УДК: 616.132.2-089.86:611.132.2

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ ПРИ АОРТОКОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ



Саидов Максуд Арифович, Маллаев Икром Усмонович, Жумабоев Суннатулло Хайрулло угли, Жураев Олим Усмонович
Национальный медицинский центр, Республика Узбекистан, г. Ташкент

ЮРАК УРИБ ТУРГАН ҲОЛАТДА АОРТОКОРОНАР ШУНТЛАШДА КОРОНАР АРТЕРИЯЛАРНИ ЖАРРОҲЛИК ЙЎЛИ БИЛАН ЭКСПОЗИЦИЯ ҚИЛИШНИНГ АНАТОМО-ТОПОГРАФИК ХУСУСИЯТЛАРИ

Саидов Мақсуд Арифович, Маллаев Икром Усмонович, Жумабоев Суннатулло Хайрулло ўғли, Жўраев Олим Усмонович
Миллий тиббиёт маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHICAL FEATURES OF CORONARY ARTERY EXPOSURE DURING OFF-PUMP CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

Saidov Maksud Arifovich, Mallaev Ikrom Usmonovich, Zhumaboev Sunnatullo Khayrullo ugli, Juraev Olim Usmonovich
National Medical Center, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: info@mtm.uz

Резюме. *Узоқ вақт давомида сунъий қон айланиши (СҚА) шароитида бажариладиган аортокоронар шунтлаш миокардни тўлиқ реваскуляризация қилишнинг ягона усули ҳисобланган, бироқ экстракорпорал қон айланиши ва аортани қисиш билан боғлиқ хавфлар юрак уриб турган ҳолатда аортокоронар шунтлаш (ОРСАВ) ривожланишига туртки бўлди. Бу йўлдаги асосий техник тўсиқ узоқ вақт давомида юракнинг ён ва орқа деворларидаги томирларни операция майдонига хавфсиз чиқариб бўлмаслиги эди, чунки уларни очиб кўрсатиш (экспозиция) қисқаришда давом этаётган юракни сезиларли даражада силжитишни талаб этади. Турли коронар ҳавзалар учун бундай силжитишнинг хавфсиз чегаралари бўйича ягона қарашларнинг мавжуд эмаслиги адабиётларда тўпланган маълумотларни тизимлаштиришни тақозо этади. Тадқиқот мақсади – ОРСАВ вақтида турли коронар артерияларни экспозиция қилишнинг анатомо-топографик хусусиятлари, ушбу муаммони ҳал этишга қаратилган техник ечимларнинг ривожланиши ҳамда уларнинг операциянинг техник мураккаблигига таъсири ҳақидаги адабиёт маълумотларини ўрганиш. Материал ва усуллар. Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary.ru (РИНЦ) ва Google Scholar маълумотлар базаларидан олинган, 1961–2025 йилларда нашр этилган хорижий ва маҳаллий манбалар таҳлил қилинди. Натижалар. Коронар ҳавзани экспозиция қилишнинг техник мураккаблиги мақсадли томир юракнинг олдинги юзасидан узоқлашган сари ортиб боради: олдинги қоринчалараро артерия учун юракни бироз кўтариш етарли бўлса, айланиб ўтувчи артерия ва орқа қоринчалараро шох учун юракни сезиларли даражада буриш ва унинг чўққисини кўтариш талаб этилади. Бу муаммони ҳал қилиш йўллари чуқур перикардиал чоклардан вакуумли позиционерлар орқали юракни жойлаштиришнинг стандартлаштирилган протоколларигача ривожланди. Хулоса. Экспозиция усулини танлаш нафақат мақсадли томирнинг кўринишига, балки зарарланишнинг анатомик жойлашувига ҳам асосланиши лозим, чунки турли коронар ҳавзалар юракка тубдан фарқ қилувчи ҳажмдаги механик таъсирни талаб этади, мавжуд техник усулларнинг ҳеч бири эса универсал устунликка эга эмас.*

Калит сўзлар: *аортокоронар шунтлаш, ОРСАВ, коронар артерияларни экспозиция қилиш, айланиб ўтувчи артерия, юракни жойлаштириш, перикардиал чок.*

Abstract. *For many years, coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass (CPB) was considered the only means of achieving complete myocardial revascularization; however, the risks associated with extracorporeal circulation and aortic cross-clamping contributed to the development of off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB). For a long time the major technical obstacle was the impossibility of safely exposing vessels on the lateral and*

posterior walls of the heart, as their exposure requires substantial displacement of the beating heart. The lack of a unified understanding of the safe limits of such displacement for different coronary territories calls for a systematic review of the available literature. Aim: to review the literature on the anatomical and topographical features of exposing different coronary arteries during OPCAB, the evolution of technical approaches to this challenge and their effect on the technical complexity of the procedure. Materials and methods. International and domestic publications from 1961 to 2025 retrieved from Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary.ru (Russian Science Citation Index) and Google Scholar were analysed. Results. The technical difficulty of exposing a coronary territory increases as the target vessel lies farther from the anterior surface of the heart: from minimal elevation of the heart for the left anterior descending artery to marked rotation and elevation of the apex for the circumflex artery and the posterior descending artery. Approaches to this challenge have evolved from deep pericardial sutures through suction-based positioners to standardized positioning protocols. Conclusion. The choice of exposure technique should be guided not only by visualization of the target vessel but also by the anatomical location of the lesion, since different coronary territories require markedly different degrees of mechanical manipulation of the heart, and no existing technique offers a universal advantage.

Keywords: *coronary artery bypass grafting, OPCAB, coronary artery exposure, circumflex artery, heart positioning, pericardial suture.*

Формирование дистальных анастомозов без остановки сердечной деятельности является определяющей чертой аортокоронарного шунтирования на работающем сердце (off-pump coronary artery bypass, OPCAB). В отличие от операции в условиях кардиоплегической остановки, когда сердце расслаблено и практически неподвижно, при OPCAB целевой сосуд необходимо вывести в операционное поле путём контролируемого смещения продолжающего сокращаться органа. N. Marczin и S.G. Raja подчёркивают, что анатомическая локализация коронарной артерии напрямую определяет характер требуемой экспозиции: чем дальше сосуд от передней поверхности сердца, тем больше необходимая ротация или подъём [26]. Сердечно-сосудистые заболевания остаются одной из ведущих причин заболеваемости и смертности в мире, а хирургическая реваскуляризация миокарда сохраняет центральное место в их лечении, поэтому техническая оптимизация доступа к коронарным артериям – не отвлечённая инженерная задача, а фактор, напрямую влияющий на исход операции у широкого круга пациентов.

Принципиальное отличие OPCAB от традиционного шунтирования состоит не только в отсутствии искусственного кровообращения (ИК), но и в необходимости одновременно решать две задачи: обеспечивать адекватную визуализацию целевого сосуда и поддерживать физиологически приемлемую гемодинамику. C.K.P. Ofoegbu и R.M. Manganyi отмечают, что современные данные не подтверждают универсального превосходства OPCAB над шунтированием в условиях ИК по всем клиническим конечным точкам, поэтому дальнейшее совершенствование метода должно быть направлено не только на снижение рисков экстракорпоральной циркуляции, но и на оптимизацию самой хирургической экспозиции [31].

Цель исследования: изучить литературные данные об анатомо-топографических особенностях экспозиции различных коронарных артерий при OPCAB, эволюции технических решений этой проблемы и их влиянии на техническую сложность вмешательства.

Материал и методы. Проанализированы отечественные и зарубежные публикации за период с 1961 по 2025 г., найденные в электронных базах данных Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary.ru (РИНЦ) и Google Scholar.

Анатомо-топографическая характеристика коронарных бассейнов. Коронарные мишени при OPCAB условно разделяют на сосуды передней, боковой и нижнезадней поверхностей сердца, и это разделение имеет выраженное практическое значение [26, 35]. Передняя межжелудочковая артерия располагается относительно поверхностно, поэтому её экспозиция, как правило, наиболее проста: обычно достаточно умеренного подъёма передней поверхности сердца без существенной ротации. Аналогичный, хотя и несколько более объёмный, приём применяется при работе с диагональными ветвями [26].

Проксимальный и средний сегменты правой коронарной артерии также располагаются на относительно доступной поверхности, однако при реваскуляризации её дистальных отделов и задней межжелудочковой ветви ситуация меняется: сосуд перемещается в область нижней и задней поверхности, что требует изменения пространственной ориентации всего сердца [35].

Наиболее сложной задачей традиционно считается экспозиция системы огибающей артерии и её тупых краевых ветвей, расположенных на латеральной и заднелатеральной поверхности левого желудочка. По мнению C.K.P. Ofoegbu и R.M. Manganyi, именно ограниченный доступ к этому бассейну на протяжении десятилетий сдерживал распространение полной реваскуляризации без ИК [31]. Для визуализации огибающей артерии сердце необходимо сместить вправо и частично ротировать; при этом, по данным Y.L. Kwak и

соавт., изменение функции правого желудочка при экспозиции тупой краевой ветви оказывается достоверно более выраженным, чем при работе с передней межжелудочковой или правой коронарной артерией [23]. H.W. Zhao и соавт. получили иные данные: наиболее значимые изменения фракции выброса и конечно-диастолического объёма правого желудочка возникали при экспозиции задней стенки [41]. Расхождение этих наблюдений (латеральная стенка против задней) показывает, что единого мнения о том, какой из двух труднодоступных бассейнов гемодинамически опаснее, в литературе пока нет, и оба заслуживают равного внимания при планировании операции.

Систематизация технической сложности по коронарным бассейнам, принятая в современной литературе, выглядит следующим образом. Для передней межжелудочковой артерии достаточно минимального подъёма передней поверхности сердца без ротации, для диагональных ветвей требуется подъём в сочетании с умеренным латеральным смещением, для проксимальных отделов правой коронарной артерии – минимальная дислокация. Система огибающей артерии и тупых краевых ветвей требует выраженной ротации и правостороннего смещения сердца, а задняя межжелудочковая артерия и заднебоковые ветви – подъёма верхушки в сочетании с ротацией, то есть максимально возможного для OPCAB объёма механического воздействия на сердце [26, 35]. Такая градация имеет прямое клиническое значение: она позволяет заранее прогнозировать, на каком этапе многососудистой операции вероятность гемодинамической нестабильности наиболее высока, и заблаговременно подготовить меры коррекции.

Последовательность реваскуляризации при многососудистом поражении также имеет самостоятельное значение для переносимости последующих манипуляций. H.C. Joo и соавт. показывают, что выполнение анастомоза на передней стенке до манипуляций, требующих выраженной ротации сердца, позволяет заранее восстановить кровоснабжение наиболее массивного бассейна миокарда и тем самым уменьшить ишемическую нагрузку при последующем позиционировании для доступа к боковым и задним сосудам [19]. Дополнительным способом снижения ишемического риска служит применение интракоронарных шунтов, временно поддерживающих кровоток по пережатой артерии на период наложения анастомоза; такой подход рассматривается как часть общей стратегии гемодинамической оптимизации при экспозиции труднодоступных бассейнов [28].

История решения проблемы экспозиции. Проблема доступа к боковой стенке сердца возникла значительно раньше современного OPCAB. Первый прямой анастомоз без остановки сердца выполнил R.H. Goetz в мае 1960 г., соединив правую внутреннюю грудную и правую коронарную артерии с помощью танталового кольца [17]. Четырьмя годами позже В.И. Колесов в Ленинграде наложил первый анастомоз левой внутренней грудной артерии с краевой ветвью огибающей артерии, а в 1967 г. опубликовал серию из 12 таких операций [22]. Ни одна из этих работ не вызвала в то время широкого интереса хирургического сообщества, поскольку искусственное кровообращение казалось решённой технической задачей.

Второе рождение операций без ИК состоялось в начале 1980-х годов в Южной Америке: F.J. Benetti в Аргентине и E. Buffolo в Бразилии независимо друг от друга начали оперировать на работающем сердце и к началу 1990-х годов опубликовали серии, включавшие сотни пациентов [8, 13]. Но и тогда доступ к боковой стенке оставался нерешённой проблемой: подавляющее большинство операций ограничивалось передней межжелудочковой и изредка правой коронарной артерией. Именно поиск способа безопасно вывести в операционное поле огибающую артерию и её ветви определил технический прогресс следующих полутора десятилетий.

Перикардиальные тракционные швы. Первым эту проблему системно решил бразильский хирург R.C. de Carvalho Lima, который ещё в начале 1990-х годов предложил накладывать на перикард серию из четырёх тяжёлых швов: вблизи аорто-перикардиальной складки, в 2 см кпереди от левых лёгочных вен и между нижней левой лёгочной веной и нижней полой веной [15]. Техника была эффективной, но громоздкой, и в 1999 г. J. Bergsland и соавт. упростили её до единственного шва, наложенного в косом синусе перикарда [9]. Авторы сообщили об успешном применении методики более чем в 200 случаях шунтирования огибающей артерии и её ветвей – по тем временам радикальный результат, доказывающий техническую осуществимость полной реваскуляризации без ИК.

Обратной стороной этой простоты оказалась близость шва к структурам заднего средостения. T. Fukui и соавт. описали случай ретроперикардиальной гематомы после трёхсосудистого OPCAB: на четвёртые сутки у пациента развилась гематома позади левого предсердия, сдавившая его и заметно ухудшившая работу сердца; причиной, по мнению авторов, стало скрытое повреждение лёгочной вены при наложении шва [16]. R.C. Lima в письме в

редакцию подробно разобрал эволюцию своей техники от трёх швов к одному и сформулировал два практических правила: использовать единственный шов между нижней лёгочной веной и нижней полой веной и проводить нить через перикард дважды – сначала поверхностно, придавая перикарду выпуклую форму и тем самым отводя его от структур средостения, и лишь затем глубже [25]. V. Zamvar в том же номере журнала предложил ряд практических шагов: временную остановку вентиляции на 30–40 с перед наложением шва, аспирацию крови из полости перикарда перед подъёмом сердца, использование длинного иглодержателя и отказ от пинцета, поскольку левая рука хирурга занята удержанием сердца [40].

Прямое сравнение двух вариантов перикардиальной тракции – латеральных швов и заднего перикардиального шва с тампоном – у 205 пациентов показало практически равную эффективность обеих техник: конверсия на ИК потребовалась в одном случае в каждой группе, латеральная методика позволяла выполнить несколько больше дистальных анастомозов, а единственное интраоперационное кровотечение (из-за разрыва нижней полой вены) возникло при наложении заднего шва [10].

Отдельным направлением снижения нагрузки на правые отделы сердца при экспозиции латеральной и задней стенок является правосторонняя плевроперикардиальная декомпрессия. Как показали T. Velissaris и соавт., рассечение правой плевры и перикарда позволяет сердцу при вертикализации частично сместиться в правую плевральную полость, не упираясь правым желудочком в грудную стенку, что снимает противоречие между качеством визуализации и гемодинамической переносимостью манипуляции [39]. Альтернативный подход предложили X.M. Mueller и соавт. в технике «no compression»: фиксирующий элемент тянет сердце в направлении, противоположном экспонируемой стенке, а не поперёк неё, что позволяет добиться удовлетворительной экспозиции всех трёх стенок сердца при минимальных гемодинамических изменениях [28].

Вакуумные позиционеры. Параллельно шовной технике развивалось принципиально иное решение. В 1996 г. C. Borst и соавт. представили устройство, впоследствии получившее название Octopus, – систему присасывающихся к эпикарду площадок, которая иммобилизует локальный участок миокарда без прямой компрессии и позволяет хирургу перемещать сердце, удерживая его за стабилизированную зону [12]. Через несколько лет к тканевому стабилизатору добавился отдельный апикальный позиционер, предназначенный для смещения и ротации всего сердца.

Прямое сопоставление глубокого перикардиального шва и вакуумной апикальной присоски при экспозиции задней стенки у 20 пациентов не выявило клинически значимых различий гемодинамики [6], то есть оба подхода достигли примерно одинаковой эффективности. Не все сравнения подтверждают такое равенство: S.M. Jung и соавт., сопоставив те же два метода, обнаружили, что в отдельных условиях вакуумный позиционер вызывал меньшие гемодинамические изменения, особенно при экспозиции задних сосудов [20].

У вакуумной тракции выявился и собственный профиль осложнений – не повреждение соседних структур, как при перикардиальном шве, а прямая травма эпикарда в точке присасывания. Избыточная сила вакуума или продолжительное воздействие могут приводить к локальной травме и формированию гематом: N. Mochizuki и соавт. описали эпикардиальную гематому, связанную с использованием сердечного позиционера при минимально инвазивном OPCAB [27].

Направление тракции и стабилизация. Практическое значение имеют не только наличие перикардиального шва, но и место его наложения, глубина проведения и направление тракции. Неправильно выбранная точка фиксации может приводить к избыточной ротации сердца, компрессии правого желудочка или нарушению венозного возврата, тогда как правильно организованная тракция позволяет трансформировать преимущественно вертикальное смещение в контролируемое сочетание подъёма, ротации и латерального перемещения. Для передней стенки обычно достаточно небольшой элевации, для огибающей артерии требуется более выраженная ротация, а для задней межжелудочковой артерии и заднелатеральных ветвей используются различные точки фиксации апикального позиционера в зависимости от сегмента сосуда, что уменьшает выраженность сопутствующей гемодинамической нестабильности [29].

Экспозицию целевого сосуда не следует смешивать с его локальной стабилизацией: первая обеспечивает доступ к артерии, вторая ограничивает её движение в пределах уже достигнутого операционного поля. Необходимость чрезмерно увеличивать давление тканевого стабилизатора для получения нужной визуализации обычно свидетельствует о недостаточной пространственной ориентации сердца, а не о неисправности устройства. Оптимизация положения сердца уменьшает необходимую силу стабилизации и механическое

воздействие на миокард, тогда как попытка компенсировать плохую экспозицию усилением прижима стабилизатора приводит лишь к дополнительной компрессии миокарда в зоне анастомоза [35].

Стандартизация экспозиции и роль опыта хирурга. Зависимость результата OPCAB от индивидуального опыта хирурга особенно выражена при работе на латеральной и задней стенках, поэтому стандартизация экспозиции значима не только для безопасности конкретной операции, но и для снижения операторозависимости методики в целом. V. Ntinopoulos и соавт. показали, что частота конверсии на ИК существенно связана с опытом оперирующего хирурга и анестезиолога, а не только с анатомической сложностью случая [30]. M.E. Halkos и J.D. Puskas в обзоре, посвящённом оптимальному использованию инструментов при OPCAB, подчёркивают, что стабилизатор и позиционер должны подбираться под привычную для хирурга технику, а не навязываться универсальным протоколом [18]. S. Sixt и соавт., изучавшие вентиляционное обеспечение при малоинвазивном шунтировании, отмечают, что усложнение доступа увеличивает число параметров, одновременно контролируемых операционной бригадой, и тем самым повышает требования к слаженности команды [36].

Сходная логика определяет развитие роботизированной тотально эндоскопической коронарной хирургии, где экспозиция становится вопросом конструкции инструмента. Систематический обзор 14 исследований (1240 пациентов) выявил заметную разницу между вариантами на работающем и на остановленном сердце: интраоперационная конверсия при операции на работающем сердце потребовалась в 5,6% случаев, чаще всего из-за гемодинамической нестабильности и неадекватной стабилизации, тогда как при использовании ИК конверсии были реже (1,9%) и обусловлены другими причинами [32]. J. Bonatti и соавт. первыми подробно описали кривую обучения этой методике: время выделения левой внутренней грудной артерии снижалось по логарифмической зависимости примерно со 180 мин в начале серии до 50 мин к 38-му случаю, тогда как время наложения роботизированного анастомоза от порядкового номера операции статистически значимо не зависело, то есть кривая обучения относилась к этапам экспозиции, а не к сосудистому шву [11]. Конверсия на стандартную операцию с ИК в их серии потребовалась в 2 из 15 тотально эндоскопических вмешательств, оба раза по причинам, связанным с экспозицией и кровотоком в целевом сосуде: из-за интрамуральной гематомы внутренней грудной артерии в одном случае и массивного ретроградного кровотока из целевого сосуда в другом [11]. Даже когда робот делает наложение анастомоза предсказуемым по времени, доступ к целевому сосуду остаётся узким местом, требующим отдельного длительного обучения.

Экспозиция и полнота реваскуляризации. Качество хирургической экспозиции напрямую связано не только с переносимостью операции, но и с полнотой реваскуляризации. Скептическое отношение части хирургического сообщества к OPCAB исторически опиралось на предположение о том, что на работающем сердце невозможно добиться такого же объёма шунтирования и качества дистальных анастомозов, как в неподвижном операционном поле, прежде всего в бассейне огибающей артерии, где трудности экспозиции наиболее выражены [14]. Метаанализ рандомизированных исследований подтверждает, что OPCAB сопровождается более высокой частотой неполной реваскуляризации по сравнению с шунтированием в условиях ИК, а связанное с этим повышение потребности в повторной реваскуляризации в среднесрочном периоде эксперты связывают с ограничениями экспозиции труднодоступных бассейнов, а не с самим отказом от ИК [14].

Ограничение хирургического доступа при малоинвазивном OPCAB дополнительно повышает требования к качеству экспозиции, поскольку возможности мануальной ретракции через небольшой разрез существенно меньше, чем при полной срединной стернотомии. Именно в этих условиях наиболее ярко проявляются преимущества анатомически ориентированной стандартизированной тракции перикарда: по данным A. Albert и соавт., предложенная ими система разрезов и точек фиксации обеспечивает достаточную визуализацию латеральной и задней стенок без полной энуклеации сердца и без обязательного использования апикального позиционера [7].

Было бы неточно изображать развитие методов экспозиции как историю равномерного прогресса. Нарративный обзор, среди авторов которого многие ключевые участники этой истории, прямо называет период после 2000 г. временем критической переоценки: как только совершенствование техники экспозиции и стабилизации сделало OPCAB осуществимым почти в любом сосудистом бассейне, начались рандомизированные исследования, результаты которых оказались отрезвляющими. Снижение частоты периоперационного инсульта сопровождалось более высокой частотой неполной реваскуляризации и худшей среднесрочной выживаемостью, а независимыми факторами риска отдалённой летальности оказались меньший опыт хирурга и частота конверсии выше 10% [14].

Конверсия при этом происходит нередко: по данным базы Society of Thoracic Surgeons, в 5,5% случаев.

Ещё более резкую оценку дают W.J.L. Suyker и J.D. Puskas в эссе 2025 г.: с конца 1990-х годов, когда появились современные тканевые стабилизаторы, ни одна процедурная инновация в шунтирующей хирургии не получила широкого распространения, а доля операций без ИК остаётся на уровне 15–18% мирового объёма, притом что смежные хирургические дисциплины за то же время перешли к малоинвазивным и роботизированным методикам [38]. Авторы связывают эту стагнацию не с недостатком идей, а с тем, что дистальный коронарный анастомоз по-прежнему выполняется вручную, так же как и полвека назад.

Подобное распределение технической сложности согласуется с современной концепцией OPCAB, согласно которой основные ограничения метода связаны прежде всего с реваскуляризацией сосудов бассейна огибающей артерии, а также небольших или глубоко расположенных коронарных мишеней [24]. Развитие методов экспозиции и стабилизации стало одним из основных факторов, позволивших перейти от первоначально ограниченного применения OPCAB на передних сосудах к полноценной многососудистой реваскуляризации [37]. Этот переход занял не годы, а десятилетия: от первых единичных операций R.H. Goetz и В.И. Колесова до систематического решения проблемы огибающей артерии потребовалось более тридцати лет клинического и технического поиска, а окончательная стандартизация подхода к наиболее труднодоступным бассейнам остаётся предметом исследований и сегодня.

Стремление использовать исключительно артериальные кондуиты как для передней, так и для боковой стенки сердца дополнительно повышает требования к точности экспозиции, поскольку артериальные графты менее устойчивы к перегибам и натяжению, чем венозные, и особенно чувствительны к качеству визуализации зоны анастомоза. Опыт применения множественных артериальных кондуитов без ИК показывает, что полная артериальная реваскуляризация технически осуществима даже в сложных анатомических условиях при последовательной экспозиции каждого бассейна по отдельности, а не при попытке одномоментно решить задачу визуализации всех целевых сосудов [14].

Отдельного упоминания заслуживает связь качества экспозиции с анаортальной техникой шунтирования, при которой хирург сознательно отказывается от любых манипуляций на восходящей аорте, включая боковое пережатие для проксимальных анастомозов, ради снижения риска эмболического инсульта. Эта техника предъявляет дополнительные требования к экспозиции задних и боковых мишеней, поскольку проксимальные анастомозы формируются исключительно за счёт композитных или Y-образных артериальных кондуитов, и точность позиционирования сердца при дистальном анастомозировании становится ещё более значимой для итоговой геометрии и функции графта [14].

Предоперационное планирование экспозиции опирается на данные коронарографии, а в последнее время и компьютерно-томографической ангиографии, позволяющей заранее оценить пространственное расположение целевых сосудов относительно поверхности сердца и спрогнозировать степень необходимой дислокации. Такое планирование особенно значимо при многососудистом поражении, когда хирургу необходимо заранее решить, в каком порядке будут экспонироваться различные бассейны и какая комбинация приёмов (перикардиальный шов, апикальный позиционер, положение операционного стола) будет применена для каждого из них. Опыт исследований по стандартизации экспозиции показывает, что заранее спланированная последовательность манипуляций сокращает суммарное время нахождения сердца в дислоцированном положении и уменьшает кумулятивную гемодинамическую и ишемическую нагрузку на миокард по сравнению с эмпирическим выбором стратегии по ходу операции [7, 19].

Опыт хирургических школ постсоветского пространства. Отдельного внимания заслуживает опыт хирургических школ, независимо развивавших собственные варианты решения проблемы экспозиции. Б.В. Шабалкин, один из основоположников отечественной коронарной хирургии, прослеживает эволюцию подходов к реваскуляризации миокарда без ИК от первых единичных операций до формирования устойчивой хирургической школы [4, 5]. И.В. Жбанов и соавт., обобщая опыт аортокоронарного шунтирования у пациентов высокого риска, подчёркивают, что выбор метода экспозиции и позиционирования сердца у таких больных должен определяться не только анатомией поражения, но и исходной тяжестью состояния [2]. Е.В. Ткачев, П.В. Клещев и Р.Н. Комаров отмечают, что техническая сложность экспозиции труднодоступных бассейнов остаётся одним из главных факторов, ограничивающих более широкое распространение метода в отечественной практике [3]. Д.В. Борисов и соавт. описывают опыт шунтирования на работающем сердце в условиях вспомогательного ИК – подхода, позволяющего частично компенсировать

гемодинамические трудности экспозиции наиболее сложных бассейнов без полного перехода на традиционную методику [1].

Узбекская школа кардиохирургии, представленная прежде всего коллективом Республиканского специализированного центра кардиологии (г. Ташкент), накопила значительный опыт в области техники экспозиции. I. Sharipov и соавт. в серии из 96 операций без ИК подробно описывают применяемую технику позиционирования сердца: модифицированный шов Лимы для тракции перикарда в сочетании с активным изменением положения операционного стола (положение Тренделенбурга с поворотами влево и вправо для визуализации различных поверхностей сердца), а для дополнительной визуализации бассейна огибающей артерии – наложение дополнительных глубоких перикардиальных швов у левого края перикарда вблизи лёгочных вен [33]. В отдельной работе та же группа авторов изучила влияние поражения ствола левой коронарной артерии, одной из наиболее анатомически неблагоприятных для экспозиции ситуаций, на результаты шунтирования без ИК и показала, что при тщательном подборе техники экспозиции доля таких пациентов в их серии (44,8%) существенно превышала показатели других авторов без ухудшения общих результатов операции [34]. Kh. Khalikulov и соавт. представили опыт шунтирования без ИК через министернотомию у пациентов с сахарным диабетом, когда ограниченный доступ предъявляет к точности позиционирования сердца дополнительные требования, аналогичные рассмотренным выше для малоинвазивных доступов [21].

Нерешённые вопросы. Несмотря на значительный объём накопленных данных, ряд вопросов, связанных с анатомо-топографическими аспектами экспозиции, остаётся открытым. Не существует общепринятого количественного критерия, позволяющего ещё до операции оценить степень технической сложности экспозиции конкретного сосуда у конкретного пациента с учётом индивидуальных анатомических особенностей: формы грудной клетки, размеров сердца, расположения диафрагмы. Не решён и вопрос об оптимальном сочетании перикардиальных разрезов, точек тракции и вспомогательных устройств для каждого клинического сценария: большинство существующих рекомендаций основано на опыте отдельных центров, а не на данных сравнительных многоцентровых исследований [14, 38]. Наиболее перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка воспроизводимого анатомически обоснованного алгоритма выбора зоны и направления перикардиальной тракции применительно к разным коронарным бассейнам.

Заключение. Анатомическая локализация целевой артерии определяет не только направление хирургического доступа, но и необходимую траекторию перемещения сердца: минимальный подъём для передней межжелудочковой артерии, умеренное латеральное смещение для диагональных ветвей, выраженная ротация и правостороннее перемещение для огибающей артерии и её ветвей, подъём верхушки с изменением ориентации для задней межжелудочковой артерии и заднебоковых ветвей.

Бассейн огибающей артерии на протяжении всей истории OPCAB оставался наиболее сложным для экспозиции, что стимулировало разработку специализированных приёмов: от глубоких перикардиальных швов R.C. Lima и J. Bergsland до вакуумных позиционеров C. Borst, правосторонней плевроперикардиальной декомпрессии и стандартизированных протоколов позиционирования A. Albert.

Ни один из этих методов не показал абсолютного превосходства: перикардиальный шов и вакуумная тракция в прямых сравнениях демонстрируют сопоставимую эффективность при разных профилях осложнений, а критическая переоценка результатов OPCAB в 2020-е годы показывает, что технический прогресс в области экспозиции сам по себе не устранил зависимость исхода операции от опыта хирурга.

Дальнейшее совершенствование методов должно быть направлено не только на локальную стабилизацию зоны анастомоза, но и на анатомически обоснованную воспроизводимую оптимизацию пространственного положения сердца с учётом конкретного коронарного бассейна.

Литература:

1. Борисов Д.В., Зотов А.С., Троицкий А.В., Хабазов Р.И. и др. Аортокоронарное шунтирование на работающем сердце в условиях вспомогательного искусственного кровообращения // Казанский медицинский журнал. 2018;99(6):966–972.
2. Жбанов И.В., Сидоров Р.В., Киладзе И.З., Урюжников В.В., Молочков А.В. Выбор оптимального метода выполнения аортокоронарного шунтирования у пациентов высокого риска // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2014;7(2):15–18.
3. Ткачев Е.В., Клещев П.В., Комаров Р.Н. Аортокоронарное шунтирование без искусственного кровообращения // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2019;12(1):31–37.

4. Шабалкин Б.В. Становление и развитие коронарной хирургии // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2001;(2):4–7.
5. Шабалкин Б.В., Жбанов И.В., Арзикулов Т.С. Реваскуляризация миокарда без искусственного кровообращения // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2001;(6).
6. Abicht J.M., Beiras-Fernandez A., Bengel D., Vicol C. Deep pericardial traction suture versus vacuum-assisted apical suction to expose the posterior wall of the heart in off-pump coronary artery bypass: a prospective, randomized study // Heart Surgery Forum. 2012;15(4):E224–E231.
7. Albert A., Petrov G., Smiris K., Angleitner P. Standardized exposure of the lateral and posterior wall in off-pump minimally invasive cardiac surgical coronary artery bypass grafting // JTCVS Techniques. 2024;26:61–63.
8. Benetti F.J. Direct coronary surgery with saphenous vein bypass without either cardiopulmonary bypass or cardiac arrest // Journal of Cardiovascular Surgery (Torino). 1985;26:217–222.
9. Bergsland J., Karamanoukian H.L., Soltoski P.R., Salerno T.A. “Single suture” for circumflex exposure in off-pump coronary artery bypass grafting // Annals of Thoracic Surgery. 1999;68(4):1428–1430.
10.Biancari F., Rainio A., Mosorin M., Taskinen P., Pihkakoski H., Lahtinen J., Lepojärvi M. Deep pericardial sling versus lateral pericardial sutures in off-pump coronary artery bypass surgery // Journal of Cardiovascular Surgery (Torino). 2010;51(2):273–275.
11.Bonatti J., Schachner T., Bernecker O., Chevtchik O., Bonaros N., Ott H. et al. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass: program development and learning curve issues // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2004;127(2):504–510.
12.Borst C., Jansen E.W.L., Tulleken C.A.F., Grundeman P.F., Beck H.J.M., van Dongen J.W.F. et al. Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass and without interruption of native coronary flow using a novel anastomosis site restraining device (“Octopus”) // Journal of the American College of Cardiology. 1996;27(6):1356–1364.
13.Buffolo E., Andrade J.C., Succi J., Leao L.E., Gallucci C. Direct myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass // Thoracic and Cardiovascular Surgeon. 1985;33:26–29.
14.Calafiore A.M., Torregrossa G., Salerno T.A., Prapas S., Benetti F., Angelini G.D., De Carvalho Lima R., Di Mauro M., Taggart D., Gaudino M. Controversy. On pump or off pump: what will I do when I grow up? A narrative systematic review // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. 2024;66(1).
15.de Carvalho Lima R., de Escobar M.A.S., Diniz R., de Alencar França N.A., Cabral E., da Luz J. How much myocardial revascularization can we do without extracorporeal circulation? // Heart Surgery Forum. 2002;5(2):163–167.
16.Fukui T., Suehiro S., Shibata T., Hattori K., Hirai H. Retropericardial hematoma complicating off-pump coronary artery bypass surgery // Annals of Thoracic Surgery. 2002;73(5):1629–1631.
17.Goetz R.H., Rohman M., Haller J.D., Dee R., Rosenak S.S. Internal mammary-coronary artery anastomosis. A nonsuture method employing tantalum rings // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 1961;41:378–386.
18.Halkos M.E., Puskas J.D. Optimal use of instruments for off-pump coronary artery bypass grafting // State of the Art Surgical Coronary Revascularization. Oxford University Press, 2021. P. 309–314.
19.Joo H.C., Youn Y.N., Yoo K.J. Technical considerations and current concepts in off-pump coronary artery bypass grafting // Korean Circulation Journal. 2018;48(5):356–370.
20.Jung S.M. et al. Comparison of deep pericardial sutures and vacuum-assisted apical positioner in off-pump coronary artery bypass grafting // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. 2012.
21.Khalikulov Kh., Mansurov A., Murtazaev S. Off-pump coronary artery bypass through ministernotomy in patients with diabetes mellitus // Structural Heart. 2020;4(Suppl 1):81.
22.Kolesov V.I. Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 1967;54(4):535–544.
23.Kwak Y.L., Oh Y.J., Jung S.M., Yoo K.J., Lee J.H., Hong Y.W. Change in right ventricular function during off-pump coronary artery bypass graft surgery // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. 2004;25(4):572–577.
24.Lawton J.S., Tamis-Holland J.E., Bangalore S. et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization // Circulation. 2022;145(3):e18–e114.
25.Lima R.C. Some technical considerations on the prevention of bleeding caused by sutures in the posterior pericardium in off-pump coronary artery bypass operations [letter] // Annals of Thoracic Surgery. 2004;78(3):1130–1134.
26.Marczin N., Raja S.G. Off-pump coronary artery bypass grafting // AME Medical Journal. 2020.
27.Mochizuki N., Ushioda R., Yoongtong D., Sakboon B., Cheewinmethasiri J., Kamiya H., Arayawudhikul N. Epicardial hematoma due to heart positioner device in minimally invasive coronary artery bypass // Journal of Surgical Case Reports. 2024;2024(6).
28.Mueller X.M., Chassot P.G., Zhou J., Eisa K.M., Chappuis C., Tevaearai H.T., von Segesser L.K. Hemodynamics optimization during off-pump coronary artery bypass: the “no compression” technique // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. 2002;22:249–254.

29.Nishimura Y., Okamura Y., Fujiwara K., Sekii H., Yamamoto S., Tonda H., Toguchi K. The surgical technique of heart displacement during off-pump coronary artery bypass grafting in the exposure of the anastomotic site of posterior descending artery // Kyobu Geka. 2003;56(8 Suppl):630–634.
30.Ntinopoulos V., Haeussler A., Odavic D., Papadopoulos N., Rings L., Dushaj S., Rodriguez Cetina Biefer H., Dzemali O. Conversion from off-pump to on-pump coronary artery bypass grafting: impact of surgeon and anaesthetist experience // Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery. 2023;37(6).
31.Ofoegbu C.K.P., Manganyi R.M. Off-pump coronary artery bypass grafting: is it still relevant? // Current Cardiology Reviews. 2022;18(2).
32.Seco M., Edelman J.J.B., Yan T.D., Wilson M.K., Bannon P.G., Vallely M.P. Systematic review of robotic-assisted, totally endoscopic coronary artery bypass grafting // Annals of Cardiothoracic Surgery. 2013;2(4):408–418.
33.Sharipov I., Yarbekov R., Ismatov A., Omonov S., Vakhidov T., Yuldashev N., Kurbanov R. Our initial results of off-pump coronary artery bypass grafting // Azerbaijan Medical Association Journal. 2016;1:22–26.
34.Sharipov I., Yarbekov R.R., Omonov S.Kh., Kurbanov R. Effects of the presence of left main coronary artery disease on the results of off-pump coronary artery bypass grafting surgery // International Journal of Biomedicine. 2017.
35.Shim J.K., Kim K.S., Couture P., Denault A., Kwak Y.L., Yoo K.J., Youn Y.N. Hemodynamic management during off-pump coronary artery bypass surgery: a narrative review // Korean Journal of Anesthesiology. 2023;76(4):267–279.
36.Sixt S., Aubin H., Kalb R., Rellecke P., Lichtenberg A., Albert A. Continuous procedural full-lung ventilation during minimally invasive coronary bypass grafting // Annals of Thoracic Surgery. 2017;104(6):1994–2000.
37.Soltoski P., Bergsland J., Karamanoukian H.L. Techniques of exposure and stabilization in off-pump coronary artery bypass graft // Journal of Cardiac Surgery. 1999;14(4):240–245.
38.Suyker W.J.L., Puskas J.D. CABG at a crossroads: reinventing the distal anastomosis // Interdisciplinary CardioVascular and Thoracic Surgery. 2025.
39.Velissaris T., Stuklis R.G., Hett D.A., Ohri S.K. Right pleuropericardial release: a useful technique in off-pump coronary surgery // Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery. 2003;2(3):288–290.
40.Zamvar V. Recommendations for the proper placement of the deep pericardial retraction suture in off-pump coronary artery bypass graft surgery [letter] // Annals of Thoracic Surgery. 2004;78(3):1130–1134.
41.Zhao H.W., Wu A.S., Liu Y., Rui Y., Wu D., Liu J., Zhao Q.H., Guo S.R., Zhang Y.Q., Yue Y. Assessment of right ventricular function by pressure-volume loops in off-pump coronary artery bypass surgery // Chinese Medical Journal. 2008.

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ ПРИ АОРТОКОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ

Саидов М.А., Маллаев И.У., Жумабоев С.Х., Жураев О.У.

Резюме. *Аортокоронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения (ИК) длительное время считалось единственным способом полноценной реваскуляризации миокарда, однако риски, связанные с экстракорпоральной циркуляцией и пережатием аорты, способствовали развитию операций на работающем сердце (OPCAB). Основным техническим препятствием на этом пути долгое время оставалась невозможность безопасно вывести в операционное поле сосуды боковой и задней стенок сердца, поскольку их экспозиция требует значительного смещения продолжающего сокращаться органа. Отсутствие единых представлений о безопасных пределах такого смещения для разных коронарных бассейнов обусловливает необходимость систематизации накопленных литературных данных. Цель исследования – изучить литературные данные об анатомо-топографических особенностях экспозиции различных коронарных артерий при OPCAB, эволюции технических решений этой проблемы и их влиянии на техническую сложность вмешательства. Материал и методы. Проанализированы отечественные и зарубежные публикации 1961–2025 гг. из баз данных Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary.ru (РИНЦ) и Google Scholar. Результаты. Техническая сложность экспозиции коронарного бассейна нарастает по мере удаления целевого сосуда от передней поверхности сердца: от минимального подъёма для передней межжелудочковой артерии до выраженной ротации и подъёма верхушки для огибающей артерии и задней межжелудочковой ветви. Решение этой проблемы прошло путь от глубоких перикардиальных швов через вакуумные позиционеры к стандартизированным протоколам позиционирования. Заключение. Выбор способа экспозиции должен определяться не только визуализацией целевого сосуда, но и анатомической локализацией поражения, поскольку разные бассейны требуют принципиально разного объёма механического воздействия на сердце, а ни один из существующих технических приёмов не обладает универсальным преимуществом.*

Ключевые слова: *аортокоронарное шунтирование, OPCAB, экспозиция коронарных артерий, огибающая артерия, позиционирование сердца, перикардиальный шов.*