

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новосибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России)



РОТАЦИОННАЯ АТЕРЭКТОМИЯ

Учебно-методическое пособие

Новосибирск
2025

УДК 616.132-008(075)
ББК 54.101я73
Р79

Содержание

Учебное пособие утверждено на заседании ЦКМС НГМУ

Рецензенты:

Р.А. Найденов – канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенхирургических методов диагностики и лечения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. академика Е.Н. Мешалкина» Минздрава России;
В.И. Байструков – канд. мед. наук, заведующий отделением – врач по рентген-эндоваскулярным диагностике и лечению рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ГБУЗ НСО «Центральная клиническая больница»

Ротационная атерэктомия: учебно-методическое пособие /
Р79 О.В. Крестьянинов, А.Ю. Цыденова, Р.С. Тарасов, И.С. Бессонов, А.М. Чернявский. – Новосибирск, ИПЦ НГМУ, 2025. – 36 с.

Учебно-методическое пособие посвящено вопросам диагностики, подходу к выбору оптимальной тактики рентгенэндоваскулярного лечения пациентов с кальцинированными поражениями коронарного русла. В пособии описаны, алгоритмы диагностики и основные стратегии выполнения ротационной атерэктомии, подробно описана техника выполнения вмешательства, возможные осложнения, приведены клинические примеры. Пособие содержит QR-кода для доступа к соответствующим видеофайлам.

Пособие основано на современных литературных данных, клиническом опыте и научных исследованиях авторов.

Рекомендуется для обучения клинических ординаторов по специальностям «Сердечно-сосудистая хирургия» и «Рентгенэндоваскулярные диагностика и лечение».

УДК 616.132-008(075)
ББК 54.101я73

© Коллектив авторов, 2025
© НГМУ, 2025

Список сокращений	4
Введение	5
Диагностика	7
Коронарная ангиография	8
Внутрисосудистые методы визуализации	9
Внутрисосудистое ультразвуковое исследование	9
Оптическая когерентная томография.	11
Показания для проведения ротационной атерэктомии	14
Техника выполнения ротационной атерэктомии	14
Осложнения ротационной атерэктомии	22
Ответы на вопросы	25
Тестовые задания	27
Список литературы	31
Информация об авторах	35

Список сокращений

АКШ – аорто-коронарное шунтирование
БАП – баллонная ангиопластика
БВ – боковая ветвь
ВСУЗИ – внутрисосудистое ультразвуковое исследование
ВТК – ветвь тупого края
ДА – диагональная артерия
ЗБВ – заднебоковая ветвь
ЗНА – задняя нисходящая артерия = ЗМЖВ – задняя межжелудочковая ветвь
КАГ – коронарная ангиография
КИ – кальциевый индекс
ККА – кальциноз коронарных артерий
КТ – компьютерная томография
КШГ – коронарошунтография
ЛКА – левая коронарная артерия
ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия
ЛЖ – левый желудочек
МКШ – маммаро-коронарный шунт
ОА – огибающая артерия
ОБА – общая бедренная артерия
ОКС – острый коронарный синдром
ОКТ – оптическая когерентная томография
ПКА – правая коронарная артерия
ПНА – передняя нисходящая артерия = ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь
Пра – промежуточная артерия (интермедиальная артерия)
РА – ротационная атерэктомия
СВ – септальная ветвь

Введение

Чрескожное коронарное вмешательство при кальцинозе коронарных артерий ассоциировано с высоким риском периоперационных осложнений, неблагоприятными сердечно-сосудистыми событиями в раннем и отдаленном периодах по сравнению с вмешательствами на не кальцинированных поражениях [1].

Ротационная атерэктомия (РА) уже более 30 лет используется при лечении выраженного кальциноза коронарных артерий. Первые исследования по ротационной атерэктомии были опубликованы в 1987 г. [2], процедурный успех существенно не изменился: примерно 89–95% в ранних исследованиях (1990 г.) [3] и 92% в исследовании ROTAXUS (2013 г.) [4]. В исследовании ROTAXUS рутинное применение РА с последующей имплантацией стента с лекарственным покрытием было связано с большей степенью расширения стента по сравнению с подготовкой поражения с помощью баллонной ангиопластики, однако частота рестеноза оставалась одинаково высокой в обеих группах через 9 месяцев (11,7 и 12,5% соответственно, $p < 0,01$). Обнадешивающие результаты были получены в рандомизированном исследовании PREPARE-CALC (2018 г.), которое включало изучение результатов лечения 200 пациентов. Рандомизация была выполнена на основании применения ротационной атерэктомии или баллонной ангиопластики в качестве метода модификации кальцинированного участка поражения коронарных артерий перед имплантацией стента [5]. Первичная конечная точка (поздняя потеря просвета) была достигнута больше при ротационной атерэктомии, чем при использовании режущего баллона (98% против 81% соответственно), в первую очередь из-за трудной доставки баллонов с широким профилем, но без существенной разницы показателя поздней потери просвета через 9 мес. Стоит отметить, что внутрисосудистая визуализация не использовалась в качестве инструмента, определяющего выбор методики модификации ККА.

В эпоху стентов с лекарственным покрытием частота рестенозов заметно уменьшилась, тогда же РА была перенесена в категорию одного из методов для подготовки поражения перед имплантацией

Диагностика

стента в случаях выраженного ККА. В 2022 г. в одногрупповом проспективном исследовании, в котором 110 пациентам была выполнена модификация кальция методикой Rota-Cut (комбинация метода ротационной атерэктомии с режущим баллоном), сравнивались с пациентами из исследования PREPARE-CALC (2018). Исследование имело две основные конечные точки: размер сосуда после стентирования, который оценивался с помощью количественного ангиографического анализа и степень расправления стента с помощью оптической когерентной томографии. Применение методики Rota-Cut (комбинированное использование ротационной атерэктомии и режущего баллона) привело к большему достижению минимальной площади стента по сравнению с историческим контролем в предшествующем исследовании, но не было связано с более высокой степенью расширения стента [6].

Модификация кальцинированного поражения с помощью ротационной атерэктомии значительно облегчила проведение стентов, предотвращая повреждение полимера при их доставке к поражению. Ротационный бур при вращении целенаправленно срезает кальцинированный слой (рис. 1), «полируя» поверхность и превращая кальций в микрочастицы (5–10 мкм), а микрочастицы в свою очередь самостоятельно элиминируются из коронарного кровотока.

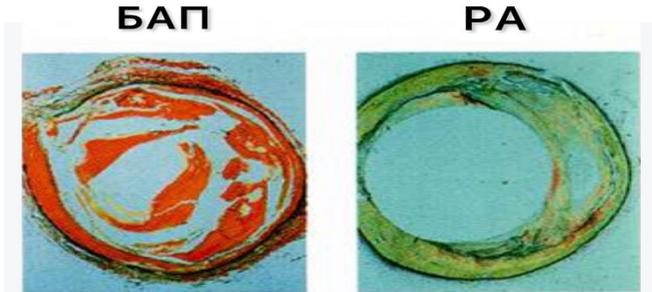


Рис. 1. Срез сосуда после воздействия на поражение БАП и РА

Основные этапы оптимального стентирования при кальцинозе – это подбор и оценка поражения, оценка рисков вмешательства, сосудистый доступ, правильный выбор направляющего катетера, проводника, имплантация стента и оптимизация результата стентирования.

За последние годы накопилось достаточное количество данных о том, что наличие ККА считается диагностически важной характеристикой для пациентов с ИБС. ККА является маркером тяжести коронарного атеросклероза, наличия коморбидной патологии, клинической тяжести и неблагоприятного исхода заболевания. Важность обнаружения ККА с помощью различных методов диагностики наглядно проявляется при выборе оптимального метода реваскуляризации миокарда.

КТ-ангиография – неинвазивный метод визуализации кальциноза коронарных артерий, позволяющий оценить степень и распространенность кальциноза путем расчета кальциевого индекса (КИ), который определяется как область площадью не менее $1 \text{ мм}^2 > 130$ единиц Хаунсфилда или ≥ 3 единиц с использованием методики Агатстона [7]. КИ является математической производной площади кальциатов на каждом последовательном томографическом срезе, и фактора его рентгеновской плотности. Общий балл КИ в единицах Агатстона (AU) формируется суммированием баллов каждого очага кальцификации по всем коронарным артериям. Соответственно выделяют 4 степени: минимальный (1-10 AU), средний (11-100 AU), умеренный (101-400 AU) и выраженный (>400 AU) кальциноз коронарных артерий. Доказано, что КИ тесно связан с тяжестью коронарного атеросклероза и риском развития острых коронарных событий у бессимптомных пациентов [8]. КТ-ангиография коронарных артерий позволяет оценить анатомию коронарного русла, характер поражения, характеристику бляшки, выявить пятнистую кальцификацию, включения микрокальциатов. Данный метод позволяет рассчитать кальциевый индекс (КИ) в коронарных артериях как независимый предиктор коронарных событий у лиц без симптомов, так и у симптомных пациентов, что подтверждено в 10-летнем многоэтническом исследовании атеросклероза (MESA) [9]. КТ ангиография определяет процент вовлеченности коронарных артерий в процесс кальцификации, так называемый показатель охвата кальцием, также позволяет характеризовать тяжесть атеросклеротического пора-

жения, однако не дает достаточной информации о глубине расположения кальция, вовлеченности слоев сосудистой стенки. Таким образом, КТ-ангиография не является основным методом диагностики в планировании вмешательства.

Коронарная ангиография

Коронарная ангиография считается «золотым стандартом» определения поражения коронарного русла, но двухмерное изображение не позволяет полноценно определить размер сосуда, характеристику бляшки, информацию об имплантированном стенте. Умеренный кальциноз визуализируется в виде рентгеноконтрастных теней, которые формируют силуэт артерии еще до введения контрастного вещества при динамическом изображении, тогда как выраженный кальциноз визуализируется на статичном изображении (рис. 2).

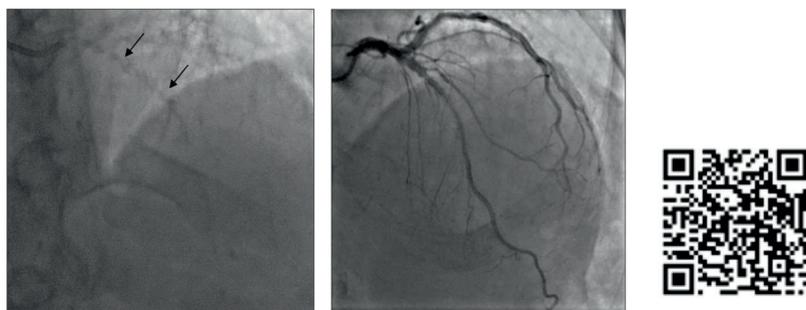


Рис. 2. Выраженный кальциноз передней нисходящей артерии на статичном рентгеноскопическом изображении до введения рентгенконтрастного вещества

Tuzcu и соавт., изучая сопоставимость данных коронарной ангиографии и внутрисосудистого ультразвукового исследования, предложили оценивать ККА по четырем критериям: 1) оценка ККА по 4-бальной шкале (0 – нет кальциноза; 1 – кальциноз едва заметен; 2 – видимый кальциноз; 3 – выраженный кальциноз); 2) глубина кальциноза после инъекции контрастного вещества (поверхностный – ККА расположенный ближе к просвету сосуда, глубокий на уровне адвентиции); 3) достоверное определение ККА в двух и более ортогональных проекциях; 4) наличие диффузного ККА [10].

Значимость коронарной ангиографии для оценки размера сосуда не является высокой, согласно исследованию OPUS-CLASS диаметр просвета, определенный при коронарной ангиографии на 5% был меньше истинного размера чем при измерении ВСУЗИ [11]. В своем исследовании Mintz с соавт. выявили, что коронарная ангиография выявляет кальций только в 38% случаев и возможность его выявления зависит от степени тяжести ККА [12].

Внутрисосудистые методы визуализации

Последнее десятилетие визуализирующие методы диагностики активно развиваются, появляются аппараты с более высоким разрешением. Важным аспектом является использование внутрисосудистой визуализации до и после модификации ККА. Внутрисосудистая визуализация предоставляет дополнительную информацию о размерах сосуда, характере и длине поражения, и играет важную роль в определении стратегии лечения, оценивает степень уменьшения массы и толщины кальцинированной бляшки, наличия диссекций и трещин от которых зависит оптимальное расширение стента.

К основным параметрам оптимальной имплантации стента: минимальная площадь поперечного сечения стента (не менее 5,5 мм²), степень расширения стента (остаточный стеноз не более 20%), избегание имплантации края стента в стеноз более 50%, мальпозиция (расстояние стента до стенки сосуда не более 0,4 мм длиной не более 1 мм) и диссекция (отслойка интимы радиусом не более 60°, длиной не более 2 мм) [13]. Контрольное ВСУЗИ позволяет корригировать данные параметры до достижения целевых.

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) осуществляется с помощью катетера со встроенным на его кончике ультразвуковым датчиком. Волны генерируются специальным пьезокристаллом во время прохождения через него электрическо-

го тока. На границе тканей с разной плотностью УЗ-волны частично отражаются, таким образом часть волн возвращается к датчику, сигнал далее преобразуется в электрический и передается на консоль, где из его амплитудной составляющей формируется изображение. Кальций на ВСУЗИ определяется как гиперэхогенное образование. Поскольку ультразвуковая волна отражается от кальцинированной поверхности, данный метод не позволяет оценить толщину и площадь кальция, но возможно дать количественную характеристику в виде оценки угла кальциноза и длины поражения (рис. 3).

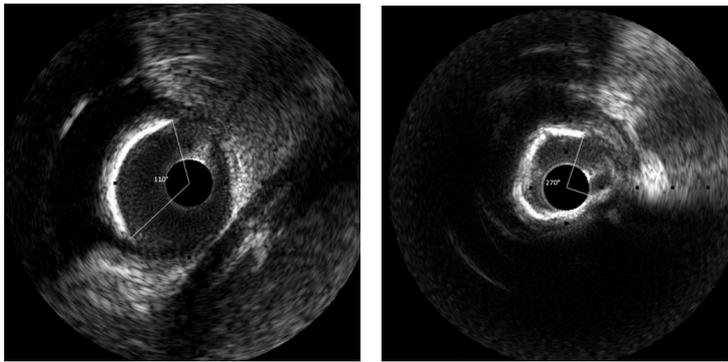


Рис. 3. Кальциноз коронарной артерии при ВСУЗИ

В отношении ЧКВ с использованием стентов с лекарственным покрытием, исследования IVUS-XPL [14] и СТО-IVUS продемонстрировали значительное снижение неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (МАСЕ) и снижение частоты повторной реваскуляризации при стентировании с под контролем ВСУЗИ [15]. Wang и соавт. (2017) оценили кальцинированные поражения коронарных артерий ($n = 440$) с помощью ангиографии, ВСУЗИ и оптической когерентной томографии (ОКТ) и показали, что ВСУЗИ является более чувствительным методом визуализации, ККА диагностирован с помощью ангиографии в 40,2% поражений, при ОКТ в 76,8% поражений и с помощью ВСУЗИ в 82,7% поражений [16].

Недостаточное расправление стента является главным предиктором раннего тромбоза и рестеноза стента. Удовлетворительный долгосрочный результат коронарного стентирования достигается при

минимальной площади поперечного сечения, имплантированного стента более 5,5 мм², которая связана с удовлетворительными долгосрочными результатами. Однако эти параметры нельзя экстраполировать на сосуды малого диаметра.

Оптимальным расширением стента считается отношение минимальной площади поперечного сечения стента к средней площади просвета сосуда более 80%, это так же можно трактовать как степень остаточного стеноза менее 20%. Поэтому существенное значение в определении степени остаточного стеноза играют визуализирующие методики, учитывая, что достижение расширения > 90% (остаточный стеноз менее 10%), которое ангиографически определить невозможно, достигается не в каждом случае.

Оптическая когерентная томография

В оптической когерентной томографии (ОКТ) используется инфракрасный свет с длиной волны 1,3 мкм, метод основан на изменении времени задержки отраженного светового сигнала в инфракрасном спектре. Источник света излучает два луча, один из которых поступает на воспринимающий датчик оптического волокна, а другой в ткани, где происходит его рассеивание, поглощение и отражением. Интенсивность сигнала и задержка отраженного света зависят от плотности тканей, что приводит к построению изображения с четкими границами. Клетки крови в просвете сосуда отражают инфракрасный свет, значительно снижая разрешающую и проникающую способность луча, поэтому с целью улучшения качества изображения во время тракции датчика вводится рентгенконтрастное вещество.

При ОКТ-визуализации ККА свет хорошо проникает в кальций, который проявляется зоной просветления с четкой очерченной границей. С помощью ОКТ можно проводить количественную оценку кальцинированных бляшек – дугу кальциноза, длину, толщину, протяженность, площадь и объем, определять наличие микрокальцинатов (рис. 4). Исследование ILUMIEN III, сравнивая эффективность ЧКВ с применением ОКТ и ЧКВ под контролем ВСУЗИ, продемонстрировало равнозначную эффективность в достижении оптимального расправления стента, кардиальные события (МАСЕ)

ОКТ/ОСТ	
Толщина кальция/calcium thickness(mm)	0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)
Угол кальциноза/calcium angle(°)	0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)
Длина кальция/calcium length(mm)	2 балла (2 points) 0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)

ВСУЗИ/IVUS	
Окружность кальция/calcium arc	0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)
Угол кальциноза/calcium angle >270 °	0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)
Диаметр/diameter	0 баллов (0 point) 1 балл(1 point)
Узлы кальция/calcified nodule	отсутствуют/no присутствуют/yes

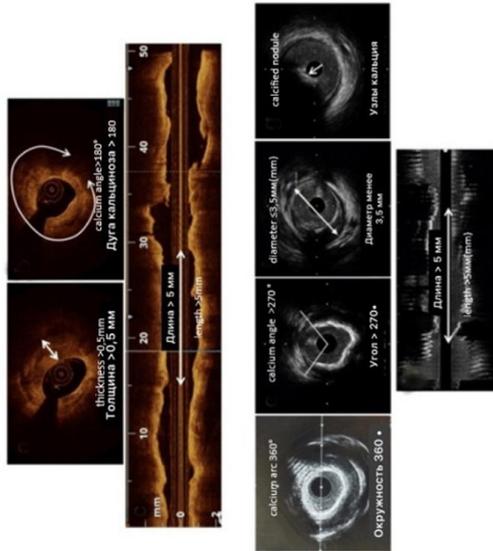


Рис. 4. Оценка внутрисосудистого изображения кальция [18, 19]

в 30-дневный период наблюдения между этими группами также были сопоставимы [17]. Примечательно, что установленное протоколом оптимальное расширение стента было достигнуто только в 41% наблюдений, а разница минимальной площади поперечного сечения стента была минимальной по сравнению с группой ВСУЗИ-контроля.

Fujino и соавт. предложили шкалу для оценки кальцинированных бляшек с числовыми пороговыми значениями – дуга кальциноза >180° (2 балла), длина кальциноза >5 мм (1 балл) и толщина кальция >0,5 мм (1 балл), все эти показатели связаны с недостаточным расширением стента (расширение стента <80%) [18].

Подобно шкале оценки кальцинированных бляшек при ОКТ была создана равноценная шкала оценки ККА по результатам ВСУЗИ, однако из-за проникающих свойств ультразвуковой волны возможно измерение угла кальциноза и его протяженность [19]. При наборе 4 баллов по ОКТ-шкале и 2 баллов по ВСУЗИ-шкале рекомендована модификация кальцинированной бляшки для оптимального расширения стента.

Благодаря высокой разрешающей способности ОКТ позволяет с высокой точностью выявлять признаки субоптимальной имплантации стента, протрузию бляшки, остаточный стеноз, мальпозицию. Минимальная площадь поперечного сечения стента под контролем ОКТ должна составлять 4,5 мм². Если на ОКТ выявляются признаки мальпозиции стента <0,4 мм на протяжении <1 мм, то постдилатация не требуется, принято считать, что подобные характеристики не препятствуют процессу полной эндотелизации [20].

Несмотря на лучшую проникающую способность, применение ОКТ имеет ограничения, обусловленные необходимостью замещения крови рентгенконтрастным средством на участке исследования для улучшения его разрешающей способности, что лимитирует использование данного метода у пациентов с нефропатией.

Вопрос №1: Какой из методов диагностики с большей точностью определяет толщину кальция коронарной артерии?

Вопрос №2: Основные параметры оптимальной имплантации стента по данным внутрисосудистых методов визуализации?

Показания для проведения ротационной атерэктомии

Что касается показаний и противопоказаний, этот вопрос всегда остается дискуссионным.

Абсолютные:

- выраженный кальциноз коронарных артерий (угол кальциноза по данным ВСУЗИ или ОКТ 270-360°);
- непреодолимое поражение для проведения баллона, микрокатетера или катетера для визуализации (кальциноз, выраженный фиброз).

Относительные:

- умеренный кальциноз 180-270° по данным ВСУЗИ и ОКТ.

С большой осторожностью:

- тромбоз артерии;
- диссекция артерии;
- поражение с резкой ангуляцией;
- поражение шунта.

Относительные противопоказания:

- единственный сосуд, сниженная ФВ [21].

Однако опытными операторами ротационная атерэктомия проводится и в таких клинических случаях.

Техника выполнения ротационной атерэктомии

Система ротационной атерэктомии RotaPRO (Boston Scientific, США) представляет собой катетерное устройство с никелированным эллиптическим буром с алмазным напылением на кончике, диаметр которого варьирует от 1,25 до 2,50 мм (рис. 5). В набор входит авансер – это рукоятка для манипуляций буром, и консоль, которая приводит в движение бур, а также позволяет оператору мониторить скорость вращения бура (рис. 6).

При проведении ротационной атерэктомии рекомендуется **поддерживать АД во время вмешательства не менее 130-140 мм.рт.ст.**, при выраженной гипотонии имеется высокий риск развития синдрома slow-flow и no-reflow, у пациентов с исходно сниженной ФВ можно рассмотреть возможность использования механических

средств поддержки, таких как внутриаортальный баллонный контрпульсатор.

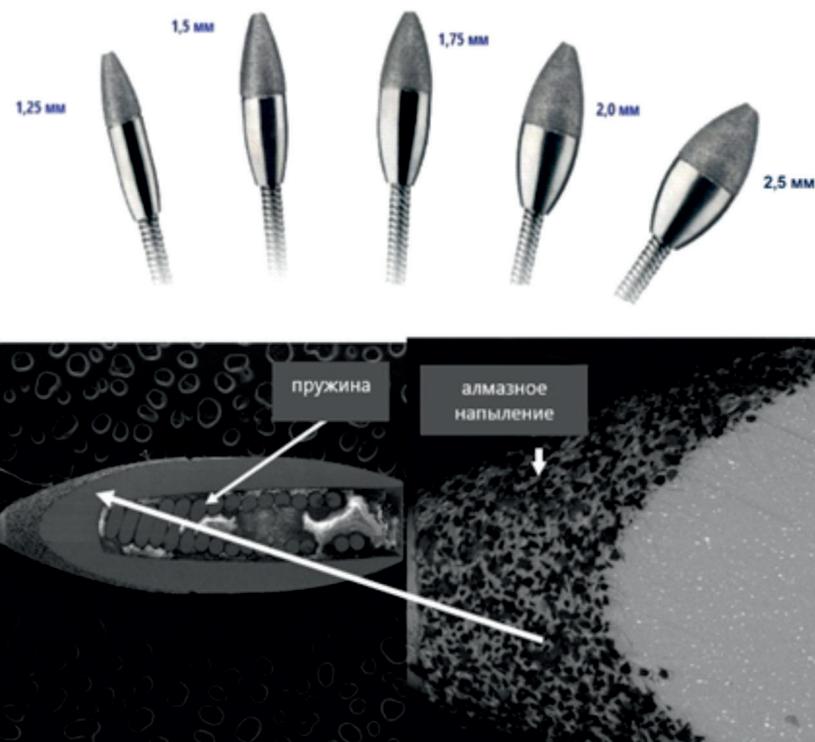


Рис. 5. Бур с алмазным напылением

Брадикардия, полная АВ-блокада не часто, но все-таки может возникнуть при проведении вмешательства, особенно на правой коронарной артерии (ПКА). Использование электрода временной стимуляции, проведенного в полость правого желудочка может решить данную проблему. Некоторые авторы предлагают использовать проводник Rotawire для транскоронарной стимуляции, в этом случае катод электрода прикрепляется с помощью металлического зажима к кончику проводника, а анод к игле, которая вводится в заранее обезболенный участок кожи, однако при использовании этого метода стимуляции может возникнуть спазм коронарной артерии, неприятное ощущение в области диафрагмы [22].

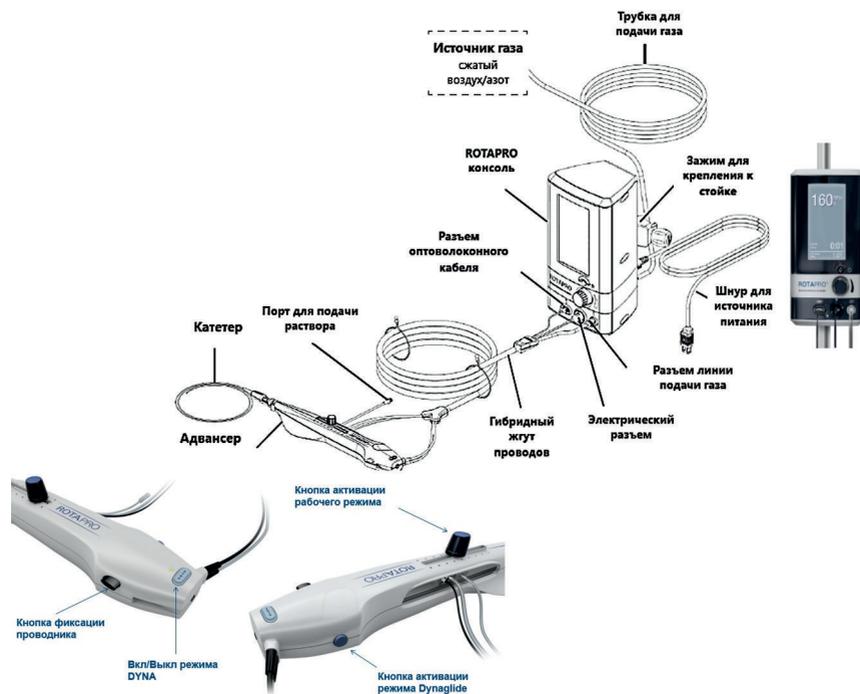


Рис. 6. Система ROTAPRO (консоль + авансер)

Ротационную атерэктомию можно проводить как из трансрадиального доступа, так из трансфеморального. Однако, при выборе доступа нужно помнить о совместимости бура и направляющего катетера. При использовании катетера 6Fr максимальный размер бура, который можно использовать до 1,75 мм, тогда как при выборе бура 2 мм рекомендовано использовать направляющий катетер 7Fr, 2,5 мм – 8Fr. Стоит помнить, что при самостоятельном выполнении боковых отверстий на направляющем катетере, продвижение бура может быть затруднительным. При подборе направляющего катетера важна коаксиальность, поэтому рекомендуется использование катетеров с пологими изгибами и которые могут обеспечить достаточную поддержку. Например, для ЛКА – катетеры типа CLS, AL, EBU, XB, для ПКА – JR, AR, AL.

Для проведения бура используется специальный проводник RotaWire (Boston Scientific, США) длиной 300 см. Использование

других проводников запрещено. В отличие от стандартных коронарных проводников его диаметр 0,009", а кончик 0,014". Данный дизайн проводника обеспечивает безопасность, переход диаметров проводника является «стопором», предотвращая проскальзывание бура и повреждение артерии. Существует два вида проводников Rotawire Floppy и Rotawire Extra Support (рис. 7), однако компания производитель выпустила проводник Rotawire Drive, который отличается от предыдущей генерации проводников лучшим самостоятельным прохождением через поражение, не требуя выполнения смены через микрокатетер.

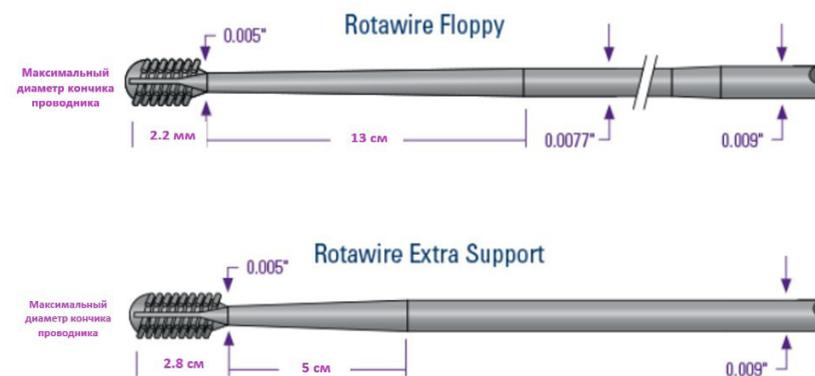


Рис. 7. Проводник Rotawire

Rotawire Floppy используется чаще (в 75% случаев), подходит для извитых поражений, когда невозможно прогнозировать ход проводника и степень натяжения сосуда в извитом сосуде, для начинающих пользователей системы ротационной атерэктомии. Rotawire Extra Support подходит при дистальных поражениях, выраженном кальцинозе, когда бур невозможно провести за зону поражения, для усиления всей системы. Проводник рекомендуется проводить максимально дистально для обеспечения адекватной поддержки. Для правильного проведения процедуры желательно не деформировать кончик проводника, так как изгибы на проводнике увеличивают силу трения между буром и проводником, а место перехода жесткой части проводника на кончик может быть спилено. При затруднительном проведении Rotawire, для начала можно использовать гидрофиль-

ный проводник далее выполнить смену на специализированный проводник с помощью микрокатетера или баллона типа OTW.

В консенсусе европейских экспертов рекомендуется соотношение бур/артерия 0,6 [23], тогда как в документе консенсуса экспертов Северной Америки [24] и Японии рекомендовано соотношение бур/артерия 0,4–0,6 без применения визуализации, при использовании ВСУЗИ или ОКТ соотношение бур/артерия $\geq 0,6$ [25]. Для модификации кальцинированного поражения достаточно прохождения буром одного диаметра, чтобы обеспечить проходимость баллона и стента. Тем не менее иногда необходимо увеличение или уменьшение диаметра бура для оптимальной подготовки поражения. Взять бур меньшего диаметра стоит, если бур не может пройти пораженный участок после 4-6 сессий ротационной атерэктомии. Заменить на бур большего диаметра стоит в случае, когда после проведения ротационной атерэктомии выполнена внутрисосудистая визуализация, которая выявила недостаточное расширение сосуда, если режущий баллон или баллон высокого давления недостаточно расправляются и ангиографически (феномен «собачьей кости»), если во время сверления на консоли не наблюдалось снижения скорости вращения бура, то есть бур не соприкасался с участком кальциноза. Перед сменой на бур большего диаметра нужно оценить кровоток, нет ли замедления скорости кровотока, изменений на ЭКГ-мониторе, сопровождающихся болевым синдромом за грудиной.

Перед началом атерэктомии бур проводится по проводнику, важно следить за стабильностью положения проводника. Однако при обычном продвижении бура проводник может сместиться вперед или назад с формированием петли перед проводниковым катетером. Производитель рекомендует использовать режим Dynaglide (скольжение) при удалении бура, но многие операторы заводят бур в режиме Dynaglide, при этом уменьшается степень сопротивления и бур проводится легче без риска смещения проводника, однако, возможно повреждение внутреннего просвета проводникового катетера.

Когда бур проведен до начальной точки, роталяцию следует начинать с коротких циклов (не более 30 секунд, для начинающих операторов не более 15-20 сек), так как более длительное сверление приводит к риску развития феномена slow-flow и no-reflow. Рекомендованная производителем скорость вращения бура 140000–190000 об/мин, если же поражение невозможно пройти, допускается увели-

чение скорости вращения бура. Движение бура должно быть поступательным и быстрым (pecking motion – «клевательным»), контролируется оператором с помощью небольшой ручки с кнопкой, расположенной на авансере.

Авансер имеет боковой порт для инфузии физиологического раствора, хотя производитель не рекомендует добавлять какие-либо препараты кроме физиологического раствора, некоторые операторы для профилактики возникновения феномена замедления кровотока вводят верапамил 5 мг, нитроглицерин 2,5 мг, гепарин 5000 Ед на 500 мл физиологического раствора. Если же используется только физиологический раствор, рекомендовано отслеживание АПТВ для предупреждения тромбообразования.

Критериями эффективности проведения ротационной атерэктомии является свободное прохождение бура через поражение. При ВСУЗИ-контроле достаточно визуализации трещины в участке кальциноза, при ОКТ-контроле уменьшение толщины кальцината, наличие диссекции, трещины.

Существуют специфические поражения коронарных артерий, к которым следует уделить больше внимания, так как процент осложнений и неудач при таких поражениях значительно выше, особенно у начинающих операторов.

Вопрос №3: При затруднительном прохождении проводника Rotawire через кальцинированное поражение, с помощью какой методики возможна смена на данный проводник?

Вопрос №4: Какое соотношение бур:артерия используется при проведении ротационной артерэктомии?

Устьевое поражение ПКА. Поскольку результаты стентирования устьевого поражения правой коронарной артерии, особенно с выраженным кальцинозом на протяжении многих лет считались не удовлетворительными [26], применение ротационной атерэктомии решило данную проблему. Однако есть несколько причин почему это поражение с трудом поддается ротационной атерэктомии. Во-первых, это невозможность сопоставить направляющий катетер и устье артерии соосно. Во-вторых, соосность катетера и устья артерии трудно оценить в стандартной для устьевых поражений ПКА – левая косая проекция LAO 30-40°. Коаксиальность можно проверить

с помощью перехода в правую косую проекцию RAO, однако оценивать движение бура в этой проекции не стоит, так как происходит визуальное укорочение поражения. Другим вариантом является использование краниальной проекции CRA 20-30°, которая позволит оператору проверить коаксиальность без визуального укорочения поражения. В-третьих, при ротационной атерэктомии ПКА чаще всего можно наблюдать жизнеугрожающие нарушения ритма сердца, нуждающихся в незамедлительном лечении. Выбор проводника при устьевом поражении очень важен, Rotawire Extra Support использовать предпочтительнее, так как создается дополнительная поддержка, применение ВСУЗИ может помочь оценить риски проведения ротационной атерэктомии. Лучше начинать с бура меньшего диаметра (1,25 мм), так как при лечении устьевого поражения имеется риск эмболии в сосуды головного мозга частицами после ротационной атерэктомии (рис. 8).

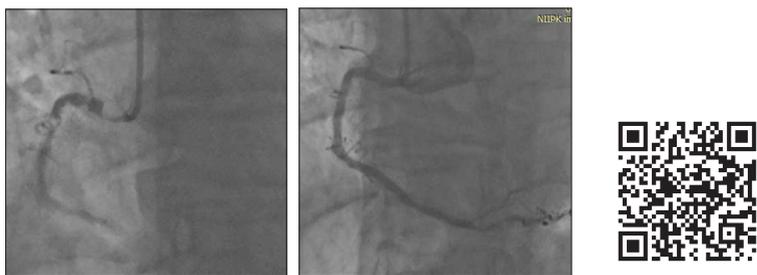


Рис. 8. Устьевое кальцинированное поражение правой коронарной артерии

Поражение устья огибающей артерии с выраженным изгибом. Выраженный кальциноз устья ОА, особенно с выраженным изгибом является самым одним из самых сложных поражений для проведения ротационной атерэктомии. Поэтому применение данного метода должно быть тщательно спланировано, а при развитии осложнений в операционной должен быть соответствующий инструментарий. Ключом к успеху проведения ротационной атерэктомии является предоперационная визуализация (ВСУЗИ или ОКТ), так как можно оценить степень смещения проводника. Обычно бляшка располагается эксцентрично, чаще напротив «карины» и при проведении ротационной атерэктомии из-за скачка бура имеется риск перфорации артерии. Рекомендуется начинать с бура малого диаметра, не делать

резких движений, атерэктомию выполнять последовательно с помощью клевательных движений, постоянно проверяя коаксиальность в разных проекциях. Если же перфорация все-таки произошла, требуется установка стентграфта, который чаще всего нужно имплантировать с перекрытием устья передней нисходящей артерии.

Поражение «незащищенного» ствола ЛКА. Особого внимания требует поражение ствола ЛКА, так как при ротационной атерэктомии кальциноза ствола чаще наблюдается феномен slow-flow, который приводит к нарушению гемодинамики. Для предотвращения осложнений, направляющий катетер большего диаметра (7-8Fr) должен располагаться максимально коаксиально, желательнее с боковыми отверстиями, ротационную атерэктомию следует начинать с бура малого диаметра (1,25-1,5 мм), а лучше всего подобрать начальный и окончательный размер бура с помощью ВСУЗИ.

Рестеноз стента. Рестеноз стента это результат недостаточного расправления стента, чаще всего вызванный не оптимальной подготовкой кальцинированного поражения перед имплантацией стента. Okamura и др. описали случай аблации стента, размер металлических частиц составил $5,6 \pm 3,6$ мкм, что свидетельствует о безопасном размере при элиминации из кровотока [27]. Рекомендуется подобрать соответствующий размер бура, лучше применяя визуализацию (ВСУЗИ, ОКТ). Сначала выполнить аблацию страт стента, далее ротационную атерэктомию кальциноза, который находится под стентом, используя бур большего диаметра. Следует помнить, что при аблации стента выше риск застревания бура и данный метод не должен рассматриваться как метод первого выбора (рис. 9).



Рис. 9. Выраженный остаточный стеноз в имплантированном стенте

Диффузные поражения. Отдаленные результаты при лечении протяженных и коротких кальцинированных поражений сопоставимы [28]. Но применение ротационной атерэктомии начинающими операторами при диффузных поражениях может привести к некоторым трудностям, например при выраженной ангуляции сосуда. Sakakura и др. рекомендуют проводить атерэктомию до уровня ангуляции сосуда, далее выполнять баллонную ангиопластику поражения, для избегания застревания бура или перфорации артерии [29]. Также важным аспектом при ротационной атерэктомии на диффузных поражениях является мониторинг скорости вращения бура, отсутствие снижения скорости вращения говорит о недостаточном прилегании бура к поражению. Если оператор активно продвигает бур при отсутствии снижения скорости есть вероятность застревания бура или перфорации артерии. Обычно при диффузном поражении требуется больше времени для подготовки сосуда, соответственно при длительной ротационной атерэктомии рекомендуется делать перерывы между сессиями, следить за гемодинамикой, так как нередко возникает феномен slow-flow.

Ротационная аблация застрявшего проводника. Застревание проводника иногда возникает при работе на сложных поражениях (бифуркационных, кальцинированных). Принудительная тракция застрявшего проводника может привести к повреждению стенки сосуда или спровоцировать его отрыв. Ротационную аблацию можно рассматривать как одну из опций при возникновении данной клинической ситуации [30].

Вопрос №5: Какой проводник выбрать при устьевом кальцинированном поражении?

Вопрос №6: Возможно ли выполнение ротационной аблации стента?

Осложнения ротационной атерэктомии

Снижение скорости кровотока. Возможными осложнениями ротационной атерэктомии являются: синдром «slow-flow» или «no-reflow», который возникает по ряду причин: протяженное кальцини-

рованное поражение, неправильный подбор бура, длительная сессия ротационной атерэктомии, нивелируется с помощью внутрикоронарного введения вазодилаторов, важно контролировать системное артериальное давление, ЭКГ

Перфорация коронарной артерии является грозным осложнением, частота перфораций составляет 1-2% [31]. Чаще всего это поражения с выраженной извитостью, узловым кальцием. Если при внутрисосудистой визуализации видно, что проводник значительно деформирует ход сосуда, то риск перфорации становится выше [32]. Предпочтительнее использовать Rotawire Floppy и буры малого диаметра, так как проводник такого типа будет меньше деформировать сосуд. Действия при перфорации коронарной артерии такие же, как и при стандартном чрескожном вмешательстве, бур удаляется, при этом важно сохранение положения проводника, далее следует завести баллон и его дилатация, при продолжающемся кровотечении возможна эмболизация артерии.

Заклинивание бура довольно редкое осложнение. Так как бур имеет оливообразную форму, и только дистальная часть имеет алмазное напыление, при агрессивной манипуляции инструментом, весь бур может пройти дистальнее поражения, а обратно вытянуть бур невозможно, этот случай описан как феномен Кокеши [33]. Важно следить за скоростью вращения бура и не допускать снижения скорости вращения. Если процедура проводилась с помощью направляющего катетера 7-8 Fr, то можно параллельно провести дополнительный проводник и выполнить баллонную ангиопластику в месте заклинивания бура. Однако, если использовался катетер менее 7 Fr, то нужно либо установить дополнительный гайд-катетер и выполнить те же манипуляции, либо разрезать и удалить чехол бура, после завести баллон. Если же все эти манипуляции не привели к извлечению бура, необходимо обратиться к хирургической помощи.

Отрыв проводника. Описаны два вида отрыва проводника: отрыв рентгенконтрастной и рентгеннегативной частей проводника. Повреждение рентгенконтрастной части проводника легко заметить на рентгеноскопии, в случае дистальной миграции можно оставить проводник, если же часть доступна для удаления, можно использовать метод «двойного» проводника, когда дислоцированный проводник можно запутать с помощью другого проводника и извлечь из сосуда. Отрыв рентгеннегативной части проводника заметить труднее

и чаще всего возникает перфорация сосуда, так как острый кончик проводника повреждает сосуд. С помощью ВСУЗИ-контроля можно оценить нахождение рентгеногативной части проводника в сосуде.

Ротационная атерэктомия – это один из основных методов модификации сложных поражений, который позволяет при правильном его использовании оптимально подготовить участок сосуда для стентирования и тем самым повлиять на отдаленные результаты.

Вопрос №7: Какие основные осложнения могут возникнуть при выполнении ротационной атерэктомии?

Вопрос №8: При заклинивании бура в артерии, какие действия должен предпринять оператор?

При переходе по QR-коду вы получаете доступ к видео, в котором описана последовательность подготовки устройства RotaPRO к работе.



Ответы на вопросы

Вопрос №1: Какой из методов диагностики с большей точностью определяет толщину кальция коронарной артерии?

При ОКТ-визуализации ККА свет хорошо проникает в кальций, который проявляется зоной просветления с четкой очерченной границей. Таким образом, с помощью ОКТ можно проводить количественную оценку кальцинированных бляшек – длину, толщину, рассчитать дугу кальциноза, протяженность, площадь и объем, определить наличие микрокальцинатов.

Вопрос №2: Основные параметры оптимальной имплантации стента по данным внутрисосудистых методов визуализации?

К основным параметрам оптимальной имплантации стента: минимальная площадь поперечного сечения стента (не менее 5,5 мм²), степень расширения стента (остаточный стеноз не более 20%), избегание имплантации края стента в стеноз более 50%, мальпозиция (расстояние стента до стенки сосуда не более 0,4 мм длиной не более 1 мм) и диссекция (отслойка интимы радиусом не более 60°, длиной не более 2 мм)

Вопрос №3: При затруднительном прохождении проводника Rotawire через кальцинированное поражение, с помощью какой методики возможна смена на данный проводник?

При затруднительном проведении Rotawire, для начала можно использовать гидрофильный проводник далее выполнить смену на специализированный проводник с помощью микрокатетера или баллона типа OTW.

Вопрос №4: Какое соотношение бур:артерия используется при проведении ротационной атерэктомии?

В консенсусе европейских экспертов рекомендуется соотношение бур/артерия 0,6, тогда как в документе консенсуса экспертов Северной Америки и Японии рекомендовано соотношение бур/артерия

0,4–0,6 без применения визуализации, при использовании ВСУЗИ или ОКТ соотношение бур/артерия $\geq 0,6$.

Вопрос №5: Какой проводник выбрать при устьевом кальцинированном поражении?

Выбор проводника при устьевом поражении очень важен, Rotawire Extra Support использовать предпочтительнее, так как создается дополнительная поддержка, применение ВСУЗИ может помочь оценить риски проведения ротационной атерэктомии.

Вопрос №6: Возможно ли выполнение ротационной аблации стента?

Следует помнить, что при аблации стента выше риск застревания бура и данный метод не должен рассматриваться как метод первого выбора. Однако ротационная аблация стента возможна. Рекомендуется подобрать соответствующий размер бура, лучше применяя визуализацию (ВСУЗИ, ОКТ). Сначала выполнить аблацию страт стента, далее ротационную атерэктомию кальциноза, который находится под стентом, используя бур большего диаметра.

Вопрос №7: Какие основные осложнения могут возникнуть при выполнении ротационной атерэктомии?

Возможными осложнениями ротационной атерэктомии являются:

- синдром «slow-flow» или «no-reflow»
- перфорация коронарной артерии
- заклинивание бура
- отрыв проводника

Вопрос №8: При заклинивании бура в артерии, какие действия должен предпринять оператор?

Если процедура проводилась с помощью направляющего катетера 7-8 Fr, то можно параллельно провести дополнительный проводник и выполнить баллонную ангиопластику в месте заклинивания бура. Однако, если использовался катетер менее 7 Fr, то нужно либо установить дополнительный гайд-катетер и выполнить те же манипуляции, либо разрезать и удалить чехол бура, после завести баллон. Если же все эти манипуляции не привели к извлечению бура, необходимо обратиться к хирургической помощи.

Тестовые задания

Выберите один правильный ответ.

1. Как называется использование комбинации методов ротационной атерэктомии и режущего баллона:
А. Rota-Bur
Б. ROTAXUS
В. Rota-Cut
Г. ни одно из перечисленных
2. По данным КТ-ангиографии какой из показателей советует выраженному кальцинозу.
А. 1-10 AU
Б. 11-100 AU
В. 101-400 AU
Г. >400 AU
3. Верно ли утверждение? Коронарография – является золотым стандартом для выявления кальциноза коронарных артерий.
А. да
Б. нет
4. Кальция по данным ВСУЗИ определяется как ... образование:
А. гипохогенное
Б. гиперхогенное
В. анэхогенное
Г. все перечисленное неверно
5. Показанием для проведения ротационной атерэктомии является:
А. острая окклюзия коронарной артерии
Б. кальциноз коронарной артерии
В. «нестабильная» бляшка коронарной артерии
Г. ничего из перечисленного

6. Ротационная атерэктомия осуществляется воздействием на поражение вращением:
- А. проводника
 - Б. бура**
 - В. баллона
 - Г. катетера
7. Для проведения безопасной и эффективной ротационной атерэктомии соотношение бур: артерия не должно превышать:
- А. 1,0
 - Б. 0,2
 - В. 0,6**
 - Г. 1,1
8. Оптимальным расширением стента по данным ангиографии считается отношение минимальной площади поперечного сечения стента к средней площади просвета сосуда более:
- А. 70%
 - Б. 50%
 - В. 80%**
 - Г. 20%
9. При наборе скольких баллов по ВСУЗИ-шкале кальциноз коронарных артерий должен быть подвергнут «дебалкингу» с использованием ротационной атерэктомии или другими методами?
- А. 1
 - Б. 2**
 - В. 4
 - Г. 5
10. При наборе скольких баллов по ВСУЗИ-шкале кальциноз коронарных артерий должен быть подвергнут «дебалкингу» с использованием ротационной атерэктомии или другими методами?
- А. 1
 - Б. 2
 - В. 4**
 - Г. 5
11. По данным ОКТ мальпозиция меньше ... мм на протяжении ... мм, принято считать «безопасной»
- А. 4, 1**
 - Б. 5, 5
 - В. 5, 1
 - Г. Нет верного ответа
12. Какой из методов диагностики с большей точностью определяет толщину кальция?
- А. ВСУЗИ
 - Б. ОКТ**
 - В. Ангиография
 - Г. Сцинтиграфия
13. Ротационная атерэктомия проводится только трансфеморальным доступом:
- А. да
 - Б. нет**
14. Какой проводник предпочтительнее использовать при устьевых кальцинированных поражениях?
- А. Rotawire Floppy
 - Б. Rotawire Extra Support**
 - В. RG3
 - Г. проводники семейства Sentai
15. Одна сессия ротационной атерэктомии не должна превышать:
- А. 10 сек
 - Б. 30 сек**
 - В. 1 мин
 - Г. 20 мин
16. Рекомендованная производителем скорость вращения бура:
- А. 14000–190000 об./мин**
 - Б. 40000-90000 об./мин
 - В. 10000 об./мин
 - Г. все ответы верные

17. Критерии эффективности проведения ротационной атерэктомии по данным ВСУЗИ:

А. трещины

Б. уменьшение толщины кальция

В. наличие двойного просвета

Г. нет верного ответа

18. В какой проекции можно проверить соосность гайд-катетера ПКА:

А. LAO 30-40°.

Б. RAO 30-40°.

В. все варианты верны

19. Можно ли выполнить ротационную аблацию стента?

А. да

Б. нет

20. Возможно ли спиливание кончика проводника буром?

А. да

Б. нет

Список литературы

1. Genereux P, Madhavan MV, Mintz GS, et al. Ischemic outcomes after coronary intervention of calcified vessels in acute coronary syndromes: pooled analysis from the HORIZONS-AMI (harmonizing outcomes with revascularization and stents in acute myocardial infarction) and ACUITY (acute catheterization and urgent intervention triage strategy) trials. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:1845–1854. doi: 10.1016/j.jacc.2014.01.034

2. Ritchie JL, Hansen DD, Intlekofer MJ, Hall M, Auth DC. Rotational approaches to atherectomy and thrombectomy. *Z Kardiol* 1987;76 Suppl 6:59-65

3. Illis SG, Popma JJ, Buchbinder M, et al. Relation of clinical presentation, stenosis morphology, and operator technique to the procedural results of rotational atherectomy and rotational atherectomy-facilitated angioplasty. *Circulation* 1994;89:882-892. doi: 10.1161/01.cir.89.2.882

4. Abdel-Wahab M, Richardt G, Joachim Buttner H, et al. High-speed rotational atherectomy before paclitaxel-eluting stent implantation in complex calcified coronary lesions: the randomized ROTAXUS (Rotational Atherectomy Prior to Taxus Stent Treatment for Complex Native Coronary Artery Disease) trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:10-19. doi: 10.1016/j.jcin.2012.07.017

5. Abdel-Wahab M, Toelg R, Byrne RA, et al. High-speed rotational atherectomy versus modified balloons prior to drug-eluting stent implantation in severely calcified coronary lesions. *Circ Cardiovasc Interv* 2018;11:e007415. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007415

6. Allali A, Toelg R, Abdel-Wahab M, Hemetsberger R, Kastrati A, Manckerious N, Traboulsi H, Elbasha K, Rheude T, Landt M, Geist V, Richardt G. Combined rotational atherectomy and cutting balloon angioplasty prior to drug-eluting stent implantation in severely calcified coronary lesions: The PREPARE-CALC-COMBO study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2022 Nov;100(6):979-989. doi: 10.1002/ccd.30423. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36262074.

7. Busse A, Cantré D, Beller E, et al. Cardiac CT: why, when, and how: update 2019. *Radiologe*. 2019. doi: 10.1007/s00117-019-0530-9

8. Faggiano P, Dasseni N, Gaibazzi N, et al. Cardiac calcification as a marker of subclinical atherosclerosis and predictor of cardiovascular events: a review of the evidence. *Eur J Prev Cardiol* 2019;26:1191–204. doi: 10.1177/2047487319830485

9. Polak J.F., Tracy R., Harrington A., Zavodni A.E.H., O’Leary D.H. Carotid artery plaque and progression of coronary artery calcium: The multi-ethnic study of atherosclerosis. *Journal of the American Society of Echocardiography*, vol. 26, no. 5, pp. 548–555, 2013. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.06.047
10. Tuzcu EM, Berkalp B, De Franco AC, Ellis SG, Goormastic M, Whitlow PL, Franco I, Raymond RE, Nissen SE. The dilemma of diagnosing coronary calcification: angiography versus intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 1996;27:832-838. doi: 10.1016/0735-1097(95)00537-4
11. Kubo T. et al. OCT compared with IVUS in a coronary lesion assessment: the OPUS-CLASS study //JACC: Cardiovascular Imaging. – 2013. – T. 6. – №. 10. – C. 1095-1104. doi: 10.1016/j.jcmg.2013.04.014
12. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al. Patterns of calcification in coronary artery disease. A statistical analysis of intravascular ultrasound and coronary angiography in 1155 lesions. *Circulation* 1995;91:1959-1965. doi: 10.1161/01.cir.91.7.1959
13. Lorenz Räber, Gary S Mintz, Konstantinos C Koskinas, Thomas W Johnson, Niels R Holm, Yoshinubo Onuma, Maria D Radu, Michael Joner, Bo Yu, Haibo Jia, Nicolas Meneveau, Jose M de la Torre Hernandez, Javier Escaned, Jonathan Hill, Francesco Prati, Antonio Colombo, Carlo di Mario, Evelyn Regar, Davide Capodanno, William Wijns, Robert A Byrne, Giulio Guagliumi, ESC Scientific Document Group, Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions, *European Heart Journal*, Volume 39, Issue 35, 14 September 2018, Pages 3281–3300, doi:10.1093/eurheartj/ehy285
14. Hong S-J, Kim B-K, Shin D-H, Nam C-M, Kim J-S, Ko Y-G, Choi D, Kang T-S, Kang W-C, Her A-Y, Kim YH, Kim Y, Hur S-H, Hong B-K, Kwon H, Jang Y, Hong M-K. Effect of intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided everolimus-eluting stent implantation: the IVUS-XPL Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2015;314:2155–2163. doi:10.1001/jama.2015.15454
15. Kim B-K, Shin D-H, Hong M-K, Park HS, Rha S-W, Mintz GS, Kim J-S, Kim JS, Lee S-J, Kim H-Y, Hong B-K, Kang W-C, Choi J-H, Jang Y. Clinical impact of intravascular ultrasound-guided chronic total occlusion intervention with zotarolimus-eluting versus biolimus-eluting stent implantation: randomized study. *Circ Cardiovasc Interv* 2015;8:e002592. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002592
16. Wang X, Matsumura M, Mintz GS, et al. In vivo calcium detection by comparing optical coherence tomography, intravascular ultrasound, and angiography. *Am J Coll Cardiol Imaging* 2017;10:869–79. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.05.014
17. Ali ZA, Maehara A, Généreux P, Shlofmitz RA, Fabbiochi F, Nazif TM, Guagliumi G, Meraj PM, Alfonso F, Samady H, Akasaka T, Carlson EB, Leeser MA, Matsumura M, Ozan MO, Mintz GS, Ben-Yehuda O, Stone GW. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: oPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial. *Lancet* 2016;388:2618–2628. doi: 10.1093/eurheartj/ehx351
18. Fujino A, Mintz GS, Matsumura M, et al. A new optical coherence tomography-based calcium scoring system to predict stent underexpansion *Euro Intervention* 2018;13:e2182–9. doi: 10.4244/EIJ-D-17-00962
19. Zhang M, Matsumura M, Usui E, Noguchi M, Fujimura T, Fall K, et al. IVUS predictors of stent expansion in severely calcified lesions. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(13):B51 This study devises and validates an IVUS scoring system to predict stent expansion in calcified plaques
20. Sotomi Y, Onuma Y, Dijkstra J, Miyazaki Y, Kozuma K, Tanabe K, Popma JJ, de Winter RJ, Serruys PW, Kimura T. Fate of post-procedural malapposition of everolimus-eluting polymeric bioresorbable scaffold and everolimus-eluting cobalt chromium metallic stent in human coronary arteries: sequential assessment with optical coherence tomography in ABSORB Japan trial *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2018;19:59–66. doi: 10.1093/ehjci/jew329
21. Sakakura K, Ito Y, Shibata Y, Okamura A, Kashima Y, Nakamura S, Hamazaki Y, Ako J, Yokoi H, Kobayashi Y, Ikari Y. Clinical expert consensus document on rotational atherectomy from the Japanese association of cardiovascular intervention and therapeutics: update 2023. *Cardiovasc Interv Ther*. 2023 Apr;38(2):141-162. doi: 10.1007/s12928-022-00906-7. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36642762; PMCID: PMC10020250.
22. Kusumoto H, Ishibuchi K, Hasegawa K, Otsuji S. Trans-coronary pacing via Rota wire prevents bradycardia during rotational atherectomy: a case report. *Eur Heart J Case Rep*. 2022;6(2):ytac013.
23. Barbato E, Carrié D, Dardas P, Fajadet J, Gaul G, Haude M, Khashaba A, Koch K, Meyer-Gessner M, Palazuelos J, Reczuch K, Ribichini FL, Sharma S, Sipötz J, Sjögren I, Suetsch G, Szabó G, Valdés-Chávarri M, Vaquerizo B, Wijns W, Windecker S, de Belder A, Valgimigli M, Byrne RA, Colombo A, Di Mario C, Latib A, Hamm C; European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. European expert consensus on rotational atherectomy. *Euro Intervention*. 2015 May;11(1):30-6. doi: 10.4244/EIJV11I1A6. PMID: 25982648.
24. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, Généreux P, Chambers JW, Grines CL, Himmelstein SI, Thompson CA, Meredith IT, Bhavane A, Moses JW. North American expert review of rotational atherectomy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2019;12(5): e007448.

Информация об авторах

25. Sakakura K, Ito Y, Shibata Y, Okamura A, Kashima Y, Nakamura S, Hamazaki Y, Ako J, Yokoi H, Kobayashi Y, Ikari Y. Clinical expert consensus document on rotational atherectomy from the Japanese association of cardiovascular intervention and therapeutics: update 2023. *Cardiovasc Interv Ther*. 2023 Apr;38(2):141-162. doi: 10.1007/s12928-022-00906-7. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36642762; PMCID: PMC10020250.

26. Ko E, Natsuaki M, Toyofuku M, Morimoto T, Matsumura Y, Oi M, Motohashi Y, Takahashi K, Kawase Y, Tanaka M, Kitada M, Yuzuki Y, Tamura T, Inoue K, Mitsudo K, Kimura T. Sirolimus-eluting stent implantation for ostial right coronary artery lesions: five-year outcomes from the j-Cypher registry. *Cardiovasc Interv Ther*. 2014;29(3):200–8

27. Okamura A, Ito H, Fujii K. Rotational atherectomy is useful to treat restenosis lesions due to crushing of a sirolimus-eluting stent implanted in severely calcified lesions: experimental study and initial clinical experience. *J Invasive Cardiol*. 2009;21(10):E191–6

28. Iannaccone M, Barbero U, D'Ascenzo F, Latib A, Pennacchi M, Rossi ML, Ugo F, Meliga E, Kawamoto H, Moretti C, Ielasi A, Garbo R, Colombo A, Sardella G, Boccuzzi GG. Rotational atherectomy in very long lesions: results for the ROTATE registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;88(6):E164–72.

29. Sakakura K, Taniguchi Y, Yamamoto K, Wada H, Momomura SI, Fujita H. Halfway rotational atherectomy for calcified lesions: comparison with conventional rotational atherectomy in a propensity-score matched analysis. *PLoS ONE*. 2019;14(7): e0219289

30. Wang X, Ye J, Gao JQ, Liu ZJ. A case report of fractured guide wire removal by rotational atherectomy. *J Cardiothorac Surg*. 2021;16(1):342

31. Proddy MB, Hussain HI, Gallagher S, Al-Raisi S, Aldalati O, Farooq V, Sharp ASP, Anderson R, Kinnaird T. Rotational atherectomy complicated by coronary perforation is associated with poor outcomes: analysis of 10,980 cases from the british cardiovascular intervention society database. *Cardiovasc Revasc Med*. 2021;28:9–13.

32. Kawaguchi Y, Tamura T, Masuda S, Unno K, Okazaki A, Miyajima K, Takashima Y, Watanabe T, Wakabayashi Y, Maekawa Y. Impact of the degree of wire bias in the vessel's healthy portion on coronary perivascular trauma in rotational atherectomy. *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;40:123–131.

33. Kaneda H, Saito S, Hosokawa G, Tanaka S, Hiroe Y. Trapped rotablator: kokesi phenomenon. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2000;49:82-84.

Крестьянинов Олег Викторович – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПК и ППВ ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, заведующий научно-исследовательским отделом эндоваскулярной хирургии, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России.

Цыденова Арюна Юрьевна – ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПК и ППВ ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела эндоваскулярной хирургии, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России.

Тарасов Роман Сергеевич – д-р мед. наук, доцент, заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов, профессор научно-образовательного отдела, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, ФГБНУ Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, главный внештатный специалист по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению Кузбасса.

Бессонов Иван Сергеевич – д-р мед. наук, доцент, заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, доцент учебно-методического отдела, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению Тюменского кардиологического научного центра – филиала ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук».

Чернявский Александр Михайлович – д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России.

Учебное издание

Крестьянинов Олег Викторович
Цыденова Арюна Юрьевна
Тарасов Роман Сергеевич
Бессонов Иван Сергеевич
Чернявский Александр Михайлович

РОТАЦИОННАЯ АТЕРЭКТОМИЯ

Учебно-методическое пособие

Компьютерная верстка *Т.В. Соболева*

Подписано в печать ??.05.2025. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 2,16. Тираж 20 экз. Изд. № ??.

Оригинал-макет изготовлен Издательско-полиграфическим центром НГМУ:
г. Новосибирск, ул. Залесского, 4
E-mail: sibmedizdat@mail.ru
Тел.: (383) 225-24-29