

<https://doi.org/10.34883/PI.2024.16.5.010>



Романова Е.Ю. ✉, Мунина Е.А., Байрамукова А.М., Нагоева Б.К., Красникова А.С.
Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Последние достижения интервенционной кардиологии: обзор литературы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Романова Е.Ю. – разработка концепции статьи, анализ полученных данных; Мунина Е.А. – подготовка и редактирование текста; Байрамукова А.М. – разработка концепции статьи; Нагоева Б.К. – анализ полученных данных; Красникова А.С. – сбор данных литературы.

Подана: 10.07.2024

Принята: 18.10.2024

Контакты: katyaromanova666@gmail.com

Резюме

Введение. Последние 50 лет ознаменовались многочисленными технологическими инновациями в интервенционной кардиологии. Прежде востребованные процедуры уступают место новым малоинвазивным эффективным вмешательствам с меньшим количеством осложнений. Именно так чрескожное коронарное вмешательство с установкой стента постепенно вытеснило аортокоронарное шунтирование и изолированную баллонную ангиопластику.

Цель. Проанализировать последние изменения в интервенционной кардиологии и определить актуальность практикуемых методов вмешательства на коронарных сосудах.

Материалы и методы. Поиск публикаций осуществлялся по базам данных PubMed и Google Scholar. Предпочтительно отбирались статьи за последние 5 лет в статусе Free Full Text.

Результаты. Первичный поиск по ключевым фразам в двух базах данных привел к обнаружению 28 575 ссылок. После устранения малоинформативных, дублирующих, не имеющих отношения к теме и закрытых статей были отобраны 52 публикации.

Заключение. В настоящее время наиболее востребованной инвазивной процедурой при антиангинальных вмешательствах на коронарных артериях является чрескожное коронарное вмешательство с установкой стента. У пациентов 70–80 лет и старше антиангинальная эффективность чрескожного коронарного вмешательства меньше, чем в более молодых возрастных группах. При реокклюзии после перенесенного ранее аортокоронарного шунтирования в большинстве случаев предпочтительна установка коронарного стента. У лиц с многососудистым коронарным поражением целесообразно проведение множественного чрескожного коронарного вмешательства (на целевом и нецелевом сосудах), за исключением случаев острого кардиогенного шока.

Ключевые слова: чрескожное коронарное вмешательство, аортокоронарное шунтирование, баллонная ангиопластика, инфаркт миокарда, коронарные сосуды

Romanova E. ✉, Munina E., Bairamukova A., Nagoeva B., Krasnikova A.
Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Recent Advances in Interventional Cardiology: A Literature Review

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Romanova E. – article concept and design; Munina E. – text drafting and editing; Bairamukova A. – article concept and design; Nagoeva B. – obtained data analysis; Krasnikova A. – literature data review.

Submitted: 10.07.2024

Accepted: 18.10.2024

Contacts: katyaromanova666@gmail.com

Abstract

Introduction. The last 50 years have been noteworthy for numerous technological innovations in interventional cardiology. Procedures previously in demand are giving way to new, minimally invasive, effective interventions associated with fewer complications. Thus, percutaneous coronary intervention (PCI) with stent placement has progressively replaced both coronary artery bypass grafting (CABG) and isolated balloon angioplasty.

Purpose. To analyze recent changes in interventional cardiology and determine the relevance of practiced coronary intervention techniques.

Materials and methods. Publications were searched using PubMed and Google Scholar databases. Articles published over the last 5 years with Free Full Text status were preferably selected.

Results. An initial keyphrase search in two databases resulted in finding a total of 28,575 references. After excluding uninformative, duplicative, irrelevant and closed articles, 52 publications were selected.

Conclusion. Currently, PCI with stent placement is the most popular invasive technique for antianginal coronary interventions. In patients aged 70–80 years and older, the antianginal effectiveness of PCI is lower than in younger age groups. In reocclusion after previous CABG, coronary stent placement is preferable in most cases. In individuals with multivessel coronary lesions, multiple PCIs (on both target and non-target vessels) are advisable, except in cases of acute cardiogenic shock.

Keywords: PCI, CABG, balloon angioplasty, myocardial infarction, coronary vessels

■ ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) занимает 2-е место среди причин смертности во всех возрастах. У лиц ≥ 50 лет ИБС имеет статус ведущей причины глобального бремени болезней. В прошедшей недавно пандемии COVID-19 сердечно-сосудистая смертность играла важную роль в избытке наблюдаемой смертности. Лечение ИБС включает оптимальную медикаментозную терапию и реваскуляризацию миокарда методами аортокоронарного шунтирования (АКШ), баллонной ангиопластики и стентирования. Выбор метода лечения определяется консилиумом кардиологов и кардиоторакальных хирургов на основе медицинских показаний [1, с. 985; 2, с. e2710211974312].

В последние годы интервенционные методы при ИБС значительно потеснили медикаментозную терапию, поскольку позволяли достигать быстрого и надежного результата в лечении ИБС с полным или частичным устранением ангинальных болей, одышки, снижения толерантности к физической нагрузке. Клинические результаты, полученные с помощью инвазивных методов, оказались долгосрочными и надежными.

Технологическая революция, благодаря которой возникли современные антиангинальные методы лечения, все еще продолжается. Количество публикаций на рассматриваемую тему за текущий век многократно возросло. Огромное число научных и медицинских коллективов занимаются клинической адаптацией новых методов и проверкой их эффективности.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать последние изменения в интервенционной кардиологии и определить актуальность практикуемых методов вмешательства на коронарных сосудах.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск материала для обзора осуществлялся по базам данных PubMed и Google Scholar. Предпочтение отдавалось статьям за последние 5 лет, находящимся в открытом доступе. Основные события поиска представлены ниже:

1) Google Scholar:

- ключевая фраза «интервенционная кардиология» (с 2020 г.) – 2330 источников;

2) PubMed:

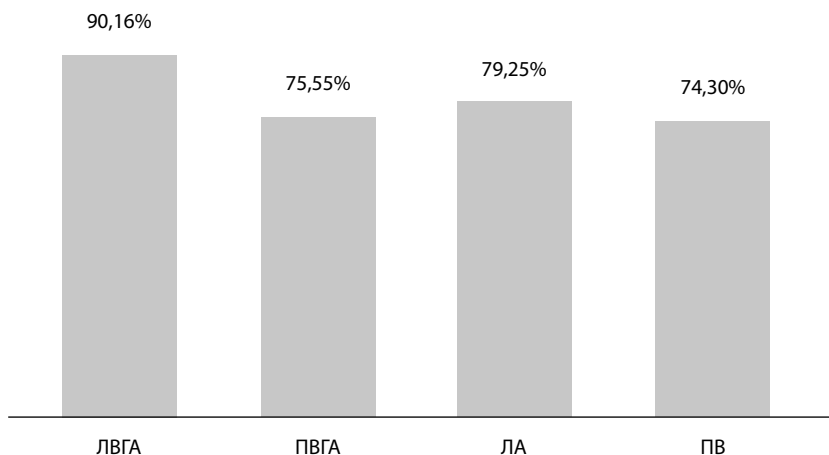
- interventional cardiology (Free Full Text, последние 5 лет) – 7607 источников;
- percutaneous coronary intervention (Free Full Text, последние 5 лет) – 12 602 источника;
- coronary artery bypass grafting (Free Full Text, последние 5 лет) – 6036 источников.

Статьи предварительно анализировались по заголовкам, резюме и содержанию. На каждом этапе отсеивались малоинформативные, дублирующие, не имеющие отношения к теме, коммерческие и закрытые источники. В конечном итоге 52 публикации вошли в окончательный список литературы.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аортокоронарное шунтирование

Первое в истории АКШ с использованием в качестве аутоотрансплантата большой подкожной вены было проведено Д. Сабистоном в 1962 году пациенту с окклюзией правой коронарной артерии. Тем не менее пациент вскоре скончался от инсульта. Успешное АКШ было осуществлено в 1964 году Э. Хауэллом и М. Дебейки, а проходимость трансплантата была подтверждена через 9 лет ангиографически [3, с. 17]. В том же 1964 году Ч.Д. Доттер и М.П. Джаджинс впервые описали ангиопластику. Начало эре интервенционной кардиологии положила деятельность А. Грюнцига, и с тех пор продолжались активные разработки в этой области [4, с. S1].



Проходимость трансплантатов через 139,78±36,64 месяца после АКШ (ЛВГА – левая внутренняя грудная артерия; ПВГА – правая внутренняя грудная артерия; ЛА – лучевая артерия; ПВ – подкожная вена)

Patency of grafts in 139.78±36.64 months after CABG (ЛВГА – left internal mammary artery; ПВГА – right internal mammary artery; ЛА – radial artery; ПВ – saphenous vein)

АКШ представляет собой создание искусственного обходного (в обход окклюзии коронарной артерии) кровотока с использованием аутооттрансплантата, который может быть заимствован из внутренней грудной артерии, лучевой артерии, большой подкожной вены. Наилучшим выбором, вероятно, является трансплантат из левой внутренней грудной артерии. Исследование проходимости трансплантатов через 139,78±36,64 месяца после АКШ показало, что общая проходимость трансплантата из левой внутренней грудной артерии составила 90,16%, что выше, чем из других сосудов (см. рисунок) [5, с. 275].

АКШ с аппаратом искусственного кровообращения (помпой) подразумевает контакт крови с искусственной поверхностью, сопровождается пережатием аорты, реперфузионным повреждением, приводящим к системному воспалению. К другим негативным эффектам относят: неппульсирующий поток, микроэмболы, гипоперфузию, увеличенную продолжительность кардиопульмонального шунтирования. Последствия системной воспалительной реакции, вызванной искусственным кровообращением, могут включать нарушения коагуляции, активацию комплемента, полиорганную дисфункцию (мозга, почек, легких). АКШ без аппарата искусственного кровообращения приводит к меньшей частоте фибрилляции предсердий в послеоперационном периоде. Стремление избежать указанных последствий порождает интерес к АКШ на работающем сердце. Наибольшим преимуществом такого вмешательства является отсутствие системной воспалительной реакции [2, с. e271021197431].

Поскольку АКШ появилось раньше чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), накопилось значительное количество пациентов, перенесших АКШ с повторной окклюзией в области шунта/трансплантата или в нативной артерии. Проведение второй операции АКШ сопровождается 3–4-кратным риском летальности по

сравнению с первым вмешательством, и в последнее время для повторной окклюзии отдают предпочтение ЧКВ, проводимому на трансплантате и/или на ранее не оперированных артериях. У таких пациентов после повторной операции отмечается положительная клиническая динамика. Полностью или частично устраняются признаки ишемии сердечной мышцы (боли за грудиной, одышка, ощущение нехватки воздуха). Данные ЭхоКГ свидетельствуют о том, что средние значения фракции выброса левого желудочка увеличиваются с $48,5 \pm 3,2\%$ до $53,1 \pm 5,5\%$ [6, с. 33].

Выбор повторного АКШ или ЧКВ при развившейся несостоятельности трансплантата зависит от сроков, прошедших с момента первого АКШ. Тем не менее число повторных операций АКШ за последние 20 лет резко сократилось. Наиболее распространенным показанием для повторного АКШ является несостоятельность венозного трансплантата из подкожной вены. Агрессивное использование антиагрегантов, статинов, антигипертензивных средств значительно повысило выживаемость пациентов, что увеличивает необходимость повторной реваскуляризации из-за все большего старения населения. Существует множество операционных моментов, создающих трудности при повторном АКШ. Повторная стернотомия технически сложнее, поскольку перикард был ранее открыт, а структуры, прилегающие к грудине, уязвимы. Пациенты, как правило, имеют уже больше сопутствующих заболеваний, количество потенциальных кондуитов ограничено. Повторное АКШ характеризуется удовлетворительными периоперационными результатами, но с более высокой смертностью в ближайшем послеоперационном периоде по сравнению с ЧКВ [7, с. 546]. Хотя АКШ демонстрировало значительные преимущества перед консервативной антиангинальной терапией, развитие малоинвазивных техник постепенно его вытесняет [8, с. 365].

Баллонная ангиопластика

Чаще всего баллонную ангиопластику проводят при выполнении чрескожной транслуминальной коронарной ангиопластики (ЧТКА). Процедура ЧТКА является инвазивным вмешательством для лечения полной или частичной окклюзии коронарных артерий. Процедура включает использование катетера с баллоном на дистальном конце. Баллон доставляется в пораженную коронарную артерию через небольшой прокол, обычно выполняемый в паховой области или запястье через бедренную или лучевую артерию соответственно. Посредством катетера и направляющей проволоки баллон продвигают в коронарную артерию до достижения целевого окклюзионного участка. После этого баллон раздувают, чтобы расширить пораженный сосуд и восстановить кровоток. С той поры, когда А. Грюнциг успешно выполнил первую транскатетерную ангиопластику в 1977 году, были достигнуты многочисленные успехи в области ЧКВ. Первые баллонные катетеры для ЧТКА были изготовлены из мягких материалов, таких как гибкий поливинилхлорид. Требование толстых стенок привело к разработке баллонов большего профиля, что делало их проблемными для доставки к целевому поражению. Внедрение таких новых материалов, как полиэтилентерефталат и нейлон, позволило уменьшить размер профиля, что улучшило маневренность внутри сосуда. Полуподатливые баллоны из мягких материалов (сополимер полиэфирного блок-амида низкой плотности) легко продвигаются по сосудам, но имеют более низкое расчетное давление, что может приводить к неравномерному расширению баллона при раздувании; это характеризуется

риском повреждения сосуда и ухудшает результат дилатации. Неподатливые баллоны менее подвержены этому эффекту. Они обеспечивают лишь минимальный рост диаметра во время расширения и используются до достижения высокого расчетного давления (например, при кальцинации сосуда). В 2012 году на рынок вывели катетер ЧТКА сверхвысокого давления. Еще в 1982 году была представлена технология *over-the-wire*, позволяющая оставлять направляющий проводник на месте даже при замене баллонного катетера. Однако процедура становилась более продолжительной и сопровождалась риском загрязнения проводника. Указанных недостатков были лишены катетеры *Rapid Exchange*, которые заняли значительную долю рынка из-за более легкого обращения и меньшей продолжительности процедуры [9, с. 94].

Метод ЧКВ с установкой стента (голометаллического и с покрытием) за последние годы стал ведущим в кардиологии. Баллонную ангиопластику как самостоятельный метод лечения уже почти не применяют из-за высокой вероятности развития рестеноза. Эта процедура в основном выполняется в целях пре- и постдилатации в ходе ЧКВ [10, с. 57].

Стентирование

Стентирование является важным направлением в лечении атеросклероза, призвано устранить обструкцию и восстановить кровоток путем установки сосудистого стента на стеноз, способствуя расширению просвета сосуда (часто затвердевшего). Сегодня использование стентов в кардиохирургии значительно расширилось из-за легкости применения данной технологии и эффективности проникновения. Стенты представляют собой небольшие цилиндрические каркасы, устраняющие обструкцию и в ряде случаев предотвращающие эластическую отдачу после расширения просвета. С середины 1980-х годов коронарные стенты заменили обычную баллонную ангиопластику [4, с. 51]. Первый стент, одобренный управлением по контролю за продуктами питания и лекарственными средствами, был изготовлен в 1987 году. Преимущество стентирования заключается в малоинвазивности, несложности, меньшей боли и быстром заживлении. В настоящее время коронарные стенты используют более чем в 90% процедур ЧКВ [11, с. e13575].

Вскоре после внедрения метода ангиопластики А. Грюнцом были выявлены недостатки этого метода, включающие тромбоз и острую окклюзию (эластическую отдачу сосуда) у 5–10% пациентов непосредственно после проведенного вмешательства. Кроме того, было выяснено, что через полгода пролиферативные процессы в интима артерий также могут приводить к стенозу у 1/3 всех пациентов. Для устранения указанных недостатков U. Sigwart с соавт. изобрели и впервые в 1986 году применили саморасширяющийся стент после баллонной дилатации сосуда. Этот прием почти устранял проблему эластической отдачи, но сохранялись сложности, связанные с тромбозом и реокклюзией из-за пролиферации интимы. Появление стентов с лекарственным покрытием (сиролимус, эверолимус) позволили почти решить эту проблему из-за их антитромботического и антипролиферативного действия. В клинической практике ЧКВ осуществляется под ангиографическим контролем. Доступом для ввода интродьюсера могут служить лучевая и бедренная артерии. Через интродьюсер вводят катетер с проводником. С помощью проводника доставляют баллон, раздуваемый до достижения определенного расчетного давления. Когда окклюзионный участок достаточно расширен, туда устанавливают стент, а иногда и

Таблица 1
Виды стентов
Table 1
Types of stents

Виды стентов	Технология	Характеристика
Катушечные	Тонкая проволока, скрученная в катушку	Гибкие, слабая радиальная устойчивость
Щелевые	Сплошная трубка, на которой лазером выполняется определенный дизайн	Сильная радиальная устойчивость, но меньше гибкость и способность к доставке препаратов
Модульные	Несколько кольцевых модулей	Гибкие, высокое радиальное сопротивление, обеспечивают доступ к боковым ветвям

несколько. Такое вмешательство не является безобидным, и у пациента наблюдаются неблагоприятные гемостатические и воспалительные реакции. В стенте может образоваться тромб. По этой причине в послеоперационном периоде проводят анти-тромботическую терапию. Кроме того, стенты с лекарственным покрытием могут содержать вещества, подавляющие гиперплазию интимы сосуда [8, с. 365].

Конструктивно стенты делят на саморасширяющиеся и расширяемые с помощью баллона. Преимущество стентов, расширяемых с помощью баллонов, заключается в их точной целевой доставке и установке. Однако они не обладают способностью подстраиваться под конфигурацию сосуда, и их не устанавливают в место локализации аневризмы. Саморасширяющиеся, напротив, хорошо повторяют очертания сосудов, но их доставляют в свернутом виде, а затем разворачивают в просвете. Существуют стенты с термической памятью (из нитинола), которые теряют свою форму при воздействии тепла и восстанавливают ее в биологической среде [11, с. e13575]. Также стенты делят по строению на катушечные, щелевые и модульные (табл. 1) [8, с. 368].

Основными при создании стентов являются плетеный метод, метод лазерной резки, электропрядение и аддитивное производство [11, с. e13575].

Большой проблемой стентирования предстает высокая частота внутривентристового рестеноза, достигающая 1–2% в год и требующая повторной реваскуляризации. Можно выделить следующие факторы внутривентристового рестеноза:

- 1) анатомические:
 - кальцифицированные участки;
 - места бифуркации;
 - остиальные поражения;
 - маленькие/длинные сосуды;
 - хроническая тотальная окклюзия;
- 2) клинические:
 - сахарный диабет;
 - диабетическая болезнь почек;
 - пожилой возраст;
 - предшествующие АКШ/ЧКВ;
 - женский пол;
 - ожирение;
 - резистентность к антипролиферативным препаратам;

3) процедурные:

- голометаллический стент;
- недостаточное раскрытие стента;
- гиперчувствительность к полимеру;
- перелом стента;
- неточная установка;
- разрыв стента или перекрытие стентов;
- уменьшение площади просвета ниже ЧКВ;
- маленький диаметр стента;
- длинный стент.

Лечение внутривенного рестеноза является сложным из-за его гетерогенных механизмов. Предлагаются такие методы, как баллонная ангиопластика, режущие баллоны (ангиопластические баллоны с 3–4 продольно прикрепленными микро-томами для создания продольных разрезов в атеросклеротической бляшке/кальцинированной ткани), повторная имплантация стента, баллоны с лекарственным покрытием (антипролиферативными препаратами), атероабляция, внутрисосудистая брахитерапия, внутрисосудистая литотрипсия, медикаментозная терапия (антиагреганты), АКШ [12, с. 348].

По мере технологической эволюции стали выделять следующие типы коронарных стентов:

- 1) стенты из голого металла (СГМ);
- 2) стенты с лекарственным покрытием (СЛП);
- 3) биорезорбируемая каркасная система (БРКС).

Также появились баллоны с лекарственным покрытием.

Голометаллические стенты все чаще уступают место СЛП. Сами СГМ чаще всего состоят из сплава, включающего разные вариации никеля, кобальта, титана, платины, иридия. Хотя нержавеющая сталь является прочным, некорродирующим и твердым материалом, она имеет серьезные недостатки в отношении образования сгустков из-за своей ограниченной биосовместимости. Сплавы нитинола показали лучшую биосовместимость, но со временем никель может выходить из соединения, провоцируя иммунные реакции. Тантал является неферромагнитным и стабильным, а поверхностный слой оксида, образующийся после имплантации, считается биосовместимым; однако не было разницы в скорости образования сгустков при сравнении тантала с нержавеющей сталью [13; 14, с. e43438].

СЛП состоят из металлической основы, активного фармакологического лекарственного агента и носителя. Наиболее распространенными металлами, обеспечивающими долгосрочную механическую стабильность, являются кобальт-хром и нержавеющая сталь. Действие активных препаратов заключается в блокировке передачи сигнала и прогрессировании клеточного цикла в различных фазах, что предотвращает пролиферацию гладкомышечных клеток или гиперплазию интимы в стентированном артериальном участке. Рапамициновые агенты (элементы покрытия стентов) связываются с внутриклеточным белком FKBP-12, подавляющим протеинкиназу млекопитающих mTOR (регулирует клеточный рост). Этот внутриклеточный комплекс увеличивает экспрессию p27 и блокирует прогрессирование клеточного цикла из фазы G1 в синтетическую фазу S. Другая категория препаратов – таксаны, нарушающие функцию микротрубочек, необходимых для митоза. Таким образом, клетки

останавливаются в фазе G2 клеточного цикла. Матрица-носитель (полимер) имеет большую площадь взаимодействия для обеспечения достаточной загрузки и высвобождения лекарственного средства в течение длительного времени. Полимерное покрытие состоит из повторяющихся звеньев биоразлагаемого поли-L-лактида, поли-D,L-молочной-гликолевой кислоты, которые разлагаются на молочную и гликолевую кислоты, а те в конечном итоге превращаются в воду и углекислый газ. СЛП первого поколения имеют покрытие сиролимусом или паклитакселом на основе нержавеющей стали. СЛП второго поколения имеют покрытие зотаролимусом или эверолимусом поверх биосовместимой кобальт-хромовой или платино-хромовой платформы. Высвобождение лекарственного средства осуществляется путем диффузии через поры в полимерном покрытии. Биоразлагаемые стенты лишены металлической структуры и полностью рассасываются через несколько месяцев после выполнения своей задачи [13].

Сравнение ангиографических и клинических результатов применения 5 разных стентов второго поколения (224 пациента с кобальт-хромовыми эверолимусэлюирующими стентами (ЕЭС), 255 с платино-хромовыми ЕЭС, 250 с зотаролимусэлюирующими стентами Resolute, 245 с биоразлагаемыми полимерными биолимусэлюирующими стентами и 476 с сиролимусэлюирующими стентами первого поколения) не показало существенных различий через 9 месяцев после их установки [15, с. 446]. Предпринимаются попытки добавления к стентам антител CD4, связывающихся с эндотелиальными клетками-предшественниками и обеспечивающими быстрое заживление за счет эндотелизации. Сравнение эффектов двух стентов, покрытых сиролимусом, – COMBO (+антитела CD4, n=2775) и Orsiro (n=1169) – показало, что нет достоверной разницы по наличию/отсутствию целевого поражения и тромбоза стента [16, с. 831].

В обзоре J. Feinberg с соавт. от 2017 года было показано, что стенты с лекарственным покрытием могут приводить к меньшему количеству серьезных нежелательных явлений по сравнению с голометаллическими стентами, не увеличивая риск смертности от всех причин, включая сердечно-сосудистые события. В то же время данные обзора показали, что нет достаточной информации для оценки снижения коэффициента риска на 10% для смертности от всех причин из-за низкого качества приведенных в публикациях доказательств. Так, абсолютный риск смерти составил 6,97% в группе стентов с лекарственным покрытием по сравнению с 7,74% в группе голометаллических стентов (ОР=0,90; ДИ 0,78–1,03; n=11 250; 21 исследование / 22 сравнения, доказательства низкого качества). Риск серьезного сердечно-сосудистого события составил 6,36% в группе стентов с лекарственным покрытием по сравнению с 6,63% в группе стентов без покрытия (ОР=0,96; ДИ 0,83–1,11; n=10 939; 19 испытаний / 20 сравнений, доказательства очень низкого качества) [17, с. 2]. Тем не менее из-за повышенного риска тромбозов при установке голометаллического стента в последние годы предпочтение все чаще отдается покрытым стентам [17, с. 135].

В настоящее время стенты производятся разными методами: водоструйная резка; обработка электродным разрядом; фотохимическое травление трубок; разные приемы формовки трубок, включая вязание и плетение, и др. Эти методы могут быть усовершенствованы за счет механизмов 3D-печати, дополненной реальности и глубокого обучения (нейросеть). Использование данных технологий открывает возможность создания устройств для конкретных пациентов, и свойства этих устройств

можно точно задать в соответствии с потребностями данного человека. Таким образом, проблемы воспаления, иммуногенности, фиброза, цитотоксичности, деградации материала можно решить путем создания индивидуальных сердечно-сосудистых стентов, соответствующих физиологическому и патологическому статусу пациента. Была предложена инновационная биосовместимая и имплантируемая платформа для измерения кровотока с использованием ультразвукового датчика. Умные стенты могут предотвращать рестеноз, контролируя последствия после имплантации *in situ*. Ведутся работы по изучению микророботов для установки стента и внедрению методов четырехмерной (4D) печати для производства сердечно-сосудистых стентов, которые в 40 раз меньше имеющихся в настоящее время [14, с. e43438].

В последние годы предпринимаются попытки использовать биоразлагаемые стенты. В рандомизированном клиническом исследовании ($n=1845$) использовали биорассасывающийся сосудистый стент на основе полимолочной кислоты толщиной 157 мкм и металлический стент толщиной 81 мкм в контрольной группе. Через 5 лет не было достоверной разницы в несостоятельности целевого сосуда (17,7% vs 16,1% соответственно). Однако тромбоз устройства был значительно выше при установке биоразлагаемого стента (4,8% vs 1,5%), хотя этот риск выравнивался через 3–4 года, когда стент рассасывался. Потенциальная роль биоразлагаемого стента может заключаться в лечении однократного рестеноза в целях минимизации риска развития многослойного рестеноза в стенте [18, с. 1286].

Большую сложность представляет собой стентирование мест бифуркации коронарных артерий. Бифуркации состоят из проксимального главного сосуда (ПГС), который делится на 2 более мелкие ветви, называемые дистальным главным сосудом (ДГС) и боковой ветвью (БВ). Бифуркационное поражение может возникнуть в любой точке разветвления коронарного кровообращения, но чаще всего встречается в левой главной коронарной артерии и левой передней нисходящей коронарной артерии. Определение анатомии бифуркации по классификации Медины полезно для оценки распределения заболевания. Оценка 1 присваивается любому из ПГС, ДГС или БВ со стенозом $\geq 50\%$ диаметра. Поражения, затрагивающие как основной сосуд, так и БВ (классификация Медины 0,1,1, 1,0,1 или 1,1,1), связаны с более высокой 36-месячной смертностью от всех причин и серьезными НССС после лечения с использованием СЛП как первого, так и второго поколения [19, с. e273]. Европейским бифуркационным клубом рекомендовано поэтапное послойное временное стентирование в качестве предпочтительной стратегии. Она актуальна при планировании использования как одного, так и двух стентов для лечения. Преимущество методов с двумя стентами для лечения сложной бифуркационной окклюзии с длинной (более 10 мм) пораженной БВ было оценено в многоцентровом исследовании DEFINITION II, в котором систематический подход с двумя стентами был связан со значительным улучшением клинических результатов по сравнению с временным стентированием. Тем не менее стентирование одним стентом также подходит для лечения поражений бифуркации с более короткой длиной поражения БВ (менее 10 мм). Первый стент сильнее всего влияет на конечный результат процедуры, и следует уделить все внимание оптимальной установке первого стента. В стратегии временного стентирования установка второго стента может потребоваться в 5–25% случаев [20, с. 457].



Клинические эффекты ЧКВ

ЧКВ представляют собой наиболее часто применяемый метод реваскуляризации у пациентов с ИБС. В последние годы были достигнуты значительные успехи в лечении пациентов с острым коронарным синдромом и острым инфарктом миокарда (ОИМ), включая варианты с подъемом сегмента ST и без такового [1, с. 985].

Существует три основных метода реканализации коронарной окклюзии: антеградный; диссекция с повторным возвратом (ДПВ) в истинный просвет; ретроградный. При антеградной реканализации используют один проводник или параллельные проводники, а также микрокатетеры либо баллонный катетер для поддержки. Суть метода ДПВ заключается в применении мягкого проводника, проникающего через субинтимальное пространство непосредственно в просвет артерии. Ретроградный способ основан на развитии избытка коллатеральной сети в бассейне окклюзированной артерии [21, с. 60–61].

Основной целью проведения ЧКВ является уменьшение симптомов стенокардии. Для прогнозирования улучшения стенокардии и остаточной стенокардии после ЧКВ была разработана 7-компонентная шкала OPEN-AP, в оценку которой были включены 7 переменных:

- исходная частота стенокардии;
- исходное использование нитроглицерина;
- оценка по шкале одышки Роуза ≥ 2 (одышка при ходьбе);
- оценка по опроснику здоровья пациента ≥ 10 ;
- количество антиангинальных препаратов;
- показания к ЧКВ (уменьшение симптомов ишемии или нет);
- наличие множественных окклюзионных поражений коронарных сосудов.

Окончательная модель имела пороговый индекс 0,78. Пациенты с тяжелыми симптомами стенокардии на исходном уровне и более низкими показателями шкалы с большей вероятностью имели перспективы улучшения симптомов во время последующего наблюдения [22, с. E194]. Реваскуляризация посредством ЧКВ может улучшать кровоснабжение участков миокарда, не снабжаемых пораженным сосудом, о чем свидетельствует положительная корреляция повысившихся индексов перфузии в ранее ишемизированном и интактном участках миокарда после проведенного ЧКВ [23, с. e314]. Лица с дисфункцией левого желудочка (снижение фракции выброса левого желудочка $\leq 55\%$) после ЧКВ имели лучший прогностический результат, чем аналогичные пациенты без дисфункции, но с уменьшением дефекта перфузии и увеличением гиперемического кровотока в миокарде (hMBF) [24, с. 1097]. У пациентов с имплантированным дефибриллятором ЧКВ приводило к снижению частоты аритмии (ОР=0,45) и смертности (ОР=0,43) при 5-летнем наблюдении [25, с. 104]. ЧКВ имеет очевидные преимущества перед медикаментозной терапией. 10-летнее наблюдение, проведенное в Канаде (n=1624), показало, что вероятность смерти (22,7% vs 36,6%) и частота госпитализации (10% vs 16,6%) была ниже в группе ЧКВ по сравнению с пациентами, получавшими консервативное лечение [26, с. e010546]. Наличие в анамнезе АКШ (n=1622) было связано с повышенной частотой дисфункции левого желудочка и сопутствующих заболеваний, более высоким риском технической и процедурной неудачи ЧКВ, однако заметных различий в частоте госпитальных НССС в сравнении с пациентами без АКШ в анамнезе не наблюдалось [27, с. 245].

Для оценки риска НССС, смертности, перикардиоцентеза, перфорации, ОИМ после ЧКВ В. Simsek с соавт. разработали шкалу осложнений PROGRESS-СТО [28, с. 1413]. Также для оценки риска перфорации была разработана шкала OPEN-CLEAN [29, с. 280]. Параметры для обеих шкал представлены в табл. 2. Часть параметров была дихотомизирована (+1 для возраста ≥ 65 лет и т. д.), что соответствовало разнице в оценке рисков.

Из данных табл. 2 можно увидеть, какие показатели в основном влияют на вероятность того или иного осложнения ЧКВ. В целом показатель успешности ЧКВ при окклюзии составляет 86,6–90,6%. Полное избавление от стенокардии чаще наступает после ЧКВ (71,6%), нежели при оптимальной медикаментозной терапии (57,8%). Также улучшается статус одышки, качества жизни, депрессии, ишемической нагрузки и физической работоспособности [30, с. 1].

Усовершенствования методов ЧКВ привели к высоким показателям клинического успеха и сделали процедуры в целом эффективными и безопасными. Однако существует мнение, что у пожилых пациентов эффективность ЧКВ недостаточна из-за низкого уровня реваскуляризации. Так, у 80-летних риск осложнений после ЧКВ, включая смерть, ОИМ, повреждения почек, в 2–4 раза выше по сравнению с молодыми пациентами [31, с. 771]. Сравнение однолетней комбинированной конечной точки (несостоятельность целевого поражения, сердечная смертность, инфаркт миокарда в бассейне целевого поражения) после ЧКВ у 457 пожилых пациентов ≥ 80 лет и 7050 пациентов моложе 80 лет показало, что ее значение составило 7,2% и 3,1% соответственно. Смертность в первой группе была выше (10,1% vs 2,3%). В то же время

Таблица 2
Оценки осложнений ЧКВ при хронической тотальной коронарной окклюзии
Table 2
Assessment of PCI complications in chronic total coronary occlusion

Параметры	PROGRESS-СТО НССС	PROGRESS-СТО Смертность	PROGRESS-СТО Перикардиоцентез	PROGRESS-СТО ОИМ	OPEN-CLEAN Перфорация	PROGRESS-СТО Перфорация
Возраст (годы)	≥ 65 (+1)	≥ 65 (+1)	≥ 65 (+1)	–	50–70 (+1) ≥ 70 (+2)	≥ 65 (+1)
ФЖ	–	–	–	да (+1)	–	–
Кальцификация	умеренная/серьезная	умеренная/серьезная	умеренная/серьезная	–	серьезная (+1)	умеренная/серьезная
Стратегия	ДПВ(+1) ретроградная (+2)	ДПВ(+1) ретроградная (+2)	ДПВ (+1) ретроградная (+2)	–	–	ДПВ (+1) ретроградная (+2)
Пол	женский (+2)	–	женский (+2)	–	–	–
ФВЛЖ	–	$\leq 45\%$ (+1)	–	–	$< 50\%$ (+1)	–
Протяженность окклюзии (мм)	–	–	–	–	20–60 (+1) ≥ 60 (+2)	–
Предшествующее АКШ	–	–	–	да (+1)	да (+1)	–
Культя	тупая (+1)	–	–	тупая (+1)	–	тупая (+1)

Примечания: ФЖ – фибрилляция желудочков; ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ДПВ – диссекция с повторным возвратом.

не было достоверного различия в инфаркте миокарда, связанном с целевым поражением, – это служит доказательством целесообразности и безопасности проведения ЧКВ у пожилых [32, с. 1211]. В другом исследовании группа ≥ 80 лет, прошедшая процедуру ЧКВ ($n=56$), по сравнению с медицинской контрольной группой ($n=176$) демонстрировала более низкую частоту НССС, включая: нефатальный инфаркт миокарда (6,2% vs 20,2%); сердечную недостаточность с госпитализацией (10,9% vs 22,5%); сердечно-сосудистую смерть (12,4% vs 28,7%); комбинированное НССС (24% vs 44,2%) в течение медианного периода наблюдения в 36 месяцев [33, с. 122]. Сравнение 10-летних показателей смертности и 5-летних НССС у пациентов старше 70 лет показало их примерную сопоставимость при проведении ЧКВ и АКШ [34, с. 2774]. Антиагрегантная терапия у пожилых, перенесших ЧКВ, остается сложной проблемой. Разные варианты лекарственных схем (тикагрелор и двойная антиагрегантная терапия с последующим приемом аспирина) не показали значительных различий в конечной точке (2-летняя смертность от всех причин или новый инфаркт миокарда с зубцом Q, подтвержденный лабораторно) у пациентов старше 75 лет [35, с. e1605]. Все это может указывать на интерференцию результатов ЧКВ с другими факторами, связанными с сопутствующей патологией и обменными нарушениями (гемостатическими, липидными и т. д.), частота которых все больше повышается по мере старения у лиц пожилого возраста.

У пациентов с сахарным диабетом часто наблюдается хроническая тотальная окклюзия коронарных сосудов. Через год после проведения ЧКВ ($n=374$) у пациентов с диабетом уменьшились симптомы и улучшилось качество жизни сопоставимо с группой без диабета [36, с. 271].

Многососудистое ЧКВ

Старение населения, повышение частоты диабета и ожирения способствовали большей распространенности многососудистого заболевания, которое сегодня наблюдается у 30–40% пациентов с ИБС. В этих случаях реваскуляризация миокарда представляет собой значительные сложности. Неполная реваскуляризация после ЧКВ по причине многососудистого поражения сопряжена с худшими результатами в отношении НССС. Более того, степень неполной реваскуляризации после ЧКВ пропорциональна показателям НССС и смертности в течение 5 лет наблюдения [37, с. 80]. В исследовании K.S. Rathod с соавт. у пациентов ($n=11\,737$) с многососудистым поражением и инфарктом миокарда без подъема ST смертность (4,6 года наблюдения) при полной васкуляризации составила 22,5%, в то время как при вмешательстве только на непосредственном «виновнике ишемии» она достигла 25,9% ($p=0,0005$) [38, с. 1989]. Скорее всего, реваскуляризация нецелевых сосудов (не являющихся причиной ишемии при текущем инфаркте миокарда) в основном показана при сочетании многососудистого поражения с инфарктом миокарда без подъема ST [39, с. 54]. Одностадийное ЧКВ (полная реваскуляризация в течение 24 часов) при многососудистом поражении и инфаркте миокарда без подъема ST оказалось эффективнее многоэтапного (в течение 7 дней): частота НССС (1 год наблюдения) в первом случае составляла 13,63%, а во втором – 23,19%. В то же время частота реваскуляризации целевого сосуда в течение 1 года была выше в многоэтапном ЧКВ (15,22% vs 8,33%) [40, с. 264]. Окончательное решение о стратегии вмешательства целесообразно принимать с учетом таких ангиографических показателей, как фракция резервного

кровотока и мгновенное свободно-волновое отношение, оценка которых приводила к переклассификации 26–44% пациентов [41, с. 354].

Примерно половина пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST имеет множественные сосудистые поражения коронарных сосудов. Остается открытым вопрос о том, стоит ли проводить реваскуляризацию только пораженного сосуда или следует выполнить множественную реваскуляризацию (одно- или многоэтапную). Постепенно накапливаются данные о безопасности многососудистого ЧКВ по сравнению с восстановлением проходимости лишь одного целевого сосуда [42, с. 665].

Две группы пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST и множественными сосудистыми поражениями рандомизировали в соответствии с интервенционным подходом: полная реваскуляризация ($n=2016$) и реваскуляризация только «виновного» в ангинальных болях сосуда ($n=2025$). Трехлетнее наблюдение показало, что совокупный исход (совокупность сердечно-сосудистой смерти или инфаркта миокарда) наблюдался у 7,8% пациентов в первой группе и у 10,5% во второй ($p=0,004$). Второй сопутствующий исход (совокупность сердечно-сосудистой смерти, инфаркта миокарда или реваскуляризация, вызванная ишемией) наблюдался у 8,9% и 16,7% соответственно ($p<0,001$). Таким образом, при трехлетнем наблюдении полная реваскуляризация сопровождалась лучшими исходами [43, с. 1411–1412]. В большом метааналитическом обзоре ($n=7592$), изучавшем исходы вмешательства при инфаркте миокарда с подъемом сегмента ST и множественных сосудистых поражениях, было показано, что у пациентов, которым проводилась полная реваскуляризация, по сравнению с пациентами, которым проводилась реваскуляризация только «виновного» сосуда, наблюдался значительно более низкий уровень НССС (ОР=0,61; ДИ 0,43–0,60; $p=0,0009$), сердечно-сосудистой смертности (ОР=0,74; ДИ 0,56–0,99; $p=0,04$) и повторной реваскуляризации (ОР=0,43; ДИ 0,31–0,59; $p<0,00001$) [44, с. 684].

Сочетание инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST и множественных сосудистых поражений с кардиогенным шоком, вероятно, требует другого подхода. В большом метааналитическом обзоре ($n=7592$, 10 когортных исследований) сравнивали результаты многососудистого и целевого сосудистого ЧКВ у пациентов с кардиогенным шоком. Краткосрочная смертность составила 37,5% у пациентов, перенесших многососудистое ЧКВ, и 28,8% у пациентов с целевым однососудистым ЧКВ ($p=0,001$). Такие параметры, как долгосрочная смертность, повторный инфаркт миокарда, инсульт, острая почечная недостаточность и кровотечение, достоверно не отличались между группами [45, с. 28].

В своей работе Н. Thiele с соавт. рандомизировали 706 пациентов с кардиогенным шоком на группу ЧКВ только в целевом сосуда и на группу немедленного многососудистого ЧКВ. Через год смерть наступила у 50% в группе с однососудистым ЧКВ и у 56,9% с многососудистым ЧКВ. Соответственно, частота рецидива инфаркта миокарда составила 1,7% и 2,1%, а частота сочетания смерти и рецидива инфаркта миокарда – 50,9% и 58,4%. Повторная реваскуляризация чаще проводилась при ЧКВ у пациентов только с очаговым поражением (32,3% vs 9,4%; ОР=3,44), как и повторная госпитализация при сердечной недостаточности (5,2% vs 1,2%; ОР=4,46) [46, с. 1699]. В рандомизированном исследовании ($n=1015$) наблюдалось преимущество стратегии однососудистого ЧКВ по сравнению с многососудистым ЧКВ у пациентов с кардиогенным шоком независимо от наличия или отсутствия остановки сердца



для первичной конечной точки (смертность от всех причин, тяжелая почечная недостаточность) в 30-летний и годичный периоды наблюдения [47, с. 1165]. В публикации G. Masiero с соавт. также приводится мнение о предпочтении однососудистого целевого ЧКВ для реваскуляризации только пораженного участка при кардиогенном шоке и указывается на большую роль механических устройств поддержки кровообращения для исходов у таких пациентов [48, с. 3116].

Осложнениями в период после ЧКВ могут быть ОИМ, острый коронарный синдром, стенокардия, повторная госпитализация, реокклюзия и др. [49, с. 4319887]. Иногда ЧКВ может осложняться расслоением коронарной артерии, что, вероятно, связано с большой длиной стента. И несмотря на это осложнение, у пациентов отмечаются ангиографические улучшения [50, с. 1398]. Даже после ангиографически успешного ЧКВ в 15–20% случаев может наблюдаться остаточная ишемия. Поэтому необходима физиологическая оценка для определения целесообразности ЧКВ и выявления поражений, устранение которых поможет улучшить здоровье. Необходимо проводить стратификацию риска после проведенного ЧКВ [51, с. 189].

За период с 2004 по 2022 г. было опубликовано 14 699 работ, касающихся прогноза ИБС после ЧКВ, включая 14 212 оригинальных статей и обзоров, опубликованных в 153 различных журналах. Ежегодно число публикаций увеличивалось, в общей сложности 1182 автора, 796 институтов и 147 стран внесли свой вклад в эти публикации, в которых оценивалась эффективность и безопасность разных типов стентов, факторы риска рестеноза и тромботических событий после ЧКВ, описывалась ранняя оценка риска, а также вторичная профилактика и осложнения у пациентов с ИБС после ЧКВ [52, с. 311]. Подавляющее большинство этих публикаций признает огромную пользу ЧКВ в клиническом улучшении, уменьшении смертности и росте продолжительности жизни.

Сложный эволюционный путь, пройденный кардиологией за последние 50–100 лет, привел к появлению эффективных методов устранения ангинальных болей и других симптомов ИБС с подтвержденным функциональным улучшением в работе сердечной мышцы. Знание основ физиологии ИБС позволило ученым-медикам осуществлять инновационные разработки, направленные на восстановление проходимости стенозированных коронарных артерий.

Хотя метод АКШ демонстрировал высокую эффективность, он был высокоинвазивным вмешательством на открытой грудной клетке, что приводило к многочисленным осложнениям и затруднениям для повторного АКШ, если возникала такая необходимость.

Тенденцией современной медицины стало стремление к малоинвазивным, но эффективным процедурам. В этом смысле появление баллонной ангиопластики и стентирования позволило приблизиться к обозначенной цели. Во многом этому способствовало развитие многочисленных способов качественной внутрисосудистой визуализации, позволяющей строить адекватную стратегию предстоящего вмешательства. Оценка функционального состояния миокарда и кровотока также способствовала достижению оптимальных результатов. Тем не менее существуют осложнения, связанные непосредственно с новыми технологиями, и в будущем следует приложить немалые усилия к их минимизации.

■ ВЫВОДЫ

1. В настоящее время наиболее востребованной инвазивной процедурой при антиангинальных вмешательствах на коронарных артериях является ЧКВ с установкой стента.
2. У пациентов 70–80 лет и старше антиангинальная эффективность ЧКВ меньше, чем в более молодых возрастных группах.
3. При реокклюзии после перенесенного ранее АКШ в большинстве случаев предпочтительна установка коронарного стента.
4. У лиц с многососудистым коронарным поражением целесообразно проведение множественного ЧКВ (на целевом и нецелевом сосудах), за исключением случаев острого кардиогенного шока.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Alfonso F., Gonzalo N., Rivero F., et al. The year in cardiovascular medicine 2020: interventional cardiology. *Eur Heart J.* 2021;42(10):985–1003. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa1096
2. Ofegbu C.K.P., Manganyi R.M. Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting; is it Still Relevant? *Curr Cardiol Rev.* 2022;18(2):e271021197431. doi: 10.2174/1573403X17666211027141043
3. Muradov A.G., E'fendiev V.U., Andin A.V., et al. History of the development of coronary surgery. *Sibirskoe medicinskoie obozrenie.* 2021;3:15–25. doi: 10.20333/25000136-2021-3-15-25 (in Russian)
4. Garg S., Serruys P.W. Coronary stents. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010;56(10):43–78. doi: 10.1016/j.jacc.2010.06.007
5. Tinica G., Chistol R.O., Enache M., et al. Long-term graft patency after coronary artery bypass grafting effects of morphological and pathophysiological factors. *Anatol J Cardiol.* 2018;20(5):275–282. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2018.51447
6. Raximova R.A., Alimov D.A., Muxamedova B.F., et al. The role of interventional cardiology in the emergency medicine system. *Vestnik ekstremoj mediciny.* 2021;14(4):29–36. https://doi.org/10.54185/TBEM/vol14_iss4/a2 (in Russian)
7. Kusu-Orkar T.E., Masharani K., Harky A., et al. Redo Coronary Artery Bypass Grafting in the era of Advanced PCI. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2022 Aug 16;37(4):546–553. doi: 10.21470/1678-9741-2019-0206
8. Chernyak A.A., Deshko M.S., Snezhiczkiy V.A., et al. Percutaneous coronary interventions – the current state of the issue: the evolution of stents. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2020;18(4):365–374. <http://dx.doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-4-365-374> (in Russian)
9. Amstutz C., Behr J., Krebs S., et al. Design of percutaneous transluminal coronary angioplasty balloon catheters. *Biomed Eng Online.* 2023;22(1):94. doi: 10.1186/s12938-023-01155-2
10. Kurochkina I.M. Clinical observation of the successful ultra-long-term (14 years) result of balloon angioplasty of the circumflex branch of the left coronary artery in a patient with coronary heart disease. *Mezhdunarodny'j zhurnal intervencionnoj kardioangiologii.* 2022;71:56–67. (in Russian)
11. Ahadi F., Azadi M., Biglari M., et al. Evaluation of coronary stents: A review of types, materials, processing techniques, design, and problems. *Heliyon.* 2023;9(2):e13575. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13575
12. Giustino G., Colombo A., Camaj A., et al. Coronary In-Stent Restenosis: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2022;80(4):348–372. doi: 10.1016/j.jacc.2022.05.017
13. Chhabra L., Zain M.A., Siddiqui W.J. Coronary Stents. 2023 Aug 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507804/>
14. Sahu R.A., Nashine A., Mudey A., et al. Cardiovascular Stents: Types and Future Landscape. *Cureus.* 2023;15(8):e43438. doi: 10.7759/cureus.43438
15. Kang D.Y., Jang J.S., Chang M., et al. Comparison of Different Types of Drug-Eluting Stents for De Novo Long Coronary Artery Lesions. *JACC Asia.* 2022;2(4):446–456. doi: 10.1016/j.jacasi.2022.02.009
16. Bailey S.R. Next-Generation Coronary Stents: Thin Is In; Subacute Thrombosis Is Where It Is At; Restenosis Is Not Hopeless. *JACC Cardiovasc Interv.* 2020;13(7):831–832. doi: 10.1016/j.jcin.2019.12.015
17. Feinberg J., Nielsen E.E., Greenhalgh J., et al. Drug-eluting stents versus bare-metal stents for acute coronary syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2017;8:1–196. doi: 10.1002/14651858.CD012481.pub2
18. Ellis S.G. Bioabsorbable coronary stents – should they be buried? *EuroIntervention.* 2022;17(16):1286–1287. doi: 10.4244/EIJ-E-21-00012
19. Hildick-Smith D., Arunthayaraj S., Stankovic G., et al. Percutaneous coronary intervention of bifurcation lesions. *EuroIntervention.* 2022;18(4):e273–e291. doi: 10.4244/EIJ-D-21-01065
20. Lassen J.F., Albiero R., Johnson T.W., et al. Treatment of coronary bifurcation lesions, part II: implanting two stents. The 16th expert consensus document of the European Bifurcation Club. *EuroIntervention.* 2022;18(6):457–470. doi: 10.4244/EIJ-D-22-00166
21. Xelimskiy D.A., Shermuk A.A., Krest'yaninov O.V., et al. Endovascular interventions for chronic occlusion of the coronary arteries. *Kompleksny'ye problemy' serdечно-sosudisty'x zabolevanij.* 2017;1:58–64. (in Russian)
22. Rempakos A., Kostantinis S., Simsek B., et al. Update on Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *J Invasive Cardiol.* 2023;35(4):E194–E204. doi: 10.25270/jic/22.00375
23. De Winter R.W., Schumacher S.P., van Diemen P.A., et al. Impact of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions on absolute perfusion in remote myocardium. *EuroIntervention.* 2022;18(4):e314–e323. doi: 10.4244/eij-d-21-00702
24. Schumacher S.P., Nap A., Knaepen P. Prognostic impact of left ventricular dysfunction and ischemia reduction after chronic total occlusion percutaneous revascularization. *JACC Cardiovasc Interv.* 2022;15(10):1096–1098. doi: 10.1016/j.jcin.2022.03.012

25. Iannaccone M., Nombela-Franco L., Gallone G., et al. Impact of successful chronic coronary total occlusion recanalization on recurrence of ventricular arrhythmias in implantable cardioverter-defibrillator recipients for ischemic cardiomyopathy (VACTO-PCI study). *Cardiovasc Revasc Med.* 2022;43:104–111. doi:10.1016/j.carrev.2022.03.029
26. Strauss B.H., Knudtson M.L., Cheema A.N., et al. Canadian multicenter chronic total occlusion registry: ten-year follow-up results of chronic total occlusion revascularization. *Circ Cardiovasc Interv.* 2021;14(12):e010546. doi:10.1161/circinterventions.121.010546
27. Hernandez-Suarez D.F., Azzalini L., Moroni F., et al. Outcomes of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention in patients with prior coronary artery bypass graft surgery: insights from the LATAM CTO registry. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022;99(2):245–253. doi:10.1002/ccd.30041
28. Simsek B., Kostantinis S., Karacsonyi J., et al. Predicting periprocedural complications in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: the PROGRESS-CTO Complication scores. *JACC Cardiovasc Interv.* 2022;15(14):1413–1422. doi: 10.1016/j.jcin.2022.06.007
29. Hirai T., Grantham J.A., Sapontis J., et al. Development and validation of a prediction model for angiographic perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: OPEN-CLEAN perforation score. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022;99(2):280–285. doi: 10.1002/ccd.29466
30. Azzalini L., Karpaliotis D., Santiago R., et al. Contemporary Issues in Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2022;15(1):1–21. doi: 10.1016/j.jcin.2021.09.027
31. Guo L., Lv H.C., Huang R.C. Percutaneous Coronary Intervention in Elderly Patients with Coronary Chronic Total Occlusions: Current Evidence and Future Perspectives. *Clin Interv Aging.* 2020;15:771–781. doi: 10.2147/CIA.S252318
32. Saada M., Kobo O., Polad J., et al. Prognosis of PCI in AMI setting in the elderly population: Outcomes from the multicenter prospective e-ULTIMASTER registry. *Clin Cardiol.* 2022;45(12):1211–1219. doi: 10.1002/clc.23902
33. Wang J.L., Guo C.Y., Chen H., et al. Improvement of long-term clinical outcomes by successful PCI in the very elderly women with ACS. *BMC Cardiovasc Disord.* 2021;21(1):122. doi: 10.1186/s12872-021-01933-7
34. Hira R.S. Revascularizing Complex CAD in Elderly Patients: The Coming-of-Age Story of Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Coll Cardiol.* 2021;77(22):2774–2776. doi: 10.1016/j.jacc.2021.04.023
35. Tomaniak M., Chichareon P., Modolo R., et al. Ticagrelor monotherapy beyond one month after PCI in ACS or stable CAD in elderly patients: a pre-specified analysis of the GLOBAL LEADERS trial. *EuroIntervention.* 2020;15(18):e1605–e1614. doi: 10.4244/EIJ-D-19-00699
36. Zhao S., Chen Y., Wang Q., et al. Benefits of successful percutaneous coronary intervention in chronic total occlusion patients with diabetes. *Cardiovasc Diabetol.* 2022;21(1):271. doi: 10.1186/s12933-022-01708-0
37. Akbari T., Al-Lamee R. Percutaneous Coronary Intervention in Multi-Vessel Disease. *Cardiovasc Revasc Med.* 2022;44:80–91. doi: 10.1016/j.carrev.2022.06.254
38. Rathod K.S., Koganti S., Jain A.K., et al. Complete versus culprit-only lesion intervention in patients with acute coronary syndromes. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(17):1989–1999.
39. Kim Y.H., Her A.Y., Jeong M.H., et al. Culprit-only versus multivessel or complete versus incomplete revascularization in patients with non-ST-segment elevation myocardial infarction and multivessel disease who underwent successful percutaneous coronary intervention using newer-generation drug-eluting stents. *Atherosclerosis.* 2020;301:54–64. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2020.04.002>
40. Sardella G., Lucisano L., Garbo R., et al. Single-staged compared with multi-staged PCI in multivessel NSTEMI patients: the SMILE trial. *J Am Coll Cardiol.* 2016;67(3):264–272. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.082
41. Van Belle E., Gil R., Klauss V., et al. Impact of routine invasive physiology at time of angiography in patients with multivessel coronary artery disease on reclassification of revascularization strategy: results from the DEFINE REAL study. *J Am Coll Cardiol Interv.* 2018;11(4):354–365. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.11.030>
42. Vogel B., Mehta S.R., Mehran R. Reperfusion strategies in acute myocardial infarction and multivessel disease. *Nat Rev Cardiol.* 2017;14:665–678.
43. Mehta S.R., Wood D.A., Storey R.F., et al. Complete revascularization with multivessel PCI for myocardial infarction. *N Engl J Med.* 2019;381:1411–1421. doi: 10.1056/NEJMoa1907775
44. Al-Abdoh A., Barbarawi M., Bizanti A., et al. Complete revascularization in patients with STEMI and multi-vessel disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Cardiovasc Revasc Med.* 2020;21(5):684–691. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.01.020>
45. De Waha S., Jobs A., Eitel I., et al. Multivessel versus culprit lesion only percutaneous coronary intervention in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2018;7(1):28–37. <https://doi.org/10.1177/2048872617719640>
46. Thiele H., Akin I., Sandri M., et al. One-year outcomes after PCI strategies in cardiogenic shock. *N Engl J Med.* 2018;18:1699–1710. doi: 10.1056/NEJMoa1808788
47. Zeymer U., Alushi B., Noc M., et al. Influence of Culprit Lesion Intervention on Outcomes in Infarct-Related Cardiogenic Shock With Cardiac Arrest. *J Am Coll Cardiol.* 2023;81(12):1165–1176. doi: 10.1016/j.jacc.2023.01.029
48. Masiero G., Cardaioli F., Rodinò G., et al. When to Achieve Complete Revascularization in Infarct-Related Cardiogenic Shock. *J Clin Med.* 2022;11(11):3116. doi: 10.3390/jcm11113116
49. Zhang L., Tian Y., Ren H., et al. Effect of PCI Standardized Telephone Follow-Up Service Mode on Out-of-Hospital Complications, Rehospitalization Rate, and Quality of Life of Discharged Patients with Acute Coronary Syndrome after PCI. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022:4319887. doi: 10.1155/2022/4319887
50. Kotecha D., Garcia-Guimaraes M., Premawardhana D., et al. Risks and benefits of percutaneous coronary intervention in spontaneous coronary artery dissection. *Heart.* 2021;107(17):1398–1406. doi: 10.1136/heartjnl-2020-318914
51. Hwang D., Yang S., Zhang J., et al. Physiologic Assessment after Coronary Stent Implantation. *Korean Circ J.* 2021;51(3):189–201. doi: 10.4070/kcj.2020.0548
52. Tao S., Tang X., Yu L., et al. Prognosis of coronary heart disease after percutaneous coronary intervention: a bibliometric analysis over the period 2004–2022. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):311. doi: 10.1186/s40001-023-01220-5