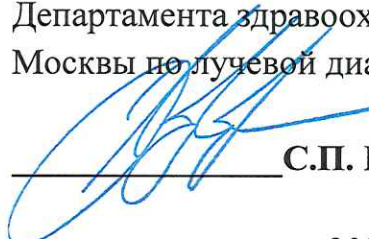


**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный специалист
Департамента здравоохранения города
Москвы по лучевой диагностике



С.П. Морозов

_____ 2020 г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы № _____



_____ 2020 г.

КТ-КОРОНАРОГРАФИЯ

Методические рекомендации № 6

Москва 2020

ISSN 2618-7124

УДК 615.84+616-073.75

ББК 53.6

К87

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы»

Составитель:

Журавлев К.Н. – врач-рентгенолог консультативного отдела ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

К87 Журавлев, К.Н. КТ-коронарография / К.Н. Журавлев // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 45. – М., 2020. – 33 с.

Рецензенты:

Першина Екатерина Сергеевна – к.м.н., руководитель центра лучевой диагностики ГКБ №1 им Н.И. Пирогова

Синицын Валентин Евгеньевич – д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики и терапии Факультета Фундаментальной Медицины МГУ им. М.В. Ломоносова, заведующий отделом лучевой диагностики МНОЦ МГУ им. М.В. Ломоносова

Предназначение:

КТ-коронарография является неинвазивным рентгенодиагностическим методом оценки состояния коронарного русла сердца и может быть выполнена на современных компьютерных томографах в большинстве амбулаторных и стационарных лечебных учреждениях. Представлены данные о показаниях к проведению КТ-коронарографии, подробно описана методика проведения исследования, а также особенности интерпретации изображений с учетом международных рекомендаций. Методические рекомендации предназначены для врачей-рентгенологов, занимающихся проведением и интерпретацией результатов КТ-коронарографии, кардиологов, терапевтов.

Данные методические рекомендации разработаны в ходе выполнения научно-исследовательской работы: «Разработка и внедрение в практику нового технического обеспечения службы лучевой диагностики».

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы, не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения

© Департамент здравоохранения города Москвы, 2020

© ГБУЗ г. Москвы «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы», 2020

© Коллектив авторов, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки	4
Определения	5
Обозначения и сокращения	6
Введение	7
Основная часть	8
Показания к КТ-коронарографии... ..	8
Методика выполнения исследования.....	10
Техника проведения исследования.....	15
Интерпретация КТ-коронарографии.....	24
Заключение	31
Список использованных источников	32
Приложения	33

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. Методические рекомендации ГБУЗ «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы» № 42 «Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике» от 2018 года.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Коронарография – рентгенологический метод исследования состояния коронарных артерий сердца с использованием в/в введения контрастного препарата. Используется для подтверждения/исключения наличия гемодинамически значимого поражения коронарных артерий у пациента. КТ-коронарография – неинвазивный метод оценки коронарных артерий с помощью мультисрезового компьютерного томографа.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- АКШ** – аорто-коронарное шунтирование
- ЗНА** – задняя нисходящая артерия
- ИБС** – ишемическая болезнь сердца
- ИМТ** – индекс массы тела
- КИ** – кальциевый индекс
- КИН** – контраст-индуцированная нефропатия
- КТ** – компьютерная томография
- КТА** – КТ-ангиография
- ЛКА** – левая коронарная артерия
- ЛПУ** – лечебно-профилактическое учреждение
- МКШ** – маммарно-коронарное шунтирование
- ОА** – огибающая коронарная артерия
- ПКА** – правая коронарная артерия
- ПНА** – передняя нисходящая артерия
- СКФ** – скорость клубочковой фильтрации
- ХОБЛ** – хроническая обструктивная болезнь легких
- ЧСС** – частота сердечных сокращений
- ЭКГ** – электрокардиограмма

ВВЕДЕНИЕ

КТ-коронарография является неинвазивным методом оценки состояния коронарного русла сердца. Благодаря появлению мультисрезовых компьютерных томографов с высоким временным и пространственным разрешением, а также относительной безопасности исследования, методику можно применять как в стационарных, так и в амбулаторных условиях. КТ-коронарография хорошо зарекомендовала себя в клинической кардиологической практике и включена в российские и международные клинические рекомендации. Метод обладает высокой чувствительностью (до 95-99%) и высоким отрицательным прогностическим значением (до 99-100%), поэтому используется в первую очередь для исключения значимого поражения коронарных артерий в сомнительных случаях у пациентов низкого и промежуточного рисков по результатам оценки претестовой вероятности. Проводилось несколько крупных исследований (PROMISE и SCOT-HEART) [4], показавших, что КТ-коронарография может быть использована как альтернативный метод вместо или как дополнение к функциональным методам исследования. Отрицательный результат исследования при острой загрудинной боли позволяет достоверно исключать ИБС у пациента и выписывать его из отделения интенсивной терапии (исследования ROMICAT II и ST-COMPARE) в короткие сроки [11]. Кроме исключения ИБС КТ-коронарография позволяет оценить проходимость аорто-коронарных шунтов, структуру коронарной бляшки и другие кардиальные и экстракардиальные структуры.

Качество изображений и интерпретация во многом зависит от опыта рентгенолаборанта и врача-рентгенолога, поэтому данное руководство посвящено как методике проведения исследования, так и особенностям интерпретации с учетом современных международных рекомендаций по показаниям и выполнению КТ-коронарографии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Показания к КТ-коронарографии

Перед перечислением основных показаний к проведению КТ-коронарографии следует дать информацию о современных рекомендациях по использованию метода для диагностики ИБС. Согласно американским рекомендациям 2012 American College of Cardiology and American Heart Association (ACC/AHA) по диагностике и лечению пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца КТ-коронарография имеет 2А-В класс рекомендаций для пациентов с низким и промежуточным риском наличия ИБС в зависимости от толерантности к физической нагрузке и сопутствующих заболеваний [6]. Европейские рекомендации от European Society of Cardiology в 2013 году включали КТ-коронарографию во 2А класс рекомендаций у пациентов с низким-промежуточным риском наличия ИБС как альтернативу нагрузочным пробам или когда последние неинформативны или противопоказаны. Однако современные рекомендации от 2019 года рекомендуют использовать КТ-коронарографию (или функциональные пробы) как первичный метод диагностики ИБС у симптомных пациентов. Выбор в пользу КТ-коронарографии следует делать у пациентов с низкой претестовой вероятностью наличия ИБС и ожидаемым хорошим качеством изображений (отсутствие выраженного кальциноза коронарных артерий, регулярный ритм и отсутствие избыточной массы тела и т.д.) [8]. Следует обратить внимание на обновленные британские рекомендации NICE-2016, в которых КТ-коронарографию рекомендуется применять в качестве первичного метода обследования у всех пациентов с загрудинной болью без предшествующего анамнеза ИБС. Если в предыдущей версии от 2012 года рекомендовалось рассчитывать вероятность наличия ИБС у пациента, то в текущей версии от претестовой вероятности было решено отказаться [10].

В клинических рекомендациях по стабильной ишемической болезни сердца за 2016 год рекомендуется использовать КТ-коронарографию в качестве альтернативы стресс-методам визуализации, а также при неинформативности ЭКГ с физической нагрузкой для исключения стабильной ИБС у пациентов с низкой или промежуточной претестовой вероятностью и ожидаемым хорошим качеством изображения (класс рекомендаций 2а) [2]. В национальном руководстве по кардиологии перечислены три основных показания для использования КТ-коронарографии: исключение поражения коронарных артерий, выявление аномалий коронарных артерий и оценка состояния анастомозов и шунтов [1].

Показания к КТ-коронарографии [12]

1. **Диагностика стабильной ИБС** у пациентов без предшествующего анамнеза ИБС:

- пациенты с **низкой** претестовой вероятностью наличия ИБС при неинформативности ЭКГ, неинформативности или противопоказаний к нагрузочным пробам;
 - пациенты с промежуточной претестовой вероятностью наличия ИБС при нормальных показателях ЭКГ и стресс-нагрузки и продолжающихся симптомах, а также при условиях предыдущего пункта.
2. *Диагностика нестабильной ИБС* у пациентов с **низкой** или **промежуточной** претестовой вероятностью без предшествующего анамнеза ИБС при
- нормальных ЭКГ и тропонине;
 - неинформативной ЭКГ;
 - неинформативной ЭКГ и неоднозначных показателях тропонина.
3. Пациенты с **низкой** или **промежуточной** претестовой вероятностью наличия ИБС с впервые возникшими симптомами сердечной недостаточности и сниженной фракцией выброса левого желудочка
4. Предоперационная оценка состояния коронарного русла у пациентов промежуточного риска, которым планируется оперативное вмешательство на сердце (без реваскуляризации).
5. Пациенты с кальциевым индексом от 1 до 400.
6. Оценка анатомии и проходимости шунтов после операций АКШ и МКШ.
7. Оценка проходимости коронарных стентов диаметром ≥ 3 мм (как правило, в стволе ЛКА).
8. Выявление аномального строения коронарных артерий и/или структур сердца (как правило, после ЭхоКГ, селективной коронарографии или реконструктивных кардиохирургических операций).
9. Оценка строения и функции желудочков сердца.
10. Выявление некоронарной патологии сердца:
- оценка клапанного аппарата сердца (в т.ч. анализ состояния протезированных клапанов);
 - выявление опухолевых образования сердца;
 - оценка состояния перикарда;
 - перед лечением нарушений ритма сердца (оценка состояния левого предсердия, ушка левого предсердия, анатомии легочных вен, венозного коронарного синуса);
 - перед операцией TAVI (transcatheter aortic valve implantation);
 - при подозрении на расслаивающую аневризму грудного отдела аорты.

Методика выполнения исследования

Все исследования КТ-коронарографии должны обязательно выполняться в присутствии врача-рентгенолога. При наличии риска возникновения аллергической реакции или при сомнительных случаях рекомендуется присутствие врача-реаниматолога. Исследования должны выполняться и интерпретироваться врачами, имеющими достаточный опыт в коронарной визуализации и способными анализировать изображения коронарных артерий, структур сердца и перикарда, магистральные сосуды и экстракардиальные структуры в пределах поля сканирования. Дополнительно рекомендуется наличие в ЛПУ врача-рентгенолога (на месте или удаленно), специализирующегося на сердечно-сосудистой визуализации для проведения консультаций в сложных для интерпретации случаях и для текущего контроля по соблюдению методики [3].

КТ-коронарография должна выполняться обученным рентгенолаборантом с соответствующим опытом работы на оборудовании, необходимом для проведения исследования, в т.ч. компьютерном томографе с имеющимися протоколами сканирования, инжекторе для болюсного введения контрастного вещества и ЭКГ-мониторе.

Минимальные требования к компьютерному томографу для проведения КТ КАГ:

- не менее 64 срезов,
- скорость вращения рентгеновской трубки не более 350 мс,
- ширина детектора не более 0,625мм;
- возможность ЭКГ-синхронизации;
- наличие соответствующей программы постобработки изображений на рабочей станции.

Рекомендуется использовать двухколбовый инжектор с возможностью болюсного введения контрастного препарата со скоростью от 4,5 мл/с и выше, однако допускается применение и одноколбовых аппаратов.

Эффективная дозовая нагрузка, полученная пациентом во время исследования, должна быть указана в заключительном протоколе исследования, листе дозовых нагрузок амбулаторной карты, истории болезни или иной информационной системе. Коэффициент пересчета в мЗв для взрослых пациентов следует использовать 0,017.

Безопасность

Коронарная КТА, как правило, противопоказана в определенных случаях, которые будут указаны ниже. Тем не менее в каждом индивидуальном случае исследование может быть реализовано, если это клинически оправдано и если критически и коллегиально рассмотрено соотношение возможных рисков и выгоды от исследования.

Противопоказания включают следующие пункты:

- почечная недостаточность (кроме пациентов на диализе);

- тяжелая и /или анафилактическая реакция на введение йодосодержащего контрастного вещества в анамнезе;
- неспособность пациента адекватно задерживать дыхание;
- беременность.

Определение функции почек

Все пациенты, направленные на КТ-коронарографию, должны иметь свежий биохимический анализ крови на креатинин. Расчет скорости клубочковой фильтрации (СКФ) врач-рентгенолог может выполнить самостоятельно. Оценка риска развития контраст-индуцированной нефропатии (КИН) и решение о проведении исследования рекомендуется проводить в соответствии с рекомендациями Европейского общества урогенитальной радиологии (ESUR Guidelines on Contrast Agents, v.10.0) и МР №42 «Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике» от 2018 года.

При СКФ менее 30 мл/мин/ 1,73м² рекомендуется выбрать альтернативный метод исследования.

В дополнение у пациентов с риском развития КИН на этапе подготовки к исследованию рекомендуется соблюдать следующие условия:

- рассмотреть возможность проведения альтернативных методов исследования без использования контрастных препаратов (стресстесты);
- не допускать дегидратацию пациента;
- минимизировать объем и частоту введения контрастного средства (избегать повторных введений контрастного вещества в течение 72 часов);
- использовать изоосмолярные или низкоосмолярные контрастные вещества;
- избегать применение нефротоксичных лекарств за 48 часов до введения контраста, в том числе нестероидных противовоспалительных средств (НПВС);
- рассмотреть возможность внутривенной гидратации пациента до и после исследования.

Риск аллергических реакций

При наличии у пациента в анамнезе аллергических реакций на йодосодержащие контрастные препараты от исследования рекомендуется отказаться. Также в группу риска входят пациенты с тяжелой поливалентной аллергией и с бронхиальной астмой в стадии обострения.

При необходимости используется гипосенсибилизирующая подготовка – плановая или экстренная.

1. Плановая – преднизолон 50мг перорально за 13, 7 и 1 час до введения контрастного препарата и 50 мг димедрола за 1 час.

2. Экстренная – метилпреднизолон 40мг в/в не позднее, чем за 4 часа и 50 мг димедрола за 1 час до введения контрастного вещества.

Помимо вышеуказанных противопоказаний, следует также учитывать ряд факторов, которые могут повлиять на качество получаемых изображений: ожирение, одышка, вынужденное положение тела с опущенными руками, наличие противопоказаний к β -блокаторам и/или к нитроглицерину, аритмия. Решение о продолжении исследования при наличии вышеуказанных факторов принимает врач-рентгенолог.

Сопутствующая документация

Перед исследованием врач-рентгенолог проверяет наличие соответствующих документов, которые обосновывают необходимость проведения исследования данному пациенту, исключает наличие противопоказаний и оценивает наличие факторов, которые могут привести к снижению качества изображений.

Необходимые документы для проведения КТ-коронарографии:

1. Направление (форма № 057/у-04 – для амбулаторных пациентов)
2. Результаты биохимического анализа крови на креатинин давностью до 30 дней.
3. Краткий эпикриз, подготовленный лечащим врачом (форма № 027/у-04 – для амбулаторных пациентов), с указанием целей и задач исследования.
4. Рекомендуются предоставить ЭКГ и результаты ЭхоКГ
5. При КТ-шунтографии обязательно нужна выписка с указанием количества и типа шунтов.

Контроль сердечного ритма

Важными условиями оптимального качества изображений являются низкая частота сердечных сокращений и регулярный сердечный ритм во время сканирования. Целевая частота сердечных сокращений для КТ-коронарографии составляет не более 60–65 ударов в минуту. Однако допустимо сканирование с более высокой частотой сердечных сокращений, тем более, если позволяют технические характеристики компьютерного томографа, включая высокое временное разрешение и большое количество срезов. Применение β -блокаторов остается на усмотрение врача-рентгенолога и обязательно указывается в протоколе.

β -блокаторы считаются основным способом краткосрочного снижения частоты сердечных сокращений. Наиболее часто для премедикации используется метопролол из-за его невысокой стоимости и относительной безопасности. Наиболее распространенный подход – пероральный прием метопролола в дозировке от 50 до 100 мг в зависимости от частоты сердечных сокращений в покое за 1 час до сканирования с последующим дополнительным внутривенным введением непосредственно перед сканированием, если целевая частота сердечных сокращений (<60 ударов в минуту) не достигнута. Существует методика предварительного приема метопролола 50 мг перорально за 12 часов до сканирования и еще 50–100 мг метопролола перорально за 1 час до визуализации [3].

Если необходимо сократить общее время подготовки пациента к сканированию, то достаточно эффективно и безопасно можно использовать внутривенное введение β -блокатора. После укладки пациента и подключения ЭКГ-монитора вводится начальная доза метопролола 5 мг с последующим наблюдением за частотой сердечных сокращений в течение пяти минут. Для достижения желаемой частоты сердечных сокращений допускаются повторные внутривенные введения метопролола по 5 мг каждые пять минут, но не более суммарной дозы 20-25 мг [3].

Перед применением β -блокаторов необходимо исключить наличие противопоказаний у пациента. β -блокаторы не должны использоваться у пациентов с обострением бронхиальной астмы, обострением ХОБЛ, с АВ-блокадой.

Нитраты

Нитроглицерин при КТ-коронарографии следует вводить непосредственно перед введением контрастного препарата для расширения просвета коронарных артерий и улучшения качества изображений. Обычно используются сублингвальные таблетки короткого действия (1-2 таблетки) или дозированный спрей (1-2 дозы) за пять минут до введения контрастного препарата. Предпочтение следует отдавать спрею. Эффект нитроглицерина является временно зависимым, наступает в течение пяти минут после введения и имеет сосудорасширяющий эффект только в течение 20-30 минут. Важно отметить, что применение нитроглицерина статистически значительно улучшает диагностическую точность КТ-коронарографии. Следует помнить, что нитраты могут снижать артериальное давление. Однако это считается безопасным в положении лежа на спине при условии, что у пациента нет тяжелой гипотонии или тяжелого аортального стеноза. Нитроглицерин может вызвать временную головную боль из-за своего сосудорасширяющего эффекта. Применение нитроглицерина противопоказано, если пациента недавно принимал один из препаратов ингибиторов фосфодиэстеразы для лечения эректильной дисфункции. Использование нитроглицерина должно быть отражено в протоколе [3].

Задержка дыхания

Важным фактором, влияющим на качество изображения коронарных артерий, является адекватная задержка дыхания. КТ-коронарография, как правило, выполняется во время вдоха. Перед началом исследования пациент должен быть проинструктирован о необходимости задерживать дыхание во время исследования. Дополнительно после установки ЭКГ-электродов рекомендуется пробная задержка дыхания, которая преследует три цели:

- 1) обеспечить надлежащее качество и глубину задержки дыхания (пациенту не следует выполнять пробу Вальсальвы);
- 2) обеспечить адекватное время задержки дыхания;
- 3) оценить возможные колебания частоты сердечных сокращений на вдохе.

Если пациент не способен адекватно задерживать дыхание, то от проведения КТ-коронарографии следует отказаться.

Общий чек-лист для врача перед исследованием

Соответственно, перед исследованием КТ-коронарографии врач должен оценивать пациента по следующим пунктам:

- наличие противопоказаний к контрастным веществам, β -блокаторам и нитроглицерину;
- почечная недостаточность и оценка риска развития контраст-индуцированной нефропатии (КИН);
- беременность, в т.ч. потенциальная беременность;
- предшествующие аллергические реакции на любые аллергены;
- наличие следующих заболеваний: бронхиальная астма или тяжелая ХОБЛ в стадии обострения, стеноз аортального клапана, АВ-блокада, гипертрофическая кардиомиопатия;
- оценка способности пациента следовать командам по задержке дыхания и выполнять вдох с задержкой дыхания;
- вес тела и рост;
- оценка частоты сердечных сокращений (желательно после вдоха) и наличия аритмии;
- оценка артериального давления, если планируется введение β -блокатора и/или нитроглицерина.

Перед исследованием пациент в обязательном порядке заполняет информированное согласие, в котором отражены суть процедуры и возможные риски, связанные с в/в введением контрастного препарата.

Чек-лист для пациента

Рекомендуется при записи пациента на исследование проинструктировать его относительно самостоятельной подготовки к исследованию:

- не принимать пищу за 3–4 часа до процедуры;
- рекомендуется пить воду или напитки без кофеина (достаточная гидратация пациента оказывает нефропротективный эффект, облегчает постановку кубитального катетера, снижает риск развития гипотонии после процедуры);
- исключить прием кофеина за 12 часов до обследования (кофе, чай, энергетические напитки, энергетические таблетки, таблетки для похудения и газированные напитки);
- не прекращать прием всех обычных лекарств в день обследования, особенно антигипертензивную терапию;
- при наличии рекомендации врача и наличии риска аллергической реакции на контрастный препарат провести соответствующую медикаментозную подготовку (прием преднизолона);
- иметь биохимический анализ крови с уровнем креатинина;
- подготовить весь перечень необходимых документов.

Техника проведения исследования

Внутривенный доступ

Внутрисосудистый доступ в виде установленного катетера необходим для внутривенного болюсного введения контрастного вещества.

Размер и положение канюли должны соответствовать высокой скорости потока контрастного вещества, нагнетаемого болюсным инъектором. Оптимальным калибром для скорости введения контрастного вещества от 4,5 мл/с является катетер 18 (зеленый цвет). Допускается использование катетеров калибром 20 (розовый цвет). Рекомендуется использовать правую антекубитальную вену для внутривенного доступа. Левая антекубитальная вена менее предпочтительная из-за риска возникновения артефактов «свечения» во время прохождения контрастного вещества через левую брахиоцефальную вену и снижения качества изображений.

Не рекомендуется проводить КТ-коронарографию через вены кистей (пястные и запястные вены) или центральные венозные катетеры, если на них нет специальной маркировки.

Позиционирование пациента

Правильное позиционирование пациента и размещение ЭКГ-электродов способствуют получению изображений хорошего качества. Основные цели позиционирования пациентов являются:

1) свести к минимуму присутствие металлических объектов в зоне сканирования (например, ЭКГ-проводов) в пределах поля сканирования из-за возможных артефактов;

2) расположить сердце в центре гентри.

Оптимальное положение: пациент на спине с поднятыми над головой руками. Руки должны быть расположены удобно для пациента, чтобы избежать их дрожания и затекания, что может привести к артефактам на ЭКГ. Следует стараться держать руку с кубитальным катетером прямой, насколько это возможно, чтобы избежать перегиба пластиковой иглы и не затруднять прохождение контрастного вещества. Внутривенные инфузионные линии, по которым поступает контраст, следует располагать со стороны головы пациента, чтобы они не пересекались с зоной сканирования и не давали артефактов «свечения».

Дополнительно рекомендуется минимизировать нахождение проводов от ЭКГ-электродов в поле сканирования. Перед наклеиванием электродов на тело пациента можно предварительно протереть кожу спиртовой салфеткой и/или побрить соответствующие участки кожи, чтобы обеспечить плотный контакт. На кривой ЭКГ важно получить хорошо различимый, высокий пик R и относительно стабильную базовую линию низкой высоты. При наличии помех в виде дополнительных пиков базовой линии или высоких зубцов T следует поменять места электродов

или выбрать другие отведения, иначе регистрация R-зубцов и, соответственно, ЭКГ-синхронизация будут неправильными.

Тип контраста, объем и скорость

Предпочтительно использовать контрастные препараты с высокой концентрацией йода (270-400 мг/мл) со скоростью введения 4,5-7 мл/с. Предварительный разогрев контрастного вещества до температуры 36–37 градусов снижает его вязкость, повышает текучесть и способствует снижению нагрузки на болюсный иньектор. Объем контрастного препарата зависит от времени сканирования, частоты сердечных сокращений и может варьировать от 50 до 120 мл. Рекомендуются использовать двухколбовые иньекторы.

Протокол двухфазного введения болюса состоит из первой иньекции контраста со скоростью 4,5-7 мл/с и последующей иньекции физиологического раствора в объеме 40–50 мл той же скоростью. При оптимальном режиме контрастирования из правых камер сердца контраст уже вымывается, но еще остается в левых отделах. Однако в определенных ситуациях необходимо контрастирование правого желудочка, например, для оценки состояния межжелудочковой перегородки или оценки функции правого желудочка. Для этого может использоваться трехфазное введение болюса: 1 фаза – иньекция контрастного препарата с высокой скоростью; 2 фаза – введение смеси контраста с физраствором с высокой скоростью или введение только контраста с низкой скоростью (2 мл/с); 3 фаза – введение физраствора.

Начало сканирования

Время запуска сканирования можно определять самостоятельно с помощью тестового болюса или автоматически с помощью болюс-трекинга. Выбор метода зависит от предпочтений врача-рентгенолога, опыта рентгенолаборанта и технологических характеристик аппарата. Считается, что болюс-трекинг более предпочтителен, поскольку позволяет уменьшить объем вводимого контрастного препарата. Болюс-трекер можно устанавливать на полость левого желудочка, восходящий или нисходящий отдел аорты. Задержку начала сканирования обычно ставят в диапазоне от 5 до 10 секунд, но не менее 5 секунд, чтобы успеть дать команду по задержке дыхания и установить стол в положение начала сканирования.

Диапазон сканирования

Поле сканирования при КТ-коронарографии должно быть ограничено только областью сердца. При других клинических задачах, требующих оценки, помимо коронарного русла, также легочные артерии, грудной отдел аорты или шунты, необходимо соответственным образом увеличить поле сканирования. Тем не менее, это может отразиться на снижении качества изображения коронарного русла. Диапазон сканирования, как правило, ограничен областью от бифуркации трахеи до нижнего края сердца.

Режимы сбора данных

Перспективный способ следует рассматривать как наиболее предпочтительный для оценки состояния коронарного русла у пациентов с регулярным ритмом и частотой сердечных сокращений ≤ 60 ударов в минуту. При данном методе напряжение на рентгеновской трубке включается только в определенную фазу сердечного цикла, как правило, это в середину диастолы (75% в интервале между зубцами R-R). В остальные фазы сердечного цикла сканирование не проводится и, соответственно, в дальнейшем невозможно провести реконструкцию данных для получения изображений. При перспективном методе сбора данных разница в дозовой нагрузке на пациента может составлять до 90% по сравнению с ретроспективным методом.

При **ретроспективном методе** КТ-коронарографии сканирование проводится на протяжении всего сердечного цикла, что позволяет в дальнейшем проводить реконструкции и получать изображения коронарных артерий в любой точке интервала R-R. Ретроспективный метод сканирования следует рассматривать предпочтительным в случаях, когда у пациента есть аритмия или невозможно достичь оптимальной частоты сердечных сокращений. Кроме того, ретроспективный метод используют при анализе функции желудочков сердца или клапанного аппарата. При высокой частоте сердечных сокращений, а также для хорошей визуализации правой коронарной артерии (ПКА) рекомендуется проводить реконструкцию в фазу конечной систолы (35% в интервале между зубцами R-R).

Сканограмма

В начале исследования проводится сканограмма в передней и боковой проекциях для разметки поля сканирования, которое, как правило, начинается от уровня бифуркации трахеи и заканчивается на 3-4 см ниже диафрагмы и составляет длиной 12-15 см.

Кальциевый индекс

Рекомендуется всем пациентам непосредственно перед КТ-коронарографией проводить исследование на определение кальциноза коронарных артерий, однако это может оставаться на усмотрение врача-рентгенолога и внутренних правил лечебного учреждения. Для кальциевого индекса используется перспективное получение изображений с ЭКГ-синхронизацией. Оптимальной фазой получения изображений считается диапазон 65–80% интервала R-R. Остается спорным вопрос, стоит ли продолжать исследование при наличии выраженного кальциноза коронарных артерий, поскольку массивные кальциевые бляшки сильно ухудшают качество оценки стенозирования просвета за счет так называемого артефакта «свечения». Доказано, что с ростом значения кальциевого индекса растет число сегментов коронарных артерий, не подлежащих оценке. Некоторые диагностические центры при выявлении кальциевого индекса более 600–1000 не продолжают исследование и не делают КТ-коронарографию. С другой стороны, у некоторых пациентов

КТ-коронарография может дать полезную информацию, несмотря на выраженный кальциноз, особенно при наличии следующих факторов: регулярный сердечный ритм с частотой <60 ударов в минуту, низкий или умеренный вес тела, диффузное распределение кальциноза коронарных артерий. Решение продолжить КТ-коронарографию при высоком значении кальциевого индекса остается на усмотрение врача-рентгенолога и лечащего врача.

Реконструкция и постобработка изображений

В большинстве случаев реконструкция «сырых» данных предварительно запрограммирована в протоколе сканирования КТ-коронарографии и выполняется с минимальным участием рентгенолаборанта или врача. Она может быть настроена на автоматическую реконструкцию в определенную фазу сердечного цикла (как правило, 75% интервала R-R) или в фазу наилучшей визуализации просветов коронарных артерий. Тем не менее, врач-рентгенолог должен быть знаком с основными этапами реконструкции для получения изображений коронарного русла оптимального качества.

При *проспективном* сканировании возможности реконструкции ограничены только фазой сердечного цикла, в которую проводился сбор данных, при *ретроспективном* сканировании можно выбрать любую фазу сердечного цикла для реконструкции изображений. Как правило, дополнительные реконструкции необходимы при наличии двигательных артефактов на том или ином сегменте коронарной артерии: произвольный вдох при введении контрастного препарата, аритмия с внезапно возникшей экстрасистолой, высокая ЧСС [3].

Во время одного сокращения у сердца имеется два коротких периода относительной неподвижности – в конце систолы и в середине диастолы. Существует общее мнение, что при низкой частоте сердечных сокращений (<65 ударов в минуту) оптимальное время для реконструкции в середине диастолы, в то время как при высокой частоте сердечных сокращений (>65–70 ударов в минуту) оптимальное время для реконструкции в конце систолы.

Также следует помнить о «капризной» ПКА, которая нередко не подлежит оценке при реконструкции в диастолу, но бывает хорошо видна в систолу.

Любую реконструкцию следует начинать с редактирования собранных данных по ЭКГ-синхронизации. Проводится проверка правильности регистрации зубцов R, равномерность интервалов R-R и при необходимости удаляются или добавляются лишние или пропущенные зубцы R. Следующим этапом проводится выбор фазы сердечного цикла для реконструкции. Сначала выбирается интересующий срез, на котором плохо визуализируется сегмент коронарной артерии, а затем проводится реконструкция изображений во все фазы сердечного цикла, но только одного среза, проходящего через этот сегмент коронарной артерии. Далее

выбирается изображение без артефакта и проводится реконструкция в соответствующую фазу сердечного цикла.

При двигательных артефактах от высокой ЧСС следует проводить реконструкцию в систолу или 35% интервала R-R.

Для оценки функции желудочков или клапанного аппарата проводится реконструкция серий изображений через каждые 10% интервала R-R.

Интерпретация КТ-коронарографии

Золотым стандартом оценки коронарного русла и определения степени стенозирования коронарных артерия является селективная коронарография. Тем не менее, КТ-коронарография обладает рядом преимуществ: она позволяет оценить структуру и состав атеросклеротической бляшки, внешний контур коронарной артерии, позволяет выявить некоторые некоронарогенные заболевания (морфологию и функцию миокарда, клапанного аппарата, перикарда) и экстракардиальную патологию (заболевания аорты и легочной артерии, органов грудной клетки). В связи с этой интерпретация изображений требует системного подхода и не должна ограничиваться только коронарной патологией.

Для качественной интерпретации КТ-коронарографии врач-рентгенолог должен обладать следующими знаниями и навыками:

- (1) знание нормальной коронарной и сердечной анатомии, аномалий развития;
- (2) понимание патофизиологии коронарного атеросклероза;
- (3) знание характерных проявлений поражения коронарных артерий на КТ с и без контрастирования;
- (4) понимание принципов получения изображений КТ-коронарографии и ограничения метода;
- (5) уметь использовать программное обеспечение для интерпретации изображений;
- (6) уметь проводить реконструкции изображений при наличии артефактов.

Основные принципы интерпретации коронарной КТ-ангиографии

Плоскости изображений

Аксиальная плоскость

Аксиальная проекция служит основой для начала интерпретации изображений сердца. Основным преимуществом этой проекции является практически полное отсутствие искажений или артефактов, возникающих в результате постобработки изображений на рабочей станции. Недостатком этого формата является то, что рентгенолог оценивает артерии только с одной точки зрения и одновременно может оценить только небольшой участок артерии, что весьма затруднительно при наличии множественного стенотического поражения или при выраженной извитости. Рекомендуемые уровни и ширина окна следующие: уровень 300 единиц Хаунсфилда (HU), ширина 800HU. Однако параметрами окна можно варьировать. Например, при наличии массивной кальциевой бляшки удобно просматривать изображения в костном окне.

Аксиальные изображения используются для первоначального быстрого просмотра исследования, для оценки качества выполненного исследования, для оценки анатомии коронарного русла (например,

выявление аномального отхождения коронарных артерий), для выявления экстракардиальной патологии [9].

Многоплоскостная реконструкция (MPR)

MPR-реконструкции позволяют просматривать изображения не только во фронтальной и сагиттальной проекциях, но также и в косых проекциях, что позволяет проследить ход артерии в интересующем сегменте, а также оценить морфологию и степень стенозирования бляшки с нескольких точек зрения.

Реконструкции максимальной интенсивности (MIP)

MIP как и MPR позволяет просматривать изображения в нескольких проекциях, только она позволяет оценить диаметр и просвет артерии на большом протяжении за счет построения толстых срезов (обычно по 5мм). Это дает возможность одновременно оценить несколько сегментов артерии, а также уменьшить шум изображения. Тем не менее следует помнить, что MIP-изображения не позволяют анализировать степень стеноза коронарной артерии или состав бляшки. Поэтому рекомендуется использовать данную реконструкцию только в совокупности с другими проекциями, а не как единственный метод для интерпретации.

Криволинейная многоплоскостная реконструкция (сMPR)

Формат сMPR был разработан непосредственно для анализа ангиографических исследований и позволяет проследить ход артерии практически на всем ее протяжении. Преимущество сMPR заключается в том, что она дает изображению всего хода артерии и позволяет оценить просвет в любой точке. Изображение создается путем отслеживания центральной линии артерии и создания вдоль нее просвета сосуда. Соответственно, это может привести к артефактам, если центральная линия была выстроена неверно. В данном случае необходимо вручную выполнить реконструкцию изображения.

3D-изображения

3D-изображения широко используются для демонстрации результатов КТ-коронарографии перед врачами клиницистами или на презентациях. Однако трехмерные модели также хорошо себя зарекомендовали при оценке анатомии при различных аномалиях развития артерий и сердца, а также при оценке состояния шунтов при КТ-шунтографии.

Основные принципы составления протокола и заключения

Следует отметить, что не существует единой формы протокола описания КТ-коронарографии и нижеизложенная информация носит рекомендательный характер. Допускаются изменения и дополнения в зависимости от целей и задач исследования и в зависимости от внутренних договоренностей врачей-рентгенологов и клиницистов в конкретном ЛПУ. Поскольку письменное заключение – это часто единственный документ, который видит лечащий врач, то он должен быть оформлен в достаточно понятной для понимания и короткой форме.

Вводная информация

Перед описательной частью в протоколе с следует указывать следующую информацию:

- данные о пациенте (Ф. И. О., возраст, пол, номер истории болезни/амбулаторной карты, ИМТ, ЧСС, указания о наличии аритмии);
- параметры сканирования (название компьютерного томографа, применение ретроспективной/проспективной ЭКГ-синхронизации, название, доза и объем контрастного вещества);
- отметка о применении нитроглицерина или β -блокаторов, отсутствие или наличие осложнений после введения контрастного вещества, нитратов или β -блокаторов;
- оценка качества изображений (без замечаний; хорошее с минимальными артефактами без потери диагностического качества; допустимое с умеренными артефактами; плохое с выраженными артефактами).

Кальциевый индекс

С учетом того, что кальциевый индекс в большинстве случаев выполняется вместе с КТ-коронарографией, в данной главе рассмотрены основные принципы его интерпретации и формирования заключения. Кальциевый индекс рассчитывается полуавтоматически с помощью специального программного обеспечения на рабочей станции. Показатель рассчитывается на изображениях как сумма площади включений кальция плотностью выше 130 HU, умноженная на фактор плотности. Фактор плотности зависит от максимального показателя плотности в зоне интереса: фактор 1 130-199 HU., фактор 2 200-299 HU, фактор 3 300-399 HU, фактор 4 более 400 HU. Толщина среза, как правило, составляет 3мм. Таким образом, участки с наибольшей плотностью имеют наибольший фактор плотности, что приводит к высокому кальциевому индексу. Показатель может варьировать из-за артефактов свечения, которые могут завышать значения у маленьких по размеру кальцинов, а также при наличии двигательных артефактов. Следует отметить, что нередко значения кальциевого индекса у одного пациента могут различаться при выполнении повторного исследования через короткий промежуток времени. Поэтому важно соблюдать методику по ширине срезов и интервалам между срезами.

Расчет проводится отдельно для каждой артерии: ствола ЛКА, ПНА, ОА и ПКА и выносится в описательную часть. Общая сумма кальциевого индекса представляет собой сумму значений для всех коронарных артерий. При расчете кальциевого индекса не учитывается кальциноз аорты, аортального клапана, митрального фиброзного кольца или клапана, перикарда или миокарда.

Кроме описательной части, можно использовать международную схему описания коронарного кальция **CAC-DRS (Coronary Artery Calcium Data and Reporting System)** [7], которая была введена в 2018 году

и рекомендуется к использованию Обществом сердечно-сосудистой томографии (Society of Cardiovascular Computed Tomography, SCCT) и Американским радиологическим колледжем (American College of Radiology (ACR)) (Таблица 1).

Таблица 1 – Шкала CAC-DRS для описания и интерпретации кальциевого индекса

По шкале Агатстона		
	Са индекс	Риск
CAC-DRS 0	0	Очень низкий
CAC-DRS 1	1–99	Умеренный риск
CAC-DRS 2	100–299	Умеренно повышенный риск
CAC-DRS 3	>300	Средний или выраженный риск
Визуальная оценка		
	Са индекс	Риск
CAC-DRS 0	0	Очень низкий
CAC-DRS 1	1	Умеренный риск
CAC-DRS 2	2	Умеренно повышенный риск
CAC-DRS 3	3	Средний или выраженный риск

Примеры применения шкалы CAC-DRS:

Шкала Агатстона = А

Количество пораженных артерий = N

- | | |
|---|---------------|
| 1. CAC 0 | CAC-DRS A0 |
| 2. CAC 1–99 в стволе ЛКА, ПНА и ПКА | CAC-DRS A1/N3 |
| 3. CAC 100–299 в ПНА, ОА и ПКА | CAC-DRS A2/N3 |
| 4. CAC >300 в стволе ЛКА, ПНА, ОА и ПКА | CAC-DRS A3/N4 |

Визуальная оценка = V

Количество пораженных артерий = N

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| 1. CAC 0 | CAC-DRS V0 |
| 2. CAC 1 в стволе ЛКА, ПНА и ПКА | CAC-DRS V1/N3 |
| 3. CAC 2 в ПНА, ОА и ПКА | CAC-DRS V2/N3 |
| 4. CAC 3 в стволе ЛКА, ПНА, ОА и ПКА | CAC-DRS V3/N4 |

Эта схема может применяться ко всем исследованиям кальциевого индекса, в т. ч. для КТ органов грудной клетки без ЭКГ-синхронизации (но с толщиной срезов 3 мм). Интерпретация может проводиться как визуально (V), так и количественно по методике Агатстона (A). Визуальная оценка достаточно субъективна и должна использоваться только опытным врачом рентгенологом при КТ органов грудной клетки без ЭКГ-синхронизации. Количество пораженных артерий обозначается буквой N и может быть от 1 до 4.

Интерпретация ангиограмм коронарных артерий

Проверка качества изображения

Перед анализом рекомендуется проверить качество изображений на предмет двигательных артефактов. Неадекватную задержку дыхания можно определить по нарушению контура куполов диафрагмы на фронтальных или сагиттальных срезах, а также по нарушению контура грудины на сагиттальных срезах. Причину снижения качества изображения необходимо указывать в протоколе: дыхательные артефакты, ожирение (с указанием ИМТ), нарушения ритма или выраженный кальциноз коронарных артерий.

Дополнительно необходимо знать о так называемых «лестничных» артефактах или артефактах смещения, при которых на изображениях просвет артерии резко обрывается и продолжается ниже и в стороне от ее основного хода, что не следует воспринимать как окклюзию. Это возникает, например, при внезапно возникшей экстрасистоле или произвольном дыхательном движении на глубине вдоха. Особенно хорошо такой артефакт определяется на фронтальных или сагиттальных срезах. Не всегда удается избежать подобных артефактов даже после проведения дополнительных реконструкций изображений, поэтому врач-рентгенолог должен быть знаком с ними [9].

Также следует помнить об артефактах от электродов ЭКС, которые затрудняют оценку ПКА, что также следует указывать в протоколе.

Анатомия коронарных артерий

Анализ начинается с определения анатомических особенностей коронарного русла. Проводится оценка мест отхождения правой и ствола левой коронарных артерий, исключается аномальное отхождение артерий. При наличии аномального отхождения в протоколе отражается место отхождения, наличие аневризматических расширений, взаимоотношение хода артерии с такими прилежащими структурами, как аорта и легочный ствол, камеры сердца и межжелудочковая перегородка. Отмечается наличие «злокачественных» аномалий, например расположение артерии между аортой и легочным стволом. Описание начинается с указания типа коронарного кровоснабжения сердца – правый, левый или сбалансированный (определяется по артерии, которая образует ЗНА).

Просвет коронарных артерий должен быть визуально проанализирован на общий диаметр, явные аневризматические расширения или гипоплазии артерий отмечаются в протоколе.

При выявлении «мышечных» мостиков указывается их расположение и протяженность. Наличие «мышечного» мостика отражается в заключении.

Стенотическое поражение коронарных артерий

Описание атеросклеротического поражения артерии должно включать локализацию, морфологическую структуру и степень стенозирования.

Локализация. Описание локализации зависит от внутренних договоренностей между лучевым диагностом и врачей-клиницистов (кардиологов, интервенционных хирургов и т. д.). Можно описывать, руководствуясь разделением артерии на проксимальный, средний и дистальный сегмент, но можно использовать и сегментацию коронарных артерий, принятую еще в 1975 году American Heart Association (АНА) (Рисунок 1).

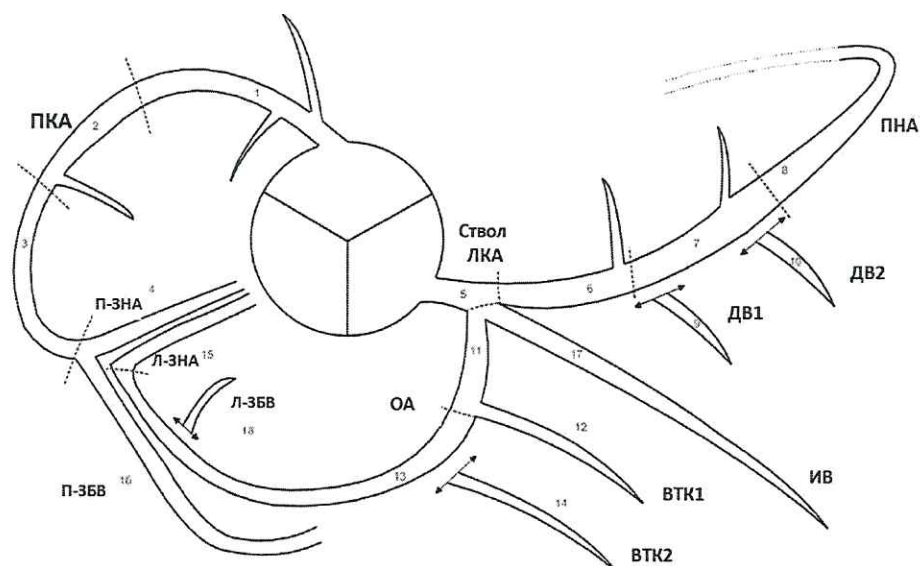


Рисунок 1 - Схема по сегментации коронарных артерий, разработанная Обществом сердечно-сосудистой компьютерной томографии (SCCT, Society of Cardiovascular Computed Tomography)

ЛКА – левая коронарная артерия, ПНА – передняя нисходящая артерия, ОА – огибающая артерия, ПККА – правая коронарная артерия, ДВ – диагональная ветвь, ИВ – интермедиарная ветвь, ВТК – ветвь тупого края, П-ЗНА – правая задняя нисходящая артерия, Л-ЗНА – левая задняя нисходящая артерия, П-ЗБВ – правая задняя боковая ветвь, Л-ЗБВ – левая задняя боковая ветвь [9]

Структура. При описании структуры бляшки оценивается степень ее обызвествления и, соответственно, бляшка описывается как мягкая, смешанная или обызвествленная. Дополнительно при хорошем качестве изображений и при достаточной квалификации врача-рентгенолога рекомендуется обращать внимание на признаки нестабильности бляшки: подрытость краев, изъязвления, трещины и т. д. Одним из преимуществ КТ-коронарографии перед селективной коронарографией является возможность выявлять «положительное ремоделирование» стенки коронарной артерии и более точно оценивать степень стеноза, который на селективной коронарографии может выглядеть незначимым [9]. Наиболее важными КТ-признаками нестабильности атеросклеротической бляшки являются следующие:

- *положительное ремоделирование* – диаметр пораженного сегмента артерии с учетом бляшки больше, чем средний диаметр артерии в

прилегающих пре- и постстенотических сегментах. Математически рассчитывается по формуле 1:

$$D(АБ)/[(D(пре)+ D(пост))/2] >1.1, \quad (1)$$

где $D(АБ)$ – диаметр артерии на уровне атеросклеротической бляшки,
 $D(пре)$ – диаметр артерии перед бляшкой,
 $D(пост)$ – диаметр артерии после бляшки.

- *мелкоточечный кальциноз бляшки* – включения мелких кальцинатов в структуре атеросклеротической бляшки,
- *пониженная плотность бляшки* – наличие в структуре мягкой бляшки центральной зоны с плотностью меньше 30 ед.Х,
- *симптом кольца (napkin-ring sign)* – вокруг мягкой атеросклеротической бляшки определяется опоясывающее кольцо повышенной плотности

Степень стеноза. Конечная цель интерпретации КТ-коронарографии – это возможность донести до врача, направившего пациента на исследование, информацию о наличии у пациента атеросклеротического поражения и степени стенозирования коронарных артерий. Количественная оценка степени стенозирования с помощью различных цифровых инструментов на рабочей станции может помочь в анализе сложных случаев, но, как правило, не используется рутинно в ежедневной практике. Рекомендуется использовать качественную характеристику степени стенозирования просвета артерии, что в количественном выражении примерно соответствует интервалам по 25%.

Рекомендуемое качественное описание стенозов [9]:

- 0 – норма: отсутствие бляшки и отсутствие стеноза;
- 1 – минимальный стеноз: стенозирование просвета < 25%;
- 2 – легкий стеноз: стенозирование просвета $\geq 25\%$, но < 50%;
- 3 – умеренный стеноз: стенозирование просвета $\geq 50\%$, но < 70%;
- 4 – выраженный стеноз: стенозирование просвета $\geq 70\%$, но < 99%;
- 5 – окклюзия.

Также следует учитывать, что стеноз ствола ЛКА более 50% следует расценивать как выраженный.

Принят следующий порядок описания коронарных артерий: ствол ЛКА (указывается наличие бифуркации или трифуркации), ПНА с диагональными ветвями, ОА с ветвями тупого края и ПКА с ветвями острого края. Указывается их диаметр, степень стенозирования и т. д. по вышеуказанной схеме.

Также как и для кальциевого индекса для описания поражения коронарных артерий в 2016 году была введена система описания **CAD-RADS (Coronary Artery Disease Reporting and Data System)** [5], которая рекомендована Обществом сердечно-сосудистой томографии (Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT) и Американским радиологическим колледжем (American College of Radiology (ACR)) для описания КТ-коронарографии (Таблица 2).

Таблица 2 – Шкала CAD-RADS для описания и интерпретации КТ-коронарографии

	Максимальная степень стенозирования	Интерпретация
CAD-RADS 0	0%	Отсутствие атеросклеротического поражения
CAD-RADS 1	1–24%	Минимальное незначимое стенозирование
CAD-RADS 2	25–49%	Умеренное незначимое стенозирование
CAD-RADS 3	50–69%	Стеноз средней степени
CAD-RADS 4	А – 70–99% В – ствол ЛКА (>50%) или трехсосудистое поражение (≥70%)	Выраженный значимый стеноз
CAD-RADS 5	100% (окклюзия)	Окклюзия коронарной артерии
CAD-RADS N	Оценить степень стенозирования невозможно	По изображениям нельзя исключить значимое стенотическое поражение коронарных артерий.

Дополнительно в формулу вносятся данные о наличии стентов (S), шунтов (G) или наличие бляшки с признаками нестабильности (V). При наличии нескольких вышеуказанных признаков они перечисляются через косую черту.

Примеры применения шкалы CAD-RADS:

1. **CAD-RADS 3/N** – пациент со стенозом одной из коронарных артерий 50–69%, другие коронарные артерии (одна или несколько) оценке не подлежат.

2. **НО:** при стенозе одной или нескольких коронарных артерий до 49% и невозможности интерпретировать какой-либо сегмент коронарной артерии (считается, что все участки диаметром >1,5 мм должны оцениваться на предмет стеноза) общая оценка по шкале ставится **CAD-RADS N**, поскольку исследование в целом не позволяет исключить наличие у пациента значимого стеноза и ставит вопрос о назначении альтернативных методов исследования.

3. **CAD-RADS 2/S** – пациент со стентом в ПНА без признаков рестеноза и со стенозом 25–49% в ОА.

4. **CAD-RADS 4A/S** – пациент со стентом в ПНА и стенозом в стенте 70–99% или пациент со стентом в ПНА без признаков рестеноза и со стенозом 70–99% в ПКА

5. **CAD-RADS 2/G** – пациент с шунтом к ПНА, окклюзия ПНА до места шунтирования, стенозы 25–49% в ОА и ПКА. При наличии проходимого шунта к окклюзированной артерии окклюзия не учитывается при составлении формулы, но если шунт окклюзирован, то формула будет уже CAD-RADS 5/G.

6. **CAD RADS 2/V** – пациент со стенозом в ПНА 25-49% и признаками нестабильности бляшки.

7. **CAD-RADS N/S** – пациент со стентом в ОА (или в любой другой артерии), в котором нельзя достоверно оценить просвет, и без признаков стенозирования в других коронарных артериях.

8. **CADRADS 3/S/V** – пациент со стентом в ПНА без признаков рестеноза и стенозом 50–69% нестабильной бляшкой в ПКА [5].

Шунтография

КТ-шунтография широко зарекомендовала себя как метод оценки проходимости венозных и артериальных шунтов после АКШ и МКШ. Как правило, исследование выполняется перед селективной коронарографией при возникновении у пациента симптомов стенокардии через некоторое время после операции. Исследование помогает оценить анатомическое расположение шунтов, места их отхождения от аорты, а также проходимость или стенозирование их просветов. При наличии данной информации интервенционные хирурги не тратят время на поиск всех шунтов, снижается объем используемого контрастного препарата и дозовая нагрузка на пациента. При анализе часто используются криволинейные и 3D-реконструкции изображений. Для полноценного анализа шунтов требуется предварительная информация об объеме оперативного вмешательства с описанием количества и расположения шунтов, как правило, в виде выписки из стационара.

Описание собственно коронарного русла имеет меньшее значение, поскольку у данных пациентов коронарные артерии диффузно изменены и обызвествлены и их визуализация резко снижена.

Оценка проходимости стентов

Золотым стандартом оценки проходимости коронарных стентов является селективная коронарография. Тем не менее КТ-коронарография позволяет с определенной точностью оценить состояние просвета крупных стентов диаметром ≥ 3 мм, а также других коронарных артерий [8]. При стентах меньшего диаметра КТ позволяет оценить проходимость стента, но оценить степень внутрипросветного стеноза затруднительно. Существуют современные аппараты с высокой степенью пространственного разрешения изображений, позволяющие оценить проходимость стентов меньшего диаметра.

Следует понимать, что подсчет кальциевого индекса после шунтирования или стентирования коронарных артерий не имеет смысла.

Некоронарная сердечно-сосудистая патология

Для выявления некоронарной сердечно-сосудистой патологии оцениваются следующие структуры: перикард, камеры сердца, межпредсердная и межжелудочковая перегородка, митральный и трикуспидальный клапаны, аортальный и легочный артерии клапаны, легочные артерии, легочные вены, грудной отдел аорты.

Стенки и полости левого желудочка и левого предсердия при КТ-коронарографии, как правило, гомогенно заполнены контрастным веществом, что позволяет достоверно оценить их на предмет гипертрофии, дилатации, истончения стенок, врожденных аномалий и т. д. В

зависимости от протокола введения контрастного препарата правые отделы сердца также могут быть доступны для анализа. При вымывании контрастного вещества из правых отделов сердца хорошо визуализируются дефекты межпредсердной перегородки с поступлением контраста слева направо.

В протоколе следует указывать обызвествление фиброзных колец и створок клапанного аппарата, наличие дополнительных объемных образований в камерах сердца (в т. ч. тромбы) и на клапанах с указанием их размеров и расположения.

При в/в контрастировании, помимо таких изменений как обызвествление, аневризматическое расширение стенок левого желудочка, нередко определяются дефекты контрастирования в зоне постинфарктных рубцов, что также необходимо отразить в протоколе.

Перикард оценивается на предмет утолщения стенок и объемных образований, наличия жидкости с указанием ее толщины.

Грудной отдела аорты – диаметр восходящего отдела аорты рекомендуется оценивать не на аксиальных изображениях, а на сагитальных или фронтальных перпендикулярно оси аорты, чтобы избежать измерения в косо́й проекции и завышения размеров (в норме до 40 мм).

Легочная артерия – измеряется диаметр ствола артерии для выявления признаков легочной гипертензии (в норме до 29 мм), просвет при достаточном контрастировании оценивается на предмет дефектов наполнения.

Экстракардиальные структуры

При КТ-коронарографии в зону сканирования попадают участки легких, средостения и верхнего этажа брюшной полости. Соответственно, помимо сердечно-сосудистых структур, оценке дополнительно подлежат дыхательные пути, лимфатические узлы средостения, легочная ткань, плевра, грудная стенка, пищевод, печень, надпочечники, костные структуры и т. д. Анализ попавших в зону сканирования органов необходим по двум причинам:

- 1) выявление сопутствующей патологии;
- 2) выявление альтернативных заболеваний, которые могли бы проявляться как сердечно-сосудистая патология (например, грыжа пищеводного отверстия диафрагмы) [8].

Особое внимание стоит обратить на анализ легочной ткани и выявление очаговых образований легких, с учетом доказанной эффективности использования КТ органов грудной клетки для раннего выявления рака легких. При выявлении легочной патологии следует рекомендовать КТ органов грудной клетки.

Заключение составляется как краткое изложение наиболее важной клинической информации для врача-клинициста. Следует учитывать, что большинство врачей, направляющих пациента на исследование, читают только заключение. В заключении кратко излагаются наиболее значимые

выявленные изменения. Обязательно указывается кальциевый индекс (+CAC-DRS), а также степень и уровень стенотического поражения коронарных артерий (+CAD RADS). При некачественных изображениях или выраженных артефактах делается отметка о связанных с ними проблемами интерпретации. Сегменты артерий, оценить которые достоверно невозможно, также должны быть отражены в заключении, чтобы врач-клиницист понимал, в каких артериях достоверно не исключены атеросклеротические бляшки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство современных КТ-сканеров позволяют проводить КТ-коронарографию с высоким качеством изображений, позволяющим оценить состояние коронарного русла пациента. Понимание возможностей и ограничений метода, а также деталей отбора и подготовки пациентов, особенностей сканирования и реконструкции изображений необходимы для настройки и успешного выполнения КТ-коронарографии как в условиях стационара, так и в амбулаторном звене. Данное руководство содержит основные принципы и инструкции по выполнению КТ-коронарографии, однако следует учитывать, что качество исследования во многом зависит от опыта персонала кабинета компьютерной томографии, правильного подбора пациентов и адекватно сформулированных целей и задач процедуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кардиология. Национальное руководство. Краткое издание / под ред. Е.В. Шляхто. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 816 с.: ил.
2. Клинические рекомендации. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Год утверждения: 2016. ID: KP155. Профессиональные ассоциации: Российское кардиологическое общество, Национальное общество по изучению атеросклероза, Национальное общество по атеротромбозу <http://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/fedcad.pdf>
3. Abbara S., Blanke P. et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2016;10(6):435-449. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcct.2016.10.002>
4. Carità P., Guaricci A.I., Muscogiuri G. et al. Prognostic Value and Therapeutic Perspectives of Coronary CT Angiography: A Literature Review. *BioMed Research International* Volume 2018. Article ID 6528238. <https://doi.org/10.1155/2018/6528238>.
5. Cury R.C., Abbara S. et al. CAD-RADS: Coronary Artery Disease e 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 Cardiovasc Comput Tomogr.* 2016;10(4):269-281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcct.2016.04.005>
6. Fihn S.D., Gardin J.M., Abrams J. et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the Diagnosis and Management of Patients With Stable Ischemic Heart Disease. *Circulation.* 2012;126:354–471. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e318277d6a0>.
7. Hecht H.S., Blaha M.J. et al. CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2018;12(3):185–191. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2018.03.008>
8. Knuuti J., Wijns W., Saraste A. et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, ehz425. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>.
9. Leipsic J., Abbara S. et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary CT angiography: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2014;8(5):342-358. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcct.2014.07.003>.
10. Moss A.J., Williams M.C., Newby D.E., Nicol E.D. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the First-Line Test for Coronary Artery Disease. *Curr Cardiovasc Imaging.* 2017; 10(5):15.
11. Raff G.N., Chinnaiyan K.M. et al. SCCT guidelines on the use of coronary computed tomographic angiography for patients presenting with acute chest pain to the emergency department: A Report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2014;8(4):254-271. doi: 10.1016/j.jcct.2014.06.002.
12. Taylor A.J., Cerqueira M. et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography. *JACC* 2010;56(22):1864–94 doi:10.1016/j.jacc.2010.07.005.

Пример описания КТ-коронарографии

Исследование проведено на мультиспиральном компьютерном томографе [название томографа] с [ретроспективной/ проспективной] ЭКГ-синхронизацией, с последующей мультипланарной реконструкцией изображений.

В/в болюсное введение контрастного вещества [название контрастного препарата, концентрация йода и объем]. Осложнений не было.

ЧСС []. ИМТ []. Дополнительно введено: метопролол [дозировка/вв или перорально], нитроглицерин (сублингвально).

Кальциевый индекс – 0.

После введения контрастного препарата:

Правый тип коронарного кровоснабжения.

Ствол ЛКА отходит от левого коронарного синуса, нормального диаметра, без стенотических изменений.

ПНА нормального диаметра, без стенотических изменений. Отдает диагональные ветви (ДВ), также без признаков стенозирования.

ОА нормального диаметра, без стенотических изменений. Отдает ветви тупого края (ВТК), также без признаков стенозирования.

ПКА нормального диаметра, отходит от правого коронарного синуса, без стенотических изменений. Отдает ветвь острого края. Отдает ЗНА.

Аортальный и митральный клапаны без особенностей. Жидкости в полости перикарда не определяется. Восходящий отдел аорты не расширен. Ствол ЛА не расширен.

В легких на уровне сканирования – без очаговых и инфильтративных изменений.

Костные структуры без особенностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Кальциевый индекс 0 (CAC-DRS 0). КТ данных за стенотическое поражение коронарных артерий не получено (CAD-RADS 0).

Дозовая нагрузка [] мЗв

Врач-рентгенолог []