

Арутюнян Г. К.  
Меркулов Е. В.  
Терещенко А. С.

# Внутрисосудистое ультразвуковое исследование

Атлас и руководство  
по использованию  
в клинической практике

УДК 616-71  
ББК 53.433.8  
А 86



**Внутрисосудистое ультразвуковое исследование. Атлас и руководство по использованию в клинической практике** / Арутюнян Г.К., Меркулов Е.В., Терещенко А.С. — Москва, Типография «Зетапринт», 2024 — 132 с.

Тираж 1 000 экз.

Учебное пособие для слушателей, обучающихся по программе дополнительного профессионального образования по специальностям «Рентгенэндovasкулярная диагностика и лечение», «Сердечно-сосудистая хирургия», «Кардиология».

Утверждено на заседании ученого Совета ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России от 26.04.2024 г., Протокол 4/419.

#### Рецензенты

**Кочанов Игорь Николаевич** — Кочанов Игорь Николаевич. Заведующий отделением рентгенэндovasкулярных методов диагностики и лечения ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, доцент, к.м.н. Главный внештатный специалист МЗ РФ по рентгенэндovasкулярным методам диагностики и лечения СЗФО.

**Проваторов Сергей Ильич** — д.м.н, главный научный сотрудник лаборатории совершенствования методов оказания помощи пациентам с ишемической болезнью сердца ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России.

#### Авторы

**Арутюнян Гоар Кимовна** – к.м.н, научный сотрудник отдела рентгенэндovasкулярных методов диагностики и лечения ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова».

**Меркулов Евгений Владимирович** — д.м.н., главный научный сотрудник отдела рентгенэндovasкулярных методов диагностики и лечения ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России.

**Терещенко Андрей Сергеевич** — к.м.н., старший научный сотрудник отдела рентгенэндovasкулярных методов диагностики и лечения ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России.

Представленное учебное пособие является первым структурированным образовательным материалом по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию коронарных артерий. В учебном пособии описываются стандартные подходы к интерпретации изображения и применению внутрисосудистого ультразвукового исследования в клинической практике.

Дизайн, вёрстка — Евгений Юрченко.

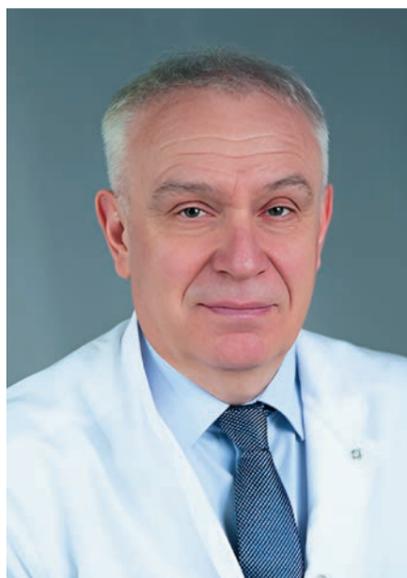
Современная эндоваскулярная хирургия началась задолго до выполнения Андреасом Грюнцигом первой баллонной ангиопластики 16 сентября 1977 года. В 1958 году в результате великой случайности Мэсон Сонс выполнил селективную ангиографию правой коронарной артерии.

С тех пор коронарная ангиография стала золотым стандартом визуализации коронарного русла. Коронарная ангиография дает исчерпывающую информацию о наличии поражения коронарных артерий, его объеме, возможностях реваскуляризации миокарда. Тем не менее, по мере развития эндоваскулярных методов диагностики и лечения, очевидной стала необходимость получения трехмерного изображения стенки и просвета коронарной артерии для максимально точной визуализации поражений и оценки результатов стентирования. Технологией, которая позволила получить огромное количество новой информации для диагностики и лечения поражений коронарных артерий различного генеза, стало внутрисосудистое ультразвуковое исследование.

В настоящее время внутрисосудистое ультразвуковое исследование занимает ключевое место в оценке анатомических особенностей коронарных артерий и результатов их стентирования, что оказывает влияние на долгосрочный прогноз пациентов после эндоваскулярного лечения. Правильная интерпретация изображений внутрисосудистого ультразвука является ключевым фактором в улучшении результатов эндоваскулярной диагностики и лечения различных групп пациентов. В представленном руководстве вы найдете варианты изображений, полученных при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании, сопровождающихся коронарной ангиографией, схемами и алгоритмами анализа, которые позволят вам максимально быстро и точно освоить применение внутрисосудистого ультразвука в реальной клинической практике.

© Арутюнян Г. К., Меркулов Е. В., Терещенко А. С. 2024 г.

Все права авторов защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации без письменного разрешения издательства и авторов



### **Бойцов Сергей Анатольевич**

Генеральный директор ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е. И. Чазова» Минздрава России, академик РАН, профессор, д.м.н., главный внештатный специалист кардиолог Минздрава России по Центральному, Уральскому, Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам

*Docendo discimus...*

Уважаемые коллеги!

В эпоху, когда медицина развивается с невероятной скоростью, важно не только следить за новыми открытиями, но и активно внедрять их в клиническую практику. Внутрисосудистая визуализация является одним из таких прорывных направлений, которое уже сейчас модифицирует подходы к диагностике и лечению ишемической болезни сердца и позволяет выбрать оптимальную тактику лечения для достижения процедурального успеха, безопасности пациентов и снижения рисков возможных осложнений.

Наш центр активно внедряет современные подходы с целью оказания высококвалифицированной помощи пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Однако важной частью этого процесса является постоянное обучение врачей и распространение новых методик. Именно с этой целью был создан «Атлас по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию».

Атлас содержит в себе наиболее актуальные и проверенные данные, которые помогут врачам не только в интерпретации изображений ВСУЗИ, но и в оптимизации результатов ЧКВ. Это руководство станет незаменимым помощником в научно-клинической практике.

Представленный атлас по внутрисосудистому ультразвуковому исследованию сотрудников ФГБУ «НМИЦК им. Ак. Е. И. Чазова» Минздрава России Г. К. Арутюнян, Е. В. Меркулова, А. С. Терещенко — ведущих специалистов в области внутрисосудистой визуализации, демонстрирует четкий алгоритм проведения ЧКВ под контролем внутрисосудистой визуализации. Авторы подробно описывают каждый этап и предоставляют четкие инструкции по технике проведения ВСУЗИ, а также отвечают на ряд вопросов, касательно интерпретации изображений с целью определения тактики чрескожного коронарного вмешательства.

Я надеюсь, что это руководство станет надежным помощником для врачей и будет способствовать повышению уровня медицинской помощи в нашей стране.

*Docendo discimus* — «Обучая, мы учимся сами». Эта фраза идеально отражает суть работы авторов: путь к знаниям непрост, но результаты этого труда приносят огромную пользу.

# Оглавление

История внутрисосудистого ультразвукового исследования . . . . .	8	Оценка результатов стентирования. Недораскрытие, мальаппозиция, диссекция . . . . .	60
Принцип работы внутрисосудистого ультразвука. Типы катетеров для внутрисосудистого ультразвукового исследования . . . . .	10	Артефакты на внутрисосудистом ультразвуковом исследовании . . . . .	69
Подготовка катетера для внутрисосудистого ультразвукового исследования. Принцип выполнения внутрисосудистого ультразвукового исследования . . . . .	14	Чрескожное коронарное вмешательство с использованием внутрисосудистого ультразвукового исследования шаг за шагом . . . . .	73
Роль и задачи применения внутрисосудистого ультразвукового исследования для выполнения чрескожного коронарного вмешательства . . . . .	23	Частные случаи применения внутрисосудистого ультразвукового исследования. Кальцинированные поражения . . . . .	74
Почему внутрисосудистый ультразвук не применяется в рутинной клинической практике? . . . . .	24	Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при поражении ствола левой коронарной артерии . . . . .	91
Алгоритм анализа изображения при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании . . . . .	35	Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при остром коронарном синдроме. Тромбоз стента . . . . .	104
Оценка наличия и морфологии поражения коронарных артерий. Нормальное изображение коронарной артерии . . . . .	36	Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при рестенозе стента . . . . .	116
Оценка значимости, протяжённости поражения и референсных диаметров артерии . . . . .	54	Заключение . . . . .	123
		Вопросы . . . . .	124
		Список литературы . . . . .	130

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## История внутрисосудистого ультразвукового исследования

Способность к эхолокации впервые была обнаружена **в 1794 году** итальянским ученым *Л. Спалланцани* в результате ряда опытов на летучих мышах.

Дальнейшее изучение феномена ультразвуковых волн позволило **в 1880 году** французским ученым *П. Кюри* и *Ж. Кюри* открыть явление пьезоэлектричества. Первый источник ультразвука был сконструирован английским ученым *Ф. Гальтоном* **в 1883 году**. Это устройство излучало акустические волны, частота которых определялась геометрией резонатора.

**В 40-е годы 20 века** началось использование ультразвуковых волн в медицине. Успехов в исследованиях достиг венский психоневролог *К. Дюссик*, который **в 1947 году**

представил метод, позволяющий идентифицировать опухоли мозга за счет оценки интенсивности прохождения ультразвуковой волны.

Концепция внутрисосудистого ультразвукового датчика возникла **в ранних 60-х годах 20 века**, когда польский физик *Cieszynski T.* поместил ультразвуковой излучатель на маленький катетер для визуализации камер сердца собаки.

**В 1972 году**, почти 10 лет спустя, был разработан катетер с 32 ультразвуковыми элементами на катетере толщиной 3 мм (9 Fr), что позволило изучить камеры сердца человека и внутрисердечные структуры. Первым прототипом катетера

для интракоронарной внутрисосудистой визуализации стал разработанный **в 1980-х годах** датчик с излучающей способностью 9–12 МГц, который применялся для оценки эпикардальных артерий непосредственно перед шунтированием.

**В конце 80-х — начале 90-х годов** параллельно было разработано несколько систем для выполнения внутрисосудистого ультразвукового исследования, наиболее близких к современным датчикам. Они отличались частотой излучения (20–40 МГц) и толщиной самого датчика 1,2–2,6 мм (4–8 Fr).

Первый внутрисосудистый коронарный ультразвук был выполнен *Антонио Коломбо* **в 1988 году** [1].



**1794 год**  
*Спалланцани* — открытие феномена эхолокации



**1947 год**  
*К. Дюссик* — применение ультразвука в медицине



**1972 год**  
Первый датчик для внутрисердечного ультразвука



**1988 год**  
*А. Коломбо* — первый коронарный внутрисосудистый ультразвук

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Принцип работы внутрисосудистого ультразвука.

## Типы катетеров для внутрисосудистого ультразвукового исследования

Принцип работы внутрисосудистого ультразвука (ВСУЗИ) схож с таковым в работе любого ультразвукового датчика: звуковые волны, которые генерируются путем подачи переменного тока на пьезоэлектрический элемент, отражаются или поглощаются окружающими тканями. Затем отраженные волны возвращаются на датчик, и после их преобразования формируется изображение.

Система для выполнения внутрисосудистого ультразвукового исследования состоит из катетера с датчиком, устройства для захвата изображения, протяжки катетера (салазки) и консоли, на которой выводится изображение сосуда в продольном и поперечном виде.

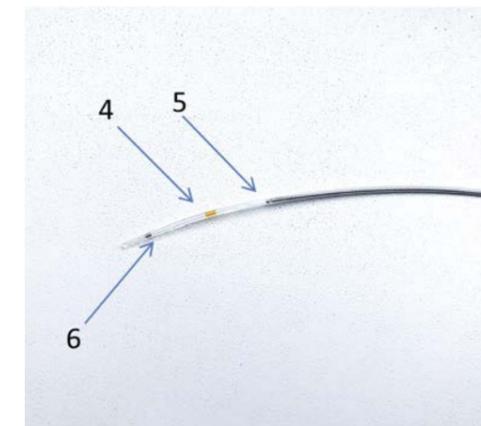
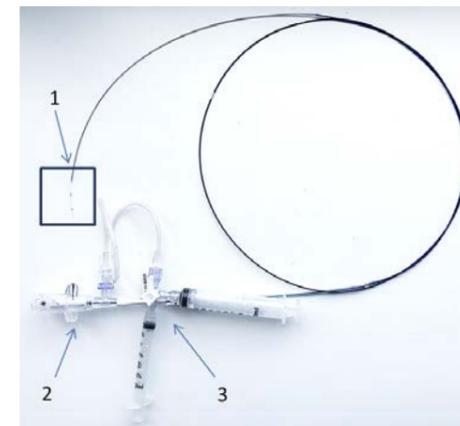
Система для выполнения внутрисосудистого  
ультразвукового исследования (ВСУЗИ)



А — Салазки  
Б — Стерильный пакет

В — Датчик  
Г — Устройство для протяжки

1. Кончик катетера ВСУЗИ
2. Коннектор для генерации ультразвуковых волн
3. Линия для помывки катетера
4. Рентгенконтрастная метка
5. Датчик ВСУЗИ
6. Футляр датчика

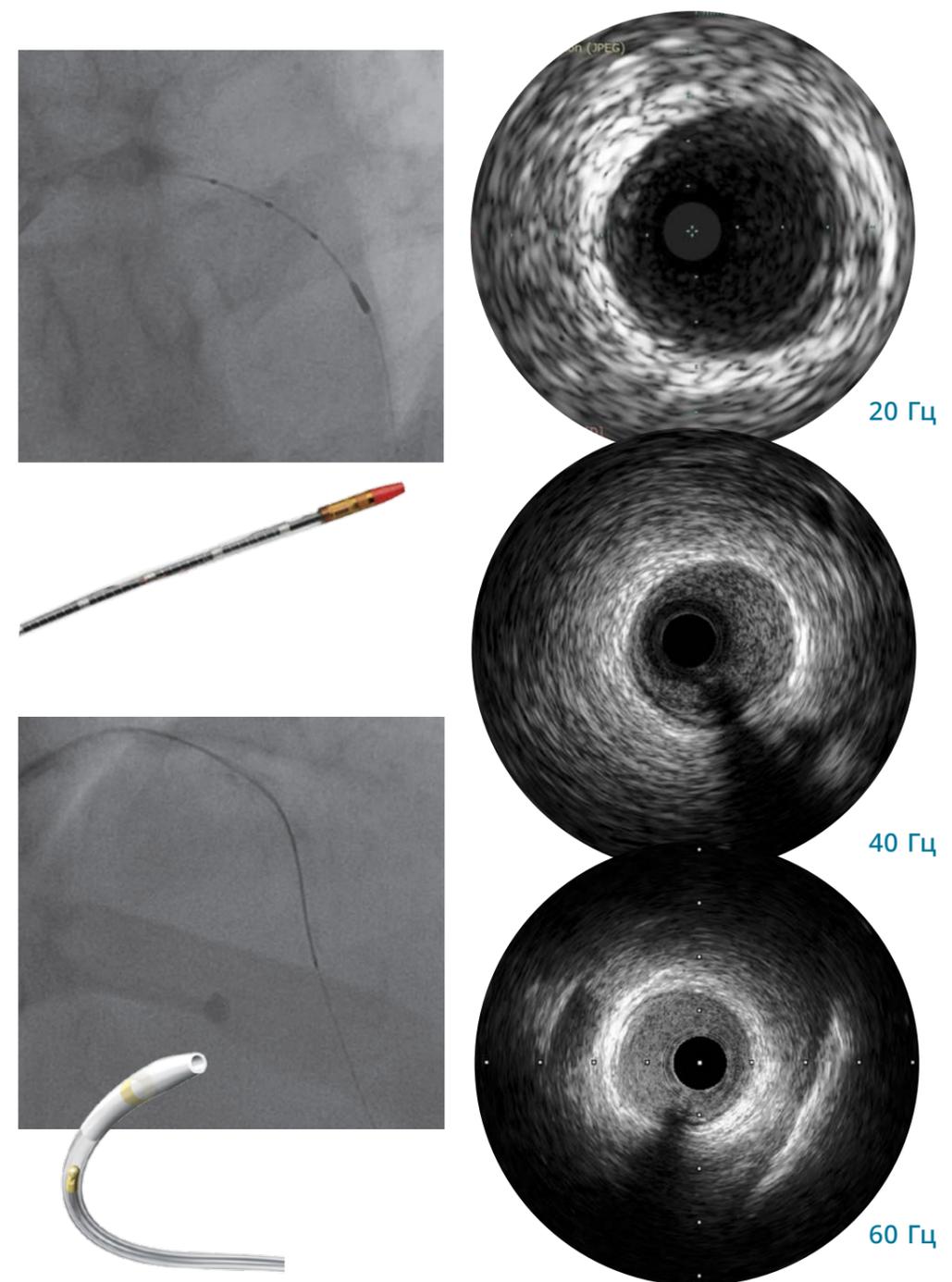


# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Катетер для внутрисосудистого ультразвука имеет толщину 2,9–3,2 Fr (0,9–1,1 мм), что позволяет использовать его через стандартный направляющий катетер для эндоваскулярных вмешательств на коронарных артериях. Он проводится по коронарному проводнику в коронарную артерию, а затем регистрирует изображение сосуда при протяжке катетера (ручной или автоматической).

В настоящее время выделяют **механические** и **электронные** катетеры для внутрисосудистого ультразвукового исследования. У механических катетеров имеется один пьезоэлемент, который вращается вокруг своей оси со скоростью около 1 800 оборотов в минуту. Частота излучения таких датчиков составляет 40–60 МГц. Электронные катетеры имеют 64 пьезоэлемента, расположенные по кругу, которые отдельно друг от друга захватывают ультразвуковые волны без вращения самого катетера. Их частота излучения составляет 20 МГц. Частота излучения катетеров для ВСУЗИ определяет качество получаемого изображения и глубину проникновения ультразвуковой волны в структуры сосуда. Современные датчики с высокой частотой излучения позволяют полностью охватить все стенки коронарной артерии и прилегающие к ней структуры.

Изображения ВСУЗИ при использовании  
различных датчиков



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Подготовка катетера для внутрисосудистого ультразвукового исследования.

## Принцип выполнения внутрисосудистого ультразвукового исследования

Электронные катетеры для внутрисосудистого ультразвукового исследования не требуют специальной подготовки. Они подсоединяются напрямую к устройству для захвата и преобразования изображения и проводятся в коронарную артерию по коронарному проводнику. С их помощью нельзя осуществить автоматическую продольную запись изображения, поскольку после расположения в коронарной артерии они медленно вручную по проводнику извлекаются к кончику направляющего катетера. На рентгеноскопии катетер имеет одну рентгенконтрастную метку, с которой и начинается запись изображения, и дополнительные метки по длине с расстоянием 10 мм друг от друга.

Механические катетеры состоят из датчика, который вращается вокруг своей оси, и футляра, внутри которого находится и перемещается датчик во время выполнения исследования. Для получения качественного изображения необходимо промыть катетер физиологическим раствором, чтобы футляр не содержал в себе воздух. Промывка катетера осуществляется через его боковой порт. Первым этапом собирается система для промывки катетера: к трехходовому кранику горизонтально прикручивается заполненный физиологическим раствором маленький (3 мл) шприц, далее вертикально к кранику прикручивается заполненный физиологическим раствором большой шприц (10 мл), к оставшемуся порту прикручивается линия (она также заполняется физиологическим раствором). Далее эта система подключается к боковому порту кате-

тера. Перед промывкой датчик располагают в проксимальной позиции, то есть полностью (до мягкого упора) вытягивают его из футляра. Промывку катетера осуществляют из маленького шприца (3 мл) 3 раза. Большой шприц служит для заполнения маленького шприца физиологическим раствором. После трехкратной промывки катетера, датчик располагают в дистальной позиции, то есть заводят обратно в футляр.

### СОВЕТ

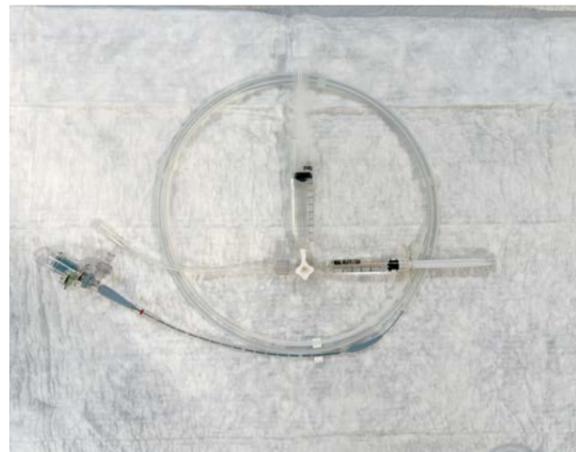
*При плохой промывке катетера и наличии в нем воздуха ультразвуковое изображение не фиксируется (вокруг катетера регистрируется темный экран). При плохой визуализации рекомендуется повторно промыть катетер.*

Затем подготовленный катетер подсоединяют к устройству для захвата изображения и выполнения **автоматической протяжки**. Устройство внешнего привода предварительно помещается в стерильный пакет, который идет в комплекте с катетером. Устройство вытягивает датчик из катетера с постоянной скоростью (0,5–1 мм в секунду), что позволяет достоверно оценить длину исследуемого участка артерии. Максимальная длина автоматической протяжки составляет 90 мм.

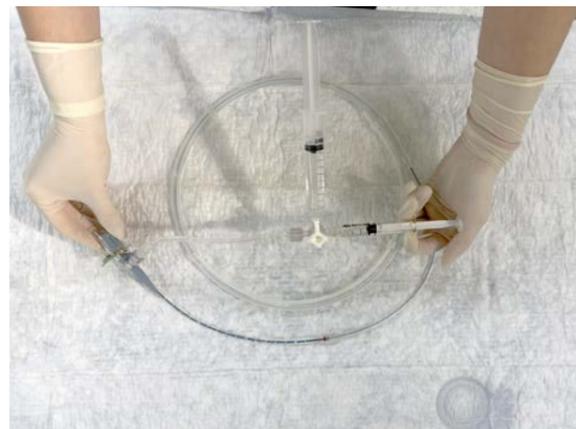
Устройство внешнего привода для протяжки вместе с катетером фиксируется на специальные **салазки**, которые обеспечивают движение устройства для протяжки и катетера. На салазках устройство располагают максимально близко к левому краю, фиксируют футляр катетера в носике салазок.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

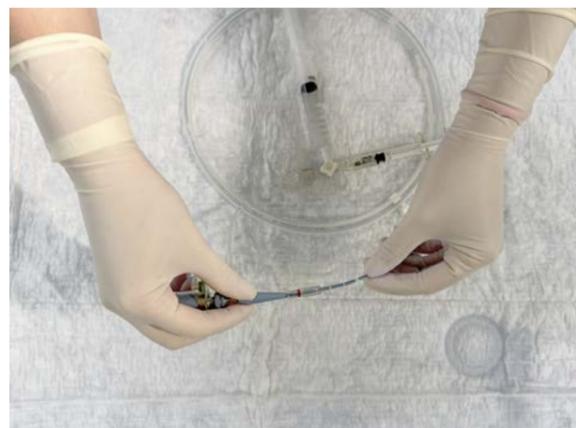
## Подготовка механического датчика ВСУЗИ



Система для промывки датчика (шприцы 3 мл и 10 мл с физиологическим раствором, и линия)



Промывка датчика с открытым футляром



Заведение датчика обратно в футляр (в исходное положение)

## Подготовка механического датчика ВСУЗИ



Протяжка в стерильном пакете с присоединенным датчиком и салазки для перемещения протяжки



Фиксация протяжки на салазках



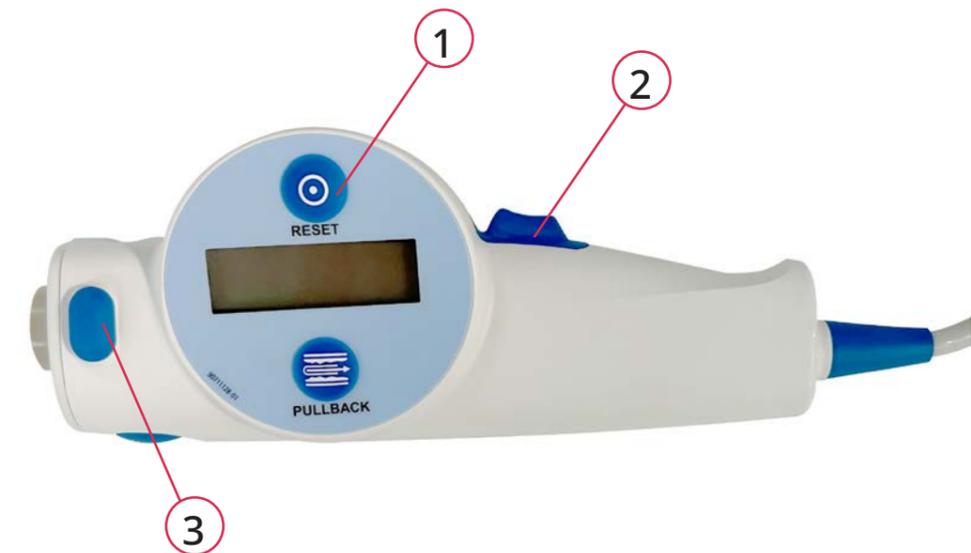
Фиксация футляра в носике салазок

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Работа с протяжкой для ВСУЗИ

Устройство для протяжки оснащено консолью для управления, которая включает в себя следующие кнопки:

1. **Reset** — обозначение начала протяжки (точка 0 мм), расположена над экраном устройства
2. **Кнопка для движения протяжки по салазкам** — расположена на задней панели устройства
3. **Кнопка для извлечения катетера ВСУЗИ** — расположена у места крепления катетера ВСУЗИ
4. **Pullback** — запись изображения ВСУЗИ и запуск автоматической протяжки, расположена под экраном устройства
5. **Imaging** — включение катетера для работы в режиме реального времени, расположена на передней панели устройства



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

После подготовки катетер проводится по коронарному проводнику в коронарную артерию, при этом датчик располагают как минимум на 10 мм ниже интересующего участка (со здорового сегмента артерии). Протяжка выполняется на фоне введения нитроглицерина (250 мкг интракоронарно с учетом показателей системного артериального давления пациента) и гепарина. На рентгеноскопии катетер с электронным датчиком имеет 2 рентгенконтрастные метки: дистальная метка обозначает кончик катетера, проксимальная метка — начало датчика. Запись изображения осуществляется от начала датчика. Во время протяжки датчик перемещается внутри футляра катетера. Максимальная длина протяжки составляет 90 мм. Скорость автоматической протяжки составляет 0,5–1 мм в секунду. Запись ультразвукового изображения проводят до аорто-устьевого сегмента артерии.

## СОВЕТ

*У катетеров с механическими датчиками короткий shaft, то есть проводник выходит из футляра примерно на расстоянии 2 см от кончика катетера, непосредственно у датчика. Поэтому для того, чтобы избежать залама катетера, рекомендуется проводить его в направляющий катетер мягко при открытом у-коннекторе до белых меток на катетере.*

*Также после расположения катетера в коронарной артерии не рекомендуется перепроводить проводник (из-за короткого shaft устройства проводник легко расположится за пределами катетера ВСУЗИ). Извлекать катетер одновременно с проводником не рекомендуется.*

*После каждой протяжки необходимо повторно промыть катетер, поместить датчик в футляр и переместить протяжку к носику салазок. При движении протяжки по салазкам необходимо освободить катетер из носика, поскольку сгибание катетера приведет к его поломке.*

## Повторная загрузка датчика ВСУЗИ



Для повторной загрузки датчика после его промывки необходимо освободить футляр катетера из носика салазок



Вернуть салазки в исходное положение



Завести датчик в футляр и зафиксировать в носике салазок



**ACURATE neo2™**  
система транскатетерного  
протезирования  
аортального клапана

## SENTINEL™

система для интраоперационной  
защиты от эмболии  
в сосуды головного мозга



## ISLEEVE™

низкопрофильный расширяемый  
интродьюсер (14F) для транскатетерной  
имплантации аортального клапана

# Роль и задачи применения внутрисосудистого ультразвукового исследования для выполнения чрескожного коронарного вмешательства

*В настоящее время внутрисосудистое ультразвуковое исследование является инструментом, позволяющим получить полное представление о характеристике поражения, включая его морфологию и протяжённость, спланировать чрескожное коронарное вмешательство и провести полную оценку результатов стентирования.*

*Применение внутрисосудистой визуализации в клинической практике приводит к изменению стандартных подходов к выполнению вмешательств и как следствие к значительному улучшению непосредственных и отдаленных результатов стентирования.*

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Почему внутрисосудистый ультразвук не применяется в рутинной клинической практике?

### Ангиографии достаточно для рутинной работы в операционной

Эволюция технологий стентирования, широкое применение стентов с лекарственным покрытием и появление дополнительных методов визуализации привело к значительному увеличению частоты чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) и усложнению процедур. Так, за последние 10 лет количество чрескожных коронарных вмешательств увеличилось почти в 3,5 раза, и в 2022 году их число составило 298 671 [2]. При этом, на фоне увеличения количества процедур, увеличивается число так называемых сложных чрескожных коронарных вмешательств. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов по реваскуляризации [3], к таким вмешательствам относятся:

- Поражение ствола левой коронарной артерии
- Многососудистое поражение коронарных артерий (Syntax >23)
- Протяженное диффузное поражение коронарных артерий (более 60 мм)
- Бифуркационные поражения коронарных артерий (истинная бифуркация с наличием поражения в боковой ветви диаметром более 2,5 мм)
- Хронические тотальные окклюзии
- Кальцинированные поражения
- Рестенозы стентов

Таким образом, к так называемым «сложным» поражениям коронарных артерий относятся около 70% всех клинических ситуаций, которые встречаются в реальной клинической практике как у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца, так и при остром коронарном синдроме. В связи с этим актуальной становится проблема профилактики непосредственных и отдаленных осложнений и снижения частоты неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, таких как смерть, инфаркт миокарда, тромбоз и рестеноз стента.

Относительно высокая частота повторных реваскуляризаций и ассоциированных с ними неблагоприятных сердечно-сосудистых событий при выполнении чрескожных коронарных вмешательств у пациентов групп высокого риска — основная причина относительно низкого класса доказательности методики у пациентов со сложным анатомическим поражением коронарных артерий. В настоящее время рекомендации Европейского и Американского кардиологического общества присваивают чрескожным коронарным вмешательствам класс IIa-III для пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий и поражением ствола левой коронарной артерии при высоком балле по шкале Syntax (более 23) [3, 4]. Основанием для этого являются результаты исследований SYNTAX и PRECOMBAT, в которых для выполнения чрескожного коронарного вмешательства применялись стенты 1 поколения с лекарственным покрытием [5, 6]. Стоит отметить, что принципиальным различием с современными подходами к эндоваскулярным вмешательствам является не только применение стентов с более высокой толщиной каркаса, нерастворимым полимерным покрытием и агрессивным лекарственным препаратом. Например, при анализе технических аспек-

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

тов выполнения чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии, в группе пациентов с применением стентов 1 поколения отмечается, что средний диаметр используемых стентов был достоверно меньше по сравнению с группой пациентов с применением стентов 2 и 3 поколения, а также достоверно ниже была частота выполнения постдилатации стента баллонами большего размера и высокого давления [7]. Эти технические факторы являются независимыми предикторами неблагоприятных сердечно-сосудистых событий у пациентов при анализе отдаленных прогнозов.

При анализе структуры осложнений чрескожных коронарных вмешательств (как непосредственных, так и отдаленных) было продемонстрировано, что все они в своей основе имеют ряд технических аспектов выполнения вмешательства, которые практически невозможно оценить только на основании ангиографии [8, 9]. К ним относятся:

- Плохая подготовка поражения
- Неполное покрытие бляшки (geographical miss)
- Диссекция проксимальнее и дистальнее стента
- Мальаппозиция стента
- Недораскрытие стента

Каждая из указанных проблем лежит в основе возникновения того или иного осложнения чрескожного коронарного вмешательства. Так, неполное покрытие бляшки приводит к её повреждению и, как

следствие, к краевому рестенозу или тромбозу стента. В случае поражения ствола левой коронарной артерии наиболее вероятным клиническим проявлением в такой ситуации может быть не развитие инфаркта миокарда, а смерть пациента. Плохая подготовка поражения — одна из наиболее частых причин таких осложнений, как перфорация и недораскрытие стента, которое в свою очередь является основным фактором развития рестеноза. Как правило недораскрытие характерно для кальцинированных поражений коронарных артерии, которые требуют применение специфических алгоритмов работы для достижения оптимального результата вмешательства (применение ультравысокого давления для раскрытия атеросклеротической бляшки, ротационной атерэктомии). При этом ангиография не дает информации о качественных характеристиках стеноза (протяженность кальциноза, его глубина и характер) [10].

Также недораскрытие стента может быть связано с неадекватным подбором размера стента к диаметру артерии. Ангиография позволяет визуализировать лишь внутренний просвет сосуда («люминограмма»). При наличии протяженного диффузного поражения это может приводить к недооценке размеров артерии и неоптимальному выбору размера стента.

Таким образом, применение внутрисосудистого ультразвука при выполнении чрескожных коронарных вмешательств даёт возможность охватить все аспекты для выполнения эффективного и безопасного чрескожного коронарного вмешательства.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## ВСУЗИ никак не меняет стратегию реваскуляризации

В 2021 году были опубликованы результаты применения внутрисосудистого ультразвука для оценки раскрытия стента после ангиографически успешного стентирования. Было проанализировано 30 поражений, имплантация стентов в которых осуществлялась полностью под ангиографическим контролем. После принятия решения об удовлетворительном результате стентирования, пациентам выполнялось внутрисосудистое ультразвуковое исследование с использованием датчика высокого разрешения (60 Гц). По результатам анализа, неоптимальный результат стентирования был отмечен в 77% случаев, из них: в 44% наблюдалось недораскрытие стента, в 30% — мальаппозиция, в 22% — неполное покрытие бляшки и у 4% — краевая диссекция [11].

Наиболее крупным наблюдением, в котором проводился анализ влияния применения внутрисосудистой визуализации на принятие решений во время чрескожного коронарного вмешательства, стала инициатива Light Lab по применению оптико-когерентной томографии. Оптико-когерентная томография — методика внутрисосудистой визуализации, основанная на технологии сканирования тканей с применением инфракрасного излучения, обладающая наибольшей разрешающей способностью. Также, как и внутрисосудистое ультразвуковое исследование,

оптико-когерентная томография позволяет получить подробную информацию об особенностях строения стенки сосуда и проконтролировать результаты чрескожного коронарного вмешательства. В анализ было включено 1 328 поражений у 925 пациентов. Стратегия врача при применении визуализации изменилась **в 86% случаев** анализа поражений. При этом в 45% случаев поменялась оценка морфологии поражения, в 27% — подход к подготовке поражения, в 37% — выбор диаметра стента и в 36% — выбор длины стента. После выполнения чрескожного коронарного вмешательства решение о необходимости оптимизации было принято в 31% случаев. Наиболее часто изменения выборов врача происходило в случае кальцинированных поражений коронарных артерий: стратегия менялась в пользу более тщательной подготовки поражения и применения специфических инструментов (ротационная атерэктомия, эксимерный лазер) [12].

Таким образом, на основании представленных исследований можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев при ангиографически удовлетворительном результате стентирования мы получаем несоответствующий оптимальным критериям результат согласно внутрисосудистой визуализации.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Нет результатов исследований, доказывающих влияние ВСУЗИ на прогноз пациентов

В настоящее время накоплено достаточное количество данных рандомизированных клинических исследований и мета-анализов, свидетельствующих о влиянии применения внутрисосудистого ультразвукового исследования на частоту неблагоприятных сердечно-сосудистых событий как у пациентов со стабильной формой ишемической болезни сердца, так и у пациентов с острым коронарным синдромом. Одним из наиболее крупных мета-анализов стала работа Gregg W. Stone и соавторов [13]. Мета-анализ включил 22 исследования и 15 964 пациента, у которых оценивались исходы чрескожных коронарных вмешательств под ангиографическим контролем и с применением внутрисосудистой визуализации (внутрисосудистое ультразвуковое исследование и оптико-когеррентная томография). В мета-анализ вошли такие исследования, как IVUS-XPL [14], ULTIMATE [15], RENOVATE-COMPLEX-PCI [16], DOCTORS [17], ILUMIEN III [18], ILUMIEN IV [19], OCTOBER [20], OPINION [21], OCTIVUS [22].

По результатам совокупного анализа исследования, применение внутрисосудистой визуализации приводило к снижению несостоятельности целевого поражения на 29% ( $p < 0,0001$ ), сердечно-сосудистой смерти на 45% ( $p = 0,0001$ ), инфаркта миокарда на 18% ( $p = 0,030$ ), реваскуляризации целевого поражения на 28% ( $p = 0,0002$ ). Также применение внутрисосудистой визуализации приводило к снижению риска тромбоза стента на 48% ( $p = 0,0036$ ).

Ещё в одном мета-анализе, включившем результаты 4 рандомизированных контролируемых исследований, 32 мета-анализов и 85 регистров, сравнивающих выполнение чрескожных коронарных вмешательств под ангиографическим контролем и внутрисосудистой визуализации, проде-

монстрировал однозначное преимущество визуализации по снижению частоты неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [23].

В январе 2024 года был опубликован крупный анализ Gary S. Mintz, Akiko Maehara, Ziad A. Ali, Jeffrey W. Moses, Antonio Colombo, Martin B. Leon [24], в который были включены 16 рандомизированных исследований и 7 814 пациентов. По итогам этого мета-анализа были получены следующие результаты:

- Неблагоприятные сердечные-сосудистые события (MACE) — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 33%)
- Сердечно-сосудистая смертность — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 51%)
- Инфаркт миокарда в целевом сосуде — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 39%)
- Тромбоз стента — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 37%)
- Частота реваскуляризации целевого сосуда — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 40%)
- Частота реваскуляризации целевого поражения — статистически значимое преимущество в группе ЧКВ с внутрисосудистой визуализацией (снижение на 33%)

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Интересно, что в большинстве исследований, посвященных сравнению исходов у пациентов со стентами с лекарственным покрытием и стентами без лекарственного покрытия, основные преимущества касались снижения частоты реваскуляризации целевого сосуда (снижение при применении стентов с лекарственным покрытием на 55%), тогда как применение внутрисосудистой визуализации отчетливо демонстрирует влияние на сердечно-сосудистую смертность. Это связано с тем, что рутинное применение внутрисосудистой визуализации с опорой на алгоритмы анализа изображения приводит к изменению стандартных стратегий чрескожных коронарных вмешательств и позволяет получить объективную информацию о результатах операции.

## **ВСУЗИ — сложный инструмент, требующий глубокого изучения, его нелегко применять рутинно**

Работа с внутрисосудистым ультразвуком требует понимания основных аспектов интерпретации изображения. По мере развития технологии, качество изображения возрастает вместе с частотой излучения датчиков. Идентификация структур, как внутри сосуда, так и за его пределами, становится значительно проще при понимании основных алгоритмов интерпретации изображений ВСУЗИ.

## Comet™ II

проводник нового поколения  
для определения  
момента  
и фракционного резерва  
кровотока



OptiCross™ 40 МГц  
OptiCross™ HD 60 МГц  
OptiCross™ 18 30 МГц  
OptiCross™ 35 15 МГц

семейство катетеров  
для внутрисосудистой  
ультразвуковой визуализации

# Алгоритм анализа изображения при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании

Общий принцип интерпретации изображения  
ВСУЗИ сводится к трем основным этапам:

1. Оценка наличия поражения коронарных артерий и морфологии поражения
2. Оценка значимости, протяженности поражения и референсных диаметров артерии
3. Оценка результатов стентирования

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Оценка наличия и морфологии поражения коронарных артерий.

### Нормальное изображение коронарной артерии

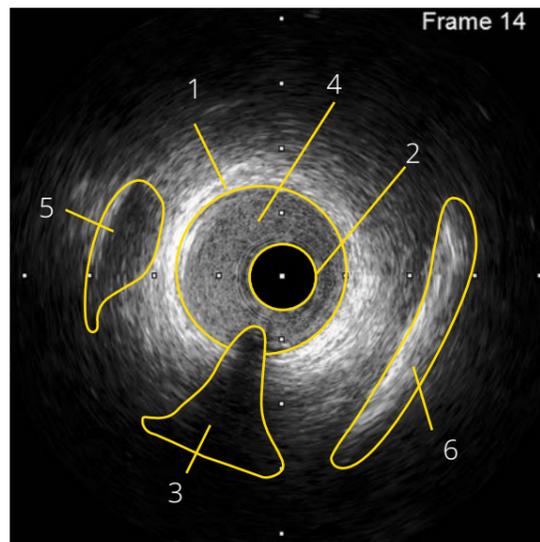
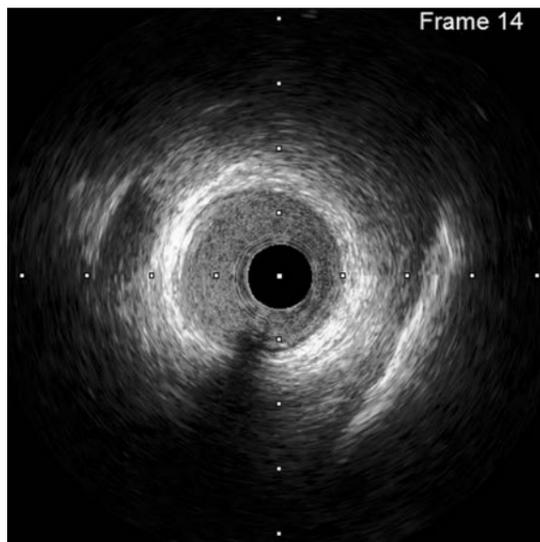
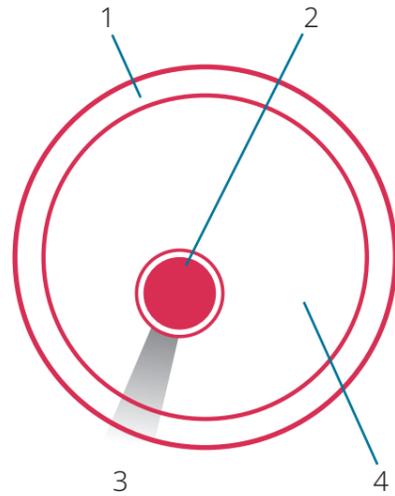
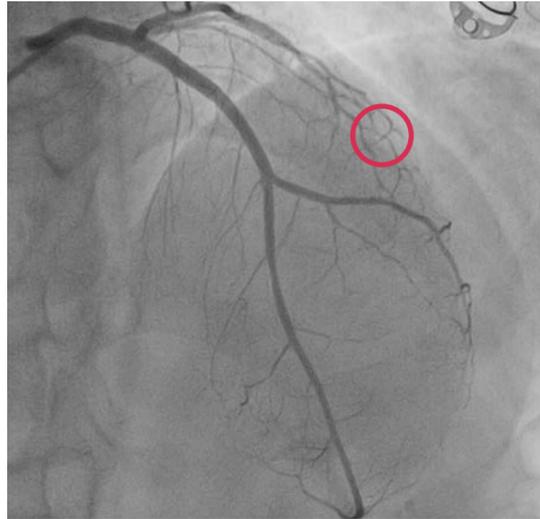
Стандартное изображение коронарной артерии на ВСУЗИ включает в себя продольное и поперечное изображение сосуда. При продольном изображении определяется катетер, просвет сосуда, стенка сосуда и боковые ветви. Поперечное изображение ВСУЗИ включает в себя наличие следующих структур: сам катетер ВСУЗИ, тень от коронарного проводника, просвет сосуда, стенка коронарной артерии, состоящая из интимы, меди и адвентиции, наружная и внутренняя эластические мембраны.

**Наружная эластическая мембрана** является наиболее визуально различимым слоем артерии, которая, разделяет стенку сосуда, и адвентицию и определяет наружный контур сосуда (представлена в виде тонкой черной линии вокруг артерии).

В зависимости от степени поглощения ультразвуковых волн выделяют **гиперэхогенные** и **гипоэхогенные структуры**. Гиперэхогенные структуры активно отражают ультразвуковые волны, поэтому на изображении они имеют яркое свечение (адвентиция, кальций, фиброзные элементы, свежие тромбы). Гипоэхогенные структуры поглощают ультразвуковые волны, и на изображении выглядят как темные объекты (липидные бляшки, просвет сосуда, меди, организованные тромбы). При анализе изображения ВСУЗИ за норму эхогенности принят сигнал, получаемый от **адвентиции** коронарной артерии [25].

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Нормальное строение артерии на ВСУЗИ

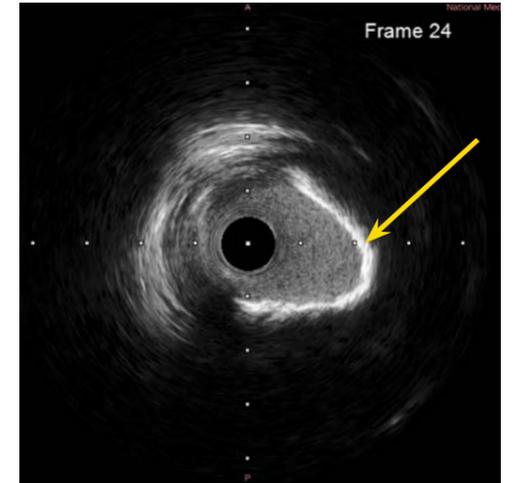
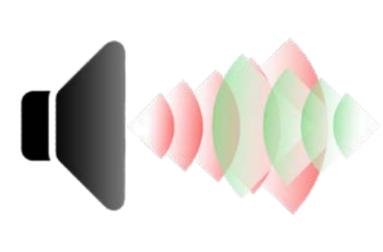


- 1. Наружная эластическая мембрана
- 2. Датчик
- 3. Тень от проводника

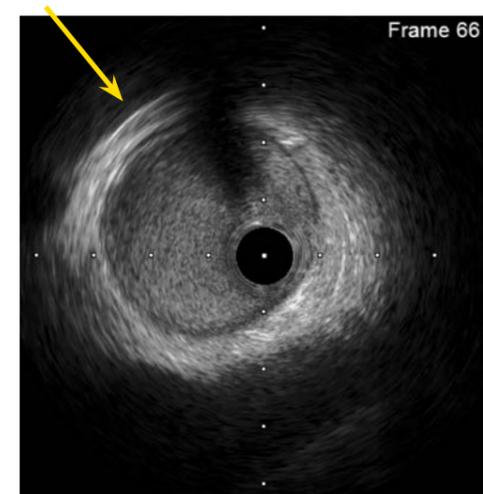
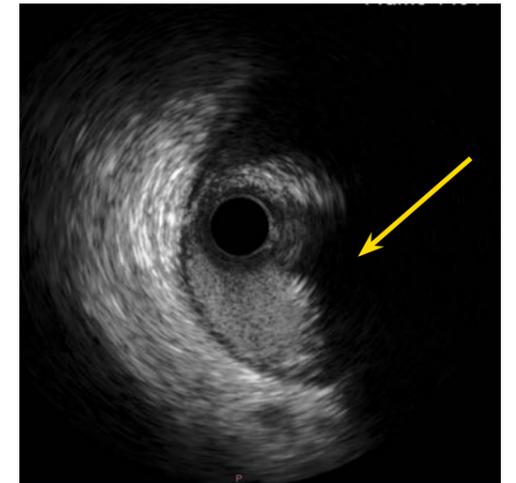
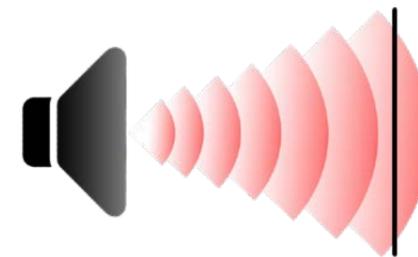
- 4. Просвет сосуда
- 5. Вена
- 6. Листок перикарда

## Принцип работы датчика ВСУЗИ

**Гиперэхогенный** — отражающий



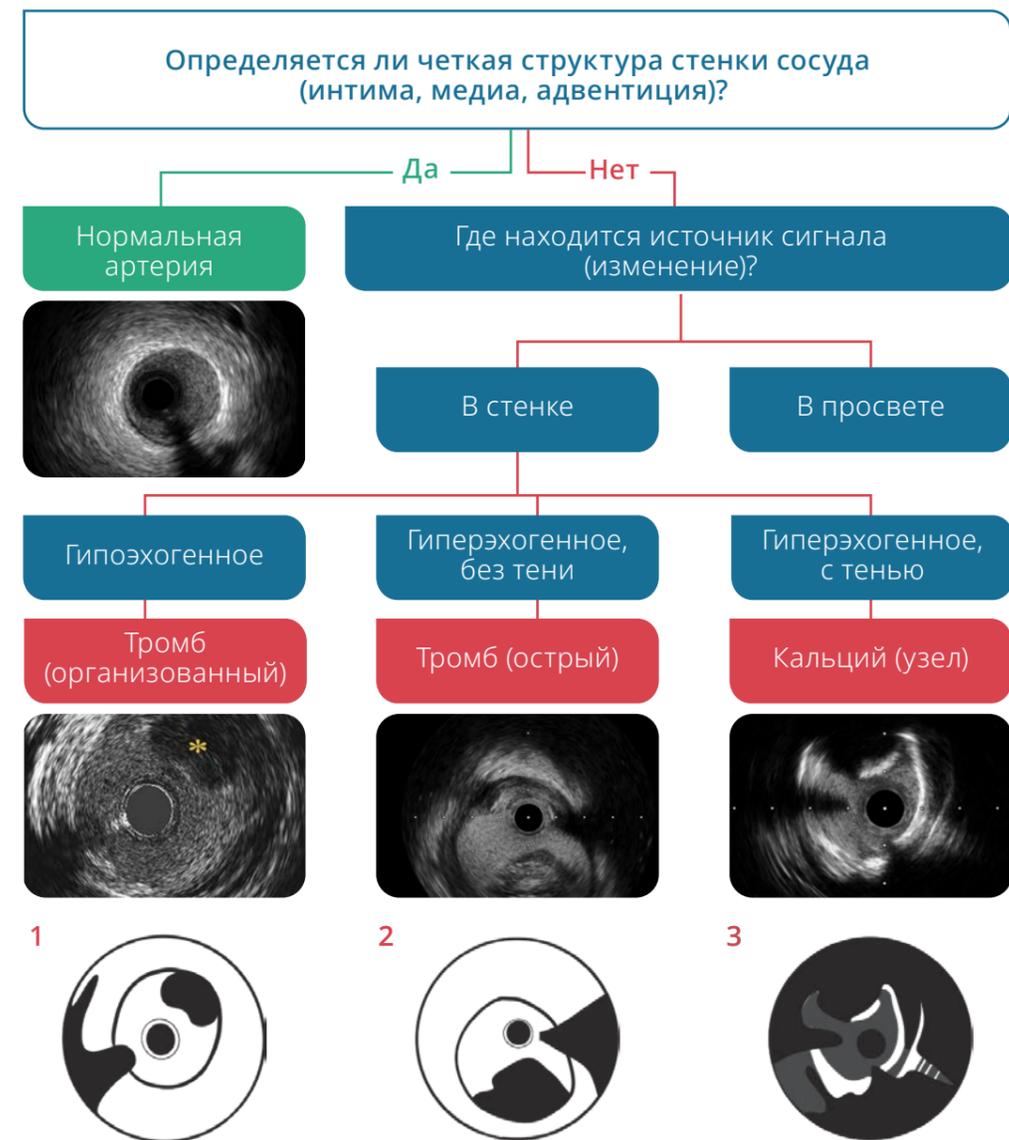
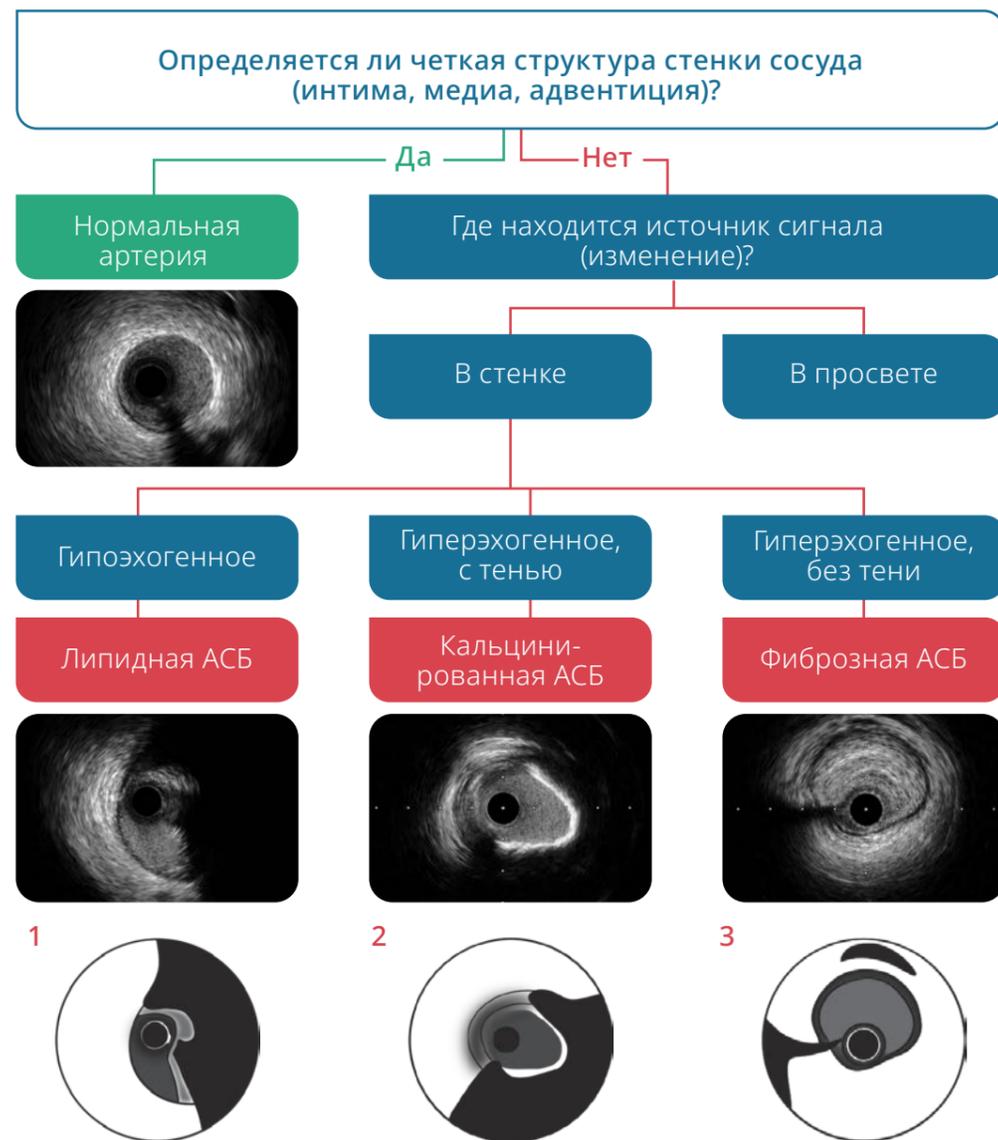
**Гипоэхогенный** — поглощающий



**Адвентиция и наружная эластическая мембрана** — норма эхосигнала

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Анализ изображения ВСУЗИ начинается с оценки наличия в артерии структур, отличающихся от нормального изображения артерии. Дополнительные структуры могут находиться внутри просвета сосуда и внутри стенки сосуда. Всё, что находится внутри стенки сосуда, является атеросклеротической бляшкой.



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Липидная атеросклеротическая бляшка

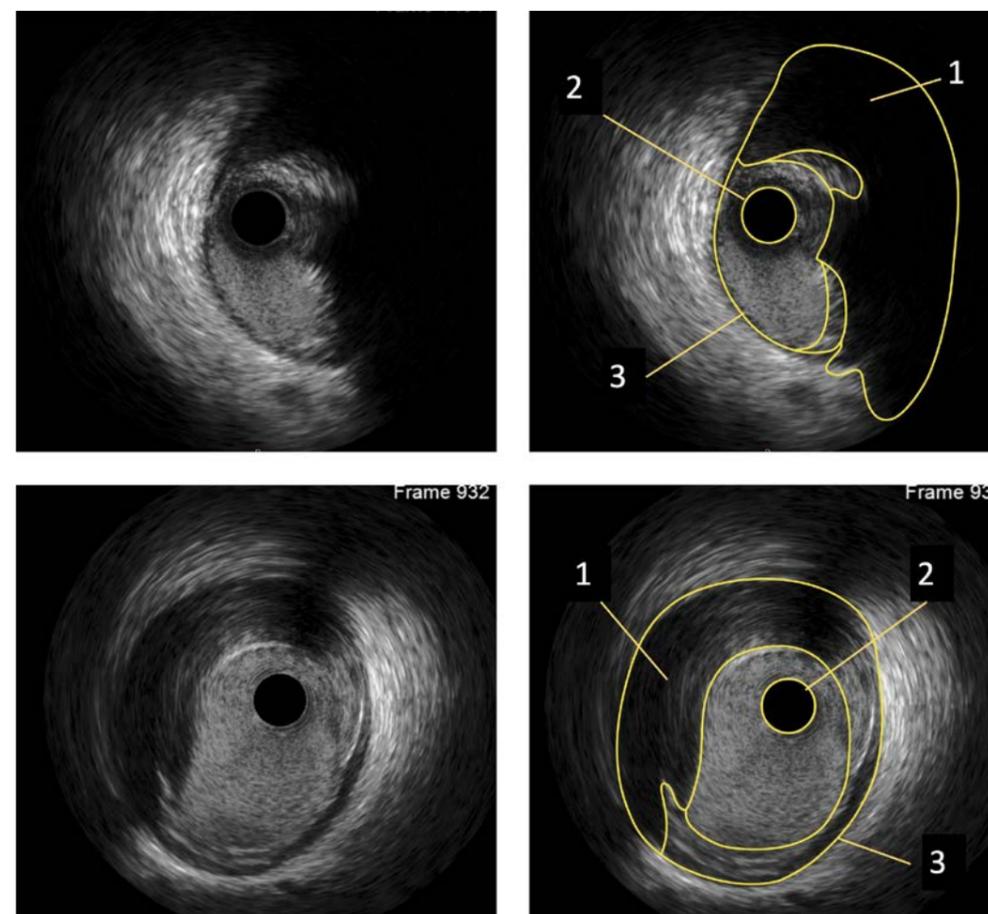
Атеросклеротические бляшки в зависимости от типа могут быть липидными, фиброзными и кальцинированными. Липидные бляшки обладают низкой эхогенностью (темнее адвентиции), находятся внутри стенки сосуда и представлены жировыми включениями с липидным или некротическим ядром, которое поглощает ультразвуковые волны. Фиброзные бляшки — гиперэхогенные, то есть схожи по сигналу с адвентицией.

Кальцинированные бляшки также являются гиперэхогенными, при этом имеют отличительную особенность — они дают акустическую тень, так как кальций препятствует распространению ультразвуковой волны.

Внутри просвета сосуда могут находиться тромбы и кальцинированные узлы. Острый тромбоз выглядит как гиперэхогенные структуры, свободно находящиеся в просвете сосуда. Организованные тромбы становятся гипозоногенными (темными), в связи с чем их сложнее идентифицировать. Кальцинированные узлы выглядят как гиперэхогенные структуры (которые ярко светятся), дающие тень.

### СОВЕТ

*Для лучшей идентификации границы кровь-бляшка и внутрипросветных структур можно пользоваться динамическим режимом просмотра изображения Dynamic Review, в котором происходит движение одного кадра. Кровь, в отличие от бляшки или тромба, будет сопровождаться «движением» или «мерцанием» акустического сигнала.*



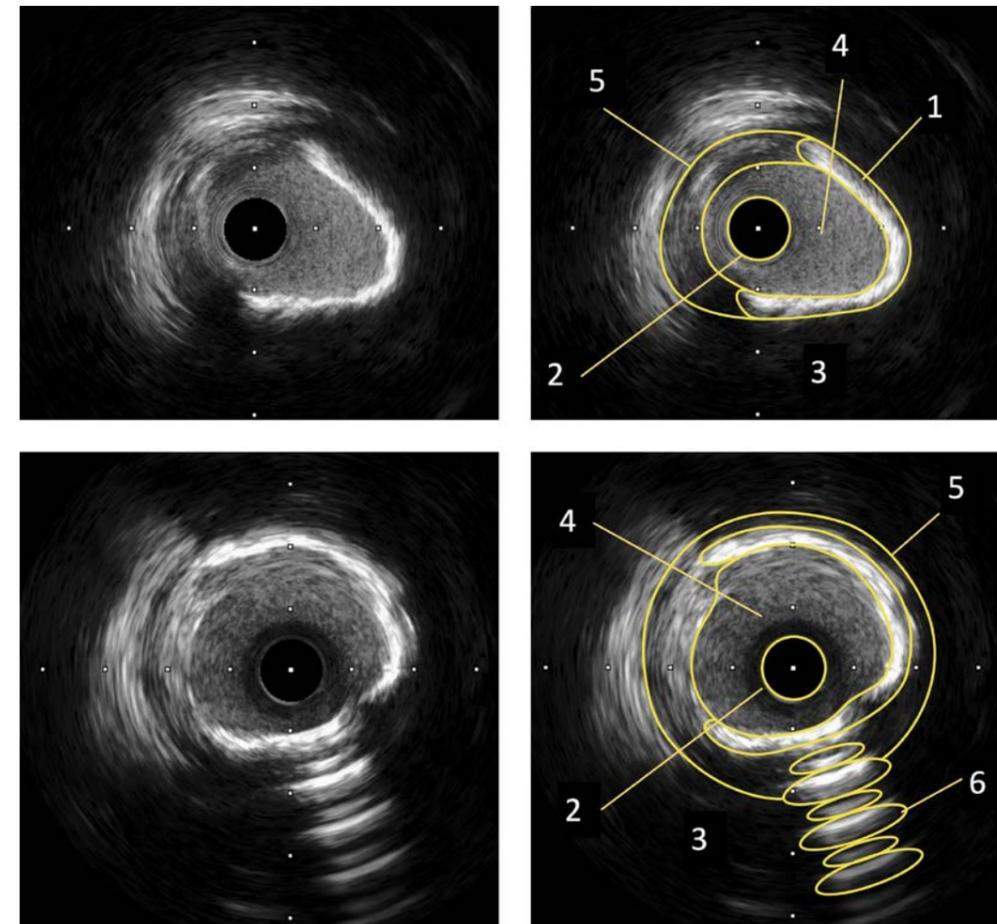
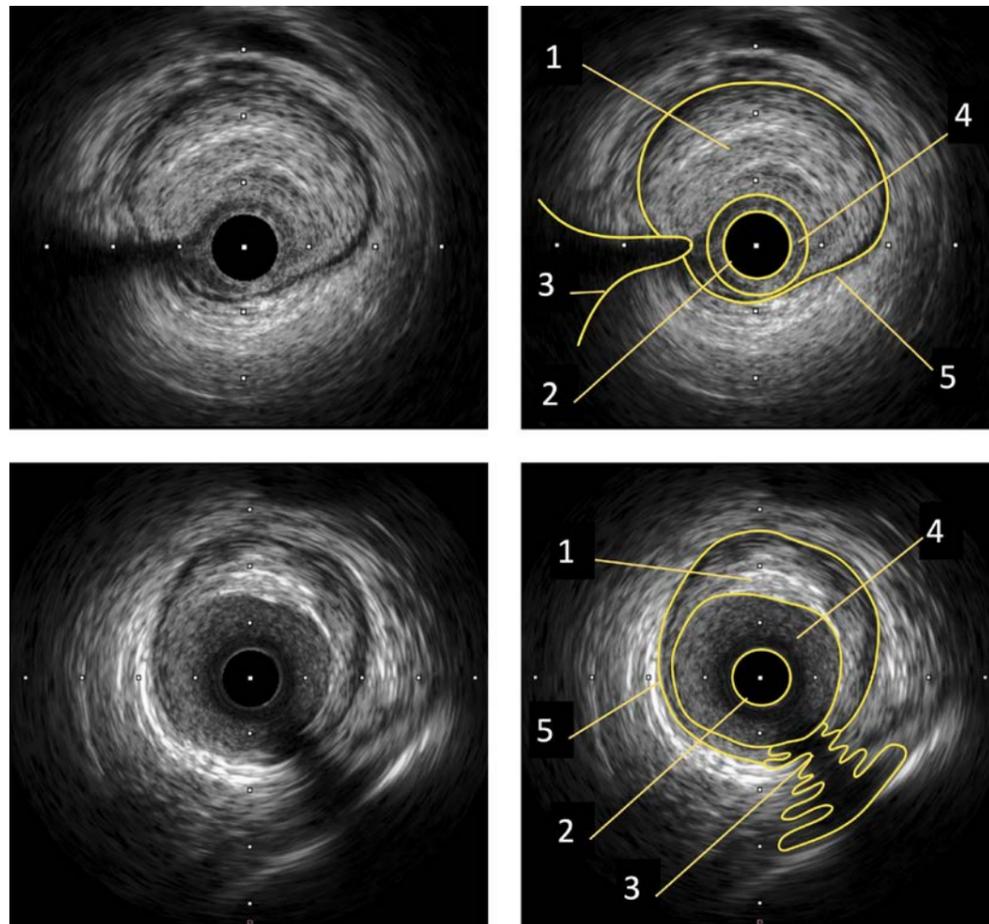
1. Липидное ядро
2. Датчик

3. Наружная эластическая мембрана

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

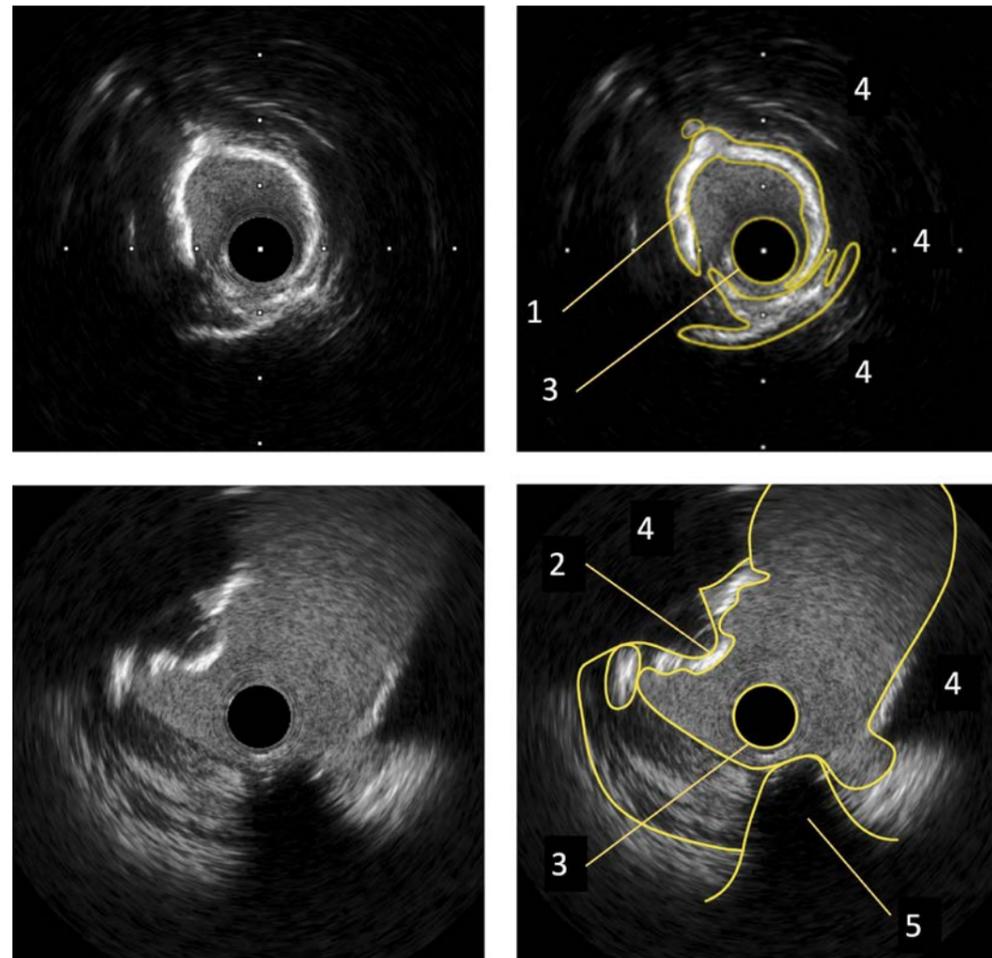
Фиброзная атеросклеротическая бляшка

Кальцинированная  
атеросклеротическая бляшка



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

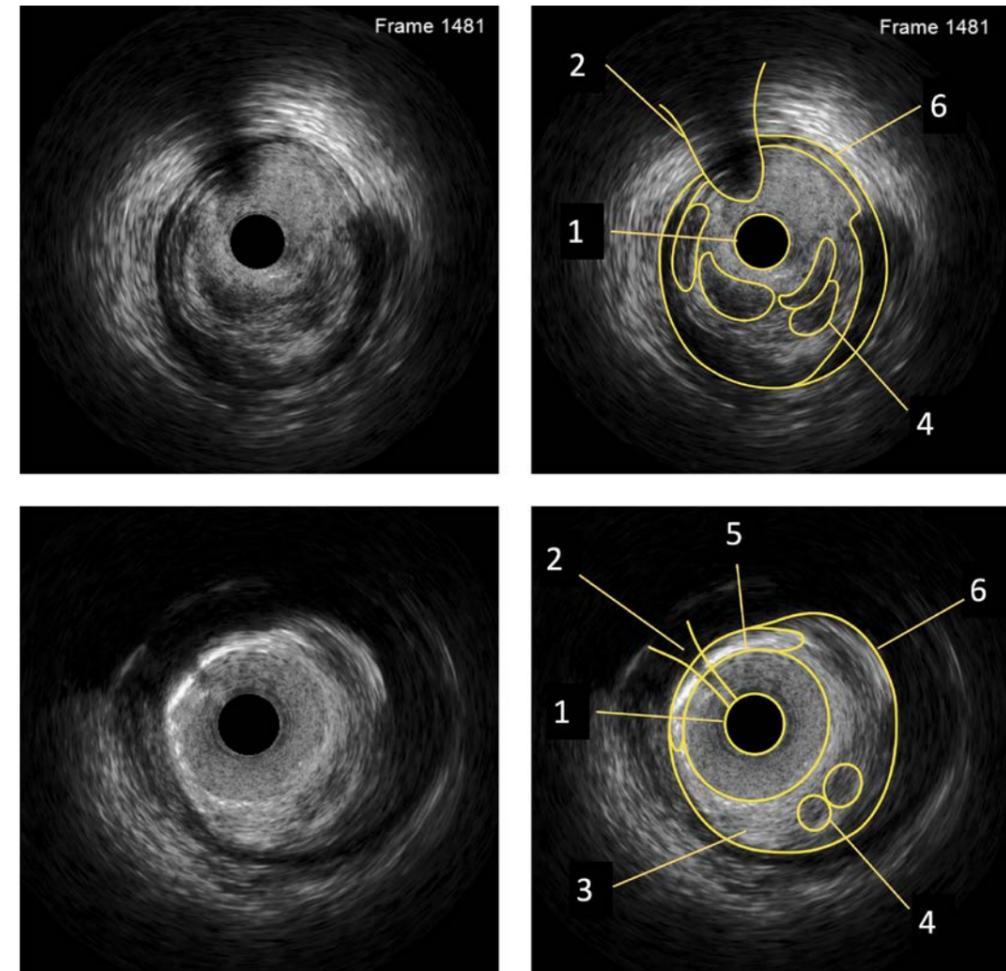
Кальцинированная  
атеросклеротическая бляшка



1. Циркулярный кальций (360 градусов)
2. Кальцинированный узел

3. Датчик
4. Акустическая тень
5. Тень от проводника

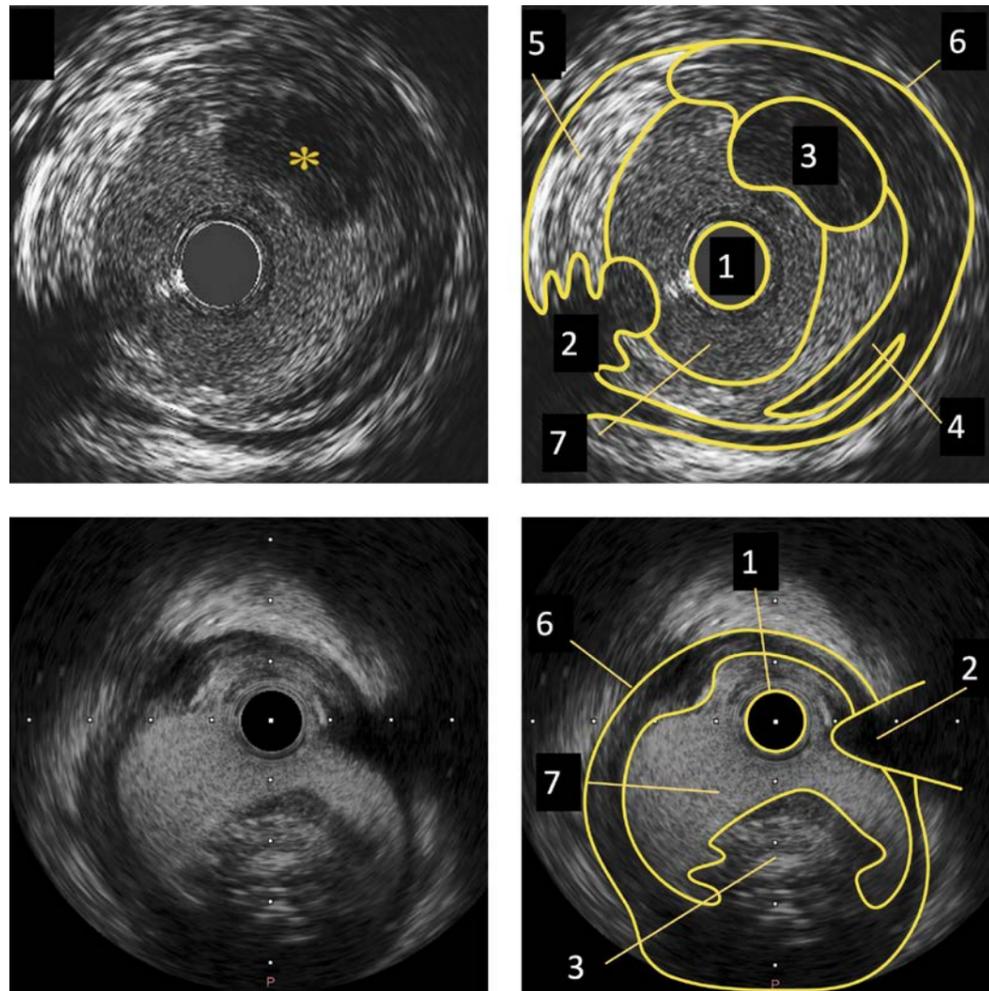
Смешанные атеросклеротические бляшки



1. Датчик
2. Тень от проводника
3. Фиброзная бляшка
4. Липидные включения

5. Кальцинированный участок
6. Наружная эластическая мембрана

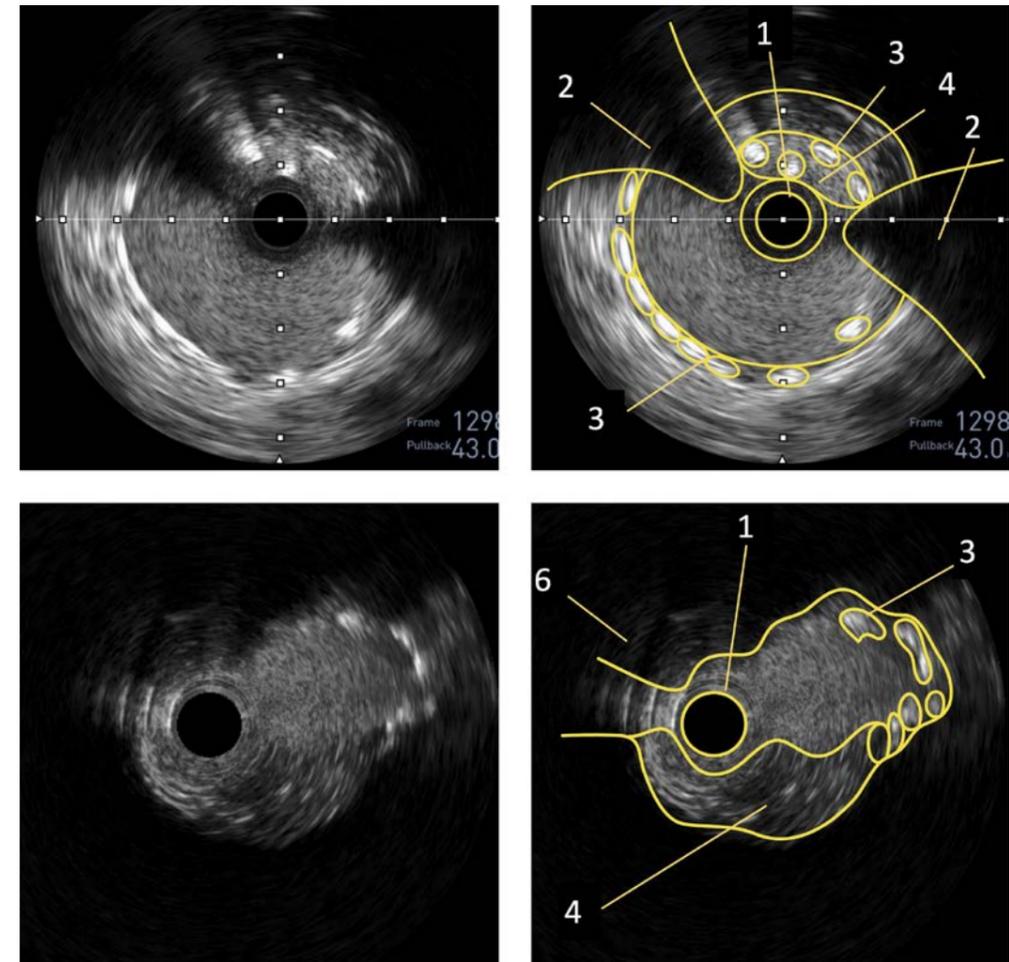
## Тромбоз



1. Датчик
2. Тень от проводника
3. Тромб
4. Липидные включения

5. Фиброзная бляшка
6. Наружная эластическая мембрана
7. Просвет сосуда

## Протрузия бляшки



1. Датчик
2. Тень от проводника
3. Ячейки стента

4. Протрузия липидных масс  
сквозь страты стента

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

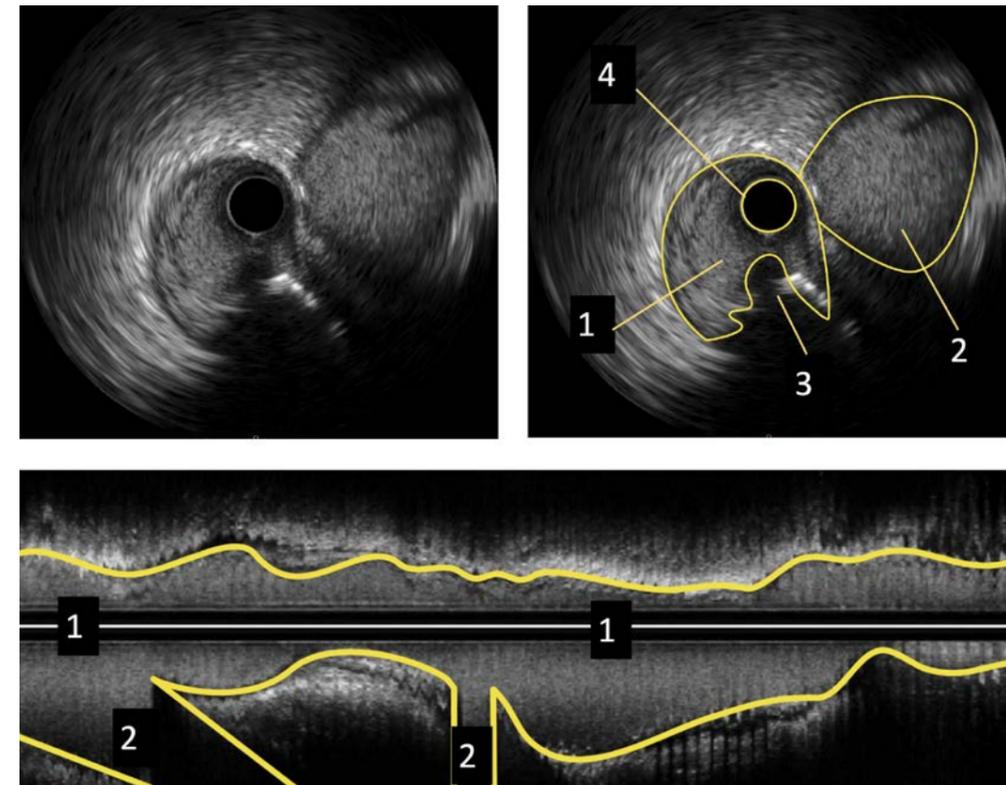
## Боковые ветви

За пределами стенки сосуда на изображении ВСУЗИ могут определяться боковые ветви артерии и вены. Боковые ветви на поперечном срезе выглядят как округлые сосудистые структуры с кровью в просвете, которые постепенно объединяются с просветом основной артерии. У крупных боковых ветвей на ВСУЗИ можно оценить расположение карины и наличие стеноза в устье.

Вены также идут параллельно основному сосуду, однако не сливаются с ним, их просвет окрашен темнее в связи с разной скоростью кровотока и разной степенью поглощения ультразвуковых волн. Также можно отметить изменение их просвета в систолу и диастолу. Вдоль сосуда могут визуализироваться мелкие структуры с более темным сигналом — vasa vasorum.

Мышечный мостик на ВСУЗИ выглядит как резкое пульсирующее сужение просвета в систолу с сохранением нормальной структуры стенки сосуда.

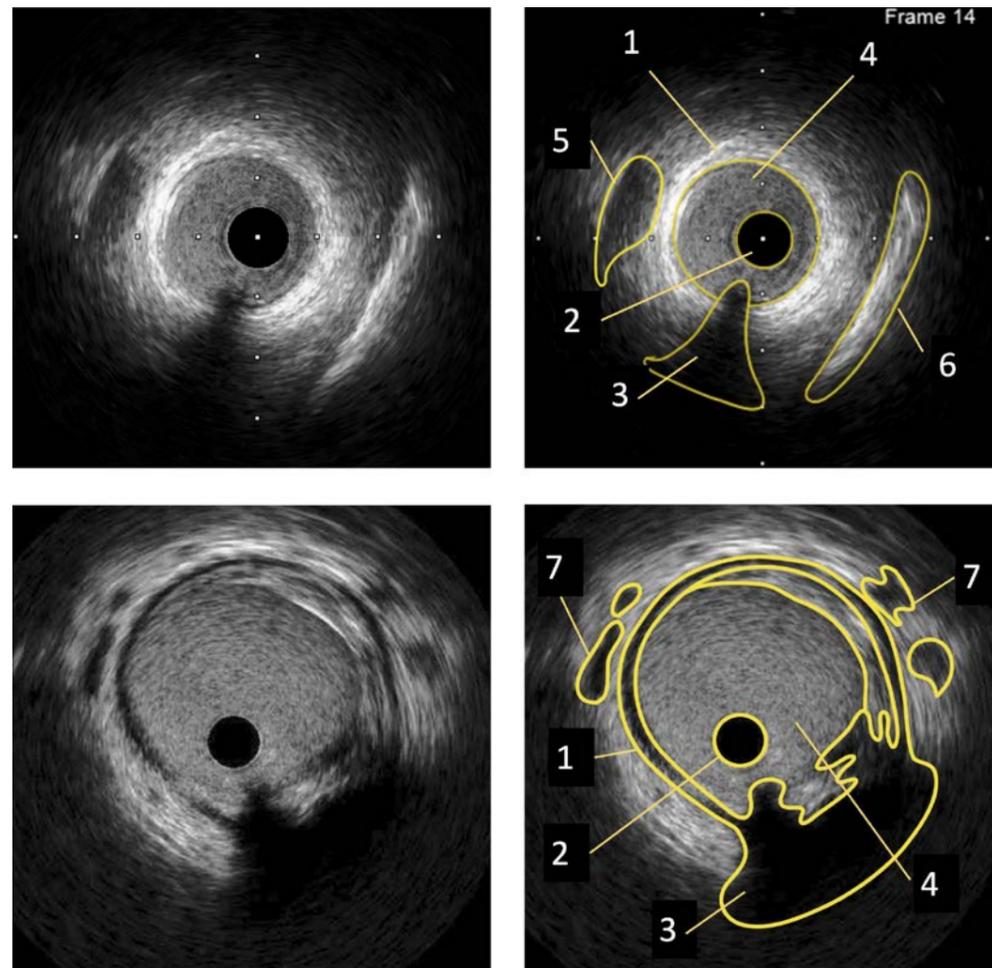
Аорта на ВСУЗИ, а именно аорто-устьевое сочленение, выглядит как неограниченный стенками сосуда объем крови, при этом при протяжении может визуализироваться небольшой участок стенки артерии в её устье.



1. Просвет Основного Сосуда
2. Просвет Боковой Ветви
3. Тень От Проводника
4. Датчик

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

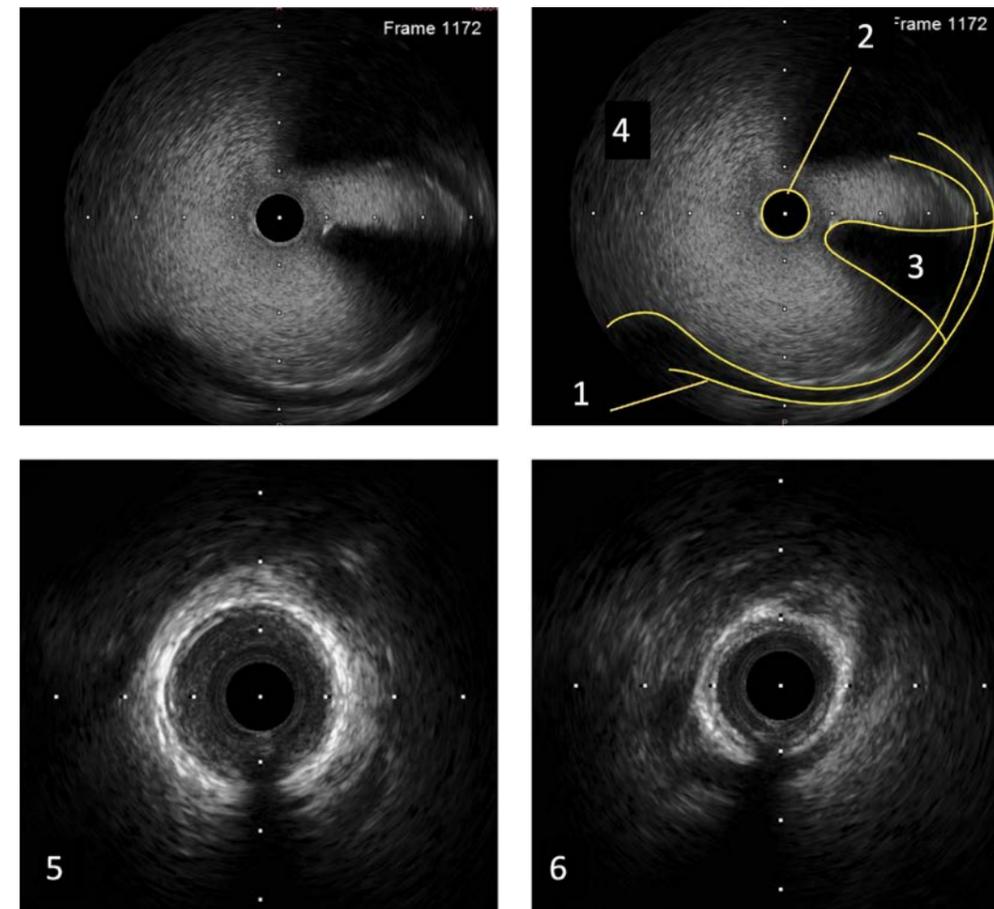
## Дополнительные структуры на ВСУЗИ



1. Наружная эластическая мембрана
2. Датчик
3. Тень от проводника

4. Просвет сосуда
5. Вена
6. Листок эпикарда
7. Vasa vasorum

## Дополнительные структуры на ВСУЗИ



1. Наружная эластическая мембрана
2. Датчик
3. Тень от проводника
4. Аорта

5. Сосуд в месте мышечного мостика в диастолу
6. Сосуд в месте мышечного мостика в систолу

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Оценка значимости, протяженности поражения и референсных диаметров артерии

Внутрисосудистый ультразвук позволяет определить границы атеросклеротического поражения и нормальных участков сосуда (дистальный и проксимальный референсные сегменты), протяженность поражения (диффузное поражение или локальное поражение) и степень стеноза.

Для оценки выраженности и значимости атеросклеротического поражения артерии на ВСУЗИ используется ряд измерений, которые отвечают на 3 основных вопроса при выполнении исследования: какова остаточная площадь просвета сосуда, какова длина поражения (необходимая длина стента) и каков истинный диаметр сосуда (необходимый диаметр стента).

**Минимальная площадь просвета сосуда** — это поперечная площадь сосуда в месте максимального сужения внутри атеросклеротической бляшки (контур проводится по границе между просветом сосуда и внутренней поверхностью интимы). Минимальная площадь просвета — показатель, который может использоваться для оценки степени выраженности стеноза.

## СОВЕТ

*Золотым стандартом для оценки функциональной значимости стеноза является методика измерения **фракционного или моментального резерва кровотока (оценка различных физиологических индексов)**. Суть методики заключается в оценке соотношения давления дистальнее стеноза по отношению к давлению в аорте при достижении максимальной скорости коронарного кровотока при минимальном сопротивлении микроциркуляторного русла за счёт введения препаратов, индуцирующих гиперемию (папаверин, аденозин, АТФ).*

*Моментальный резерв кровотока — это индекс покоя, который рассчитывает разницу давлений в период минимального сопротивления микроциркуляторного русла (безволновой период). Показателем, свидетельствующим о **функциональной значимости стеноза**, является значение **фракционного резерва кровотока менее 0,8 (при введении гиперемических препаратов)**. Для моментального резерва кровотока этот показатель равен **менее 0,89**.*

*Минимальная площадь просвета сосуда может коррелировать с показателями функциональной значимости стеноза и обладает высокой отрицательной прогностической способностью. Так, при минимальной площади просвета сосуда более 4,0 мм<sup>2</sup> стеноз можно расценить как незначимый (при диаметре артерии до 3,5 мм), однако для принятия решения о реваскуляризации оценка фракционного резерва кровотока является **единственным рекомендованным методом**. На минимальную площадь просвета сосуда можно опираться для решения вопроса о значимости поражений **в стволе левой коронарной артерии**. При минимальной площади просвета сосуда менее 6,0 мм<sup>2</sup> стеноз в стволе левой коронарной артерии считается значимым и требует реваскуляризации.*

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Для выполнения правильных измерений важно понимать разницу между **площадью сосуда** и **площадью просвета сосуда**. **Площадь просвета сосуда** — это поперечная площадь сосуда, измеренная по интиму.

**Площадь сосуда** — поперечная площадь сосуда, измеренная по наружной эластической мембране. Для подбора оптимального размера стента ориентиром служит **площадь сосуда и диаметры сосуда в референсных сегментах**.

Истинный диаметр сосуда определяется в дистальном и проксимальном референсных сегментах.

**Дистальным референсным сегментом** называется дистальный участок сосуда с нормальным строением стенки сосуда (или с максимальной площадью просвета сосуда при объеме бляшки менее 50%) на расстоянии 10 мм от пораженного участка артерии без отхождения крупных боковых ветвей.

**Проксимальным референсным сегментом** называется проксимальный участок сосуда с нормальным строением стенки сосуда (или с максимальной площадью просвета сосуда при объеме бляшки менее 50%) на расстоянии 10 мм от пораженного участка артерии без отхождения крупных боковых ветвей.

Измерения в проксимальном и дистальном референсных сегментах для подбора оптимального размера стента производятся по **наружной эластической мембране**.

**Максимальный диаметр сосуда по наружной эластической мембране** — наибольший диаметр в референсном сегменте сосуда внутри окружности, измеренной по наружной эластической мембране.

**Минимальный диаметр сосуда по наружной эластической мембране** — наименьший диаметр в референсном сегменте сосуда внутри окружности, измеренной по наружной эластической мембране.

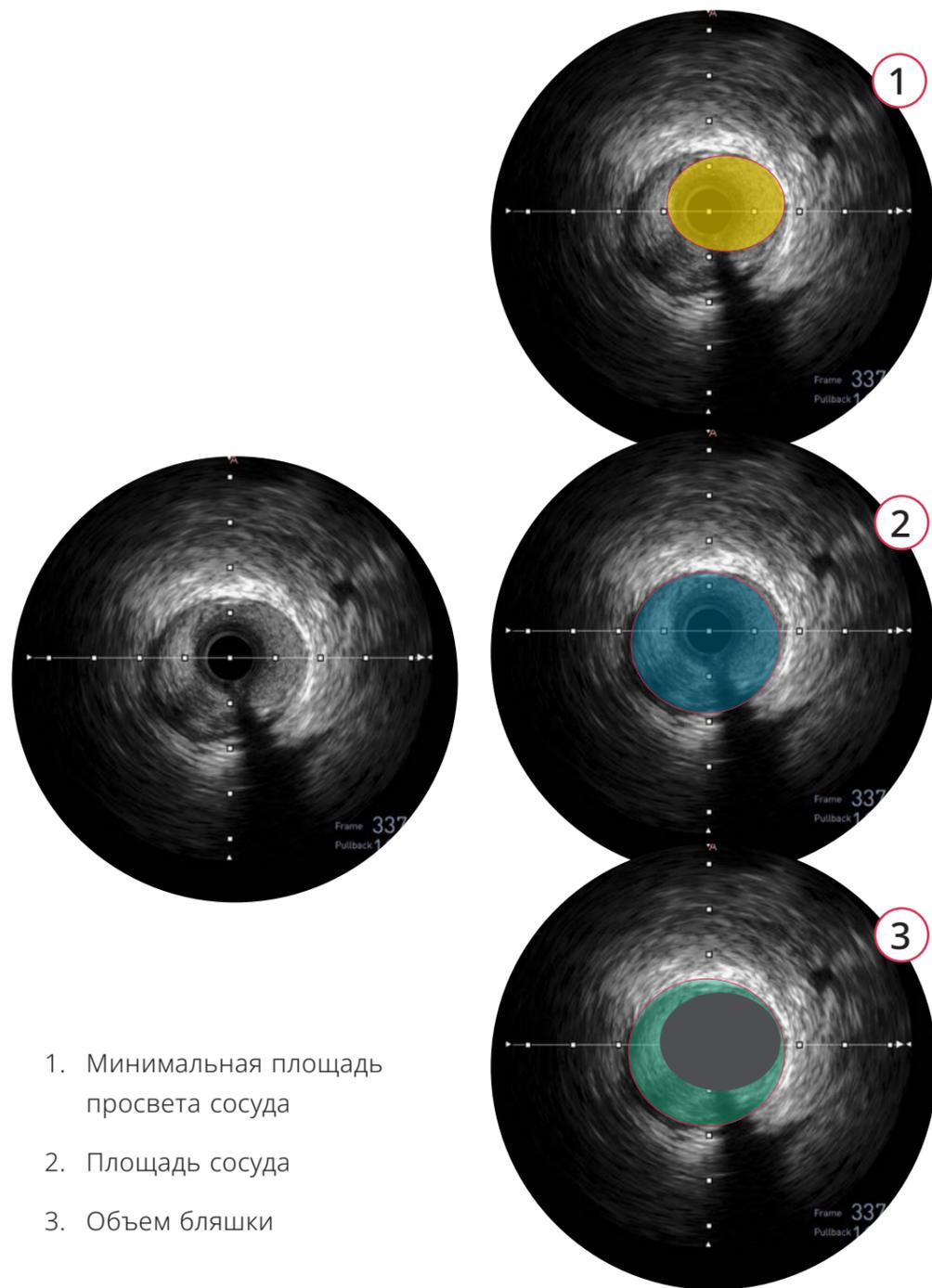
**Объем атеросклеротической бляшки** — соотношение минимальной площади просвета сосуда и площади просвета сосуда по наружной эластической мембране.

## СОВЕТ

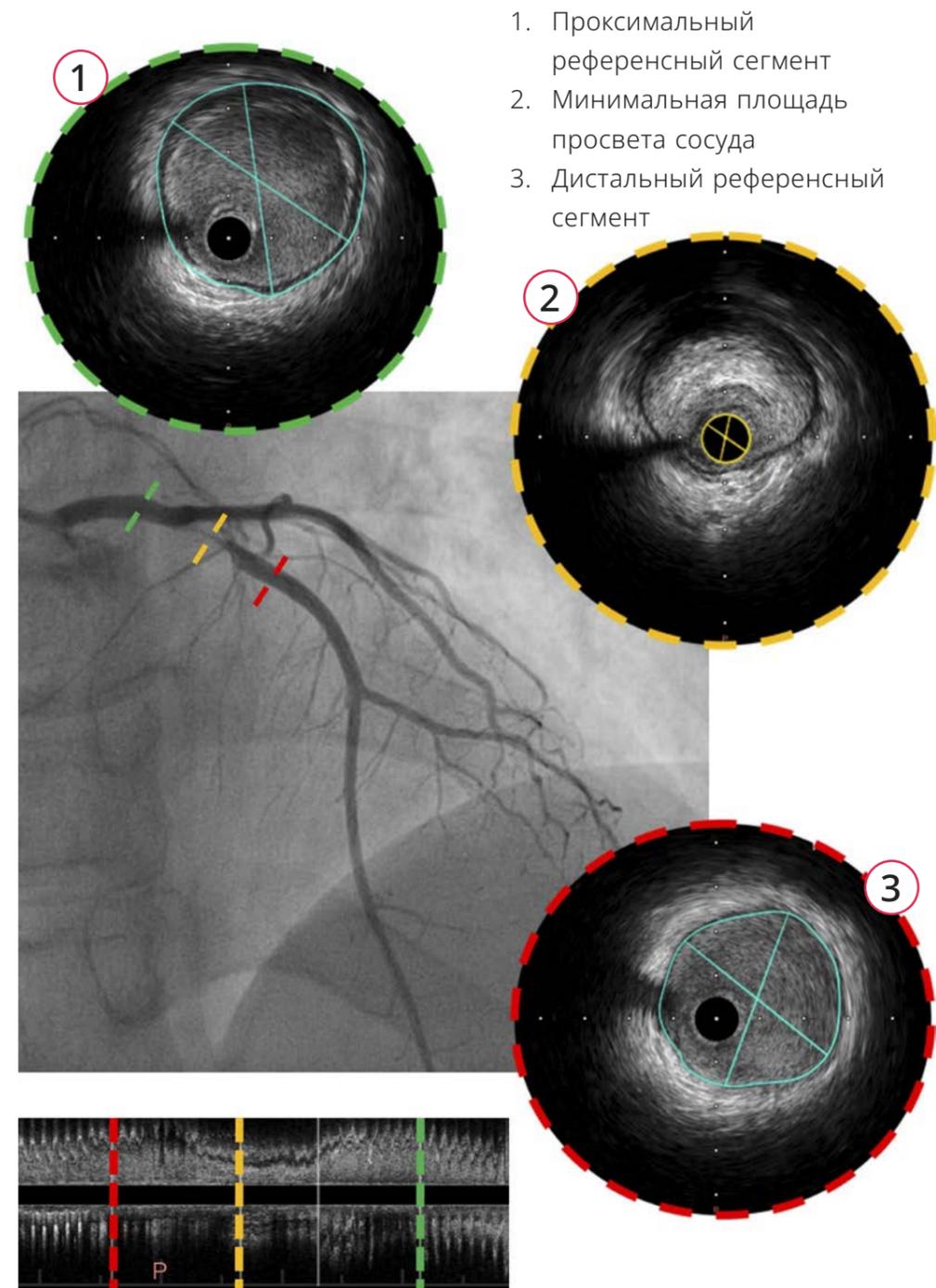
*Выбор размера стента необходимо осуществлять на основании максимального и минимального диаметров сосуда по наружной эластической мембране в **дистальном референсном сегменте**. Оценка диаметров сосуда по наружной эластической мембране в месте максимального сужения приводит к преувеличению размеров сосуда (и, соответственно, стента) в связи с наличием феномена **положительного ремоделирования** (феномен Глагова): просвет артерии не сужается, пока объем атеросклеротической бляшки не достигнет 40% площади поперечного сечения сосуда, при этом сохранение просвета происходит за счет растяжения наружной эластической мембраны. Ремоделирование может оцениваться как соотношение площади просвета сосуда по наружной эластической мембране в стенозе к площади просвета сосуда по наружной эластической мембране в референсном сегменте. Если соотношение более 1, то имеет место положительное ремоделирование, если менее 1 — отрицательное. Таким образом, диаметры артерии по наружной эластической мембране в месте максимального стеноза могут быть значительно больше дистальных референсных диаметров, однако именно последние являются единственно верными.*

Длина поражения определяется между дистальным и проксимальным референсными участками. Оптимальным является покрытие атеросклеротического поражения от здорового до здорового участка сосуда, при этом расстояние от бляшки должно составлять 10 мм. В случае диффузного поражения возможна установка стента в участок сосуда с атеросклеротической бляшкой менее 50% по площади сосуда. При многоуровневом поражении если расстояние между стенозами составляет менее 5 мм, то они рассматриваются как одно поражение. Длина поражения может быть рассчитана по ВСУЗИ при выполнении автоматической протяжки.

## Основные измерения на ВСУЗИ



## Основные измерения на ВСУЗИ



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Оценка результатов стентирования.

### Недораскрытие, мальаппозиция, диссекция

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование является современным стандартом оценки оптимальных результатов стентирования. Основными критериями качественной имплантации стента являются:

- Отсутствие мальаппозиции стента
- Достаточная минимальная площадь раскрытия стента (отсутствие недораскрытия стента)
- Отсутствие значимых краевых диссекций

Ячейки стента являются гиперэхогенными структурами (с ярким свечением) в виде полос, расположенных вдоль стенки сосуда и дающих акустическую тень. Аппозиция стента — это расположение балок стента относительно стенки артерии.

**Мальаппозиция стента** определяется как неполное прилегание балок стента к стенкам сосуда. При этом между гиперэхогенными балками стента и стенкой сосуда будет определяться сигнал тока крови.

**Минимальная площадь раскрытия стента** — это площадь внутри наименее раскрытого участка стента. Оптимальным считается раскрытие стента более чем на 90% относительно площади просвета сосуда в дистальном референсном сегменте. Процент раскрытия стента рассчитывается как отношение минимальной площади раскрытия стента к **площади просвета** референсного сегмента.

**Диссекция** визуализируется как надрыв интимы стенки сосуда с затеком крови. Значимость диссекции определяется её глубиной (затрагивает ли диссекция интиму/медию), протяженностью по окружности (более или менее 60 градусов), протяженностью по длине (более или менее 5 мм) и остаточной площадью просвета сосуда.

## СОВЕТ

*В ряде публикаций рекомендованным значением минимальной площади раскрытия стента является показатель более 5,5 мм<sup>2</sup>. Эта площадь раскрытия стента в некоторых исследованиях была ассоциирована с достоверно более высокой частотой неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. Однако именно раскрытие более чем на 90% является целью при выполнении чрескожного коронарного вмешательства под контролем внутрисосудистого ультразвука. Это связано с тем, что при расчете должной площади просвета сосуда в зависимости от его диаметра, показатель площади просвета 5,5 мм<sup>2</sup> соответствует артерии размером 2,6 мм. Следовательно, эта площадь в артерии диаметром 4 мм будет приводить к раскрытию стента лишь на 44%. Для оценки площади раскрытия стента при протяженном поражении или в проксимальных сегментах артерии в качестве референсного сегмента выбирается участок артерии с хорошим раскрытием стента, **наиболее близкий** к исследуемому сегменту. Так, оценка раскрытия стента в стволе левой коронарной артерии должна производиться относительно дистального отдела ствола или устья передней нисходящей артерии.*

Диссекции, занимающие более 60 градусов по окружности, длиной более 5 мм и вовлекающие медию требуют дополнительного стентирования. Также диссекция коронарной артерии на ВСУЗИ может визуализироваться как внутривенечная гематома — карман из интимы с эхо-сигналом крови внутри. В таком случае решение о необходимости стентирования принимается в зависимости от того, насколько гематома сдавливает просвет сосуда. При выраженной диссекции и прохождении проводника в ложном просвете, истинный просвет будет отличаться наличием трехслойной структуры стенки сосуда (визуализируется наружная эластическая мембрана и комплекс интима-медиа), тогда как ложной просвет будет находиться снаружи от наружной эластической мембраны и будет содержать эхо-сигнал крови.

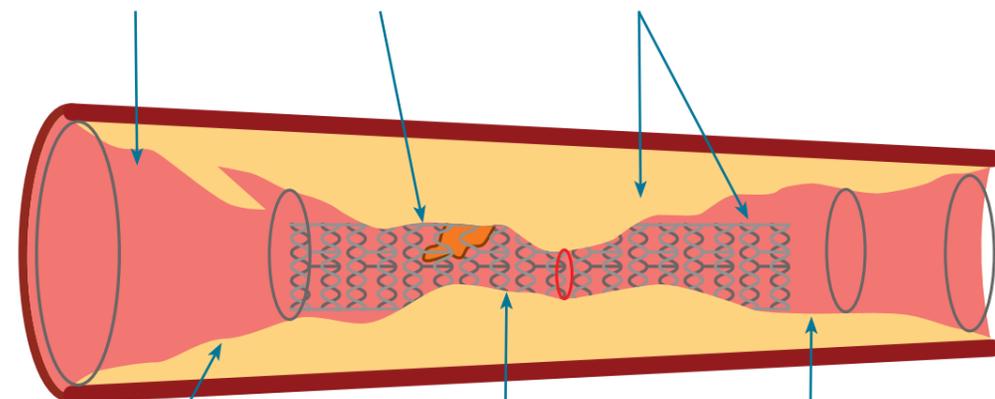
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Оценка результатов стентирования

Диссекция (более 60 градусов, с захватом меди, более 5 мм длиной)

Наличие выраженной протрузии

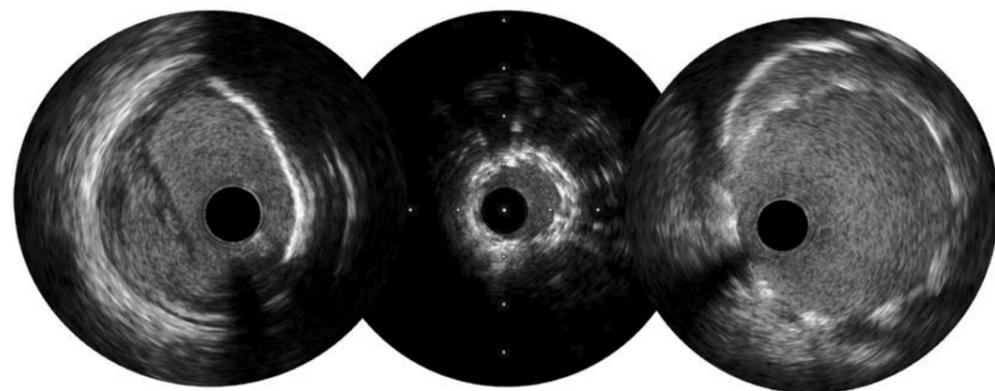
Мальаппозиция (расстояния между стратами стента и стенкой сосуда более 0,4 мм и протяженностью более 1 мм)



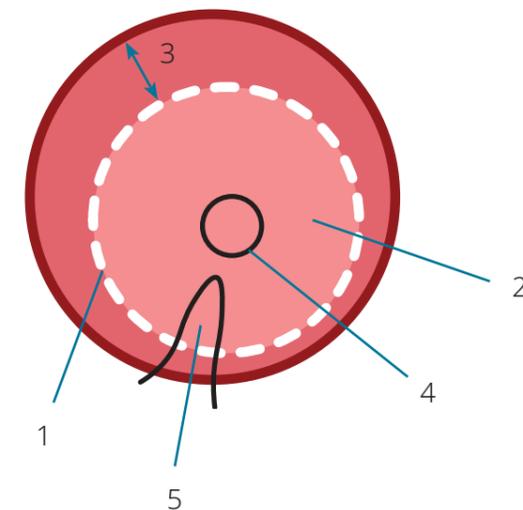
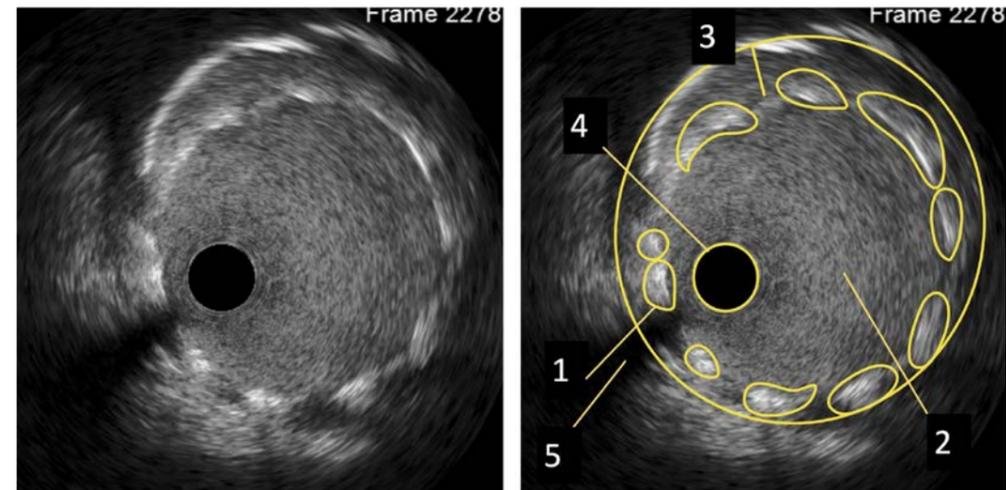
Дистальный референсный сегмент

Раскрытие стента менее 90% относительно дистального референсного сегмента

Проксимальный референсный сегмент



## Оценка результатов стентирования: мальаппозиция

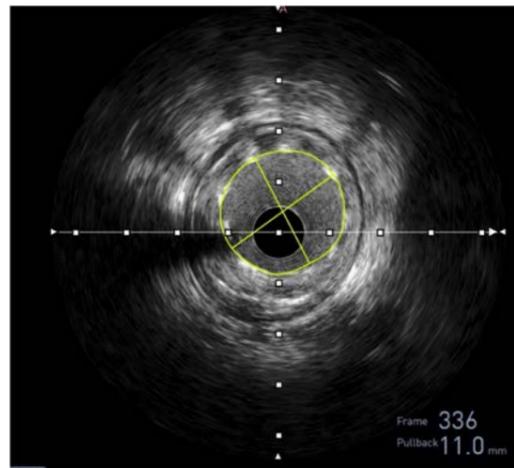


- 1. Страты стента
- 2. Просвет сосуда
- 3. Расстояние между стентом и стенкой сосуда

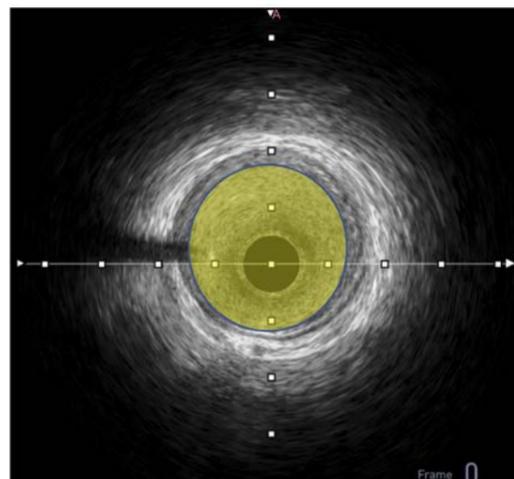
- 4. Датчик
- 5. Тень от проводника

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Оценка результатов стентирования:  
недораскрытие



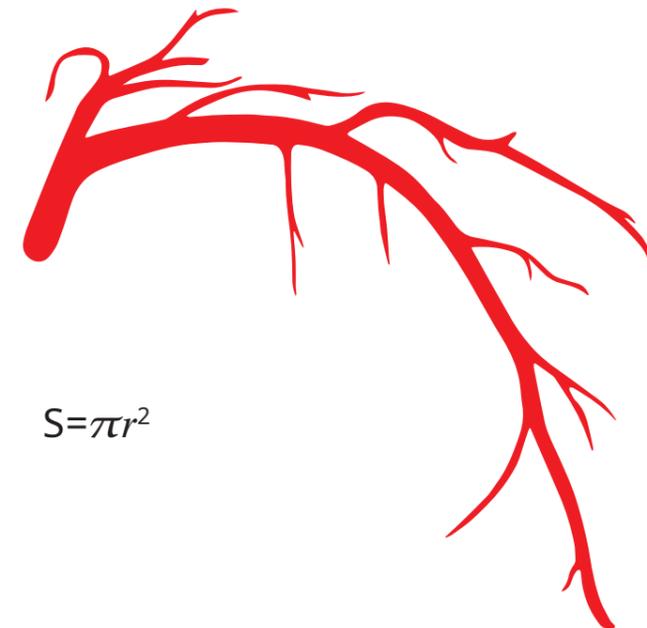
Минимальная площадь  
в стенте = 4,6 мм<sup>2</sup>



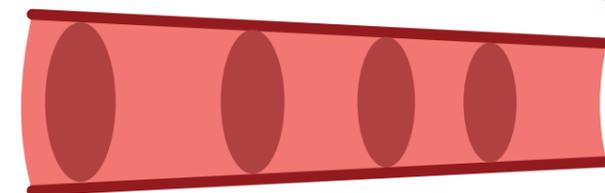
Площадь просвета  
в дистальном референсном  
сегменте = 6,4 мм<sup>2</sup>

Процент раскрытия  
стента = Минимальная  
площадь в стенте/площадь  
просвета в дистальном  
референсном сегменте =  
4,6 мм<sup>2</sup>/6,4 мм<sup>2</sup> = 71%

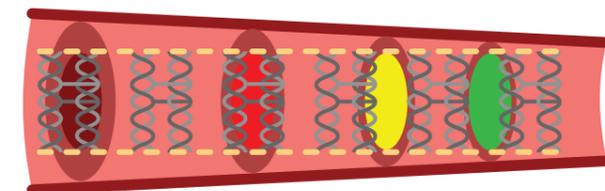
Оценка результатов стентирования:  
недораскрытие



$$S = \pi r^2$$



4 мм	3,5 мм	3 мм	2,6 мм
12,5 мм <sup>2</sup>	9,6 мм <sup>2</sup>	7 мм <sup>2</sup>	5,5 мм <sup>2</sup>

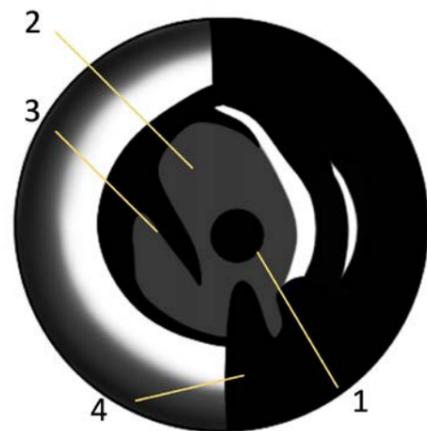
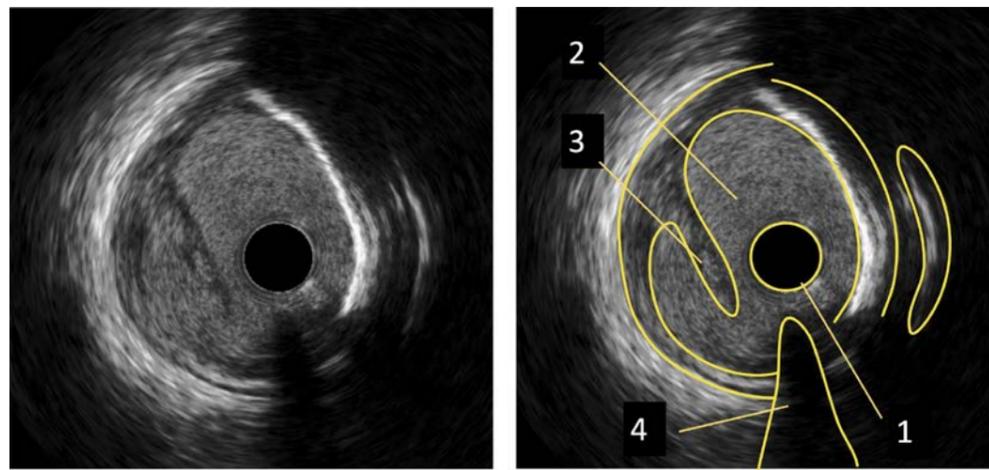


4 мм	3,5 мм	3 мм	2,6 мм
12,5 мм <sup>2</sup>	9,6 мм <sup>2</sup>	7 мм <sup>2</sup>	5,5 мм <sup>2</sup>

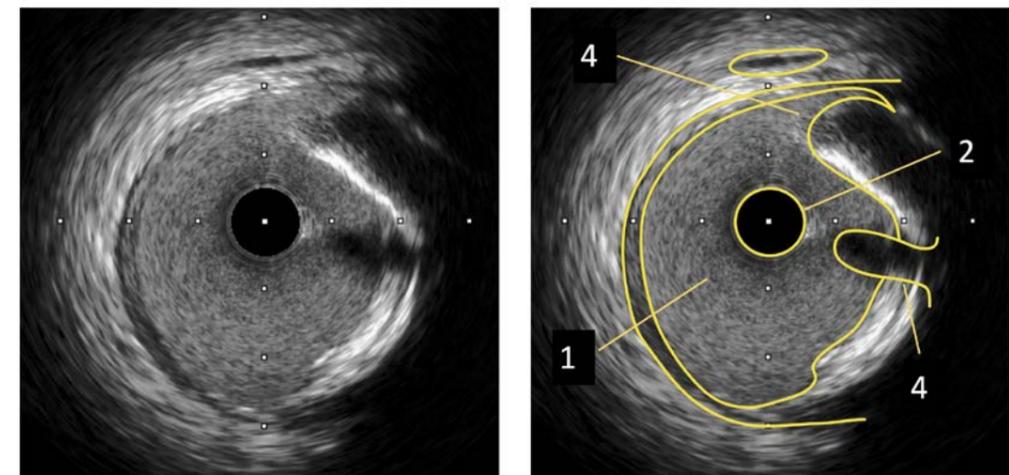
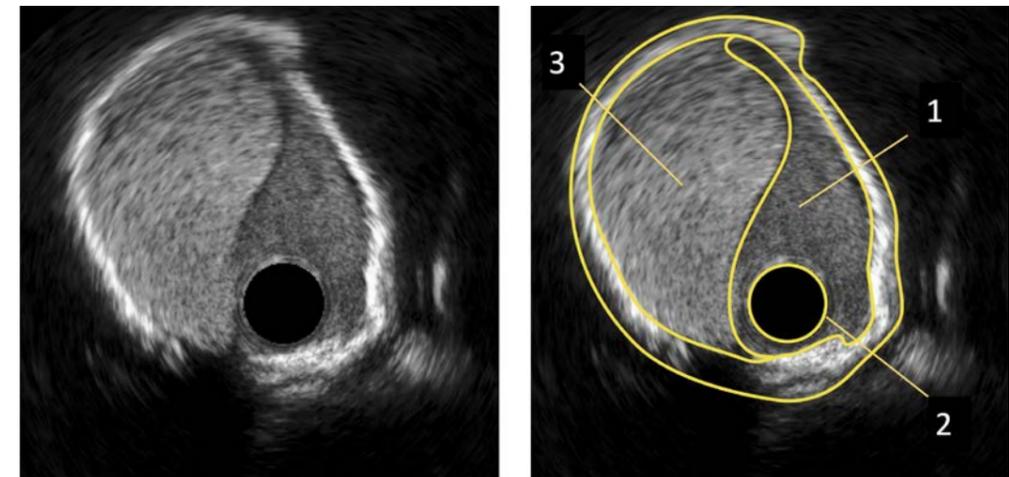
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Оценка результатов стентирования:  
диссекция

Оценка результатов  
стентирования: диссекция



1. Датчик
2. Просвет сосуда
3. Лепесток интимы сосуда
4. Тень от проводника



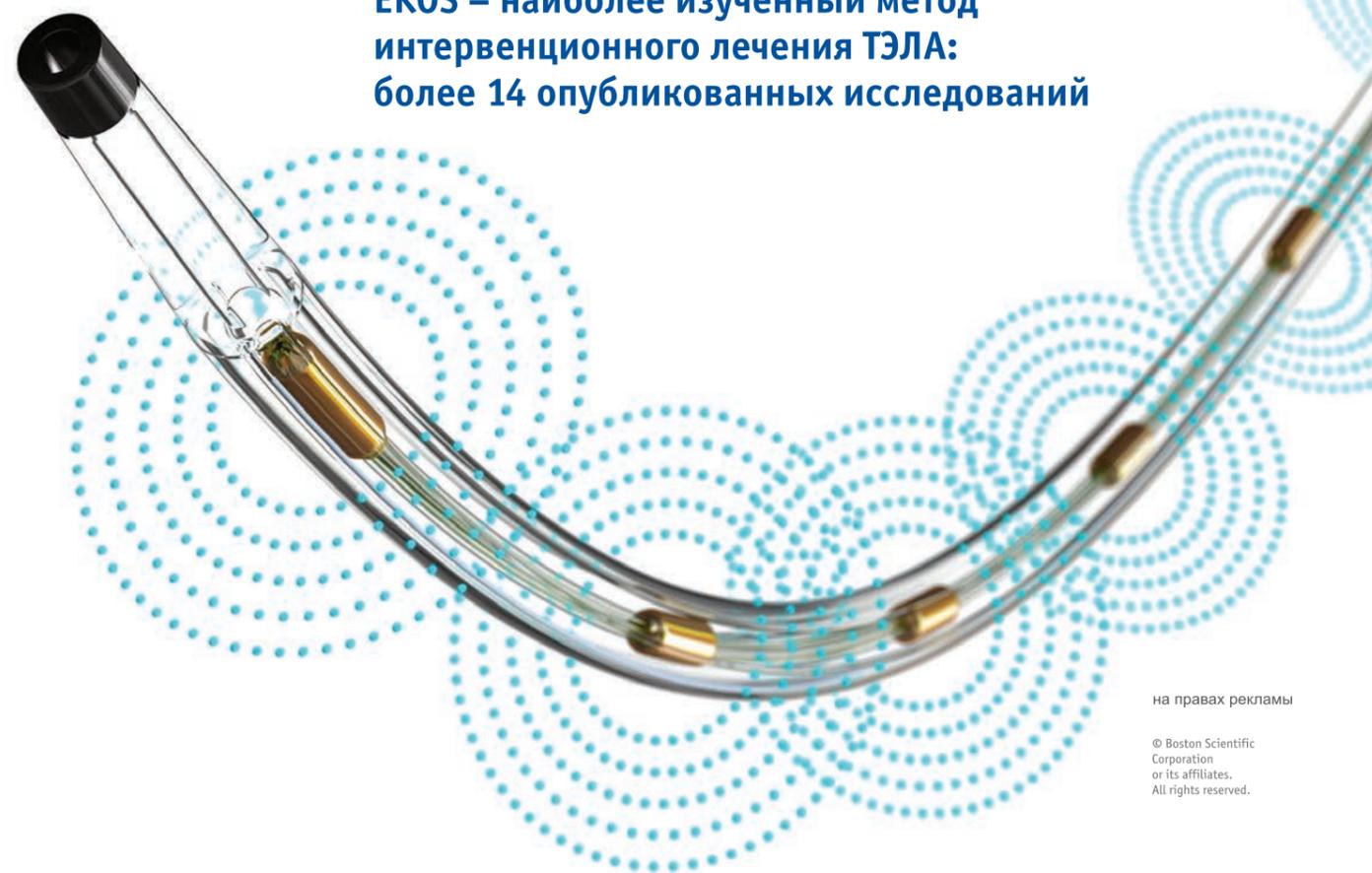
1. Просвет сосуда
2. Датчик
3. Субинтимальная гематома
4. Тень от проводника

5. Надрыв интимы
6. Сосуд в месте мышечного мостика в систолу



- Низкая доза фибринолитика
- Низкий риск кровотечения
- Малая травматичность

**EKOS – наиболее изученный метод интервенционного лечения ТЭЛА: более 14 опубликованных исследований**



на правах рекламы

© Boston Scientific Corporation or its affiliates. All rights reserved.

**Cardiomedics**

ООО «Кардиомедикс»: 101000, Россия, Москва, Покровский бульвар, д. 4/17, офис 40.  
Телефон +7 495 935 8471. Факс +7 495 935 8472. info@cardiomedics.ru; www.cardiomedics.ru

## Артефакты на внутрисосудистом ультразвуковом исследовании

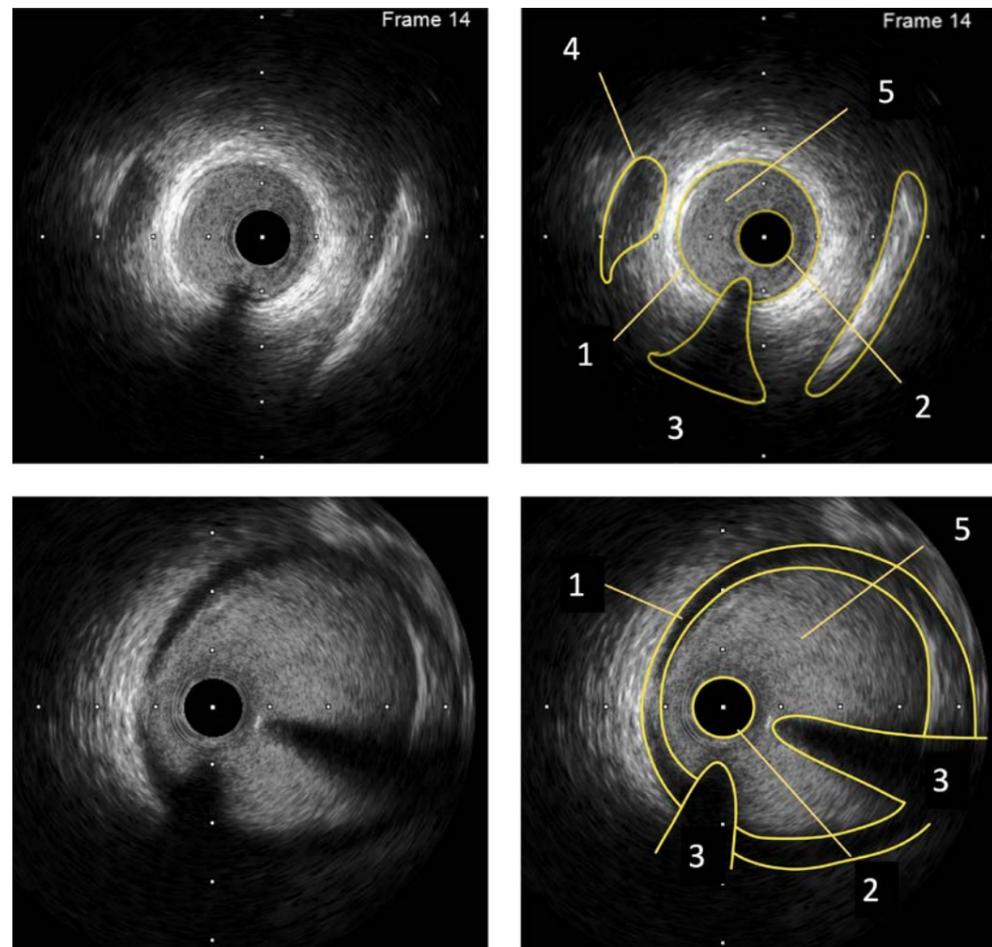
Наиболее частым артефактом, который встречается на ВСУЗИ, является тень от проводника. Она визуализируется как небольшая гиперэхогенная структура с тенью, расположенная вблизи датчика. Датчик внутрисосудистого ультразвука может быть заведен в артерию с несколькими проводниками. В таком случае на изображении будет визуализироваться несколько таких артефактов.

Тёмное изображение при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании говорит о наличии пузырьков воздуха в катетере. Для появления изображения ВСУЗИ в такой ситуации датчик необходимо извлечь и промыть физиологическим раствором. Промывка катетера внутри артерии выглядит как множественные тени, отходящие от датчика, во время введения физиологического раствора. Промывка катетера внутри артерии не рекомендуется в связи с риском воздушной эмболии.

NURD-эффект — артефакт, связанный со смазыванием изображения во время протяжки датчика. Визуализируется как линейное циркулярное размытие стенки сосуда (осцилляции) по одному из контуров артерии. Может возникать при перегибе датчика, при выраженной извитости артерии, слишком тугом закрытии гемостатического клапана [26].

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

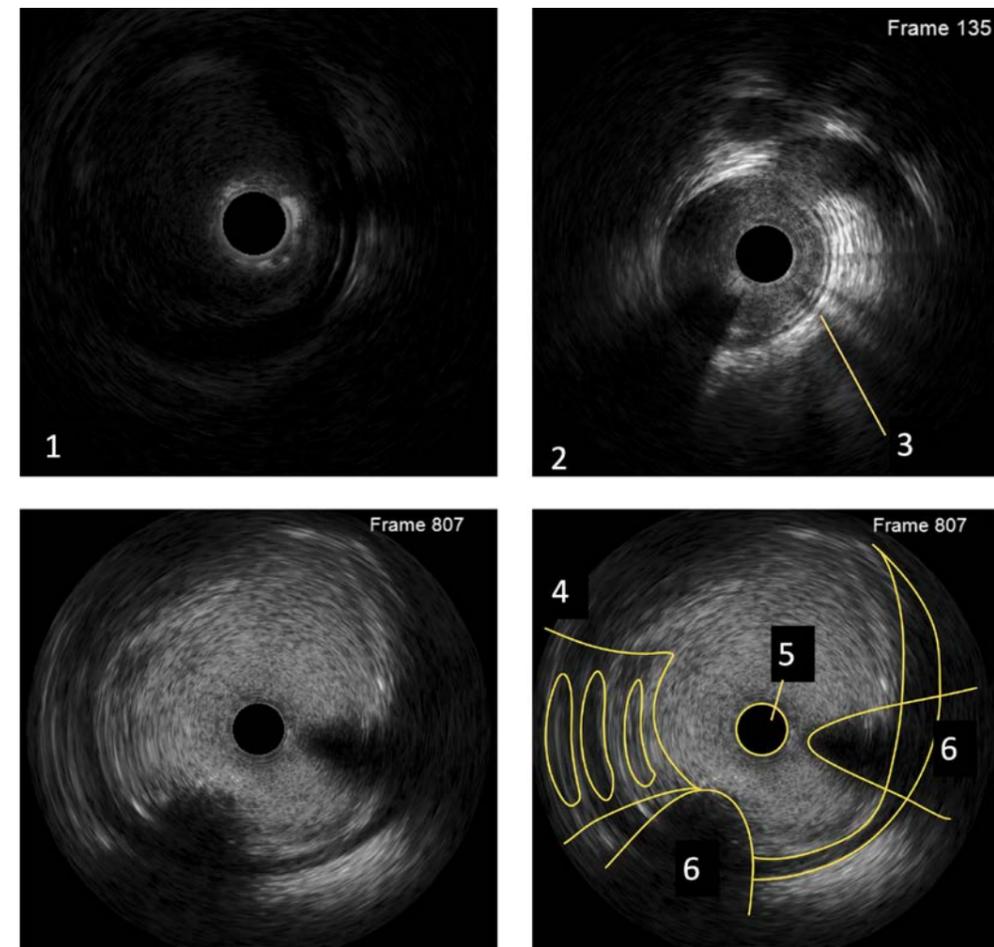
## Артефакты на ВСУЗИ



1. Наружная эластическая мембрана
2. Датчик

3. Тень от проводника
4. Вена
5. Просвет сосуда

## Артефакты на ВСУЗИ



1. Изображение при наличии воздуха в датчике
2. Артефакты промывки катетера физиологическим раствором

3. Тень от пузырьков воздуха
4. NURD-артефакт
5. Датчик
6. Тень от проводника

## iLab™ Polaris™

мульти-модальная система  
внутрисосудистой визуализации  
и физиологической оценки  
коронарного кровотока



**FFR Link**  
модуль обработки  
сигналов ФРК

# Чрескожное коронарное вмешательство с использованием внутрисосудистого ультразвукового исследования шаг за шагом

На каждом этапе чрескожного коронарного вмешательства ВСУЗИ дает важную информацию, которая позволяет максимально оптимизировать результаты стентирования.

Выполнение внутрисосудистого ультразвука должно производиться в начале вмешательства для оценки морфологии бляшки, референсных сегментов и длины поражения, в процессе вмешательства для оценки результатов подготовки поражения и промежуточных результатов стентирования, и обязательно в конце для итоговой оценки результатов стентирования.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Частные случаи применения внутрисосудистого ультразвукового исследования.

### Кальцинированные поражения

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование — метод, который с высокой точностью позволяет определить объем кальциноза коронарных артерий и на основании полученных данных изменить стратегию эндоваскулярного лечения.

Кальцинированные атеросклеротические бляшки на ВСУЗИ визуализируются как яркие гиперэхогенные включения с объемной черной акустической тенью.

В зависимости от толщины кальциноза на изображении может присутствовать как однородная тень, так и частичное проникновение эхо-сигнала (реверберации). Наличие ревербераций может быть косвенным признаком небольшой толщины кальция, однако это не всегда свидетельствует о возможности модификации кальцинированного поражения с применением обычной преддилатации баллонным катетером. Для оценки объема кальцинированного поражения по ВСУЗИ используется шкала calcium score.

При этом учитываются такие параметры, как дуга кальциноза по окружности, протяженность кальцинированного сегмента, диаметр артерии и наличие кальциевого узла.

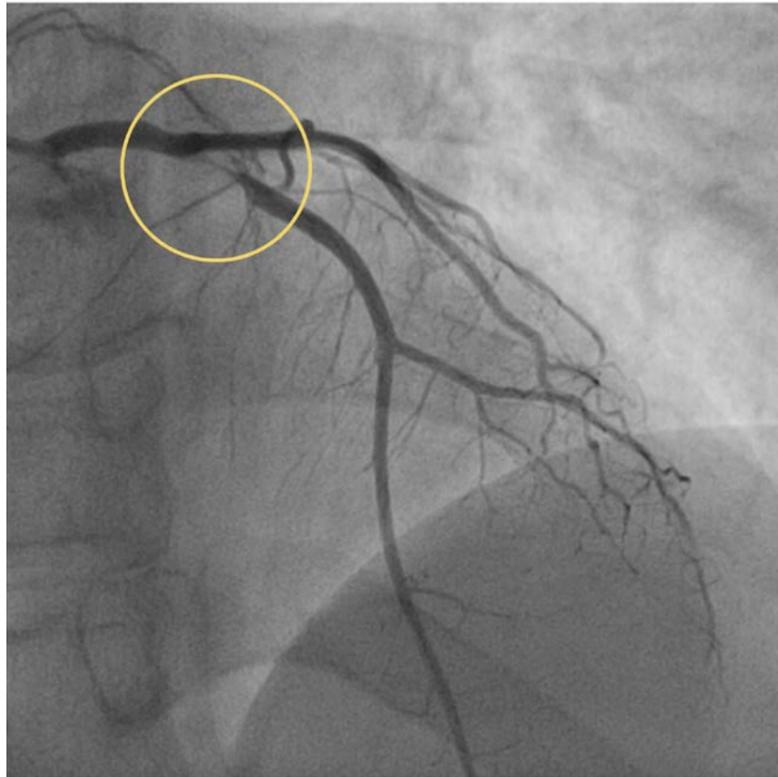
Адекватная подготовка поражения при кальцинированных атеросклеротических бляшках — единственная возможность достижения адекватного раскрытия стента и снижения неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в отдаленном периоде. Коронарография не может дать достаточную оценку выраженности кальцинированного поражения, в связи с чем прямое стентирование у пациентов с подозрением на на-

личие кальциноза коронарных артерий не рекомендовано. При высоком кальциевом индексе (кальций больше 270 градусов, циркулярный кальций, кальциевый узел, протяженность кальциноза более 5 мм) для подготовки поражения рекомендовано применение различных методик модификации кальция (эндоваскулярная литотрипсия и/или ротационная атерэктомия) до имплантации стента. Также методики модификации кальция следует рассмотреть в ситуациях, когда дилатация некомплаентного баллона высоким давлением приводит к асимметричному расправлению кальция с формированием феномена «собачьей косточки», поскольку более агрессивная дилатация в такой ситуации приводит к низкому процедуральному успеху при повышении рисков осложнений (например, перфорация). Для подготовки проксимальных и аорто-устьевых поражений при достаточной площади просвета сосуда и для дополнительного раскрытия стента и достижения оптимальной минимальной площади просвета сосуда рекомендуется применение режущих баллонов и баллонов высокого и ультравысокого давления, в том числе после методик модификации кальция (ротационная атерэктомия, орбитальная атерэктомия, эндоваскулярная литотрипсия).

### СОВЕТ

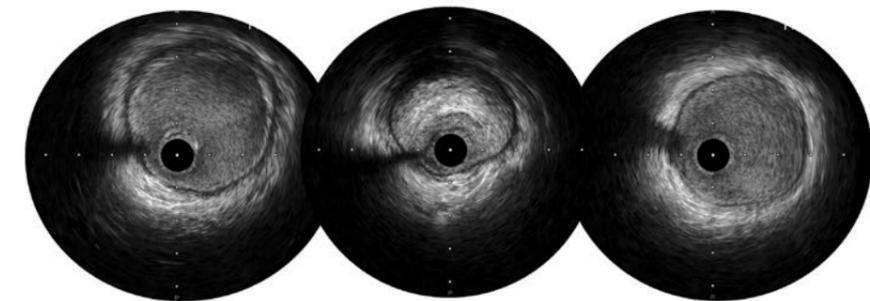
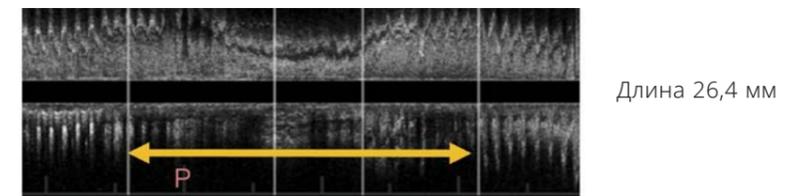
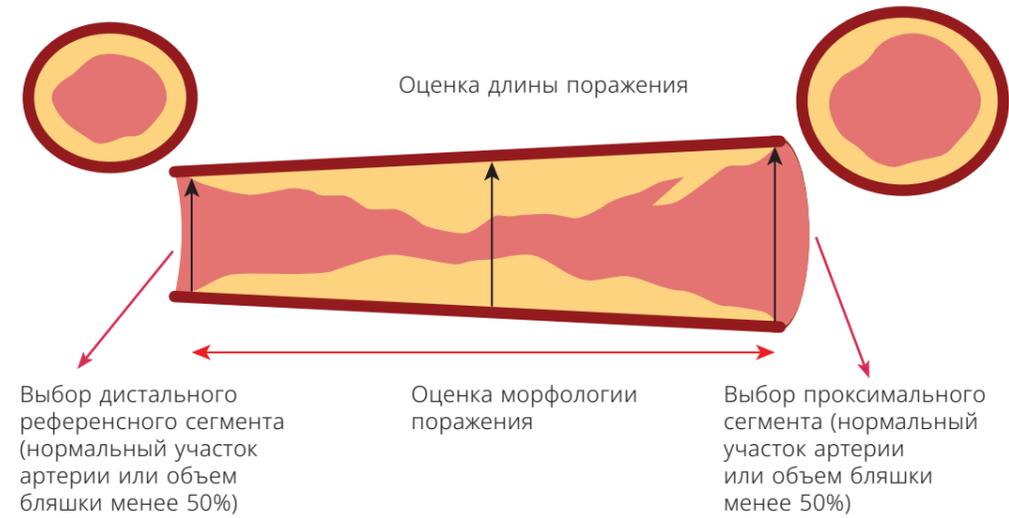
*При работе с кальцинированными поражениями коронарных артерий и применением внутрисосудистой визуализации важно проводить промежуточную оценку результатов модификации для более эффективного достижения оптимального результата стентирования. Критерием оптимальной модификации кальцинированного поражения является появление надломов на покрышке бляшки с пропусканием сигнала ультразвука. При отсутствии достижения этого критерия необходимо подбирать наиболее оптимальный метод для дальнейшей модификации кальция для минимизации риска недораскрытия стента и возникновения перфорации при попытках постдилатации стента.*

ЧКВ с использованием ВСУЗИ шаг за шагом



Стеноз 99% в проксимальном сегменте  
передней нисходящей артерии

ЧКВ с использованием ВСУЗИ шаг за шагом



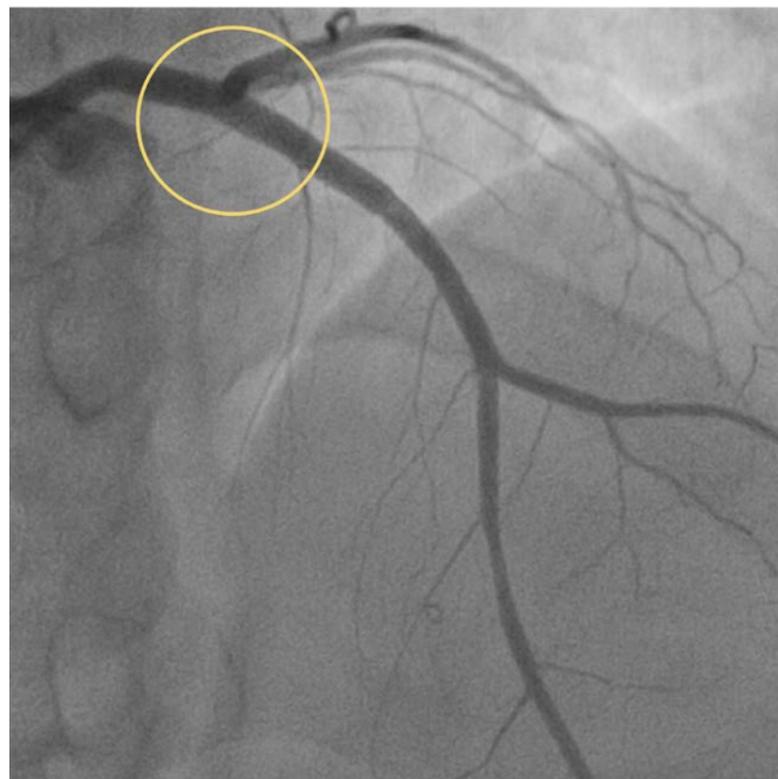
Минимальный диаметр 4,08

Фиброзная АСБ, площадь просвета 0,88 мм<sup>2</sup>

Минимальный диаметр 4,62

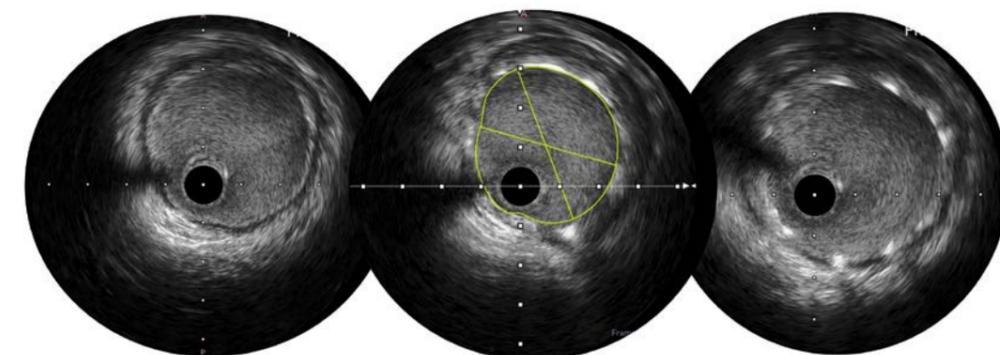
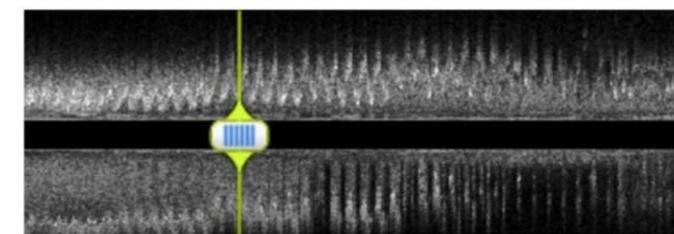
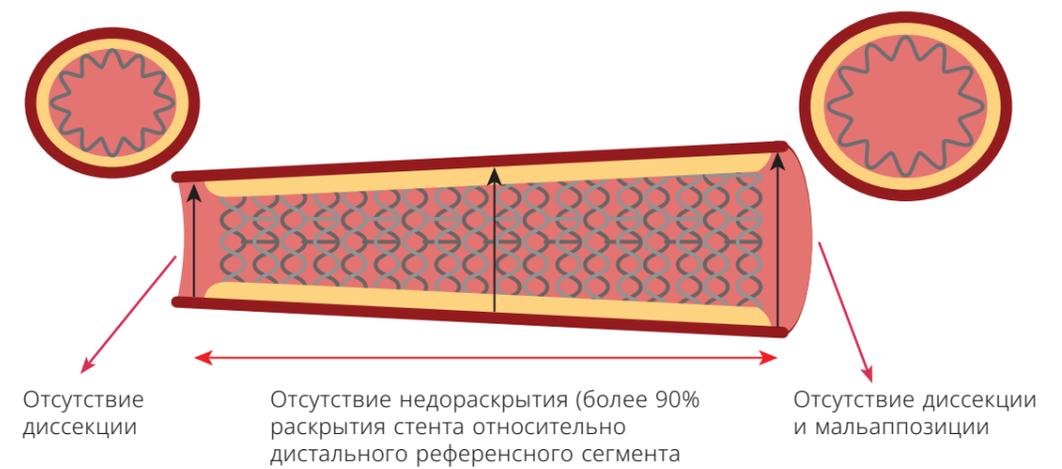
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ЧКВ с использованием ВСУЗИ шаг за шагом



- Предилатация некомплаентным баллонным катетером 4,0x20 мм
- Стент 4,0x28 мм с переходом на терминальный отдел ствола левой коронарной артерии
- Постдилатация некомплаентным баллонным катетером 4,5 мм

ЧКВ с использованием ВСУЗИ шаг за шагом



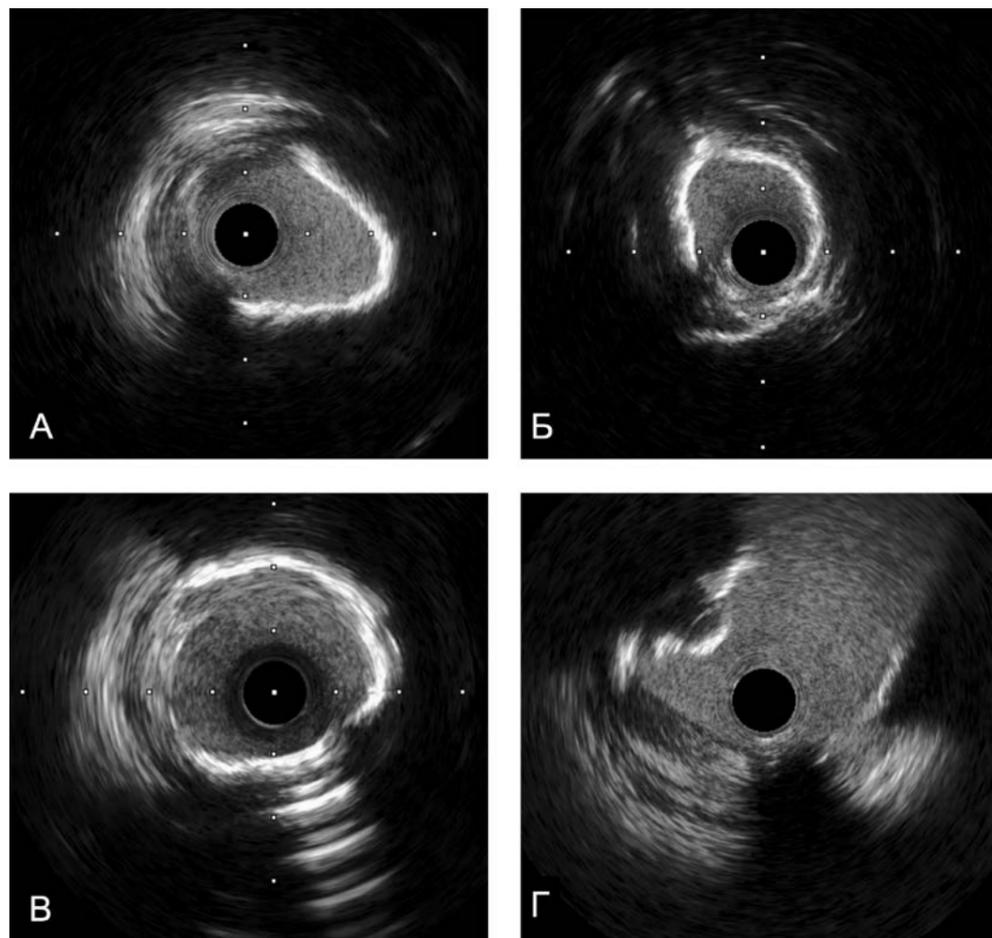
Диссекции отсутствуют, площадь просвета 11,52 мм

Минимальная площадь раскрытия стента 11,35 мм<sup>2</sup> (раскрытие 98%)

Диссекции и мальаппозиция отсутствуют

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Различные типы кальцинированных  
атеросклеротических бляшек



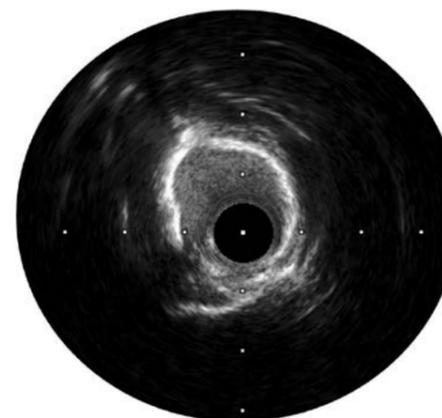
А — Кальцинированная бляшка  
(арка 270 градусов)

Б — Реверберации

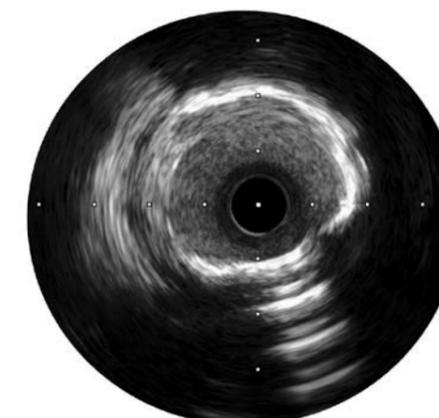
Б — Циркулярный кальций  
(арка 360 градусов)

Г — Кальциевый узел

Кальциевый индекс



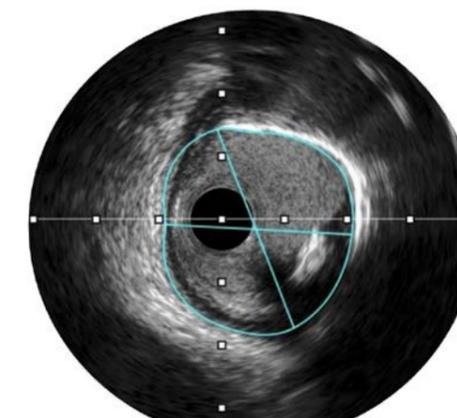
Циркулярный кальций  
(360×градусов) — 1 балл



Дуга кальция более  
(270 градусов) протяженностью  
более 5 мм — 1 балл



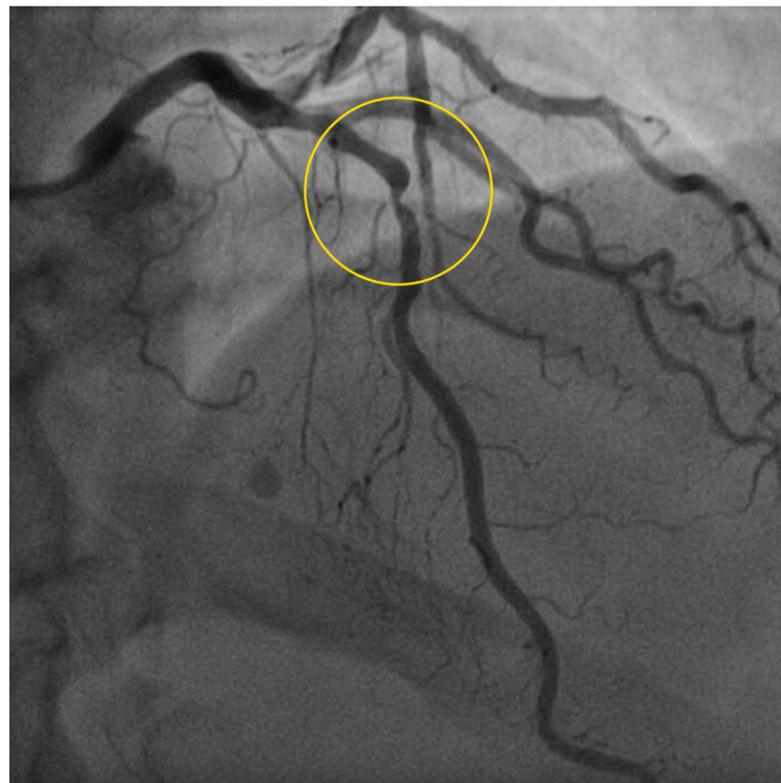
Кальциевый узел — 1 балл



Диаметр артерии  
менее 3,5 мм — 1 балл

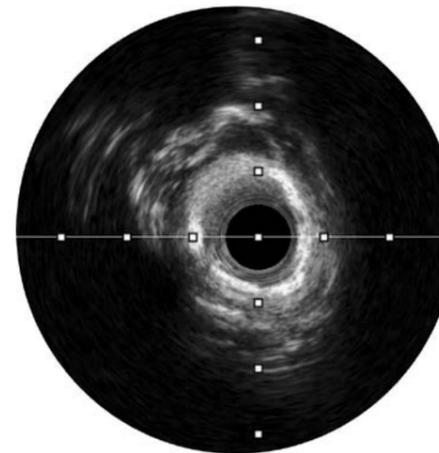
При кальциевом индексе более 2 баллов рекомендуется рассмотреть дополнительные методы модификации кальцинированных поражений (ротационная атерэктомия, орбитальная атерэктомия, литотрипсия)

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай

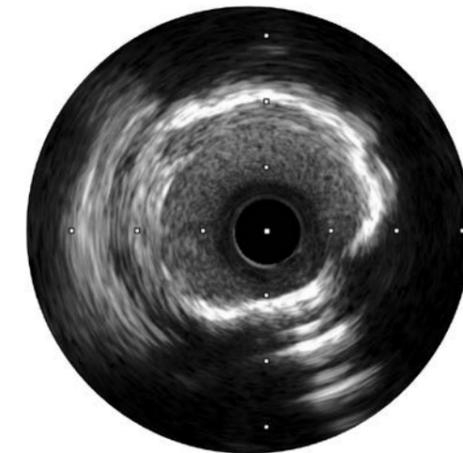


Стеноз 90% в среднем сегменте  
передней нисходящей артерии

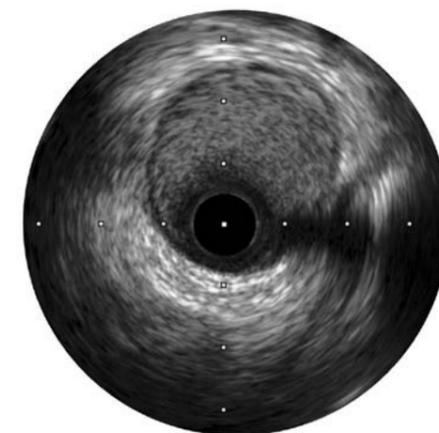
ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



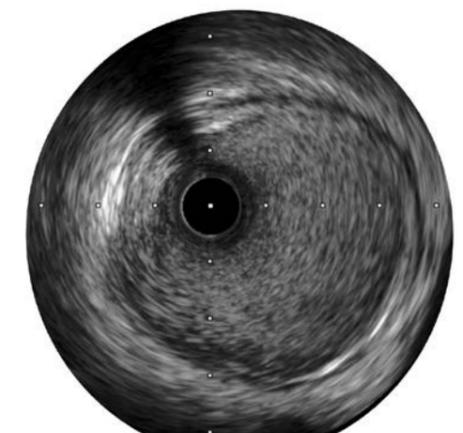
Кальцинированная АСБ, арка  
кальция более 270 градусов



Проксимальный сегмент  
в месте отхождения крупной  
диагональной артерии



Минимальный диаметр 3,53

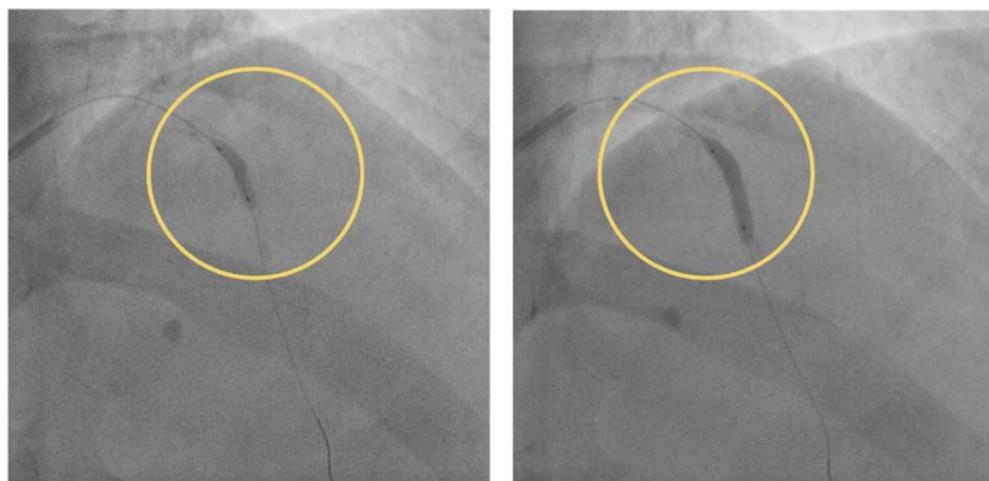


Минимальный диаметр 4,67

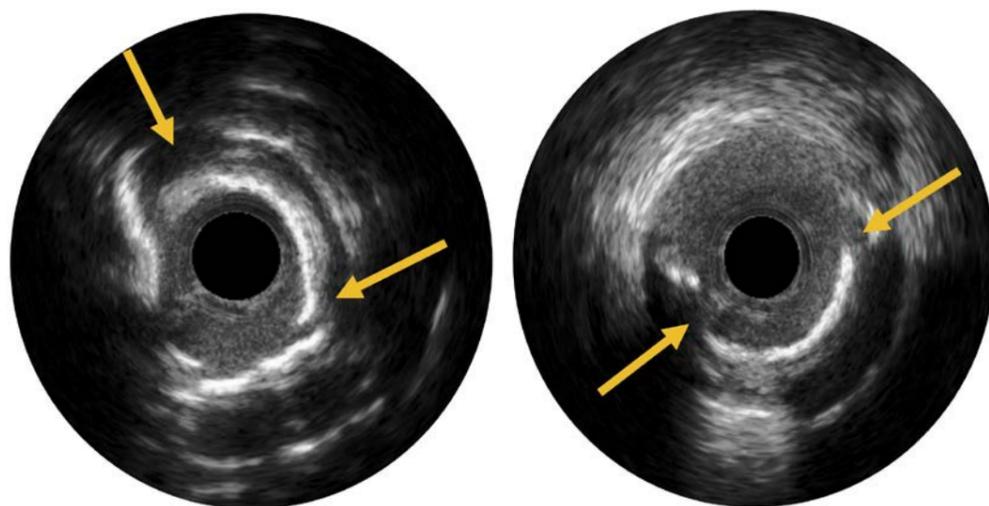
Индекс кальция — 1 балл — предилатация  
некомплаентным баллоном размером 1:1 к артерии

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



Раскрытие баллонных катетеров на давлении  
18 атмосферы и 24 атмосферы



Надломы кальция как результат  
достаточной подготовки поражения

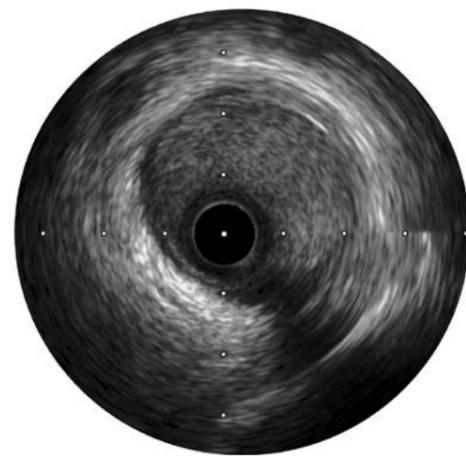
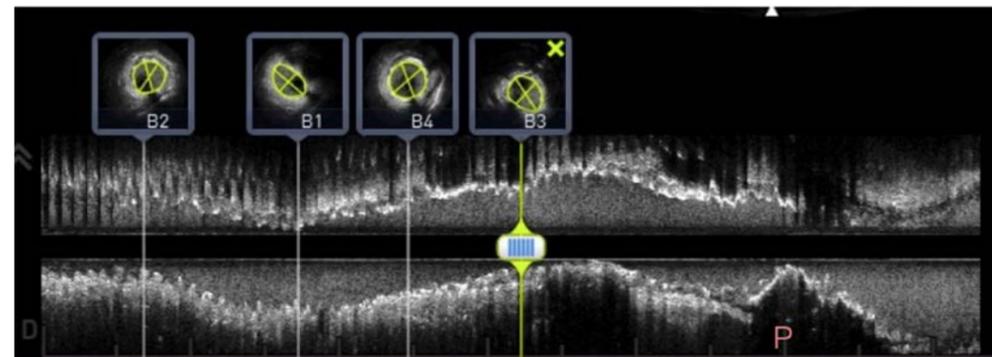
ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



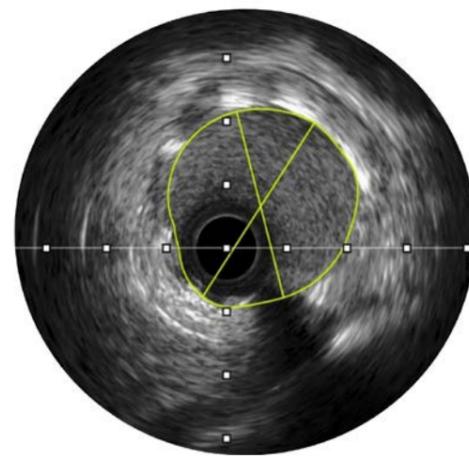
- Результат имплантации стента  
4,0x48 мм, давлением 20 атмосфер
- Краевые диссекции отсутствуют
- Мальаппозиция отсутствует

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай

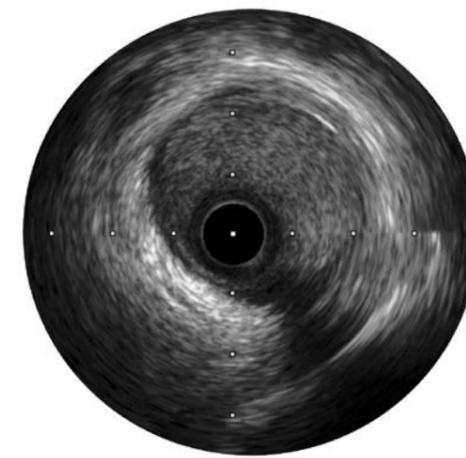
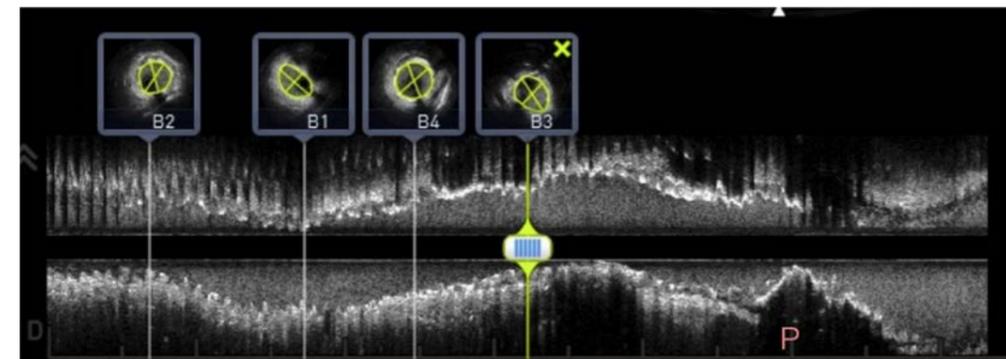


Площадь дистального  
референсного сегмента  
8,24 мм<sup>2</sup>

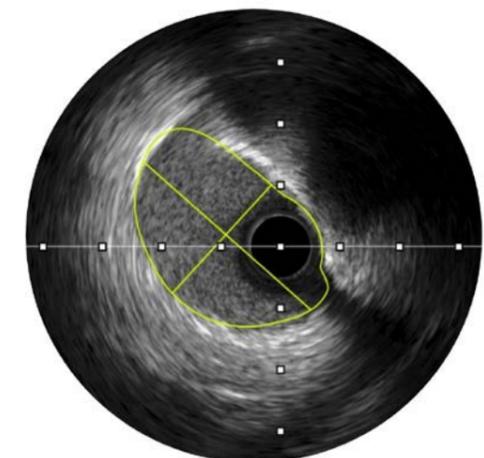


Площадь раскрытия стента  
в дистальном сегменте  
7,68 мм<sup>2</sup> (93%) (B2)

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



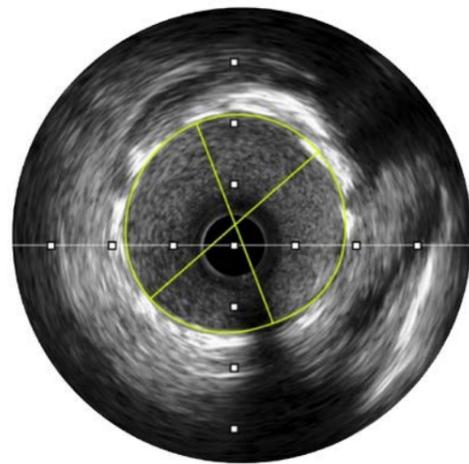
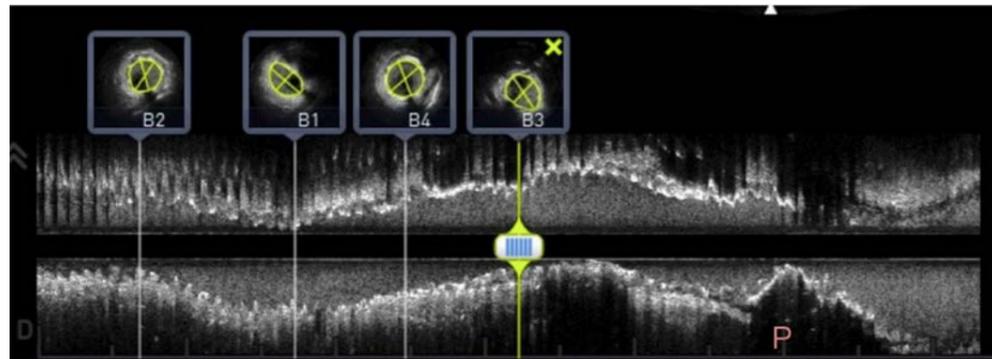
Площадь дистального  
референсного сегмента  
8,24 мм<sup>2</sup>



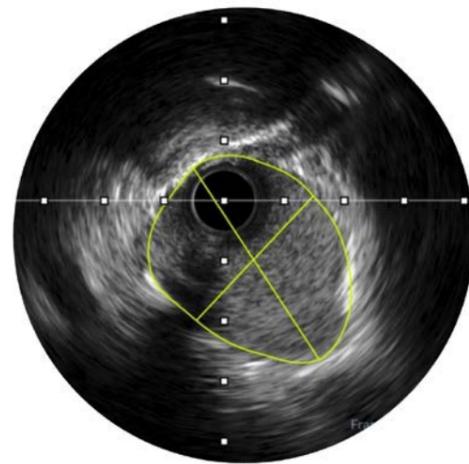
Площадь раскрытия стента  
в дистальном сегменте  
7,32 мм<sup>2</sup> (88%) (B1)

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



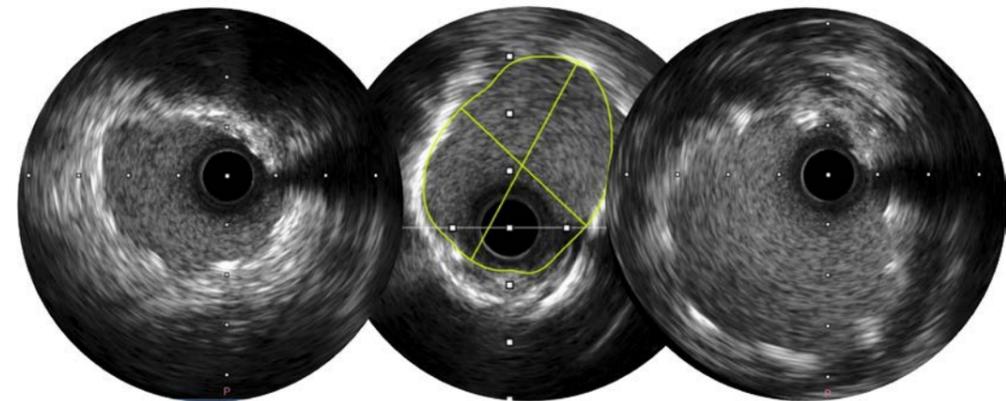
Площадь раскрытия  
стента в среднем сегменте  
10,12 мм<sup>2</sup> (100%) (B4)



Площадь раскрытия  
стента в среднем сегменте  
8,55 мм<sup>2</sup> (84%) (B3)

Постдилатация некомплаентными баллонными катетерами  
3,5x20 мм, 4,0x20 мм давлением до 26 атмосфер

ВСУЗИ при кальцинированных поражениях:  
клинический случай



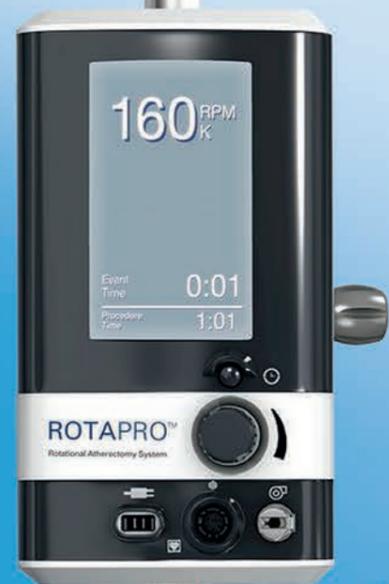
Площадь раскрытия  
стента в дистальном  
сегменте  
8,03 мм<sup>2</sup> (97%)

Площадь  
раскрытия стента  
в среднем сегменте  
9,47 мм<sup>2</sup> (93%)

Площадь  
раскрытия стента  
в проксимальном  
сегменте 15,16 мм<sup>2</sup>  
(100%)

# ROTAPRO™

Система  
ротационной атерэктомии  
для вмешательств  
на кальцинированных  
поражениях



Простая  
установка

Легкое  
применение

Надежная  
работа

## Cardiomedics

ООО «Кардиомедикс»:  
101000, Москва,  
Покровский бульвар, д. 4/17,  
стр. 1, офис 40,  
тел. +7 (495) 935 84 71  
info@cardiomedics.ru  
www.cardiomedics.ru

# Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при поражении ствола левой коронарной артерии

Поражение ствола левой коронарной артерии встречается у 4–6% пациентов, которым выполняется коронароангиография, и у 30% пациентов, направленных на операцию коронарного шунтирования. Наличие поражения ствола левой коронарной артерии, как изолированного, так и в сочетании с поражением других коронарных артерий, приводит к существенному увеличению риска жизнеугрожающих сердечно-сосудистых событий.

До 2001 года стентирование незащищенного ствола левой коронарной артерии было допустимо только в исключительных случаях, однако появление стентов с лекарственным антипролиферативным покрытием значительно расширило показания для эндоваскулярного лечения пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Основной угрозой после стентирования ствола левой коронарной артерии является возникновение тромбоза стентированного участка, поскольку в данных обстоятельствах наиболее вероятным клиническим проявлением будет не развитие инфаркта миокарда, а смерть пациента. Также одной из проблем при стентировании ствола левой коронарной артерии во всех рандомизированных клинических исследованиях была высокая частота рестенозов стента и, соответственно, повторной реваскуляризации, по сравнению с операцией коронарного шунтирования. Связано это с основными критериями неоптимального стентирования, которые можно оценить с применением внутрисосудистого ультразвука.

Ещё в 2010 году в наблюдении Oviedo и соавторов [9] было продемонстрировано, что ангиографический тип поражения ствола левой коронарной артерии в большинстве случаев не соответствует картине распространения атеросклероза при выполнении внутрисосудистой визуализации. Таким образом, выбор стратегии, основанной только на ангиографической оценке поражения, может приводить к недооценке поражения ствола левой коронарной артерии и неполному покрытию бляшки (geographical miss). Невозможность оптимального выбора зоны посадки стента на основании ангиографии связана с феноменом положительного ремоделирования, когда увеличение размера артерии в месте атеросклеротической бляшки приводит к визуализации ангиографически нормального просвета артерии, в то время как внутрисосудистое ультразвуковое исследование позволяет точно определить оптимальную зону посадки стента.

**Второй аспект**, играющий ключевое значение в улучшении отдаленных результатов стентирования ствола левой коронарной артерии — правильный подбор размера стента. Большинство исследований, посвященных сравнению результатов стентирования ствола левой коронарной артерии и операции коронарного шунтирования проводились с применением стентов первого поколения с лекарственным покрытием. Стенты первого поколения с лекарственным покрытием не только отличались большей толщиной металлического каркаса и постоянным небioresорбируемым по-

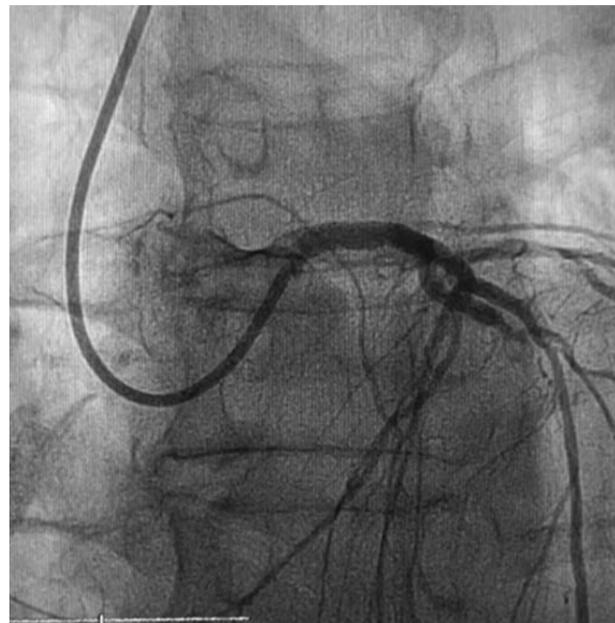
лимерным покрытием, но и имели ограниченный размерный ряд и способность к постдилатации. В связи с этим в большинстве случаев в ствол левой коронарной артерии имплантировались стенты диаметром 3,5 мм, тогда как по результатам внутрисосудистой визуализации диапазон диаметров ствола левой коронарной артерии в среднем выше 4,5 мм. Мальаппозиция в стволе левой коронарной артерии — один из ключевых факторов позднего и очень позднего тромбоза стента, возникающего в связи с отсутствием его эндотелизации после отмены двойной антиагрегантной терапии.

**Третий аспект** — оптимальное раскрытие стента в стволе левой коронарной артерии. В подгруппе с использованием внутрисосудистого ультразвука в исследовании EXCEL [27] было продемонстрировано достоверное преимущество ультразвукового контроля над ангиографическим с точки зрения снижения неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, в основном за счёт снижения частоты тромбоза стента. При этом одним из факторов возникновения сердечно-сосудистых событий у пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии было недораскрытие стента. У пациентов с минимальной площадью раскрытия стента 4,4–8,7 мм<sup>2</sup>, частота смерти составила 19,4%, тогда как в группе с минимальной площадью раскрытия стента 11–17,8 мм<sup>2</sup> — 9,6% (p=0,01), преимущественно за счет инфаркта и тромбоза стента (частота тромбоза стента 3,1% и 0%, соответственно). Таким образом, исследование чётко продемонстрировало, что рекомендованная минимальная площадь раскрытия стента более 5,5 мм<sup>2</sup> не может быть значением, применимым для всех участков коронарной артерии. Минимальная площадь раскрытия стента, которая стала отрезным значением для достоверных различий в частоте неблагоприятных событий у пациентов после стентирования ствола левой коронарной артерии в исследовании EXCEL, стала точка 9,8 мм<sup>2</sup> [28].

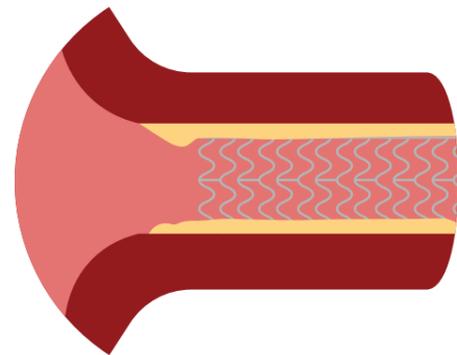
Оценка результатов стентирования в стволе левой коронарной артерии под контролем внутрисосудистого ультразвука должна учитывать все рекомендованные критерии оптимального результата, адаптированные под этот сегмент, с учётом необходимости оценки бифуркации и боковой ветви.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

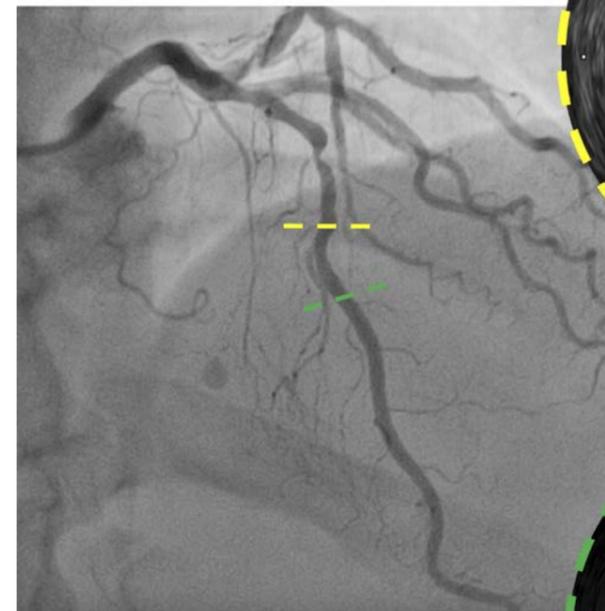
Неполное покрытие атеросклеротической бляшки —  
geographical miss



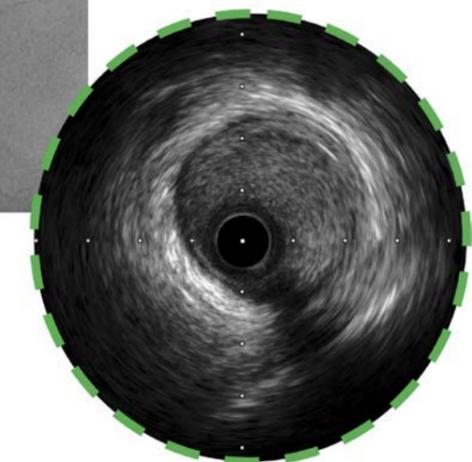
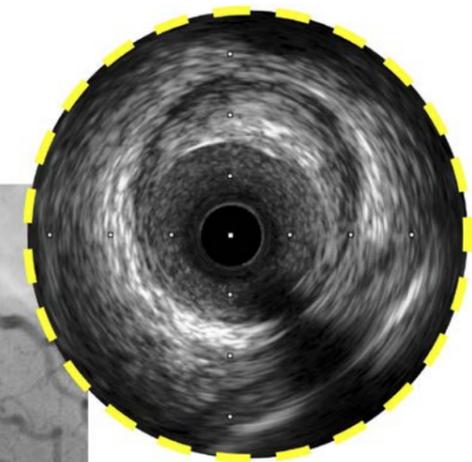
В устье ствола левой  
коронарной артерии —  
надорванная  
бляшка с липидным  
компонентом  
(неполное  
покрытие устья)



Неполное покрытие атеросклеротической бляшки —  
geographical miss: выбор референсного сегмента



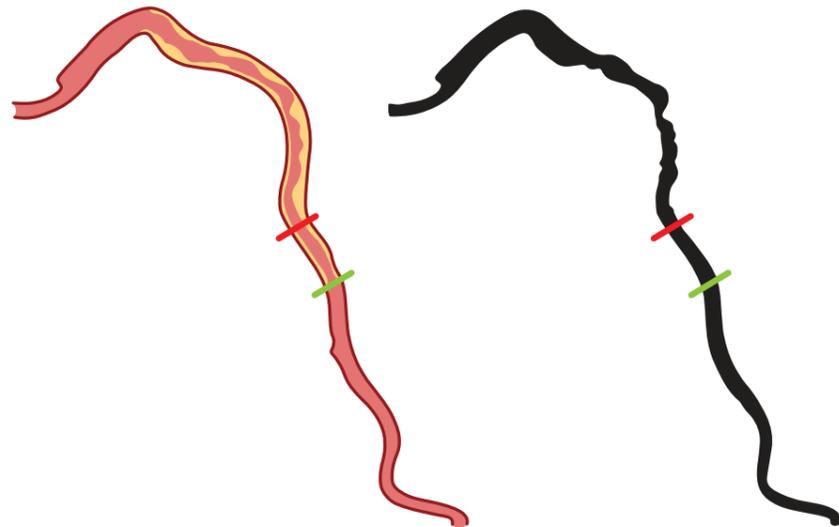
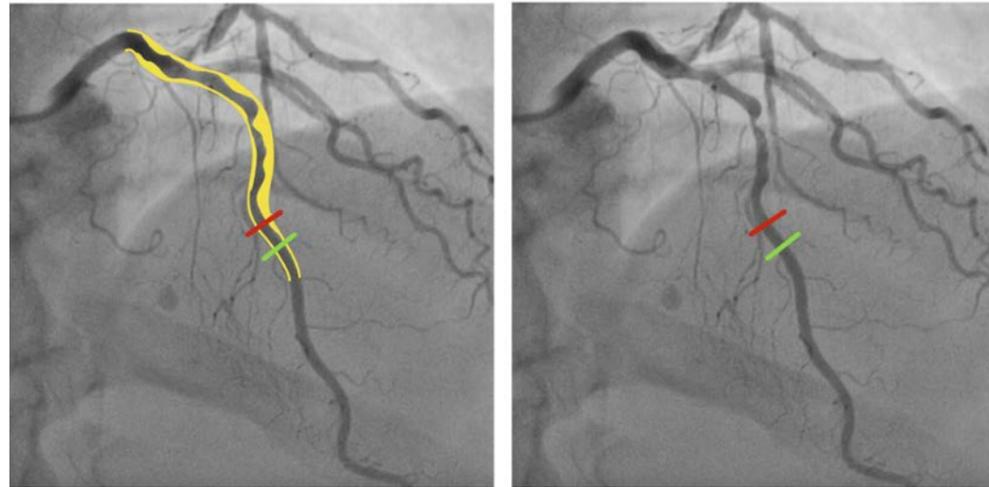
Участок  
с атеросклеротической  
бляшкой



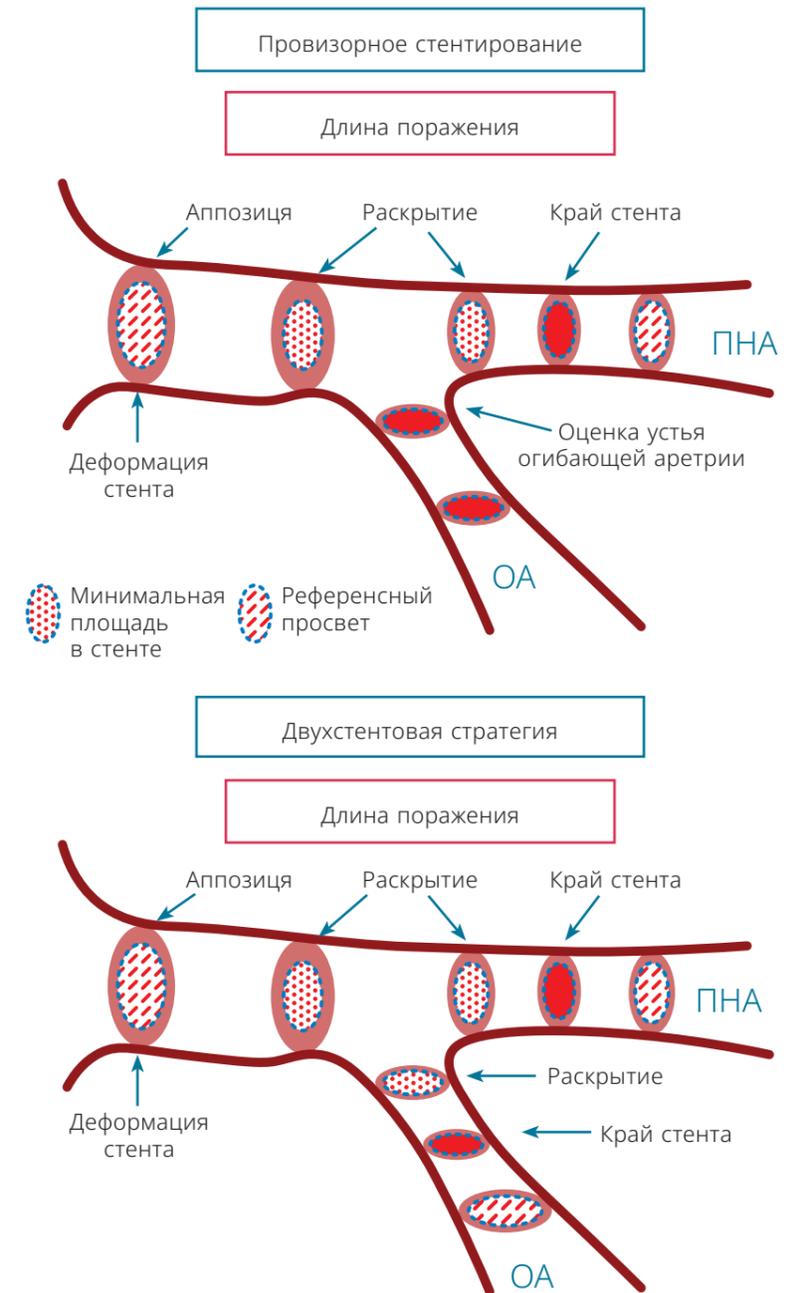
Участок  
с нормальным строением  
артерии

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Неполное покрытие атеросклеротической бляшки —  
geographical miss: выбор референсного сегмента

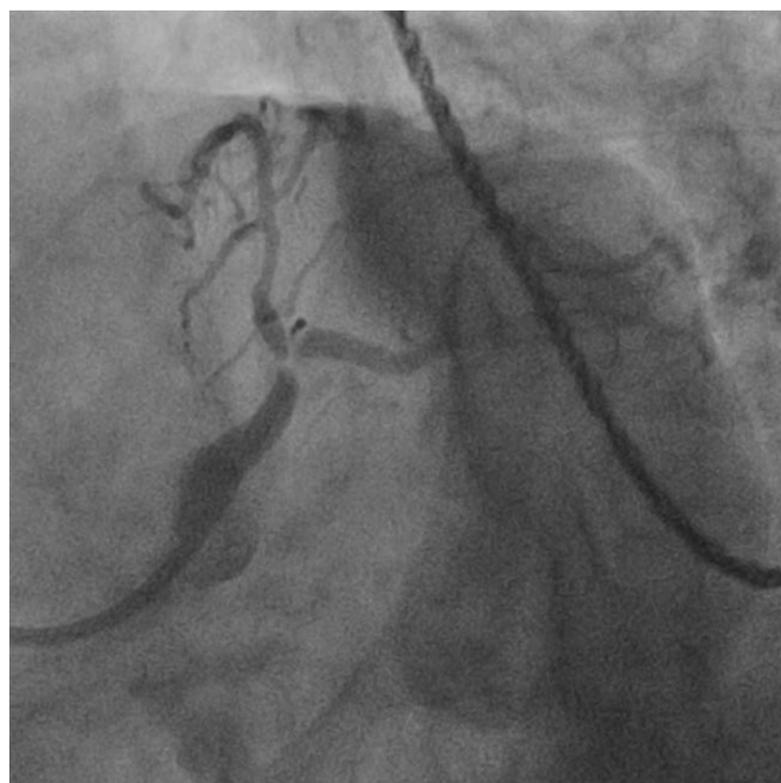


Оценка результатов стентирования в стволе  
левой коронарной артерии



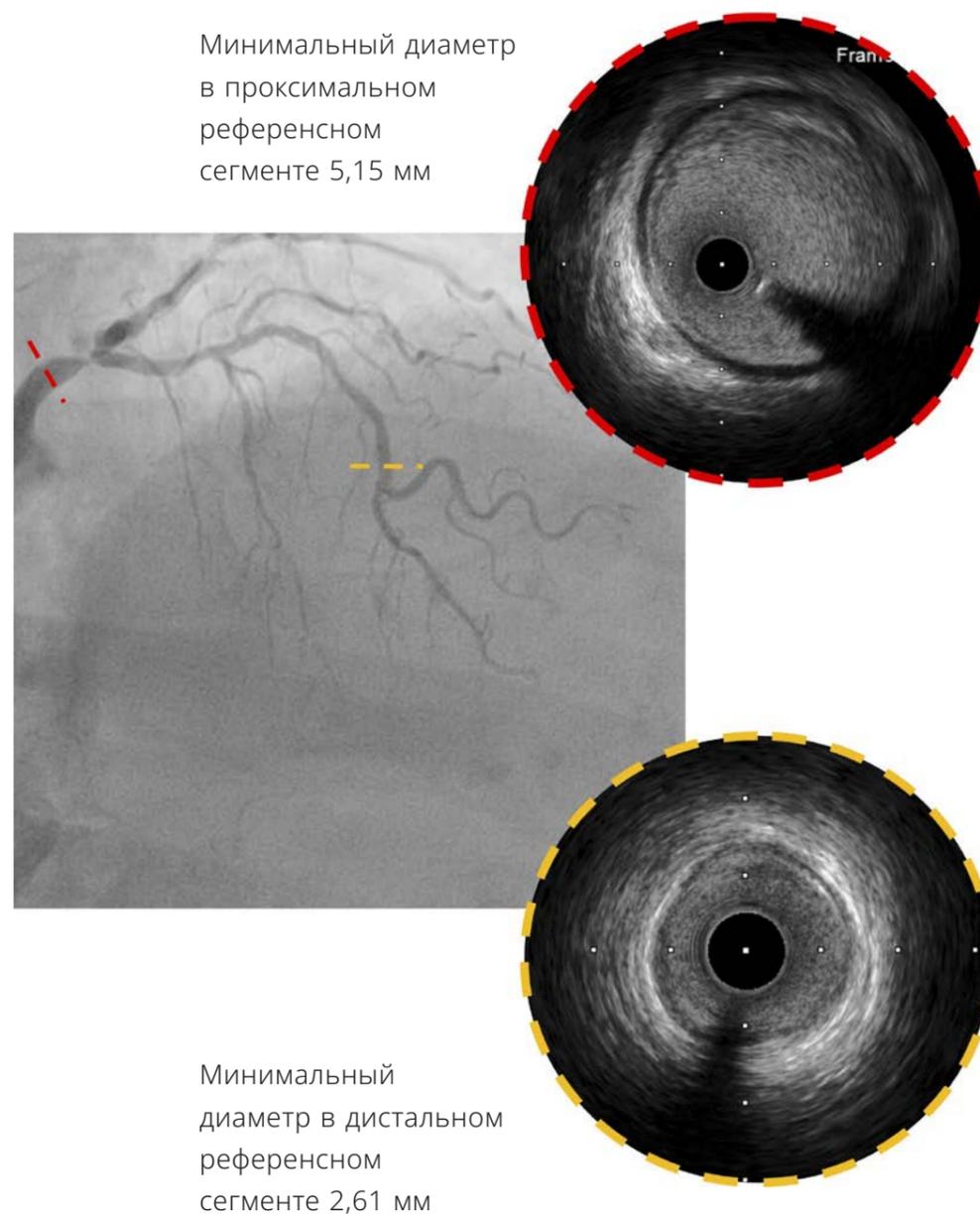
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ВСУЗИ при поражении ствола левой  
коронарной артерии: клинический случай

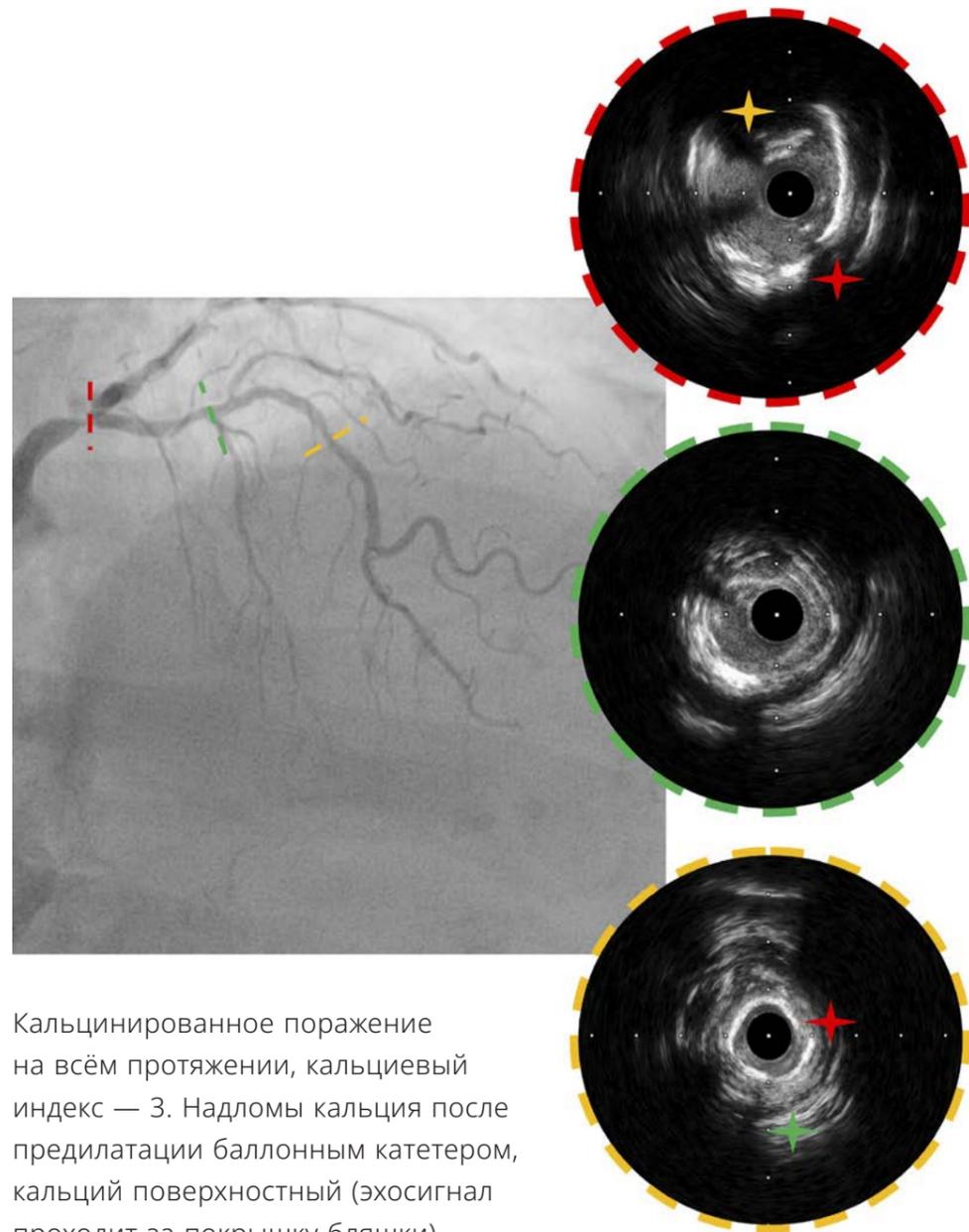


99% стеноз терминального отдела ствола левой коронарной артерии с переходом на устье передней нисходящей артерии и огибающей артерии. Для проведения катетера для внутрисосудистого ультразвука выполнена преддилатация баллонным катетером 2,5 мм

ВСУЗИ при поражении ствола левой  
коронарной артерии: клинический случай

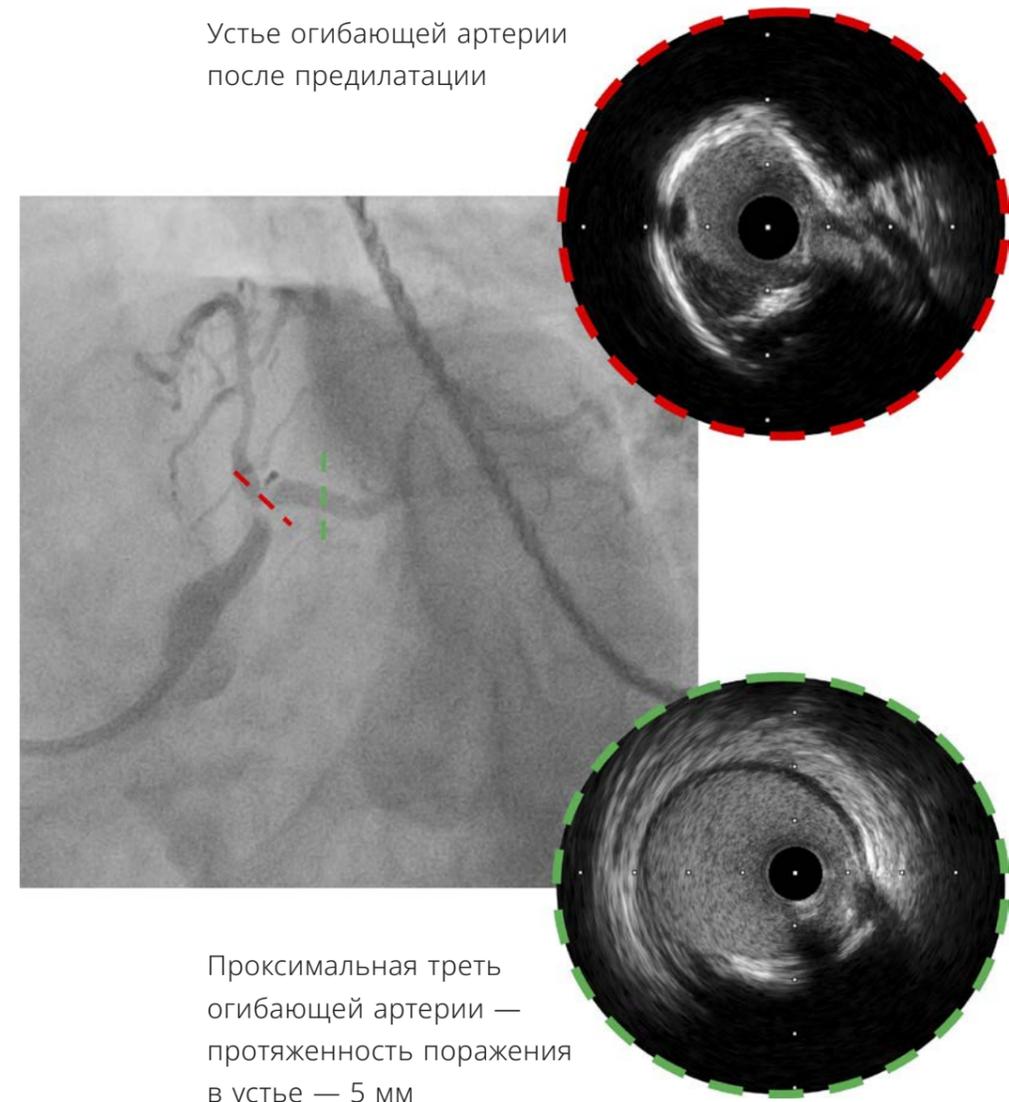


ВСУЗИ при поражении ствола левой  
коронарной артерии: клинический случай



Кальцинированное поражение  
на всём протяжении, кальциевый  
индекс — 3. Надломы кальция после  
предилатации баллонным катетером,  
кальций поверхностный (эхосигнал  
проходит за покрывку бляшки)

ВСУЗИ при поражении ствола левой  
коронарной артерии: клинический случай



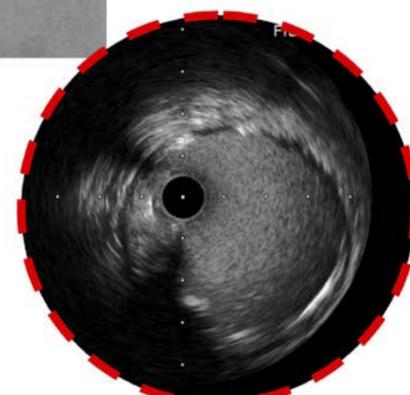
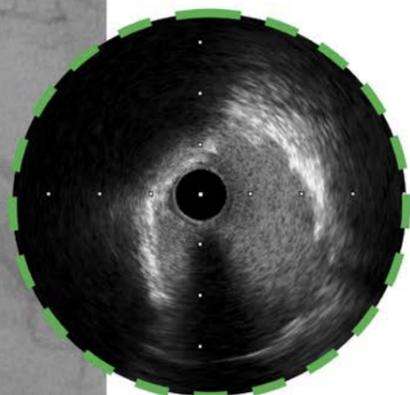
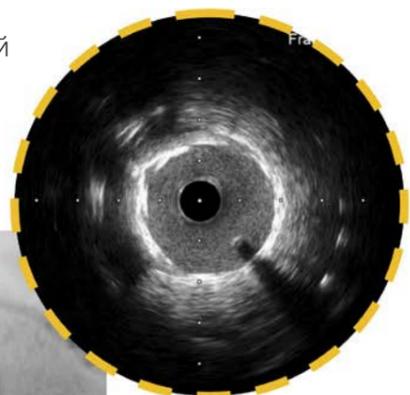
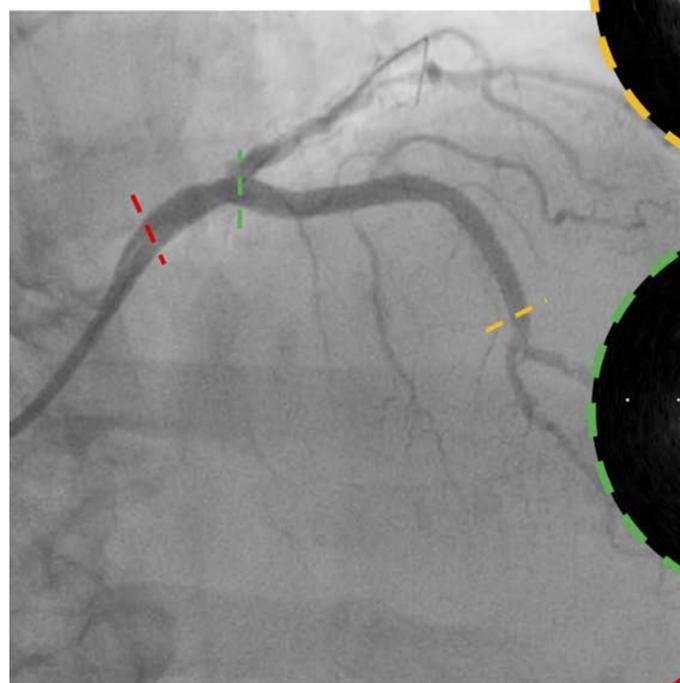
Устье огибающей артерии  
после предилатации

Проксимальная треть  
огибающей артерии —  
протяженность поражения  
в устье — 5 мм

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## ВСУЗИ при поражении ствола левой коронарной артерии: клинический случай

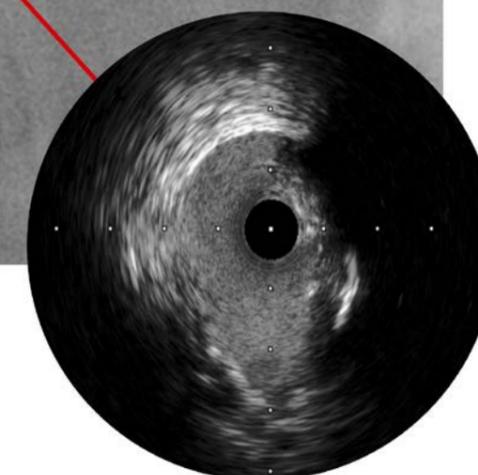
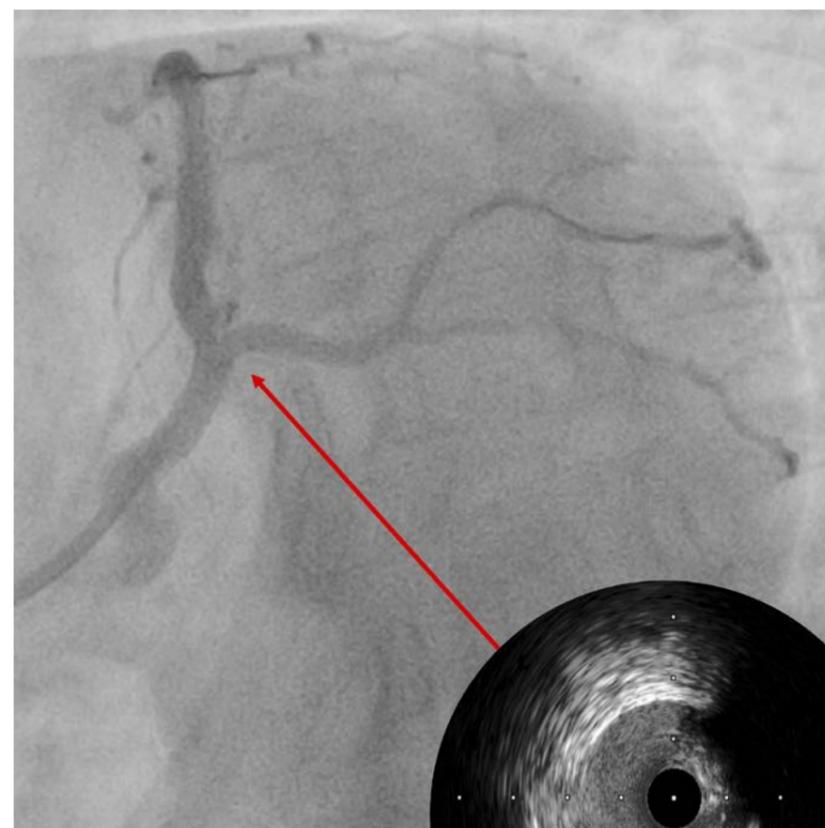
Установлено последовательно  
3 стента: 2,75x28 мм, 3,5x32 мм,  
4,0x28 мм с последующей постдилатацией  
некомплаентными баллонными  
катетерами 3,0–4,0–5,0 мм,  
давлением до 26 атмосфер



Минимальные площади раскрытия  
стентов: в дистальном отделе  
7,4 мм<sup>2</sup>, в устье передней нисходящей  
артерии 10,67 мм<sup>2</sup>, в устье ствола  
левой коронарной артерии  
17,18 мм<sup>2</sup>. Мальаппозиция отсутствует,  
краевые диссекции отсутствуют,  
деформация стента отсутствует

## ВСУЗИ при поражении ствола левой коронарной артерии: клинический случай

В устье огибающей после kissing-баллонирования  
с баллоном с лекарственным покрытием остаточная  
площадь просвета 7,45 мм<sup>2</sup>, значимые диссекции  
отсутствуют, протяженность поражения 5 мм,  
в связи с чем принято решение остановиться  
на стратегии провизорного стентирования.



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при остром коронарном синдроме.

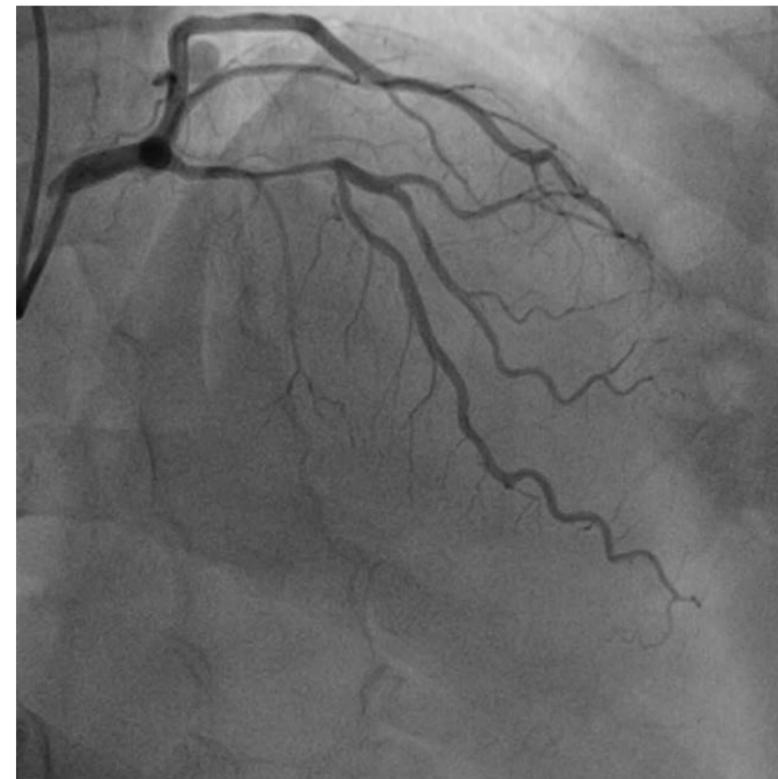
### Тромбоз стента

Внутрисосудистая визуализация у пациентов с острым коронарным синдромом может применяться для идентификации целевого поражения, анализа этиологии инфаркта миокарда (тромбоэмболия, разрыв атеросклеротической бляшки, спонтанная диссекция коронарной артерии) и оптимизации результатов чрескожного коронарного вмешательства. Также внутрисосудистая визуализация позволяет выявить наличие механических причин острого тромбоза стента.

К основным причинам тромбоза стента относятся мальаппозиция стента, его недораскрытие и значимая диссекция (неполное покрытие атеросклеротической бляшки). При эндоваскулярном лечении тромбоза стента важно исключить наличие механических причин.

В 2024 году было опубликовано исследование IVUS-ACS, в котором было продемонстрировано, что применение внутрисосудистой визуализации у пациентов с острым коронарным синдромом приводит к достоверному снижению частоты повторной реваскуляризации целевого сосуда и инфаркта, ассоциированного с целевым поражением [29].

ВСУЗИ при остром коронарном синдроме:  
клинический случай

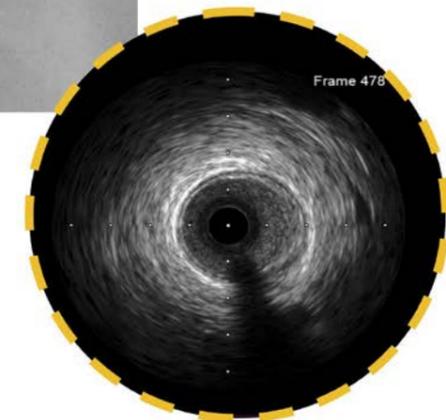
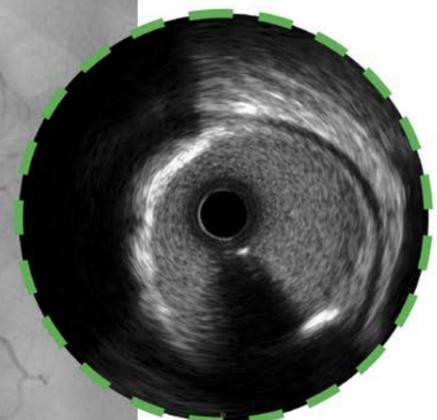
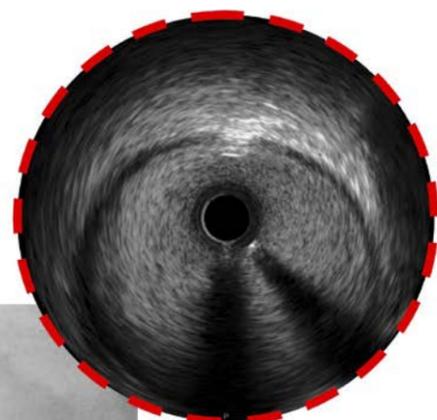


Протяженный стеноз 90% стеноз в проксимальном сегменте передней нисходящей артерии у пациента с инфарктом миокарда без подъема сегмента ST

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

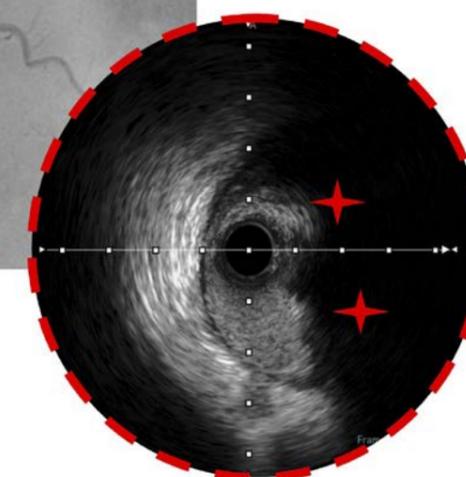
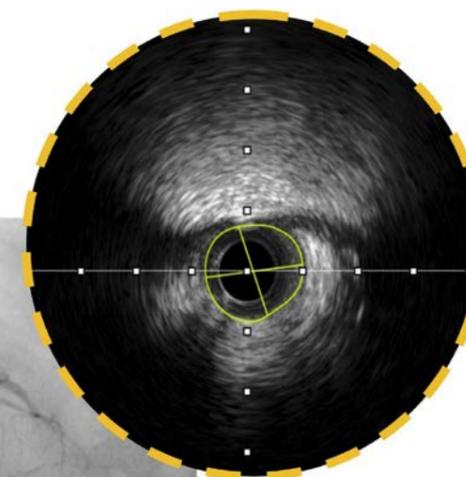
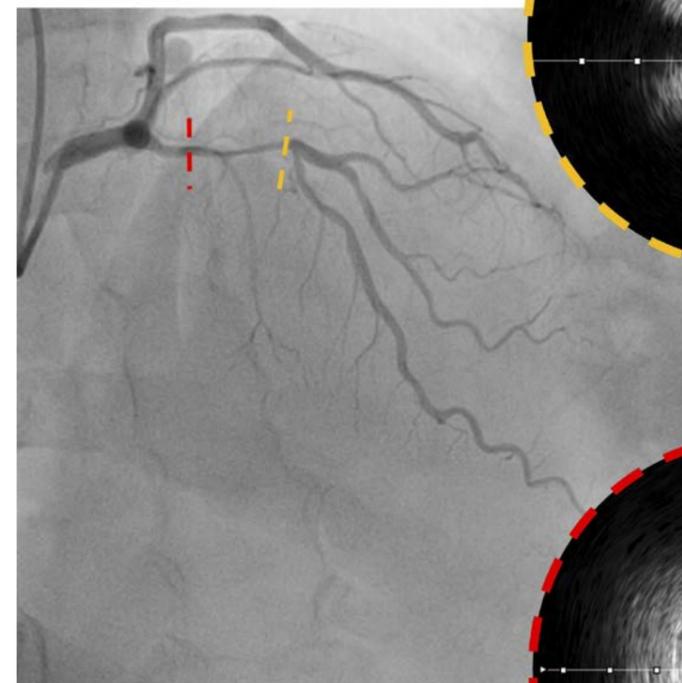
## ВСУЗИ при остром коронарном синдроме: клинический случай

Минимальный диаметр стволе  
левой коронарной артерии 6,98 мм,  
в устье передней нисходящей  
артерии (в проксимальном  
референсном сегменте) 5,31 мм  
(объем бляшки менее 50%)



Минимальный диаметр в дистальном  
референсном сегменте 3,1 мм.  
Длина поражения — 64,5 мм

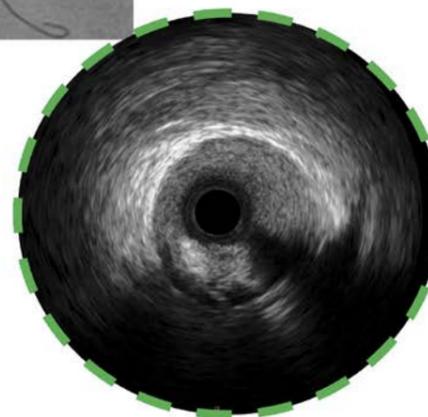
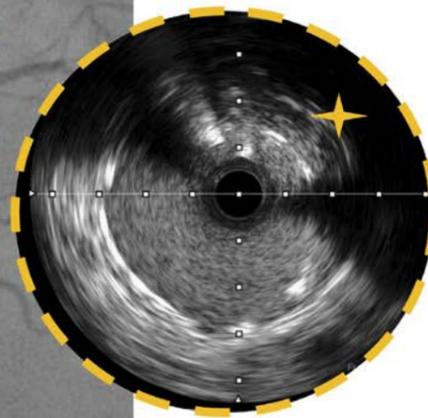
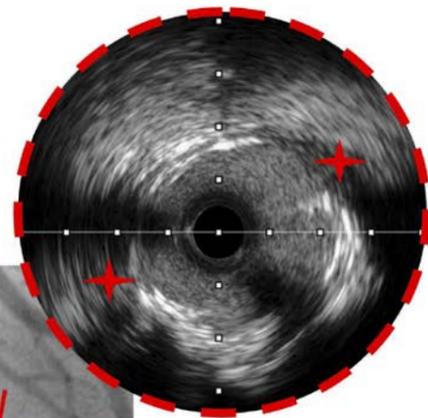
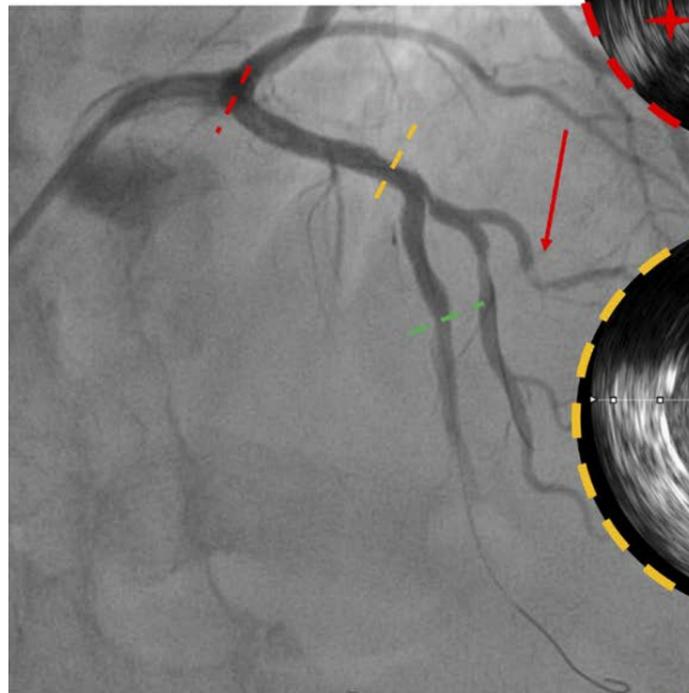
## ВСУЗИ при остром коронарном синдроме: клинический случай



Минимальная площадь просвета  
сосуда — 2,2 мм<sup>2</sup>. Морфология  
бляшки — липидная (большое  
гипоэхогенное липидное ядро)

## ВСУЗИ при остром коронарном синдроме: клинический случай

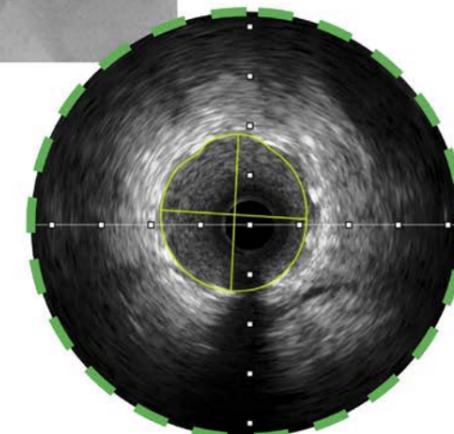
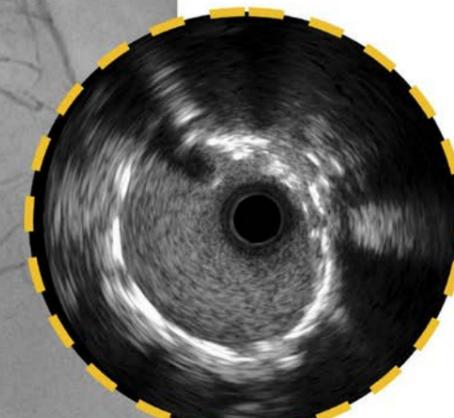
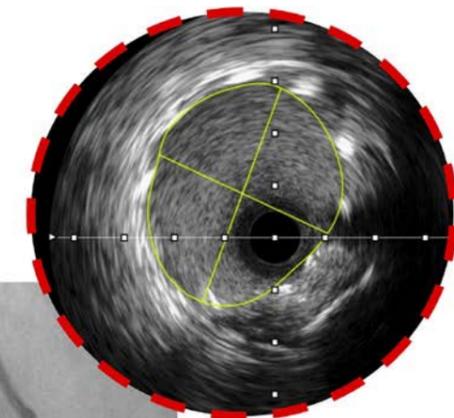
На фоне имплантации стента  
(4,0x48 мм) давлением  
до 18 атмосфер развивается  
феномен slow-flow, отмечается  
эмболия в диагональную артерию



На внутрисосудистом ультразвуковом  
исследовании визуализируется  
неполное покрытие бляшки в устье  
передней нисходящей артерии  
с лепестками диссекции, неполное  
покрытие бляшки дистальнее  
стента и протрузия компонентов  
бляшки через ячейки стента

## ВСУЗИ при остром коронарном синдроме: клинический случай

Результат стентирования после  
имплантации двух дополнительных  
стентов и длительной постдилатации  
баллонным катетером 4,0 мм  
для устранения протрузии



Минимальная площадь раскрытия  
стента в дистальном сегменте  
7,3 мм<sup>2</sup> (100%), диссекции  
отсутствуют, мальаппозиция  
отсутствует, протрузия отсутствует,  
площадь раскрытия стента  
в проксимальном сегменте 12,5 мм<sup>2</sup>

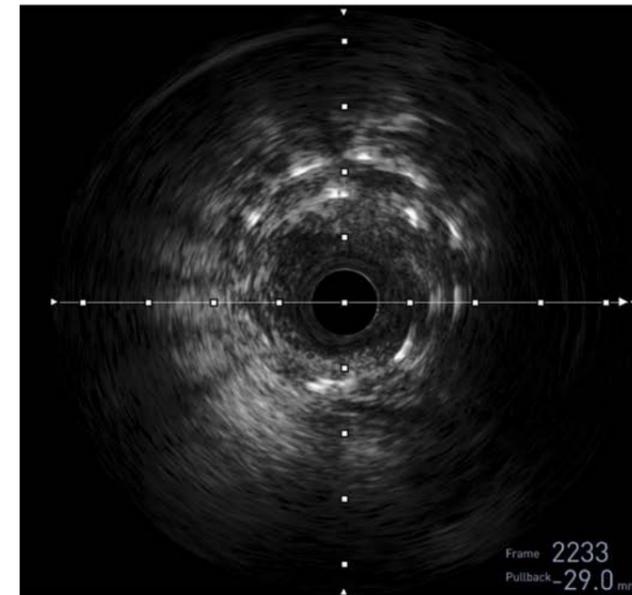
## ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай



Тромбоз стента  
в устье правой  
коронарной артерии  
через сутки после  
стентирования  
по поводу рестеноза  
ранее установленных  
стентов

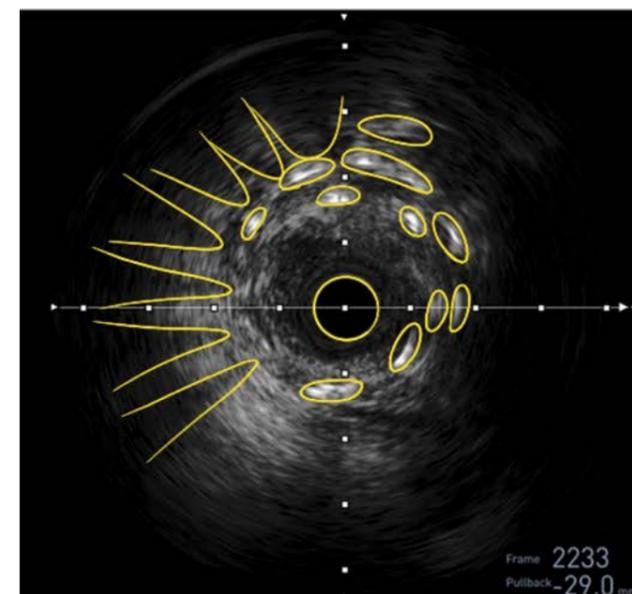


## ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай



Минимальная  
площадь раскрытия  
стента — 2,46 мм<sup>2</sup>.  
Диаметра артерии  
по наружной  
эластической  
мембране — 4,28 мм

Визуализируется  
ранее  
установленный стент  
с неоптимальным  
раскрытием  
и мальаппозицией  
(расстояние  
между стратами  
стентов)

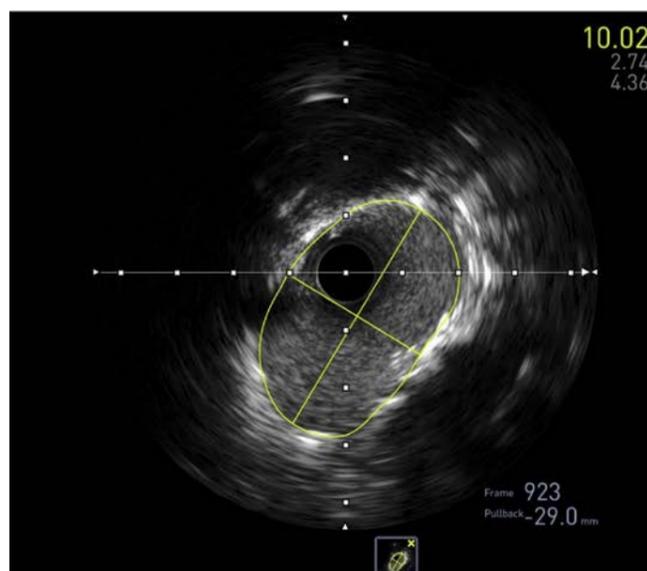


Между балками  
стента и в просвете  
расположены  
тромботические  
массы

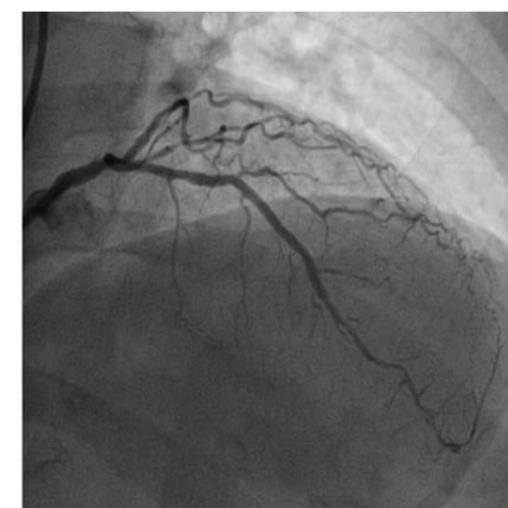
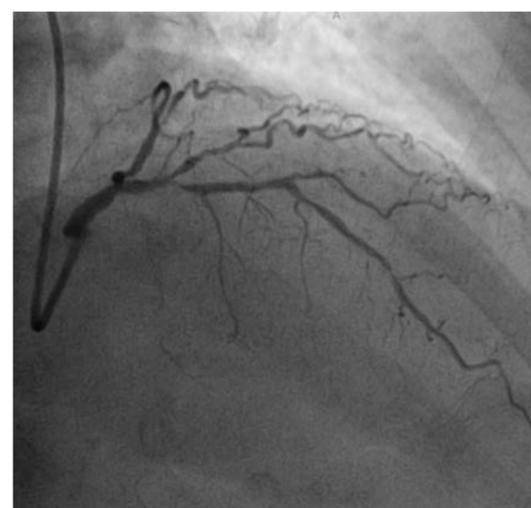
## ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай



Результат имплантации стента 4,0 мм с постдилатацией до 20 атмосфер — площадь раскрытия стента в устье в месте тромбоза 10,02 мм<sup>2</sup>



## ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай

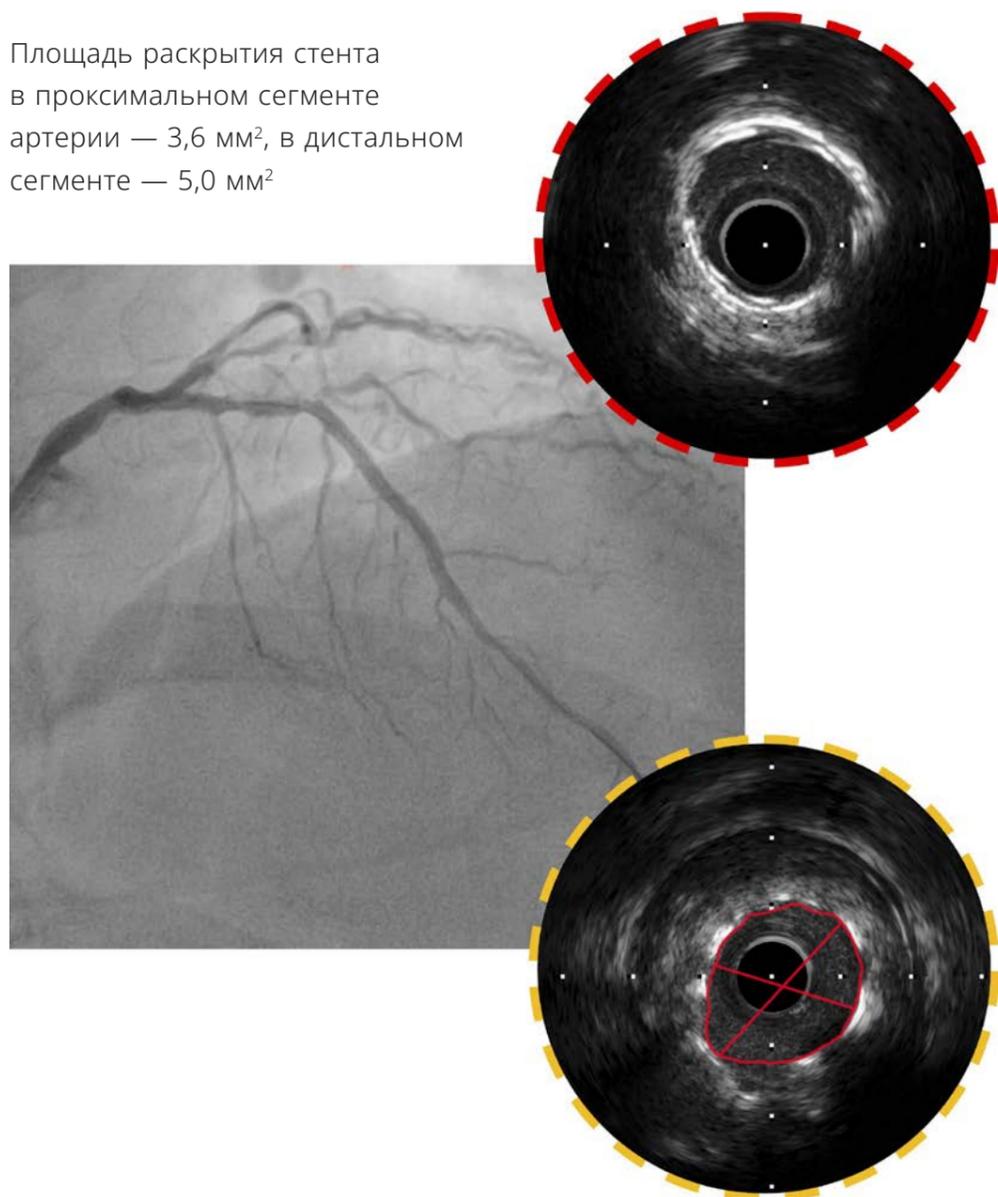


Тромбоз стента в проксимальном сегменте передней нисходящей артерии через 3 дня после стентирования стентами с лекарственным покрытием

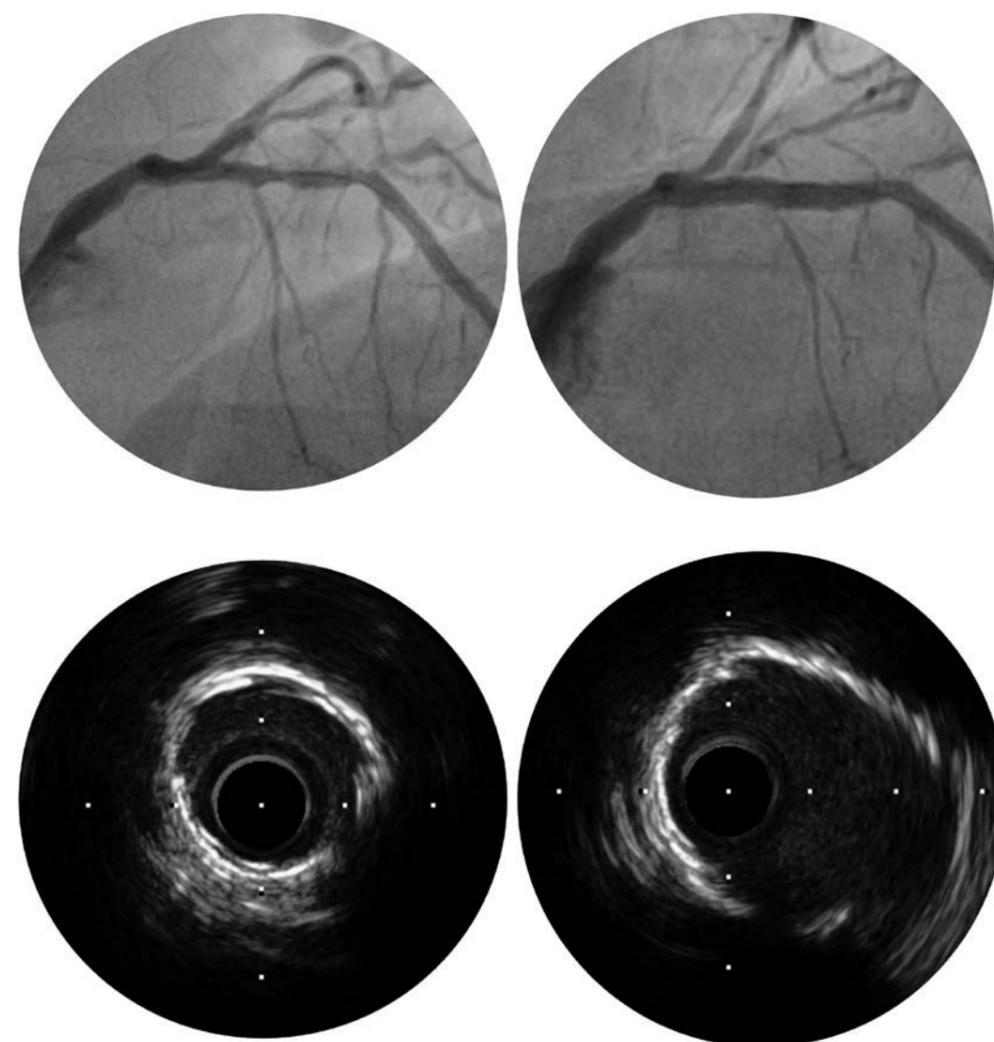
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай

Площадь раскрытия стента  
в проксимальном сегменте  
артерии — 3,6 мм<sup>2</sup>, в дистальном  
сегменте — 5,0 мм<sup>2</sup>



ВСУЗИ при тромбозе стента: клинический случай



Раскрытие в стенте после дилатации некомплаентным баллонным катетером 3,0 мм до 26 атмосфер, площадь раскрытия стента 7,56 мм<sup>2</sup>

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Рестеноз стента

### Внутрисосудистое ультразвуковое исследование при рестенозе стента

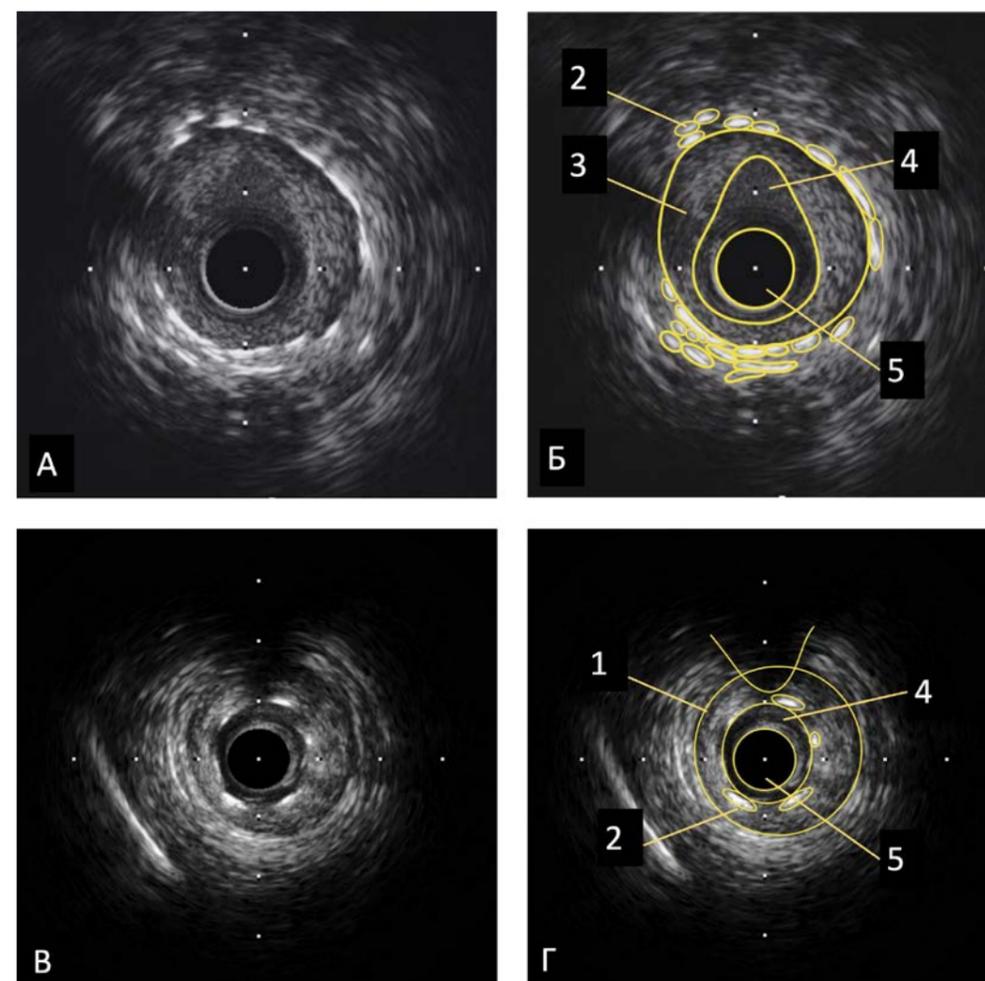
При анализе изображения ВСУЗИ у пациентов с рестенозом стента необходимо обращать внимание как на морфологию атеросклеротической бляшки, так и на причину рестеноза.

Рестеноз визуализируется как объем интимы (гиперплазия неоинтимы) или атеросклеротической бляшки (неоатеросклероз), который находится внутри просвета ранее установленного стента. При неоатеросклерозе бляшка может иметь морфологию обычного атеросклеротического поражения с включениями кальция или липидными компонентами.

Наиболее частой причиной рестеноза, выявляемой на ВСУЗИ, является недораскрытие стента. Для оценки раскрытия стента при рестенозе рассчитывается площадь просвета в стенте (по границе балок стента). Также для оценки недораскрытия стента при рестенозе можно рассчитать процент раскрытия стента по площади — соотношение площади просвета стента к площади просвета сосуда в дистальном референсном сегменте. Процент раскрытия стента менее 90% относительно дистального референсного просвета является предиктором рестеноза стента.

Также при рестенозе стента на ВСУЗИ может быть проанализирована морфология первичной атеросклеротической бляшки для выбора оптимальной стратегии подготовки поражения. Ангиографически оптимальный результат вмешательства не всегда говорит о достаточном раскрытии стента.

При лечении рестенозов достижение оптимальной площади просвета зачастую недостижимо, в связи с исходной неадекватной оценкой и подготовкой поражения, а также наличием дополнительного объема бляшки (неоатеросклероз) и страт ранее установленного стента.



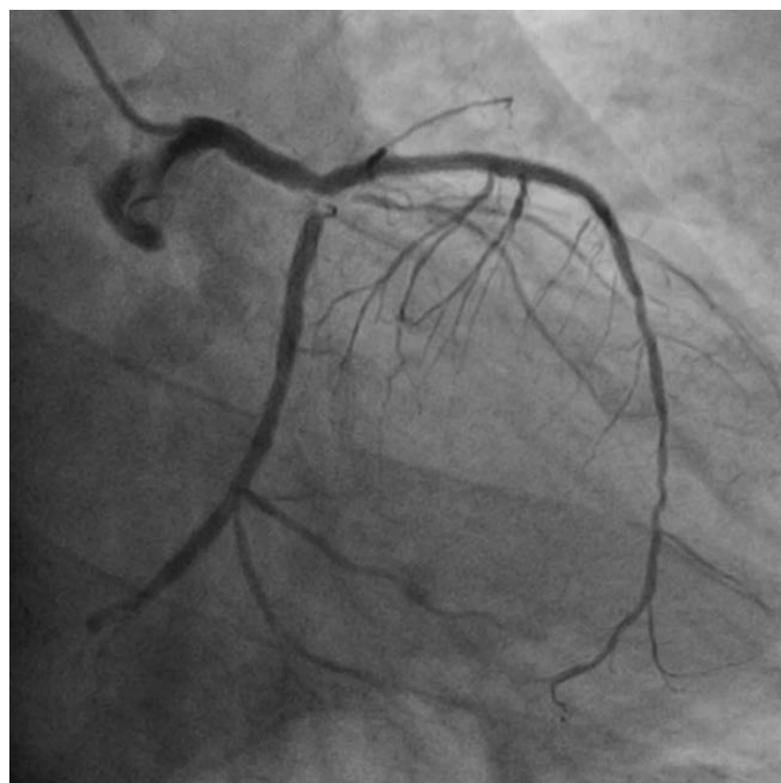
А–Б — рестеноз в ранее установленном стенте

В–Г — выраженное недораскрытие ранее установленного стента

1. Наружная эластическая мембрана
2. Ячейки ранее установленного стента

3. Рестеноз
4. Просвет сосуда
5. Датчик

## ВСУЗИ при рестенозе стента: клинический случай

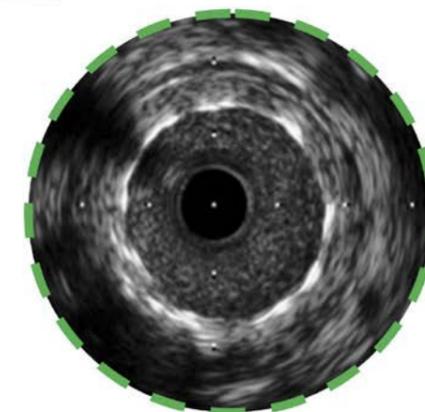
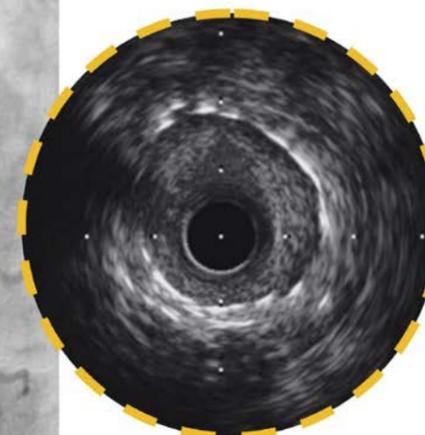
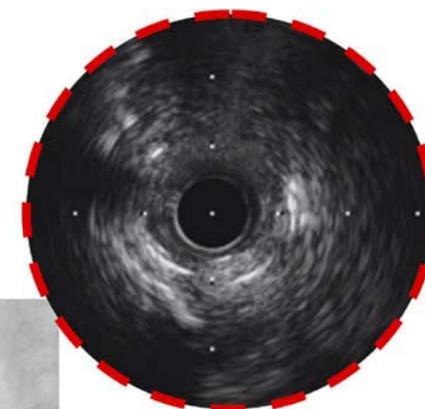
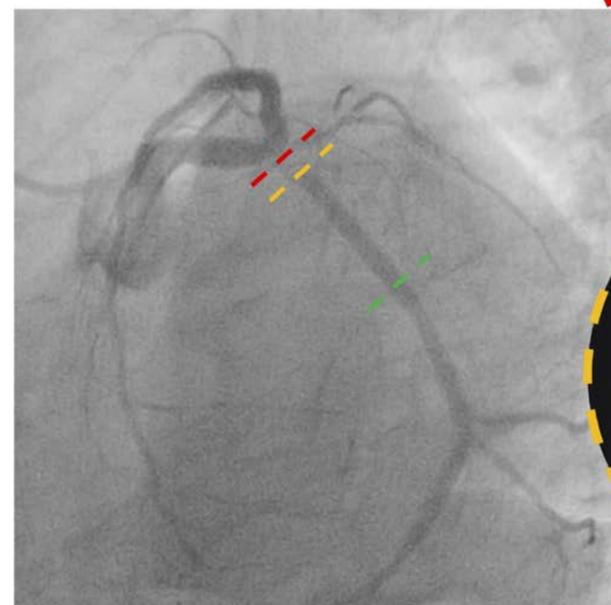


Рестеноз стента в устье огибающей артерии  
через 7 месяцев после бифуркационного  
стентирования ствола левой коронарной артерии

## ВСУЗИ при рестенозе стента: клинический случай

Площадь просвета в рестенозе  $2,1 \text{ мм}^2$ ,  
площадь раскрытия стента  $5,6 \text{ мм}^2$ .

Площадь раскрытия стента в устье  
огибающей артерии —  $2,3 \text{ мм}^2$

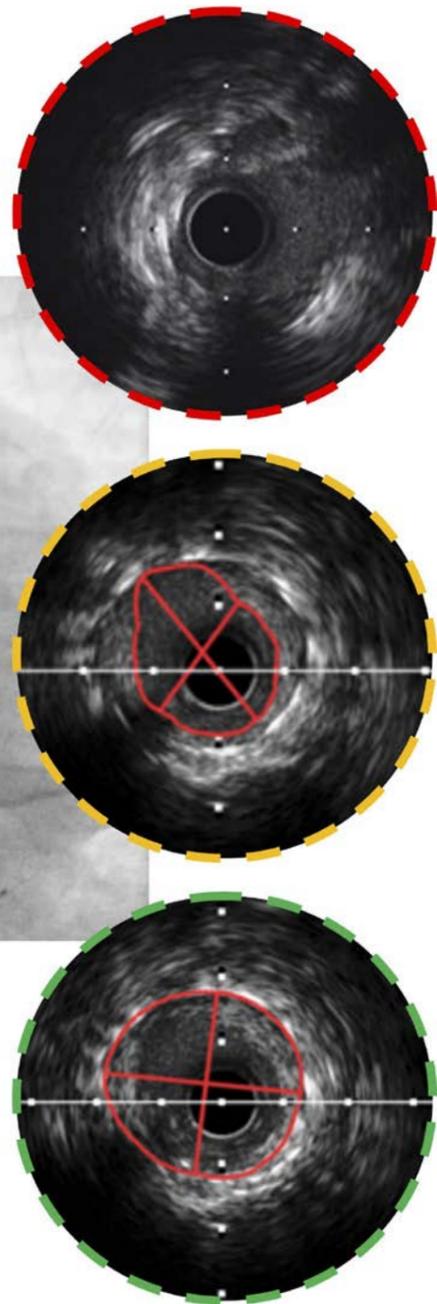
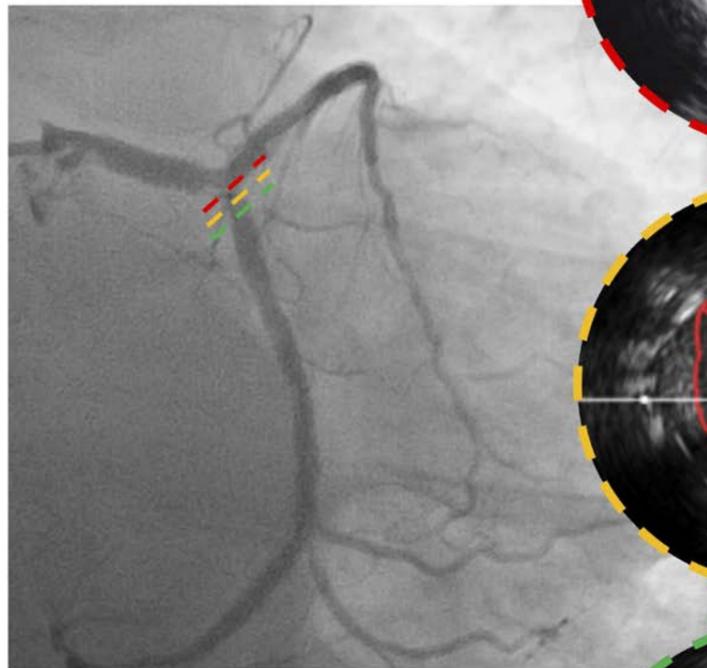


Площадь раскрытия стента  
в дистальном сегменте  
огибающей артерии  $8,2 \text{ мм}^2$

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## ВСУЗИ при рестенозе стента: клинический случай

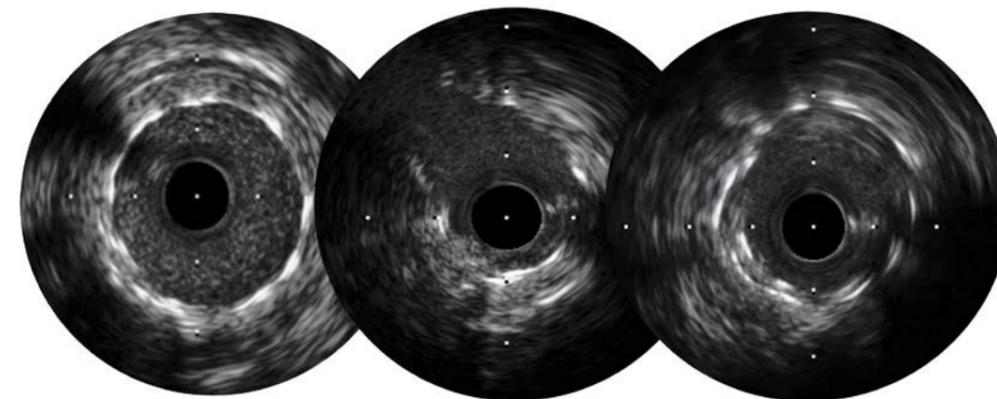
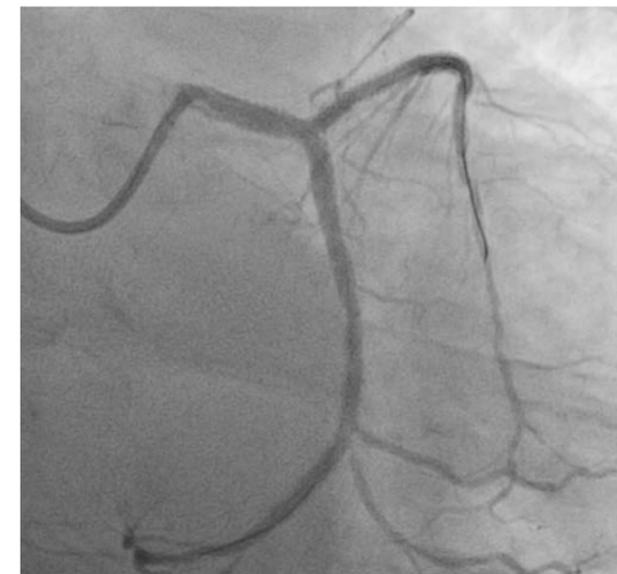
Результат после баллонирования  
катетерами 3,0–3,5 мм до 24 атмосфер:  
в устье остаточный просвет 3,8 мм<sup>2</sup>,  
раскрытие стента до 4,9 мм<sup>2</sup>



Площадь раскрытия стента  
в проксимальном сегменте  
артерии 6,7 мм<sup>2</sup>

## ВСУЗИ при рестенозе стента: клинический случай

Результат после имплантации стента в устье ОА  
с переходом на ПНА, дополнительным kissing —  
баллонированием и постдилатацией высоким давлением



Площадь раскрытия  
стента в дистальном  
сегменте 8,2 мм<sup>2</sup>

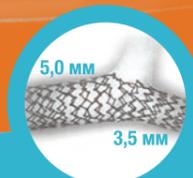
Площадь раскрытия  
стента в устье  
огibaющей артерии  
6,15 мм<sup>2</sup> (75%)

Площадь  
раскрытия стента  
в проксимальном  
сегменте огibaющей  
артерии 7,3 мм<sup>2</sup> (91%)

Специально разработан

# ДЛЯ КРУПНЫХ СОСУДОВ

Высочайшая сила,  
оптимальное лечение



Максимально возможное  
расширение,  
которому нет равных

Ø (мм)	Длина стента (мм)							Максимально возможное расширение (мм)
	8	12	16	20	24	28	32	
3,50	H7493942708350	H7493942712350	H7493942716350	H7493942720350	H7493942724350	H7493942728350	H7493942732350	6,0
4,00	H7493942708400	H7493942712400	H7493942716400	H7493942720400	H7493942724400	H7493942728400	H7493942732400	6,0
4,50	H7493942708450	H7493942712450	H7493942716450	H7493942720450	H7493942724450	H7493942728450	H7493942732450	6,0
5,00	H7493942708500	H7493942712500	H7493942716500	H7493942720500	H7493942724500	H7493942728500	H7493942732500	6,0

**Cardiomedics**

ООО «Кардиомедикс»: 101000, Москва, Покровский бульвар, д. 4/17, стр. 1, офис 40  
тел. +7 (495) 935 84 71, факс +7 (495) 935 84 72; info@cardiomedics.ru; www.cardiomedics.ru

## Заключение

- Внутрисосудистое ультразвуковое исследование является основой современного чрескожного коронарного вмешательства.
- Применение технологий внутрисосудистой визуализации позволяет не только улучшить непосредственный результат стентирования и изменить стандартные подходы к эндоваскулярному лечению коронарных артерий, но и улучшить отдаленный прогноз у различных групп пациентов.
- К настоящему времени внутрисосудистая визуализация — это единственный инструмент, который дает объективную и точную информацию о состоянии коронарной артерии и результатах вмешательства.
- Применение внутрисосудистого ультразвукового исследования должно быть рутинным для принятия решений в реальной клинической практике.

# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## Вопросы

### 1. Что можно оценить при помощи ВСУЗИ?

1. Протяженность поражения
2. Просвет сосуда
3. Оценить внутрисосудистую физиологию
4. Оценить морфологию поражения

### 2. Акустическая тень в ходе выполнения ВСУЗИ является характеристикой

1. Фиброзной бляшки
2. Липидной бляшки
3. Кальцинированной бляшки
4. Диссекции коронарной артерии

### 3. Отсутствие акустической тени в ходе выполнения ВСУЗИ является характеристикой

1. Липидной бляшки
2. Фиброзной бляшки
3. Кальцинированной бляшки
4. Тромба в просвете артерии

### 4. Минимальной площадью просвета в стволе левой коронарной артерии для определения значимости поражения является

1. 6 мм<sup>2</sup>
2. 12 мм<sup>2</sup>
3. 10 мм<sup>2</sup>
4. 24 мм<sup>2</sup>

### 5. Какие структуры коронарных артерий могут быть визуализированы при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании?

1. Медиа
2. Интима
3. Адвентиция
4. Все вышеперечисленное

### 6. Какие факторы могут влиять на качество изображения при внутрисосудистом ультразвуковом исследовании?

1. Опыт оператора
2. Протяженность поражения
3. Толщина подкожной жировой клетчатки
4. Промывка катетера

### 7. Какие шаги не включает в себя алгоритм интерпретации проведения внутрисосудистого ультразвукового исследования?

1. Определение проксимального и дистального референсных диаметров
2. Оценка морфологии поражения
3. Оценка протяженности поражения
4. Оценка состояния дополнительных структур (вены, vasa vasorum)

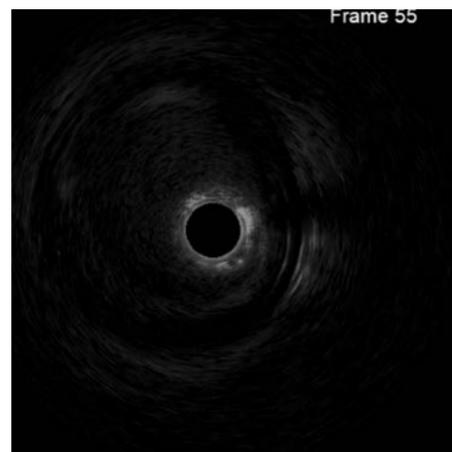
# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

## 8. Критерии оптимального раскрытия стента

1. Площадь раскрытия стента более 4,0 мм<sup>2</sup>
2. Визуально округлая форма просвета сосуда
3. Раскрытие более 90% относительно площади просвета дистального референсного сегмента
4. Раскрытие более 90% относительно площади сосуда дистального референсного сегмента по наружной эластической мембране

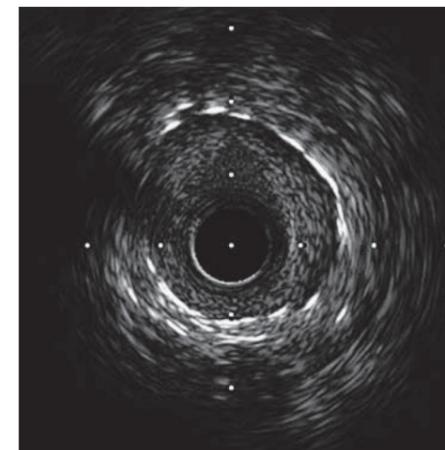
## 9. После заведения датчика ВСУЗИ за место поражения вы видите такое изображение. Что необходимо сделать?

1. Отказаться от выполнения ВСУЗИ
2. Промыть датчик в просвете артерии
3. Извлечь датчик из коронарной артерии и повторно промыть
4. Открыть другой датчик ВСУЗИ



## 10. Что за поражение продемонстрировано на изображении?

1. Липидная бляшка
2. Рестеноз ранее установленного стента
3. Кальцинированная бляшка
4. Диссекция за стентом



## 11. Что отмечено на изображении?

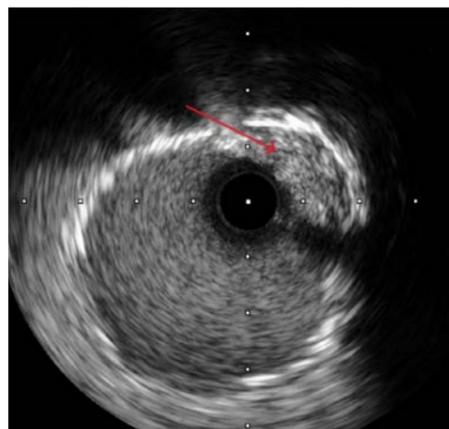
1. Тень от интракоронарных проводников.
2. Пузырьки воздуха
3. Боковые ветви
4. Артефакт от неравномерного вращения датчика



# ВНУТРИСОСУДИСТОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

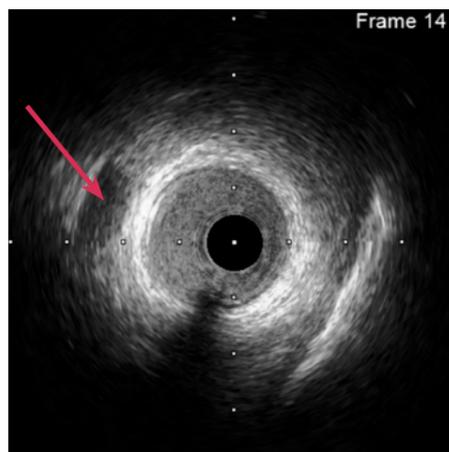
12. ВСУЗИ выполнено после установки стента. Выберите наиболее подходящее описание для аномальной структуры отмеченной на изображении

1. Малаппозиция стента
2. Тромб
3. Протрузия бляшки
4. Диссекция



13. Какой артефакт отмечен на изображении?

1. Протрузия бляшки
2. Реверберация после ротационной атерозектомии
3. Пузырьки воздуха
4. Вена



№ вопроса	Ответ
1	1, 2, 4
2	3
3	1, 2, 4
4	1
5	4
6	4
7	4
8	3
9	3
10	2
11	1
12	3
13	4

# Список литературы

1. Twing, A.H., Meyer, J., Dickens, H. et al. A Brief History of Intracoronary Imaging. *Curr Cardiovasc Imaging Rep* 13, 18 (2020).

2. Алякин Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В., Карапетян Н.Г. Ренгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации — 2022 год. Эндоваскулярная хирургия Т. 8, спец. вып.

3. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet JP, Falk V, Head SJ, Juni P, Kastrati A, Koller A, Kristensen SD, Niebauer J, Richter DJ, Seferovic PM, Sibbing D, Stefanini GG, Windecker S, Yadav R, Zembala MO; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019 Jan 7;40(2):87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394. Erratum in: *Eur Heart J*. 2019 Oct 1;40(37):3096. PMID: 30165437.

4. Writing Committee Members; Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, Bates ER, Beckie TM, Bischoff JM, Bittl JA, Cohen MG, DiMaio JM, Don CW, Fremes SE, Gaudino MF, Goldberger ZD, Grant MC, Jaswal JB, Kurlansky PA, Mehran R, Metkus TS Jr, Nnacheta LC, Rao SV, Sellke FW, Sharma G, Yong CM, Zwischenberger BA. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Jan 18;79(2):e21-e129. doi: 10.1016/j.jacc.2021.09.006. Epub 2021 Dec 9. Erratum in: *J Am Coll Cardiol*. 2022 Apr 19;79(15):1547. PMID: 34895950.

5. Thuijs DJFM, Kappetein AP, Serruys PW, Mohr FW, Morice MC, Mack MJ, Holmes DR Jr, Curzen N, Davierwala P, Noack T, Milojevic M, Dawkins KD, da Costa BR, Juni P, Head SJ; SYNTAX Extended Survival Investigators. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in patients with three-vessel or left main coronary artery disease: 10-year follow-up of the multicentre randomised con-

trolled SYNTAX trial. *Lancet*. 2019 Oct 12;394(10206):1325-1334. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31997-X.

6. Lee J, Ahn JM, Kim JH, Jeong YJ, Hyun J, Yang Y, Lee JS, Park H, Kang DY, Lee PH, Park DW, Park SJ; on the behalf of the PRECOMBAT Investigators. Prognostic Effect of the SYNTAX Score on 10-Year Outcomes After Left Main Coronary Artery Revascularization in a Randomized Population: Insights From the Extended PRECOMBAT Trial. *J Am Heart Assoc*. 2021 Jul 20;10(14):e020359. doi: 10.1161/JAHA.120.020359. Epub 2021 Jul 6. PMID: 34227392; PMCID: PMC8483455.7

7. Арутюнян Г.К., Проваторов С.И., Жукова Н.С., Терещенко А.С., Огнерубов Д.В., Емельянов П.Г., Краснощеков И.В., Самко А.Н. Непосредственные и отдаленные результаты стентирования незащищенного ствола левой коронарной артерии у пациентов со стабильной формой ишемической болезни сердца // *Вестник рентгенологии и радиологии*, vol. 100, 2019. №2., стр 82–88

8. Mintz GS, Matsumura M, Ali Z, Maehara A. Clinical Utility of Intravascular Imaging: Past, Present, and Future. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022 Oct;15(10):1799-1820. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.04.026. Epub 2022 Sep 14. PMID: 36202460.

9. Oviedo C, Maehara A, Mintz GS, Araki H, Choi SY, Tsujita K, Kubo T, Doi H, Templin B, Lansky AJ, Dangas G, Leon MB, Mehran R, Tahk SJ, Stone GW, Ochiai M, Moses JW. Intravascular ultrasound classification of plaque distribution in left main coronary artery bifurcations: where is the plaque really located? *Circ Cardiovasc Interv*. 2010 Apr;3(2):105-12. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.906016. Epub 2010 Mar 2. PMID: 20197513.

10. Barbato E, Gallinoro E, Abdel-Wahab M, Andreini D, Carrié D, Di Mario C, Dudek D, Escaned J, Fajadet J, Guagliumi G, Hill J, McEntegart M, Mashayekhi K, Mezilis N, Onuma Y, Reczuch K, Shlofmitz R, Stefanini G, Tarantini G, Toth GG, Vaquerizo B,

Wijns W, Ribichini FL. Management strategies for heavily calcified coronary stenoses: an EAPCI clinical consensus statement in collaboration with the EURO4C-PCR group. *Eur Heart J*. 2023 Nov 1;44(41):4340-4356. doi: 10.1093/eurheartj/ehad342. PMID: 37208199.

11. Leesar MA, Saif I, Hagood KL, Powell LC, Hillegass WB, Brott BC. A New Method to Optimize Stent Deployment by High-Definition Intravascular Ultrasound. *J Invasive Cardiol*. 2021 Jul;33(7):E532-E539. PMID: 34224382.

12. Raja A, Osborn EA, Bergmark BA, Croce KD, Poulin MF, Tamez H, West N, Buccola J, Meinen J, Secemsky EA; LightLab Clinical Initiative Investigators. OCT utilization: Summary statistics from the LightLab clinical initiative. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2022 Nov;100 Suppl 1:S36-S43. doi: 10.1002/ccd.30397. PMID: 36661366.

13. Stone GW, Christiansen EH, Ali ZA, Andreasen LN, Maehara A, Ahmad Y, Landmesser U, Holm NR. Intravascular imaging-guided coronary drug-eluting stent implantation: an updated network meta-analysis. *Lancet*. 2024 Mar 2;403(10429):824-837. doi: 10.1016/S0140-6736(23)02454-6. Epub 2024 Feb 21. PMID: 38401549.

14. Hong SJ, Mintz GS, Ahn CM, Kim JS, Kim BK, Ko YG, Kang TS, Kang WC, Kim YH, Hur SH, Hong BK, Choi D, Kwon H, Jang Y, Hong MK; IVUS-XPL Investigators. Effect of Intravascular Ultrasound-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: 5-Year Follow-Up of the IVUS-XPL Randomized Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020 Jan 13;13(1):62-71. doi: 10.1016/j.jcin.2019.09.033. PMID: 31918944

15. Zhang J, Gao X, Kan J, Ge Z, Han L, Lu S, Tian N, Lin S, Lu Q, Wu X, Li Q, Liu Z, Chen Y, Qian X, Wang J, Chai D, Chen C, Li X, Gogas BD, Pan T, Shan S, Ye F, Chen SL. Intravascular Ultrasound Versus Angiography-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: The ULTIMATE Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Dec 18;72(24):3126-3137. doi: 10.1016/j.

jacc.2018.09.013. Epub 2018 Sep 24. PMID: 30261237.

16. Lee JM, Choi KH, Song YB, Lee JY, Lee SJ, Lee SY, Kim SM, Yun KH, Cho JY, Kim CJ, Ahn HS, Nam CW, Yoon HJ, Park YH, Lee WS, Jeong JO, Song PS, Doh JH, Jo SH, Yoon CH, Kang MG, Koh JS, Lee KY, Lim YH, Cho YH, Cho JM, Jang WJ, Chun KJ, Hong D, Park TK, Yang JH, Choi SH, Gwon HC, Hahn JY; RENOvATE-COMPLEX-PCI Investigators. Intravascular Imaging-Guided or Angiography-Guided Complex PCI. *N Engl J Med*. 2023 May 4;388(18):1668-1679. doi: 10.1056/NEJMoa2216607. Epub 2023 Mar 5. PMID: 36876735.

17. Meneveau N, Souteyrand G, Motreff P, Caussin C, Amabile N, Ohlmann P, Morel O, Lefrançois Y, Descotes-Genon V, Silvain J, Braik N, Chopard R, Chatot M, Ecarnot F, Tauzin H, Van Belle E, Belle L, Schiele F. Optical Coherence Tomography to Optimize Results of Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Non-ST-Elevation Acute Coronary Syndrome: Results of the Multicenter, Randomized DOCTORS Study (Does Optical Coherence Tomography Optimize Results of Stenting). *Circulation*. 2016 Sep 27;134(13):906-17. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024393. Epub 2016 Aug 29. PMID: 27573032.

18. Ali ZA, Karimi Galougahi K, Maehara A, Shlofmitz RA, Fabbicchi F, Guagliumi G, Alfonso F, Akasaka T, Matsumura M, Mintz GS, Ben-Yehuda O, Zhang Z, Rapoza RR, West NEJ, Stone GW. Outcomes of optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation: one-year results from the ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI trial. *EuroIntervention*. 2021 Jan 20;16(13):1085-1091. doi: 10.4244/EIJ-D-20-00498. PMID: 32540793; PMCID: PMC9724851.

19. Ali Z, Landmesser U, Karimi Galougahi K, Maehara A, Matsumura M, Shlofmitz RA, Guagliumi G, Price MJ, Hill JM, Akasaka T, Prati F, Bezerra HG, Wijns W, Mintz GS, Ben-Yehuda O, McGreevy RJ, Zhang Z, Rapoza RR, West NEJ, Stone GW. Optical coherence tomography-guided coronary stent implantation compared to angiography: a multicentre randomised trial in PCI - design and rationale of ILUMIEN IV: OPTIMAL PCI. *EuroIntervention*. 2021 Jan 20;16(13):1092-1099. doi: 10.4244/EIJ-D-20-00501. PMID: 32863246; PMCID: PMC9725042.

20. Holm NR, Andreasen LN, Neghabat O, Laanmets P, Kumsars

I, Bennett J, Olsen NT, Odenstedt J, Hoffmann P, Dens J, Chowdhary S, O'Kane P, Bülow Rasmussen SH, Heigert M, Havndrup O, Van Kuijk JP, Biscaglia S, Mogensen LJH, Henareh L, Burzotta F, H Eek C, Mylotte D, Llinas MS, Koltowski L, Knaapen P, Calic S, Witt N, Santos-Pardo I, Watkins S, Lønborg J, Kristensen AT, Jensen LO, Calais F, Cockburn J, McNeice A, Kajander OA, Heestermans T, Kische S, Eftekhari A, Spratt JC, Christiansen EH; OCTOBER Trial Group. OCT or Angiography Guidance for PCI in Complex Bifurcation Lesions. *N Engl J Med*. 2023 Oct 19;389(16):1477-1487. doi: 10.1056/NEJMoa2307770. Epub 2023 Aug 27. PMID: 37634149.

21. Kubo T, Shinke T, Okamura T, Hibi K, Nakazawa G, Morino Y, Shite J, Fusazaki T, Otake H, Kozuma K, Ioji T, Kaneda H, Serikawa T, Kataoka T, Okada H, Akasaka T; OPINION Investigators. Optical frequency domain imaging vs. intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (OPINION trial): one-year angiographic and clinical results. *Eur Heart J*. 2017 Nov 7;38(42):3139-3147. doi: 10.1093/eurheartj/ehx351. PMID: 29121226; PMCID: PMC5837511.

22. Kang DY, Ahn JM, Yun SC, Hur SH, Cho YK, Lee CH, Hong SJ, Lim S, Kim SW, Won H, Oh JH, Choe JC, Hong YJ, Yoon YH, Kim H, Choi Y, Lee J, Yoon YW, Kim SJ, Bae JH, Park DW, Park SJ; OCTIVUS Investigators. Optical Coherence Tomography-Guided or Intravascular Ultrasound-Guided Percutaneous Coronary Intervention: The OCTIVUS Randomized Clinical Trial. *Circulation*. 2023 Oct 17;148(16):1195-1206. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.066429. Epub 2023 Aug 27. PMID: 37634092.

23. Ahn JM, Kang SJ, Yoon SH, Park HW, Kang SM, Lee JY, Lee SW, Kim YH, Lee CW, Park SW, Mintz GS, Park SJ. Meta-analysis of outcomes after intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided drug-eluting stent implantation in 26,503 patients enrolled in three randomized trials and 14 observational studies. *Am J Cardiol*. 2014 Apr 15;113(8):1338-47. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.12.043. Epub 2014 Jan 31. PMID: 24685326.

24. Sreenivasan J, Reddy RK, Jamil Y, Malik A, Chamie D, Howard JP, Nanna MG, Mintz GS, Maehara A, Ali ZA, Moses JW, Chen SL, Chieffo A, Colombo A, Leon MB, Lansky AJ, Ahmad Y. Intravascular Imaging-Guided Versus Angiography-Guided Percutaneous Coronary Intervention: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized

Trials. *J Am Heart Assoc*. 2024 Jan 16;13(2):e031111. doi: 10.1161/JAHA.123.031111. Epub 2024 Jan 12. PMID: 38214263; PMCID: PMC10926835.

25. Saito Y, Kobayashi Y, Fujii K, Sonoda S, Tsujita K, Hibi K, Morino Y, Okura H, Ikari Y, Honye J. Clinical expert consensus document on intravascular ultrasound from the Japanese Association of Cardiovascular Intervention and Therapeutics (2021). *Cardiovasc Interv Ther*. 2022 Jan;37(1):40-51. doi: 10.1007/s12928-021-00824-0. Epub 2021 Nov 12. Erratum in: *Cardiovasc Interv Ther*. 2022 Jan;37(1):52. doi: 10.1007/s12928-021-00834-y. PMID: 34767160; PMCID: PMC8789720.

26. Schoenhagen, Paul. An Atlas and Manual of Coronary Intravascular Ultrasound Imaging. ISBN 9781842142745.

27. Stone GW, Kappetein AP, Sabik JF, Pocock SJ, Morice MC, Puskas J, Kandzari DE, Karmpaliotis D, Brown WM 3rd, Lembo NJ, Banning A, Merkely B, Horkay F, Boonstra PW, van Boven AJ, Ungi I, Bogáts G, Mansour S, Noiseux N, Sabaté M, Pomar J, Hickey M, Gershlick A, Buszman PE, Bochenek A, Schampaert E, Pagé P, Modolo R, Gregson J, Simonton CA, Mehran R, Kosmidou I, Généreux P, Crowley A, Dressler O, Serruys PW; EXCEL Trial Investigators. Five-Year Outcomes after PCI or CABG for Left Main Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2019 Nov 7;381(19):1820-1830. doi: 10.1056/NEJMoa1909406. Epub 2019 Sep 28. Erratum in: *N Engl J Med*. 2020 Mar 12;382(11):1078. doi: 10.1056/NEJMx200004. PMID: 31562798.

28. Hunter GW, Sharma V, Varma C, Connolly D. The EXCEL Trial: The Interventionalists' Perspective. *Eur Cardiol*. 2021 Mar 2;16:e01. doi: 10.15420/ecr.2020.32. PMID: 33708262; PMCID: PMC7941379.

29. Li X, Ge Z, Kan J, Anjum M, Xie P, Chen X, Khan HS, Guo X, Saghir T, Chen J, Gill BUA, Guo N, Sheiban I, Raza A, Wei Y, Chen F, Mintz GS, Zhang JJ, Stone GW, Chen SL; IVUS-ACS Investigators. Intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided percutaneous coronary intervention in acute coronary syndromes (IVUS-ACS): a two-stage, multicentre, randomised trial. *Lancet*. 2024 May 11;403(10439):1855-1865. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00282-4. Epub 2024 Apr 8. Erratum in: *Lancet*. 2024 May 11;403(10439):1854. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00928-0. PMID: 38604212.

Арутюнян Г. К., Меркулов Е. В., Терещенко А. С.

# Внутрисосудистое ультразвуковое исследование

Атлас и руководство по использованию  
в клинической практике

ISBN 978-5-93856-804-4



9 785938 568044 >