

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ АРТЕРИИ В КОРОНАРНОЙ ХИРУРГИИ У ПАЦИЕНТОВ С МНОГОСОСУДИСТЫМ ПОРАЖЕНИЕМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

¹Лазута С. С. (*orion_serg@mail.ru*), ²Островский Ю. П. (*info@cardio.by*),

¹Янушко А. В. (*yanushkoa@mail.ru*), ¹Хлусевич В. М.

¹УЗ «Гродненский областной клинический кардиологический центр», Гродно, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Беларусь

Цель. Проанализировать литературные данные о способах и методах использования лучевой артерии в качестве артериального графта для операций коронарного шунтирования у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий.

Результаты. Рассмотрены и проанализированы имеющиеся литературные данные о способах и методах артериальной реваскуляризации с использованием лучевой артерии у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий.

Выводы. Полная артериальная реваскуляризация с применением лучевой артерии у пациентов с многососудистым поражением коронарного русла является перспективным направлением коронарной хирургии и позволяет достигнуть лучших долгосрочных результатов.

Ключевые слова: лучевая артерия, коронарное шунтирование, артериальная реваскуляризация, прогноз.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания прочно занимают ведущее место в структуре смертности населения большинства экономически развитых стран мира. В странах СНГ показатели заболеваемости и смертности от различных проявлений атеросклероза – одни из самых высоких. По данным Статистического бюллетеня мирового здоровья, смертность от одной коронарной болезни сердца превышает смертность от всех видов неопластических заболеваний (соответственно, 21,7 и 20,8%). Добиться длительного положительного эффекта, устранить или существенно уменьшить клинические проявления ИБС стало возможным после внедрения в практику операций коронарного шунтирования (КШ), которые стали эффективным способом лечения данного заболевания [1, 2].

Долгое время наибольшее распространение имела операция с использованием в качестве кондуитов большой подкожной вены. Операция аортокоронарного шунтирования с использованием большой подкожной вены была предложена в 1967 г. хирургами R. Favaloro и D. Effler из Кливлендской клиники. Эта операция получила быстрое распространение и уже через 20 лет стала наиболее часто выполняемым хирургическим вмешательством в США и Канаде [3].

Результаты операции превзошли все ожидания: исчезают боли в сердце, предотвращается развитие инфаркта миокарда, восстанавливается работоспособность пациентов, отпадает необходимость в приёме сильнодействующих медикаментов. Однако, несмотря на общую оптимистическую оценку результатов аутовенозного аортокоронарного шунтирования, рецидив стенокардии, обусловленный нарушением функции венозных шунтов, отмечает большой процент пациентов в отдаленном послеоперационном периоде [4, 5, 6].

Отсутствие эффективных методов коррекции изменений, развивающихся с течением времени

в венозных шунтах, и невозможность использования у некоторых пациентов вен нижних конечностей в качестве кондуитов способствовали росту интереса к аутоартериальной реваскуляризации миокарда [7].

"Золотой стандарт" коронарной хирургии

В современном мире аортокоронарное шунтирование (АКШ) остается «золотым стандартом» для лечения пациентов с мультифокальным поражением коронарных артерий [5].

Цель операции шунтирования коронарных артерий заключается в том, чтобы максимизировать долгосрочную выживаемость, облегчить симптомы, обеспечить экономическую выгоду как для пациентов, так и для общества.

Многочисленные данные показывают, что использование внутренней грудной артерии (ВГА) при операциях коронарного шунтирования по сравнению с подкожной веной улучшает выживаемость и качество жизни прооперированных пациентов [8, 9].

Кроме того, многочисленные исследования показывают, что использование обеих ВГА улучшает долгосрочную выживаемость. Вместе с тем большая техническая сложность, повышенный риск осложнений стерильной раны, связанных с трансплантацией обеих ВГА, особенно у женщин с диабетом и ожирением, объясняет низкий процент использования данной методики. Предполагалось, что свойствами ВГА обладают и другие артерии [10, 11].

Лучевая артерия (ЛА) была первоначально исследована в 1970-х гг., но с неутешительными результатами. Однако после пересмотра техники забора с использованием сосудорасширяющих средств повторные исследования показали хорошие результаты. ЛА, благодаря своей длине, свойствам, простоте забора, стала хорошей альтернативой подкожной вене. Несмотря на более высокий риск развития атеросклероза, гиперплазии интимы, кальцификации и спазма, по сравнению с ВГА обсервационные исследо-

вания продемонстрировали лучшие показатели проходимости ЛА через 4 года по сравнению с подкожной веной [4, 12, 13].

В последние годы техника АКШ существенно не изменилась. Использование только одной ВГА, или ВГА в сочетании с подкожной веной остается популярной стратегией хирургической реваскуляризации миокарда. Однако целесообразность использования альтернативного второго трансплантата интенсивно обсуждается. Во многом это связано с тем, что подкожная вена демонстрирует ограниченную проходимость в долгосрочной перспективе с частотой окклюзии до 50% через 10 лет [14].

Проблемы функционирования и факторы, влияющие на проходимость аутовенозных шунтов

Причинами рецидива стенокардии после операций аутовенозного коронарного шунтирования являются стенозы или тромбозы шунтов; прогрессирование атеросклероза в собственных артериях. К концу первых десяти лет после хирургического вмешательства более 50% аутовенозных шунтов становятся непроходимыми, а из функционирующих большая часть имеет ангиографические признаки стеноза, ограничивающего кровотоки по ним. В последнее время все чаще появляются работы, свидетельствующие о серьёзных изменениях, которым подвергаются венозные трансплантаты. Нарушение функций венозных трансплантатов в послеоперационном периоде многочисленны и во многом определяются их анатомо-гемодинамическими и гистоморфологическими свойствами [15, 16].

Проблема причины, диагностики и мер профилактики тромбоза шунтов после КШ до сих пор остаётся нерешённой. Возникновение тромбоза венозных шунтов в течение первого года после операции наблюдается у 25-30% пациентов. По мнению ряда авторов, результаты КШ во многом определяют функциональным состоянием участка аорта-трансплантат-коронарная артерия. При этом считается, что закрытие венозных аортокоронарных шунтов (вследствие технических ошибок) наблюдается в ближайшее время после операции и оказывает значительное влияние на частоту развития послеоперационного инфаркта миокарда [14].

При создании анастомоза на аорте имеет значение соответствие размеров отверстий в аорте и соединяемом конце венозного трансплантата. Если отверстие в аорте большое, венозный конец будет распластан над ним, прикрывая его и затрудняя отток крови из аорты в трансплантат через анастомоз. При малом отверстии в аорте излишек венозной стенки собирается в складки, создавая неблагоприятные гемодинамические условия и трудности в герметизации шва. Частая техническая ошибка, приводящая к тромбозу шунта, – это сужение или ушивание дистального анастомоза [1].

Одной из причин тромбоза шунта может быть несоответствие диаметров просвета трансплантата и коронарной артерии. Создавая соустье

между аортой и коронарной артерией, большое значение придается выбору места для его формирования. Считается, что не следует стремиться наложить анастомоз как можно проксимальнее. Это может привести к трудностям в наложении артерии, ошибочному выделению вены, наложению анастомоза в области изменённой стенки артерии [17]. Как правило, выбирают место для анастомоза на коронарной артерии там, где она наиболее поверхностно лежит к стенке сердца. Наложение дистальных анастомозов на атеросклеротически изменённую стенку коронарной артерии, в области распадающейся атеросклеротической бляшки или выше её, считают причиной тромбоза шунта. Длина трансплантата также влияет на гемодинамические свойства шунта и может быть причиной возникновения механического препятствия кровотоку. При коротком трансплантате, помимо нежелательного натяжения, происходит деформация анастомозов на аорте и коронарной артерии. Излишняя длина трансплантата может привести к его перегибу. Постоянная травматизация шунта в одном и том же месте из-за его перегиба в конечном итоге приводит к тромбозу в ближайшее время или резкому стенозу и окклюзии [1, 18].

Хранение аутовенозного трансплантата перед его подшиванием в гепаринизированном растворе приводит к укорочению трансплантата на 20% за счёт его спазмирования. Однако под воздействием протекающей тёплой крови трансплантат приобретает свою первоначальную длину. Это положение часто не учитывается и может стать причиной чрезмерной длины, а вследствие этого – причиной тромбоза шунта. Более редкой причиной тромбоза шунта может быть его перекрут по оси. Сужение просвета и деформация шунта вследствие перевязки его боковых ветвей способствует повышенной турбулентности крови и тромбообразованию. Образование тромбов в раннем послеоперационном периоде может быть вызвано нарушением целостности эндотелиального слоя трансплантата и наличием коллагеновых волокон в базальной мембране, отложением muralного тромба, вследствие применения травматических методов обработки аутовены и неправильных условий хранения. Вследствие травмирования вены при выделении и подготовке к имплантации, зачастую только микроскопического, происходят значительные изменения в её морфологическом состоянии: межклеточный отёк, слущивание эндотелия, кровоизлияния, скопления лейкоцитов, агрегация эритроцитов и образование микротромбов. Травмированные участки стенки шунта и агрегаты клеток крови в последующем становятся очагами тромбообразования. Этот комплекс изменений описан как реактивный тромбоцитоз, большинством авторов он рассматривается как основная причина ранних тромбозов шунтов [17, 19, 20].

Лимитирующим фактором длительного функционирования венозных трансплантатов является реакция венозной стенки на её имплантацию в артериальную циркуляцию. Под воз-

действием системного кровотока изменяются все слои венозной стенки: равномерно гипертрофируется мышечная оболочка, утрачивает свою складчатость эндотелий, приближаясь по строению к эндотелию артерии, происходит фиброзная пролиферация интимы без образования мурального тромба [21].

Установлено, что определенные изменения могут существовать в венах еще до их выделения, забора, подготовки к имплантации в артериальную циркуляцию. По данным многих исследований, строение стенки вен значительно более вариабельно, чем артериальных кондуитов. Оно изменяется от сосуда к сосуду и даже на протяжении одного сосуда. Известно, что 15-30% вен непригодны для использования в качестве шунтирующего материала из-за рассыпного типа строения, малых размеров, перенесенного тромбофлебита или старческого истончения стенок с фокальным либо диффузным варикозным их изменением. В развитии раннего тромбоза шунта могут играть определенную роль также клапаны аутовены. При аномалии створок или их деформации воспалительным процессом створки клапана могут полностью не раскрыться и создавать условия для повышенной турбулентности крови и тромбообразования [1, 2].

Следует отметить, что у пациентов с ишемической болезнью сердца в сочетании с поражением сосудов нижних конечностей проблематичен забор трансплантата по ряду причин. В подкожных венах у пациентов с выраженной ишемией нижних конечностей выявляются специфические изменения, ограничивающие их использование для реваскуляризации миокарда; большую подкожную вену желательно сохранить для последующих реконструктивных операций на артериях нижних конечностей [22].

Особенности использования лучевой артерии для реваскуляризации миокарда

Исходя из изложенного, вполне понятно, что проблема аутовенозного трансплантата на современном этапе продолжает оставаться в центре многочисленных научных дискуссий, все это способствовало росту интереса к аутоартериальной реваскуляризации миокарда.

В связи с этим появился интерес к использованию альтернативного трансплантата – лучевой артерии. Лучевая артерия относится к артериям мышечного типа. Интима ЛА представлена одним слоем эндотелиальных клеток. Средняя оболочка артерии занимает 3/4 толщины её стенки и состоит из хорошо развитых строго циркулярных пучков мышечных волокон. Адвентиция ЛА представлена рыхлой соединительной тканью с большим количеством *vasa vasorum*, которые проникают в толщу меди. Внутренний диаметр ЛА часто соответствует диаметру КА в зоне шунтирования, что оптимизирует кровоток. Плотнo-эластичная структура стенки ЛА выгодно отличает её от ВГА, не расслаивается, что позволяет быстро сформировать адекватный анастомоз [18, 23].

Использование второго артериального транс-

плантата, такого как ЛА, особенно в систему левой коронарной артерии, постепенно становится более популярным в течение последнего десятилетия. Этому способствовали рандомизированные исследования, которые показали, что ЛА проявляет, по крайней мере, сопоставимую, если не более высокую проходимость по сравнению с подкожной веной. Реперации с использованием артериальных трансплантатов также оказались более безопасными и выполнимыми [1, 3, 18, 23-26].

Однако имеются противоречивые мнения относительно техники наилучшего использования трансплантата ЛА. Существуют проблемы, связанные с вазоспазмом и атеросклерозом трансплантата ЛА. Основной причиной предрасположенности к вазоспазму ЛА является относительно толстый слой гладкомышечных клеток. Выделение и забор ЛА также имеет свои особенности. При заборе следует избегать её чрезмерного механического или гидростатического расширения. Антиспастическая терапия играет важную роль при использовании ЛА, т. к. только применение антагонистов кальция позволило вновь использовать ЛА в коронарной хирургии. Были предложены различные антиспастические агенты. Папаверин и нитраты, давно снижавшие популярность, по-прежнему широко используются. Использование антагониста кальция "реабилитировало" ЛА. Внутривенное введение антагонистов кальция применяется для предотвращения спазма шунтов из ЛА многими хирургами. Склонность ЛА к спазму была значительно уменьшена с использованием разных групп фармакологических препаратов, включая ингибиторы калиевых каналов, папаверин, ингибиторы фосфодиэстеразы, смеси верапамила и нитроглицерина, или верапамила и папаверина. Из-за вазомоторных особенностей антиспастическая модуляция шунта ЛА в раннем послеоперационном периоде – принудительная мера [16, 20, 27-29].

Дискутируются также проблемы проксимального анастомозирования ЛА. ЛА может быть анастомозирована либо непосредственно в аорту (свободный трансплантат), либо к ВГА для создания композитного трансплантата (Т- или Y-трансплантат). Концепции оптимального анастомозирования интенсивно обсуждаются, хотя оба подхода формирования анастомозов приводят к аналогичным долгосрочным результатам. Многие хирурги воздерживаются от проведения коронарной реваскуляризации с одним композитным Т-трансплантатом только потому, что боятся его более низкой отдаленной проходимости по сравнению с несколькими сингулярными трансплантатами [30].

У пациентов со значительным кальцинированием восходящей аорты Т-трансплантат может уменьшить вероятность развития неврологических событий (не требуется дополнительного манипулирования с аортой). Использование ЛА в качестве Т-трансплантата позволяет увеличить длину трансплантата ЛА и обычно является достаточным для наложения нескольких анастомо-

зов. Потенциальным недостатком композитных трансплантатов остается то, что перфузия зависит от одного притока [22, 31].

В последние два десятилетия появились убедительные данные о том, что множественная артериальная реваскуляризация оказывается более эффективной по сравнению с традиционной АКШ, которая в настоящее время используется более чем у 90% пациентов [18, 32, 33].

Использование артериальных трансплантатов ЛА улучшают долгосрочную выживаемость после многососудистого шунтирования коронарных артерий [6, 7, 18].

Известно, что при использовании артерий можно достичь хороших отдаленных результатов. Однако единодушного мнения, как наилучшим способом их применить, пока не сформировано. При всей скрупулезности исследований, посвященных разным аспектам использования свободных артериальных кондуитов, их сопоставлений, в зарубежной литературе мало. В отечественной литературе эти данные и вовсе отсутствуют.

Оказалось, что артериальные трансплантаты различны по своим биологическим характеристикам. Этим и обусловлены различия их функционирования в послеоперационном и отдаленных периодах. С помощью гистологических исследований выявлены значительные различия между артериями, используемыми при операциях коронарного шунтирования, с точки зрения состояния гладкой мускулатуры и интимы. Сравнительные функциональные исследования продемонстрировали различия в артериальных кондуитах по склонности к спазму и функции эндотелия. Эти различия являются анатомической и физиологической базой расходящихся клинических результатов использования артерий и объясняют возможные отклонения в послеоперационной функции шунтов [34].

Таким образом, вышеприведенные данные показывают, что не только вены и артерии имеют существенные различия в своих анатомических, гемодинамических и морфометрических характеристиках. Используемые в коронарной хирургии артериальные трансплантаты являются биологически разными. Клинический выбор материала должен основываться на анализе общего состояния пациента, биологических характеристиках артерии, анатомии коронарного сосуда, сопоставлении диаметров венечной артерии и трансплантата [35].

Низкая степень стеноза целевой артерии при проксимальном поражении является основной причиной возникновения конкурентного кровотока, наличие которого значительно снижает продолжительность функционирования шунтов. При стенозе коронарной артерии менее 60% шунтов подвергаются окклюзии в 4 раза чаще. Наиболее уязвима ЛА: ее проходимость заметно снижается, если стеноз шунтируемой артерии составляет менее 70%. Это может быть связано с наличием толстого гладкомышечного слоя и плохой функцией эндотелия в ЛА [2, 22, 35].

Сравнительные данные артериальных конду-

итов, используемых в реваскуляризации миокарда, показали, что ЛА ненамного более склонна к атеросклерозу, чем ВГА [16, 36].

Склонность к атеросклерозу обычно не вредит потоку крови по ЛА из-за её относительно большого диаметра. Благодаря лучшему пониманию физиологии артерий и способности управлять мышечным тонусом шунта ЛА, удалось получить хорошие ранние результаты. По данным ряда авторов, ранняя проходимость шунта ЛА составила 98%. Через 5 лет хорошее функционирование шунта отмечено у 83% пациентов [26, 37].

Некоторые авторы считают, что развития гиперплазии интимы в шунте можно избежать, забирая ЛА вместе с сопутствующими венами и со всеми мерами предосторожности: аккуратным манипулированием, исключением насильственного раздувания кондуита. Мягкая обработка может уменьшить выраженность спазма, но нет подтверждения, что спазма можно полностью избежать лишь путем применения “нежной” техники без фармакологической поддержки, в связи с этим применяют специальные растворы с содержанием антогонистов кальция при заборе ЛА [20, 26].

Все больше авторов представляют данные о целесообразности полной артериальной реваскуляризации миокарда, без применения аутовенозных трансплантатов. Так, в настоящий момент в некоторых кардиохирургических центрах чистая артериальная реваскуляризация миокарда выполняется в 30-50% случаев от общего числа операций АКШ [38].

Необходимо также учесть тенденцию современной кардиохирургии к увеличению числа повторных операций на коронарных артериях, одной из важных проблем которой является рациональное использование артериальных трансплантатов. В связи этим хирурги все чаще применяют композитное шунтирование [25, 31].

Несомненно, ЛА имеет много анатомических, хирургических и гистологических преимуществ по сравнению с другими кондуитами, хотя по биологическим характеристикам уступает ВГА. У пациентов с ИБС применение артериальной реваскуляризации с использованием ЛА при КШ приводит к снижению летальности, а в отдаленном послеоперационном периоде позволяет улучшить показатели выживаемости и качество жизни. Особенно это касается пациентов с сопутствующей патологией. Нарушение обменных процессов при сахарном диабете (СД) оказывает влияние на состояние сосудов пациента. У пациентов с диабетом БПВ имеет изменения всех слоев сосудистой стенки, а ЛА, как установили Choudhary et al., имеет нарушенную функцию эндотелия и более склонна к вазоспазму по сравнению с пациентами без СД. Однако в исследовании RAPS была оценена проходимость ЛА и БПВ у пациентов с СД. Среди пациентов с диабетом частота окклюзии через 7 лет после операции шунтирования была значительно ниже в трансплантатах ЛА (4,8% в ЛА и 25,3% в БПВ). Диабет при этом был значимым

предиктором окклюзии всех шунтов. Полная артериальная реваскуляризация стала особо популярной среди хирургов, оперирующих на работающем сердце, а также применяющих технику «no-touch aorta». Л. А. Бокерия и соавт. сравнили результаты АКШ с использованием полной артериальной реваскуляризации (ВГА + ЛА) с процедурой «ВГА + вены» у пациентов с двух- и трехсосудистым поражением коронарных артерий и выявили лучшие показатели отдаленной выживаемости при использовании только артериальных кондуитов [19, 22, 39].

В 2009 г. началось клиническое рандомизированное исследование CARRPO по сравнению полной артериальной реваскуляризации и традиционного АКШ с использованием венозных трансплантатов. Первые результаты показали, что через год после операции ангиографические и клинические данные идентичны. Это позволило авторам сделать заключение, что полностью артериальное шунтирование так же безопасно и эффективно, как и обычное АКШ [9, 26-28, 40-42].

Европейское общество кардиологов и Европейская ассоциация кардио-торакальной хирургии предлагают максимальное использование артериальных трансплантатов для АКШ. Однако применение артериальных трансплантатов не представляется возможным для всех пациентов [28, 43]. Тем не менее, на сегодняшний день

подкожная вена остается наиболее часто используемым трансплантатом в дополнение к ВГА [2].

Выводы

В настоящее время нет исчерпывающих данных о преимуществах того или иного кондуита. Тем не менее, анализ литературы показывает, что предпочтение следует отдавать артериальным трансплантатам, так как именно при их использовании достигаются лучшие долгосрочные результаты операции коронарного шунтирования. В связи с этим полная артериальная реваскуляризация с применением ЛА у пациентов с многососудистым поражением коронарного русла является перспективным направлением коронарной хирургии, а разработка стратегии и методик ее обеспечения – актуальной задачей. В этом отношении изучение результатов шунтирования представляет особенный интерес, поскольку число артериальных кондуитов ограничено. Однако в конечном счете все определяется конкретной клинической ситуацией, выбор же идеального трансплантата, способного обеспечить хорошие ближайшие и отдаленные результаты, по-прежнему остается сложной задачей и полностью зависит от знаний хирурга и его умения проанализировать весь накопленный опыт, принять максимально взвешенное, обоснованное и единственно верное решение.

Литература

1. Radial Artery Versus Saphenous Vein Patency Trial Investigators. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up / P. Collins [et al.] // *Circulation*. – 2008. – Vol. 117, № 22. – P. 2859-2864. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736215.
2. Littlefield, J. B. Experimental left coronary artery perfusion through an aortotomy during cardiopulmonary bypass / J. B. Littlefield, E. M. Lowicki, W. Jr. Muller // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1960. – Vol. 40. – P. 685-691.
3. Are all forms of total arterial revascularization equal? A comparison of single versus bilateral internal thoracic artery grafting strategies / W. Y. Shi [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2015. – Vol. 150, № 6. – P. 1526-1534. – doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.05.074.
4. Angiographic outcomes of radial artery versus saphenous vein in coronary artery bypass graft surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials / C. Cao [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2013. – Vol. 146, № 2. – P. 255-261. – doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.014.
5. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial / F. Mohr [et al.] // *Lancet*. – 2013. – Vol. 381, № 9867. – P. 629-638. – doi: 10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
6. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study) / S. Deb [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2012. – Vol. 60, № 1. – P. 28-35. – doi: 10.1016/j.jacc.2012.03.037.
7. Total arterial revascularization with internal thoracic and radial artery grafts in triple-vessel coronary artery disease is associated with improved survival / B. F. Buxton [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2014. – Vol. 148, № 1. – P. 1238-1244. – doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.06.056.
8. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events / F. Loop [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 1986. – Vol. 314, iss. 1. – P. 1-6. – doi:10.1056/NEJM198601023140101.
9. Surgical treatment of isolated left anterior descending coronary stenosis. Comparison of left internal mammary artery and venous autograft at 18 to 20 years of follow-up / M. Boylan [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1994. – Vol. 107, № 3. – P. 657-662.
10. Effect of bilateral internal mammary artery grafts on long-term survival: a meta-analysis approach / Y. Shine [et al.] // *Circulation*. – 2014. – Vol. 130, № 7. – P. 539-544. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.004255.
11. Prevalence and variability of internal mammary artery graft use in contemporary multivessel coronary artery bypass graft surgery: analysis of the Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Database / M. Tabata [et al.] // *Circulation*. – 2009. – Vol. 120, № 11. – P. 935-940. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.832444.
12. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting / C. Acar [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1992. – Vol. 54, № 4. – P. 652-653.
13. Radial artery versus saphenous vein conduits for coronary artery bypass surgery: forty years of competition – which conduit offers better patency? A systematic review and meta-analysis / T. Athanasiou [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2011. – Vol. 40, № 1. – P. 208-220. – doi: 10.1016/j.ejcts.2010.11.012.
14. Rehman, S. The radial artery: current concepts on its use in coronary artery revascularization / S. Rehman, G. Yi, D. P. Taggart // *Ann. Thorac. Surg.* – 2013. – Vol. 96, № 5.

- P. 1900-1901. – doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.06.083.
15. Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization / A. M. Calafiore [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1994. – Vol. 58, № 1. – P. 185-190.
 16. Chardigny, C. Vasoreactivity of the radial artery: comparison, with the internal mammary and gastroepiploic arteries with implications for coronary artery surgery / C. Chardigny [et al.] // *Circulation.* – 1993. – Vol. 88, № 5 (pt. 2). – P. III15-III27.
 17. Predictors of early graft failure after coronary bypass grafting for chronic total occlusion / H. Oshima [et al.] // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* – 2016. – Vol. 23, № 1. – P. 142-149. – doi: 10.1093/icvts/ivw084.
 18. Multiple arterial grafts improve late survival of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: analysis of 8622 patients with multivessel disease / C. Locker [et al.] // *Circulation.* – 2012. – Vol. 126, № 9. – P. 1023-1030. – doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.084624.
 19. Myocardial Revascularization With Multiple Arterial Grafts: Comparison Between the Radial Artery and the Right Internal Thoracic Artery / M. Lemma [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2001. – Vol. 71, № 6. – P. 1969-1973.
 20. Predictors of radial artery patency for coronary bypass operations / S. V. Moran [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2001. – Vol. 72, № 5. – P. 1552-1556.
 21. Royse, A. G. Total arterial coronary revascularization and factors influencing in-hospital mortality / A. G. Royse, C. F. Royse, J. Tatoulis // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 1999. – Vol. 16, № 5. – P. 499-505.
 22. Radial versus right internal thoracic artery as a second arterial conduit for coronary surgery: Early and midterm outcomes / M. Caputo [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2003. – Vol. 126, № 1. – P. 39-47.
 23. Radial artery grafts vs saphenous vein grafts in coronary artery bypass surgery: a randomized trial / S. Goldman [et al.] // *JAMA.* – 2011. – Vol. 305, № 2. – P. 167-174. – doi: 10.1001/jama.2010.1976.
 24. Effect of radial artery or saphenous vein conduit for the second graft on 6-year clinical outcome after coronary artery bypass grafting. Results of a randomised trial / P. Hayward [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2008. – Vol. 34, № 1. – P. 113-117. – doi: 10.1016/j.ejcts.2008.03.027.
 25. Extension of the right internal thoracic artery with the radial artery in extensive re-do coronary artery bypass grafting / F. Fleissner [et al.] // *J. Cardiothorac. Surg.* – 2013. – Vol. 8. – P. 173. – doi: 10.1186/1749-8090-8-173.
 26. Comparable patencies of the radial artery and right internal thoracic artery or saphenous vein beyond 5 years: results from the Radial Artery Patency and Clinical Outcomes trial / P. A. Hayward [et al.] // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2010. – Vol. 139, № 1. – P. 60-65. – doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.043.
 27. Comparative histopathology of radial artery versus internal thoracic artery and risk factors for development of intimal hyperplasia and atherosclerosis / P. Ruengsakulrach [et al.] // *Circulation.* – 1999. – Vol. 100 (suppl. 19). – P. III139-III144.
 28. Coronary artery bypass grafting in young patients – insights into a distinct entity / F. Fleissner [et al.] // *J. Cardiothorac. Surg.* – 2015. – Vol. 10. – P. 65. – doi: 10.1186/s13019-015-0266-1.
 29. How good is the radial artery as a bypass graft? / B. Buxton [et al.] // *Coron. Artery Dis.* – 1997. – Vol. 8, № 3-4. – P. 225-228.
 30. Is a third arterial conduit necessary? Comparison of the radial artery and saphenous vein in patients receiving bilateral internal thoracic arteries for triple vessel coronary disease / W. Y. Shi [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2016. – Vol. 50, № 1. – P. 53-60. – doi: 10.1093/ejcts/ezv467.
 31. Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts: improved midterm angiographic results / A. M. Calafiore [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1995. – Vol. 60, № 3. – P. 517-524. – doi: 10.1016/0003-4975(95)00479-5.
 32. The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years / B. Lytle [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2004. – Vol. 78, № 6. – P. 2005-2014. – doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.05.070.
 33. Sequential radial artery grafts for multivessel coronary artery bypass graft surgery: 10-year survival and angiography results / T. A. Schwann [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2009. – Vol. 88, № 1. – P. 31-39. – doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.081.
 34. Long-term follow-up of total arterial revascularization with left internal thoracic artery and radial T-grafts / F. Fleissner [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2016. – Vol. 49, № 4. – P. 1195-1200. – doi: 10.1093/ejcts/ezv289.
 35. Total revascularization with T grafts / A. J. Tector [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* 1994. – Vol. 57, № 1. – P. 33-39. – doi: 10.1016/0003-4975(94)90361-1.
 36. The technique of radial artery bypass grafting and early clinical results / S. E. Femes [et al.] // *J. Cardiac. Surg.* – 1995. – Vol. 10, № 5. – P. 537-544.
 37. Pathology of the radial and internal thoracic arteries used as coronary artery bypass grafts / E. Kaufer [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 1997. – Vol. 63, № 4. – P. 1118-1122.
 38. Is the radial artery associated with improved survival in older patients undergoing coronary artery bypass grafting? An analysis of a multicentre experience / W. Y. Shi [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2016. – Vol. 49, № 1. – P. 196-202. – doi: 10.1093/ejcts/ezv012.
 39. Equipoise between radial artery and right internal thoracic artery as second arterial conduit in left internal thoracic artery-based coronary artery bypass graft surgery / T. Schwann [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2016. – Vol. 49, № 1. – P. 188-195. – doi: 10.1093/ejcts/ezv093.
 40. Coronary revascularization trends in the United States / A. Epstein [et al.] // *JAMA.* – 2011. – Vol. 305, № 17. – P. 1769-1776. – doi: 10.1001/jama.2011.551.
 41. Wijns, W. Appropriate myocardial revascularization: a joint viewpoint from an interventional cardiologist and a cardiac surgeon / W. Wijns, W. Kolh // *Eur. Heart J.* – 2009. – Vol. 30, № 18. – P. 2182-2185. – doi: 10.1093/eurheartj/ehp315.
 42. Guidelines on myocardial revascularization / P. Kolh [et al.] ; European Society of Cardiology ; European Association for Cardio-Thoracic Surgery ; European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2014. – Vol. 46, № 4. – P. 517-592. – doi: 10.1093/ejcts/ezu366.
 43. Histopathology and morphometry of radial artery conduits: basic study and clinical application / U. K. Chowdhury [et al.] // *Ann. Thorac. Surg.* – 2004. – Vol. 78, № 5. – P. 1614-1621.

References

1. Collins P, Webb CM, Chong CF, Moat NE. Radial artery versus saphenous vein patency randomized trial: five-year angiographic follow-up. *Circulation.* 2008;117(22):2859-2864. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.736215.
2. Littlefield JB, Lowicki EM, Muller WJr. Experimental left coronary artery perfusion through an aortotomy during

- cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1960;40:685-691.
3. Shi WY, Hayward PA, Tatoulis J, Rosalion A, Newcomb AE, Fuller JA, Buxton BF. Are all forms of total arterial revascularization equal? A comparison of single versus bilateral internal thoracic artery grafting strategies. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;150(6):1526-1534. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.05.074.
 4. Cao C, Manganas C, Horton M, Bannon P, Munkholm-Larsen S, Ang SC, Yan TD. Angiographic outcomes of radial artery versus saphenous vein in coronary artery bypass graft surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013;146(2):255-261. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.014.
 5. Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, Feldman TE, Stahle E, Colombo A, Mack MJ, Holmes DR Jr, Morel MA, Van Dyck N, Houle VM, Dawkins KD, Serruys PW. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet.* 2013;381(9867):629-638. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
 6. Deb S, Cohen EA, Singh SK, Une D, Laupacis A, Fremes SE; RAPS Investigators. Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;60(1):28-35. doi: 10.1016/j.jacc.2012.03.037.
 7. Buxton BF, Shi WY, Tatoulis J, Fuller JA, Rosalion A, Hayward PA. Total arterial revascularization with internal thoracic and radial artery grafts in triple-vessel coronary artery disease is associated with improved survival. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014;148(4):1238-1244. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.06.056.
 8. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, Golding LA, Gill CC, Taylor PC, Sheldon WC. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N. Engl. J. Med.* 1986;314(1):1-6. doi:10.1056/NEJM198601023140101.
 9. Boylan MJ, Lytle BW, Loop FD, Taylor PC, Borsh JA, Goormastic M, Cosgrove DM. Surgical treatment of isolated left anterior descending coronary stenosis. Comparison of left internal mammary artery and venous autograft at 18 to 20 years of follow-up. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994;107(3):657-662.
 10. Yi G, Shine B, Rehman SM, Altman DG, Taggart DP. Effect of bilateral internal mammary artery grafts on long-term survival: a meta-analysis approach. *Circulation.* 2014;130(7):539-545. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.004255.
 11. Tabata M, Grab JD, Khalpey Z, Edwards FH, O'Brien SM, Cohn LH, Bolman RM. Prevalence and variability of internal mammary artery graft use in contemporary multivessel coronary artery bypass graft surgery: analysis of the Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Database. *Circulation.* 2009;120(11):935-940. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.832444.
 12. Acar C, Jebara VA, Portoghesi M, Beyssen B, Pagny JY, Grare P, Chachques JC, Fabiani JN, Deloche A, Guermontprez JL. Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 1992;54(4):652-659.
 13. Athanasiou T, Saso S, Rao C, Vecht J, Grapsa J, Dunning J, Lemma M, Casula R. Radial artery versus saphenous vein conduits for coronary artery bypass surgery: forty years of competition – which conduit offers better patency? A systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011;40(1):208-220. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.11.012.
 14. Rehman SM, Yi G, Taggart DP. The radial artery: current concepts on its use in coronary artery revascularization. *Ann. Thorac. Surg.* 2013;96(5):1900-1909. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.06.083.
 15. Calafiore AM, Di Giammarco G, Luciani N, Maddestra N, Di Nardo E, Angelini R. Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. *Ann. Thorac. Surg.* 1994;58(1):185-190.
 16. Chardigny C, Jebara VA, Acar C, Descombes JJ, Verbeuren TJ, Carpentier A, Fabiani JN. Vasoreactivity of the radial artery. Comparison with the internal mammary and gastroepiploic arteries with implications for coronary artery surgery. *Circulation.* 1993;88(5 Pt 2):II115-127.
 17. Oshima H, Tokuda Y, Araki Y, Ishii H, Murohara T, Ozaki Y, Usui A. Predictors of early graft failure after coronary artery bypass grafting for chronic total occlusion. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2016;23(1):142-149. doi: 10.1093/icvts/ivw084.
 18. Locker C, Schaff HV, Dearani JA, Joyce LD, Park SJ, Burkhart HM, Suri RM, Greason KL, Stulak JM, Li Z, Daly RC. Multiple arterial grafts improve late survival of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: analysis of 8622 patients with multivessel disease. *Circulation.* 2012;126(9):1023-1030. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.084624.
 19. Lemma M, Gelpi G, Mangini A, Vanelli P, Carro C, Condemi A, Antona C. Myocardial revascularization with multiple arterial grafts: comparison between the radial artery and the right internal thoracic artery. *Ann. Thorac. Surg.* 2001;71(6):1969-1973.
 20. Moran SV, Baeza R, Guarda E, Zalaquett R, Irrarazaval MJ, Marchant E, Deck C. Predictors of radial artery patency for coronary bypass operations. *Ann. Thorac. Surg.* 2001;72(5):1552-1556.
 21. Royse AG, Royse CF, Tatoulis J. Total arterial coronary revascularization and factors influencing in-hospital mortality. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1999;16(5):499-505.
 22. Caputo M, Reeves B, Marchetto G, Mahesh B, Lim K, Angelini GD. Radial versus right internal thoracic artery as a second arterial conduit for coronary surgery: early and midterm outcomes. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003;126(1):39-47.
 23. Goldman S, Sethi GK, Holman W, Thai H, McFalls E, Ward HB, Kelly RF, Rhenman B, Tobler GH, Bakaeen FG, Huh J, Soltero E, Moursi M, Haime M, Crittenden M, Kasirajan V, Ratliff M, Pett S, Irimpen A, Gunnar W, Thomas D, Fremes S, Moritz T, Reda D, Harrison L, Wagner TH, Wang Y, Planting L, Miller M, Rodriguez Y, Juneman E, Morrison D, Pierce MK, Kreamer S, Shih MC, Lee K. Radial artery grafts vs saphenous vein grafts in coronary artery bypass surgery: a randomized trial. *JAMA.* 2011;305(2):167-174. doi: 10.1001/jama.2010.1976.
 24. Hayward PA, Hare DL, Gordon I, Buxton BF. Effect of radial artery or saphenous vein conduit for the second graft on 6-year clinical outcome after coronary artery bypass grafting. Results of a randomised trial. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2008;34(1):113-117. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.03.027.
 25. Fleissner F, Ius F, Haverich A, Ismail I. Extension of the right internal thoracic artery with the radial artery in extensive re-do coronary artery bypass grafting. *J.*

- Cardiothorac. Surg.* 2013;8:173. doi: 10.1186/1749-8090-8-173.
26. Hayward PA, Gordon IR, Hare DL, Matalanis G, Horrigan ML, Rosalion A, Buxton BF. Comparable patencies of the radial artery and right internal thoracic artery or saphenous vein beyond 5 years: results from the Radial Artery Patency and Clinical Outcomes trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010;139(1):60-65. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.043.
 27. Ruengsakulrach P, Sinclair R, Komeda M, Raman J, Gordon I, Buxton B. Comparative histopathology of radial artery versus internal thoracic artery and risk factors for development of intimal hyperplasia and atherosclerosis. *Circulation.* 1999;100(19 Suppl):II139-144.
 28. Fleissner F, Warnecke G, Cebotari S, Rustum S, Haverich A, Ismail I. Coronary artery bypass grafting in young patients--insights into a distinct entity. *J. Cardiothorac. Surg.* 2015;10:65. doi: 10.1186/s13019-015-0266-1.
 29. Buxton B, Windsor M, Komeda M, Gaer J, Fuller J, Liu J. How good is the radial artery as a bypass graft? *Coron. Artery Dis.* 1997;8(3-4):225-233.
 30. Shi WY, Tatoulis J, Newcomb AE, Rosalion A, Fuller JA, Buxton BF. Is a third arterial conduit necessary? Comparison of the radial artery and saphenous vein in patients receiving bilateral internal thoracic arteries for triple vessel coronary disease. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;50(1):53-60. doi:10.1093/ejcts/ezv467.
 31. Calafiore AM, Di Giammarco G, Teodori G, D'Annunzio E, Vitolla G, Fino C, Maddestra N. Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts: improved midterm angiographic results. *Ann. Thorac. Surg.* 1995;60(3):517-524. doi: 10.1016/0003-4975(95)00479-5.
 32. Lytle BW, Blackstone EH, Sabik JF, Houghtaling P, Loop FD, Cosgrove DM. The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann. Thorac. Surg.* 2004;78(6):2005-2014. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.05.070.
 33. Schwann TA, Zacharias A, Riordan CJ, Durham SJ, Shah AS, Habib RH. Sequential radial artery grafts for multivessel coronary artery bypass graft surgery: 10-year survival and angiography results. *Ann. Thorac. Surg.* 2009;88(1):31-39. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.081.
 34. Fleissner F, Engelke H, Rojas-Hernandez S, Ismail I, Stiefel P, Cebotari S, Haverich A, Shrestha M, Martens A. Long-term follow-up of total arterial revascularization with left internal thoracic artery and radial artery T-grafts: survival, cardiac morbidity and quality of life. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(4):1195-1200. doi: 10.1093/ejcts/ezv289.
 35. Tector AJ, Amundsen S, Schmahl TM, Kress DC, Peter M. Total revascularization with T grafts. *Ann. Thorac. Surg.* 1994;57(1):33-39. doi: 10.1016/0003-4975(94)90361-1.
 36. Fremes SE, Christakis GT, Del Rizzo DF, Musiani A, Mallidi H, Goldman BS. The technique of radial artery bypass grafting and early clinical results. *J. Card. Surg.* 1995;10(5):537-544.
 37. Kaufer E, Factor SM, Frame R, Brodman RF. Pathology of the radial and internal thoracic arteries used as coronary artery bypass grafts. *Ann. Thorac. Surg.* 1997;63(4):1118-1122.
 38. Shi WY, Hayward PA, Fuller JA, Tatoulis J, Rosalion A, Newcomb AE, Buxton BF. Is the radial artery associated with improved survival in older patients undergoing coronary artery bypass grafting? An analysis of a multicentre experience. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(1):196-202. doi:10.1093/ejcts/ezv012.
 39. Schwann TA, Hashim SW, Badour S, Obeid M, Engoren M, Tranbaugh RF, Bonnell MR, Habib RH. Equipoise between radial artery and right internal thoracic artery as the second arterial conduit in left internal thoracic artery-based coronary artery bypass graft surgery: a multi-institutional study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2016;49(1):188-195. doi: 10.1093/ejcts/ezv093.
 40. Epstein AJ, Polsky D, Yang F, Yang L, Groeneveld PW. Coronary revascularization trends in the United States, 2001-2008. *JAMA.* 2011;305(17):1769-1776. doi: 10.1001/jama.2011.551.
 41. Wijns W, Kolh P. Appropriate myocardial revascularization: a joint viewpoint from an interventional cardiologist and a cardiac surgeon. *Eur. Heart J.* 2009;30(18):2182-2185. doi: 10.1093/eurheartj/ehp315.
 42. Kolh P, Windecker S, Alfonso F, Collet JP, Cremer J, Falk V, Filippatos G, Hamm C, Head SJ, Jüni P, Kappetein AP, Kastrati A, Knuuti J, Landmesser U, Laufer G, Neumann FJ, Richter DJ, Schauerte P, Sousa Uva M, Stefanini GG, Taggart DP, Torracca L, Valgimigli M, Wijns W, Witkowski A, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: the Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2014;46(4):517-592. doi: 10.1093/ejcts/ezu366.
 43. Chowdhury UK, Airan B, Mishra PK, Kothari SS, Subramaniam GK, Ray R, Singh R, Venugopal P. Histopathology and morphometry of radial artery conduits: basic study and clinical application. *Ann. Thorac. Surg.* 2004;78(5):1614-1621.

USE OF THE RADIAL ARTERY IN CORONARY SURGERY IN PATIENTS WITH MULTIVESSEL LESIONS OF THE CORONARY ARTERIES

¹Lazuta S. S., ²Ostrovsky U. P., ¹Yanushka A. V., ¹Khlyusevich V. M.

¹Healthcare Institution "Grodno Regional Clinical Heart Center", Grodno, Belarus

²Republican Scientific and Practical Center "Cardiology", Minsk, Belarus

Aim. To analyze literature data on the methods and methods of using the radial artery as an arterial graft for coronary artery bypass grafting in patients with multivessel coronary artery disease.

Results. The literature data on ways and methods of arterial revascularization with the use of the radial artery in patients with multivessel coronary artery disease were reviewed and analyzed.

Conclusions. Complete arterial revascularization with the use of the radial artery in patients with multivessel lesion of the coronary bed is a promising direction of coronary surgery and enables to achieve better long-term results.

Keywords: radial artery, coronary bypass, arterial revascularization, prognosis.

Поступила: 05.05.2018

Отрецензирована: 04.06.2018