

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П.
ПАВЛОВА» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

На правах рукописи

БАЗУНОВ

Алексей Константинович

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ
«ПРОВИЗОРНОГО» СТЕНТИРОВАНИЯ БИФУРКАЦИОННЫХ
ПОРАЖЕНИЙ КРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ**

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Бирюков Алексей Владимирович

Санкт-Петербург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 АКТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ БИФУРКАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ КРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	13
1.1 Стабильная ишемическая болезнь сердца. Определение, эпидемиология, диагностика, методы лечения.....	13
1.2 Современные классификации бифуркационных поражений коронарных артерий	20
1.3 Методы визуализации и диагностики бифуркационных поражений коронарных артерий.....	23
1.4 Современное представление об эндоваскулярном подходе лечения бифуркационных поражений коронарных артерий.	28
1.5 Методика «провизорного» стентирования при лечении бифуркационных поражений коронарных артерий.	31
1.6 Двухстентовые методики стентирования коронарных артерий	37
1.7 Опыт использования оптической когерентной томографии при бифуркационном поражении коронарных артерий	44
1.8 Перспективы развития, модифицирования и применения методики «провизорного» стентирования.....	56
Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	59
2.1. Дизайн исследования	59
2.2. Методы исследования	67
Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ	69
3.1 Результаты опроса российских специалистов по рентгенэндоваскулярным	

методам диагностики и лечению по вопросам применения «провизорного» стентирования	69
3.2 Сравнение способов проведения различных методик проведения «провизорного» стентирования	80
3.2.1 Оценка непосредственной эффективности модифицированной методики «провизорного» стентирования при бифуркационных поражениях коронарных артерий.....	80
3.2.2 Оценка отдаленных результатов модифицированной методики «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
ВЫВОДЫ	91
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	92
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из главных причин инвалидности и смертности у взрослого населения. В России наибольший вклад в смертность от болезней системы кровообращения вносит ишемическая болезнь сердца (ИБС) — её доля составляет 27%. Развитие эндоваскулярной службы позволило расширить возможности лечения ССЗ, в том числе использовать эндоваскулярное лечение серьёзных поражений коронарных артерий, что стало возможным благодаря развитию рентгенхирургического инструментария и появлению новых методик и техник операций. Главной причиной ИБС является атеросклероз, вызывающий нарушения коронарного кровотока с последующим снижением перфузии миокарда [5].

Стентирование коронарных артерий — один из способов лечения ИБС. Эндоваскулярные вмешательства при бифуркационных поражениях артерий составляют 15–20% от всех коронарных интервенций [26].

В качестве основного подхода главный Европейский бифуркационный клуб рекомендует выполнять чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) с минимальным количеством стентов для получения лучших непосредственных и отдалённых результатов [29]. Одной из таких методик является «провизорное» стентирование бифуркационных поражений. В рамках этой методики производится имплантация стента в основную ветвь (ОВ) коронарной артерии с последующей одномоментной ангиопластикой основной и боковой ветвей. Дополнительный стент в БВ устанавливается только в случае субоптимального ангиографического результата после выполнения ангиопластики (наличие резидуальных сужений или диссекций в БВ) [49, 65, 83].

Различные техники выполнения «провизорного» стентирования предполагают последовательное выполнение имплантации стента, дилатацию БВ, возможное выполнение киссинг-дилатации и обязательную проксимальную оптимизацию стента. Однако каждое дополнительное действие приводит к увеличению

продолжительности операции, объема введенного контрастного вещества и дозы рентгеновского облучения, а также может стать фактором развития интраоперационных осложнений во время стентирования. Кроме того, дополнительные этапы процедуры влияют на получение неправильной геометрии стентированной необифуркации, что увеличивает риск тромбоза и рестеноза как в раннем послеоперационном периоде, так и в отдаленном.

В связи с этим возникает необходимость проведения комплексного сравнительного анализа различных техник «провизорного» стентирования, направленного на обоснование выбора наиболее оптимальной методики с точки зрения безопасности и клинической эффективности

Степень разработанности темы исследования.

В течение последних десяти лет проведено значительное число исследований, касающихся не только способа выбора техники стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий, но и влияния их на частоту развития осложнений в послеоперационном периоде [29, 49, 62, 65, 82, 93]. Накопленный клинический опыт, а также результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности и эффективности применения методики «провизорного» стентирования, что обусловило её широкое внедрение в клиническую практику и закрепление ведущих позиций в международных клинических рекомендациях и экспертных консенсусах по лечению пациентов с бифуркационными поражениями коронарных артерий [29, 32, 65, 66, 69, 77]. Следует отметить, что стратегия «провизорного» стала стандартом лечения бифуркационных поражений при выполнении стентирований в экстренном и в плановом порядке [32, 66, 69, 77]. Кроме того, появление лимитирующей кровотока диссекции БВ, значимый стеноз в ее устье и развитие ишемических изменений не препятствует выполнению перехода на двухстентовую методику на любом этапе «провизорного» стентирования [36, 39, 43, 53, 63, 63]

В отношении проведения «провизорного» стентирования существует стандартизированный алгоритм выполнения данной методики [29]. Публикаций, посвященных изучению эффективности различных модифицированных методик,

значительно меньше. Вопреки явной тенденции применения «провизорной» техники при бифуркационном поражении коронарных артерий при эндоваскулярном лечении стабильной ИБС, до сих пор не достигнут консенсус в отношении выполнения ряда этапов операции (выбор количества коронарных проводников, последовательность их перезаведения, ROT-дилатация и kissing-дилатация), кроме того, продолжается дискуссия как в отношении показаний для перехода на двухстентовую методику, так и в выборе самой этой техники [39, 43, 53, 69, 73]. В послеоперационном периоде, модифицированные методики стентирования обеспечивают правильную геометрию стентированных участков необифуркации, что позволяет снизить риск тромбоза в раннем послеоперационном периоде за счет полного и оптимального прилегания стента к артерии (что подтверждается данными ОКТ контроля) [45, 55, 62, 73, 76]. С другой стороны, на сегодняшний день недостаточно данных в отношении выбора оптимального алгоритма, который может обеспечить снижение частоты использования большего количества эндоваскулярных инструментов и контрастного вещества, остается спорным вопрос выбора конкретной модификации, для достижения снижения частоты осложнений (поздний тромбоз, рестеноз) в отдаленном периоде.

Цель исследования.

Изучить и оптимизировать непосредственные и отдаленные результаты лечения путем оптимизации методики «провизорного» бифуркационного стентирования при атеросклеротическом поражении коронарных артерий.

Задачи исследования:

1. На основании сравнительного анализа различных методик «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий определить оптимальную тактику вмешательства с учётом клинико-анатомической тяжести поражения и оценки непосредственных и отдалённых послеоперационных результатов
2. Исследовать критерии допустимости рутинного применения техники локальной постдилатации ячеек стента в боковую ветвь с последующей проксимальной оптимизацией стента основной артерии при выполнении «провизорного» стентирования бифуркационного поражения коронарных артерий.
3. Предложить оптимальную последовательность действий для выполнения модифицированной методики «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий.

Научная новизна исследования.

С помощью анализа результатов опроса врачей по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению, который выполнялся впервые в нашей стране, были продемонстрированы существенные различия в выполнении «провизорного» стентирования при бифуркационном поражении коронарных артерий. Полученные данные подтвердили отсутствие единого подхода в отношении определения показаний и последовательности этапов при применении методики эндоваскулярного лечения. Настоящее исследование посвящено сравнительной оценке различных методик проведения «провизорного» стентирования с анализом ранних и отдалённых результатов их применения.

В отличие от ранее выполненных исследований, в настоящей работе результаты применения методик «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий оценивались комплексно с учётом ангиографических показателей, клинических исходов и данных оптической когерентной томографии. Оценка клинических исходов включала определение непосредственного успеха вмешательства, выраженности регресса клинической симптоматики в

послеоперационном периоде, в том числе снижение функционального класса стенокардии, а также анализ частоты неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в раннем и отдалённом периодах наблюдения, включая развитие рестеноза.

При сравнении различных способов проведения «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий впервые продемонстрировано, что применение модифицированной методики является сопоставимой по эффективности с другими изученными методиками, поскольку между группами не выявлено статистически значимых различий по показателям непосредственного ангиографического и клинического успеха, частоте перехода на двухстентовую технику, частоте госпитальных осложнений и неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, а также по данным оптической когерентной томографии. При этом по ряду технических параметров в группе модифицированной методики отмечались более благоприятные численные значения, однако выявленные различия не достигли статистической значимости, что не позволяет трактовать их как доказанное преимущество.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Ключевым результатом выполненного исследования, определяющим его теоретическую и практическую значимость, является продемонстрированная эффективность применения модифицированной методики «провизорного» стентирования, обеспечивающей формирование корректной геометрии стентированного участка необифуркации, что способствует снижению риска тромбоза в раннем послеоперационном периоде за счёт полного и оптимального прилегания стента к стенке артерии. Результаты научно-исследовательской работы востребованы в практике отделений рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения для оптимизации проведения стентирования коронарных артерий при их бифуркационных поражениях. Данные, полученные в настоящем исследовании, используются в процессе обучения врачей по эндоваскулярным методам диагностики и лечению в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский

университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Методология и методы исследования.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с правилами доказательной медицины. В работе применялись клинические, аналитические и статистические методы исследования. Исследование состоит из выборочного онлайн анкетирования (опроса) и проспективного этапа. На этапе опроса проведена оценка особенностей выполнения «провизорного» стентирования при бифуркационных поражениях коронарных артерий. На рандомизированном проспективном этапе был изучен клинико-гемодинамический профиль, клинический и ангиографический результат стентирования в раннем послеоперационном и отдаленном (12 месяцев) периодах, а также оценены результаты оптической когерентной томографии целевого сосуда.

Исследование одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России, протокол № 11/2020 от 26 ноября 2020.

Положения, выносимые на защиту

1. Применение трех различных техник «провизорного» стентирования («провизорное» стентирование с дилатацией боковой ветви и проксимальной оптимизацией стента, «провизорное» стентирование с kissing-дилатацией и проксимальной оптимизацией стента, модификационная методика «провизорного» стентирования с локальной постдилатацией ячейки стента и проксимальной оптимизацией) при бифуркационном поражении коронарных артерий обеспечивало сопоставимые ангиографические и клинические результаты (частота госпитальных осложнений и неблагоприятных сердечно-сосудистых событий).

2. На основании анализа клинико-ангиографических характеристик пациентов, а также непосредственных и отдалённых результатов установлено, что модифицированная методика «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий обеспечивает высокую клинико-ангиографическую эффективность, включая непосредственный успех вмешательства, адекватное восстановление просвета сосуда и сохранение проходимости боковой ветви, при сопоставимом с классическими техниками уровне безопасности по частоте госпитальных осложнений, неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и рестеноза.

3. Применение техники локальной постдилатации страты стента в боковую ветвь с последующей проксимальной оптимизацией стента основной артерии при соблюдении ангиографических критериев допустимости является безопасным и клинически обоснованным этапом «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий, способствует формированию оптимальной геометрии стентированного сегмента и не приводит к увеличению частоты интра- и послеоперационных осложнений.

4. Предложенная оптимизированная последовательность действий при выполнении модифицированной методики «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий позволяет упростить алгоритм эндоваскулярного вмешательства, сократить объём используемого инструментария и

контрастного вещества без ухудшения ангиографических и клинических результатов, что обосновывает возможность её применения в рутинной клинической практике

Степень достоверности и апробация работы.

Статистическая обработка данных, полученных в результате исследования, проведена при помощи компьютерных программ Microsoft Office Excel 2019 и IBM SPSS Statistics v.23. Достоверность результатов подтверждается достаточным объемом клинического материала, современными методами исследования и статистического анализа, теоретическим обоснованием полученных результатов. Подготовка, анализ и интерпретация данных проведены с использованием современных методов обработки информации. Основные положения диссертации доложены на 10-ом всероссийском конгрессе с международным участием «Х ТРАНСРАДИАЛЬНЫЙ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫЙ КУРС – ТРЭК-2023» (Самара, 2023); на 12-ом всероссийском конгрессе с международным участием «XII ТРАНСРАДИАЛЬНЫЙ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫЙ КУРС – ТРЭК-2025» (Екатеринбург, 2025), а также представлены в виде постерного доклада на международном конгрессе EuroPCR в 2026 году (Париж, Франция).

Публикации.

По теме исследования опубликованы 3 научные статьи, все 3 представлены в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки РФ для публикации результатов диссертации.

Личное участие автора в исследовании.

Автор самостоятельно провел анализ литературы, выполнил сбор данных, их статистическую обработку и анализ полученных результатов.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 108 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы, включающего 95 библиографических источников (27 отечественных и 68 зарубежных авторов). Библиографический поиск выполнен с глубиной с 2003 по 2025 гг. и включает современные клинические рекомендации, консенсусные документы, рандомизированные исследования и метаанализы, посвящённые диагностике и эндоваскулярному лечению ишемической болезни сердца и бифуркационных поражений коронарных артерий. Диссертация содержит 5 таблиц, 26 рисунков, 1 схема находящихся в тексте.

Глава 1 АКТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ БИФУРКАЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Определение, эпидемиология, диагностика, методы лечения

ИБС представляет собой патологическое состояние миокарда, обусловленное недостаточным коронарным кровоснабжением, которое возникает вследствие как необратимых органических изменений, так и преходящих функциональных нарушений в коронарных артериях [27]. К функциональным изменениям, способствующим развитию ишемии, относят вазоспазм и внутрисосудистое тромбообразование. В клинической практике понятие "ишемическая болезнь сердца" охватывает широкий спектр состояний, включающих острые преходящие (нестабильные) и хронические (стабильные) состояния [1].

В 2019 году Европейское общество кардиологов в своих обновленных рекомендациях по терапии стабильной ИБС ввело понятие хронических коронарных синдромов (ХКС), выделив шесть основных клинических ситуаций, наблюдаемых у пациентов со стабильной ИБС:

- 1) Пациенты с подозрением на ИБС, проявляющимся стабильной стенокардией и/или одышкой;
- 2) Пациенты с впервые диагностированной сердечной недостаточностью (СН) или дисфункцией левого желудочка (ЛЖ), при наличии подозрения на ИБС;
- 3) Пациенты с симптомами или без, у которых стабилизация симптоматики произошла в течение года после острого коронарного синдрома (ОКС) или после недавно проведенной реваскуляризации миокарда;
- 4) Пациенты с симптомами или без таковых, в период более одного года после первичного выявления ИБС или реваскуляризации;
- 5) Пациенты с ангинозными болями и подозрением на вазоспастическую

или микрососудистую природу стенокардии;

б) Бессимптомные лица, у которых ИБС выявлена в результате скрининговых исследований [59].

Все указанные клинические сценарии объединены в категорию ХКС, однако они характеризуются различными уровнями риска развития сердечно-сосудистых осложнений (например, смертельного исхода или инфаркта миокарда (ИМ)). Данный риск характеризуется временной динамикой и способен прогрессировать вследствие недостаточного контроля факторов риска, нерациональных изменений образа жизни, неадекватной фармакотерапии либо неудовлетворительных результатов реваскуляризации. Снижение риска возможно при условии эффективной вторичной профилактики и успешной реваскуляризации. Таким образом, ХКС представляют собой различные этапы эволюции ИБС, за исключением случаев, когда клиническая картина определяется острым тромбозом коронарной артерии, то есть острым коронарным синдромом (ОКС) [59].

В отечественной научной среде и клинических рекомендациях по-прежнему используется устоявшаяся терминология [1].

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются главной причиной смерти жителей России, составляя 47% всех случаев. При этом, ИБС занимает лидирующее место, и служит причиной 27% смертей. От 15 до 42% от общего числа смертей от ИБС приходится на людей трудоспособного возраста [4, 11]. К примеру, по данным Росстата число умерших от ССЗ россиян в 2021 г. составило 933986 человек или 640,3 на 100 тыс. населения (38% всех случаев смерти), причём из них на ИБС приходится больше половины (54,4%). Важно подчеркнуть, что среди всех умерших от ИБС 15 % (27% мужчин и 3% женщин) составляли лица трудоспособного возраста [1].

Вклад острых форм ИБС в показатель смертности от всех причин среди мужчин варьирует от 1,2 до 7,9% в возрасте 50-54 лет, среди женщин - от 0,9 до 5,5% в возрасте 65-69 лет. В возрастной группе до 60 лет преобладает доля «других форм острой ИБС» - от 51 до 100%, а в возрастной когорте старше 60 лет

ИМ занимает доминирующую позицию в структуре причин летальных исходов - от 56 до 78%. В возрастном периоде 40-44 лет показатель смертности от острых форм ИБС среди мужчин выше, чем среди женщин, от повторного ИМ - в 25 раз, от острого ИМ - в 7 раз; в возрастном периоде 50-54 лет показатель смертности мужчин выше аналогичного показателя у женщин выше от «других форм острой ИБС» в 4,5 раза [17].

Самой часто встречающейся формой ИБС является стенокардия. Согласно данным Росстата, за 2020 год общее число зарегистрированных случаев ИБС в России составило 7489,0 тыс. населения; в 2021 г. - 7456,3 тыс.; в 2022 г. - 7604 тыс. населения. Из общего числа случаев ИБС на стенокардию пришлось в 2020 г. - 2612,9 тыс., в 2021 – 2574, 9 тыс., в 2022 г. – 2592, 9 тыс.

Распространенность стенокардии в популяции увеличивается с возрастом: в возрастной группе 45-64 лет заболеваемость женщин составляет 5-7%, мужчин - 4-7%, в возрастной группе 65-85 лет - заболеваемость женщин 10-12%, мужчин - 12-14% [1]. Распространенность стенокардии как самой часто встречающейся формы ИБС увеличивается с возрастом у лиц обоего пола: с 5-7% среди женщин в возрасте 45-64 лет до 10-12% среди женщин в возрасте 65-85 лет, и с 4-7% среди мужчин в возрасте 45-64 лет до 12-14% среди мужчин в возрасте 45-64 лет [24].

При исследовании отдаленного прогноза у больных со стабильной ИБС было показано, что больные с подтвержденным диагнозом ИБС при выписке имеют в 2 раза более высокую частоту развития фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых осложнений, чем пациенты без ИБС [19].

Для диагностики заболевания учитывается комплекс предъявляемых пациентом жалоб, типичных для ИБС и анализируются данные анамнеза, особое внимание уделяется наличию факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, способствующих атеросклеротическому поражению коронарных артерий [16]. Далее применяются различные методы диагностического обследования, включая нагрузочные и визуализирующие тесты, для выявления скрытой коронарной недостаточности и подтверждения вероятного атеросклероза коронарных артерий [11].

Электрокардиография (ЭКГ) является базовым методом, позволяющим выявить признаки перенесенного ИМ, нарушения ритма и проводимости. Более информативной является ЭКГ с физической нагрузкой (тредмил-тест, велоэргометрия), которая позволяет выявить депрессию сегмента ST, свидетельствующую об ишемии миокарда при увеличении потребности в кислороде [15].

В ряде исследований и руководств рекомендуется начинать с неинвазивного стресс-тестирования/функционального тестирования для диагностики и стратификации риска у пациентов со стабильной ИБС [79]. В ходе крупного проспективного исследования с участием 10 003 пациентов, было показано, что аномальный результат при компьютерной томографической ангиографии (КТА) у пациентов моложе 65 лет был связан с увеличением сердечно-сосудистой смерти от ИМ, а у пациентов старше 65 лет с повышенным риском сердечно-сосудистой смерти/ИМ был достоверно связан только положительный функциональный тест (электрокардиография с физической нагрузкой или стресс-эхокардиография). Таким образом, роль КТА как диагностического теста для стабильной ИБС представляется многообещающей среди молодых пациентов, тогда как функциональное тестирование, вероятно, является наиболее экономически эффективным тестом для стратификации риска среди лиц старше 65 лет [46].

Трансторакальная эхокардиография (ТТЭхоКГ) в покое, включающая доплеровские методы, целесообразна для всех пациентов с подозрением на ИБС. Данное исследование позволяет дифференцировать болевой синдром, путем исключения перикардита или расслоения аорты; определить фракцию выброса (ФВ) ЛЖ, нарушения локальной сократимости ЛЖ, диастолическую дисфункцию; а также позволяет визуализировать клапанный аппарат сердца и выявить наличие патологии клапанного аппарата [87].

При отсутствии адекватной визуализации двух и более сегментов ЛЖ или у пациентов с «плохим» акустическим окном используется ЭХОКГ с применением контрастных веществ, что позволяет улучшить диагностическую ценность ЭхоКГ для выявления сократимости миокарда [81].

Несмотря на то, что электрокардиография с физической нагрузкой представляет собой адекватный диагностический метод для пациентов, способных выполнять регламентированные физические упражнения и имеющих интерпретируемую исходную электрокардиограмму, её диагностическая точность уступает методам нагрузочной визуализации. В рандомизированном исследовании S. D. Fihn et al. стресс-эхокардиография была более эффективной и показала большую экономическую эффективность по сравнению с ЭКГ с нагрузкой у пациентов без известной ИБС. Кроме того, стресс-визуализация остается предпочтительной у пациентов, у которых предполагается реваскуляризация, и у пациентов с исходной неинтерпретируемой ЭКГ (например, наличием блокады левой ножки пучка Гиса, гипертрофии ЛЖ) [48]. Кроме того, фармакологическое стресс-тестирование требует использования визуализации и не может полагаться только на ЭКГ для диагностики. Редко один тест определяет решение о терапии, но интеграция данных из нескольких методов стратификации риска обеспечивает наиболее полную оценку и, следовательно, наиболее корректно направленные терапевтические решения [79].

В условиях неубедительных результатов ЭХоКГ при получении данных о структуре и функции сердца прибегают к магнитно-резонансному томографическому (МРТ) исследованию сердца с контрастированием. МРТ с контрастированием также может быть полезно для выявления некоронарогенных заболеваний, таких как кардиомиопатии, миокардиты и др. [68].

Для дифференциальной диагностики ИБС с другими заболеваниями сердца или крупных сосудов, с поражением других органов средостения, легких, для выявления нарушений внутрилегочной гемодинамики применяется прицельная рентгенография органов грудной клетки (ОГК), в особенности у пациентов со скудной или нетипичной симптоматикой [1].

Для выявления атеросклеротических бляшек различных локализаций применяется дуплексное сканирование экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий, поскольку, атеросклероз сонных артерий у пациентов с ИБС служит основанием для рекомендации назначения гиполипидемической

терапии [88].

Суточное мониторирование ЭКГ применяется для выявления сопутствующих нарушений ритма и/или проводимости, а также при подозрении на вазоспастическую стенокардию [23].

Оценка коронарного кальция (КК) с использованием компьютерной томографии (КТ) сердца и вычисление индекса Агатстона является общепринятым методом количественной оценки атеросклеротического поражения коронарных артерий и позволяет стратифицировать риск развития сердечно-сосудистых событий (ИМ и внезапная сердечная смерть) при стабильной ИБС [14]. Индекс Агатстона рассчитывается на основании площади и плотности кальцинированных бляшек, выявленных при КТ-ангиографии коронарных артерий без контрастного усиления и коррелирует с общей атеросклеротической нагрузкой [31].

Мультиспиральная КТ (МСКТ)/МСКТ-ангиография (МСКТА) также может быть использована в качестве альтернативы визуализирующим стресс-методам [30].

Инвазивные методы обследования при стабильной ИБС включают в первую очередь коронарную ангиографию (КАГ). КАГ включает введение контрастного вещества в устья коронарных артерий под рентгенологическим контролем и широко используется для определения наличия, локализации, протяженности и степени стенозов коронарных артерий, а также для оценки риска развития осложнений [70]. Стратификация риска серьёзных сердечно-сосудистых событий (ССС) обосновывает необходимость проведения КАГ у пациентов с тяжелой стабильной стенокардией (функциональный класс III-IV) или при наличии клинических признаков высокого риска ССС, несмотря на проводимую медикаментозную терапию, даже без предварительного стресс-тестирования [6]. КАГ также показана пациентам с длительным анамнезом ИБС при появлении признаков ишемии по результатам неинвазивных стресс-тестов, усилении симптомов стенокардии или ее эквивалентов (функциональный класс III-IV), а также при необъяснимом снижении локальной и глобальной сократимости

миокарда ЛЖ [95]. При выявлении пограничных стенозов (50-90%) во время КАГ, особенно при отсутствии данных нагрузочных проб, рекомендуется измерение фракционного резерва кровотока (ФРК) или мгновенного резерва кровотока (МРК) для определения необходимости проведения реваскуляризации. Измерение ФРК или МРК во время КАГ рекомендуется рассматривать для стратификации риска ССО у пациентов с неинформативными или противоречивыми результатами неинвазивных исследований [44]. Значения $\text{ФРК} \leq 0,80$ и $\text{МРК} \leq 0,89$ являются независимыми предикторами высокого риска ССО [78].

Для оценки степени поражения ствола левой коронарной артерии (ЛКА) и проксимального сегмента правой коронарной артерии (ПКА) у пациентов со стабильной ИБС, при невозможности проведения нагрузочного тестирования или определения функциональной значимости стеноза посредством измерения ФРК или МРК, рекомендуется применение внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ) и/или оптической когерентной томографии (ОКТ) [6, 82, 83].

ВСУЗИ и ОКТ, как диагностические методы, дополняют коронарную ангиографию и обладают рядом преимуществ, позволяя детально изучить структуру атеросклеротических бляшек, выявить тромбоз коронарных артерий и оценить состояние сосудистой стенки [14]. Данные методы обеспечивают более точную визуализацию сложных атеросклеротических поражений, включая эксцентрические стенозы, которые трудно поддаются количественной оценке при стандартной КАГ [18]. ВСУЗИ и ОКТ могут быть полезны при поражениях ствола ЛКА, оптимизации результатов чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) ствола ЛКА, хронических окклюзиях КА, а также при бифуркационных и протяженных поражениях крупных эпикардальных артерий [21, 22]. ВСУЗИ также является чувствительным методом для обнаружения потенциально гемодинамически значимых стенозов, не выявленных при КАГ, и для исключения атеросклеротического поражения КА при ангиографическом сужении [12].

Медикаментозное лечение стабильной ИБС включает лекарственные средства первой линии (бета-блокаторы и блокаторы кальциевых каналов (БМК))

и препараты второй линии (органические нитраты длительного действия (НДД)), ивабрадин, никорандил, ранолазин, триметазидин). Помимо этого, применяются препараты, не влияющие на показатели гемодинамики (ранолазин, триметазидин).

Согласно Клиническим рекомендациям РФ (2024) больным со стабильной ИБС рекомендован как минимум один препарат для устранения стенокардии/ишемии миокарда и улучшения качества, а при приступах стабильной стенокардии прибегать к органическим нитратам короткого действия [1].

Реваскуляризация миокарда, включающая чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) и аортокоронарное шунтирование (АКШ), рассматривается у пациентов с неадекватным контролем симптомов на фоне медикаментозной терапии или при наличии значимого стеноза коронарных артерий, угрожающего жизнеспособности миокарда [7].

1.2 Современные классификации бифуркационных поражений коронарных артерий

Научная и клиническая значимость точной классификации бифуркационных поражений обусловлена её влиянием на прогнозирование результатов реваскуляризирующих процедур и снижение риска специфических осложнений (стент-тромбоз, рестеноз). В целях унификации терминологического описания и оптимизации выбора стратегии эндоваскулярной коррекции разработаны специализированные классификационные системы. Существующие классификации, позволяют детально описать локализацию и степень стеноза в основном сосуде и БВ, что критически важно для планирования чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ).

Наиболее распространенной является классификация Medina (Рисунок 1), основанная на бинарной системе оценки наличия или отсутствия поражения в основном сосуде (MB), боковой ветви (SB) и дистальном сегменте основного сосуда (MBdist). Система кодирования Medina использует трехзначный код

(A/B/C), где каждый символ отражает состояние соответствующего сегмента:

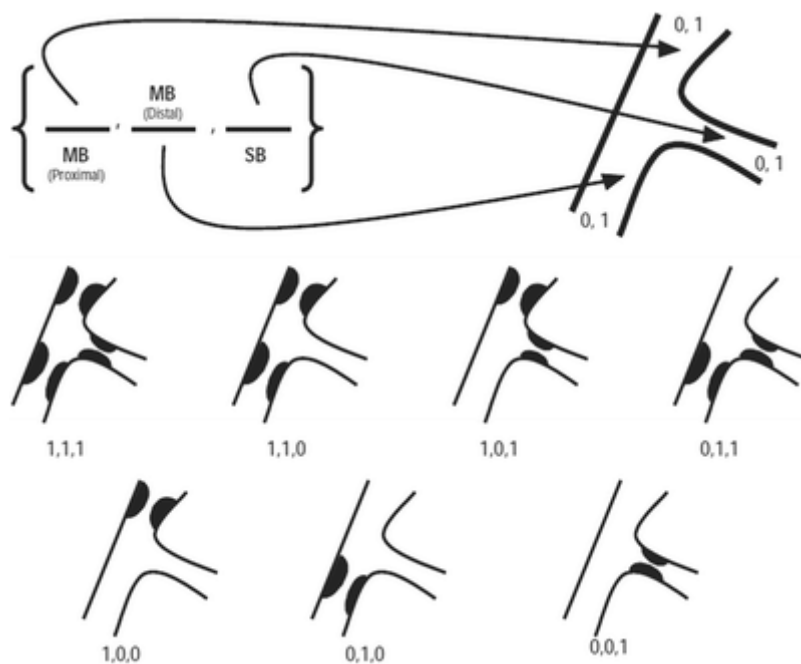


Рис. 1. Классификация Medina

A: Основной сосуд проксимальнее бифуркации (Main Branch proximal). Значение "1" указывает на наличие значимого стеноза в этом сегменте (обычно >50%), а "0" – на его отсутствие.

B: Боковая ветвь (Side Branch). "1" означает наличие значимого стеноза в боковой ветви, "0" – отсутствие.

C: Основной сосуд дистальнее бифуркации (Main Branch distal). "1" указывает на наличие значимого стеноза, "0" – на отсутствие.

Таким образом, код Medina позволяет быстро и четко описать ангиографическую картину бифуркационного поражения. Например, код "1,1,1" означает наличие значимого стеноза во всех трех сегментах бифуркации, в то время как "1,0,0" указывает на стеноз только в основном сосуде проксимальнее бифуркации [71].

Альтернативные системы, включают классификацию Lefèvre и МОСА. Классификация Lefèvre не имеет конкретного числового кода, как классификация Medina, а представляет собой описательную систему, позволяющую более детально оценить анатомические особенности бифуркационного поражения. Классификация Lefèvre фокусируется на ангиографических характеристиках

бифуркации, таких как угол между сосудами, диаметр сосудов и наличие кальцификации, что способствует оценке сложности поражения и выбрать оптимальную технику стентирования [66].

Классификация Lefèvre включает оценку следующих характеристик:

Угол бифуркации: Острый угол (<70 градусов) или тупой угол (>70 градусов) между основным сосудом и БВ. Острые углы часто ассоциируются с большей сложностью доступа к боковой ветви.

Диаметр боковой ветви: Оценка диаметра БВ относительно диаметра основного сосуда. Значительная разница в диаметрах может потребовать использования специализированных техник стентирования.

Наличие кальцификации: Оценка степени кальцификации в области бифуркации. Кальцификация затрудняет расширение сосуда и увеличивает риск осложнений.

Длина поражения: Оценка длины поражения в основном сосуде и БВ. Протяженные поражения требуют более агрессивной стратегии лечения [66].

Более комплексная классификация МОСА (Main, Opposite, Contralateral, Additional) предложенная Y. Louvard et al. в 2011 году, предоставляет более детальное описание поражения и учитывает дополнительные ангиографические характеристики бифуркационного поражения, такие как наличие тромбоза, диссекции и вовлечение устья БВ. Классификация МОСА не предоставляет единого числового кода, однако, включение дополнительных характеристик позволяет более точно оценить сложность поражения, индивидуализировать подход к лечению и оптимизировать выбор техники стентирования [69].

Классификация МОСА:

Main (Основной сосуд): оценивается наличие и степень стеноза в проксимальном и дистальном сегментах основного сосуда (MBprox, MBdist), а также наличие тромбоза, диссекции или кальцификации.

Opposite (Противоположный сегмент): оценивается состояние устья боковой ветви (SB ostium), наличие или отсутствие стеноза, а также его протяженность.

Contralateral (Контрлатеральный сегмент): оценивается состояние дистального сегмента боковой ветви (SB distal), включая наличие стеноза и его характеристики.

Additional (Дополнительные характеристики): учитываются дополнительные факторы, такие как угол между основным сосудом и БВ, наличие вовлечения бифуркации в острый ИМ, а также наличие значимой сопутствующей патологии коронарных артерий [69].

1.3 Методы визуализации и диагностики бифуркационных поражений коронарных артерий

Поражения бифуркаций, характеризующиеся стенозом в области разветвления сосуда, имеют особую клиническую значимость ввиду сложности их лечения и повышенного риска неблагоприятных исходов. Бифуркационные поражения составляют приблизительно 15–20 % всех чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ), выполняемых во всем мире [61]. Лечение бифуркационных поражений по-прежнему представляет собой клинически сложную задачу, сопровождающуюся тенденцией к возрастанию частоты рестеноза и стент-ассоциированного тромбоза [9]. Правильная оценка анатомии бифуркационного поражения, особенно устьев ветвей, имеет решающее значение при выборе стратегии лечения. Тщательное позиционирование стента БВ позволяет обеспечить полное покрытие устьевого поражения и ограничить выступание стента в основной сосуд [21, 26].

Коронарная компьютерная томографическая ангиография (ККТА) — неинвазивный метод визуализации, позволяющий тщательно оценить бляшки, вызывающие атеросклероз. Сегодня ККТА становится исследованием первой линии при поражениях бифуркации коронарных артерий [47]. За последнее десятилетие оценка гемодинамической значимости заболевания, измеряемая с помощью ФРК, полученного с помощью КТ, была проверена и внедрена в клиническую практику, для точного определения влияния на физиологию

каждого поражения, выявления кандидатов для реваскуляризации, или выявления пациентов, у которых инвазивная коронарная ангиография (ИКА) может быть отложена [69]. Роль ФРК КТ заключается либо в исключении атеросклероза, либо в обнаружении субклинической бляшки, состояние которой следует мониторировать на предмет прогрессирования/регресса бляшки после профилактической терапии, а также для определения степени риска [62]

В работе V. Ко́ска et al. показано, что ККТА позволяет определить оптимальные углы как коронарных устьев, так и важных коронарных бифуркаций и может предоставить дополнительную информацию для планирования и проведения чрескожных коронарных вмешательств [60, 80].

Ряд исследований продемонстрировал, что индекс бифуркации, рассчитанный по данным компьютерной томографии, является значимым предиктором окклюзии боковой ветви при выполнении чрескожного коронарного вмешательства. В. Hennessey et al., обнаружили, что их оценка бифуркации по КТ включала наличие бляшки в пределах БВ; бляшку, которая была кальцинирована в проксимальном сегменте основного сосуда (ОС); некротическую бляшку в сегменте БВ или проксимальном сегменте ОС и соотношение сосудистой площади ОС к БВ $> 4,3$, с присвоением балла каждому критерию. Точность, специфичность, чувствительность, отрицательная прогностическая ценность и положительная прогностическая ценность оценки бифуркации КТА составила 50%, 42%, 90%, 96% и 23% соответственно [54].

Следует отметить, что не рекомендуется применять ККТА у пожилых пациентов или при наличии выраженной коронарной кальцификации [86].

Кроме того, надежность диагностики с помощью КТ-ангиографии коронарных артерий в значительной степени определяется качеством получаемых изображений. Даже при использовании самых современных сканеров высокого класса, строгое соблюдение руководящих принципов надлежащей практики ККТА является абсолютно необходимым [61].

Целевая частота сердечных сокращений (ЧСС) для ККТА, рекомендованная на уровне менее 60 ударов в минуту, является оптимальной, однако, если ее

достижение невозможно, допустимо проведение сканирования при более высокой ЧСС, принимая во внимание временное разрешение используемого сканера [28]. Бета-блокаторы рассматриваются в качестве препаратов первой линии для достижения кратковременного снижения ЧСС, применяемых перорально, внутривенно или комбинированно. Для достижения вазодилатации и повышения диагностической точности ККТА, а также для адекватной оценки степени стеноза, необходимо введение нитроглицерина. Ядро реконструкции представляет собой алгоритм, используемый для вычисления значений КТ-плотности для каждого пикселя изображения. "Мягкие" ядра обеспечивают получение изображений с пониженным уровнем шума и более низким пространственным разрешением, в то время как "резкие" ядра повышают разрешение, уменьшают выраженность артефактов от металла или кальциевых отложений и улучшают четкость контуров, однако при этом увеличивают уровень шума на изображении [58].

Артефакты, включая кальцификаты и артефакты движения, оказывают значительное влияние на интерпретацию результатов КТ-ангиографии. У пациентов после стентирования артефакты, обусловленные наличием металлических балок стента, могут приводить к перекрытию до 55 % просвета в стентированном сегменте, что зависит от толщины балок, параметров получения изображений и используемых алгоритмов реконструкции. [28, 75]. Поскольку КТ-ФРК (КТ-оценка фракционного резерва кровотока) требует высокоточных анатомических моделей, наличие указанных артефактов может ограничивать точность метода [84]. Таким образом, несмотря на значительные технологические достижения в области компьютерной томографии, применение коронарной томографической ангиографии у пациентов, перенёсших чрескожное коронарное вмешательство, остаётся ограниченным, в частности в отношении возможности надёжного исключения внутрискелетного рестеноза, особенно при использовании стентов малого диаметра. Двухисточниковые мультidetекторные системы третьего поколения с более высоким пространственным и временным разрешением обеспечивают лучшее качество изображения, что позволяет более детально оценить проходимость стента [86].

Разграничение атеросклеротических бляшек и их дифференциация от сосудистой стенки и просвета сосуда при выполнении ККТА сопряжены с определёнными трудностями, обусловленными ограничениями пространственного разрешения современных компьютерных томографов. Это означает, что стенка сосуда может быть включена в объем некальцинированной бляшки. Кроме того, повышенная плотность соседней кальцинированной бляшки может приводить к искусственному повышению плотности прилегающей бляшки с низким затуханием, представляющей высокий риск, вследствие эффекта частичного объема. Это может привести к ошибочной классификации бляшки как фиброзной.

Инвазивная коронарная ангиография (ИКА) является золотым стандартом в диагностике и оценке степени поражения коронарных артерий, в том числе в области бифуркаций. ИКА позволяет визуализировать просвет коронарных артерий с высоким разрешением, что необходимо для точной оценки степени стеноза основной и боковой ветвей, а также для определения характеристик атеросклеротической бляшки [35]. Методика позволяет оценить угол отхождения БВ, диаметр сосудов и наличие кальцификации, для последующего планирования ЧКВ. ИКА также играет важную роль в оценке результатов ЧКВ в области бифуркации, позволяя выявить остаточный стеноз, тромбоз стента или другие осложнения. В случае необходимости, также может быть выполнена дополнительная дилатация стента или имплантация второго стента.

Процедура включает несколько последовательных этапов, начиная с обеспечения сосудистого доступа, как правило, через лучевую или бедренную артерию. После установки интродьюсера осуществляется проведение диагностического катетера к устьям коронарных артерий под рентгеноскопическим контролем, при этом выбор катетера определяется анатомическими особенностями пациента и предпочтениями оператора. Далее выполняется ` рентгеноконтрастного вещества в каждую коронарную артерию с последующим получением серии ангиографических изображений в различных проекциях, что позволяет оценить степень стеноза, морфологические

характеристики атеросклеротической бляшки и анатомию коронарной бифуркации. По завершении КАГ и, при необходимости, внутрисосудистой визуализации, катетер и интродьюсер удаляются, после чего принимается решение о целесообразности проведения ЧКВ [94].

В исследовании K. Grodecki et al. при сопоставлении и классификации поражений по шкале Medina, выполненной с использованием ИКА и КТА, были получены сопоставимые результаты [52].

В аналогичной работе H. Naem et al. результаты КТА были более воспроизводимыми, чем результаты, полученные с помощью ИКА [74].

Для более детальной оценки бифуркационного поражения может быть использовано внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) или оптическая когерентная томография (ОКТ). ВСУЗИ и ОКТ позволяют обеспечить более точную оценку всех сегментов БП, а также выявить скрытые диффузные атеросклеротические поражения, недоступные для КТА. ВСУЗИ позволяет оценить толщину бляшки и степень сужения просвета сосуда изнутри, а ОКТ обеспечивает визуализацию структуры бляшки с высоким разрешением [61, 85].

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование представляет собой метод внутрисосудистой визуализации, позволяющий получать изображения поперечного сечения коронарных артерий. Получаемые при ВСУЗИ изображения позволяют визуализировать основные анатомические структуры сосудистой стенки, включая просвет сосуда, наружную эластическую мембрану (ВЭМ), а также компоненты атеросклеротической бляшки. В нескольких исследованиях были предложены методы комбинирования изображений ВСУЗИ и ангиографии для трехмерной реконструкции коронарных артерий; однако эти подходы в основном касались небифурцированных сосудов. Позднее в исследовании Wu был представлен метод, сочетающий ВСУЗИ и ангиографию с передовыми методами моделирования для трёхмерной реконструкции коронарных бифуркаций с учётом материалов бляшек. Авторы утверждают, что клиническая применимость метода исследована на трёх типах пациент-специфичных патологических бифуркаций различной анатомической сложности с использованием микрокомпьютерной

томографии (МКТ) в качестве золотого стандарта для оценки точности и воспроизводимости предлагаемой методологии. Трехмерные модели бифуркации, реконструированные с помощью ВСУЗИ, показали высокую степень соответствия референтным моделям, содержащим МКТ, с коэффициентом корреляции r^2 0,88 до 0,99.

1.4 Современное представление об эндоваскулярном подходе лечения бифуркационных поражений коронарных артерий.

Эндоваскулярное лечение бифуркационных поражений коронарных артерий представляет собой сложную область интервенционной кардиологии. Коронарные бифуркации представляют собой клинически сложный сценарий, при этом выбор оптимальной стратегии их лечения остаётся предметом дискуссий [8].

Существует несколько стратегий эндоваскулярного лечения бифуркационных поражений, включая техники с использованием одного стента (например, «провизорного» T-stenting) и техники с использованием двух стентов (например, crush, culotte, DK-crush). Выбор оптимальной стратегии зависит от анатомических особенностей поражения, таких как угол отхождения БВ, диаметр сосудов и степень стеноза обеих ветвей [13].

«провизорного» T-stenting – это стратегия эндоваскулярного лечения бифуркационных поражений коронарных артерий, при которой имплантация стента в БВ выполняется только при наличии значимого остаточного стеноза или диссекции после стентирования основной ветви [80]. Данная техника является предпочтительной в большинстве случаев бифуркационных поражений, благодаря своей простоте и сниженному риску осложнений по сравнению с техниками с использованием двух стентов [51].

Процедура обычно начинается с проводниковой катетеризации коронарной артерии и проведения проводников в основную и боковую ветви. Затем выполняется предварительная дилатация обеих ветвей баллонными катетерами. После этого имплантируется стент в ОВ. Если после дилатации основной ветви в

боковой ветви сохраняется значимый стеноз (обычно $>70\%$ визуально или $>50\%$ по данным внутрисосудистой визуализации) или присутствует диссекция, то в БВ имплантируется стент с использованием Т-образной техники [67]. Важным этапом является "kissing balloon inflation" – одновременная дилатация баллонами в основной и боковой ветвях для оптимизации геометрии бифуркации [25].

Также предложена стратегия послойного предварительного стентирования (Layered Provisional Stenting, LPS), которая представляет собой модификацию техники «провизорного» Т-stenting, разработанную для оптимизации лечения бифуркационных поражений коронарных артерий. Данная стратегия направлена на минимизацию риска рестеноза устья БВ и упрощение процедуры по сравнению с более сложными двухстентовыми техниками, такими как crush или culotte стентирование [34].

LPS предполагает предварительное стентирование основной ветви (ОВ) с последующей оценкой необходимости стентирования БВ. Ключевым отличием является использование стента с лекарственным покрытием (DES) меньшего диаметра для предварительного стентирования ОВ, оставляя возможность для последующей дилатации и стентирования БВ без значительного перекрытия металлом. После имплантации стента в ОВ проводится баллонная дилатация устья БВ. Если после дилатации сохраняется значимый стеноз или диссекция БВ, выполняется стентирование БВ с использованием Т-стентирования [69].

Преимущества LPS включают снижение количества используемых стентов, уменьшение риска тромбоза стента и упрощение процедуры. Исследования подчеркивают важность минимизации перекрытия металлом для снижения риска рестеноза [76]. Клинические результаты ряда исследований, демонстрируют сопоставимую эффективность LPS с более сложными техниками, используемыми при лечении бифуркационных поражений с низким риском [64].

В случаях, когда поражение БВ является значимым, может потребоваться имплантация второго стента. Техники эндоваскулярного лечения бифуркационных поражений коронарных артерий, с использованием двух стентов применяется в случаях, когда поражение затрагивает обе ветви бифуркации и

характеризуется значительным стенозом БВ, требующим ее обязательного стентирования [50].

Методы двойного стентирования включают в себя несколько последовательных этапов. Сначала проводники устанавливаются в основную и боковую ветви. Затем, стент имплантируется в БВ с небольшим пролабированием (около 2-3 мм) в ОВ. Далее проводится баллонная дилатация в основной ветви для "crush" (сдавливания) пролабирующей части стента БВ. После этого, проводник возвращается в БВ, и выполняется "kissing balloon inflation" – одновременная дилатация баллонами в основной и боковой ветвях. В завершение процедуры стент имплантируется в ОВ, перекрывая устье БВ [25].

Основное отличие классического Crush стентирования от DK-Crush (Double Kissing Crush) заключается в модификации техники "crush" и оптимизации доступа к БВ. В классическом Crush стентировании, после имплантации стента в БВ с пролабированием в основную, баллон раздувается в основной ветви для "раздавливания" (crush) пролабирующей части стента БВ. Затем выполняется имплантация стента в основной ветви. При DK-Crush стентировании, после первоначального "crush", проводится первое "kissing balloon inflation" (KBI) – одновременное раздувание баллонов в основной и боковой ветвях для оптимизации доступа к БВ. Затем имплантируется стент в ОВ, после чего выполняется второе KBI.

Методика DK-Crush направлена на улучшение клинических результатов за счёт снижения риска тромбоза стента и рестеноза устья БВ. Исследование S. L. Chen et al., показало, что DK-Crush может превосходить классический Crush при лечении поражений левой главной коронарной артерии, демонстрируя снижение частоты сердечно-сосудистых событий [39].

Culotte стентирование, напротив, подразумевает имплантацию стента в одну из ветвей (обычно в БВ) с пролабированием в основную, затем имплантацию стента в ОВ, перекрывая устье БВ. После этого выполняется KBI для оптимизации [85]. Таким образом, Culotte создает полное покрытие устья БВ стентом, в то время как Crush оставляет часть устья БВ покрытой "раздавленным" слоем стента

[33].

Выбор между техниками Crush и Culotte определяется анатомическими особенностями поражения и предпочтениями оператора, при этом имеющиеся данные свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий в их отдалённых клинических результатах. [32]. Однако, мета-анализы указывают на возможные преимущества DK-Crush в снижении риска тромбоза стента по сравнению с другими двухстентовыми стратегиями [39].

Следует отметить, что двойное стентирование требует более сложной техники и большего времени процедуры, что может увеличить риск осложнений [42]. Помимо этого, результаты исследований показывают, что методы двойного стентирования могут быть эффективными в сложных бифуркационных поражениях, обеспечивая адекватное покрытие стеноза в обеих ветвях. Кроме того, эта техника сопряжена с более высоким риском тромбоза стента и необходимостью длительной двойной антитромбоцитарной терапии по сравнению с «провизорным» T стентированием [50].

1.5 Методика «провизорного» стентирование при лечении бифуркационных поражений коронарных артерий.

«Провизорное» стентирование в настоящее время рассматривается в качестве стандартной стратегии лечения бифуркационных поражений коронарных артерий [69]. Данный подход рекомендован ведущими международными клиническими руководствами, включая обновлённые рекомендации 2024 года по ведению пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца, как предпочтительная тактика в большинстве случаев бифуркационных поражений [1]. Широкое применение методики обусловлено оптимальным соотношением эффективности и безопасности, подтверждённым результатами многочисленных клинических исследований. Согласно современным данным, PS применяется в 70-80% вмешательств на коронарных

бифуркациях, демонстрируя лучшие клинические исходы по сравнению с двухстентными техниками [32, 66, 69, 77, 94].

Бифуркационные поражения представляют особую сложность для интервенционных кардиологов. Они составляют около 15-20% всех чрескожных коронарных вмешательств и традиционно относятся к наиболее технически сложным процедурам [40, 62, 82, 93]. Основные трудности связаны с необходимостью сохранения проходимости БВ, риском ее окклюзии при стентировании основной ветви, а также повышенной вероятностью рестеноза в зоне бифуркации [40, 93]. Исторически применялись различные двухстентные стратегии, такие как culotte, T-stenting и различные модификации crush-техник, однако их использование сопряжено с существенными техническими сложностями и повышенным риском осложнений, особенно тромбоза стента [39, 41, 93]. В этом контексте «провизорное» стентирование, предполагающий первоначальное стентирование основной ветви с возможным дополнительным вмешательством на БВ только при наличии четких показаний, стал оптимальным решением для большинства клинических ситуаций [1, 29, 32, 66, 69, 77, 94].

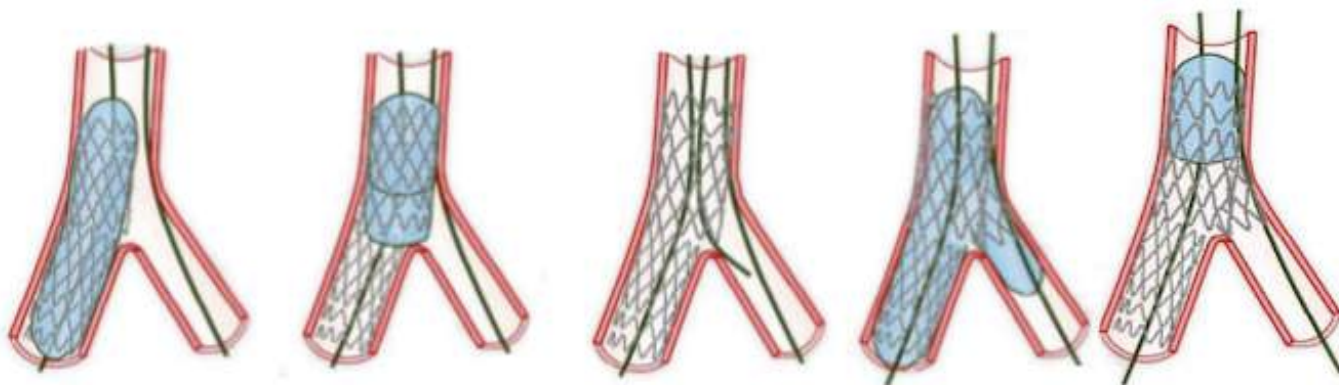


Рис. 2. Технические аспекты «провизорного» стентирования

Современный алгоритм ПС представляет собой четкую последовательность этапов, каждый из которых имеет критическое значение для успешного исхода вмешательства (Рис. 2) [69]. Процедура начинается с тщательной оценки ангиографических признаков морфологии поражения [38, 66, 69, 77], однако

данные исследований и клинических рекомендаций высказывают предпочтения в пользу использования методов интракоронарной визуализации, таких как ОКТ или ВСУЗИ [32, 55, 66, 69, 77]. Многочисленные исследования демонстрируют, что применение ОКТ позволяет снизить частоту осложнений на 30% по сравнению с традиционным ангиографическим контролем [35, 55, 62]. При анализе коронарных артерий с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) можно оценить морфологию атеросклеротических бляшек (фиброзные, липидные, кальцинированные), измерить толщину фиброзной покрышки, выявить признаки нестабильности (разрывы, макрофагальные скопления, тромбы), определить степень стеноза, оценить результаты стентирования (недостаточную экспансию стента, мальаппозицию, неоинтимальную гиперплазию), а также визуализировать вовлеченность БВ при бифуркационном поражении, что помогает в выборе тактики лечения и оценке эффективности вмешательств. Особое внимание уделяется оценке кальциноза - при выявлении выраженного кальциноза (более 180° по данным ОКТ) рекомендуется предварительное выполнение ротационной атерэктомии.

Следующий ключевой этап - имплантация стента в ОВ. Здесь критически важными являются несколько аспектов: выбор стента с оптимальным дизайном ячеек (предпочтение отдается конструкциям с открытыми ячейками) [32, 36, 37, 55, 62, 63, 66, 69, 73, 77, 82, 94], точное позиционирование стента с обязательным покрытием устья БВ, а также контроль качества раскрытия стента с помощью ангиографии и возможного применения интракоронарной визуализации [55, 62, 76]. Технически наиболее сложным этапом является реканализация БВ (rewiring), требующая особого внимания к выбору точки прохождения проводника (предпочтительна дистальная треть ячейки стента) [69], контроля положения проводника с помощью многоплоскостной ангиографии или ОКТ, а также избегания прохождения под стратами стента. Завершающий этап включает баллонную дилатацию и финальную оптимизацию, которая может варьировать от простой дилатации БВ до выполнения техники kissing balloon (KBI) [29, 32, 37, 63,

66, 69, 77, 94] или проведения FFR при сомнениях в значимости остаточного стеноза [39, 93].

Критерии перехода к двухстентной стратегии

Несмотря на очевидные преимущества «провизорного» стентирования, в 15-20% случаев возникает необходимость перехода к двухстентной технике [32, 36, 63, 66, 69]. Согласно бифуркационному консенсусу, основными критериями для выполнения стентирования БВ являются: выраженная диссекция (>5 мм), значимое снижение кровотока (TIMI <3), диаметр артерии более 2 мм, большая протяженность поражения, важность кровоснабжаемого миокарда и необходимость сохранения артерии для возможных будущих вмешательств [29, 32, 65, 66, 69, 77]. Функциональные критерии подразумевают выявление гемодинамически значимого стеноза (FFR в боковой ветви менее 0,80 после «провизорного» стентирования) или наличие признаков ишемии в бассейне кровоснабжения БВ. Отдельную группу показаний составляют процедурные осложнения, такие как диссекция боковой ветви C, D, E, F типов по классификации NHLBI или ее окклюзия с клиническими проявлениями. Решение о переходе к двухстентной стратегии должно приниматься с учетом всех перечисленных факторов, а также индивидуальных особенностей пациента и опыта оператора.

Согласно результатам мета-анализа, проведенного I. G. R. Suryawan et al., отдалённые результаты «провизорного» стентирования в раннем послеоперационном периоде, включая рестеноз, смертность и ИМ, сопоставимы с двухстентовыми техниками при лечении бифуркационных поражений [83]. Одностентовая стратегия технически проще и сопровождается меньшим количеством интраоперационных осложнений. Кроме того, как показало исследование T. J. Ford et al., этот подход ассоциирован со снижением общей смертности через 1 год по сравнению с более сложными методиками [49].

Мета-анализ данных 3265 пациентов из 9 рандомизированных исследований позволил сравнить долгосрочные результаты применения одно- и двухстентовой техник при стентировании бифуркаций коронарных артерий. Полученные результаты показали преимущество «провизорного» стентирования в плане общей выживаемости: смертность в этой группе составила 2,94%, что статистически значимо ниже показателя 4,23% в группе двухстентового стентирования (относительный риск 0,69; 95% доверительный интервал 0,48–1,00; $p = 0,049$). При этом по остальным показателям значимых различий между группами не выявлено: частота больших неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (MACE) составила 15,8% и 15,4% ($p = 0,79$), ИМ — 4,8% и 5,5% ($p = 0,51$), повторной реваскуляризации целевого поражения — 9,3% и 7,6% ($p = 0,19$), а частота тромбоза стента — 1,8% и 1,6% ($p = 0,28$) соответственно [49].

В ходе рандомизированного исследования «The Nordic-Baltic Bifurcation Study IV», охватившего 450 пациентов, была проведена сравнительная оценка «провизорного» стентирования и двухстентовой техники. Анализ показал отсутствие статистически значимых различий по частоте больших неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (MACE): через 6 месяцев показатели составили 5,5% в группе «провизорного» стентирования против 2,2% в группе двухстентового подхода ($p = 0,07$), а через 24 месяца — 12,9% против 8,4% соответственно ($p = 0,12$) [62]. Параллельно проводилось другое масштабное рандомизированное исследование, где сравнивали «провизорное» стентирование с техникой «Culotte» при истинных бифуркационных поражениях. Примечательно, что в этом исследовании значительно возросла частота применения финальной катетер-дилатации: до 95% в группе «провизорного» стентирования и до 98% в группе «Culotte». При оценке первичной конечной точки, включающей смерть от всех причин, ИМ и реваскуляризацию целевого сосуда через 12 месяцев, частота этих событий составила 7,7% в группе «провизорного» стентирования и 10,3% в группе «Culotte», при этом не было выявлено статистически значимых различий (относительный риск 1,02; 95% доверительный интервал 0,78–1,34; $p = 0,53$).

При оценке среднесрочных клинических результатов риск смерти от всех причин (ОШ = 0,81; 95% ДИ: 0,50–1,30; $P = 0,38$) был сопоставим между стратегией двойного стентирования и стратегией одиночного стентирования при среднесрочном наблюдении. Однако применение стратегии двойного стентирования ассоциировалось с более низким риском тромбоза стента (ТС) и сердечно-сосудистой смертности по сравнению с одиночным стентированием (ОШ = 0,43; 95% ДИ: 0,20–0,89; $P = 0,02$ и ОШ = 0,43; 95% ДИ: 0,21–0,89; $P = 0,02$ соответственно). Значимых различий между стратегиями не наблюдалось в отношении МАСЕ (ОШ = 0,97; 95% ДИ: 0,73–1,31; $P = 0,86$), повторная реваскуляризация целевого сосуда (ОШ = 0,96; 95% ДИ: 0,67–1,38; $P = 0,83$) или ИМ (ОШ = 0,87; 95% ДИ: 0,58–1,29; $P = 0,48$).

При объединённом анализе данных исследований с периодом наблюдения более 3 лет [39, 41, 82, 93] отдалённые клинические исходы оказались сопоставимыми между двумя стратегиями, включая: общую смертность (ОШ = 0,85; 95% ДИ: 0,62–1,18; $P = 0,33$), МАСЕ (ОШ = 1,20; 95% ДИ: 0,80–1,81; $P = 0,37$), повторная реваскуляризация целевого сосуда (ОШ = 1,45; 95% ДИ: 0,98–2,13; $P = 0,06$), ТС (ОШ = 0,85; 95% ДИ: 0,39–1,87; $P = 0,69$), сердечно-сосудистую смертность (ОШ = 0,77; 95% ДИ: 0,49–1,19; $P = 0,24$), ИМ (ОШ = 0,64; 95% ДИ: 0,35–1,17; $P = 0,15$).

Представленные выше результаты анализа «провизорного» стентирования свидетельствуют о том, что данная методика сохраняет статус предпочтительной стратегии лечения бифуркационных поражений коронарных артерий, демонстрируя более благоприятные клинические исходы по сравнению с двухстентными подходами [29].

Основные преимущества «провизорного» стентирования включают не только техническую простоту, но и возможность перехода к двухстентовым методикам (таким как Т-стентирование, ТАР или Culotte) при необходимости. Критерии выбора конкретного метода зависят главным образом от угла бифуркации и диаметра БВ. Т-стентирование чаще применяется при углах, близких к 90° , а ТАР и Culotte обычно используют при Y-образной конфигурации

бифуркационного поражения. Таким образом, «провизорный»-подход сохраняет гибкость в выборе оптимальной стратегии реваскуляризации.

1.6 Двухстентовые методики стентирования коронарных артерий

В то время как «провизорное» стентирование остаётся оптимальной стратегией при большинстве несложных бифуркационных поражений, двухстентные подходы продолжают совершенствоваться и применяться при сложной анатомии коронарных бифуркаций. Наиболее широко изученной техникой бифуркации с двумя стентами в настоящее время является Crush - стентирование, включая DK – стентирование (Double Kissing Crush) (Рис). Оригинальная техника Crush была разработана для предотвращения рецидива рестеноза в устье БВ [42].

Стентирование БВ в технике "crush" может быть выполнено радиальным доступом с применением направляющих катетеров 6 Fr. Однако, при сложных бифуркациях, характеризующихся выраженной кальцификацией или извитостью сосудов, использование направляющего катетера большего диаметра (7 или 8 Fr) способно значительно улучшить поддержку и облегчить выполнение процедуры. При этом, как правило отдают направляющим катетерам, обеспечивающим надежную поддержку.

Перед имплантацией стента в БВ баллон, предназначенный для "crush"-стентирования БВ, должен быть введен в ОВ, поскольку, продвижение баллона в ОВ после имплантации стента БВ может быть затруднено или даже невозможно. Размер баллона для "crush"-разрушения должен соответствовать дистальному диаметру ОВ в соотношении 1:1. В качестве альтернативы, или в случае недостаточного раскрытия стента после первой попытки, может быть использован баллон, соответствующий проксимальному диаметру ОВ в соотношении 1:1.

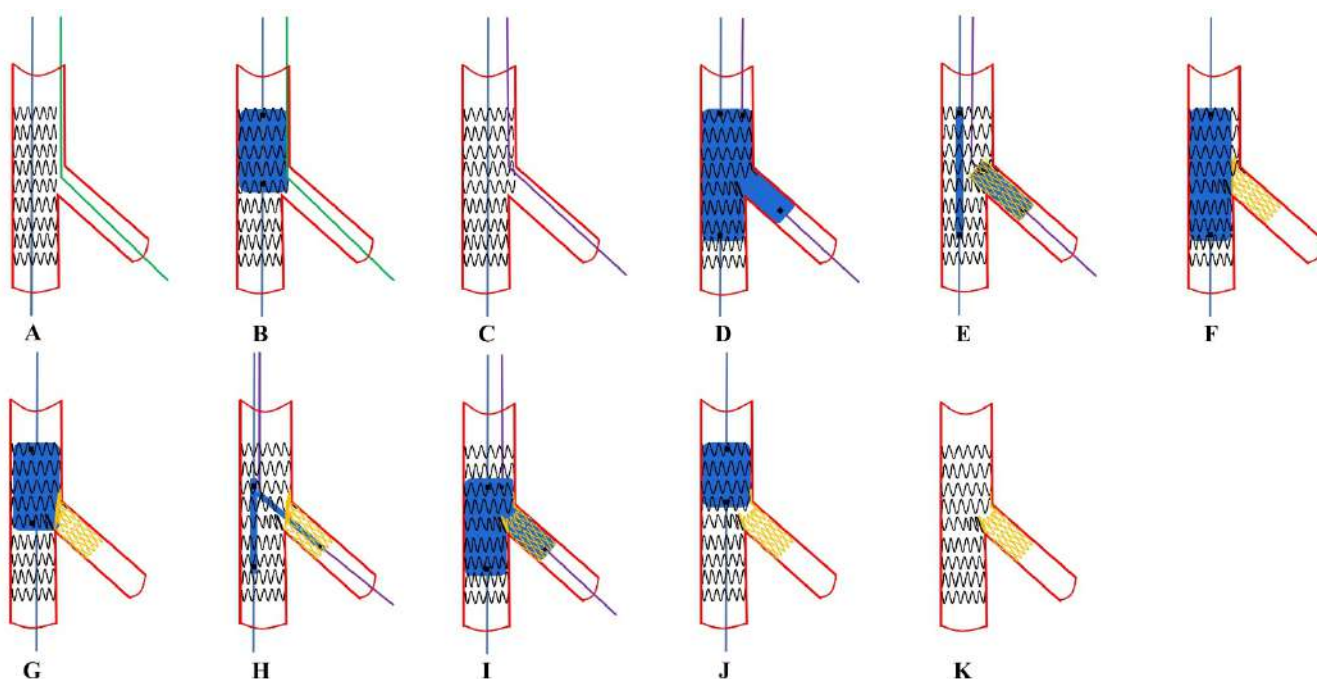


Рис. 3. Технические аспекты методики Crush – стентирования

Отмечается, что после выполнения техники crush повторная катетеризация боковой ветви (БВ) может быть технически затруднена. В связи с этим перед выполнением crush-стентирования целесообразно проведение контрольной ангиографии, при необходимости — с применением методов внутрисосудистой визуализации (оптическая когерентная томография или внутрисосудистое ультразвуковое исследование). Все осложнения, связанные с краем стента БВ, должны быть устранены до этапа его имплантации с последующим выполнением техники crush. Анализ ангиографических данных и/или результатов внутрикоронарной визуализации позволяет исключить наличие диссекции проксимального или дистального края стента, а также признаков дистальной перфорации на различных этапах вмешательства. [69].

Culotte стентирование (Рис. 4) применяется в случаях, когда БВ имеет значимый диаметр и кровоток, и её окклюзия после стентирования только основной артерии недопустима. Для оптимизации результатов и минимизации риска осложнений Процедура требует тщательной оценки анатомических особенностей бифуркации, включая углы отхождения БВ и диаметры сосудов, [9, 10].

Существуют модификации Culotte стентирования, в частности "mini-culotte", при которой протрузия стента БВ в ОС минимизирована, что потенциально снижает риск тромбоза и рестеноза. Оптимизация результатов Culotte стентирования достигается с помощью баллонной дилатации (POT, Proximal Optimization Technique) и kissing balloon technique, направленных на улучшение аппозиции стентов и открытие просвета обеих ветвей.

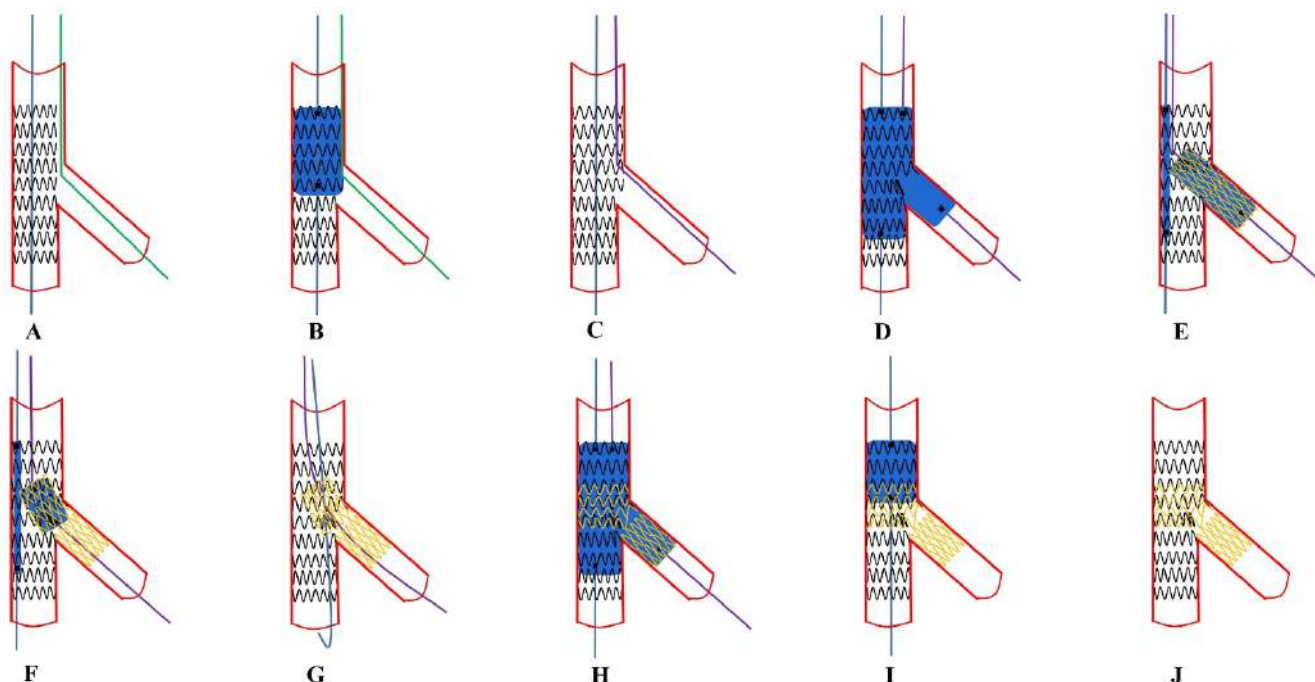


Рис. 4. Технические аспекты методики Culotte – стентирования

ТАР (T and Protrusion) стентирование (Рис. 5) является одной из техник, применяемых для лечения бифуркаций, характеризующейся имплантацией стента в БВ с минимальной протрузией в основную артерию. ТАР стентирование может быть целесообразным при лечении бифуркаций, где БВ имеет значимый диаметр и кровоток, а риск ее окклюзии после стентирования основной артерии высок. Техника включает имплантацию стента в БВ с последующей баллонной дилатацией в части основного ствола для обеспечения оптимального прилегания стента к стенке сосуда.

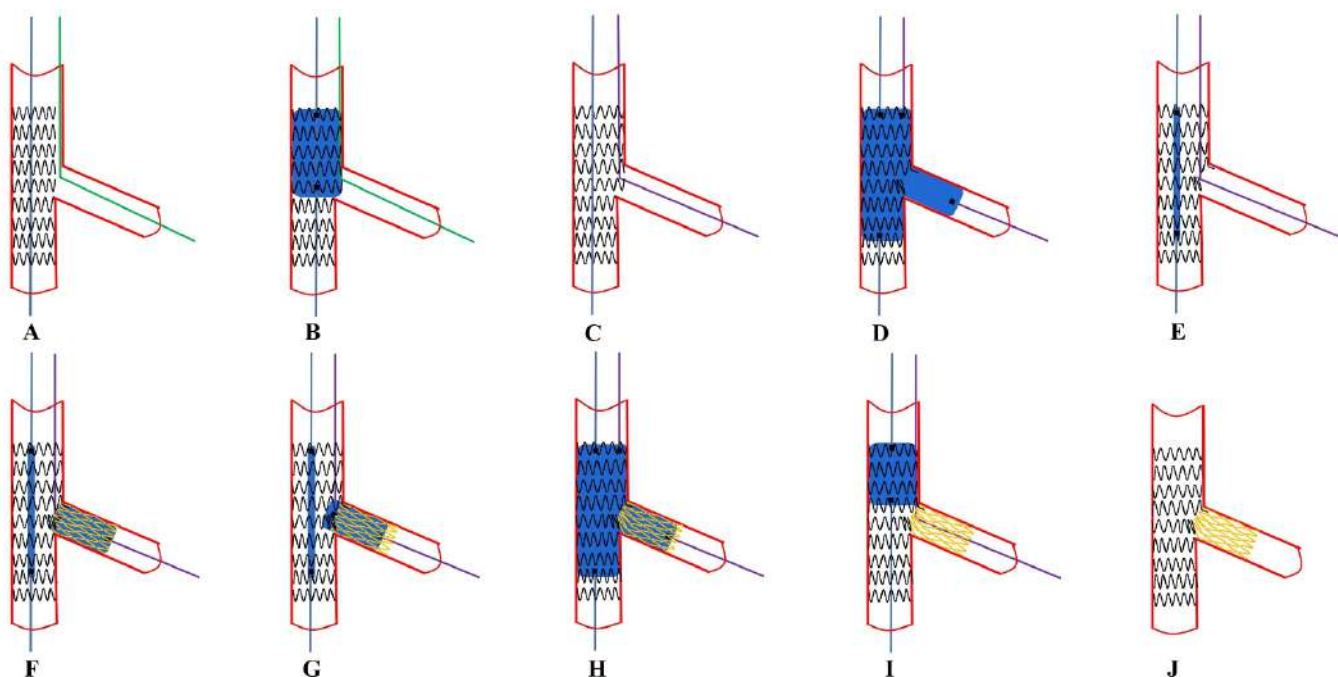


Рис. 5. Технические аспекты методики ТАР – стентирования

Ключевыми аспектами, определяющими успех ТАР стентирования, являются точный подбор размера стентов для обеих ветвей, оптимальное позиционирование стента в БВ и аккуратная баллонная дилатация.

Т-стентирование (T-stenting) – методика эндоваскулярного лечения бифуркационных поражений коронарных артерий, заключающаяся в имплантации стента в БВ, с минимальной протрузией в основной ствол. Данный подход может быть рассмотрен в случаях, когда БВ также имеет клинически значимый диаметр и кровоток, а риск её окклюзии после стентирования только основной артерии представляется существенным.

Технически, Т-стентирование (Рис. 6) предполагает имплантацию стента в БВ, при этом проксимальный край стента незначительно выступает (протрузирует) в просвет ОС. После имплантации стента БВ выполняется баллонная дилатация места протрузии стента в ОС для оптимизации аппозиции стента к стенке сосуда и минимизации риска образования тромбов.

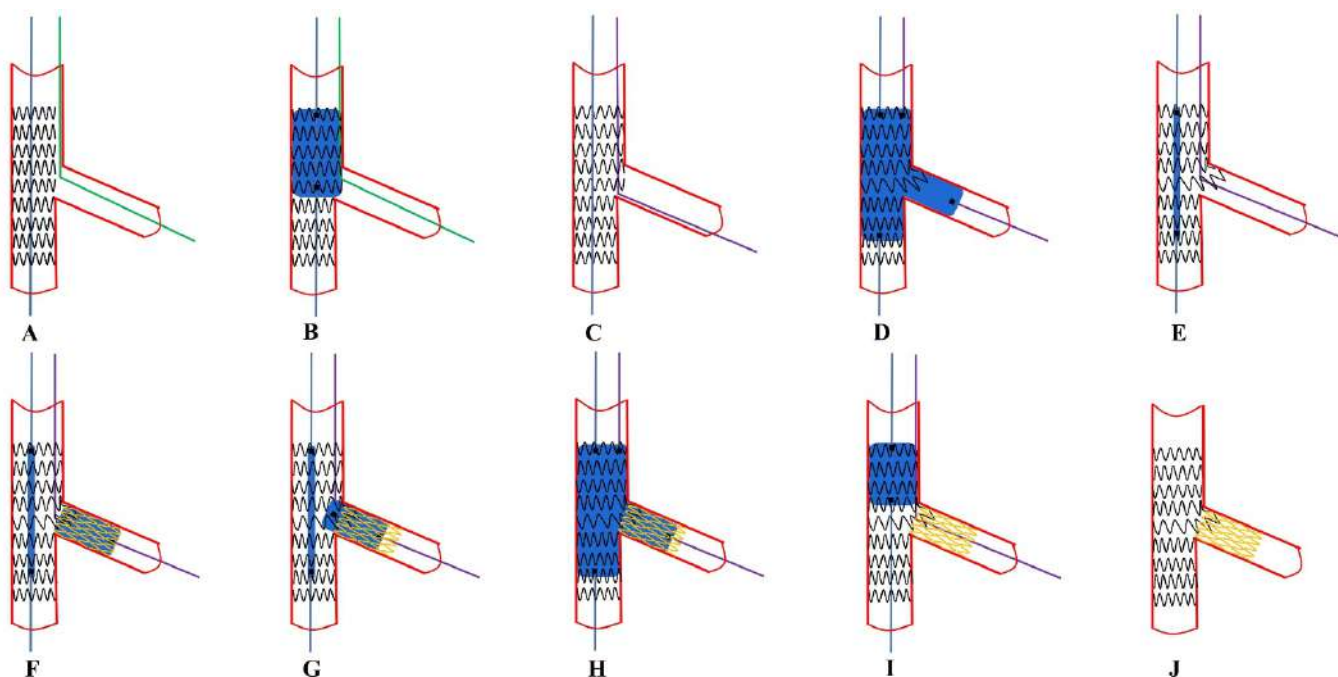


Рис. 6. Технические аспекты методики Т – стентирования

Преимуществами Т-стентирования являются относительная простота техники, возможность сохранения доступа к БВ в случае рестеноза ОС, а также потенциальное снижение риска перекрытия устьев других, расположенных дистальнее, боковых ветвей. Однако, Т-стентирование сопряжено с риском неполного покрытия устья БВ и, как следствие, повышенным риском рестеноза в этой области.

Различные рандомизированные контролируемые исследования сопоставляли различные методики стентирования бифуркационных поражений КА. Масштабное многоцентровое исследование, направленное на оценку эффективности методик Crush и Culotte при бифуркационных поражениях включало шесть месяцев наблюдения за 424 пациентами, рандомизированными в группы Crush и Culotte стентирования, оценивались первичные конечные точки, включающие ИМ, серьезные сердечно-сосудистые осложнения (MACE) и тромбоз стента. Результаты шестимесячного наблюдения не выявили статистически значимых различий в частоте сердечно-сосудистых заболеваний, ИМ и тромбоза стента [62].

Однако, ангиографические данные другого исследования

продемонстрировали значительное снижение рестеноза внутри стента в группе, подвергнутой стентированию с использованием техники Culotte. K. Kumsars et al. представили результаты долгосрочного анализа, свидетельствующие о сопоставимых показателях смертности, сердечно-сосудистых заболеваний и тромбоза стента в обеих группах лечения через 36 месяцев [62].

Более позднее рандомизированное исследование, где пациенты оценивались по первичным конечным точкам (сердечная смерть, ИМ, тромбоз стента и реваскуляризация) через 12 месяцев показало аналогичные результаты. Тем не менее, была выявлена более высокая частота рестеноза (вторичная конечная точка) в группе Crush - стентирования (12% против 6% соответственно). Дополнительно, стентирование техникой Culotte демонстрировало более благоприятные характеристики потока через стент. Таким образом, авторы утверждают, что обе методики не приводят к существенно различным клиническим исходам, однако, стентирование с использованием техники Culotte потенциально более эффективно в снижении рестеноза внутри стента.

Техника стентирования Culotte также сопоставлялась ТАР с имплантацией стента при поражениях бифуркации коронарной артерии. В исследовании M. Ferenc et al. пациенты были рандомизированы в группы стентирования Culotte или ТАР с использованием стентов с лекарственным покрытием. Первичной конечной точкой являлся максимальный процент диаметра стеноза поражения при 9-месячном наблюдении. Вторичные конечные точки включали частоту реваскуляризации целевого поражения и комбинированную конечную точку, включающую сердечно-сосудистую смерть, ИМ и реваскуляризацию целевого поражения. Результаты показали, что стентирование Culotte демонстрировало меньший стеноз по сравнению со стентированием ТАР ($21 \pm 20\%$ против $27 \pm 25\%$, соответственно). Частота реваскуляризации целевого поражения течение 1 года и бинарные показатели рестеноза не достигли статистической значимости, однако была отмечена тенденция к улучшению результатов в группе стентирования Culotte.

Кроме того, I.Kumsars et al. 450 пациентов для изучения того, улучшает ли

подход с «провизорным» - стентированием или сложным стентированием с использованием двух стентов результаты для пациентов [62]. Первичной конечной точкой исследования были крупные неблагоприятные сердечные события через 6 месяцев и после двухлетнего наблюдения. Они также проверили эффективность стентов с лекарственным покрытием нового поколения, сравнив результаты для стратегии «провизорного» стентирования со сложной стратегией двойного стента. Хотя их результаты для их первичных конечных точек указали на тенденцию к улучшению результатов для подхода с двумя стентами, они обнаружили, что не было значительной разницы между сердечными событиями для простых и сложных стратегий. Их данные для подгруппы стентов с лекарственным покрытием имели аналогичный вывод [62].

Современные стратегии стентирования бифуркаций используют стенты, которые также применяются при небифуркационных поражениях. Учитывая различные уникальные проблемы, связанные с бифуркационными поражениями, эндоваскулярные хирурги также обсуждают использование специальных бифуркационных стентов при двойном стентировании бифуркации КА. Использование таких стентов поможет преодолеть проблемы, связанные с многослойностью, деформацией стентов, доступом к боковой ячее, пересечением стента через боковую стенку и зазорами в каркасе. Теоретически это должно сократить время процедуры и уменьшить использование контрастного вещества, а также адаптироваться к уникальной анатомии бифуркации. Немногочисленные доказательства в отношении специальных бифуркационных стентов были тщательно изучены с помощью метаанализа 5 РКИ, проведенного M. F. Machad et al. Из 1249 пациентов, включенных в анализ, 627 лечились с помощью специальных стентов. В целом, специальные стенты имел сопоставимые показатели сердечно-сосудистых событий, смертности от всех причин, сердечной смертности, ИМ, определенного тромбоза стента и кумулятивной и клинически обусловленного реваскуляризацией с традиционными стратегиями стентирования при времени наблюдения 1 год. Вместе с тем авторы подчёркивают необходимость получения доказательств более высокого качества, указывая на то,

что представленные результаты ограничены повышенным риском систематической ошибки, косвенности и недостаточной точности оценок.

1.7 Опыт использование оптической когерентной томографии при бифуркационном поражении коронарных артерий

Ограниченная точность двумерной количественной коронарной ангиографии при оценке бифуркационных поражений, обусловленная наложением ветвей и эффектом укорочения сосудов, способствовала внедрению оптической когерентной томографии в качестве дополнительного ориентира при лечении данной категории поражений. Коронарная ангиография не способна четко выявить факторы рестеноза при поражениях КА, способствующие несостоятельности стента (недораскрытие стента из-за недостаточной подготовки сильно кальцинированных или жестких фиброзных бляшек; рассечение края после стентирования слишком большого размера или агрессивной постдилатации), и часто показывает неоднозначный результат при бифуркационном стентировании. Кроме того, она имеет ограничения в оценке устья стента БВ, перекрывающихся сегментов стента, покрытия поражения, аппозиции стента и положения проводника.

В основе метода лежит принцип низкокогерентной интерферометрии, филигранно использующий свойства когерентного света для создания изображений структуры биологических тканей с микроскопической точностью. Суть метода заключается в направлении пучка света, обладающего низкой степенью когерентности, на исследуемый объект. Часть света отражается от различных слоев ткани, а другая часть направляется на эталонное зеркало [20].

Интерферометр, ключевой элемент системы ОКТ, объединяет отраженные от ткани и эталонного зеркала световые волны. Интерференция возникает только в тех областях, где оптическая задержка между двумя путями света минимальна, то есть соответствует когерентной длине источника света. Анализируя интерференционную картину, можно с высокой точностью определить

расстояние до различных отражающих структур внутри ткани [73].

Процесс сканирования осуществляется путем последовательного перемещения пучка света по поверхности исследуемого объекта. На каждом шаге измеряется интерференционный сигнал, который преобразуется в информацию о структуре ткани на определенной глубине. Совокупность полученных данных формирует двухмерное или трехмерное изображение поперечного сечения ткани с разрешением, сопоставимым с гистологическим [55].

С течением времени ОКТ эволюционировала в разнообразный спектр систем, классифицируемых по различным параметрам, включая принцип работы, длину волны используемого излучения и область применения. Основное различие заключается в методе получения изображений: Time-Domain OCT (TD-OCT) и Fourier-Domain OCT (FD-OCT). TD-OCT, как исторически более ранняя технология, использует подвижное зеркало для сканирования глубины и регистрации интерференционного сигнала в каждой точке. FD-OCT, напротив, регистрирует спектр интерференционного сигнала одновременно, что позволяет значительно увеличить скорость сканирования и чувствительность.

FD-OCT подразделяется на Spectral-Domain OCT (SD-OCT) и Swept-Source OCT (SS-OCT). SD-OCT использует широкополосный источник света и спектрометр для одновременной регистрации всех длин волн, в то время как SS-OCT применяет перестраиваемый по длине волны лазер и фотодетектор. SS-OCT обычно обеспечивает большую глубину проникновения за счет использования более длинных волн (например, 1060 нм).

По длине волны ОКТ системы классифицируются на ближние инфракрасные (NIR) ОКТ (800-1300 нм) и ОКТ средней инфракрасной области (MIR) (2-10 мкм). NIR-OCT является наиболее распространенным и используется в офтальмологии и дерматологии. MIR-OCT, обладающая более высоким разрешением и контрастом, находит применение в исследовании химического состава тканей.

Современные ОКТ-системы оснащены сложными алгоритмами обработки сигнала, которые позволяют компенсировать искажения, вызванные рассеянием

света в ткани, и повысить качество изображения. Технологические усовершенствования, такие как спектральная ОКТ и ОКТ с источником перестраиваемой длины волны, позволили значительно увеличить скорость сканирования и глубину проникновения метода, расширив его клиническое применение.

В течение последних лет ряд ведущих компаний представили на рынке системы визуализации на основе оптической когерентной томографии; однако, две наиболее широко доступные и используемые системы — это система OPTISTM (Abbott Vascular, Санта-Клара, Калифорния, США) с опциями ангиографии и визуализации ОКТ (совместной регистрации) и система Lunawave® (Terumo, Токио, Япония). Типичная система визуализации ОКТ состоит из катетера, мотора и консоли визуализации с программным обеспечением. Направляющий катетер вводится в устье коронарной артерии, и катетер ОКТ продвигается по проводнику с линзой визуализации, расположенной дистальнее интересующей области. Затем направляющий катетер промывается контрастом для очищения от крови. Количество и скорость инъекции контраста, зависят от коронарной системы, которая визуализируется (правая или левая), ее размера и длины, а также расположения интересующей области (проксимальная или дистальная). Обычно для левой коронарной артерии достаточно 14–16 мл контраста при скорости 4 мл/с, а для правой коронарной артерии (ПКА) – 10–12 мл контраста при скорости 3 мл/с. Контраст можно вводить вручную или с помощью автоматического инжектора .

Во время ручного введения необходимо контролировать консоль ОКТ для контроля давления и объема инъекции контраста. Как только направляющий катетер становится виден на оттяжке, инъекцию контраста следует прекратить, чтобы минимизировать нагрузку контрастом. Он позволяет получать высококачественные изображения стента после установки, а также выявлять такие осложнения, как перелом стента. Отвод на 54 мм также полезен для определения положения направляющей проволоки, проходящей через БВ во время бифуркационной ангиопластики. При визуализации дистальных отделов

коронарных артерий с помощью ОКТ важно следить за тем, чтобы катетер не соскальзывал с направляющей, так как он может застрять в дистальных опорах стента, что затруднит его извлечение [8].

С момента внедрения ОКТ с частотным доменом, данный метод стал предпочтительным инструментом визуализации при проведении XRD благодаря способности генерировать изображения высокого разрешения с высокой скоростью их получения и простоте использования. Современные рекомендации Европейского общества кардиологов (ESC) и Европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (EACTS) относят ОКТ и ВСУЗИ к классу Па для оптимизации процедуры ЧКВ. При этом в качестве контрастного средства для частого мониторинга, особенно важного при бифуркационном ЧКВ используется низкомолекулярный декстран.

В 2017 году был разработан полностью автоматический метод для обнаружения как контуров сосудов, так и контуров просвета и стоек стента, что исключил необходимость ручного анализа больших наборов данных ОКТ для контроля установки стента во время ЧКВ.

Автоматизированный анализ, предоставляемый ОКТ, играет существенную роль в оперативной идентификации неадекватного расширения стента, что, согласно исследованиям [55], является значимым прогностическим фактором неблагоприятных исходов. При оценке расширения стента в области бифуркации следует учитывать возможное сужение просвета от проксимального к дистальному сегменту магистрального сосуда. Предыдущие визуализационные исследования преимущественно фокусировались на взаимосвязи между минимальной площадью стента и клиническими событиями [57].

Современные ОКТ-системы включают объемный анализ расширения стента, который учитывает сужение сосуда (диаметры материнского сосуда, главной ветви и боковой ветви, соответственно). Индекс расширения, рассчитанный как отношение фактической площади просвета к идеальной, демонстрирует сильную корреляцию с сердечными событиями. Данный алгоритм позволяет оптимизировать выбор и установку стента с учетом закона ветвления

сосудов.

Глубокое понимание анатомической структуры коронарных артерий имеет решающее значение для более эффективного планирования процедуры и достижения клинических результатов. В частности, оценивается угол бифуркации коронарных артерий (угол между осями дистального отдела основного сосуда и БВ), а также угол между линиями пересечения проксимального отдела ОС до точки разветвления и осью БВ в точке расхождения. Трехмерная реконструкция с использованием обратного отвода ОКТ облегчает понимание взаимодействия между стентами и стенками сосудов. Тип бифуркации, перпендикулярный или параллельный, определенный с помощью 3D-ОКТ, был введен в качестве параметра для визуальной оценки внешнего вида бифуркации. Применение трёхмерной оптической когерентной томографии для определения пространственного типа бифуркации (вертикальный или параллельный) ассоциировано с частотой неполной аппозиции стента в области устья боковой ветви после чрескожного коронарного вмешательства.

Кроме того, ОКТ позволяет количественно оценить минимальный диаметр просвета БВ и степень стеноза, что помогает в принятии решения о необходимости дальнейшего вмешательства на БВ. Данные, полученные с помощью ОКТ, могут быть интегрированы в алгоритмы принятия клинических решений, направленные на персонализированный подход к лечению бифуркационных поражений.

ОКТ обеспечивает четкую визуализацию коронарных бляшек, позволяет четко характеризовать компоненты бляшки, такие как липидное ядро или кальцификаты, что позволяет исключить области с уязвимыми бляшками при выборе зоны посадки стента и обеспечить минимизацию географического несоответствия.

Дополнительным преимуществом ОКТ является четкая визуализация границы кальцината и точное измерение его толщины, что полезно для адекватной подготовки кальцинированных поражений ротаблатором. Показано, что кальцифицированные бляшки толщиной менее 0,67 мм могут быть расширены с

образованием трещин при раздувании баллона.

Преимуществом ОКТ также является точное измерение референсного диаметра просвета и длины поражения. В клиническом исследовании OPUS-CLASS было установлено, что ВСУЗИ демонстрирует больший минимальный диаметр просвета и площадь по сравнению с ОКТ на 9% и 10% соответственно. Однако при сравнении измерений ОКТ и ВСУЗИ в фантомной модели, ОКТ показала результаты, сопоставимые с фактической площадью просвета модели, в то время как ВСУЗИ склонно к завышению оценки и обладает меньшей воспроизводимостью. Данные характеристики ОКТ и ВСУЗИ важны для определения размера стента, его длины, зоны посадки, размера баллона и необходимости дистальной защиты.

Также доступен ряд исследований, сравнивающих ОКТ и ВСУЗИ в качестве ориентиров для ЧКВ при бифуркационном поражении КА. Благодаря высокому разрешению изображений, ОКТ эффективна для выявления дефектов стента и оптимизации процедуры стентирования. Однако, ограничениями ОКТ являются небольшая глубина проникновения и потребность в подготовке для получения качественного изображения. В связи с этим, бифуркационные поражения левой главной коронарной артерии (ЛКА) считались неоптимальными для ОКТ-контроля из-за большего количества артефактов. Тем не менее, недавние исследования показали приемлемое качество изображений ОКТ при бифуркации ЛКА. Применение 3D-ОКТ навигации при стентировании бифуркации ЛКА с последующей техникой Kissing Balloon Inflation позволило значительно снизить частоту неполной аппозиции стержней по сравнению с 2D-ОКТ навигацией ($18,7 \pm 12,8\%$ против $10,3 \pm 8,9\%$; $P = 0,014$). В случаях полной бифуркации данное различие не было статистически значимым ($14,5 \pm 13,6\%$ против $10,0 \pm 9,0\%$; $P = 0,077$) [73].

Следует отметить, что исследование OPINION, которое включало поражения бифуркации в 38% случаев, не выявило статистической разницы в несостоятельности целевого сосуда между данными полученным с помощью контролем ВСУЗИ и ОКТ. В недавнем крупном исследовании S. J. Kang et al.

сравнивали эффективность и безопасность ЧКВ под контролем ОКТ и под контролем ВСУЗИ при сложных поражениях коронарных артерий, включая незащищенное поражение ствола левой коронарной артерии, бифуркационное поражение, аорто-устьевое поражение, хроническую полную окклюзию, выраженную кальцификацию, рестеноз внутривенного поражения, диффузное протяженное поражение или многососудистое ЧКВ [57]. Первичной конечной точкой являлась комбинированная частота смерти от сердечных причин, инфаркта миокарда, связанного с целевым сосудом, и обусловленной ишемией реваскуляризации целевого сосуда. Из 2008 рандомизированных пациентов 1475 (73,5%) перенесли ЧКВ под визуализирующим контролем при сложных поражениях коронарных артерий; 719 (48,7%) получили ЧКВ под контролем ОКТ и 756 (51,3%) под контролем ВСУЗИ. При наблюдении через 2 года были получены сопоставимые результаты в первичном конечном событии, частоте контраст-индуцированной нефропатии. Однако, частота серьезных процедурных осложнений была ниже в группе под контролем ОКТ, чем в группе под контролем ВСУЗИ (1,7% против 3,4%; $p = 0,03$).

Сравнительный мета-анализ коронарной ангиографии, ВСУЗИ и ОКТ показал, что ЧКВ под контролем УЗИ ассоциировалось со снижением частоты реваскуляризации целевого очага, вызванной ишемией, по сравнению с ЧКВ под контролем КА, причём разница была наиболее выражена при ВСУЗИ. ОКТ была связана со значительным снижением тромбоза стента по сравнению с КА. При этом, значимых различий в частоте ИМ между различными стратегиями контроля не наблюдалось. Аналогичным образом, результаты с точки зрения выживаемости между ВСУЗИ, КА или ОКТ были недостоверными.

Применение ОКТ после имплантации стента в основную артерию позволяет оценить расширение стента, степень покрытия устья БВ, наличие диссекций сосуда, тромбов, неполной аппозиции стента, пролабирования через ячейки стента, деформации стента. Выявление значимых диссекций или недостаточной аппозиции стента, приводящих к сужению устья БВ, является показанием к дальнейшей оптимизации, например, с помощью баллонной дилатации или

имплантации второго стента в БВ ("kissing balloon" техника) [2].

При бифуркационных поражениях выявление предикторов повторной реваскуляризации является более сложной задачей, что обусловлено вариабельностью применяемых техник бифуркационного стентирования, а также наличием и степенью выраженности поражения БВ, затрудняющими интерпретацию полученных результатов. Рестеноз может быть обусловлен недостаточным расширением стента из-за недостаточной подготовки кальцинированных или фиброзных бляшек. Постдилатация проксимального отдела стента с использованием баллона соответствующего размера под контролем внутрисосудистой визуализации способствует оптимальному и симметричному расширению стента [73]. Риск рестеноза увеличивается при диссекции края, вызванной чрезмерным стентированием или агрессивной постдилатацией. Использование внутрисосудистой визуализации позволяет точно оценить поражение и правильно подобрать размер устройства, предотвращая осложнения. Кроме того, важно учитывать возможность распространения бляшек в проксимальной части ЛКА, которые могут быть проигнорированы при стентировании, что приводит к рестенозу проксимального края.

Стеноз в устье БВ и острый угол бифуркации увеличивают риск компретации БВ после стентирования магистрального сосуда. Оклюзия БВ, вызванная смещением стента или бляшки, является основным осложнением при лечении бифуркационных поражений с использованием стратегии «провизорного» стентирования. Более ранние исследования показали, что компретация БВ во время «провизорного» стентирования может достигать 8,4–16%. При этом несмотря на мероприятия, направленные на восстановление кровотока БВ, продолжительная компретация БВ может привести к перипроцедурному ИМ или даже смерти, особенно когда БВ снабжает большую и/или важную территорию миокарда. Кроме того, спасательные маневры не позволяют восстановить кровоток в 31% случаев [67]. Большая часть исследований механизмов, предикторов и моделей риска окклюзии БВ после «провизорного» стентирования основана на исходных ангиографических

результатах или данных ВСУЗИ, однако в настоящее время для оценки перипроцедурных рисков всё чаще рассматривается ОКТ [56].

Ряд исследований были направлены на определение корреляции между длиной поражения БВ, уязвимыми бляшками и ИМ целевого сосуда с помощью ОКТ. Х. Li et al. исследовали 405 пациентов с бифуркационными поражениями, с помощью ОКТ-визуализации основного и бокового сосуда перед процедурой «провизорного» стентирования. Первичной конечной точкой было возникновение ИМ после о стентирования в течение 1 года наблюдения. Многофакторный регрессионный анализ показал, что протяженность поражения БВ, отсутствие уязвимых бляшек и истинные поражения коронарной бифуркации, выявленные с помощью ОКТ были тремя независимыми факторами ИМ [41].

Представляется обоснованным предположение о том, что морфологические характеристики атеросклеротической бляшки играют ключевую роль в развитии значимого стеноза устья БВ после выполнения «провизорного» стентирования основного сосуда. По данным внутрисосудистой визуализации с использованием ОКТ, стеноз устья БВ после вмешательства может наблюдаться примерно у трети пациентов, при этом его развитие ассоциируется с наличием до процедуры липид-насыщенных бляшек и очаговой кальцификации. Указанные морфологические признаки могут рассматриваться в качестве независимых предикторов неблагоприятного исхода в отношении БВ.

Кроме того, детальная оценка структуры бляшки с помощью ОКТ позволяет выявлять многослойный фенотип, отражающий зажившие тромботические события, который также может выступать независимым предиктором острой окклюзии боковой ветви после вмешательства. Существенное значение при этом имеют и анатомические факторы, включая истинный характер бифуркационного поражения и более широкий ангиографический угол бифуркации.

Возможности ВСУЗИ также расширяют представления о механизмах неблагоприятных событий, позволяя выявлять атеросклеротические изменения в области устья БВ, не визуализируемые при стандартной коронарографии, что может быть связано с повышенным риском её окклюзии. Данные ОКТ,

полученные до процедуры, также обладают прогностической ценностью в отношении нарушения проходимости БВ. Большое количество атеросклеротических бляшек, в частности, кальцинированных бляшек напротив устья БВ, узкий угол между ветвями бифуркации и короткое расстояние между проксимальной точкой разветвления и вершиной бифуркации являются предикторами смещения стента.

«Параллельный» морфологический тип бифуркации коронарной артерии, характеризующийся скрытым проксимальным ходом боковой ветви на трёхмерном перпендикулярном изображении, в большей степени ассоциируется с риском смещения стента по сравнению с «перпендикулярным» типом бифуркации.

Критически важным этапом процедуры бифуркационного стентирования, направленным на обеспечение полной аппозиции стента к стенке сосуда в проксимальном сегменте является проксимальная оптимизация. Техника включает в себя использование баллонных катетеров различного диаметра для последовательной дилатации проксимальной части стента. Недостаточная аппозиция в этой зоне может приводить к развитию позднего тромбоза стента и рестеноза, что нивелирует преимущества ЧКВ. По данным исследований, адекватное выполнение оптимизации связано с улучшением долгосрочных результатов стентирования бифуркаций, включая снижение частоты рестеноза и повторных вмешательств.

В рамках техники проксимальной оптимизации, ОКТ предоставляет информацию о размере баллона, расстоянии между БУ и проксимальным краем стента, а также точном положении дистального маркера баллона в области бифуркационного угла [73].

При сложных бифуркационных стенозах может потребоваться применение техники реэнтри проводника (РП), которая подразумевает намеренное создание диссекции интимы дистальнее места окклюзии с последующим проведением проводника обратно в истинный просвет сосуда. Использование реэнтри проводников, таких как Stingray (Boston Scientific) или Outback (Cordis), позволяет

восстановить антеградный кровоток и успешно имплантировать стент. Сообщается, что оптимизация позиции РП, основанная на данных 3D-ОКТ, в сочетании с адекватной, позволяет добиться оптимального раскрытия стента в области бифуркации и минимизировать риск осложнений, связанных с процедурой КВИ [73].

Анализ 150 бифуркационных поражений, пролеченных с помощью «провизорного» стентирования показал, что оптимизация позиции РП после стентирования основного сосуда под контролем 3D-ОКТ улучшает аппозицию стента, что может привести к лучшим клиническим результатам при лечении бифуркационных поражений [73].

Было также продемонстрировано, что использование 3D-ОКТ навигации значительно улучшает достижение оптимальной дистальной РП, не увеличивая при этом объем контрастного вещества или время процедуры, по сравнению с традиционной 2D-ОКТ навигацией [73].

3D-визуализация ОКТ оказывает значительное влияние на оценку оптимального повторного проведения проводника через дистальную ячейку, прилегающую к БУ, способствует широкому раскрытию БВ с минимальной мальаппозицией после раздувания баллона при "kissing balloon inflation" (КВИ). Применение ОКТ сопровождалось статистически значимым повышением частоты оптимального дистального повторного проведения проводника без увеличения объёма используемого контрастного вещества и продолжительности вмешательства. [73].

Оценка конфигурации стента, перекрывающего устье БВ перед проведением КВИ предоставляет критически важную информацию для достижения оптимального бифуркационного стентирования. Конфигурация стента классифицируется на два типа: тип без связующих перемычек (отсутствие соединения ячеек) и тип со связующими перемычками.

Дистальная РП приводит к улучшенной аппозиции стента к боковой стенке после КВИ в типе без связующих перемычек, в то время как в типе со связующими перемычками не наблюдалось различий в аппозиции стента в зависимости от

позиции РП. Более того, КВІ с дистальной резэнтри проводника в типе со связующими перемычками несет потенциальный риск деформации стента.

Эффективность КВІ после перекрестного стентирования остается предметом дискуссий, поскольку некоторые рандомизированные исследования указывают на нейтральные или неблагоприятные эффекты КВІ на клинические исходы по сравнению с процедурами без КВІ, где зафиксированные ячейки стента остаются над устьем БВ. Важно отметить, что наличие ячеек стента в устьевом отделе левой коронарной артерии после перекрестного стентирования влияет на сужение области устья по данным последующей ОКТ. Основными патологическими предикторами отказа стента ЛКА являются мальаппозиция и перекрытие ячейками устьевого отдела ЛК.

Показано, что 3D-ОКТ визуализация облегчает полное удаление зафиксированных ячеек стента и их полную аппроксимацию в бифуркационном сегменте, что может привести к улучшению клинических исходов КВІ по сравнению с 2D-визуализацией или ангиографическим контролем. Эта перспектива особенно важна при двухстентовой стратегии, требующей КВІ с высоким давлением. Контроль с помощью 3D-ОКТ также эффективен для оптимальной РП как после первой, так и после второй установки стента при двухстентовой технике, что потенциально улучшает клинические результаты в долгосрочной перспективе [73].

Помимо окклюзии БВ и географического промаха, высокая степень разрешения ОКТ, позволяет оценить широкий спектр аномалий, связанных со стентом и сосудом после ЧКВ, включая неправильно расположенные балки стента, недорасширение с кальцификацией, диссекцию края стента, остаточное очаговое поражение.

Исследование N. R. Holm et al. показало, что ЧКВ под контролем ОКТ имеет более низкую двухлетнюю частоту серьезных неблагоприятных сердечных событий по сравнению с ЧКВ под контролем ангиографии у пациентов со сложными бифуркационными поражениями [56].

Таким образом, трёхмерная ОКТ обеспечивает чёткую визуализацию

конфигурации стента и положения проводника, что способствует оптимальному прохождению проводника через БВ. Последовательное расширение БВ с применением ОКТ приводит к широкому устьевому расширению с меньшей мальаппозицией стержня [73].

1.8 Перспективы развития, модифицирования и применения методики «провизорного» стентирования

Поражения бифуркации коронарных артерий представляют собой сложную и многогранную проблему в современной интервенционной кардиологии с высокой распространенностью, которые, по данным различных исследований, составляют от 15% до 20% всех случаев коронарного стентирования.

Лечение бифуркационных поражений сопряжено с повышенным риском неблагоприятных исходов, включая рестеноз в области БВ и целевого сосуда, тромбоз стента и необходимость повторных реваскуляризаций. Сложность обусловлена анатомическими особенностями бифуркаций, такими как наличие турбулентного кровотока, вариабельность углов отхождения ветвей и различный диаметр сосудов.

Стратегии лечения бифуркационных поражений постоянно эволюционируют, начиная от простых техник стентирования основного сосуда и заканчивая сложными методиками с использованием двух стентов. Выбор оптимальной стратегии определяется анатомическими характеристиками поражения, клиническим статусом пациента и опытом врача.

Внедрение в практику бифуркационного стентирования баллонных катетеров с лекарственным покрытием отражается в научных публикациях на протяжении более десяти лет. PERCAD V стало одним из первых исследований, подтвердивших возможность применения DEB в бифуркациях. Данное направление находится на этапе активного развития и постепенного внедрения в клиническую практику, сопровождаясь накоплением клинических данных, подтверждающих его эффективность и безопасность. [26, 66].

Визуализация играет ключевую роль при стентировании бифуркации коронарных артерий, позволяя оптимизировать результаты процедуры и снизить риск неблагоприятных исходов. Ангиография, являясь стандартным методом, предоставляет двухмерное изображение сосудистой системы, однако имеет ограничения в оценке анатомии бифуркации и степени стеноза в БВ. Внутрисосудистая визуализация, включающая ВСУЗИ и ОКТ, предоставляет более детальную информацию о структуре сосудистой стенки, характере атеросклеротической бляшки и степени ее кальцификации. ВСУЗИ позволяет оценить диаметр просвета сосуда, наличие диссекций и степень аппозиции стента к стенке сосуда после имплантации.

ОКТ является одним из методов внутрисосудистой визуализации и обеспечивает пространственное разрешение, примерно в 10 раз превышающее таковое при ВСУЗИ, что позволяет более детально оценивать анатомию сосуда и морфологические характеристики атеросклеротической бляшки. В частности, его способность определять уязвимость бляшки (например, фиброзную атерому с тонкой покрышкой, накопление макрофагов) полезна при выборе стратегии ЧКВ у пациентов высокого риска.

Во время ЧКВ ОКТ предоставляет подробную информацию (диссекцию, пролапс тканей, тромбы и неполное прилегание стента), необходимую для оптимальной установки стента, что является ключом к успешному снижению частоты серьёзных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий) и осложнений, связанных со стентированием. В настоящее время изучается возможность более широкого применения ОКТ при стентировании сложной бифуркации, затрагивающей левую основную артерию (ЛКА). Кроме того, в последнее время удалось преодолеть традиционные недостатки ОКТ, такие как дополнительная контрастная нагрузка при получении изображений и стентировании, затрагивающее устьевую и проксимальную части ЛКА.

На сегодняшний день, даже при наличии консенсусов по лечению бифуркационных поражений, отсутствует единый подход к выполнению «провизорного» стентирования при бифуркационном поражении коронарных

артерий. [2, 3]. Результаты опроса эндоваскулярных хирургов выявили разногласия среди специалистов относительно показаний и последовательности выбора и выполнения «провизорного» стентирования. Поиск оптимального метода выполнения «провизорного» стентирования является критически важной клинической задачей, направленной на снижение периоперационных осложнений и улучшение отдаленных результатов лечения.

Несмотря на широкое применение «провизорного» стентирования в лечении бифуркационных поражений коронарных артерий, количество рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), оценивающих влияние ОКТ на клинические исходы данной стратегии, остается недостаточным. Существующие исследования, сравнивающих ОКТ-ассистированное и ангиографически-контролируемое стентирование, в основном, включают данные, полученные при лечении не-бифуркационных поражений, что ограничивает экстраполяцию результатов на специфическую популяцию пациентов с бифуркационными поражениями. Это создает неопределенность в отношении рутинного применения ОКТ при «провизорного» стентировании. Выявленный пробел в имеющихся научных данных, а также отсутствие унифицированного подхода к выбору и выполнению методики стентирования в условиях современной клинической практики и научного дискурса, обусловили актуальность рассматриваемой проблемы. Указанные обстоятельства послужили основанием для формулирования цели и задач настоящего диссертационного исследования и определили выбор его темы.

Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Исследование включает две основные части. Первая часть представляет собой структурированную анкету (выборочное онлайн-анкетирование, состоящее из 20 вопросов, включая пункты с возможностью множественного выбора). Анкета была размещена в трёх российских интернет-сообществах, специализирующихся на эндоваскулярной хирургии: «Angiopicture», «Rentgenhirurg Club» и «Endovascular School». В опросе приняли участие 86 респондентов. Сбор данных осуществлялся анонимно, без получения персональной информации, за исключением предоставленных в анкете ответов. Период проведения опроса составил 14 дней (с 23 июня 2024 года по 6 августа 2024 года)

Вторая часть – это одноцентровое проспективное рандомизированное клиническое исследование, в основе которого лежит изучение эффективности различных методик выполнения техники «провизорного» стентирования у 90 пациентов с атеросклеротическим бифуркационным поражении коронарных артерий. Рандомизация пациентов осуществлялась конвертным методом: после включения в исследование каждый пациент распределялся в одну из трёх групп в соответствии с содержимым последовательно вскрываемого запечатанного непрозрачного конверта, определявшего применяемую методику вмешательства.

На его проведение было получено одобрение этического комитета Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании. Работа осуществлена на базе отделения рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России.

Для реализации цели этого исследования сформировали три равнозначные

группы. Пациентам первой и второй группы было проведено «провизорного» стентирование по классическим общепринятым методикам – дилатация БВ с проксимальной оптимизацией в первой группе и kissing-дилатация с проксимальной оптимизацией во второй. В третьей группе была применена модифицированная техника, при которой выполнялось последовательное заведение двух проводников в основную (ОВ) и БВ ветви, имплантацию стента в ОВ; проксимальную оптимизацию (РОТ); перепроведение проводников (из ОВ в БВ, из БВ в ОВ); дилатацию страты стента в БВ (расположение баллонного катетера должно быть таким, чтобы дистальная часть баллона не касалась противоположной стенки ОВ, а свободно располагалась в просвете ОВ, тем самым не деформируя страты стента, расположенные напротив БВ). (Рис.7, 8)

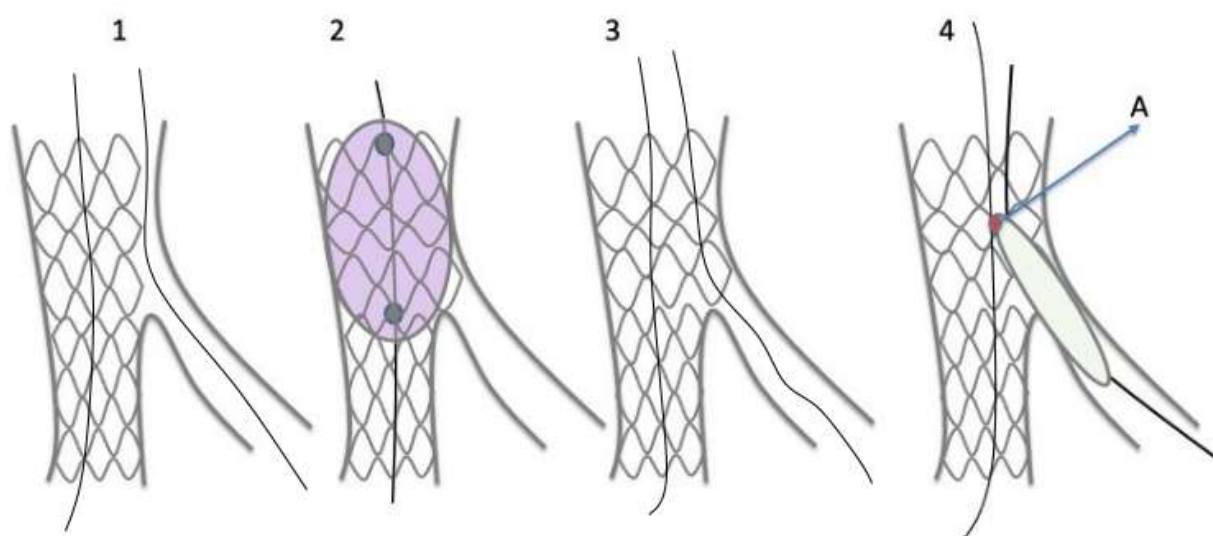


Рис 7. Схема этапов проведения модифицированной методики. 1- стентирование основной ветви, 2 - РОТ-дилатация, 3 - перезаведение проводника в боковую ветвь, 4 - дилатация боковой ветви (Точка “А” должна располагаться в просвете основной ветви, не касаясь ее стенки и не компрометируя стентированный участок)



Рис 8. Интраоперационные ангиограммы этапов модифицированной методики «провизорного» стентирования. 1 - стентирование основной ветви, 2 - ROT-дилатация, 3- перезаведение проводников, 4- дилатация боковой ветви, 5 - контрольная ангиография

Отбор пациентов для участия в исследовании (Схема 1) проводился на основании выявления бифуркационного поражения коронарного русла по результатам коронарографии. Рандомизация пациентов осуществлялась конвертным методом: после включения в исследование каждый пациент распределялся в одну из трёх групп в соответствии с содержимым последовательно вскрываемого запечатанного непрозрачного конверта, определявшего применяемую методику вмешательства.



Схема 1. Алгоритм отбора пациентов для участия в исследовании

Критерии включения:

1. Возраст от 18 лет;
2. Истинное бифуркационное поражение типа 1:1:1 или 0:1:1 и 1:0:1;
3. Наличие клиники стенокардии, определяемой как сохранение симптоматики при проведении оптимального медикаментозного лечения;
4. Диаметр ОВ или БВ $> 2,5$ мм (оценивается по результатам коронарграфии);
5. Подписанное информированное согласие.

Критерии исключения:

1. Инфаркт миокарда (давность менее 2 месяцев) ;
2. Кардиогенный шок;
3. Хроническая окклюзия основной или боковой ветвей анатомической бифуркации;
4. Фракция выброса левого желудочка $\leq 20\%$;
5. Диаметр ОВ или БВ менее 2 мм
6. Ожидаемая продолжительность жизни менее 12 месяцев;
7. Участие в другом клиническом исследовании;

8. Беременность;
9. Невозможность назначения и/или приема антиагрегантов
10. Многососудистое поражение коронарных артерий, требующее реваскуляризации миокарда методом коронарного шунтирования.

Характеристика пациентов, включенных в исследование

Характеристики респондентов первой части работы (опрос) указаны в таблице 1. Общее число респондентов, принявших участие в опросе, составило 86, средний возраст которых составил 35 лет. Помимо эндоваскулярных хирургов из каждого федерального округа Российской Федерации, в опросе приняли участие коллеги из четырех республик: Беларусь, Казахстан, Узбекистан и Кыргызстан. Профессиональный стаж большинства респондентов по специальности не превышает 15 лет.

Таблица 1 – Общая характеристика респондентов, включенных в первую часть исследования (опрос)

Респонденты	Значение, n
Мужской пол	76 (88,4%)
Женский пол	10 (11,6%)
Средний возраст, лет	35
Регион практической деятельности	Значение, n (%)
Северо-западный ФО	28 (32,6)
Уральский ФО	3 (3,5)
Дальневосточный ФО	2 (2,4)
Южный ФО	3 (3,5)
Центральный ФО	23 (26,7)
Северо-Кавказский ФО	3 (3,5)

Продолжение таблицы 1

Сибирский ФО	5 (5,8)
Приволжский ФО	10 (11,6)
Республика Казахстан	1 (1,2)
Республика Кыргызстан	1 (1,2)
Республика Узбекистан	1 (1,2)
Республика Беларусь	6 (7)
Место практической деятельности	Значение, n (%)
МО 1-ого уровня (районные больницы)	2 (2,3)
МО 2-ого уровня (межрайонные больницы)	9 (10,5)
МО 3-ого уровня (городские и областные больницы)	42 (48,8)
МО федерального уровня	25 (29,1)
Частные МО	8 (9,3)
Профессиональный стаж	Значение, n (%)
< 5 лет	31 (36%)
5–10 лет	16 (18,6%)
11–15 лет	22 (25,6%)
> 15 лет	17 (19,8%)
Ученая степень	Значение, n (%)
Врач-специалист	76 (88,4)
Кандидат медицинских наук	9 (10,5)
Доктор медицинских наук	1 (1,2)
Количество проводимых «провизорных»- стентирований в месяц	Значение, n (%)
< 5	15 (17,4)
5–10	39 (45,3)
10–20	18 (20,9)
20 – 30	7 (8,1)
> 30	7 (8,1)

Клинико-демографическая и ангиографическая характеристика пациентов, включенных в клиническое исследование (Табл. 2, 3). Группы пациентов были сопоставимы по возрасту, росту, весу, полу, а также по типу выполненной им операции.

Таблица 2 – Клинико-демографическая характеристика пациентов

Параметры	1 группа (n-30)	2 группа (n-30)	3 группа (n-30)	p
Возраст (сред./диапазон лет)	61,1 / 52-68	60,5 / 52-69	61,1 / 54-68	0,790
Женский пол	8 (26,6%)	9 (30%)	9 (30%)	0,947
Мужской пол	22 (73,3)	21 (70%)	21 (70%)	0,947
Сахарный диабет	11(36,6%)	9 (30%)	8 (26,6%)	0,805
Гипертоническая болезнь	29 (96,6%)	29 (96,6%)	29 (96,6%)	1
Фибрилляция предсердий	5 (16,6%)	6 (20%)	6 (20%)	0,930
Хроническая болезнь почек	7 (23,3%)	4 (13,3%)	5 (16,6%)	0,587
Постинфарктный кардиосклероз	10 (33,3%)	7 (23,3%)	7 (23,3%)	0,600
Поражения периферических артерий	4 (13,3%)	4 (13,3%)	4 (13,3%)	1
Поражение церебральных артерий	4 (15,4%)	5 (16,6%)	6 (20%)	0,787

Продолжение таблицы 2

Чрескожное коронарное вмешательство в анамнезе	8 (26,6%)	6 (2,6%)	7 (23,3%)	0,830
Аортокоронарное шунтирование в анамнезе	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,6%)	1
Сердечная недостаточность (ФК*-2)	15 (50%)	14 (46,6%)	15 (50%)	0,957
Сердечная недостаточность (ФК*-3)	9 (30%)	10 (33,3%)	11 (36,6%)	0,861
Сердечная недостаточность (ФК*-4)	2 (6,6%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	1
Курение	16 (53,3%)	11 (36,6%)	12 (40%)	0,387
СКФ*мл/мин/1.73м 2(сред.)	66,2	68,4	67,5	0,475
ФВ ЛЖ* / % (сред.)	61,05	60,7	60,1	0,535

Таблица 3. Ангиографическая характеристика пациентов до включения в исследование

Параметры	1 группа (n-30)	2 группа (n-30)	3 группа (n-30)	p
ПМЖВ/ДВ*	16 (53,3%)	16 (53,3%)	16 (53,3%)	1
ОА/ВТК*	6 (20%)	8 (26,6%)	9 (30%)	0,843
ПКА/ЗМЖВ/ЗБВ*	7 (23,3%)	6 (20%)	5 (16,6%)	0,812
Кальциноз	8 (13,3%)	7 (23,3%)	7 (23,3%)	0,942
Угол альфа (средн.)	59	62,06	62,8	0,055

Продолжение таблицы 3

Длина поражения в ОВ*, мм (средн.)	20,5 ± 0,58	21,1 ± 2,52	20.8 ± 2,31	0,090
Длина поражения в БВ*, мм (средн.)	7.03 ± 0,12	6.9 ± 2,43	7.5 ± 2,08	0,978
Процент поражения в ОВ* (средн.)	85.1 ± 8,66	82,6 ± 2,89	82,1 ± 5,1	0,173
Процент поражения в БВ* (средн.)	68.6 ± 2,89	66,8 ± 6,19	66,6 ± 2,89	0,485
Средний диаметр ОВ*, мм (средн.)	3,1 ± 0,25	2,9 ± 0,29	3,1 ± 0,52	0,438
Минимальный диаметр ОВ*, мм (средн.)	0,6 ± 0,23	0,5 ± 0,06	0,6 ± 0,28	0,189
Средний диаметр БВ*, мм (средн.)	2,5 ± 0,29	2,5 ± 0,14	2,5 ± 0,14	0,373
Минимальный диаметр БВ*, мм (средн.)	0,8 ± 0,12	0,8 ± 1,05	0,8 ± 0,1	0,513

*Примечание: *ПМЖВ/ДВ - передняя межжелудочковая ветвь/диагональная ветвь; ОА/ВТК - огибающая артерия / ветвь тупого края; ПКА/ЗМЖВ/ЗБВ - правая коронарная артерия /задняя межжелудочковая ветвь / заднебоковая ветвь; ОВ – основная ветвь; БВ – боковая ветвь.*

2.2. Методы исследования

Все участники исследования проходили полное медицинское обследование, которое включало клинический осмотр, лабораторные анализы и аппаратные методы диагностики. Во время клинической части обследования собиралась информация о жалобах пациента, истории болезни, проводились физикальные осмотры, включая пальпацию, перкуссию, аускультацию, измерялись показатели артериального давления, частота пульса и сердцебиения. Функциональный класс стенокардии устанавливался на основе симптомов пациента согласно Канадской классификационной шкале.

Каждому пациенту выполнялось ангиографическое исследование коронарных артерий для подтверждения наличия стенозирующих изменений.

Для участия в исследовании отобраны пациенты, которым ранее было выполнено стентирование бифуркационного поражения коронарных артерий по технологии профизионного стентирования.

Всем пациентам осуществлялось дополнительное исследование состояния сосудов методом оптической когерентной томографии (ОКТ).

Методы статистической обработки

На первом этапе исследования сбор данных осуществлялся посредством онлайн-платформы «Google Формы» с последующей обработкой в программе «Google Таблицы». Ответы респондентов, предусматривающие множественный выбор, анализировались методом абсолютных значений с дополнительным переводом в процентное соотношение относительно общего количества ответов по каждому конкретному вопросу.

Статистический анализ проводили в программе IBM SPSS Statistics v.23, Microsoft Office Excel 2019. Качественные параметры представлены как доли в процентах от общего количества больных, количественные данные – в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение. Сравнения количественных показателей между группами выполнялись с использованием t-критерия Стьюдента для несвязанных выборок. Для анализа качественных признаков в исследуемых группах использован точный критерий Фишера. Статистическая значимость устанавливалась при вероятности ошибки первого рода менее 5%.

Для выявления потенциальных предикторов неблагоприятных сердечно-сосудистых событий использовался однофакторный логистический регрессионный анализ клинических и ангиографических характеристик пациентов. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

В случае сравнения более двух групп для проверки достоверности различий применяли однофакторный дисперсионный анализ ANOVA, и, если была отмечена существенная разница, использовался апостериорный тест Бонферрони для определения межгрупповых различий. Сравнение данных из совокупностей с

распределением, отличающимся от нормального, а также при неравных дисперсиях, проводили с применением U-критерия Манна–Уитни. Для анализа категориальных переменных использовали таблицы сопряженности и χ^2 .

Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Результаты опроса российских специалистов по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению по вопросам применения «провизорного» стентирования

Опрос эндоваскулярных хирургов в РФ был организован для изучения практики применения «провизорного» стентирования при бифуркационных поражениях коронарных артерий. Цель включала анализ предпочтений специалистов в выборе тактики, критериев дилатации БВ, частоты использования дополнительных методов визуализации (ВСУЗ, ОКТ), а также оценки физиологических индексов. Объем выборки составил 86 респондентов при размере генеральной совокупности 2782 человека, что не обеспечивает достижения стандартных параметров репрезентативности (95% доверительной вероятности и 5% ошибки). В связи с этим результаты исследования следует интерпретировать как описательные и отражающие существующие тенденции в клинической. Исследование выявило значительные различия в подходах к данной стратегии, отражающие индивидуальные клинические решения хирургов в зависимости от условий медицинского учреждения и особенностей случая.

Результаты опроса показали различный подход специалистов к использованию «провизорного» стентирования. 22,3% врачей применяют эту методику исключительно в экстренных случаях, тогда как 33,7% ограничиваются её использованием только при плановом лечении пациентов. Наиболее гибкий подход демонстрируют 43% опрошенных специалистов, которые применяют «провизорное» стентирование как при экстренных, так и при плановых вмешательствах (рис. 9).

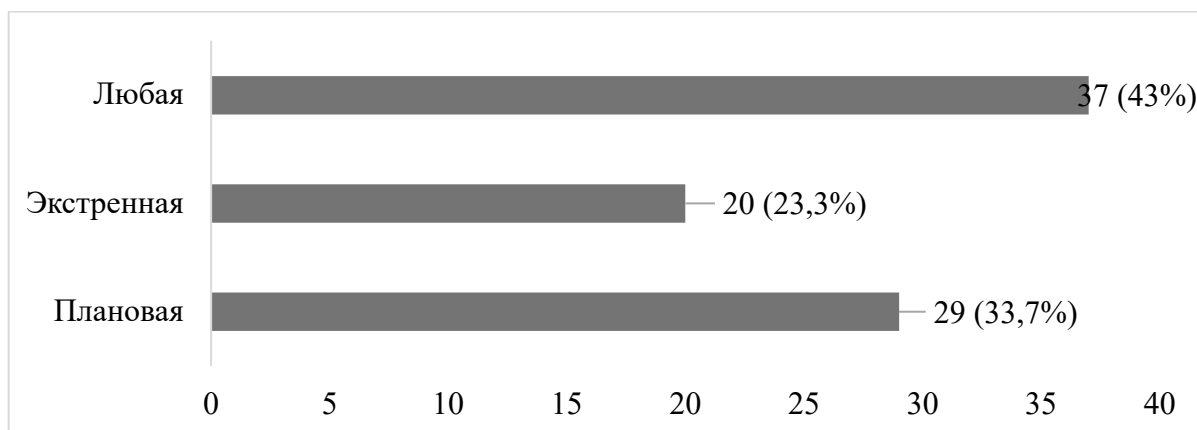
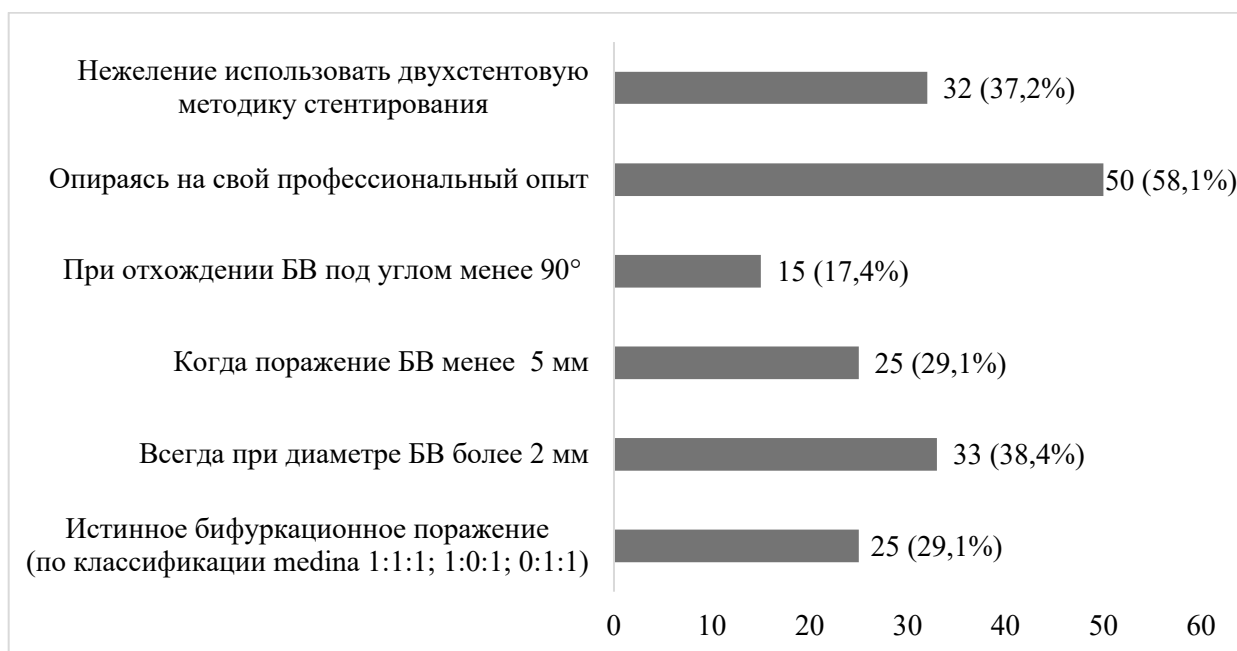


Рис. 9. Зависимость применения «провизорного» стентирования бифуркационного поражения коронарных артерий от срочности госпитализации пациента

При выборе данной техники стентирования 58,1% опрошенных специалистов руководствуются собственным клиническим опытом в лечении бифуркационных поражений коронарных артерий. Примечательно, что 37,2% респондентов высказали неготовность к рутинному использованию двухстентовой стратегии в своей практике (рис. 10).

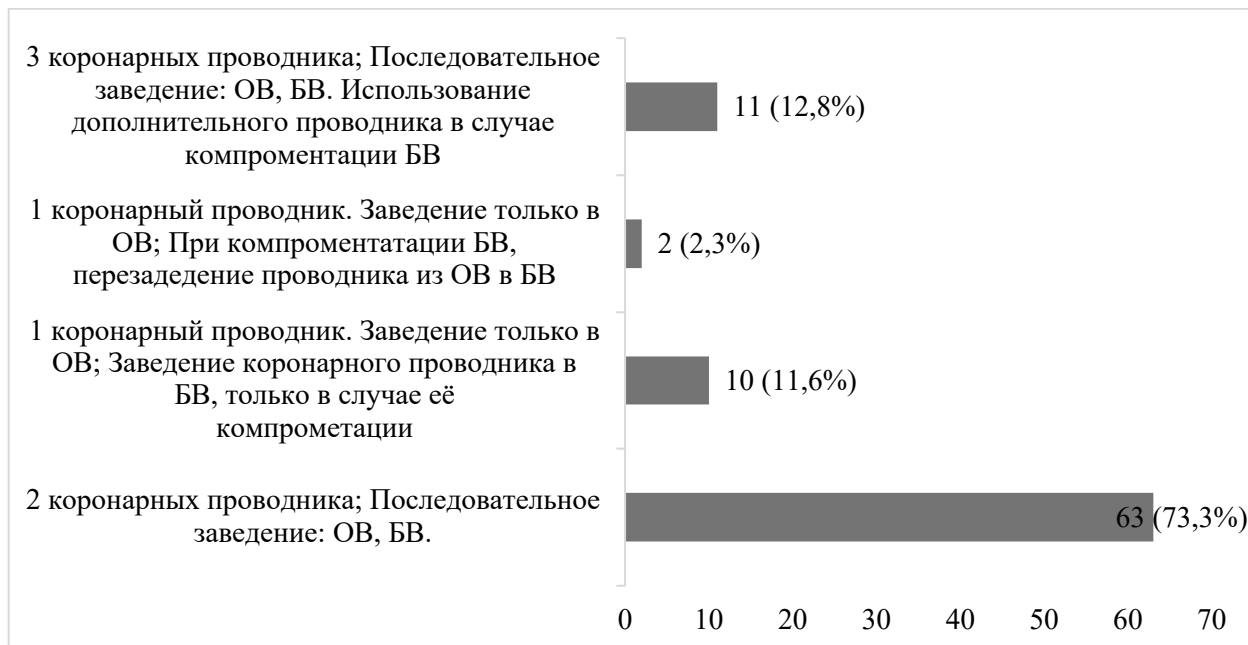


Примечание. БВ – боковая ветвь.

Рис. 10. Показания для применения техники «провизорного»

стентирования

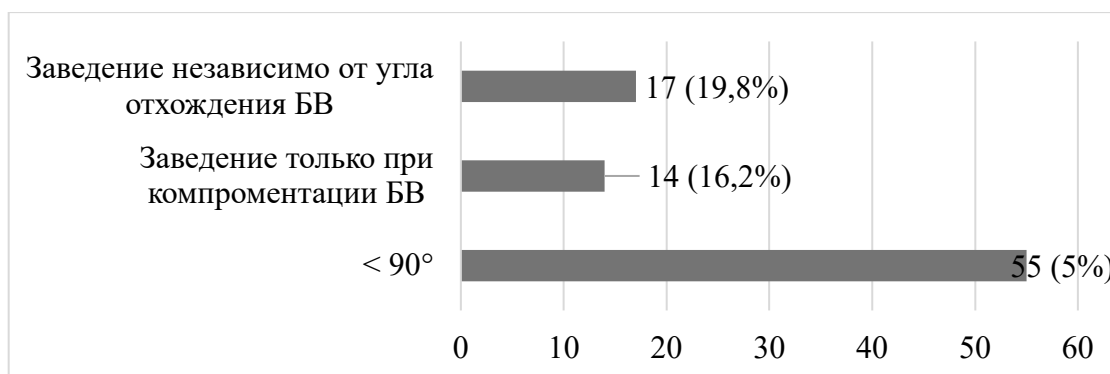
Подавляющее большинство хирургов (73,3%) предпочитают последовательное заведение коронарных проводников в основную ветвь, а затем в боковую, используя два коронарных проводника (рис. 11).



Примечание: ОВ – основная ветвь, БВ – боковая ветвь.

Рис. 11 Количество коронарных проводников и последовательность/локализация их заведения

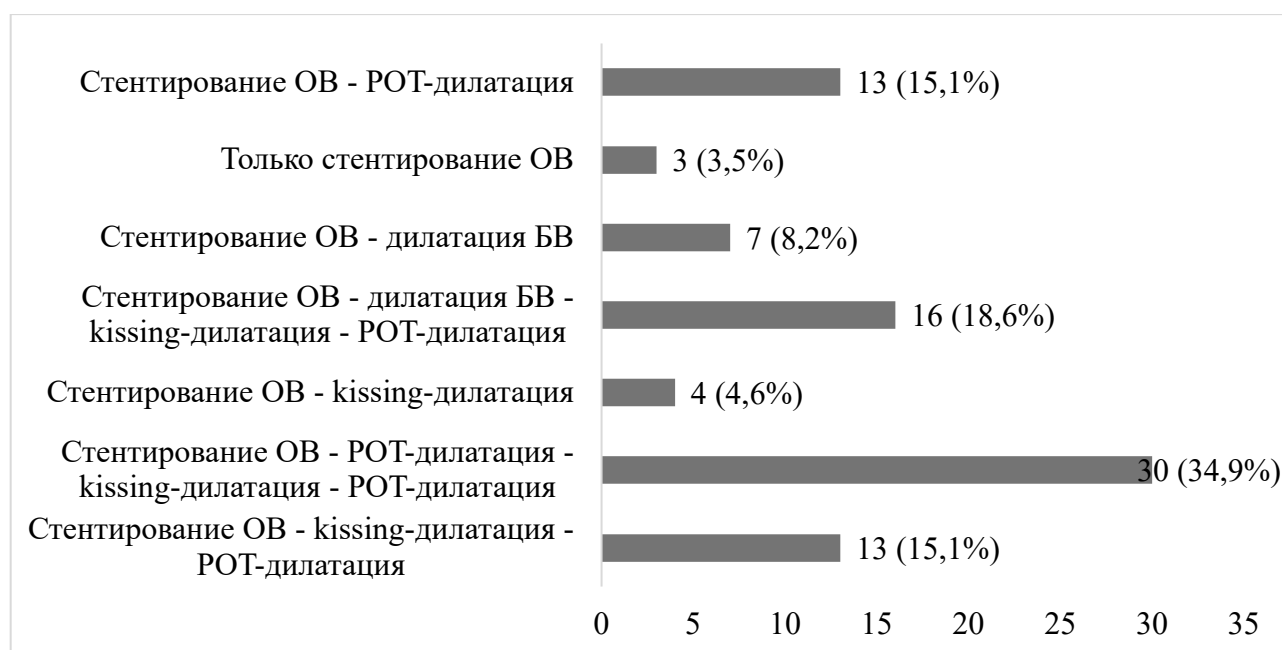
Участники опроса продемонстрировали единое мнение относительно необходимости установки «защитного» коронарного проводника в БВ при условии, что угол её отхождения составляет менее 90°. Тем не менее 19,8% специалистов придерживаются альтернативной точки зрения, утверждая, что процедура заведения коронарного проводника в БВ должна осуществляться независимо от угла её отхождения и являться обязательной в любом случае (рис. 12).



Примечание. БВ – боковая ветвь.

Рис. 12 Угол отхождения боковой ветви, при котором в нее будет заводиться коронарный проводник при выполнении «провизорного» стентирования

При выполнении «провизорного» стентирования предпочтительной методикой является классическая, с выполнением последовательных “ROT-kissing-ROT” дилатаций (34,9%); 18,6% хирургов заменяют первичную ROT-дилатацию на дилатацию БВ. В свою очередь 15,1% хирургов выполняют «провизорного» стентирование без первичной ROT-дилатации (рис. 13).



Примечание. ОБ – основная ветвь; БВ – боковая ветвь; POT – proximal optimization technique.

Рис. 13 Предпочтительная методика «провизорного» стентирования

Большинство опрошенных специалистов (70,9%) отдают предпочтение проведению превентивной дилатации БВ перед процедурой стентирования основной ветви. В то же время 19,8% врачей принимают решение о необходимости данной манипуляции индивидуально, основываясь на результатах ангиографического исследования (рис. 14).

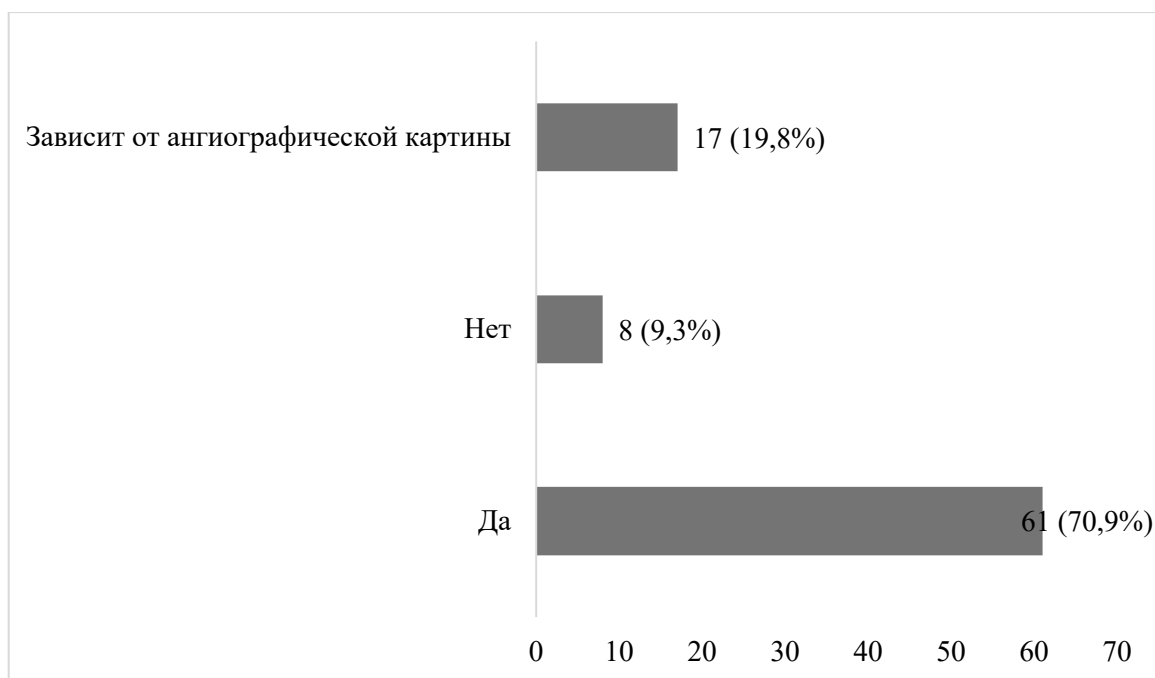
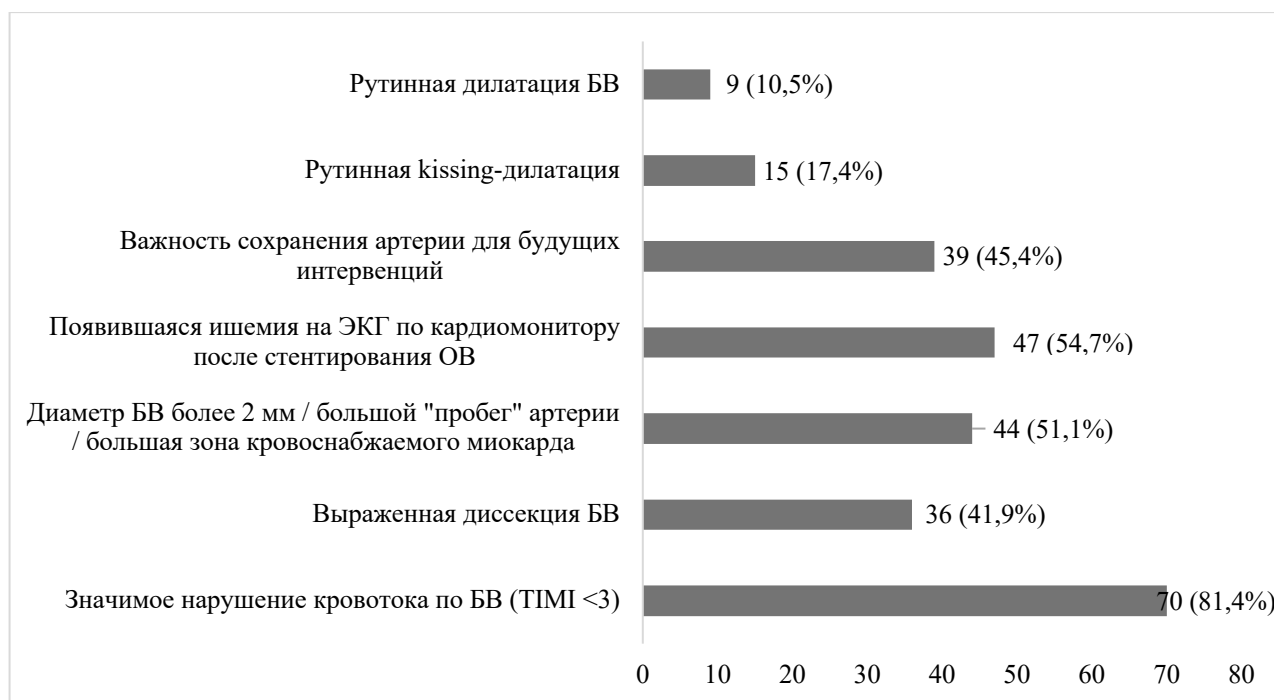


Рис. 14 Выполнение превентивной дилатации боковой ветви до стентирования основной ветви

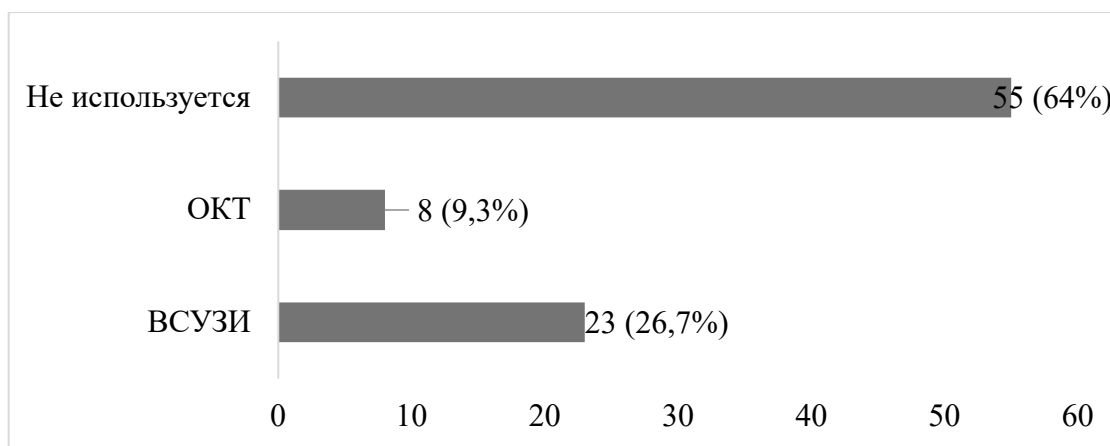
После стентирования ОВ основными критериями для выполнения дилатации БВ служат (вопрос с множественным выбором): значимое нарушение кровотока по БВ (TIMI <3) – 81,4%; появившаяся ишемия на ЭКГ по кардиомонитору после стентирования ОВ – 54,7%; диаметр БВ более 2 мм / большой "пробег" артерии / большая зона кровоснабжаемого миокарда – 51,1%; выраженная диссекция БВ – 41,9%; важность сохранения артерии для будущих интервенций – 45,5%; рутинная kissing-дилатация - 17,4%; рутинная дилатация БВ – 10,5% (рис. 15).



Примечание: ОВ – основная ветвь, БВ – боковая ветвь.

Рис. 15 Критерии выполнения дилатации БВ (дилатация/kissing-дилатация) после стентирования ОВ

При проведении «провизорного» -стентирования большинство специалистов (64%) предпочитают обходиться без дополнительных методов внутрисосудистой визуализации при принятии решений. Среди тех, кто всё же использует визуализацию, 26,7% отдают предпочтение ВСУЗИ. Примечательно, что измерение физиологических показателей кровотока является достаточно редким подходом — его применяют лишь 19,8% практикующих специалистов (рис. 16 и 17).



Примечание. ВСУЗИ – внутрисосудистое ультразвуковое исследование; ОКТ – оптическая когерентная томография.

Рис. 16 Использование внутрисосудистой визуализации (ВСУЗИ / ОКТ) для принятия решений при выполнении «провизорного» стентирования

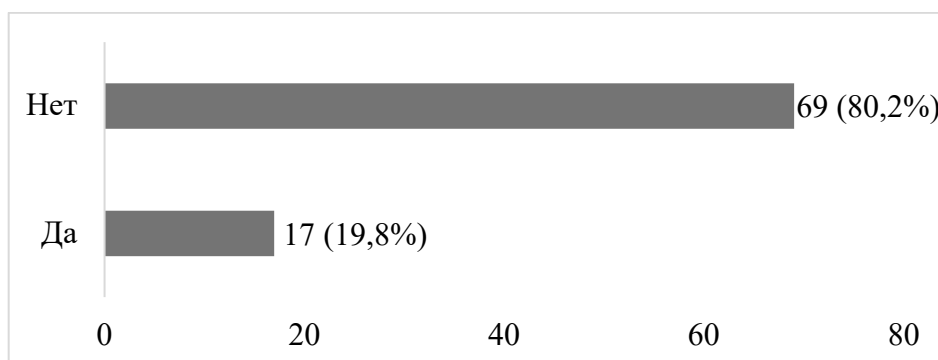


Рис. 17 Использование измерения физиологических показателей кровотока для принятия решений при выполнении «провизорного» стентирования

Согласно результатам опроса критериями для перехода на двухстентовую технику служат (вопрос с множественным выбором): выраженная диссекция БВ – 88,4%; значимое нарушение кровотока по БВ (TIMI <3) – 69,8%; появившаяся ишемия на ЭКГ по кардиомонитору – 55,8%; диаметр БВ более 2 мм / большой "пробег" артерии / большая зона кровоснабжаемого миокарда – 36%; собственный опыт – 27,9%; данные внутрисосудистой визуализации (ВСУЗИ/ОКТ) – 27,9%; важность сохранения артерии для будущих интервенций – 16,3% (рис. 18)



Примечание. ВСУЗИ – внутрисосудистое ультразвуковое исследование; ОКТ – оптическая когерентная томография.

Рис. 18 Критерии перехода на двухстентовую методику после выполнения «провизорного» стентирования

При необходимости перехода к двухстентовой стратегии специалисты демонстрируют явное предпочтение определённым техническим подходам. 75,6% хирургов выбирают методику «CULLOTE», а 64% отдают предпочтение технике «Т/ТАР» (рис. 19).

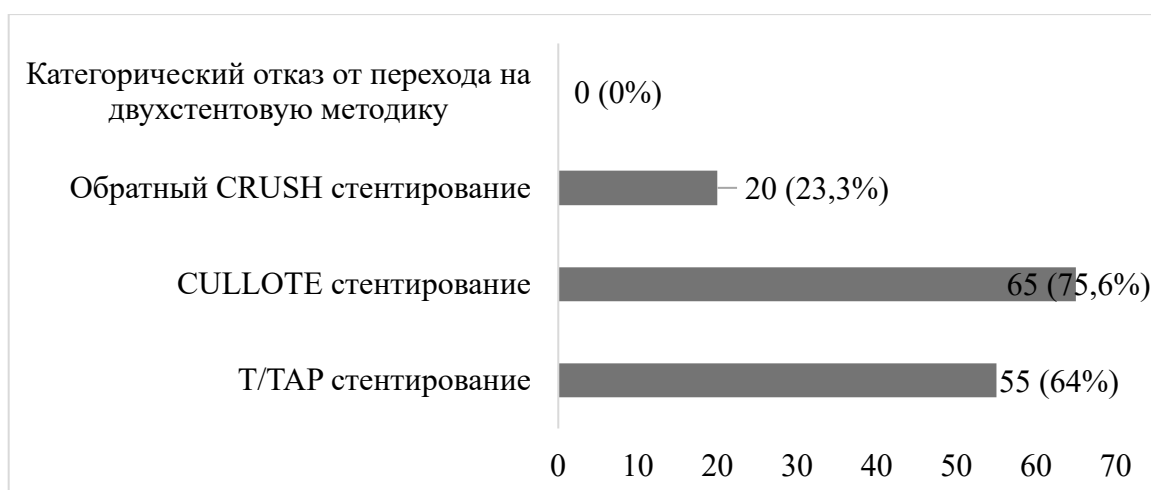


Рис. 19 Предпочтительная двухстентовая методика при переходе из выполняемого «провизорного» стентирования

Основными сложностями, с которыми сталкивались хирурги при выполнении «провизорного» стентирования, являлись (вопрос с множественным выбором): невозможность проведения баллонного катетера (61,6%) и коронарного проводника (39,5%) в БВ через страту стента (рис. 20).



Рис. 20 Основные проблемы при выполнении «провизорного» стентирования

Главными причинами использования методики «провизорного» стентирования в практике участники опроса считают: хорошие результаты в раннем и отдаленном послеоперационных периодах (82,6%); простоту выполнения (83,7%); возможность перехода на двухстентовую методику (66,3%) (рис. 21).



Рис. 21 Причина использования методики «провизорного» стентирования

3.2 Сравнение способов проведения различных методик проведения «провизорного» стентирования

3.2.1 Оценка непосредственной эффективности модифицированной методики «провизорного» стентирования при бифуркационных поражениях коронарных артерий

В первой части исследования оценивали непосредственные результаты хирургического лечения бифуркационных поражений коронарных артерий с использованием модифицированной методики «провизорного» стентирования в сравнении со стандартными методиками «провизорного» стентирования.

Анализируя общий итог исследования, включая успех операции, показатели перед операцией, число случаев перехода на два стента, количество используемых стентов и проводников, общую дозу рентгеновского излучения (DAP-Total cGy/cm²), значимых различий между исследуемыми группами выявлено не было. Однако несмотря на отсутствие статистической значимости, третья группа продемонстрировала снижение продолжительности процедуры и дозы рентгеновского воздействия относительно первых двух групп. Дополнительно отмечено уменьшение числа применяемых эндоваскулярных инструментов и объема контрастного вещества именно в третьей группе (Табл. 4).

Таблица 4. Сравнительный анализ результатов стентирования

Параметры	1 группа (n-30)	2 группа (n-30)	3 группа (n-30)	p	ДИ
Успех общий	28	28	28	1	78,7 -98,2%
Успех в ОВ	30	30	30	1	88,6-100%
Успех в БВ	28	28	28	1	78,7-98,2%
Переход на 2 стента	2	2	2	1	1,8-21,3%
Лучевой доступ	29	28	28	1	78,7-98,2%
Бедренный доступ	1	2	2	0,55	0,6-21,3%
Брахиальный доступ	-	-	-	-	-
Предилатаци я ОВ	5	4	5	0,72	5,3-29,7%
Количество стентов (сред.)	1,1 ± 0	1,1 ± 0	1,1 ± 0	1	0,6-16,7
Количество проводников (средн.)	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	1	1,8-21,3%
Количество баллонов катетеров (средн.)	2 ± 0,58	2,1 ± 1	1,2 ± 1	0,55	0,6-21,3%
Количество контрастного вещества (средн.)	210,3 ± 28,9	186,7 ± 21,2	151,7 ± 45,1	< 0, 001	13 – 83,3%

Продолжение таблицы 4

Время рентгеноскоп ии	0:08:08	0:09:06	0:06:07	0,37	9,5-47,9%
Нагрузка DAP-Total сGy/cm2 (средн.)	4917	3 751	3 737,7	1	3,5-75,4%

Оценивая осложнения, возникшие в стационаре среди пациентов всех трех групп, не зафиксировано ни смертельных исходов, ни случаев перфорации сосудов, ни острого нарушения кровоснабжения мозга. Потребность в повторной процедуре восстановления кровотока отсутствовала у каждого участника. Сердечно-сосудистые проблемы, такие как ИМ или серьезные негативные сосудистые события (MACE), возникли примерно у одинакового процента больных — 3,3% в каждой группе.

Согласно данным ОКТ-контроля после вмешательства (Рис. 22), среднее значение сужения просвета основного сосуда составило: в первой группе — 83,1%, во второй — 82,3%, в третьей — 81,3%. Что касается средней степени сужения БВ, то этот показатель составил соответственно: первая группа — 76,7%, вторая — 74,8%, третья — 76,4%. Средний диаметр основного сосуда согласно ОКТ (Рис.23) варьировал следующим образом: в первой группе — 3,2 мм, во второй — 3,1 мм, в третьей — снова 3,2 мм. Оценив степень неправильного расположения элементов стента («мальпозиция») (Рис. 24), получили следующие цифры: в первой группе — 1,2, во второй — аналогично 1,2, в третьей — меньше всего, лишь 0,9. Хотя статистически подтвержденных отличий между группами не обнаружилось, имеется тенденция к снижению неправильной установки элементов стента в третьей группе.

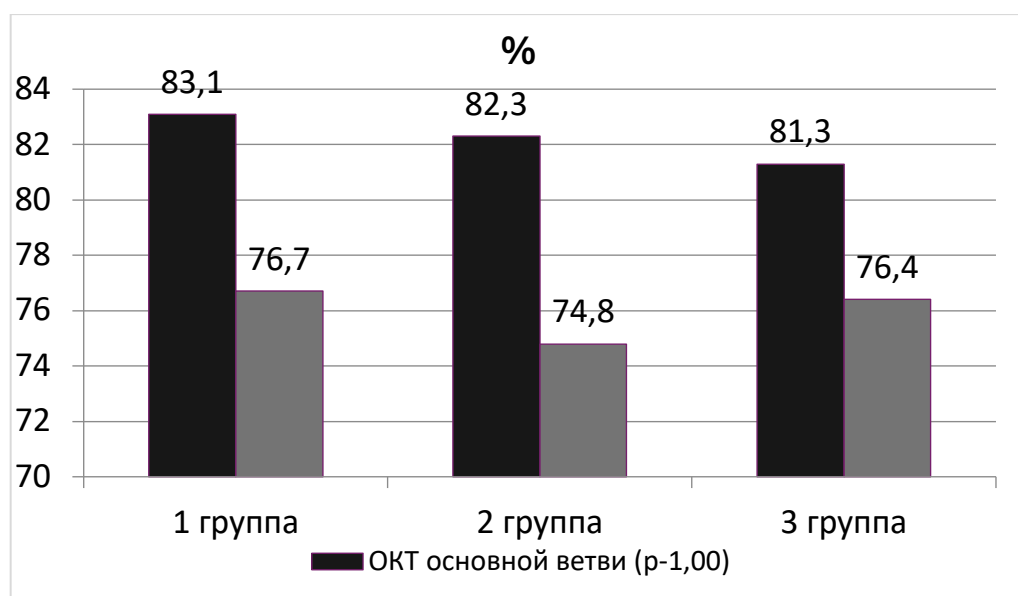


Рис. 22 Степени стеноза основной ветви и боковой ветви после ОКТ контроля

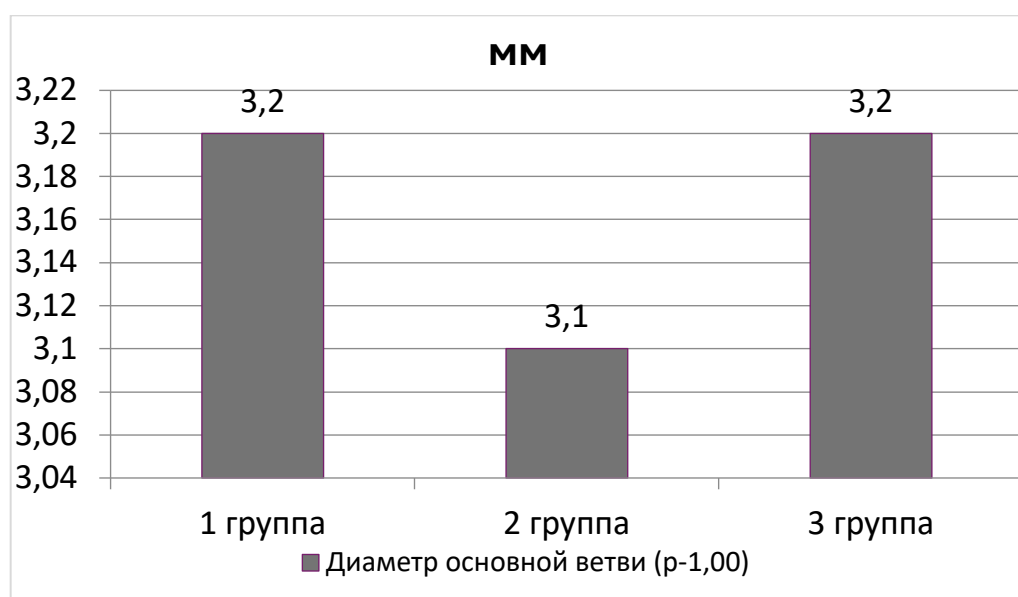


Рис. 23 Диаметр основной ветви после ОКТ контроля

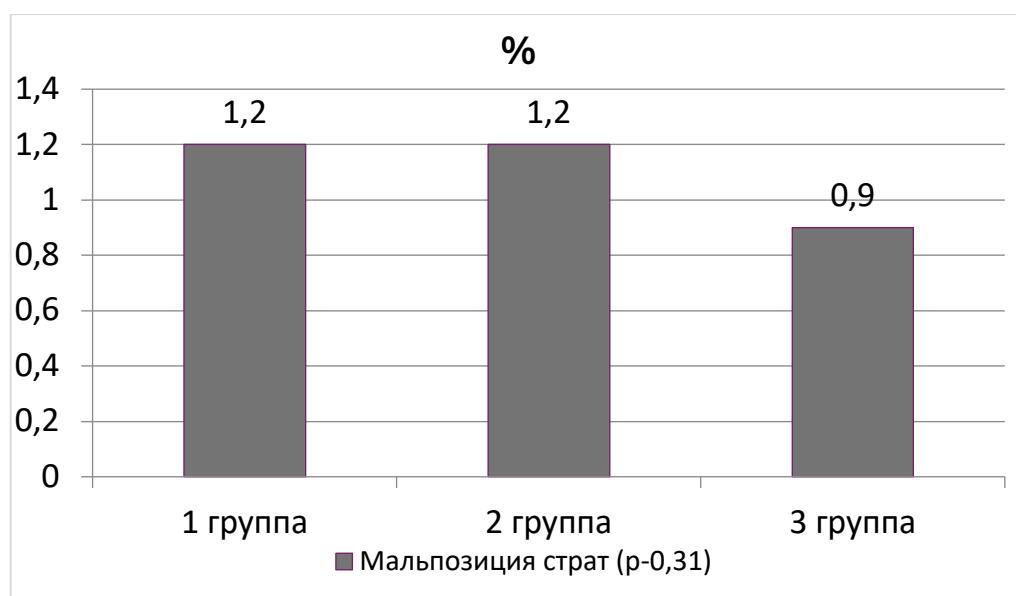


Рис. 24 Мальпозиция страт стентов после хирургического вмешательства

Исследование показало, что использование усовершенствованной техники позволяет добиться наилучших результатов, одновременно снижая потребность в применении эндоваскулярных устройств (баллонных катетеров) и контрастного вещества. Это устраняет необходимость частого привлечения вспомогательных способов интраоперационной визуализации, сокращает продолжительность хирургического вмешательства и повышает экономическую выгоду проводимых процедур. наилучших результатов, одновременно снижая потребность в применении эндоваскулярных устройств (баллонных катетеров) и контрастного вещества. Это устраняет необходимость частого привлечения вспомогательных способов интраоперационной визуализации, сокращает продолжительность хирургического вмешательства и повышает экономическую выгоду проводимых процедур

Данная методика имплантации стента обеспечивает правильное формирование геометрической структуры оперированного сегмента артерии, что уменьшает вероятность развития раннего тромботического осложнения благодаря полному контакту стента с артериальной стенкой (это подтверждено результатами ОКТ).

3.2.2 Оценка отдаленных результатов модифицированной методики «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий

В течение года наблюдений у пациентов не зарегистрировано ни одного случая смерти, острого нарушения мозгового кровообращения, а также тромбоза стента или артерии. ИМ диагностировали у 2 (6,6%) пациентов в каждой из изучаемых групп. Вторичное восстановление проходимости целевого сосуда потребовалось 3 (10%) пациентам первой группы, 4 (13,3%) пациентам второй группы и 2 (6,6%) пациентам третьей группы. Вторичную реваскуляризацию другого сосуда провели 2 (6,6%) пациентам первой и второй группы, а также 1 (3,3%) пациенту третьей группы. Негативные сердечно-сосудистые события (МАСЕ) выявлены у 4 (13,3%) пациентов первой и второй группы и у 3 (10%) пациентов, лечившихся по модифицированной методике.

При годовом ангиографическом контроле не найдено статистически значимых различий между группами по таким показателям, как рестеноз, наименьший диаметр после ЧКВ, поздняя утрата просвета в основном и боковом сосудах, общая потеря просвета в месте бифуркации (Табл. 5). Вместе с тем, при рассмотрении частоты рестенозов, поздних потерь просвета в основной и боковой ветвях, а также общей потери просвета в области раздвоения сосуда, в третьей группе отмечается положительная динамика. Кроме того, минимальное значение диаметра основной ветви оказалось немного больше у пациентов, которым была проведена операция по модифицированной методике (Рис. 25).

Таблица 5. Ангиографические результаты через 12 месяцев

Параметры	1 группа (n-30)	2 группа (n-30)	3 группа (n-30)	p
Рестеноз в ОВ*	4	3	2	0,39
Рестеноз в БВ*	3	3	2	0,64
Минимальный диаметр ОВ после ЧКВ*(средн.)	2.4	2.3	2.5	1,00
Минимальный диаметр БВ после ЧКВ (средн.)	2	1.9	2	0,55
Поздняя потеря просвета в ОВ (средн.)	0.5	0.4	0.3	0,15
Поздняя потеря просвета в БВ (средн.)	0.3	0.3	0.3	0,15
Суммарная потеря просвета в бифуркации через 12 мес. (средн.)	0.8	0.7	0.6	0,15

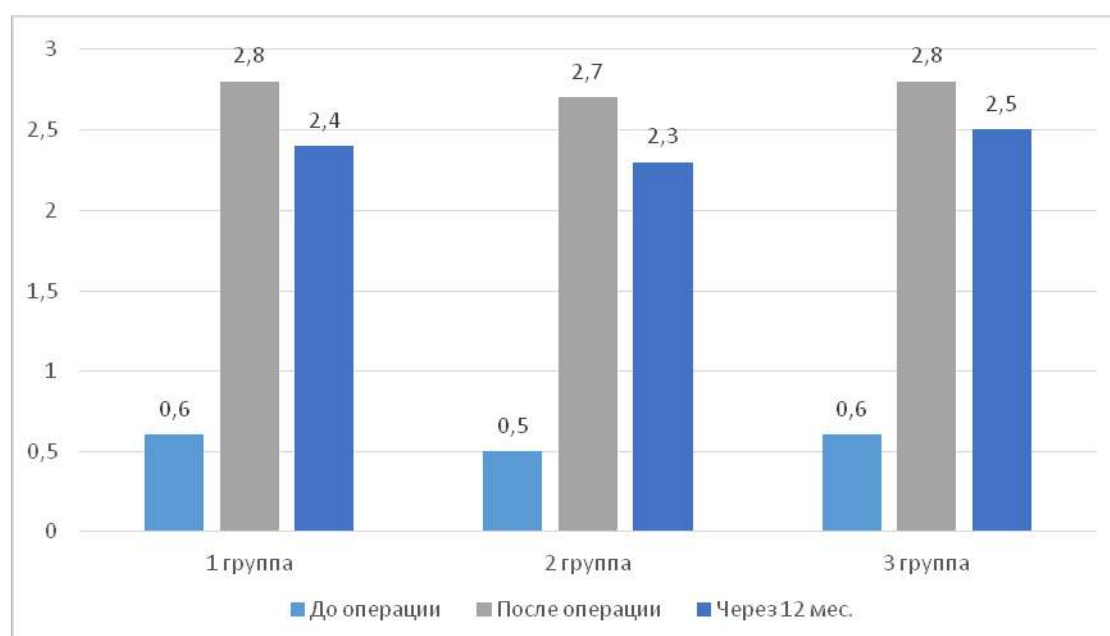


Рис. 25 Минимальный диаметр ОВ до, сразу после стентирования и через 12 мес. после ЧКВ ($p<0,05$)

($p < 0.05$)

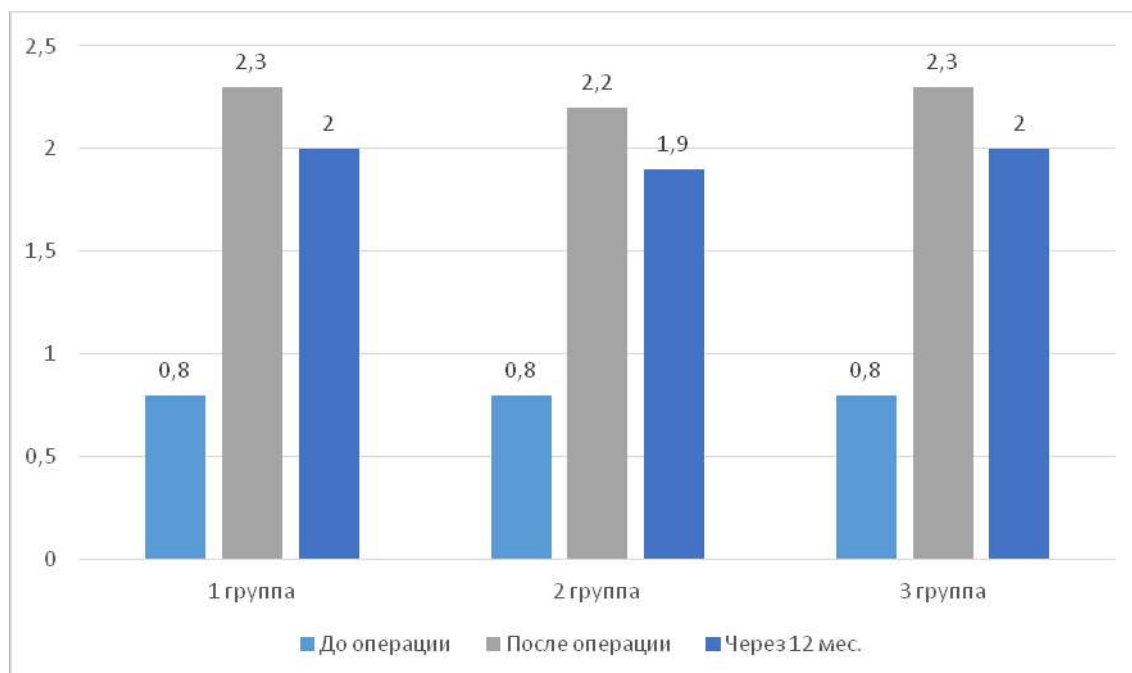


Рис. 26. Минимальный диаметр БВ до, сразу после стентирования и через 12 мес. после ЧКВ ($p < 0,05$)

Проведенный сравнительный анализ размеров минимальной толщины стенок основных и боковых ветвей сосудов, выполненный с использованием ОКТ до начала оперативного лечения, непосредственно после установки стента и спустя год после ЧКВ, показывает рост диаметров сосудов после операции, хотя статистически значимой разницы не получено (рисунки 25, 26). Повторный контроль с помощью ОКТ через 12 месяцев демонстрирует сохранение удовлетворительных значений размеров сосудов.

Представленная модифицированная методика продемонстрировала хорошие долгосрочные результаты при лечении бифуркационного поражения коронарных артерий и может рассматриваться как возможная альтернатива традиционным стандартизированным методикам стентирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая диссертационная работа посвящена одной из наиболее сложных и дискуссионных проблем современной интервенционной кардиологии — оптимизации эндоваскулярного лечения бифуркационных поражений коронарных артерий у пациентов со стабильной ИБС. Высокая распространённость ИБС, значительная доля бифуркационных поражений в структуре коронарных интервенций, а также сохраняющийся риск тромбоза и рестеноза стентов определяют актуальность поиска более эффективных и воспроизводимых подходов к выполнению чрескожных коронарных вмешательств в данной клинической ситуации.

В ходе исследования был проведён комплексный анализ современных литературных данных, отражающих эволюцию взглядов на стратегию лечения бифуркационных поражений коронарных артерий. Установлено, что стратегия «провизорного» стентирования в настоящее время является рекомендованным и наиболее широко применяемым подходом, что подтверждается международными консенсусами и клиническими рекомендациями. Вместе с тем выявлено, что при внешней стандартизованности данной стратегии на практике сохраняются существенные различия в выборе отдельных этапов вмешательства, последовательности манипуляций и показаний к их выполнению, что может оказывать влияние как на непосредственные, так и на отдалённые результаты лечения.

Впервые в отечественной практике выполнен анализ результатов анкетирования врачей по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения, посвящённый особенностям применения «провизорного» стентирования при бифуркационных поражениях коронарных артерий. Полученные данные убедительно продемонстрировали отсутствие единого подхода к выполнению ключевых этапов методики, включая использование коронарных проводников, необходимость и последовательность постдилатации, проксимальной оптимизации стента и kissing-дилатации. Данные результаты подчёркивают

практическую значимость разработки и внедрения более чёткого и оптимизированного алгоритма вмешательства.

Клинический этап исследования позволил провести сравнительную оценку различных вариантов выполнения «провизорного» стентирования, включая модифицированную методику, предложенную автором. В отличие от большинства ранее опубликованных работ, в данной диссертации эффективность вмешательства оценивалась комплексно с учётом ангиографических показателей, клинических исходов, а также данных внутрисосудистой визуализации с использованием ОКТ. Такой подход обеспечил более глубокое понимание влияния выбранной техники на геометрию стентированного сегмента и потенциальные механизмы развития осложнений.

В ходе исследования установлено, что модифицированная методика «провизорного» стентирования не уступает классическим подходам по показателям непосредственного ангиографического успеха и клинической эффективности. При этом её применение ассоциировано с формированием более правильной геометрии стентированного участка бифуркации, что подтверждено данными ОКТ-контроля. Полное и равномерное прилегание стента к сосудистой стенке способствует снижению риска мальаппозиции, неоинтимальной гиперплазии и тромбоза стента в раннем послеоперационном периоде.

Особое значение в рамках работы уделено оценке допустимости и целесообразности рутинного применения локальной постдилатации ячей стента в БВ с последующей проксимальной оптимизацией стента основной артерии. Полученные результаты свидетельствуют о том, что данный подход при соблюдении определённых ангиографических критериев является безопасным, не приводит к увеличению частоты интраоперационных осложнений и позволяет оптимизировать конечный результат вмешательства без необходимости рутинного перехода на двухстентовую стратегию.

Анализ отдалённых результатов наблюдения показал, что применение модифицированной методики не сопровождается увеличением частоты неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 12 месяцев после

вмешательства. Частота рестеноза, тромбоза стента и клинически значимых ишемических событий оставалась сопоставимой с показателями, полученными при использовании общепринятых техник «провизорного» стентирования. Это подтверждает клиническую надёжность предложенного алгоритма и возможность его использования в рутинной практике.

Важным практическим выводом работы является то, что оптимизация методики «провизорного» стентирования позволяет не только улучшить геометрию стентированного сегмента, но и потенциально снизить потребность в использовании дополнительного инструментария, объём вводимого контрастного вещества и продолжительность вмешательства. Указанные аспекты имеют особое значение у пациентов с высоким риском контраст-индуцированной нефропатии и у больных с тяжёлым коморбидным фоном.

Таким образом, результаты диссертационного исследования подтверждают, что модифицированная методика «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий является эффективным, безопасным и технологически доступным вариантом эндоваскулярного лечения. Предложенная оптимизированная последовательность действий может быть рекомендована к внедрению в клиническую практику отделений рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, а также использована в образовательных программах по подготовке и повышению квалификации специалистов.

Выполненная работа расширяет существующие представления о возможностях модификации стратегии «провизорного» -стентирования, вносит вклад в формирование более унифицированного подхода к лечению бифуркационных поражений коронарных артерий и создаёт предпосылки для дальнейших исследований, направленных на персонализацию эндоваскулярных вмешательств и улучшение отдалённого прогноза пациентов с ИБС.

ВЫВОДЫ

1. По данным опроса рентгенэндоваскулярных хирургов ($n=86$) выявлена значительная вариабельность практики «провизорного» стентирования: алгоритм «ROT–kissing–ROT» применяют 34,9%, критериями вмешательства чаще служат $TIMI < 3$ (81,4%), переход на двухстентовую стратегию обусловлен диссекцией БВ (88,4%) и $TIMI < 3$ (69,8%); внутрисосудистая визуализация не используется в 64% случаев, физиологическая оценка — в 19,8%.
2. Модифицированная методика «провизорного» стентирования демонстрирует сопоставимую с классическими подходами клинко-ангиографическую эффективность при отсутствии статистически значимых различий по основным исходам. При этом она ассоциируется со снижением ресурсоёмкости вмешательства, что проявляется уменьшением количества используемых баллонных катетеров (1,2 против 2,0 и 2,1; $p=0,55$), объёма контрастного вещества (151,7 против 210,3 и 186,7 мл) и времени рентгеноскопии (6:07 против 8:08 и 9:06; $p=0,37$). Дополнительно, по данным ОКТ, отмечается тенденция к снижению мальаппозиции страт (0,9 против 1,2; $p=0,31$), что может указывать на более оптимальную геометрию стентированного сегмента и потенциально лучшие отдалённые результаты.
3. Модифицированная методика «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий характеризуется сопоставимой с классическими техниками эффективностью и более низкой частотой повторной реваскуляризации целевого сосуда в течение 12 месяцев (2 против 3 и 4; $p=0,69$), меньшей частотой MACE (3 против 4 и 4 ; $p=0,9$), отсутствием летальных исходов, ОНМК и тромбоза стента/артерии во всех группах, а также более благоприятными ангиографическими показателями через 12 месяцев (меньший рестеноз в ОВ и БВ, меньшая поздняя потеря просвета в ОВ и больший минимальный диаметр ОВ).

4. Модифицированная методика «провизорного» стентирования продемонстрировала сопоставимые клинические и ангиографические результаты по сравнению с традиционными подходами при отсутствии статистически значимых различий по основным конечным точкам. В то же время её применение ассоциировалось со снижением ресурсоёмкости вмешательства, включая уменьшение объёма контрастного вещества (151,7 против 210,3 и 186,7 мл; $p < 0,001$), количества баллонных катетеров (1,2 против 2,0 и 2,1; $p = 0,55$) и времени рентгеноскопии (6:07 против 8:08 и 9:06; $p = 0,37$). Несмотря на отсутствие статистической значимости по ряду параметров, направленность выявленных различий указывает на потенциальное снижение процедурной нагрузки без ухудшения эффективности и безопасности вмешательства.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При выявленном бифуркационном поражении коронарных артерий оптимальным подходом выступает методика «провизорного» стентирования с целью эффективного восстановления адекватного кровоснабжения миокарда и минимизации риска возникновения нежелательных послеоперационных осложнений, с возможностью перехода на двухстентовую технику.
2. С целью минимизации возможных неблагоприятных последствий применения классической методики «провизорного» стентирования целесообразно использование модифицированной техники с применением локальной постдилатации ячей стента в боковую ветвь.
3. После осуществления стентирования целесообразно проведение интраоперационной внутрисосудистой визуализационной диагностики и/или функциональных тестов с целью объективной оценки эффективности проведенного вмешательства и выявления показаний к последующей коррекции мальаппозиции стента.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Лечение поражений коронарных артерий в зоне бифуркации связано с высоким риском неблагоприятных исходов, таких как развитие рестеноза в целевой и БВ, образование тромбов в стенте и необходимость последующих операций по восстановлению кровотока. Данная сложность объясняется индивидуальными анатомическими факторами, такими как нарушение ламинарного тока крови, различия в углах отходящих ветвей и размерах сосудов.

Методы лечения поражений в зонах бифуркации продолжают совершенствоваться, начиная от простого стентирования главной артерии и заканчивая сложными процедурами с применением двойного стентирования. Подход к выбору конкретной лечебной стратегии зависит от особенностей патологии, текущего состояния здоровья пациента и уровня квалификации хирурга.

Визуализационные методы играют важнейшую роль при выполнении стентирования коронарных бифуркаций, обеспечивая повышение качества процедуры и сокращение риска осложнений. Стандартным инструментом является ангиография, позволяющая получать двухмерное изображение сосудистого русла, однако её возможности ограничены при оценке строения бифуркации и степени стеноза в БВ. Методы внутрисосудистой визуализации, такие как ВСУЗИ и ОКТ, позволяют детально изучить структуру сосудистых стенок, характеристики атеросклеротических бляшек и уровень кальцификации.

Хотя стратегия «провизорного» -стентирования широко используется при лечении бифуркационных поражений коронарных артерий, пока недостаточно рандомизированных клинических испытаний, изучавших влияние ОКТ на клинические исходы данной методики. Большинство существующих обзоров и метаанализов основаны преимущественно на исследованиях, посвящённых лечению небифуркационных повреждений, что затрудняет перенос полученных выводов на особую группу пациентов с бифуркациями. Это создаёт неясность

относительно целесообразности регулярного применения ОКТ при «провизорного» стентировании.

Тем не менее, данная работа подтверждает, что модифицированный метод «провизорного» стентирования способен обеспечить правильную форму и положение стента в бифуркационной зоне, что снижает риск возникновения ранних и отсроченных осложнений. Для полноценного понимания преимуществ подхода необходимы дальнейшие крупные многоцентровые исследования, направленные на оценку клинических результатов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Русские сокращения:

БВ — боковая ветвь

ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование

ИБС — ишемическая болезнь сердца

ИМ — инфаркт миокарда

КА — коронарная артерия

КАГ — коронароангиография

КТ — компьютерная томография

ЛЖ — левый желудочек

ОВ — основная ветвь

ОКС — острый коронарный синдром

ОКТ — оптическая когерентная томография

ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения

СН — сердечная недостаточность

ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания

ФВ — фракция выброса

ФРК — фракционный резерв кровотока

ХКС — хронические коронарные синдромы

ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство

ЭКГ — электрокардиография

ЭхоКГ — эхокардиография

Иностранные сокращения:

DES — Drug-Eluting Stent (стент с лекарственным покрытием)

EBC — European Bifurcation Club (Европейский бифуркационный клуб)

FFR — Fractional Flow Reserve (фракционный резерв кровотока)

IVUS — Intravascular Ultrasound (внутрисосудистый ультразвук)

MACE — Major Adverse Cardiovascular Events (серьёзные неблагоприятные сердечно-сосудистые события)

MB — Main Branch (основная ветвь)

OCT — Optical Coherence Tomography (оптическая когерентная томография)

PCI — Percutaneous Coronary Intervention (чрескожное коронарное вмешательство)

POT — Proximal Optimisation Technique (техника проксимальной оптимизации)

SB — Side Branch (боковая ветвь)

TIMI — Thrombolysis In Myocardial Infarction (шкала оценки кровотока)

TVR — Target Vessel Revascularization (реваскуляризация целевого сосуда)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барбараш, О.Л. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2024 / О.Л. Барбараш, Ю.А. Карпов, А.В. Панов [и др.] // Российский кардиологический журнал. — 2024. — Т. 29, № 9. — С. 6110.

2. Базунов, А.К. Долгосрочные результаты модифицированной методики «провизорного» стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий / А.К. Базунов, А.В. Бирюков, А.Ю. Пелипась [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. — 2025. — Т. 20, № 2. — С. 19–22.

3. Базунов, А.К. Применение техники provisional-стентирования при бифуркационном поражении коронарных артерий: результаты опроса рентгенэндоваскулярных хирургов / А.К. Базунов, А.В. Бирюков, А.Ю. Пелипась [и др.] // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2025. — Т. 20, № 3. — С. 21–28.

4. Богомолов, А.Н. Эпидемиология и современные стратегии лечения ишемической болезни сердца у больных сахарным диабетом 2 типа / А.Н. Богомолов, К.Л. Козлов, О.Н. Курочкина // Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. — 2024. — № 4 (39). — С. 57–65.

5. Галимзянов, А.Ф. Медико-социальные проблемы управления факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний, приводящих к заболеваемости, инвалидности и смертности населения / А.Ф. Галимзянов, А.Н. Галиуллин, Д.А. Галиуллин [и др.] // Скорая медицинская помощь. — 2023. — Т. 24, № 3. — С. 51–58.

6. Демин, В.В. Совместная регистрация данных внутрисосудистого ультразвукового сканирования, коронарной ангиографии и функционального резерва кровотока в режиме реального времени / В.В. Демин, М.М. Мурзайкина, Д.В. Демин, П.Ю. Галин // Диагностическая и интервенционная радиология. — 2022. — Т. 16, № 4. — С. 6–15.

7. Зайнобидинов, Ш.Ш. Непосредственные и краткосрочные результаты чрескожного коронарного вмешательства у пациентов со стабильной

ишемической болезнью сердца и многососудистым поражением коронарного русла / Ш.Ш. Зайнобидинов, Д.А. Хелимский, А.А. Баранов [и др.] // Российский кардиологический журнал. — 2025. — Т. 30, № 4. — С. 6128.

8. Зуфаров, М.М. Оптимизация результатов стентирования бифуркационных поражений коронарных артерий с применением внутрисосудистых методов диагностики / М.М. Зуфаров, Ж.О. Анваров, Н.К. Махкамов, М.М. Умаров // Кардиология в Беларуси. — 2022. — № 4. — С. 469–481.

9. Калинин, Р.Е. Варианты анатомии и особенности атеросклеротического поражения бифуркаций коронарных артерий / Р.Е. Калинин, И.А. Сучков, А.В. Карпов, И.Н. Шанаев // Наука молодых – Eruditio Juvenium. — 2024. — Т. 12, № 1. — С. 25–34.

10. Калинин, Р.Е. Причины и частота перехода к двухстентовой методике при коррекции бифуркационных поражений коронарных артерий у пациентов с острым коронарным синдромом / Р.Е. Калинин, И.А. Сучков, А.В. Карпов [и др.] // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. — 2023. — Т. 182, № 2. — С. 29–37.

11. Козлов, С.Г. Неинвазивная диагностика стабильной ишемической болезни сердца у пациентов старших возрастных категорий / С.Г. Козлов, О.В. Чернова, Ф.Н. Палеев // Атеросклероз и дислипидемии. — 2021. — № 2. — С. 24–34.

12. Кочергин, Н.А. Возможности оптической когерентной томографии и внутрисосудистого ультразвука в выявлении нестабильных бляшек в коронарных артериях / Н.А. Кочергин, А.М. Кочергина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2022. — Т. 21, № 1. — С. 101–106.

13. Максимкин, Д.А. Проблемы эндоваскулярного лечения пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами ствола левой коронарной артерии / Д.А. Максимкин, С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатуллоева // Инновационная медицина Кубани. — 2024. — № 3. — С. 104–110.

14. Минасян, А.А. Показатели объемной компьютерной томографии сердца с фармакологической пробой с натрия аденозинтрифосфатом в диагностике

стабильной ишемической болезни сердца / А.А. Минасян, С.А. Гаман, Г.Н. Соболева [и др.] // Кардиологический вестник. — 2021. — Т. 16, № 2. — С. 53–58.

15. Мишина, И.Е. Применение ЭКГ-контролируемого теста с шестиминутной ходьбой: сравнительное когортное исследование / И.Е. Мишина, О.В. Лебедева, Е.В. Березина [и др.] // Вестник восстановительной медицины. — 2024. — Т. 23, № 4. — С. 30–37.

16. Осипова, О.А. Особенности суточного профиля артериального давления и системного воспаления у больных стабильной ишемической болезнью сердца с обструктивным апноэ сна / О.А. Осипова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2023. — Т. 22, № 9. — С. 69–76.

17. Самородская, И.В. Показатели мужской и женской смертности от острых форм ишемической болезни сердца в пятилетних возрастных группах в Российской Федерации / И.В. Самородская, М.Г. Бубнова, О.А. Акулова, О.М. Драпкина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2022. — Т. 21, № 12. — С. 7888.

18. Сукманова, И.А. Возможности применения визуализирующих методов рентгенэндоваскулярной хирургии у пациентов с ИБС / И.А. Сукманова, Д.С. Гордеева, А.С. Пинаева, Е.Ю. Губаренко // Бюллетень медицинской науки. — 2021. — № 4 (24). — С. 67–80.

19. Толпыгина, С.Н. Исследование «Прогноз ИБС». Новые данные по отдаленному наблюдению / С.Н. Толпыгина, С.Ю. Марцевич // Профилактическая медицина. — 2016. — № 1. — С. 30–36.

20. Трусов, И.С. Применение оптической когерентной томографии в визуализации сосудистой стенки коронарных артерий до и после стентирования / И.С. Трусов, Е.М. Нифонтов, А.В. Бирюков [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2019. — Т. 18, № 1. — С. 77–85.

21. Утегенов, Р.Б. Госпитальные результаты чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с бифуркационным поражением ствола левой коронарной артерии / Р.Б. Утегенов, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян [и др.] // Клиническая и экспериментальная хирургия. — 2023. — Т. 11, № 2 (40). — С. 24–

33.

22. Утегенов, Р.Б. Особенности строения атеросклеротических бляшек по данным оптической когерентной томографии у пациентов с ишемической болезнью сердца / Р.Б. Утегенов, С.С. Сапожников, И.С. Бессонов // Российский кардиологический журнал. — 2024. — Т. 29, № 8. — С. 5865.

23. Федулаев, Ю.Н. Холтеровское мониторирование электрокардиограммы у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца: новые возможности / Ю.Н. Федулаев, И.В. Макарова, Т.В. Пинчук, О. Андреева // Consilium Medicum. — 2021. — Т. 23, № 6. — С. 518–521.

24. Харченко, В.В. Ишемическая болезнь сердца: осложнения, эпидемиология, профилактика / В.В. Харченко, В.А. Иванов, А.О. Ветров // Интегративные тенденции в медицине и образовании. — 2022. — Т. 3. — С. 149–153.

25. Хохлунов, С.М. Сравнение одностентовой и двухстентовой стратегии стентирования сложного бифуркационного поражения ствола левой коронарной артерии у гемодинамически стабильных пациентов с острым коронарным синдромом / С.М. Хохлунов, Т.В. Кислухин, Г.В. Саламов [и др.] // Международный журнал интервенционной кардиоангиологии. — 2023. — № 72. — С. 9–20.

26. Эралиев, Т.К. Бифуркационные поражения коронарного русла: современные техники эндоваскулярного лечения / Т.К. Эралиев, Д.А. Хелимский, А.Г. Бадоян, О.В. Крестьянинов // Патология кровообращения и кардиохирургия. — 2021. — № 2. — С. 38–49.

27. Ярмедова, С.Ф. Ишемия миокарда как причина приступообразной одышки у больных со стабильной ишемической болезнью сердца / С.Ф. Ярмедова, И.С. Явелов, О.М. Драпкина // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2025. — Т. 23, № 12. — С. 6267.

28. Abbara, S. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography / S. Abbara, P. Blanke, C.D. Maroules [et al.] // J. Cardiovasc. Comput. Tomogr. — 2016. — Vol. 10. — P. 435–449.

29. Albiero, R. Treatment of coronary bifurcation lesions, part I: implanting the first stent in the provisional pathway. The 16th expert consensus document of the European Bifurcation Club / R. Albiero, F. Burzotta, J.F. Lassen [et al.] // *EuroIntervention*. — 2022. — Vol. 18, № 5. — P. e362–e376.

30. Antonopoulos, A.S. Cardiovascular risk stratification by coronary computed tomography angiography imaging: current state-of-the-art / A.S. Antonopoulos, A. Angelopoulos, K. Tsioufis [et al.] // *Eur. J. Prev. Cardiol.* — 2022. — Vol. 29, № 4. — P. 608–624.

31. Azhar, A.Z. Use of coronary artery calcium and coronary tomography angiography in the evaluation of ischemic heart disease / A.Z. Azhar, D. Rai, D. Bandyopadhyay [et al.] // *Hosp. Pract.* — 2022. — Vol. 50, № 1. — P. 9–16.

32. Banning, A.P. European Bifurcation Club recommendations for the treatment of coronary bifurcation lesions / A.P. Banning [et al.] // *EuroIntervention*. — 2013. — Vol. 9, № 1. — P. 80–94.

33. Barycki, M. One-year comparative outcomes of DK culotte and culotte techniques in left main bifurcation in acute coronary syndrome / M. Barycki, P. Rola, A. Włodarczak [et al.] // *Kardiol. Pol.* — 2024. — Vol. 82, № 10. — P. 999–1002.

34. Bhogal, S. Provisional versus dual stenting of left main coronary artery bifurcation lesions / S. Bhogal, C. Zhang, A.I. Aladin [et al.] // *Am. J. Cardiol.* — 2022. — Vol. 185. — P. 10–17.

35. Biscaglia, S. Coronary Physiology Guidance vs Conventional Angiography for Optimization of Percutaneous Coronary Intervention: The AQVA-II Trial / S. Biscaglia, F.M. Verardi, A. Erriquez [et al.] // *JACC Cardiovasc. Interv.* — 2024. — Vol. 17, № 2. — P. 277–287.

36. Burzotta, F. European Bifurcation Club white paper on stenting techniques for patients with bifurcated coronary artery lesions / F. Burzotta, J.F. Lassen, Y. Louvard [et al.] // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2020. — Vol. 96, № 5. — P. 1067–1079.

37. Burzotta, F. Percutaneous coronary intervention for bifurcation coronary lesions: the 15th consensus document from the European Bifurcation Club / F. Burzotta, J.F. Lassen, T. Lefèvre [et al.] // *EuroIntervention*. — 2021. — Vol. 16, № 16. — P.

1307–1317.

38. Burzotta, F. Percutaneous coronary intervention for bifurcation coronary lesions using optimised angiographic guidance: the 18th consensus document from the European Bifurcation Club / F. Burzotta, Y. Louvard, J.F. Lassen [et al.] // *EuroIntervention*. — 2024. — Vol. 20, № 15. — P. e915–e926.

39. Chen, S.L. Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting for Left Main Distal Bifurcation Lesions: DKCRUSH-V Randomized Trial / S.L. Chen, J.J. Zhang, Y. Han [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2017. — Vol. 70. — P. 2605–2617.

40. Chen, S.L. Impact of the complexity of bifurcation lesions treated with drug-eluting stents: the DEFINITION study / S.L. Chen, I. Sheiban, B. Xu [et al.] // *JACC Cardiovasc. Interv.* — 2014. — Vol. 7, № 11. — P. 1266–1276.

41. Chen, X. 3-Year Outcomes of the DKCRUSH-V Trial Comparing DK Crush With Provisional Stenting for Left Main Bifurcation Lesions / X. Chen, X. Li, J.J. Zhang [et al.] // *JACC Cardiovasc. Interv.* — 2019. — Vol. 12, № 19. — P. 1927–1937.

42. Chiabrando, J.G. Stenting techniques for coronary bifurcation lesions: Evidence from a network meta-analysis of randomized clinical trials / J.G. Chiabrando, M. Lombardi, G.M. Vescovo [et al.] // *Catheter Cardiovasc. Interv.* — 2021. — Vol. 97, № 3. — P. E306–E318.

43. Crimi, G. Percutaneous Coronary Intervention Techniques for Bifurcation Disease: Network Meta-analysis Reveals Superiority of Double-Kissing Crush / G. Crimi, A. Mandurino-Mirizzi, V. Gritti [et al.] // *Can. J. Cardiol.* — 2020. — Vol. 36. — P. 906–914.

44. DeBruyne, B. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease / B. DeBruyne, N.H. Pijls, B. Kalesan [et al.] // *N. Engl. J. Med.* — 2012. — Vol. 367. — P. 991–1001.

45. Dérimay, F. Benefit of a new provisional stenting strategy, the re-proximal optimisation technique: the rePOT clinical study / F. Dérimay, G. Finet, G. Souteyrand [et al.] // *EuroIntervention*. — 2018. — Vol. 14, № 3. — P. e325–e332.

46. Douglas, P.S. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease / P.S. Douglas, U. Hoffmann, M.R. Patel // *N. Engl. J. Med.* — 2015. —

Vol. 372, № 14. — P. 1291–1300.

47. Driessen, R.S. Comparison of Coronary Computed Tomography Angiography, Fractional Flow Reserve, and Perfusion Imaging for Ischemia Diagnosis / R.S. Driessen, I. Danad, W.J. Stuijfszand [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. — 2019. — Vol. 73, № 2. — P. 161–173.

48. Fihn, S.D. 2014 ACC/AHA/AATS/PCNA/SCAI/STS focused update of the guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease / S.D. Fihn, J.C. Blankenship, K.P. Alexander // J. Am. Coll. Cardiol. — 2014. — Vol. 64, № 18. — P. 1929–1949.

49. Ford, T.J. Single- Versus 2-Stent Strategies for Coronary Bifurcation Lesions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials With Long-Term Follow-up / T.J. Ford, P. McCartney, D. Corcoran [et al.] // J. Am. Heart Assoc. — 2018. — Vol. 7, № 11. — P. e008730.

50. Fujisaki, T. Provisional or 2-stent technique for bifurcation lesions in the second-generation drug-eluting stent era / T. Fujisaki, T. Kuno, Y. Numasawa [et al.] // J. Soc. Cardiovasc. Angiogr. Interv. — 2022. — Vol. 1, № 5. — P. 100410.

51. Gonçalves, G. Angioplasty in coronary bifurcation: provisional stent technique / G. Gonçalves, F.A. Pinton, R.A.D. Costa // J. Transcat. Intervent. — 2021. — Vol. 29.

52. Grodecki, K. Comparison of Computed Tomography Angiography Versus Invasive Angiography to Assess Medina Classification in Coronary Bifurcations / K. Grodecki, M.P. Opolski, A.D. Staruch [et al.] // Am. J. Cardiol. — 2020. — Vol. 125, № 10. — P. 1479–1485.

53. Hall, A.B. Double kissing crush bifurcation stenting: step-by-step troubleshooting / A.B. Hall, I. Chavez, S. Garcia [et al.] // EuroIntervention. — 2021. — Vol. 17. — P. e317–e325.

54. Hennessey, B. Contemporary use of coronary computed tomography angiography in the planning of percutaneous coronary intervention / B. Hennessey, R. Vera-Urquiza, H. Mejía-Rentería [et al.] // Int. J. Cardiovasc. Imaging. — 2020. — Vol. 36. — P. 2441–2459.

55. Holm, N.R. Rational and design of the European randomized Optical Coherence Tomography Optimized Bifurcation Event Reduction Trial (OCTOBER) / N.R. Holm, L.N. Andreasen, S. Walsh [et al.] // *Am. Heart J.* — 2018. — Vol. 205. — P. 97–109.

56. Holm NR, Andreasen LD, 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, Heek 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.

57. Kang SJ, Ahn JM, Song H, Kim WJ, Lee JY, Park DW, Yun SC, Lee SW, Kim YH, Lee CW, Mintz GS, Park SW, Park SJ. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease. *Circ Cardiovasc Interv.* 2011 Dec 1;4(6):562-9. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.111.964643. Epub 2011 Nov 1. PMID: 22045969.

58. Khav, N. CT-Derived Fractional Flow Reserve (CT-FFR) in the Evaluation of Coronary Artery Disease / N. Khav, A.R. Ihdahid, B. Ko // *Heart Lung Circ.* — 2020. — Vol. 29. — P. 1621–1632.

59. Knuuti, J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes / J. Knuuti, W. Wijns, A. Saraste [et al.] // *Eur. Heart J.* — 2020. — Vol. 41, № 3. — P. 407–477.

60. Kočka, V. Optimal Fluoroscopic Projections of Coronary Ostia and Bifurcations Defined by Computed Tomographic Coronary Angiography / V. Kočka, P. Thériault-Lauzier, T.Y. Xiong [et al.] // *JACC Cardiovasc. Interv.* — 2020. — Vol. 13, № 21. — P. 2560–2570.

61. Kotoku, N. Murray law-based quantitative flow ratio to assess left main

bifurcation stenosis / N. Kotoku, K. Ninomiya, D. Ding [et al.] // Int. J. Cardiovasc. Imaging. — 2024. — Vol. 40, № 1. — P. 195–206.

62. Kumsars I., Holm N. R., Niemelä M., Erglis A., Kervinen K. et al. Randomised comparison of provisional side branch stenting versus a two-stent strategy for treatment of true coronary bifurcation lesions involving a large side branch: the Nordic-Baltic Bifurcation Study IV // Open Heart. 2020;7(1):e000947. Doi: 10.1136/openhrt-2018-000947.

63. Lassen, J.F. Percutaneous coronary intervention for the left main stem and other bifurcation lesions: 12th consensus document from the European Bifurcation Club / J.F. Lassen, F. Burzotta, A.P. Banning [et al.] // EuroIntervention. — 2018. — Vol. 13, № 13. — P. 1540–1553.

64. Lassen, J.F. Percutaneous treatment of coronary bifurcation lesions: state of the art / J.F. Lassen [et al.] // EuroIntervention. — 2011. — Vol. 7, № 7. — P. 838–848.

65. Lassen, J.F. Treatment of coronary bifurcation lesions, part II: implanting two stents. The 16th expert consensus document of the European Bifurcation Club / J.F. Lassen, R. Albiero, T.W. Johnson [et al.] // EuroIntervention. — 2022. — Vol. 18, № 6. — P. 457–470.

66. Lefèvre, T. Coronary bifurcation lesions: classification, treatment and long-term outcome / T. Lefèvre [et al.] // Arch. Cardiovasc. Dis. — 2008. — Vol. 1, № 8. — P. 579–586.

67. Li, D. Review of techniques for protecting side branch from occlusion during provisional stenting in coronary bifurcation lesions / D. Li, H. Dai, C. Gao [et al.] // Rev. Cardiovasc. Med. — 2023. — Vol. 24, № 11. — P. 323.

68. Li, X.M. Myocardial Perfusion Imaging by Cardiovascular Magnetic Resonance: Research Progress and Current Implementation / X.M. Li, L. Jiang, C.Y. Min [et al.] // Curr. Probl. Cardiol. — 2023. — Vol. 48, № 6. — P. 101665.

72. Louvard, Y. MOCA classification: a new classification for coronary bifurcation lesions / Y. Louvard [et al.] // EuroIntervention. — 2011. — Vol. 7, № 1. — P. 101–105.

73. Machado, M.F. Coronary Computed Tomography Angiography Versus

Invasive Coronary Angiography in Stable Chest Pain: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials / M.F. Machado, N. Felix, P.H.C. Melo [et al.] // *Circ. Cardiovasc. Imaging*. — 2023. — Vol. 16, № 11. — P. e015800.

74. Medina, Antonio & Lezo, Jose & Pan, Manuel. (2006). [A new classification of coronary bifurcation lesions] Una clasificacion simple de las lesiones coronarias en bifurcacion. *Revista Espanola De Cardiologia - REV ESPAN CARDIOL*. 59. 183-183. 10.1157/13084649.

72. Mizukami, T. Evaluation of epicardial coronary resistance using computed tomography angiography / T. Mizukami, K. Tanaka, J. Sonck [et al.] // *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* — 2020. — Vol. 14, № 2. — P. 177–184.

73. Murasato, Y. Feasibility and efficacy of an ultra-short side branch-dedicated balloon in coronary bifurcation stenting / Y. Murasato [et al.] // *EuroIntervention*. — 2021. — Vol. 17, № 5. — P. e425.

74. Naeem, H. Comparison of Invasive Coronary Angiography Versus Computed Tomography Angiography to Assess Mehran Classification of In-Stent Restenosis / H. Naeem, U. Khan, M. Mohsin [et al.] // *Am. J. Cardiol.* — 2022. — Vol. 172. — P. 11–17.

75. Narula, J. SCCT 2021 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography / J. Narula, Y. Chandrashekar, A. Ahmadi [et al.] // *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* — 2021. — Vol. 15. — P. 192–217.

76. Ormiston, J.A. Plaque Protrusion After Coronary Stenting and its Impact on Restenosis / J.A. Ormiston [et al.] // *Circulation*. — 2003. — Vol. 108, № 6. — P. 688–694.

77. Pan, M. The 17th expert consensus document of the European Bifurcation Club — techniques to preserve access to the side branch during stepwise provisional stenting / M. Pan, J.F. Lassen, F. Burzotta [et al.] // *EuroIntervention*. — 2023. — Vol. 19, № 1. — P. 26–36.

78. Parikh, R.V. Utilization and Outcomes of Measuring Fractional Flow Reserve in Patients With Stable Ischemic Heart Disease / R.V. Parikh, G. Liu, M.E. Plomondon [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2020. — Vol. 75, № 4. — P. 409–419.

79. Radaideh, Q. Medical and Revascularization Management of Stable Ischemic Heart Disease: An Overview / Q. Radaideh, N.W. Shammash, G.E. Daher, R.J. Rachwan // *Int. J. Angiol.* — 2021. — Vol. 30, № 1. — P. 83–90.

80. Rinfret, S. The balloon-assisted double-kissing T-stenting technique: concept, in vitro model, and case examples / S. Rinfret, L. Verreault-Julien, K. Croce // *J. Soc. Cardiovasc. Angiogr. Interv.* — 2024. — Vol. 3, № 7. — P. 101928.

81. Senior, R. Clinical practice of contrast echocardiography: recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017 / R. Senior, H. Becher, M. Monaghan [et al.] // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* — 2017. — Vol. 18. — P. 1205–1205af.

82. Steigen, T.K. Randomized study on simple versus complex stenting of coronary artery bifurcation lesions: the Nordic bifurcation study / T.K. Steigen, M. Maeng, R. Wiseth [et al.] // *Circulation.* — 2006. — Vol. 114, № 18. — P. 1955–1961.

83. Suryawan, I.G.R. Comparison between provisional and dual systematic stenting approach for left main bifurcation disease / I.G.R. Suryawan, P.B.T. Saputra, M.E.S.E. Rurus [et al.] // *Curr. Probl. Cardiol.* — 2024. — Vol. 49, № 8. — P. 102633.

84. Taylor, C.A. Computational fluid dynamics applied to cardiac computed tomography for noninvasive quantification of fractional flow reserve / C.A. Taylor, T.A. Fonte, J.K. Min // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2013. — Vol. 61. — P. 2233–2241.

85. Tu, S. Five-year outcomes of double kissing mini-culotte stenting vs. mini-culotte stenting using drug-eluting stents for the treatment of true coronary bifurcation lesions / S. Tu, L. Zhang, Q. Tian [et al.] // *Front. Cardiovasc. Med.* — 2024. — Vol. 11. — P. 1336750.

86. Tzimas, G. Coronary CT Angiography to Guide Percutaneous Coronary Intervention / G. Tzimas, G.S. Gulsin, H. Takagi [et al.] // *Radiol. Cardiothorac. Imaging.* — 2022. — Vol. 4, № 1. — P. e210171.

87. Vahanian, A. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease / A. Vahanian [et al.] // *Eur. Heart J.* — 2021. — Vol. 43, № 7. — P. 561–632.

88. Vlachopoulos, C. The role of vascular biomarkers for primary and secondary

prevention / C. Vlachopoulos, P. Xaplanteris, V. Aboyans [et al.] // *Atherosclerosis*. — 2015. — Vol. 241. — P. 507–532.

89. Wang, X. Functional assessment of stenotic coronary artery in 3D geometric reconstruction from fusion of intravascular ultrasound and x-ray angiography / X. Wang, C. Peng, X. Liu, Z. Pan // *IEEE Access*. — 2018. — Vol. 6. — P. 53330–53341.

90. Williams, M.C. Quantitative assessment of atherosclerotic plaque, recent progress and current limitations / M.C. Williams, J.P. Earls, H. Hecht // *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* — 2022. — Vol. 16. — P. 124–137.

91. Wu, W. 3D reconstruction of coronary artery bifurcations from intravascular ultrasound and angiography / W. Wu, U.M. Oguz, A. Banga [et al.] // *Sci. Rep.* — 2024. — Vol. 14, № 1. — P. 6612.

92. Wu, X. Diagnostic Performance of Angiography-Derived Quantitative Flow Ratio in Complex Coronary Lesions / X. Wu, K. Wang, G. Li [et al.] // *Circ. Cardiovasc. Imaging*. — 2024. — Vol. 17, № 3. — P. e016046.

93. Zhang, J.J. Multicentre, randomized comparison of two stent and provisional stenting techniques in patients with complex coronary bifurcation lesions: the DEFINITION II trial / J.J. Zhang, F. Ye, K. Xu [et al.] // *Eur. Heart J.* — 2020. — Vol. 41. — P. 2523–2536.

94. Zimarino, M. Mid-term outcomes after percutaneous interventions in coronary bifurcations / M. Zimarino, C. Briguori, I.J. Amat-Santos [et al.] // *Int. J. Cardiol.* — 2019. — Vol. 283. — P. 78–83.

95. Zimmermann, F.M. Fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention vs. medical therapy for patients with stable coronary lesions / F.M. Zimmermann, E. Omerovic, S. Fournier [et al.] // *Eur. Heart J.* — 2019. — Vol. 40, № 2. — P. 180–186.