



Проблемы эндоваскулярного лечения пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами ствола левой коронарной артерии

©Д.А. Максимкин*, С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатulloева

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

* Д.А. Максимкин, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, danmed@bk.ru

Поступила в редакцию 31 мая 2024 г. Исправлена 25 июня 2024 г. Принята к печати 26 июля 2024 г.

Резюме

В работе представлены основные проблемы эндоваскулярного лечения пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами ствола левой коронарной артерии, которые остаются предметом многочисленных дискуссий. Показано, что в литературе отсутствуют убедительные данные о целесообразности планирования полного бифуркационного стентирования с использованием двух стентов, а также четкие показания к нему. Отмечена важность изучения эффективности и безопасности комплексного рутинного использования различных внутрисосудистых методов исследования во время чрескожного коронарного вмешательства на стволе левой коронарной артерии. Представлен анализ наблюдений, когда «ложное» бифуркационное поражение можно рассмотреть лишь в качестве устьевого стеноза, что влияет на тактику стентирования. Акцентируется внимание на разработке универсальных алгоритмов выполнения эндоваскулярных вмешательств, в том числе с использованием внутрисосудистых методов исследования, роль которых на каждом из этапов оперативного вмешательства требует дополнительного изучения.

Ключевые слова: ствол левой коронарной артерии, «ложные» бифуркационные стенозы, внутрисосудистая визуализация, фракционный резерв кровотока, реваскуляризация миокарда

Цитировать: Максимкин Д.А., Логинова С.К., Фатulloева Ш.Ш. Проблемы эндоваскулярного лечения пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами ствола левой коронарной артерии. *Инновационная медицина Кубани.* 2024;9(3):104–110. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-3-104-110>

Challenges of Endovascular Treatment in Patients With “False” Left Main Coronary Bifurcation Lesions

©Daniil A. Maximkin*, Svetlana K. Loginova, Shoista Sh. Fatulloeva

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

* Daniil A. Maximkin, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, ulitsa Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198, Russian Federation, danmed@bk.ru

Received: May 31, 2024. Received in revised form: June 25, 2024. Accepted: July 26, 2024.

Abstract

We discuss main challenges of much-debated endovascular treatment in patients with “false” bifurcation stenoses of the left main coronary artery. There are no convincing literature data on the rationale of planning complete bifurcation stenting using 2 stents and clear indications for this procedure. We highlight the importance of studying the effectiveness and safety of the complex routine use of various intravascular imaging during the left main coronary artery percutaneous coronary intervention. We analyzed observations in which a “false” bifurcation lesion can only be considered an ostial stenosis, which will affect the stenting strategy. We focus on the development of universal algorithms for performing endovascular interventions, including those using intravascular imaging which role at each stage of surgery should be additionally studied.

Keywords: left main coronary artery, false bifurcation stenosis, intravascular imaging, fractional flow reserve, myocardial revascularization

Cite this article as: Maximkin DA, Loginova SK, Fatulloeva SSh. Challenges of endovascular treatment in patients with “false” left main coronary bifurcation lesions. *Innovative Medicine of Kuban.* 2024;9(3):104–110. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-3-104-110>



Стенозы ствола левой коронарной артерии (СЛКА) выявляют в среднем у 5–8% больных ишемической болезнью сердца (ИБС) во время проведения коронарографии, причем в 80% наблюдений атеросклеротические бляшки локализуются в зоне бифуркации [1].

Известно, что при стенозировании СЛКА более чем на 50%, пациенты имеют высокий риск смерти и развития дисфункции левого желудочка, а также жизнеугрожающих аритмий [2]. При этом трехлетняя смертность пациентов, получающих только лишь медикаментозную терапию, достигает 50% [3].

Долгое время единственным хирургическим методом лечения данной патологии считалось аортокоронарное шунтирование. Однако широкое внедрение в клиническую практику стентов с лекарственным покрытием, визуализирующих технологий, таких как внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) и оптическая когерентная томография (ОКТ), совершенствование техник бифуркационного стентирования, способствовало значительному увеличению эндоваскулярных вмешательств на СЛКА [4]. Так, согласно опубликованным отчетам, в России отмечается стабильное увеличение числа эндоваскулярных вмешательств у пациентов со стенозами СЛКА. Если в 2018 г. в 266 центрах было выполнено 7620 операций, то уже к 2022 г. количество таких центров достигло 331, а количество операций – 12734 [5].

Значимое увеличение количества операций у пациентов со стенозами СЛКА свидетельствует о высокой потребности в подобных вмешательствах и росте числа таких пациентов в общей когорте больных ИБС. При этом главной задачей «сердечной команды», которая принимает решение о целесообразности выполнения операции, является выбор прогностически эффективного метода лечения с использованием существующих дополнительных опций, повышающих качество оказываемой помощи.

Классификация бифуркационных стенозов СЛКА и ее влияние на выбор тактики лечения

Наиболее удобной и распространенной классификацией бифуркационных стенозов СЛКА является классификация А. Medina, согласно которой выделяют «истинные» стенозы – обусловленные сочетанным поражением основной (ОВ) и боковой ветвей (БВ), и «ложные», когда бляшка локализуется только лишь в одной ветви бифуркации. К ложным бифуркационным стенозам относят модификации 1,0,0; 0,0,1; 0,1,0; 1,1,0, где первая цифра отражает поражение самого СЛКА, вторая – передней нисходящей артерии (ПНА), третья – огибающей артерии (ОА). Цифрой «1» обозначается ветвь, которая стенозирована более на 50%, «0» – артерия стенозирована менее, чем на 50% либо бляшка в ней отсутствует [6].

«Ложные» бифуркационные стенозы СЛКА являются наиболее «коварными» среди всех типов поражений коронарного русла, с точки зрения эндоваскулярного лечения, по причине невозможности адекватной оценки бифуркационного поражения при ангиографии в двухмерной плоскости, а именно, распространения бляшки из устьев ПНА и ОА в СЛКА, а также степени сужения СЛКА в терминальном отделе. В свою очередь, ошибки в интерпретации поражения могут значительно усложнять ход оперативного вмешательства и провоцировать развитие интра- и послеоперационных осложнений.

Несмотря на широкую распространенность, удобство и простоту использования, классификация А. Medina, к сожалению, не отражает целый ряд важных аспектов, влияющих на оперативную тактику и результат вмешательства, таких как угол бифуркации, распространение кальция, длина и диаметр поражения [7].

Следует отметить, что диаметр сосуда и длина поражения – два ведущих фактора, определяющих выбор эндоваскулярной тактики лечения и влияющих на клинические исходы лечения пациентов. При этом отмечается, что угол бифуркации в большей степени влияет на непосредственные результаты эндоваскулярных вмешательств, тогда как его влияние на отдаленные результаты стентирования остается неоднозначным [8, 9].

Наличие «слабых мест» в классификации бифуркационных стенозов СЛКА свидетельствует о необходимости учета всех ангиографических характеристик поражения (длины, диаметра артерий, угла бифуркации, истинного остаточного просвета, морфологии и продольного распределения атеросклеротической бляшки) при выборе тактики эндоваскулярного лечения.

Выбор методики стентирования СЛКА у пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами

Разнообразие анатомических вариантов, а также сложность функциональной оценки физиологической значимости поражений ОВ бифуркации обуславливают наличие различных технических подходов к коррекции таких поражений.

В исследовании DEFINITION (Definitions and impact of complEx biFurcation lesIons on clinical outcomes after percutaneouS coronary IntervEntION using drug-eluting steNts) для планирования хирургической тактики пациентов со стенозами СЛКА были разработаны ангиографические критерии, позволяющие выбрать наиболее благоприятную в отношении клинических исходов методику стентирования: одностентовую (провизионное Т-стентирование) либо двухстентовую в различных ее модификациях. При этом

определены два больших критерия: длина поражения $BV \geq 10$ мм и стеноз просвета боковой ветви $\geq 70\%$, и 6 малых ангиографических критериев: кальциноз умеренной или тяжелой степени, многососудистое поражение, угол бифуркации $< 45^\circ$ или $> 70^\circ$, диаметр ОВ $< 2,5$ мм, тромботическое поражение и длина поражения ОВ ≥ 25 мм. Поражение считается сложным, если оно соответствует одному большому критерию и любым двум малым критериям [9].

Авторы отмечают, что при «сложных» бифуркационных стенозах одностентовая (провизионная) стратегия сопряжена с более высоким риском кардиальной смерти и больших сердечно-сосудистых осложнений в сравнении с двухстентовой стратегией лечения [9].

Тем не менее, существуют исследования, в которых показано отсутствие разницы между одностеновой и двухстеновыми техниками стентирования у больных с бифуркационными стенозами СЛКА, в связи с чем одностеновая методика в настоящее время является более предпочтительной [10, 11].

Согласно консенсусу Европейского бифуркационного клуба, при бифуркационных стенозах терминального отдела СЛКА, когда имеется поражение только одной ветви, в качестве операции выбора для большинства пациентов рекомендована одностеновая стратегия – провизионное Т-стентирование с обязательным выполнением проксимальной оптимизации стента у всех пациентов. При этом о двухстеновом стентировании упоминается лишь в ситуациях, сопряженных с осложнениями во время выполнения одностеновой методики либо при сохраняющейся ишемии в бассейне нестентированной артерии, согласно данным измерения фракционного резерва кровотока (ФРК) [12].

В литературе «ложные» бифуркационные стенозы СЛКА часто упоминаются, как устьевые стенозы ПНА или ОА, в этой связи некоторые исследователи поднимают вопрос о том, следует ли относить данные поражения к категории бифуркационных, что существенно может изменять подход к выбору эндоваскулярной тактики?

Ответить на данный вопрос можно только с использованием внутрисосудистых методов исследования, которые помогут выявить насколько бляшка сужает терминальный отдел СЛКА, можно ли пренебречь данным фактором при незначимом сужении (например, при остаточном просвете более 50%), когда основная атеросклеротическая масса приходится именно на устье. В таких ситуациях, а также при существующих различиях диаметра СЛКА и БВ, особенно при отсутствии новых генераций стентов, способных достигать больших диаметров при постдилатации, по мнению некоторых авторов, оптимальный результат даст имплантация стента под устье с защитой боковой ветви бифуркации [13].

Тем не менее, к настоящему времени в литературе недостаточно исследований, позволяющих оценить эффективность данного подхода. Существуют лишь единичные работы на ограниченной выборке пациентов, в которых упоминается, что частота повторной реваскуляризации целевого сосуда в отдаленном периоде и общая смертность после прецизионного стентирования под устье, в сравнении провизионным Т-стентированием, значимо выше. Вероятнее всего, это связано с техническими трудностями при позиционировании стента в устье, что может приводить либо к неполному покрытию устья, либо к чрезмерному выходу проксимальных ячеек стента в терминальный отдел СЛКА, что способствует возникновению интраоперационных осложнений и незапланированному реверсивному провизионному стентированию [14].

Отдельно следует затронуть ситуацию устьевого поражения ОА, когда выполнение провизионного стентирования с последующей финальной дилатацией по методике «целующихся» баллонных катетеров приходится на главную артерию сердца – ПНА, и в случае развития диссекции сосуда чрезвычайно высок риск возникновения перипроцедурного инфаркта большого объема миокарда. В таких ситуациях хирург должен выполнять провизионное стентирование только под контролем внутрисосудистых методов и коронарной физиологии [15].

Учитывая изложенное, актуальность применения визуализирующих методов исследования во время чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) у пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами СЛКА, чрезвычайно высокая. Тем не менее, ни в одних рекомендациях не упоминается о целесообразности рутинного применения внутрисосудистых методов исследования у данной когорты пациентов, что может оказать существенное влияние на клинические исходы [7, 16, 17].

Внутрисосудистые методы исследования у пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами СЛКА

Оптимизировать ЧКВ при бифуркационных поражениях СЛКА возможно с помощью внутрисосудистых методов исследования, позволяющих оценить структуру сосудистой стенки, распространение бляшки, а также гемодинамическую значимость поражения. На сегодняшний день ЧКВ под контролем внутрисосудистой визуализации демонстрируют значимое клиническое преимущество в сравнении с ЧКВ под ангиографическим контролем и рекомендовано к использованию при «сложных» чрескожных коронарных вмешательствах. По данным метаанализа, отмечается статистически значимое снижение больших сердечно-сосудистых осложнений на 28%, сердечной смерти – на 44%, инфаркта миокарда в отдаленном периоде

наблюдения – на 19%, тромбоза стента – на 52%, повторной реваскуляризации целевого сосуда – на 25% в группе ЧКВ под контролем внутрисосудистой визуализации в сравнении с группой ангиографического контроля [18, 19].

Применение ВСУЗИ для пациентов с бифуркационным поражением СЛКА основано на обширной доказательной базе, но согласно действующим рекомендациям у пациентов со стенозами СЛКА имеет лишь ПА класс доказательности [20, 21].

В консенсусе Европейского бифуркационного клуба определены следующие показания к реваскуляризации миокарда у пациентов со стенозами СЛКА, на основании исследований, в которые вошли пациенты, оперированные с использованием внутрисосудистых методов исследования. К ним относятся: стеноз $\geq 70\%$ по данным ангиографии, минимальная площадь просвета СЛКА $\leq 6,0 \text{ мм}^2$, выявленная с помощью ВСУЗИ или ОКТ, или индекс ФРК $\leq 0,8$ [22]. При этом выбор оптимальной методики интервенционного лечения пациентов со стенозами СЛКА до сих пор активно обсуждается в профессиональных сообществах [23].

Для «ложных» бифуркационных стенозов СЛКА применение внутрисосудистой визуализации имеет значение на каждом этапе операции, начиная с подготовки поражения к стентированию, выбора наиболее подходящего размера стента, его длины, и заканчивая контролем выполненного вмешательства. В ситуациях, когда атеросклеротическая бляшка локализуется преимущественно в устье ПНА или ОА, применение внутрисосудистой визуализации позволяет увидеть ее распространение на СЛКА и оптимально спланировать технику стентирования [16, 17, 24].

Согласно консенсусу Европейского бифуркационного клуба и консенсусу Европейского кардиологического общества по применению внутрисосудистых методов исследования, минимальная остаточная площадь просвета СЛКА равная или более $6,0 \text{ мм}^2$, по данным ВСУЗИ или ОКТ, является безопасным значением, позволяющим отсрочить выполнение вмешательства. При значении данного показателя в СЛКА от $4,5$ до $6,0 \text{ мм}^2$ рекомендовано измерение ФРК для оценки гемодинамической значимости, а при значении менее $4,5 \text{ мм}^2$ пациент однозначно должен быть подвергнут реваскуляризации [22].

Не менее эффективной для оптимизации ЧКВ при «ложных» бифуркационных стенозах СЛКА является методика ОКТ. Она обладает большей разрешающей способностью и аналогично ВСУЗИ позволяет осуществлять оптимизацию ЧКВ на каждом операционном этапе. Несмотря на это, ОКТ по-прежнему обладает меньшей доказательной базой в сравнении с ВСУЗИ и не применима при устьевых поражениях СЛКА ввиду необходимости селективного

расположения проводника и гайд-катетера в момент исследования.

В отличие от ВСУЗИ, ОКТ позволяет обеспечить лучшую количественную оценку кальцинированных поражений. Комбинированная трехмерная оценка кальциноза СЛКА, протяженности, угла и глубины поражения позволяет спрогнозировать недостаточное расширение стента и выполнить тщательную подготовку пораженного участка [25].

В настоящее время уже существует ряд исследований, а также метаанализов, подтверждающих, что ЧКВ у пациентов со стенозами СЛКА под контролем ОКТ не уступает ЧКВ под контролем ВСУЗИ [24, 26–29]. Но несмотря на многочисленные исследования, данные работы до сих пор не нашли отражения в клинических рекомендациях, в связи с чем ОКТ имеет невысокий уровень доказательности.

Применение внутрисосудистой визуализации после имплантации стента позволяет выявить недостаточное расширение стента, малаппозицию, краевую диссекцию, что приводит к улучшению отдаленных клинических результатов за счет уменьшения числа поздних тромбозов стента и снижения смертности. Оптимальным раскрытием стента считается: значение минимальной площади просвета стента, превышающее площадь дистального эталонного просвета $> 80\%$ [24, 26].

В исследовании DOCTORS (Does Optical Coherence Tomography Optimize Results of Stenting) определено, что оптимальное пороговое значение дистального эталонного просвета, позволяющее предсказать значение ФРК $> 0,90$, составило $> 79,4\%$. Или возможно использовать правило 5–6–7–8, где 5 мм^2 оптимальное значение дистального эталонного просвета для ОА, 6 мм^2 – для ПНА, 7 мм^2 – для СЛКА и 8 мм^2 – для зоны бифуркации [30].

Применение внутрикоронарной физиологии у пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами СЛКА

Данные исследователей об измерении ФРК у пациентов с бифуркационными поражениями СЛКА еще более ограничены по сравнению с ВСУЗИ и ОКТ.

Все крупные исследования, изучающие применение внутрикоронарной физиологии, исключают пациентов со стенозами СЛКА, а принятие решения о проведении реваскуляризации строится преимущественно на визуальной ангиографической оценке. При этом данные ВСУЗИ (либо ОКТ) далеко не всегда коррелируют с индексом ФРК, что усложняет верификацию гемодинамической значимости стеноза [31]. Учитывая тот факт, что ангиографическая оценка поражения при «ложных» бифуркациях СЛКА не позволяет адекватно оценить распространение бляшки в область бифуркации, а применение ВСУЗИ и ОКТ не позволяет

в полной мере определить гемодинамическую значимость поражения, необходимо проведение исследований о целесообразности рутинного применения методов диагностики внутрикоронарной физиологии для пациентов данной группы, в том числе после выполненного стентирования с целью определения функциональной значимости остаточных стенозов.

Кроме того, измерение ФРК в области бифуркации часто сопряжено с ошибками, в связи с тем, что при нормальных условиях поток крови в БВ меньше потока в ОВ. Поражение проксимального сегмента ОВ в сочетании с поражением дистальных отделов увеличивает поток крови в боковой ветви, что вызывает «эффект обкрадывания ветвей» и увеличивает дистальное давление, измеряемое манометрическим проводником. В результате такого исследования функциональная оценка боковой ветви может быть занижена. В соответствии с этим Консорциум академического исследования бифуркаций (Bifurcation Academic Research Consortium) рекомендует проводить анализ «ложных» бифуркационных поражений СЛКА перед операцией – для оценки функциональной значимости стеноза ОВ или изолированного поражения БВ (Medina 0,0,1), когда ишемия не была достоверно подтверждена другими исследованиями; во время операции – для решения вопроса о необходимости дополнительных вмешательств на БВ ввиду эффекта «снежного кома» (snow-plaque); после операции – для оценки результата операции в ОВ и БВ [14].

Существуют данные, которые подтверждают, что измерение ФРК после ЧКВ позволяет выявить наличие остаточной ишемии, при этом отмечается, что низкое значение ФРК после ЧКВ ассоциировано с недостаточным расширением стента, протрузией бляшки, краевой диссекцией или остаточным стенозом [32]. Однако экстраполировать полученные данные на пациентов с «ложными» стенозами СЛКА не совсем правильно, так как эти больные не участвовали в исследованиях [33].

Таким образом, анализ представленных исследований показал, что тактика эндоваскулярного лечения пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами СЛКА неоднозначна и противоречива. Отсутствуют убедительные данные о целесообразности планирования полного бифуркационного стентирования с использованием двух стентов, а также четкие показания к нему. Изучение эффективности и безопасности комплексного рутинного применения различных внутрисосудистых методов исследования во время ЧКВ на СЛКА позволит открыть новые горизонты в лечении такой сложной группы пациентов, эффективно планировать техники оперативного вмешательства, обеспечивать их безопасность и влиять на клинические исходы. В то же время данный подход позволит

хирургу определиться имеет ли он дело с бифуркационным поражением и следует ли планировать именно тактику бифуркационного стентирования. Кроме того, необходима разработка универсальных алгоритмов выполнения эндоваскулярных вмешательств, в том числе с использованием внутрисосудистых методов исследования, роль которых на каждом из этапов оперативного вмешательства требует дополнительного изучения.

Вклад авторов

Разработка концепции статьи: все авторы

Сбор, анализ и интерпретация данных: С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатуллоева

Подготовка и редактирование текста: С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатуллоева

Утверждение окончательной версии: Д.А. Максимкин

Author contributions

Conceptualization: All authors

Acquisition, analysis, or interpretation of data: Loginova, Fatulloeva

Manuscript drafting and revising: Loginova, Fatulloeva

Final approval of the version to be published: Maximkin

Литература/References

- Gogas BD, Fei Y, Song L, et al. Left main coronary interventions: a practical guide. *Cardiovasc Revasc Med*. 2020;21(12):1596–1605. PMID: 32546382. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.05.014>
- Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A и др. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018. *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(8):151–226. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-151-226>
- Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(8):151–226. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-151-226>
- Fajadet J, Chieffo A. Current management of left main coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2012;33(1):36–50b. PMID: 22210689. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr426>
- Чигидинова Д.С., Руденко Б.А., Шаноян А.С., Шукуров Ф.Б. Стентирование «незащищенного» ствола левой коронарной артерии при проксимальной хронической окклюзии правой коронарной артерии. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2016;12(6):698–702. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2016-12-6-698-702>
- Chigidinova DS, Rudenko BA, Shanoyan AS, Shukurov FB. Stenting of “unprotected” left main coronary artery with concomitant proximal chronic occlusion of the right coronary artery. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2016;12(6):698–702. (In Russ.). <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2016-12-6-698-702>
- Алесян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В., Карапетян Н.Г. Рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2022 год. *Эндоваскулярная хирургия*. 2023;10(специальный выпуск):S5–S256.
- Alekyan BG, Grigoryan AM, Staferov AV, Karapetyan NG. Endovascular diagnosis and treatment of cardiovascular diseases in the Russian Federation (2022). *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2023;10(theme issue):S5–S256. (In Russ.).

6. Medina A, Suárez de Lezo J, Pan M. A new classification of coronary bifurcation lesions. *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(2):183. (In Spanish). PMID: 16540043.
7. Эралиев Т.К., Хелимский Д.А., Бадоян А.Г., Крестянинов О.В. Бифуркационные поражения коронарного русла: современные техники эндоваскулярного лечения. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(2):38–49. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2021-2-38-49>
8. Eraliev TK, Khelinskii DA, Badoian AG, Krestyaninov OV. Coronary bifurcation lesions: current techniques for endovascular treatment. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(2):38–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2021-2-38-49>
9. Huo Y, Finet G, Lefevre T, Louvard Y, Moussa I, Kassab GS. Which diameter and angle rule provides optimal flow patterns in a coronary bifurcation?. *J Biomech*. 2012;45(75):1273–1279. PMID: 22365499. PMCID: PMC4913552. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.01.033>
10. Chen SL. DEFINITION criteria for left main bifurcation stenting - from clinical need to a formula. *AsiaIntervention*. 2023;9(1):20–24. PMID: 36936088. PMCID: PMC10015477. <https://doi.org/10.4244/AIJ-D-22-00074>
11. Arunothayaraj S, Behan MW, Lefèvre T, et al. Stepwise provisional versus systematic culotte for stenting of true coronary bifurcation lesions: five-year follow-up of the multicentre randomised EBC TWO Trial. *EuroIntervention*. 2023;19(4):e297–e304. PMID: 37946522. PMCID: PMC10333921. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-23-00211>
12. Hildick-Smith D, Egred M, Banning A, et al. The European bifurcation club Left Main Coronary Stent study: a randomized comparison of stepwise provisional vs. systematic dual stenting strategies (EBC MAIN). *Eur Heart J*. 2021;42(37):3829–3839. PMID: 34002215. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab283>
13. Albiero R, Burzotta F, Lassen JF, et al. 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. *EuroIntervention*. 2022;18(5):e362–e376. PMID: 35570748. PMCID: PMC10259243. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-22-00165>
14. Güner A, Akman C, Çiloğlu K, et al. Long-term evaluation of revascularization strategies for Medina 0.1.0 left main bifurcation lesions: the LM-CROSSOVER registry. *Angiology*. 2023;33197231213194. PMID: 37914196. <https://doi.org/10.1177/00033197231213194>
15. Yun KH, Cho JY, Lee SY, Oh SK. Optimal technique for ostial left anterior descending coronary artery lesion. *Journal of Cardiovascular Intervention*. 2022;1(4):151–157. <https://doi.org/10.54912/jci.2022.0014>
16. Suleiman S, Coughlan JJ, Touma G, Szirt R. Contemporary management of isolated ostial side branch disease: an evidence-based approach to Medina 001 bifurcations. *Interv Cardiol*. 2021;16:e06. PMID: 33897832. PMCID: PMC8054348. <https://doi.org/10.15420/icr.2020.30>
17. Toth G, Hamilos M, Pyxaras S, et al. Evolving concepts of angiogram: fractional flow reserve discordances in 4000 coronary stenoses. *Eur Heart J*. 2014;35(40):2831–2838. PMID: 24644308. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu094>
18. Lindstaedt M, Spiecker M, Perings C, et al. How good are experienced interventional cardiologists at predicting the functional significance of intermediate or equivocal left main coronary artery stenoses?. *Int J Cardiol*. 2007;120(2):254–261. PMID: 17346818. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.11.220>
19. Kuno T, Kiyohara Y, Maehara A, et al. Comparison of intravascular imaging, functional, or angiographically guided coronary intervention. *J Am Coll Cardiol*. 2023;82(23):2167–2176. PMID: 37995152. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.09.823>
20. Lee JM, Choi KH, Song YB, et al; RENOVATE-COMPLEX-PCI Investigators. Intravascular imaging-guided or angiography-guided complex PCI. *N Engl J Med*. 2023;388(18):1668–1679. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2216607>
21. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40(2):87–165. Published correction appears in *Eur Heart J*. 2019;40(37):3096. PMID: 30165437. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
22. Writing Committee Members, Lawton JS, Tamis-Holland JE, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for coronary artery revascularization: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(2):e21–e129. Published correction appears in *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(15):1547. PMID: 34895950. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.006>
23. Mintz GS, Lefèvre T, Lassen JF, et al. Intravascular ultrasound in the evaluation and treatment of left main coronary artery disease: a consensus statement from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2018;14(4):e467–e474. PMID: 29688182. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-18-00194>
24. Chiabrando JG, Lombardi M, Vescovo GM, et al. Stenting techniques for coronary bifurcation lesions: evidence from a network meta-analysis of randomized clinical trials. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;97(3):E306–E318. PMID: 32662603. <https://doi.org/10.1002/ccd.29097>
25. Lunardi M, Louvard Y, Lefèvre T, et al; Bifurcation Academic Research Consortium and European Bifurcation Club. Definitions and standardized endpoints for treatment of coronary bifurcations. *J Am Coll Cardiol*. 2022;80(1):63–88. PMID: 35597684. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.04.024>
26. Fujino A, Mintz GS, Matsumura M, et al. A new optical coherence tomography-based calcium scoring system to predict stent underexpansion. *EuroIntervention*. 2018;13(18):e2182–e2189. PMID: 29400655. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-17-00962>
27. Giaccoppo D, Laudani C, Occhipinti G, et al. Coronary angiography, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography for guiding of percutaneous coronary intervention: a systematic review and network meta-analysis. *Circulation*. 2024;149(14):1065–1086. PMID: 38344859. PMCID: PMC10980178. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.067583>
28. Kang DY, Ahn JM, Yun SC, et al; OCTIVUS Investigators. Optical coherence tomography-guided or intravascular ultrasound-guided percutaneous coronary intervention: the OCTIVUS randomized clinical trial. *Circulation*. 2023;148(16):1195–1206. PMID: 37634092. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.066429>
29. Cortese B, de la Torre Hernandez JM, Lanocha M, et al. Optical coherence tomography, intravascular ultrasound or angiography guidance for distal left main coronary stenting. The ROCK cohort II study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2022;99(3):664–673. PMID: 34582631. <https://doi.org/10.1002/ccd.29959>
30. Andreasen LN, Neghabat O, Laanmets P, et al. Unintended deformation of stents during bifurcation PCI: an OCTOBER trial substudy. *JACC Cardiovasc Interv*. 2024;17(9):1106–1115. PMID: 38749590. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2024.03.013>
31. Meneveau N, Souteyrand G, Motreff P, et al. Optical coherence tomography to optimize results of percutaneous coronary intervention in patients with non-ST-elevation acute coronary syndrome: results of the multicenter, randomized DOCTORS study (Does Optical Coherence Tomography

Optimize Results of Stenting). *Circulation*. 2016;134(13): 906–917. PMID: 27573032. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024393>

31. Демин В.В., Бабунашвили А.М., Кислухин Т.В. и др. Применение методов внутрисосудистой физиологии в клинической практике: двухлетние данные российского регистра. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(2):57–64. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5622>

Demin VV, Babunashvili AM, Kislukhin TV, et al. Application of intravascular physiology methods in clinical practice: two-year data from the Russian registry. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(2):57–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5622>

32. Hwang D, Koo BK, Zhang J, et al. Prognostic implications of fractional flow reserve after coronary stenting: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2022;5(9):e2232842. PMID: 36136329. PMCID: PMC9500557. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.32842>

33. Thakur U, Khav N, Comella A, et al. Fractional flow reserve following percutaneous coronary intervention. *J Interv Cardiol*. 2020;2020:7467943. PMID: 32565755. PMCID: PMC7293753. <https://doi.org/10.1155/2020/7467943>

Сведения об авторах

Максимкин Даниил Александрович, к. м. н., доцент, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/000000023593436X>

Логина Светлана Константиновна, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0009-0000-3808-683X>

Фатulloева Шоиста Шавкатовна, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1061-0449>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Daniil A. Maximkin, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3593-436X>

Svetlana K. Loginova, Postgraduate Student, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0000-3808-683X>

Shoista Sh. Fatulloeva, Postgraduate Student, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1061-0449>

Conflict of interest: none declared.