НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ЗНАЧЕНИЕ КТ-КОРОНАРОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ РИСКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ СОБЫТИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ПЛАНИРУЕМЫМИ НЕКАРДИОХИРУРГИЧЕСКИМИ ВМЕШАТЕЛЬСТВАМИ

Воронова И.Г.[1,2], Зяблова Е.И.[1,2]

1 – Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В. Очаповского. г. Краснодар, Россия.
2 – Кубанский государственный медицинский университет. г. Краснодар, Россия.

Данный обзор литературы посвящен компьютерной томографии (КТ) коронарных артерий у пациентов с некоронарной патологией перед планируемыми некардиохирургическими вмешательствами.

Материалы и методы. Обзор научных публикаций по теме возможностей КТ-коронарографии в диагностике сосудистых поражений коронарных артерий у пациентов с некардиохирургическими оперативными вмешательствами. Рассмотрены как многоцентровые проспективные рандомизированные исследования, так и одноцентровые нерандомизированные исследования.

Результаты. Чувствительность и специфичность КТ-ангиографии для выявления гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий (более 50%) согласно исследованиям разных авторов (в сравнении с инвазивной коронарографией) является очень высокой (чувствительность составляет от 83 до 100%, специфичность от 75 до 97%). Например, по данным мета-анализа Koshy и др., риск развития периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий был выше у пациентов с распространенным и выраженным кальцинозом коронарных артерий по КТ-коронарографии, при этом многососудистое поражение (более 2 коронарных артерий) представляло наибольший риск для пациентов.

Обсуждение. Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события, возникающие после некардиохирургических вмешательств, обычно связаны с имеющейся ишемической болезнью сердца. Оценка риска возникновения периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий крайне важна для хирургического планирования. КТ-коронарография представляет неинвазивное исследование для выявления или исключения ишемической болезни сердца с высокой чувствительностью и специфичностью. Хотя современные рекомендации не включают КТ-коронарографию в качестве рутинного предоперационного обследования для пациентов, которым планируются некардиохирургические вмешательства, метод все чаще используется в клинической практике для предоперационного исследования с целью диагностики ишемической болезни сердца.

Заключение. Согласно данным объединенного анализа Koshy и др., коронарный кальциноз > 1000, а также многососудистое поражение ассоциированы с самым высоким периоперационным риском возникновения неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (ОШ 10,4; 95% ДИ; p<0,01). Поэтому КТ-коронарография у пациентов с некоронарной патологией в предоперационном периоде представляет особый интерес как точный диагностический метод для выявления атеросклеротического поражения артерий сердца с последующим принятием решения тактики ведения.

Ключевые слова: КТ-коронарография, коронарные артерии, атеросклероз.

Контактный автор: Воронова И.Г., e-mail: chiffinch@mail.ru

Для цитирования: Воронова И.Г., Зяблова Е.И. Значение КТ-коронарографии в определении риска неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у пациентов с планируемыми некардиохирургическими вмешательствами. REJR 2025; 15(4):194-207. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-194-207.

Статья получена: **14.11.24** **Статья принята:** **19.12.25**

THE ROLE OF CT CORONARY ANGIOGRAPHY IN RISK DETERMINATION OF MAJOR CARDIAC EVENTS IN PATIENTS PRIOR TO NON-CARDIAC SURGICAL INTERVENTIONS

Voronova I.G.[1,2], Zyablova E.I.[1,2]

1 - Scientific Research Institute, Ochapovsky Regional Clinical Hospital No.1.
2 - Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia.

This literature review is devoted to computed tomography (CT) of the coronary arteries in patients with non-coronary pathology prior to non-cardiac surgery.

Material and methods. We review scientific publications on the role of CT coronary angiography in the diagnosis of coronary arteries atherosclerosis in patients with non-cardiac surgical interventions. Both multicenter prospective randomized studies and single-center non-randomized studies are reviewed.

Results. The sensitivity and specificity of CT angiography for detecting hemodynamically significant coronary artery stenoses (more than 50%) according to studies by different authors (compared to invasive coronary angiography) is very high (sensitivity ranges from 83 to 100%, specificity from 75% to 97%). For example, in a meta-analysis by Koshy et al., the risk of perioperative adverse cardiovascular events was higher in patients with widespread and severe coronary artery calcification on CT coronary angiography, with multivessel disease (more than 2 coronary arteries) representing the greatest risk for patients.

Discussion. Serious adverse cardiovascular events occurring after non-cardiac surgery are usually related to pre-existing coronary artery disease. Assessing the risk of perioperative adverse cardiovascular events is essential for surgical planning. CT coronary angiography is a non-invasive test for detecting or excluding coronary heart disease with high sensitivity and specificity. Although current guidelines do not include CT coronary angiography as a routine preoperative test for patients undergoing non-cardiac surgery, it is increasingly being used in clinical practice for preoperative testing to diagnose coronary artery disease.

Conclusion. In a pooled analysis by Koshy et al, coronary calcification >1000 and multivessel disease were associated with the highest perioperative risk of adverse cardiovascular events (OR 10.4; 95% CI; $p < 0.01$). Therefore, CT coronary angiography in patients with non-coronary pathology in the preoperative period is of particular interest as an accurate diagnostic method for identifying atherosclerotic lesions of the coronary arteries with subsequent decision-making on a patient management.

Keywords: CT coronary angiography, coronary arteries, atherosclerosis.

Corresponding author: Voronova I.G., e-mail: chiffinch@mail.ru

For citation: Voronova I.G., Zyablova E.I. The role of CT coronary angiography in risk determination of major cardiac events in patients prior to non-cardiac surgical interventions. REJR 2025; 15(4):194-207. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-194-207.

Received: **14.11.24** **Accepted:** **19.12.25**

Хирургическое вмешательство является одним из наиболее распространенных методов лечения пациентов с некоронарной патологией, например, аневризмой брюшной аорты или такими опухолями грудной клетки, как опухоли легких, пищевода и средостения. У этих пациентов может быть бессимптомная ишемическая болезнь сердца (ИБС) с малозаметными и атипичными клиническими симптомами. Основные неблагоприятные сердечно-сосудистые события, возникающие после хирургических вмешательств по поводу некоронарной патологии, обычно связаны с имеющейся ИБС. Оценка риска возникновения периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий важна для хирургического планирования и выбора тактики ведения пациента. КТ-коронарография представляет собой неинвазивное исследование с высокой чувствительностью и специфичностью в выявлении или исключении ИБС [1].

Хотя современные рекомендации не включают КТ-коронарографию в качестве рутинного предоперационного обследования пациентов с некардиохирургическими вмешательствами, этот метод все чаще используется как надежный метод диагностики ИБС в клинической практике [2].

КТ-коронарографии отводится важное место в кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии, сегодня МСКТ коронарных артерий – не редко используемое исследование, применяемое для научных целей, а метод с определенными показаниями к применению [3].

Предыдущие исследования показали, что тяжесть и распространенность ИБС, выявленные по КТ-коронарографии, у некардиохирургических пациентов ассоциированы с возникновением периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [1, 4, 10].

В данном обзоре рассмотрим результаты КТ-коронарографии различных исследований у пациентов с плановыми хирургическими вмешательствами, чтобы улучшить понимание периоперационного ведения больных с некоронарной патологией.

Диагностическая точность МСКТ-коронарографии.

Большинство исследований (за исключением CORE 64) показывают, что отрицательный результат МСКТ-коронарографии может эффективно исключить обструктивное поражение артерий сердца. В мета-анализе 2008 года МСКТ-коронарография с помощью 64-срезовых сканеров имела чувствительность 99% и отрицательную прогностическую ценность 100% [5]. Однако в большинстве исследований специфичность была ниже, чем чувствительность, и возможны ложноположительные результаты, особенно у пациентов с обширной кальцификацией коронарных артерий.

В исследовании ACCURACY 64-срезовые КТ имели чувствительность 94% и специфичность 83% при выявлении степени стеноза 70% или больше (сопоставимые значения наблюдались при уровне стеноза 50%). Пациенты с высокими показателями кальцификации коронарных артерий не исключались из исследования. Уровень кальция выше 400 по индексу Агатстона значительно снижает специфичность МСКТ-коронарографии. Отрицательная прогностическая ценность МСКТ-коронарографии составила 99% [6].

В исследовании CORE, проспективном многоцентровом исследовании пациентов с подозрением на симптоматическую ИБС, направленных на обычную коронарную ангиографию, 64-срезовая МСКТ-коронарография имела чувствительность 85% и специфичность 90% (за исключением пациентов с показателем кальция более 600) для выявления степени стенозов 50% и более.

В мета-анализе 2008 года чувствительность была самой высокой для ствола левой коронарной артерии и самой низкой (85%) для огибающей артерии [6]. Исследование ACCURACY показало, что по сравнению с другими неинвазивными методами, такими как стресс-эхокардиография и стресс-перфузионная сцинтиграфия миокарда, МСКТ-коронарография имеет сопоставимую специфичность, но более высокую чувствительность и отрицательную прогностическую ценность [7].

В таблице №1 представлены исследования, проведенные с 2005 по 2015 гг., в которых для МСКТ-коронарографии представлены такие показатели, как чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность.

Несмотря на высокую диагностическую точность КТ-коронарографии, остаются вопросы функциональной оценки ишемии миокарда, так как степень стеноза артерий не всегда коррелирует с клинической картиной. Одновременная анатомическая и функциональная оценка венечных артерий может улучшить прогноз пациентов с ИБС. В качестве такого метода обследования может выступать КТ-коронарография, дополненная стресс-перфузией и/или измерением фракционного резерва кровотока [8].

Таблица №1. Показатели чувствительности, специфичности и положительной прогностической ценности в различных клинических исследованиях.

Исследование, год	Количество пациентов	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	Положительная прогностическая ценность (%)
Achenbach и др., 2005	50	94	96	69
Hausleiter и др., 2007	243	99	75	-
Leschka и др., 2005	67	94	97	87
Martuscelli и др., 2004	64	89	98	90
Mollet и др., 2005	52	99	95	76
Morgan-Hughes и др., 2005	58	83	97	80
Pugliese и др., 2006	35	99	96	78
Ropers и др., 2003	77	92	93	79
Van Lingen и др., 2009	78	93	86	79
Takakuwa (MACE) и др., 2011	1559	93,3	89,9	48,1
Nagori (MACE) и др., 2015	89	100	95,7	94,7
Hoffmann (ASC) и др., 2009	368	100	54	_

Роль КТ-коронарографии в прогнозировании сердечно-сосудистого риска в предоперационном периоде перед некардиохирургическими вмешательствами.

К неблагоприятным периоперационным сердечно-сосудистым событиям относят сердечную смерть, нефатальный инфаркт миокарда, сердечную недостаточность, гемодинамически значимую желудочковую аритмию и остановку кровообращения. В мета-анализ Koshy и др. [4] были включены 11 исследований с общим количеством пациентов 3480, из которых в 7 исследованиях пациентам выполняли КТ-коронарографию, в 7 исследованиях – проводили только оценку коронарного кальциноза, в 3 исследованиях – выполняли КТ-коронарографию и подсчет индекса Агатстона. Средний возраст больных во включенных исследованиях составил 65 + 8 лет, из них 67% были мужчины. Критерии включения исследований в мета-анализ были следующие: 1) в исследовании участвовали пациенты, которым выполняли некардиохирургическое вмешательство; 2) данным пациентам выполняли предоперационную КТ-коронарографию или оценку коронарного кальциноза для выявления ИБС; 3) в исследовании проводился анализ связи между степенью ИБС (или коронарного кальциноза) и риска возникновения периоперационного неблагоприятного сердечно-сосудистого события; 4) послеоперационное клиническое наблюдение за пациентами осуществляли в течение не менее 30 суток.

По степени стеноза коронарных артерий больные были разделены на 3 группы: 1) с отсутствием ишемической болезни сердца; 2) с необструктивной ишемической болезнью сердца (стеноз коронарной артерии < 50%); 3) с обструктивной ишемической болезнью сердца (стеноз коронарной артерии > 50%). По степени коронарного кальциноза пациенты также были разделены на 3 группы: 1) с отсутствием кальция (индекс 0); 2) с коронарным кальцием в диапазоне 1-399 (легкая степень); 3) коронарный кальциноз > 400 (умеренный); 4) коронарный кальциноз > 1000 (тяжелый).

Всего в 11 исследованиях было зарегистрировано 252 (7,2%) периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых события, из них у 71 пациента наступил летальных исход вследствие инфаркта миокарда, 142 пациента перенесли нефатальный инфаркт миокарда, у 16 больных возникла клинически значимая сердечная недостаточность, у 23 – желудочковая аритмия. Частота периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий была выше у больных с тяжелой степенью ИБС (в соответствии со стратификацией по данным КТ-коронарографии и индекса Агатстона). Самый высокий риск отмечался у больных с многососудистым обструктивным поражением коронарных артерий (поражение > 2 сосудов со стенозами > 50%: ОШ 8,9; 95% ДИ; p < 0,001). Значительный, хотя и меньший риск, регистрировался у пациентов с обструктивным поражением одной коронарной артерии – стеноз более 50% (ОШ 3,0; 95% ДИ; p < 0,002). При этом не было выявлено статистически значимой связи между необструктивной ИБС (стеноз менее 50%) и наступлением неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (ОШ 1,7; 95% ДИ; p = 0,16). В группе пациентов с высоким риском

возникновения неблагоприятных сердечно-сосудистых событий КТ-коронарография продемонстрировала совокупную отрицательную прогностическую ценность 96% (95% ДИ) с низкой гетерогенностью.

ЭКГ-синхронизированная КТ-ангиография у пациентов с опухолями грудной клетки.

Сердечно-сосудистые заболевания являются одной из основных причин смерти у пациентов с опухолями, кроме того, между ними есть общие факторы риска. Повреждение эндотелия сосудов или тромбоз артерий может быть вызван противоопухолевым лечением и увеличивать риск сердечно-сосудистых заболеваний [9]. Онкологические больные имеют высокий риск развития ИБС, при этом клинические проявления атипичные, например, боль в грудной клетке и одышка реже наблюдаются [10]. ИБС может повлиять на лечение опухолевого процесса, в частности может быть препятствием к хирургическому вмешательству. Хирургическое вмешательство является распространенным методом лечения пациентов с опухолями легкого, пищевода или средостения, в связи с чем, предъявляются определенные требования к функции кровообращения онкологических больных. Кроме того, тип операции связан с сердечным риском. Например, торакальные операции относятся к вмешательствам высокого риска, поскольку риск наступления неблагоприятных сердечно-сосудистых событий составляет ≥ 5% [11]. Хирургический стресс приводит к воспалению и гиперкоагуляции, вызывая нестабильность или разрыв атеросклеротической бляшки с последующим тромбозом коронарной артерии [11, 12].

К периоперационным неблагоприятным сердечно-сосудистым событиям относят нефатальный инсульт, нефатальный инфаркт миокарда, застойную сердечную недостаточность и кардиогенную смерть, которые произошли в течение 30 дней после операции. Ежегодно во всем мире более 300 миллионов пациентов подвергаются хирургическим вмешательствам по поводу некоронарной патологии [13]. Сердечно-сосудистые осложнения являются одной из основных причин наступления неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у пациентов, перенесших операции по поводу некоронарных заболеваний. По мере того, как количество онкологических пациентов с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями продолжает увеличиваться, частота возникновения периоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий также возрастает, что серьезно влияет на тактику ведения больных. Поэтому предоперационная оценка кардиального риска имеет большое значение для больных с опухолями.

КТ-коронарография – это неинвазивное исследование для оценки ИБС, которое четко отображает тип и состав бляшки и точно оценивает протяженность и степень стеноза коронарных артерий [14, 15]. В отличие от инвазивной коронарной ангиографии, КТ-коронарография показывает ремоделирование артерий за счет бляшек без сужения просвета [16]. Обладая относительно высокой чувствительностью и специфичностью, низкой стоимостью и низкой лучевой нагрузкой, КТ-коронарография стала предпочтительным методом неинвазивного обследования для диагностики ИБС. Добавление кардиосинхронизации к КТ-ангиографии у пациентов с опухолями грудной клетки не приводит к значительному увеличению лучевой нагрузки и обеспечивает практическое улучшение стратификации сердечно-сосудистого риска у этих пациентов [17].

В одноцентровом исследовании Е.И. Зябловой и др. была изучена диагностическая ценность КТ-ангиографии грудной клетки у пациентов с центральным раком легкого перед хирургическим вмешательством [18]. Всего в исследование было включено 185 больных, которые были разделены на две группы. В группу сравнения включили 85 больных с подозрением на ИБС без ранее подтвержденного диагноза, которым проводили КТ-ангиографию без кардиосинхронизации. В исследуемой группе (100 пациентов с верифицированной ИБС) проводили КТ-ангиографию грудной клетки с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией. Сканирование выполнялось на компьютерных томографах фирмы Siemens (Германия): Definition AS (128-срезовый) и Somatom Sensation (64-срезовый).

У пациентов двух групп в анализ включили 1064 сегмента коронарных артерий. Атеросклероз коронарных артерий выявили у 52 больных в группе сравнения и 75 пациентов в исследуемой группе. На рисунке 1 представлен клинический пример: мужчина, 77 лет, с центральным раком правого легкого, прошедший предоперационное обследование в виде нагрузочного тредмил-теста, с помощью которого была выявлена индуцированная нагрузочным исследованием ишемия миокарда. Далее решено было выполнить КТ-ангиографию грудной клетки с ЭКГ-синхронизацией для одновременной оценки как опухоли в корне легкого, так и коронарного русла. КТ-ангиография с кардиосинхро-

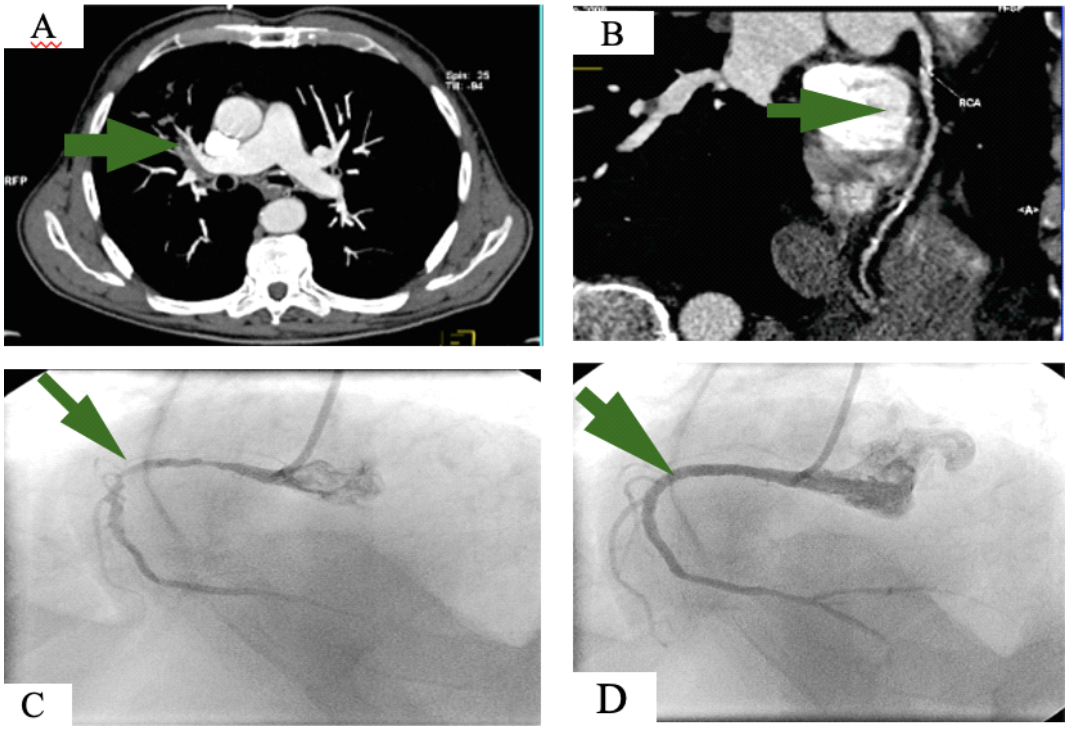

Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Пациент А., мужчина, 77 лет (клинический случай предоставлен Зябловой Е.И.).

A – КТ-ангиография с ЭКГ-синхронизацией, аксиальный срез, мягкотканное окно. В корне правого легкого визуализируются патологические мягкотканные массы. По данным гистологического исследования – аденокарцинома.

B – КТ-ангиография, криволинейная реконструкция вдоль оси правой коронарной артерии. Определяется значимый стеноз правой коронарной артерии (75%).

C – Инвазивная коронарная ангиография. Подтвержден стеноз правой коронарной артерии.

D – Инвазивная коронарная ангиография. Проведена имплантация стента в правую коронарную артерию.

Fig. 1. Patient A., 77 years, male (the clinical case is granted by Zyablova E.I.).

A – CT angiography with ECG synchronization, axial section, soft tissue window. Pathological soft tissue masses are visualized in the root of the right lung. According to histological examination – adenocarcinoma.

B – CT angiography, curvilinear reconstruction along the axis of the right coronary artery, significant stenosis of the right coronary artery (75%).

C – Invasive coronary angiography, stenosis of the right coronary artery is confirmed.

D – Invasive coronary angiography, a stent was implanted in the right coronary artery.

низацией повлияла на тактику ведения больного: сначала выполнили стентирование правой коронарной артерии, а затем только хирургическое вмешательство по поводу рака легкого.

Было показано, что данный метод имеет высокую чувствительность (84%) и специфичность (96%) для оценки значимых стенозов коронарных артерий. Несмотря на ложноположительные результаты, большая часть стенозов была обнаружена именно методом КТ-ангиографии.

В таблице №2 представлены результаты КТ-ангиографии в оценке стенозов коронарных артерий у пациентов с центральным раком легкого.

У тех пациентов, которым по результатам КТ-ангиографии была исключена патология коронарных артерий, и тех, у которых наблюдались незначимые стенозы (<50%), не возникал острый коронарный синдром на протяжении, как минимум, 1 месяца, что указывает на высокую отрицательную прогностическую ценность КТ-ангиографии с

Таблица №2. Диагностическое значение КТ-ангиографии в оценке состояния стенозов коронарных артерий (анализ по пациентам).

	Чувствительность, % (ДИ %)	Специфичность, % (ДИ %)	Общая точность, % (ДИ %)	Прогностическая ценность положительного результата	Прогностическая ценность отрицательного результата
Нет стенозов	78,12 (61,24–88,98)	96,35 (92,67–98,22)	93,75 (89,78–96,24)	78,13	96,35
Стенозы до 50%	74,19 (56,75–86,3)	94,84 (90,15–97,36)	91,4 (86,48–94,64)	74,19	94,84
Стенозы более 50%	84,38 (68,25–93,14)	96 (91,18–98,32)	93,75 (88,88–96,57)	84,38	96,09

Примечание: ДИ – доверительный интервал.

ЭКГ-синхронизацией.

Данные КТ-ангиографии в исследуемой группе повлияли на выбор лечения у 30% пациентов: 20 пациентам было отказано в хирургическом лечении, 9 пациентам имплантировали стенты в коронарные артерии, 1 пациенту провели симультанную операцию – лобэктомию с шунтирующей операцией на сердце.

Нужно отметить, что в исследовании Е.И. Зябловой и др. при проведении предоперационной КТ-ангиографии с ЭКГ-синхронизацией применялся низкодозовый протокол, как например Care dose и Care kV [18]. Низкодозовый протокол КТ-ангиографии имеет несколько ключевых преимуществ, таких как снижение лучевой нагрузки на 50-80% (доза облучения варьирует в диапазоне 1-3 мЗв в сравнении с обычным протоколом КТ коронарографии с лучевой назрузкой 5-15 мЗв), сохранение диагностической точности для выявления гемодинамически значимых стенозов, уменьшение артефактов от кальция.

Таким образом, дополнение КТ-ангиографии ЭКГ-синхронизацией не привело к значительному увеличению дозы облучения у больных, более того, использование низкодозовых протоколов позволило существенно сократить лучевую нагрузку.

В еще одном исследовании M. Liao и др. принимали участие 779 пациентов с опухолями грудной клетки, включая рак легкого, опухоли пищевода и новообразования средостения [19]. Всем пациентам в предоперационном периоде выполняли КТ-ангиографию грудной клетки с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией на 256-срезовом компьютерном томографе Brilliance фирмы Philips. Степень стеноза коронарных артерий классифицировали как 0%, незначимый (<50%), умеренный (50-75%) и значимый (≥ 75%). При этом умеренные и значимые стенозы классифицировали как обструктивную ИБС, а незначимые стенозы (<50%) как необструктивную ИБС. Оценка кальцификации коронарных артерий оценивалась следующим образом: 0, 1–99, 100–399, 400–999 и >1000. Влияние результатов КТ-ангиографии на тактику ведения пациентов определялось после проведения консилиума.

Среди пациентов с ИБС отказано было в хирургическом лечении 55, 28 и 48 пациентам с незначимыми, умеренными и значимыми стенозами соответственно. Всего у 634 (81,4%) пациентов была выявлена необструктивная ИБС и у 145 (18,6%) пациентов была обструктивная ИБС. Среди пациентов с необструктивной ИБС у 463 (59,4%) больных коронарные артерии были нормальными, а у 171 (22%) пациента наблюдались незначимые стенозы. Среди пациентов с обструктивной ИБС у 71 (9,1%) пациента отмечались умеренные стенозы и у 74 (9,5%) пациентов – значимые. Кроме того, при обструктивной ИБС 1-, 2- и 3-сосудистое поражение выявлено у 173 (22,2%), 93 (11,9%) и 50 (6,4%) пациентов соответственно; у 143 (18,4%) пациентов выявлено многососудистое поражение (≥ 2 ветвей). Плановое хирургическое вмешательство было отменено у 19 (11,0%), 28 (30,1%) и 19 (38,0%) пациентов с 1-, 2- и 3-сосудистым поражением соответственно. В классификации CACS 500 (64,2%), 96 (12,3%), 96 (12,3%), 56 (7,2%) и 31 (4,0%) пациенты были оценены как 0, 1–99, 100–399, 400–999 и > 1000 соответственно (табл. №4).

Одномерный и многомерный логисти-

Таблица №3. Лучевая нагрузка при КТ-ангиографии у пациентов исследуемой группы на 64-срезовом и 128-срезовом компьютерных томографах.

	Минимальная в группе, мЗв	Максимальная в группе, мЗв	Средняя в группе, мЗв
КТ-ангиография с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией на 64-срезовом КТ-сканере (58 пациентов)	9,35	22,1	14,59
КТ-ангиография с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией на 128-срезовом КТ-сканере (42 пациента)	2,24	14,14	6,12

Таблица №4. Показатель кальцификации коронарных артерий и случаи отказа в хирургическом вмешательстве по причине кардиального риска.

	Частота кальцификации коронарных артерий (количество пациентов, %)	Отказ в хирургическом вмешательстве (количество пациентов, %)	Р-величина
0	500 (64,2%)	0 (0)	<0,001
1-99	96 (12.3%)	0 (0)	<0,001
100-399	96 (12.3%)	27 (28.1%)	<0,001
400-999	56 (7.2%)	24 (42.9%)	<0,001
>1000	31 (4.0%)	15 (48.4%)	<0,001

ческий регрессионный анализ показал, что количество и степень сосудистого стеноза независимо коррелировали с отказом в хирургическом вмешательстве.

В послеоперационном периоде у 1 оперированного больного по поводу центрального рака легкого со значимым стенозом и 2-сосудистым поражением развился нефатальный инфаркт миокарда; 2 пациентов с опухолями пищевода с незначимыми стенозами коронарных артерий умерли от инфаркта миокарда и развившегося кардиального шока, у остальных пациентов значимых неблагоприятных сердечно-сосудистых событий не возникло.

Ограничения данного метода заключаются в следующем. Все рассмотренные исследования в данном литературном обзоре включали только периоперационные неблагоприятные сердечно-сосудистые события во время госпитализации и в течение 1 месяца наблюдения после хирургического вмешательства. Исходы пациентов в отдаленном послеоперационном периоде не изучались. В настоящее время КТ-ангиография с ЭКГ-синхронизацией требует дальнейшего изучения как неинвазивный метод для предоперационной стратификации сердечного риска у пациентов, которым планируются хирургические вмешательства по поводу некоронарной патологии.

ЭКГ-синхронизированная КТ-ангиография у пациентов с патологией брюшной аорты.

Наиболее частой патологией брюшной аорты является атеросклеротическое поражение и аневризматическое ее расширение. Аневризма брюшной аорты представляет собой дилатацию аорты, в 1,5 раза превышающую диаметр в нерасширенном участке брюшной аорты. Основная этиология этого заболевания – дегенеративная, хотя часто оно связано с атеросклеротическим поражением. Известно, что у пациентов с аневризмой брюшной аорты в исследуемых группах гораздо чаще встречаются такие факторы риска, как артериальная гипертензия, инфаркт миокарда, сердечная недостаточность, стеноз сонных артерий и/или нижних конечностей, чем в сходных по возрасту и полу группах риска [20]. Повышенный риск сердечно-сосудистых событий, не связанных

с аневризмой, обусловлен общими факторами риска (например, курение) и путей развития (например, воспаление) [21]. Действительно, 10-летний риск летальности вследствие любой другой сердечно-сосудистой причины (инфаркт миокарда или инсульт) может быть столь же высоким, как 15-кратный риск летальности, ассоциированной с аортой, у пациентов с аневризмой брюшной аорты [22].

КТ, являясь «золотым стандартом» в дооперационной и послеоперационной оценке аорты, играет центральную роль в диагностике, стратификации риска, и ведении пациентов с заболеваниями аорты. В научной литературе имеется несколько исследований, посвященных проблеме оценки коронарных артерий у пациентов с патологией аорты. В исследовании A. Pierro и др. с помощью КТ-ангиографии с кардиосинхронизацией оценивали 477 больных с патологией грудной аорты, но без каких-либо симптомов ИБС. Сканирование проводилось на 64-срезовом компьютерном томографе Philips Brilliance, перед проведением КТ-ангиографии бета-адреноблокаторы не применялись. В результате у 5,3% пациентов были выявлены атеросклеротические бляшки со значимыми стенозами коронарных артерий (>50%), морфология всех бляшек характеризовалась мягкотканной плотностью. При этом пациенты с массивным кальцинозом венечных артерий были исключены из анализа [23].

В еще одном исследовании A.L. Hachulla и др. принимали участие 84 пациента, у которых посредством МСКТ-ангиографии с ЭКГ-синхронизацией одновременно оценивали аорту и коронарные артерии. Исследование проводилось с помощью двухэнергетического 256-срезового компьютерного томографа Somatom Definition Flash (Siemens Healthcare). Изображения хорошего качества были получены у 79 (94%) из 84 пациентов и в 1087 (96%) из 1127 сегментов коронарных артерий, среди которых значимые стенозы (>50%) обнаружены в 74 сегментах, при этом на инвазивной коронарной ангиографии в 38 сегментах из 40 подтвердились значимые стенозы. Чувствительность КТ-ангиографии с ЭКГ-синхронизацией составила 97%, специфичность – 98% [24].

Особый интерес представляют исследования, в которых сравнивали МСКТ-ангиографию с ЭКГ-синхронизаций и без таковой.

M. Beeres и др. проводили КТ-ангиографию с высоким питчем (3,0) у пациентов с патологией аорты, при этом больных разделили на 2 группы (с ЭКГ-синхронизацией и без кардиосинхронизации), в каждую группу включили 40 пациентов. Результаты исследования оказались схожими у двух групп: у большинства пациентов были получены изображения отличного качества для оценки корня аорты, аортального клапана и коронарных артерий [25].

J.W. Lee и др. включили в исследование 104 больных, которых разделили на две группы: в первой группе больных сканировали без ЭКГ-синхронизации, во второй – с кардиосинхронизацией. МСКТ-ангиография проводилась на 512-срезовом компьютерном томографе Revolution CT (GE Healthcare), перед выполнением сканирования больные не принимали нитроглицерин или бета-адреноблокаторы. Результаты оказались таковыми, что в первой группе пациентов, которой выполняли КТ-ангиографию с ЭКГ-синхронизацией, оказались значительно лучше, нежели во второй группе. В первой группе изображения хорошего качества с возможностью оценки степени стеноза были получены в 192 сегментах (92,3%) из 208, в то время как во второй группе диагностические изображения получены в 81 сегменте (38,9%) из 208 [26].

Актуальность данной проблемы обусловлена тем, что даже после успешного хирургического лечения у больных с аневризмой брюшной аорты сохраняется повышенный риск сердечно-сосудистых событий.

У пациентов с аневризмой брюшной аорты одномоментная КТ-коронарография может подтвердить или исключить наличие значимого поражения коронарных артерий перед транскатетерным или открытым хирургическим вмешательством на аорте.

Например, на рисунке 2 представлены изображения пациента с аневризмой инфраренального отдела брюшной аорты, которому выполнили предоперационную КТ-ангиографию с ЭКГ-синхронизацией для одновременной оценки аорты и коронарных артерий. Область сканирования включала грудную клетку, брюшную аорту, таз с целью обнаружения аневризм других локализаций. При оценке коронарных артерий выявлена окклюзия (критический стеноз?) передней нисходящей артерии (ПНА). После выполнения инвазивной ангиографии подтверждена окклюзия ПНА.

Дискуссия о роли КТ-коронарографии в стратификации риска острых коронарных событий перед некардиохирургическими операциями.

Внедрение КТ-коронарографии в предоперационную оценку сердечно-сосудистого риска остается предметом полемики. Хотя

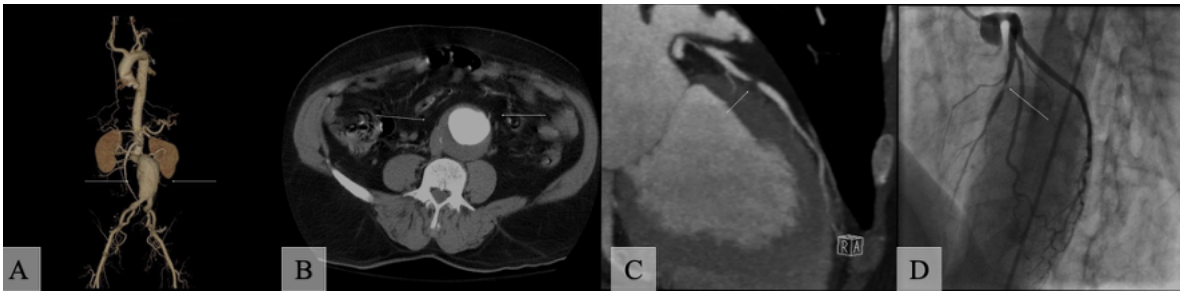

Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Пациент К., мужчина, 60 лет (наблюдение автора статьи).

A – КТ-ангиография с ЭКГ-синхронизацией, объемная реконструкция аорты. В инфраренальном отделе визуализируется аневризма (указана стрелками).

B – КТ-ангиография, аксиальная плоскость, мягкотканное окно. Визуализируется аневризма инфраренального отдела брюшной аорты с пристеночными тромботическими массами (показана стрелками).

C – КТ-ангиография, криволинейная реконструкция. Определяется окклюзия ПНА, тотчас дистальнее отхождения первой диагональной ветви (место окклюзии указано стрелкой).

D – Инвазивная дигитальная субтракционная ангиография. Подтверждена окклюзия ПНА (место окклюзии указано стрелкой).

Fig. 2. Patient K., 60 years male (the case of the authors).

A – CT angiography with ECG synchronization, volumetric reconstruction of the aorta, in which an aneurysm is visualized of the infrarenal part (indicated by arrows).

B – CT angiography, axial slice, soft tissue window, an aneurysm of the infrarenal abdominal aorta with parietal thrombotic masses is visualized (shown by arrows).

C – CT angiography, curvilinear reconstruction reveals occlusion of the LAD (indicated by arrow), distal to the first diagonal artery origin.

D – Invasive digital subtraction angiography. Occlusion of the LAD distal to the origin of the first diagonal branch is confirmed (indicated by arrow).

метод обладает высокой диагностической точностью, его оптимальное место в алгоритмах стратификации до конца не определено. К преимуществам КТ-коронарографии относится прямая визуализация атеросклероза в отличие от функциональных тестов. Исследование DISCHARGE [27] показало, что у пациентов со стабильной стенокардией КТ-коронарография не уступает инвазивной ангиографии в прогнозировании сердечно-сосудистых событий, снижая количество ненужных инвазивных процедур. Также к преимуществам метода относят выявление необструктивного атеросклероза – даже при стенозе <50% наличие нестабильных бляшек повышает риск периоперационных осложнений [14].

Аргументами «против» рутинного использования КТ-коронарографии являются ложноположительные результаты из-за кальциноза или артефактов, которые приводят к избыточному количеству направляемых пациентов на инвазивную ангиографию. Также к недостаткам относят отсутствие доказательств влияния на исходы операции – в настоящее время нет крупных рандомизированных клинических исследований, доказывающих, что скрининг с помощью КТ-коронарографии улучшает периоперационную выживаемость [28]. Наконец, КТ-коронарография не заменяет функциональную оценку, поскольку стеноз может быть гемодинамически незначимым даже при высоком кальциевом индексе.

Существуют и практические разногласия в рекомендациях. Так, в рекомендациях Европейского общества кардиологов 2022 года (ECS/ESA 2022) КТ-коронарография может рассматриваться у пациентов с промежуточным риском перед операциями с высоким риском (класс IIb). В рекомендациях Американской коллегии кардиологов, Американской кардиологической ассоциации 2014 года (ACC/AHA 2014) стресс-тесты остаются первым выбором, а к КТ-коронарографии прибегают лишь при неинформативности других методов.

Селективная традиционная коронарная

ангиография остается «золотым стандартом» для оценки анатомии коронарных артерий, однако это инвазивная процедура и сопряжена с риском серьезных осложнений. Однако данные КТ-коронарографии и инвазивной коронароангиографии сопоставимы. Так, чувствительность и специфичность метода КТ-коронарографии в сравнении с интервенционной коронароангиографией составляет 99% и 99,6% соответственно [29, 30]. В то же самое время КТ-ангиография с ЭКГ-синхронизацией позволяет за время одного сканирования получить изображения высокого качества как аорты, так и коронарных артерий, и представляет большой интерес для сердечно-сосудистых хирургов как неинвазивного метода обследования с потенциальной возможностью снижения риска наступления неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у больных с аневризмой брюшной аорты в раннем послеоперационном периоде.

Заключение.

Чувствительность и специфичность КТ-ангиографии для выявления гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий (более 50%) согласно исследованиям разных авторов (в сравнении с инвазивной коронарографией) является очень высокой (чувствительность составляет от 83 до 100%, специфичность от 75 до 97%).

У больных с некардиальной патологией в предоперационном периоде добавление ЭКГ-синхронизации к стандартному протоколу КТ-ангиографии позволяет во время одного исследования получить информацию как об основном заболевания, так и о сопутствующем поражении коронарного русла, что имеет важное значение для определения тактики ведения пациента.

КТ-ангиография при обследовании больных с планируемыми хирургическими вмешательствами обладает высокой прогностической ценностью отрицательного результата, что позволяет исключить значимое атеросклеротическое поражение коронарных артерий и избежать проведения инвазивной коронарографии и других дополнительных методов обследования. Наиболее изученной патологией в определении сердечно-сосудистого риска перед оперативным вмешательством является рак легкого.

Оценка коронарных артерий с помощью ЭКГ-синхронизированной КТ-ангиографии способна эффективно снизить частоту наступления неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. Как неинвазивный и эффективный инструмент визуализации, кардиосинхронизированная КТ-ангиография предоставляет предварительную информацию о коронарном риске и потенциально может уменьшить сердечно-сосудистые осложнения за счет исключения некоторых пациентов, которые не подходят для хирургического вмешательства. В то же самое время, несмотря на высокую диагностическую ценность КТ-коронарографии, ее роль в предоперационной стратификации риска остается предметом дискуссий. Ключевые нерешенные вопросы включают оптимальный отбор пациентов, значимость выявленного необструктивного атеросклероза, отсутствие рандомизированных данных о влиянии на исходы операций. Дальнейшие исследования, включая оценку фракции резервного кровотока (FFR) и перфузионную КТ, должны прояснить, может ли заменить КТ-коронарография традиционные стресс-тесты в рутинной клинической практике.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

Список литературы:

1. Hwang JW, Kim EK, Yang JH, et al. Assessment of perioperative cardiac risk of patients undergoing noncardiac surgery using coronary computed tomographic angiography. Circul Cardiovas Imaging. 2015;8(3). DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.114.002582.

2. Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, et al. 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines.Circulation. 2019;140(11):e563–95. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000677.

3. Синицын В.Е., Терновой С.К. Роль КТ-ангиографии коронарных артерий с практической точки зрения: где мы находимся сегодня? Креативная кардиология. 2007;1-2:25-31.

4. Koshy AN, Ha FJ, Gow PJ, Han HC, et al. Computed tomographic coronary angiography in risk stratification prior to non-cardiac surgery: a systematic review and meta- analysis. Heart (British Cardiac Society). 2019;105(17):1335–42. DOI:10.1136/heartjnl-2018-314649.

5. Mowatt G, Cummins E, Waugh N, et al. Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. Health Technol Assess. 2008;12(17):iii–iv, ix–143. PMID:18462576.

DOI:10.3310/hta12170.

6. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. Journal of the American College of Cardiology. 2008;52(21):1724–1732. PMID: 19007693. DOI:10.1016/j.jacc.2008.07.031.

7. Nohria A, Groarke JD. Management of acute coronary syndromes in patients with cancer: room for improvement. Eur Heart J. 2019;40(22):1801–3. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz013.

8. Першина Е. С., Синицын В. Е., Мершина Е. А., и др. Неинвазивная оценка фракционного резерва кровотока у пациентов с ишемической болезнью сердца по данным компьютерной томографии: первые результаты клинического применения. Сравнение с данными инвазивного измерения. Медицинская визуализация. 2018;22(2):47-55. DOI:10.24835/1607-0763-2018-2-47-55.

9. Guha A, Dey AK, Jneid H, Addison D. Acute coronary syndromes in cancer patients. Eur Heart J. 2019;40(19):1487–90. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz267.

10. Smilowitz NR, Berger JS. Perioperative cardiovascular risk assessment and management for noncardiac surgery: a review. JAMA. 2020;324(3):279–90. DOI:10.1001/jama.2020.7840.

11. Ghadri JR, Fiechter M, Veraguth K, Gebhard C, Pazhenkottil AP, Fuchs TA, Templin C, Gaemperli O, Kaufmann PA. Coronary calcium score as an adjunct to nuclear myocardial perfusion imaging for risk stratification before noncardiac surgery. J Nucl Med: Off Publ Soci Nuclear Med. 2012;53(7):1081–6. DOI: 10.2967/jnumed.111.100206. Epub 2012 May 18.

12. Smilowitz NR, Berger JS. Perioperative management to reduce cardiovascular events. Circulation. 2016;133(11):1125–30. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.017787.

13. Smilowitz NR, Gupta N, Ramakrishna H, Guo Y, Berger JS, Bangalore S. Perioperative major adverse cardiovascular and cerebrovascular events associated with noncardiac surgery. JAMA Cardiol. 2017;2(2):181–7. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.4792.

14. Koshi H, Shah R, Prajapati J, Bhangdiya V, Shah J, Kandre Y, Shah K. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography as compared to conventional angiography in patients undergoing noncoronary cardiac surgery. Heart Views: Off J Gulf Heart Assoc. 2016;17(3):88–91. DOI:10.4103/1995-705X.192555.

15. Nicol ED, Norgaard BL, Blanke P, Ahmadi A, Weir-McCall J, Horvat PM, Han K, Bax JJ, Leipsic J. The future of cardiovascular computed tomography: advanced analytics and clinical insights. JACC Cardiovasc Imaging. 2019;12(6):1058–72. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.11.037.

16. Pflederer T, Marwan M, Schepis T, Ropers D, Seltmann M, Muschiol G, Daniel WG, Achenbach S. Characterization of culprit lesions in acute coronary syndromes using coronary dual-source CT angiography. Atherosclerosis. 2010;211(2):437–44. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2010.02.001.

17. Bossone E, Cademartiri F, AlSergani H, Chianese S, Mehta R, Capone V, Ruotolo C, Tarrar IH, Frangiosa A, Vriz O, et al. Preoperative assessment and management of cardiovascular risk in patients undergoing non-cardiac surgery: implementing a systematic stepwise approach during the covid-19 pandemic era. J Cardiovasc Develop Disease. 2021;8(10):126. DOI:10.3390/jcdd8100126.

18. Зяблова Е.И., Порханов В.А., Синицын В.Е. Роль кардиосинхронизированной КТ-ангиографии грудной клетки у пациентов с центральным раком легкого. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2018;1(4):52-59. DOI:10.37174/2587-7593-2018-1-4-52-59.

19. Liao, M., Tang, M., Cao, X. et al. Coronary CT angiography for preoperative evaluation of non-cardiac surgery in patients with thoracic tumors: preliminary exploratory analysis in a retrospective cohort. J Cardiothorac Surg 18, 87 (2023). DOI:10.1186/s13019-022-02096-y.

20. Moris D, Mantonakis E, Avgerinos E, et al. Novel biomarkers of abdominal aortic aneurysm disease: identifying gaps and dispelling misperceptions. Biomed Res Int. 2014;2014:925840. PMID: 24967416. PMCID: PMC4055358. DOI:10.1155/2014/925840.

21. Hellenthal FA, Buurman WA, Wodzig WK, et al. Biomarkers of AAA progression. Part 1: extracellular matrix degeneration. Nat Rev Cardiol. 2009;6(7):464–474. PMID: 19468292.

DOI:10.1038/nrcardio.2009.80.

22. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). European Heart Journal. 2014;35(41):2873–2926. PMID: 25173340. DOI:10.1093/eurheartj/ehu281.

23. Pierro A, Cilla S, Totaro A, et al. ECG-gated CT angiography of the thoracic aorta: the importance of evaluating the coronary arteries. Clin Radiol. 2018;73(11):983.e1–983.e6. PMID: 30041811. DOI:10.1016/j.crad.2018.06.016.

24. Hachulla AL, Ronot M, Noble S, et al. ECG-triggered high-pitch CT for simultaneous assessment of the aorta and coronary arteries. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016;10(5):407–413. PMID: 27451049. DOI:10.1016/j.jcct.2016.07.010.

25. Beeres M, Wichmann JL, Frellesen C, et al. ECG-gated Versus Non-ECG-gated High-pitch Dual-source CT for Whole Body CT Angiography (CTA). Acad Radiol. 2016;23(2):163–167. PMID: 26548854. DOI:10.1016/j.acra.2015.09.003

26. Lee JW, Kim CW, Lee G, et al. Hybrid ECG-gated versus non-gated 512-slice CT angiography of the aorta and coronary artery: image quality and effect of a motion correction algorithm. Acta Radiol. 2018;59(2):170–179. PMID: 28475022. DOI:10.1177/0284185117707358.

27. Kofoed KF, Bosserdt M, Maurovich-Horvat P, et al. Comparative effectiveness of initial computed tomography and invasive coronary angiography in women and men with stable chest pain and suspected coronary artery disease: multicentre randomised trial. BMJ. 2022 Oct 19;379:e071133. PMID: 36261169; PMCID: PMC11778908. DOI: 10.1136/bmj-

2022-071133.

28. Wijeysundera DN, Pearse RM, Shulman MA, et al. Assessment of functional capacity before major non-cardiac surgery: an international, prospective cohort study. Lancet. 2018 Jun 30;391(10140):2631-2640. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31131-0. PMID: 30070222.

29. Терновой С.К., Никонова М.Э., Акчурин Р.С. и др. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в оценке коронарного русла и вентрикулографии с сравнении с интервенционной коронаровентрикулографией. REJR. 2013; 3 (1): 28-35.

30. Зяблова Е.И., Ачмиз Н.З., Ткачев В.В., Порханов В.А. КТ-ангиография брахиоцефальных артерий при неотложной диагностике разрыва аневризм головного мозга. REJR 2022; 12(2):65-73. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-65-73.

References:

1. Hwang JW, Kim EK, Yang JH, et al. Assessment of perioperative cardiac risk of patients undergoing noncardiac surgery using coronary computed tomographic angiography. Circul Cardiovas Imaging. 2015;8(3). DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.114.002582.

2. Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, et al. 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines.Circulation. 2019;140(11):e563–95. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000677.

3. Sinitsyn V.E., Ternovoy S.K. The role of coronary CT angiography from a practical point of view: where are we today? Creative cardiology. 2007;1-2:25-31 (in Russian).

4. Koshy AN, Ha FJ, Gow PJ, Han HC, et al. Computed tomographic coronary angiography in risk stratification prior to non-cardiac surgery: a systematic review and meta- analysis. Heart (British Cardiac Society). 2019;105(17):1335–42. DOI:10.1136/heartjnl-2018-314649.

5. Mowatt G, Cummins E, Waugh N, et al. Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. Health Technol Assess. 2008;12(17):iii–iv, ix–143. PMID:18462576. DOI:10.3310/hta12170.

6. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. Journal of the American College of Cardiology. 2008;52(21):1724–1732. PMID: 19007693. DOI:10.1016/j.jacc.2008.07.031.

7. Nohria A, Groarke JD. Management of acute coronary syndromes in patients with cancer: room for improvement. Eur Heart J. 2019;40(22):1801–3. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz013.

8. Pershina E. S., Sinitsyn V. E., Mershina E. A., et al. Noninvasive assessment of fractional blood flow reserve in patients with coronary heart disease according to computed tomography: first results of clinical application. Comparison with invasive measurement data. Medical imaging. 2018;22(2):47-55. DOI:10.24835/1607-0763-2018-2-47-55 (in Russian).

9. Guha A, Dey AK, Jneid H, Addison D. Acute coronary syndromes in cancer patients. Eur Heart J. 2019;40(19):1487–90. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz267.

10. Smilowitz NR, Berger JS. Perioperative cardiovascular risk assessment and management for noncardiac surgery: a review. JAMA. 2020;324(3):279–90. DOI:10.1001/jama.2020.7840.

11. Ghadri JR, Fiechter M, Veraguth K, Gebhard C, Pazhenkottil AP, Fuchs TA, Templin C, Gaemperli O, Kaufmann PA. Coronary calcium score as an adjunct to nuclear myocardial perfusion imaging for risk stratification before noncardiac surgery. J Nucl Med: Off Publ Soci Nuclear Med. 2012;53(7):1081–6. DOI: 10.2967/jnumed.111.100206. Epub 2012 May 18.

12. Smilowitz NR, Berger JS. Perioperative management to reduce cardiovascular events. Circulation. 2016;133(11):1125–30. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.017787.

13. Smilowitz NR, Gupta N, Ramakrishna H, Guo Y, Berger JS, Bangalore S. Perioperative major adverse cardiovascular and cerebrovascular events associated with noncardiac surgery. JAMA Cardiol. 2017;2(2):181–7. DOI: 10.1001/jamacardio.2016.4792.

14. Joshi H, Shah R, Prajapati J, Bhangdiya V, Shah J, Kandre Y, Shah K. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography as compared to conventional angiography in patients undergoing noncoronary cardiac surgery. Heart Views: Off J Gulf Heart Assoc. 2016;17(3):88–91. DOI:10.4103/1995-705X.192555.

15. Nicol ED, Norgaard BL, Blanke P, Ahmadi A, Weir-McCall J, Horvat PM, Han K, Bax JJ, Leipsic J. The future of cardiovascular computed tomography: advanced analytics and clinical insights. JACC Cardiovasc Imaging. 2019;12(6):1058–72. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.11.037.

16. Pflederer T, Marwan M, Schepis T, Ropers D, Seltmann M, Muschiol G, Daniel WG, Achenbach S. Characterization of culprit lesions in acute coronary syndromes using coronary dual-source CT angiography. Atherosclerosis. 2010;211(2):437–44. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2010.02.001.

17. Bossone E, Cademartiri F, AlSergani H, et al. Preoperative assessment and management of cardiovascular risk in patients undergoing non-cardiac surgery: implementing a systematic stepwise approach during the covid-19 pandemic era. J Cardiovasc Develop Disease. 2021;8(10):126. DOI:10.3390/jcdd8100126.

18. Zyablova E.I., Porkhanov V.A., Sinitsyn V.E. The role of cardiac-synchronized CT angiography of the chest in patients with central lung cancer. Oncological journal: radiation diagnostics, radiation therapy. 2018;1(4):52-59. DOI:10.37174/2587-7593-2018-1-4-52-59 (in Russian).

19. Liao, M., Tang, M., Cao, X. et al. Coronary CT angi-

ography for preoperative evaluation of non-cardiac surgery in patients with thoracic tumors: preliminary exploratory analysis in a retrospective cohort. J Cardiothorac Surg 18, 87 (2023). DOI:10.1186/s13019-022-02096-y.

20. Moris D, Mantonakis E, Avgerinos E, et al. Novel biomarkers of abdominal aortic aneurysm disease: identifying gaps and dispelling misperceptions. Biomed Res Int. 2014;2014:925840. PMID: 24967416. PMCID: PMC4055358. DOI:10.1155/2014/925840.

21. Hellenthal FA, Buurman WA, Wodzig WK, et al. Biomarkers of AAA progression. Part 1: extracellular matrix degeneration. Nat Rev Cardiol. 2009;6(7):464–474. PMID: 19468292.

DOI:10.1038/nrcardio.2009.80.

22. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). European Heart Journal. 2014;35(41):2873–2926. PMID: 25173340. DOI:10.1093/eurheartj/ehu281.

23. Pierro A, Cilla S, Totaro A, et al. ECG-gated CT angiography of the thoracic aorta: the importance of evaluating the coronary arteries. Clin Radiol. 2018;73(11):983.e1–983.e6. PMID: 30041811. DOI:10.1016/j.crad.2018.06.016.

24. Hachulla AL, Ronot M, Noble S, et al. ECG-triggered high-pitch CT for simultaneous assessment of the aorta and coronary arteries. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016;10(5):407–413. PMID: 27451049. DOI:10.1016/j.jcct.2016.07.010.

.

25. Beeres M, Wichmann JL, Frellesen C, et al. ECG-gated Versus Non-ECG-gated High-pitch Dual-source CT for Whole Body CT Angiography (CTA). Acad Radiol. 2016;23(2):163–167. PMID: 26548854. DOI:10.1016/j.acra.2015.09.003

26. Lee JW, Kim CW, Lee G, et al. Hybrid ECG-gated versus non-gated 512-slice CT angiography of the aorta and coronary artery: image quality and effect of a motion correction algorithm. Acta Radiol. 2018;59(2):170–179. PMID: 28475022. DOI:10.1177/0284185117707358.

27. Kofoed KF, Bosserdt M, Maurovich-Horvat P, et al. Comparative effectiveness of initial computed tomography and invasive coronary angiography in women and men with stable chest pain and suspected coronary artery disease: multicentre randomised trial. BMJ. 2022 Oct 19;379:e071133. PMID: 36261169; PMCID: PMC11778908. DOI: 10.1136/bmj-2022-071133.

28. Wijeysundera DN, Pearse RM, Shulman MA, et al. Assessment of functional capacity before major non-cardiac surgery: an international, prospective cohort study. Lancet. 2018 Jun 30;391(10140):2631-2640. PMID: 30070222. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31131-0.

29. Ternovoy S.K., Nikonova M.E., Akchurin R.S., et al. Capabilities of multislice computed tomography in the evaluation of coronary arteries and ventriculography versus interventional coronary and ventriculography. REJR 2013; 3 (1): 28-35 (in Russian).

30. Zyablova E.I., Achmiz N.Z., Tkachev V.V., Porhanov V.A. Cerebrovascular CTangiography in the emergency diagnostics of ruptured cerebral aneurysms. REJR 2022; 12(2):65-73. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-65-73 (in Russian).