периферии мягкой бляшки (желтая стрелка). Пациент К., 82 года, нестабильная стенокардия.

**Fig. 4.** CCTA, cross-sectional image at plaque level in RCA.

Patient K., 82 y.o., unstable angina. High-risk plaque feature – napkin-ring sign in non-calcified plaque (yellow arrow).

шение диаметра наружного контура сосуда на уровне бляшки к диаметру референсной зоны в неизменном сегменте (непосредственно проксимальнее или дистальнее) [9]. Значение ИР>1,1, которое означало, что диаметр сосуда в месте локализации бляшки больше на 10% диаметра интактного сегмента, определяли как положительное ремоделирование (рис. 3).

Симптом кольцевидного усиления определяли как особую визуальную характеристику некальцинированной бляшки, как описано ранее [9] (рис. 4).

Значение бремени бляшки определяли с помощью полуавтоматического анализа на рабочей станции Vitrea в приложении СТА–Coronary Artery Analysis и вычисляли как долю бляшки в % от площади артерии на попе-

речном срезе в месте ее максимального сужения [11].

Было проведено сопоставление результатов КТ КА и КАГ у 63 пациентов.

Статистическую обработку проводили с применением программы «Statistica» 10.0 для Windows («StatSoft Inc.», USA), а также с использованием языка программирования R 4.1.1. Параметрические значения представляли в виде средних значений и их стандартных отклонений. Непараметрические данные представляли в виде медианы. Согласованность результатов диагностики значимого стеноза двумя разными методами оценивали с использованием следующих характеристик: диагностическая точность, чувствительность, специфичности и прогностические ценности для положительного и

**Таблица №1. Количество АСБ в расчете на пациента.**

Количество АСБ	Количество пациентов	%
1	11	15,07
2	20	27,40
>3	42	57,53
Всего	73	100,00

отрицательного результатов.

**Результаты.**

Всего у 73 пациентов было выявлено 411 бляшек, из которых 175 были кальцинированными и в дальнейшем исследовании не учитывались.

Проведен анализ структуры 236 атеросклеротических бляшек с мягкотканым компонентом в симптом-несвязанных участках коронарных артерий. Из исследованного массива бляшек мягкие составили 68,22% (n=161), комбинированные – 31,78% (n=75). У большинства пациентов были выявлены 3 и более атеросклеротические бляшки (АСБ) – 57,53% (42 человека), 2 АСБ выявлены у 27,40% (20 пациентов), 1 АСБ – у 15,07% (11 пациентов), табл. №1.

По локализации все АСБ распределились следующим образом: более трети бляшек диагностированы в правой коронарной артерии (ПКА) – 34,33% (n=81), 28,39% (n=67) – в передней нисходящей артерии (ПНА), 19,07% (n=45) – в огибающей артерии (ОА), 14,83% (n=35) – в стволе ЛКА, в том числе протяженные бляшки с переходом на проксимальный сегмент ПНА (5,93% (n=14)) и на проксимальный сегмент ОА (0,42% (n=1)). Наименьшее количество бляшек было отмечено в интермедиарной артерии – 3,38% (n=8), что связано с меньшей распространенностью такого варианта анатомии деления ствола ЛКА.

Средняя протяженность бляшки в изученных 236 случаях составила 12,66±6,83 мм. Более половины бляшек имело длину от 6 до 10 мм, их было 124 (52,54% случаев). Наиболее протяженные бляшки (>20 мм) встретились в 6 наблюдениях (2,54%), а наименее протяженные (<3 мм) – в 7 случаях (2,97%).

В половине бляшек на симптом-несвязанных участках коронарного русла присутствовали один или несколько признаков нестабильности (122 бляшки, 51,65%). Наиболее часто в АСБ были выявлены микрокальцинаты – в 64 случаях (27,12%). Положительное ремоделирование сосуда в месте

локализации бляшки было обнаружено в 45 случаях (19,07%). Участок низкой плотности (менее 46 HU) и симптом кольцевидного усиления определялись с одинаковой частотой – в 21 (8,90%) и в 19 случаях (8,05%) соответственно. Реже всего была выявлена неровность контура бляшки (9 случаев (3,81)). Комбинации признаков нестабильности в настоящей работе не исследовали.

Для оценки тяжести поражения атеросклеротически измененного участка КА также использовали показатель бремени бляшки, среднее значение которого составило 69,62±11,09%. В большинстве случаев значение бремени бляшки находилось в диапазоне 51-75%. Бремя бляшки >75% было выявлено в 65 наблюдениях (27,54%), а <50% – в 8 (3,39%).

По клиническим показаниям 63 пациентам с 221 бляшкой была проведена инвазивная коронарография. Для оценки уровня стеноза была применена шкала SCCT [12]. Результаты сопоставления данных КТ КА и КАГ у 63 пациентов приведены в таблице №2. Средняя степень стеноза по результатам КТ КА составила 53,1%, а по результатам КАГ – 50,5%.

Как видно из таблицы №2, результаты КТ-визуализации при выявлении стенозов различных уровней хорошо соотносятся с данными «золотого стандарта» – КАГ. По данным КТ КА несколько чаще выявлялись гемодинамически значимые стенозы – 39 случаев (17,65%) против 32 случаев (14,48%) по данным КАГ. При анализе зависимости расхождения результатов КТ КА и КАГ от локализации бляшки статистически значимых взаимосвязей выявлено не было (p>0,05).

Более того, было получено статистически значимое несовпадение данных различных методов визуализации при наличии положительного ремоделирования коронарной артерии (ИР>1,1) (p<0,05). Выявленное несоответствие данных КТ КА и КАГ объясняется тем, что при КТ анализу доступен как внутренний, так и внешний контур сосуда.

При анализе статистических показате-

**Таблица №2. Сравнение степени стенозирования коронарных артерий по результатам объемной КТ и КАГ у пациентов с ОКС.**

Степень стенозирования	КТ КА, N (%)	КАГ, N (%)
0%	4 (1,81)	6 (2,72)
1-24%	3 (1,36)	5 (2,26)
25-49%	74 (33,48)	75 (33,93)
50-69%	96 (43,44)	97 (43,89)
70-99%	39 (17,65)	32 (14,48)
100%	5 (2,26)	6 (2,72)
Всего	221 (100)	221 (100)

телей показано, что объемная КТ КА имеет высокие показатели специфичности и точности (97,9% и 95,9%), а также прогностическую ценность отрицательного результата (97,4%), но более низкую чувствительность и прогностическую ценность положительного результата (84,8% и 87,5%).

**Обсуждение.**

Полученные данные характеризуют диагностические возможности объемной КТ в анализе поражения коронарных артерий у больных с ОКС. Преимуществом данного метода является одномоментное комплексное изучение всего коронарного русла с возможностью анализа состояние стенки КА с детализацией структуры АСБ, а также визуализация внешнего контура сосуда наряду с внутренним.

В оценке уровня стеноза объемная КТ КА не уступает инвазивным методикам и, в частности, «золотому стандарту» – КАГ [13, 14]. Это подтверждают полученные в нашей работе высокие значения специфичности и диагностической точности объемной КТ – 97,9% [ДИ 94.6;99.4] и 95,9% [ДИ 92.4;98.1] соответственно. Преимуществом КТ КА является ее неинвазивный характер, вследствие чего исследование может быть проведено в амбулаторных условиях, не требует госпитализации и длительной подготовки пациента, а также наблюдения за ним в условиях стационара после проведения процедуры.

Данные литературы показали важность анализа не только уровня стеноtiche-

ских изменений, но и качественного состава АСБ для определения так называемых нестабильных бляшек [15]. В настоящем исследовании мягкие бляшки преобладали над комбинированными. Бляшки с одним или несколькими признаками нестабильности были выявлены на симптом-несвязанных участках коронарных артерий в половине наблюдений. Это подтверждает мультифокальный характер дестабилизации АСБ у пациентов с сердечно-сосудистыми событиями [16, 17].

В некоторых работах установлено, что такой признак нестабильности, как точечные кальцинаты, ассоциирован с активным воспалительным процессом в атеросклеротической бляшке [18] и чаще встречается у пациентов с ОКС, чем со стабильной стенокардией [19].

Определение стабильности бляшки только на основании ее плотности вызывает затруднения. Это можно объяснить малыми размерами изучаемого объекта, рентгеновская плотность которого подвержена изменениям в зависимости от плотности окружающих структур (перикардального жира, контрастного препарата в просвете коронарной артерии, кальцинатов в стенке сосудов). Поэтому конечного общепринятого порогового значения для определения участка низкой плотности нет. Отечественные авторы установили, что уровень рентгеновской плотности 46 HU оказался наиболее оптимальным разделяющим значением для диф-

ференцировки стабильных и нестабильных бляшек, поэтому и был использован в настоящем исследовании [10]. Зарубежные авторы наиболее часто выбирают границу в 30 HU [20], однако встречаются исследования с более высокими пороговыми рентгеновскими плотностями [21].

Симптом кольцевидного усиления возникает в результате различия плотностей между центральной гиподенсной зоной бляшки (представленной липидным компонентом) и ее гиперденсной периферией (представленной фиброзным компонентом с участками неоваскуляризации) [22]. Невысокая частота встречаемости этого признака нестабильности (8,05%), полученная в нашем исследовании, соотносится с данными других авторов [21].

Редким признаком нестабильности, выявленным в нашей работе, была неровность контура АСБ. Данный признак встречается преимущественно в симптом-связанных артериях и отображает непосредственно надрыв бляшки [10, 22]. А так как в нашем исследовании анализировали симптом-несвязанные участки коронарного русла, соответственно, неровность контура бляшки была нечастой находкой.

В 19,07% случаев был выявлен ИР>1,1, и именно в этих участках коронарных артерий было получено статистически достоверное расхождение результатов различных методов визуализации. Это объясня-

ется тем, что при объемной КТ КА для оценки доступен не только внутренний контур сосуда (как по результатам КАГ), но и структура стенки с возможностью анализа внешней границы. Аналогичные несовпадения описаны другими авторами [23].

#### **Заключение.**

Объемная КТ КА обладает высокой диагностической ценностью при сравнении с данными КАГ в определении степени и объема стенозирования коронарных артерий у пациентов с ОКС (чувствительность – 95,9%, специфичность – 84,8%, точность – 97,9%).

КТ КА позволяет оценивать качественный состав бляшки с определением ее типа без использования инвазивных методов диагностики. Однако, дифференцировка таких структурных компонентов АСБ, как липидное ядро и покрышка, ограничена разрешающей способностью метода.

Полученные в результате исследования данные показывают важность изучения симптом-несвязанных коронарных артерий, определения в них АСБ с признаками нестабильности и их дальнейший контроль.

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

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

#### **Список литературы:**

1. Капиталов В.В., Хрячкова О.Н., Барбараш О.А. Клиническая значимость коронарной кальцификации для оценки сердечно-сосудистого риска. *Атеросклероз и дислипидемии*. 2016; 1: 5-14.
2. Округин С.А., Кужелева Е.А., Гарганеева А.А. Программа ВОЗ «Регистр острого инфаркта миокарда»: эпидемиологический мониторинг острых коронарных катастроф. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2018; 7 (1): 76-83. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-1-76-83
3. Андреев Е.Ю., Явелов И.С., Лукьянов М.М., Вернохаева А.Н., Драпкина О.М. Ишемическая болезнь сердца у лиц молодого возраста: распространенность и сердечно-сосудистые факторы риска. *Кардиология*. 2018; 58 (11): 24-34. DOI: 10.18087/cardio.2018.10.10184
4. Барбараш О.А., Капиталов В.В., Быкова И.С., Эрлих А.Д., Грацианский Н.А. Особенности клинического течения и стационарного этапа лечения пациентов с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST в зависимости от пола (по данным Российского Регистра Острого коронарного синдрома «Рекорд-3». *Российский кардиологический журнал*. 2017; 6 (146): 122-131. DOI: 10.15829/1560-4071-2017-6-122-131
5. Naghavi M., Libby P., Falk E., Casscells S.W., Litovsky S., Rumberger J. et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: a call for new definitions and risk assessment strategies: part I. *Circulation*. 2003; 108: 1664-1672. DOI: 10.1161/01.CIR.0000087480.94275.97
6. Virmani R., Burke A.P., Farb A., Kolodgie F.D. Pathology of the vulnerable plaque. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47 (8): 13-18. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.065
7. 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. *REJR*. 2016; 6 (3): 68-79. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-3-68-79
8. Aldrovandi A., Cademartiri F., Arduini D., Lina D., Ugo F., Maffei E. et al. Computed tomography coronary angiography in patients with acute myocardial infarction without significant coronary stenosis. *Circulation*. 2012; 126: 3000-3007. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.117598
9. Motoyama S., Sarai M., Harigaya H., Anno H., Inoue K., Hara T. et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 49-57. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.02.068



10. Меркулова И.Н., Шария М.А., Шабанова М.С., Миронов В.М., Веселова Т.Н., Гаман С.А. и др. Возможности компьютерной томографии в выявлении атеросклеротических бляшек «высокого риска» у больных с острым коронарным синдромом: сопоставление с внутрисосудистым ультразвуковым исследованием. *Кардиология*. 2020; 60 (12). DOI: 10.18087/cardio.2020.12.n1304
11. Puchner S.B., Ferencik M., Maehara A., Stolzmann P., Ma S. et al. Iterative image reconstruction improves the accuracy of automated plaque burden assessment in coronary ct angiography: a comparison with intravascular ultrasound. *AJR Am J Roentgenol*. 2017; 208 (4): 777-784. DOI: 10.2214/AJR.16.17187
12. Cury R.C., Abbara S., Achenbach S., Agatston A., Berman D.S., Budoff M.J. et al. CAD-RADS™: Coronary artery disease – reporting and data system: an expert consensus document of the society of cardiovascular computed tomography (SCCT), the American College of Radiology (ACR) and the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). Endorsed by the American College of Cardiology. *J Am Coll Radiol*. 2016; 13: 1458-1466. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.04.024
13. Российское кардиологическое общество (РКО). Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (11): 4103. DOI: 10.15829/29/1560-4071-2020-4103
14. Collet J., Thiele H., Barbato E., Barthélémy O., Bauersachs J., Bhatt D.L. и др. Рекомендации ESC по ведению пациентов с острым коронарным синдромом без стойкого подъема сегмента ST 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26 (3): 4418. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4418
15. Motoyama S., Ito H., Sarai M., Kondo T., Kawai H., Nagahara Y. et al. Plaque characterization by coronary computed tomography angiography and the likelihood of acute coronary events in mid-term follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66 (4): 337-346. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.05.069
16. Anzola L.K., Rivera J.N., Ramirez J.C., Signore A., Mut F. *Molecular Imaging of Vulnerable Coronary Plaque with Radio-labeled Somatostatin Receptors (SSTR)*. *J Clin Med*. 2021; 10 (23): 5515. DOI: 10.3390/jcm10235515
17. Andrew P. S., Charalambos A. *From the vulnerable plaque to the vulnerable patient: Current concepts in atherosclerosis*. *British Journal of Pharmacology*? 2021; 178 (11): 2165-2167. DOI: 10.1111/bph.15347
18. Hop H., de Boer S.A., Reijrink M., Kamphuisen P.W., de Borst M.H., Pol R.A. et al. 18F-sodium fluoride positron emission tomography assessed microcalcifications in culprit and non-culprit human carotid plaques. *J Nucl Cardiol*. 2019; 26 (4): 1064-1075. DOI: 10.1007/s12350-018-1325-5
19. Hutcheson J.D., Maldonado N., Aikawa E. *Small entities with large impact: microcalcifications and atherosclerotic plaque vulnerability*. *Curr Opin Lipidol*. 2014; 25 (5): 327-332. DOI: 10.1097/MOL.000000000000105
20. Motoyama S., Ito H., Sarai M., Kondo T., Kawai H., Nagahara Y. et al. *Plaque characterization by coronary computed tomography angiography and the likelihood of acute coronary events in mid-term follow-up*. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66 (4): 337-346. DOI:
21. Oraby A.S., Alarabawy R.A., Abd Alla T.M., Dawoud M.M. *High risk plaque criteria by multislice coronary CT angiography in patients with stable vs. unstable coronary artery disease: analytic cross-sectional study*. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2020; 51: 21. DOI: 10.1186/s43055-020-0136-2,
22. Seifarth H., Schlett C.L., Nakano M., Otsuka F., Károlyi M., Liew G. et al. *Histopathological correlates of the napkin-ring sign plaque in coronary CT angiography*. *Atherosclerosis*. 2012; 224 (1): 90-96. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.06.021
23. Kim J., Kwag H.J., Yoo S.M., Yoo J.Y., Chae I.H., Choi D.J. et al. *Discrepancies between coronary CT angiography and invasive coronary angiography with focus on culprit lesions which cause future cardiac events*. *Eur Radiol*. 2018; 28 (4): 1356-1364. DOI: 10.1007/s00330-017-5095-2.

## References:

1. Kashtalov V.V., Hryachkova O.N., Barbarash O.L. *Clinical significance of coronary calcification for the assessment of cardiovascular risk*. *Atherosclerosis and dyslipidemia*. 2016; 1: 5-14 (in Russian).
2. Okrugin S.A., Kuzheleva E.A., Garganeeva A.A. *World health organization project «acute myocardial infarction registry»: epidemiological monitoring of acute coronary catastrophes*. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2018; 7 (1): 76-83 DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-1-76-83 (in Russian).
3. Andreenko E.Yu., Yavelov I.S., Loukianov M.M., Vernohayeva A.N., Drapkina O.M., Boytsov S.A. *Ischemic heart disease in subjects of young age: current state of the problem*. *Kardiologiya*. 2018; 58 (11): 24-34 DOI: 10.18087/cardio.2018.10.10184 (in Russian).
4. Barbarash O.L., Kashtalov V.V., Bykova I.S., Erlikh A.A.D., Gratsiansky N.A. *Gender specifics of clinical course and inpatient stage of management in st elevation acute coronary syndrome patients (by the russian registry of acute coronary syndrome «record-3»)*. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 6 (146): 122-131 DOI: 10.15829/1560-4071-2017-6-122-131 (in Russian).
5. Naghavi M., Libby P., Falk E., Casscells S.W., Litovsky S., Rumberger J. et al. *From vulnerable plaque to vulnerable patient: a call for new definitions and risk assessment strategies: part I*. *Circulation* 2003; 108: 1664-1672. DOI: 10.1161/01.CIR.0000087480.94275.97
6. Virmani R., Burke A.P., Farb A., Kolodgie F.D. *Pathology of the vulnerable plaque*. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47 (8): 13-18. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.065
7. 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).
8. Aldrovandi A., Cademartiri F., Arduini D., Lina D., Ugo F., Maffei E. et al. *Computed tomography coronary angiography in patients with acute myocardial infarction without signifi-*

- cant coronary stenosis. *Circulation*. 2012; 126: 3000-3007. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.117598
9. Motoyama S., Sarai M., Harigaya H., Anno H., Inoue K., Hara T. et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 49-57. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.02.068
10. Merkulova I.N., Shariya M.A., Mironov V.M., Shabanova M.S., Veselova T.N., Gaman S.A. et al. Computed tomography coronary angiography possibilities in "high risk" plaque identification in patients with non-ST-elevation acute coronary syndrome: Comparison with intravascular ultrasound. *Kardiologiya*. 2020; 60 (12): 64-75 DOI: 10.18087/cardio.2020.12.n1304 (in Russian).
11. Puchner S.B., Ferencik M., Maehara A., Stolzmann P., Ma S. et al. Iterative image reconstruction improves the accuracy of automated plaque burden assessment in coronary ct angiography: a comparison with intravascular ultrasound. *AJR Am J Roentgenol*. 2017; 208 (4): 777-784. DOI: 10.2214/AJR.16.17187
12. Cury R.C., Abbara S., Achenbach S., Agatston A., Berman D.S., Budoff M.J. et al. CAD-RADS™: Coronary artery disease - reporting and data system: an expert consensus document of the society of cardiovascular computed tomography (SCCT), the American College of Radiology (ACR) and the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). Endorsed by the American College of Cardiology. *J Am Coll Radiol*. 2016; 13: 1458-1466. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.04.024
13. Russian Society of Cardiology. 2020 Clinical practice guidelines for Acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25 (11): 410 DOI: 10.15829/29/1560-4071-2020-4103 (in Russian).
14. Collet J., Thiele H., Barbato E., Barthélémy O., Bauersachs J., Bhatt D.L. et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26 (3): 4418 DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4418 (in Russian).
15. Motoyama S., Ito H., Sarai M., Kondo T., Kawai H., Naga-hara Y. et al. Plaque characterization by coronary computed tomography angiography and the likelihood of acute coronary events in mid-term follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66 (4): 337-346. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.05.069
16. Anzola L.K., Rivera J.N., Ramirez J.C., Signore A., Mut F. Molecular Imaging of Vulnerable Coronary Plaque with Radio-labeled Somatostatin Receptors (SSTR). *J Clin Med*. 2021; 10 (23): 5515. DOI: 10.3390/jcm10235515
17. Andrew P. S., Charalambos A. From the vulnerable plaque to the vulnerable patient: Current concepts in atherosclerosis. *British Journal of Pharmacology*? 2021; 178 (11): 2165-2167. DOI: 10.1111/bph.15347
18. Hop H., de Boer S.A., Reijrink M., Kamphuisen P.W., de Borst M.H., Pol R.A. et al. 18F-sodium fluoride positron emission tomography assessed microcalcifications in culprit and non-culprit human carotid plaques. *J Nucl Cardiol*. 2019; 26 (4): 1064-1075. DOI: 10.1007/s12350-018-1325-5
19. Hutchesson J.D., Maldonado N., Aikawa E. Small entities with large impact: microcalcifications and atherosclerotic plaque vulnerability. *Curr Opin Lipidol*. 2014; 25 (5): 327-332. DOI: 10.1097/MOL.000000000000105
20. Motoyama S., Ito H., Sarai M., Kondo T., Kawai H., Naga-hara Y. et al. Plaque characterization by coronary computed tomography angiography and the likelihood of acute coronary events in mid-term follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 66 (4): 337-346. DOI:
21. Oraby A.S., Alarabawy R.A., Abd Alla T.M., Dawoud M.M. High risk plaque criteria by multislice coronary CT angiography in patients with stable vs. unstable coronary artery disease: analytic cross-sectional study. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2020; 51: 21. DOI: 10.1186/s43055-020-0136-2
22. Seifarth H., Schlett C.L., Nakano M., Otsuka F., Károlyi M., Liew G. et al. Histopathological correlates of the napkin-ring sign plaque in coronary CT angiography. *Atherosclerosis*. 2012; 224 (1): 90-96. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.06.021
23. Kim J., Kwag H.J., Yoo S.M., Yoo J.Y., Chae I.H., Choi D.J. et al. Discrepancies between coronary CT angiography and invasive coronary angiography with focus on culprit lesions which cause future cardiac events. *Eur Radiol*. 2018; 28 (4): 1356-1364. DOI: 10.1007/s00330-017-5095-2