

ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ ПО МЕТОДИКЕ OPCAB

Рукоусев А., Мартенс С.

Метод коронарного шунтирования без остановки кровообращения сегодня является альтернативным методом по отношению к традиционной технике, особенно для пациентов старшего возраста и с высоким риском. Успешная работа с этим методом зависит от опыта хирурга, оперирующей группы и стандартизации всех этапов анестезиологической и хирургической помощи в периоперационном периоде. Эта статья описывает периоперационные особенности в нашем учреждении и наше видение роли и места OPCAB в лечении пациентов с коронарной болезнью сердца.

Российский кардиологический журнал 2015, 2 (118): 89–94
<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2015-02-89-94>

Ключевые слова: OPCAB, полностью артериальная реваскуляризация, Т-анастомоз.

Университетская больница г. Мюнстер, Германия.

Рукоусев А.* — MD, PhD, кардиохирург отделения кардиохирургии отдела кардиоторакальной хирургии, Мартенс С. — д.м.н., профессор, руководитель отделения кардиохирургии отдела кардиоторакальной хирургии.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
andreas.rukosujew@ukmuenster.de

ABC — активированное время свёртывания, АТФ — аденозинтрифосфат, АЧТВ — активированное частичное тромбопластиновое время, ВГА — внутренняя грудная артерия, ЗМЖВ — задняя межжелудочковая ветвь, ИК — искусственное кровообращение, КК-МВ — сердечный изофермент креатинкиназы, ЛВГА — левая внутренняя грудная артерия, ОА — огибающая артерия, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь, ТАР — тотальная артериальная реваскуляризация, ФВ — фракция выброса, ЭКГ — электрокардиография, OPCAB — Off-pump coronary artery bypass, ONCAB — On-pump coronary artery bypass.

Рукопись получена 15.01.2015

Рецензия получена 19.01.2015

Принята к публикации 26.01.2015

SURGICAL SPECIFICS OF OFF-PUMP MYOCARDIAL REVASCULARIZATION BY OPCAB METHOD

Rukosujew A., Martens S.

OPCAB (Off-pump coronary artery bypass) remains nowadays an alternative method to traditional on-pump technique of the myocardial revascularization especially in high-risk and elderly patients. A successful adoption of this technique depends on a surgeon's experience, a cooperative team and standardization of all steps in anesthesiological and surgical procedures in perioperative period. This article describes the perioperative policy adopted in our institution and our view on the role and place of OPCAB in the treatment of patients with coronary heart disease.

Russ J Cardiol 2015, 2 (118): 89–94

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2015-02-89-94>

Key Words: OPCAB, total arterial revascularization, T-graft anastomosis

Division of Cardiac Surgery, Department of Cardiothoracic Surgery, University Hospital Muenster, Muenster, Germany

Off-pump coronary artery bypass (OPCAB), как метод хирургического лечения ишемической болезни сердца при многососудистом поражении, стал широко применяться в конце 90-х годов и ныне является альтернативной техникой традиционным операциям на коронарных сосудах с использованием искусственного кровообращения (ИК). Хотя OPCAB выполняется через полную срединную стернотомию, последний относится всё же к минимально инвазивным вмешательствам и позволяет избежать или существенно снизить целый ряд осложнений, связанных с применением ИК, кардиоплегической остановкой сердца, манипуляциями на аорте [1-6].

Особенно выигрывают при использовании этой методики пожилые пациенты с диффузными атеросклеротическими изменениями аорты, периферических и сонных артерий, хроническими обструктивными заболеваниями легких, инсультом в анамнезе, почечной недостаточностью и сниженной фракцией выброса [7-9].

Определяющую роль в успехе операции играет сложная работа хирурга и анестезиолога, а также их

личный опыт и опыт всей операционной бригады с использованием отработанной, т.е. стандартизированной, оперативной техники.

Хотя техника OPCAB признана многими хирургами и используется практически во всех кардиохирургических клиниках, все же в мире только приблизительно 1/5 реваскуляризаций миокарда осуществляется без ИК [10].

Общие пре- и интраоперативные предпосылки

Ведение наркоза при операции по методике OPCAB направлено на раннюю экстубацию пациента на операционном столе. Для этого в нашей клинике используются препараты короткого действия, что позволяет предотвратить в первую очередь легочные осложнения и способствует ранней мобилизации пациента, особенно в пожилом возрасте. После индукции в наркоз всем пациентам устанавливают катетер Swan — Ganz, за исключением тех, у кого реваскуляризация ограничивается ареалом ПМЖВ и её диагональной ветви. В этом случае нет необходимости вывихивания сердца, провоцирующего нестабильность гемодинамики.

Высокую грудинную эпидуральную анестезию с использованием препарата bupivacain мы в нашей практике не используем, т.к. установка катетера связана с определенным риском развития эпидуральной гематомы. А все больные, которым планируется АКШ, принимают аспирин и нередко — в комбинации с препаратами clopidogrel или ticagrelor вплоть до дня операции. Терапия этими препаратами возобновляется с первого послеоперационного дня.

Анестезиолог является одновременно не только специалистом по ведению наркоза, но и чрезпищеводной эхокардиографии, менеджменту антикоагуляции и профилактики гемодинамической нестабильности при нарушении сердечного ритма.

Системная гипотермия ниже 34°C ведет к нарушению ритма и повышению риска кровотечения. Для поддержания нормальной температуры тела, пациента укладывают на матрас с воздушным подогревом (40–42°C), дополнительно укутывают прогретым одеялом еще при введении в наркоз, поднимают температуру в операционном зале и внутривенно вводимые растворы нагревают до 37°C.

Инициальная доза гепарина составляет 200 ЕД/кг веса. При этом АВС поддерживается в пределах 300–350 сек. Показатель АВС контролируется каждые 30 мин, при необходимости гепарин вводится болюсно по 250 — 3000 ЕД. Полная нейтрализация гепарина осуществляется всем пациентам введением протамина сульфата с учетом показателя АВС. У пациентов с выраженной диффузной кровоточивостью после операции при нормальных показателях АВС ниже 135 сек, проводится тестирование функции тромбоцитов (ROTEM[®], Multiplate[®]). Во время операции рутинно проводится аутотрансфузия крови с использованием системы Cell Saver[®].

Оперативная техника

Всем пациентам с многососудистым поражением выполняется полная срединная стернотомия. Левая ВГА выделяется экстраплеврально в скелетизированной форме. При тотальной артериальной реваскуляризации (ТАР) предпочитаем свободный скелетизированный трансплантат правой ВГА и как трансплантат второго выбора — скелетизированную лучевую артерию. Преимущество скелетизированной ВГА заключается в большей длине трансплантата, техническом упрощении наложения Т-образного и периферических анастомозов. Забор аутовенозных трансплантатов осуществляется через отдельные небольшие кожные разрезы с использованием стандартных инструментов. Это позволяет существенно снизить частоту послеоперационных раневых осложнений, особенно у больных с ожирением, диабетом или облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей (рис. 1 а–в). Для предупреждения спазма в просвет ВГА или лучевой артерии вводится кровяной раствор папаверина, и артерия укутывается затем

в салфетку, пропитанную этим же раствором. Перикард вскрывается Т-образно до верхушки сердца слева и в направлении нижней полой стенки правого желудочка и “крыши” левого предсердия.

Важным условием для выполнения вмешательства является правильная экспозиция сердца, которая, с одной стороны, обеспечивает доступ ко всем коронарным ветвям, а с другой — не приводит к развитию гемодинамической нестабильности. С этой целью перикардальные швы накладываются только с левой стороны. Уже это позволяет создать достаточный доступ к ПМЖВ без широкого вскрытия правой плевральной полости, ротации операционного стола и положения Тренделенбурга.

Экспозиция коронарных артерий латеральной и задней поверхностей сердца достигается наложением глубокого перикардального шва между левой нижней легочной веной и нижней полой веной, к которому с помощью турникета фиксируется салфетка. При подтягивании обоих концов салфетки, расположенных слева, сердце “опрокидывается” на правую сторону, открывая этим самым доступ к его латеральной поверхности.

Использование вакуумного стабилизирующего устройства — вакуумного колокола на верхушке сердца не всегда необходимо, но оправдано у пациентов с кардиомегалией, низкой фракцией выброса (ФВ), митральной недостаточностью, которая может увеличиться при “энуклеации” сердца без вакуумного колокола и привести к быстрой гемодинамической декомпенсации.

Использование стабилизаторов поверхности сердца в области наложения периферических анастомозов является обязательным приемом при выполнении OPCAB, обеспечивает неподвижность ареала реваскуляризации, растягивает миокард, открывая просвет коронарной артерии. Вакуумные стабилизаторы вместе с ретрактором создают единую устойчивую систему, облегчающую также ротацию сердца.

В отличие от коронарного шунтирования с ИК и кардиоплегической остановкой сердца (ONCAB), сначала накладываются центральные анастомозы с аортой или Т-образный анастомоз в случае ТАР. Эта последовательность имеет определенное обоснование. Во-первых, при наличии центрального или Т-образного анастомоза трансплантат постоянно заполнен кровью под системным давлением, что способствует его полному расправлению и предотвращает спазм кондуита. Во-вторых, сразу же после наложения первого периферического анастомоза улучшается кровоснабжение миокарда, снижается вероятность гемодинамической нестабильности, связанной с ишемией при манипуляциях на сердце. В связи с этим, в первую очередь выполняется реваскуляризация передней стенки сердца наложением анастомоза между ЛВГА и ПМЖВ, что требует мини-

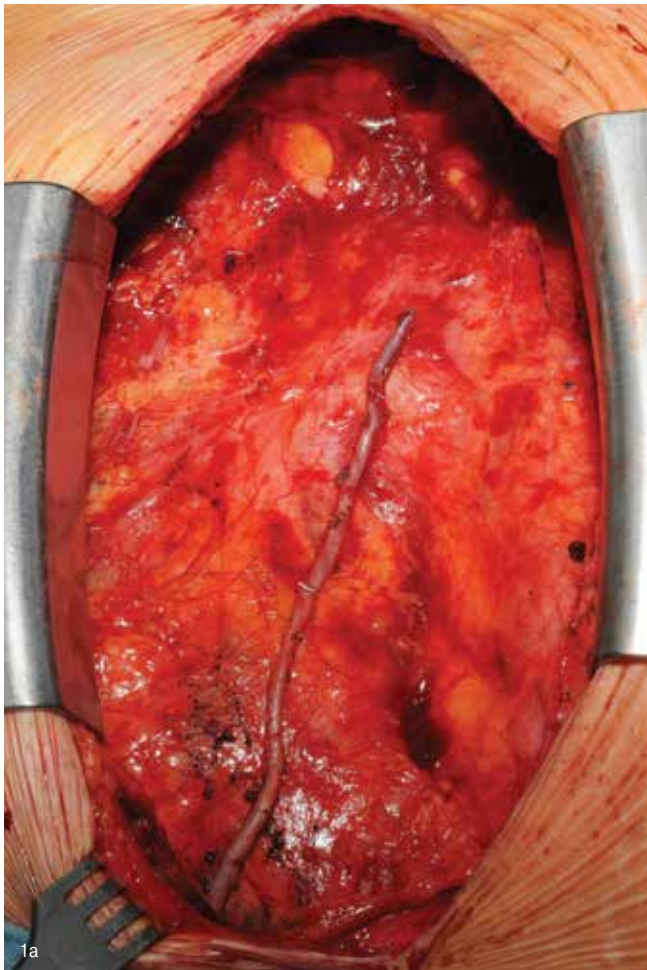


Рис. 1. Забор аутовенозных трансплантатов.
1а. Скелетизированная ЛВГА.
1б. Скелетизированная лучевая артерия.
1в. Аутовенозный трансплантат.

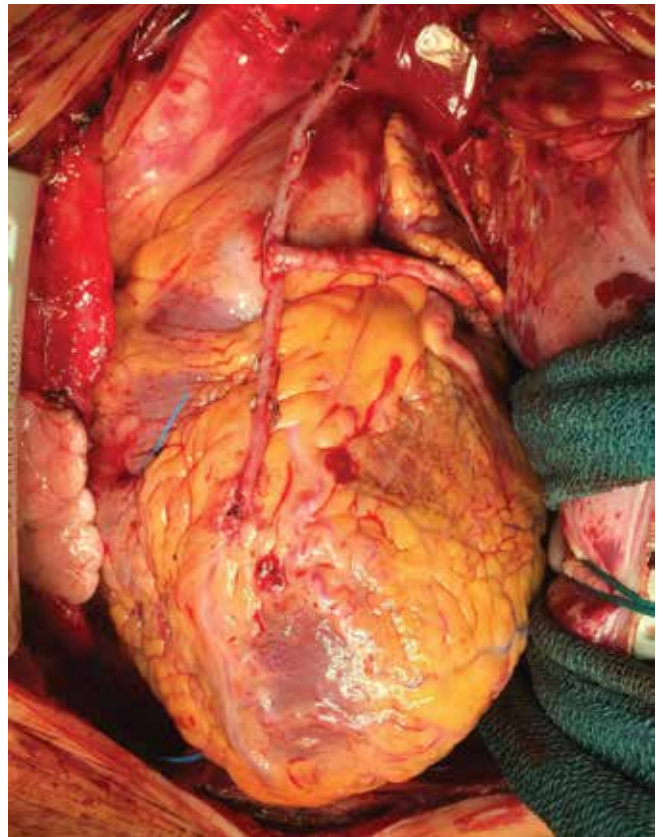


Рис. 2. Т-образный анастомоз, анастомоз ЛВГА с ПМЖВ.

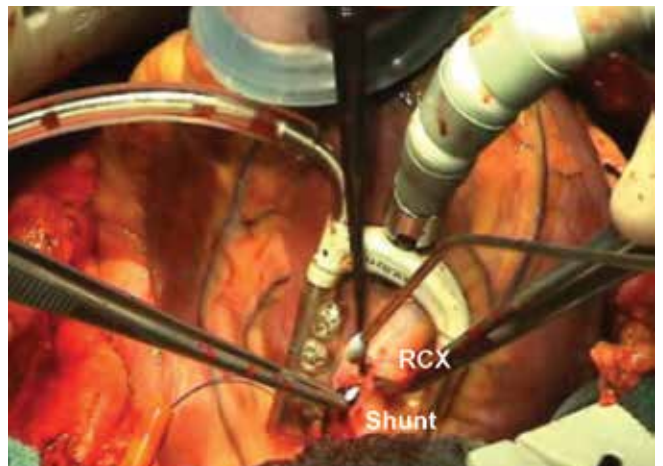


Рис. 3. Введение шунта в дистальную часть ОА.

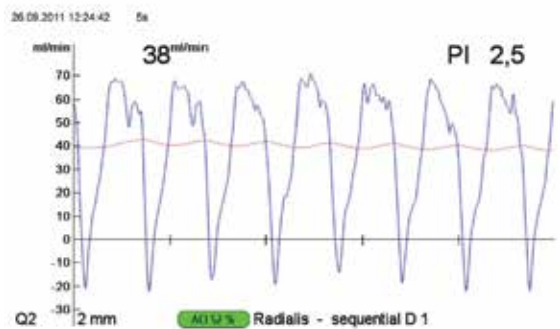


Рис. 4. Графическое изображение измерения кровотока в трансплантате.

мальных манипуляций без глубокого перикардального шва (рис. 2). При наложении секвенциальных анастомозов ЛВГА с ПМЖВ и ее проксимальной диагональной ветвью чаще всего требуется бóльшая экспозиция сердца, особенно при кардиомегалии. В этом случае сразу же накладывается глубокий перикардальный шов для ротации сердца.

В редких случаях, когда у пациентов единственной открытой коронарной артерией является ПМЖВ, следует начинать реваскуляризацию с огибающей артерии (ОА), а именно, с ее ближайшей к ПМЖВ ветви, при наложенном центральном или Т-образном анастомозе, т.к. во время окклюзии ПМЖВ при введении шунта уже высока вероятность в этом случае развития обширной ишемии миокарда и мерцания желудочков.

Создание сухого операционного поля является неотъемлемым условием для безукоризненного наложения анастомоза. С этой целью у всех пациентов используется внутрипросветный шунт и распылитель увлажненной газовой смеси. Шунт представляет собой гибкую силиконовую трубку размером 1-3 мм с рентгеноконтрастной головкой, которая связана с шунтом двойной нитью. Шунт позволяет не только поддерживать в сухости операционное поле, но и обеспечивает кровоток в коронарной артерии во время наложения анастомоза, чем позволяет избежать ишемического повреждения миокарда и риск аритмии с развитием гемодинамической нестабильности, упрощает само наложение анастомоза, т.к. “держит” открытым просвет сосуда, позволяет избежать прошивания его задней стенки. Для бескровного введения шунта проксимально накладывается турникетный шов нитью Prolene 4x0 с использованием фетровой прокладки, чтобы избежать прорезывания шва и повреждения коронарной артерии (рис. 3).

При реваскуляризации ОА и ее ветвей вакуумный колокол располагается слева от ПМЖВ, операционный стол ротируют к оперирующему хирургу и опускают в краниальном направлении для достижения положения Тренделенбурга. Для оптимизации минутного сердечного выброса проводят стимуляцию сердца с частотой 90 ударов в минуту. В области задней стенки чаще всего проводится реваскуляризация ЗМЖВ, как наиболее крупной ветви правой коронарной артерии (ПКА). Сердце находится в вертикальной позиции, операционный стол остается в среднем положении, но опрокинут краниально более глубоко, что благоприятно для гемодинамики и облегчает наложение анастомоза с ветвями ПКА. При реваскуляризации основного ствола ПКА вакуумный колокол располагается справа от ПМЖВ, левые перикардальные швы ослабляют для лучшей люксации сердца, и можно наложить правые перикардальные швы. От использования вакуумного колокола можно

отказаться, наложив слева и выше от ПКА шов-держалку Prolene 2x0, обеспечив, тем самым, хороший обзор, устранив нависание правого желудочка над стабилизатором.

Избежать ишемию миокарда во время ОРСАВ невозможно. Это обусловлено нефизиологическим положением сердца во время анастомозирования, окклюзией коронарных артерий для введения шунта. Поэтому использование инотропных препаратов в процессе реваскуляризации даже при низкой ФВ, на наш взгляд, играет отрицательную роль, усиливая расход АТФ в ишемическом миокарде и просто усложняет технически наложение анастомоза за счет усиления сокращений и подвижности стенки сердца.

У больных с низкой ФВ для стабилизации гемодинамики во время ОРСАВ рекомендуем использование интраортальной баллонной контрапульсации. При этом катетер вводится сразу же по окончании наложения центрального или Т-образного анастомозов.

Контроль качества наложенных анастомозов проводится у всех пациентов посредством измерения кровотока в трансплантатах. При показателе кровотока меньше 20 мл в минуту и индекса пульсатильности PI выше 5 показана ревизия анастомоза (рис. 4). Этому принципу мы следуем у всех пациентов, независимо от методики реваскуляризации, что, по данным литературы, позволяет статистически достоверно снизить частоту инфаркта миокарда и госпитальной летальности [11, 12].

Послеоперационное ведение

Пациентов, у которых экстубация по различным причинам в операционном зале невозможна, экстубируют в течение последующих 6-ти часов уже в условиях отделения интенсивной терапии. Особенностью ОРСАВ является то, что в течение вмешательства проводится интенсивная заместительная терапия для стабилизации гемодинамики. Поэтому в первую очередь ограничивается внутривенное введение растворов. Потребность в инотропной поддержке у пациентов, оперированных по технике ОРСАВ, ниже, чем у пациентов с ONCAV, в связи с чем нарастающая потребность в инотропной терапии рассматривается как проявление ишемии миокарда. Регулярный контроль уровня фракции КК-МВ и тропонина играет определяющую роль. При показателе тропонина более 15 нг/мл и изменениях ЭКГ, а также появлении нарушения ритма (вентрикулярная тахикардия, мерцание желудочков) показана коронарография с последующей ревизией анастомозов, если исследования подтверждают дисфункцию шунтов. При этом следует учитывать, что у пациентов, оперированных по технике ОРСАВ, первый показатель тропонина и КК-МВ наиболее высокий с последующей тенденцией его снижения и “нормализации”. Следует все-таки при клинически стабильном течении послеоперационного периода ориентироваться

на динамику изменений показателей, а не на их цифру.

У пациентов с ТАР и Т-образным анастомозом непосредственно в операционном зале проводится профилактика спазма с внутривенной аппликацией нитроглицерина 2 мг/час. С первого послеоперационного дня пациенты получают антагонисты кальция, например, амлодипин, 5 мг 2 раза в день. Адекватная болеутоляющая терапия является важной предпосылкой для ранней мобилизации и профилактики респираторных осложнений. С первого послеоперационного дня возобновляется предоперационная терапия бета-адреноблокаторами, проводится аппликация диуретиков, т.к. пациенты на 3-5 кг тяжелее в следствие переливания растворов во время ОРСАВ. К послеоперационной терапии также относятся холестеринснижающие субстанции (Statins, Ezetimib).

Протокол послеоперационной антикоагулянтной терапии

При отсутствии признаков послеоперационного кровотечения в первые часы после ОРСАВ начинают внутривенное введение гепарина с показателем АЧТВ 50–60 секунд. С первого послеоперационного дня назначается 100 мг аспирина в день. У пациентов с ТАР и Т-образным анастомозом дополнительно назначается Clopidogrel 75 мг в день в течение последующих 3-х месяцев. После перевода пациента в хирургическое отделение нефракционированный гепарин заменяется на низкомолекулярный гепарин, адаптированный к весу больного.

Осложнения во время ОРСАВ

Во время оперативного вмешательства по методике ОРСАВ могут развиваться осложнения, характерные только для этой методики, а именно: гемодинамическая нестабильность, нарушения ритма, проявляющиеся желудочковой тахикардией или мерцанием желудочков, что делает необходимым экстренное подключение ИК. Такие ситуации представляют опасные для жизни пациента осложнения, особенно если они возникают в момент наложения периферического анастомоза. Наиболее частой причиной является обструкция выходного отдела правого желудочка вследствие вертикального смещения сердца с чрезмерной ротацией правого тонкостенного желудочка, особенно при кардиомегалии. Это приводит к снижению минутного сердечного выброса и, следовательно, падению артериального давления, глобальной ишемии миокарда с нарушением ритма. Также возникшая вследствие ротации недостаточность митрального клапана или усиление уже ранее существующей, может привести к резкому повышению давления в малом круге кровообращения и опять же к обильному падению системного давления. Если, несмотря на коррекцию положения сердца, не наступает улучшение гемодинамики, следует опустить сердце в его

естественное положение, даже не завершив наложение анастомоза. Обычно через короткое время наступает стабилизация гемодинамики. Повторная постепенная вертикализация сердца хорошо переносится в этих условиях. Когда же нормализация гемодинамики происходит медленно или вообще не наступает, следует немедленно подключить ИК и не испытывать судьбу болюсным введением вазопрессоров, что только усиливает возникшее ишемическое повреждение миокарда.

Основание для подключения ИК, т.е. конверсии техники ОРСАВ в технику ОНСАВ, является в первую очередь кардиомегалия, технически сложная реваскуляризация боковой стенки левого желудочка, интрамуральная локализация коронарных сосудов, ярко выраженное ожирение сердца и – в некоторых случаях – неожиданный распространенный кальциноз коронарной стенки. В этих случаях разумно альтернативно проводить реваскуляризацию миокарда по методике “beating heart”, подразумевающей подключение ИК без кардиоплегической остановки сердца.

В целом, селекция пациентов для ОРСАВ позволяет, на наш взгляд, свести практически на “нет” экстренную конверсию. В то же время, хирург не должен в любом случае стараться провести реваскуляризацию по методике ОРСАВ, по сути дела, во вред пациенту, если даже так и было запланировано. Это ставит, во-первых, под угрозу жизнь пациента, резко повышает вероятность осложнений, связанных с коллапсом кровообращения, и, в конечном итоге, дискредитирует саму методику.

Заключение

Метод ОРСАВ был разработан и внедрен в практику с целью предупреждения осложнений, связанных с ИК и манипуляциями на аорте. Всем этим требованиям отвечает только техника ТАР, с использованием Т- или Y-образного анастомоза. Поэтому, даже если реваскуляризация миокарда и проведена без ИК, но производилось боковое отжатие аорты для наложения центрального венозного или артериального анастомоза, нельзя, на наш взгляд, говорить о каких-либо кардинальных отличиях ОРСАВ и ОНСАВ в отношении предупреждения осложнений. Даже использование систем автоматического наложения венозно-аортального анастомоза не исключает манипуляции на восходящей аорте, а следовательно, и эмболии при диффузном кальцинозе ее стенки. В 2013 году были опубликованы результаты проспективного рандомизированного исследования GORCABE, в котором участвовали 12 кардиохирургических центров Германии. В исследование были включены пациенты в возрасте 75 лет и старше, у которых выполняли АКШ по методике ОРСАВ и ОНСАВ с контролем результатов через 30 дней после вмешательства и 12 месяцев спустя.

Исследование не выявило преимуществ техники OPCAB по сравнению с техникой ONCAB в отношении послеоперационной летальности, частоты инсульта, инфаркта миокарда и новых случаев диализа. Данные о повторной реваскуляризации показали в целом малое число таких случаев в обеих группах, хотя и с преобладанием в группе OPCAB [13]. Отсутствие каких-либо преимуществ OPCAB перед ONCAB у пациентов с высоким риском, пожилых пациентов, а также пациентов с почечной недостаточностью, привело в отдельных клиниках к последовательному отказу от использования этой методики [14].

Качество анастомоза и проходимость шунтов являются главным критерием эффективности той или иной методики реваскуляризации миокарда. Для кардиологов, направляющих пациентов в кардиохирургические клиники, определяющим является не снижение стоимости хирургического лечения и сокращение длительности госпитализации и даже не снижение частоты переходящих послеоперационных психозов, а только эффективное и длительное функционирование шунтов, т.е. то, что остается единственным преимуществом оперативной реваскуляризации перед стентированием коронарных сосудов. Коронарное шунтирование

по методике OPCAB, безусловно, имеет право на широкое применение в хирургической практике, в то же время последнее не является операцией выбора для “среднестатистического” кардиохирурга, т.к. наложение качественного периферического анастомоза на работающем сердце при множественном шунтировании все-таки удел высококвалифицированных опытных хирургов. При последовательном применении TAP с наложением T-образного анастомоза удается в действительности использовать преимущества этой методики, т.е. исключить манипуляции на аорте и возможные осложнения, связанные с ИК. Следует заметить, что за последние 10-15 лет сильно изменился контингент больных с ишемической болезнью сердца. Это более пожилые пациенты с серьезными сопутствующими заболеваниями, у немалой части которых в анамнезе неоднократные стентирования коронарных сосудов. Нередко у таких пациентов наблюдается распространенный кальциноз коронарных сосудов, затрудняющий использование внутрисосудистого шунта, низкая ФВ и кардиомегалия. Это, по сути, ограничивает использование OPCAB и оставляет довольно значительный контингент больных для реваскуляризации миокарда в условиях ИК.

Литература

1. Bokeria LA, Berishvili II, Sigaev IV. Minimally invasive myocardial revascularization. SPb.: Isdatel'stvo BSCCS RAMS Moscow; 2001. p. 276. Russian. (Бокерия ЛА, Беришвили ИИ, Сигаев ИВ. Минимально инвазивная реваскуляризация миокарда. СПб. Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН; 2001, с. 274).
2. Martens S, Dietrich M, Herzog C, et al. Automatic connector devices for proximal anastomoses do not decrease embolic debris compared with conventional anastomoses in CABG. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; 25(6):993-1000.
3. Sergeant P, Wouters P, Meyns B, et al. OPCAB versus early mortality and morbidity: an issue between clinical relevance and statistical significance. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;25(5):779-85.
4. Buffolo E, Branco JN, Gerola LR, et al. Off-pump myocardial revascularization: critical analysis of 23 years' experience in 3,866 patients. *Ann Thorac Surg* 2006;81(1):85-9.
5. Rukosujew A, Klotz S, Reitz C, et al. Patients and complication with off-pump vs. on-pump cardiac surgery — a single surgeon experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2007 Dec;6(6):768-71.
6. Khobulava GG, Shikhverdiev NN, Payvin AA, et al. Off-pump coronary artery bypass surgery. In: *Myocardial preservation in cardiac surgery*. SPb.:Isdatel'stvo Diton St.-Petersburg; 2013: 38-40. Russian. (Хубулава ГГ, Шихвердиев НН, Пайвин АА. Off-pump коронарное шунтирование. В. Сохранение миокарда в кардиохирургии. СПб. Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН; 2013: 38-40).
7. Keeling WB, Williams ML, Slaughter MS, et al. Off-pump and on-pump coronary revascularization in patients with low ejection fraction: a report from the society of thoracic surgeons national database *Ann Thorac Surg*. 2013;96(1):83-8.
8. Falk V. Stay off-pump and do not touch the aorta! *Eur Heart J*. 2010 Feb;31(3):278-80.
9. Tatoulis J. Giant leaps in surgical myocardial revascularisation. *Heart Lung Circ*. 2011 Mar;20(3):149-56.
10. Polomsky M, Puskas JD. Off-pump coronary artery bypass grafting — the current state *Circ J*. 2012;76(4):784-90.
11. Herman C, Sullivan JA, Buth K, et al. Intraoperative graft flow measurements during coronary artery bypass surgery predict in-hospital outcomes. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008;7(4):582-5.
12. Becit N, Erkut B, Ceviz M, et al. The impact of intraoperative transit time flow measurement on the results of on-pump coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;32(2):313-8.
13. Diegeler A, Börgemann J, Kappert U, et al. Off-pump versus on-pump coronary-artery bypass grafting in elderly patients. *N Engl J Med*. 2013 Jul 11;369(2):196-7.
14. Boening A. Kritische Reflexionen zur “Off-pump“-Chirurgie. *Z Herz-Thorax-Gefäßschir*. 2014;28;19-20.