

СЕКВЕНЦИАЛЬНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ В КОРОНАРНОЙ ХИРУРГИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.Н. Семченко¹, Д.М. Галиутдинов², В.П. Васильев², В.Ю. Бондарь¹

¹ФГБУ "Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии" Минздрава России, Хабаровск

²ФГБУ "Российский кардиологический научно-производственный комплекс" Минздрава России, Москва

E-mail: semch@mail.ru

SEQUENTIAL BYPASS GRAFTING IN CORONARY ARTERY SURGERY (REVIEW)

A.N. Semchenko¹, D.M. Galiautdinov², V.P. Vasil'ev², V.Yu. Bondar¹

¹Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery", Khabarovsk

²Cardiology Research Center, Moscow

Под секвенциальным коронарным шунтированием понимается альтернативный метод прямой реваскуляризации миокарда, при котором посредством одного кондуита путем формирования промежуточных анастомозов кровотока может быть восстановлен в двух и более коронарных артериях (КА). Цель работы: обобщение сведений о секвенциальном шунтировании в коронарной хирургии, преимуществах и недостатках данного метода.

Ключевые слова: секвенциальное шунтирование, прямая реваскуляризация миокарда, секвенциальный шунт, гемодинамика шунтов, проходимость шунтов.

The sequential bypass grafting technique is an alternative method of direct myocardial revascularization in which the blood flow in two or more coronary arteries can be restored with one conduit by side-to-side anastomosis. The aim of this article is to review the available literature about sequential bypass grafting in coronary artery surgery and discuss the advantages and disadvantages of this surgical technique.

Key words: sequential bypass grafting, direct myocardial revascularization, sequential bypass graft, graft hemodynamic, graft patency.

Введение

Под секвенциальным коронарным шунтированием (СКШ) понимается альтернативный метод прямой реваскуляризации миокарда, при котором посредством одного кондуита путем формирования промежуточных анастомозов по типу "бок-в-бок" кровотока может быть восстановлен в двух и более КА [5, 9, 20].

В настоящее время в условиях нарастающей популярности интервенционного лечения, когда "уделом" хирургии становятся большие со стенозом ствола левой КА, с многоуровневыми стенозами, диффузным и/или много-сосудистым поражением КА, этот метод особенно востребован. Однако многие исследования излишне фокусируются на проходимости секвенциальных шунтов (СШ), недостаточно внимания уделяется изучению причин неудовлетворительных исходов, а также вопросам планирования и тактики СКШ. В связи с этим анализ безопасности и эффективности СКШ представляется весьма актуальным, а научно-практические изыскания в этом направлении являются оправданными. Цель обзора: обобщение сведений о секвенциальном шунтировании в коронарной хирургии, преимуществах и недостатках данного метода.

Секвенциальное шунтирование в коронарной хирургии. История вопроса. Впервые аутовенозное СКШ было выполнено в апреле 1970 г. бригадой хирургов во главе с D. Johnson и описано в статье, опубликованной в 1971 г.,

первым автором которой значился R. Flemma [20]. Годом позже T.D. Bartley и соавт. также представили результаты выполнения 130 процедур "множественного последовательного анастомозирования" при использовании венозных кондуитов [2, 9, 10].

В 1973 г. D. Johnson впервые использовал трансплантат левой внутренней грудной артерии (ЛВГА) с последовательными анастомозами к диагональной и передней нисходящей артерии (ПНА). Однако безопасность применения ЛВГА в качестве СШ для реваскуляризации системы ПНА показана L.R. McBride (1983) и A.J. Tector (1984) [2, 13, 35, 55].

E.E. Weinschelbaum и соавт. в 1997 г. одними из первых представили опыт СКШ лучевой артерией (ЛА), показав превосходные результаты проходимости шунтов. С. Muneretto и соавт. (2003) применяли СКШ ЛА в составе композитного шунта с ЛВГА. Однако E. Akinci (2006) выявил лучшую проходимость свободных СШ ЛА при сравнении с композитными кондуитами ЛВГА-ЛА [6, 39, 53, 58].

Правая желудочно-сальниковая артерия (ПЖСА) в качестве кондуита для последовательного шунтирования используется реже. При этом возможность ее применения определяется длиной и, в большей степени, диаметром внутреннего просвета, которые, в отличие от ВГА, могут варьировать в различных пределах [44].

В последние годы СКШ успешно применяется при выполнении операций без искусственного кровообраще-

ния (ИК). Современные эффективные способы стабилизации миокарда сводят к минимуму риск технических ошибок при выполнении дистальных анастомозов СШ на работающем сердце [24, 26, 48, 49].

Техника СКШ оказалась востребованной при разработке операций полностью эндоскопического коронарного шунтирования (ТЕСАВ), выполняемых с помощью роботизированных систем. Применение секвенциальных шунтов ВГА и аутовенозных секвенциальных подмышечно-коронарных шунтов при подобных вмешательствах позволяет решить проблему технически сложной процедуры формирования проксимальных анастомозов с аортой и расширяет возможности ТЕСАВ [11, 33].

Гемодинамика секвенциальных шунтов. При секвенциальном шунтировании достигается уменьшение отрицательного влияния коронарного сопротивления на гемодинамику шунта. Прямые измерения показали, что при включении в шунт только одного анастомоза “бок-в-бок” гидродинамическое сопротивление целевого коронарного русла кровотоку сокращается вдвое. Это согласуется с результатами непрямой оценки сосудистого сопротивления при импульсно-волновой доплерометрии. С увеличением числа промежуточных анастомозов линейно возрастает объемный кровоток по шунту, тогда как значение индекса пульсации, отражающего сопротивление КА, уменьшается обратно пропорционально этому увеличению. По закону Ома ($\bar{U} = \Delta P / R_0$), снижение общего сопротивления СШ и связанных с ним КА (R_0) сопровождается увеличением объемной скорости кровотока по шунту (\bar{U}) [4, 7, 45, 46].

Величина гидродинамического сопротивления в большей степени зависит от диаметра сосуда. Так, по формуле Пуазейля ($R = 8\eta l / \pi r^4$), сопротивление сосуда (R) прямо пропорционально его длине (l) и вязкости крови (η) и обратно пропорционально его радиусу в четвертой степени. В ходе сравнительных измерений линейных и секвенциальных шунтов их диаметры были найдены эквивалентными и не объясняли существенные различия в величине объемного кровотока через них. Таким образом, кровоток по шунтам зависит в основном от состояния целевого коронарного русла и его вазомоторного тонуса. При этом дилатационный или констрикторный ответы КА, следовательно, и изменение сосудистого сопротивления определяются целым рядом гуморальных и нейронных механизмов. Кроме того, сосудистое коронарное сопротивление повышается вследствие экстравазальной компрессии во время систолы ЛЖ. Повышение конечно-диастолического давления в ЛЖ также усиливает роль внешнего влияния на коронарное сопротивление [22, 25, 45, 50].

Увеличение объемного кровотока в шунтах согласуется с числом дистальных анастомозов: от небольшой величины кровотока в линейных шунтах до более высоких его показателей в СШ с двумя дистальными анастомозами, и максимальной скорости в СШ – с тремя дистальными анастомозами. Объемная скорость кровотока в СШ меняется неравномерно. Наибольшая ее величина наблюдается в его проксимальном сегменте и носит постоянный характер. После анастомоза “бок-в-бок” объемный кровоток становится ниже, достигая наименьших

значений у дистального анастомоза “конец-в-бок”. Однако наличие анастомоза “бок-в-бок” не оказывает отрицательного влияния на гемодинамические характеристики кровотока в дистальном сегменте СШ. Так, не отмечено значимых изменений средней объемной скорости кровотока через дистальный анастомоз линейного шунта и этого же шунта, трансформированного в секвенциальный [26, 31, 41, 43].

Изменение линейной скорости кровотока в СШ согласуется с фазами сердечного цикла. Значимый ее прирост наблюдается только в диастолу и относится, главным образом, к проксимальному сегменту. Для аутоартериальных СШ также характерно увеличение линейной скорости кровотока как проявление максимального гиперемического ответа, например, при инфузии аденозина. Способность к увеличению линейной скорости кровотока свидетельствует о больших резервных возможностях СШ [27].

Геометрия анастомозов “бок-в-бок”. Особое значение для геометрии кровотока и функции шунта представляет угол пересечения осей кондуита и целевой КА в промежуточном соустье. Обычно его величина определяется конкретной интраоперационной ситуацией с целью предотвращения деформаций шунта. При этом если КА в месте предполагаемого анастомоза всегда вскрывается продольно, то направление разреза кондуита может меняться [9, 10, 56].

Поперечный разрез является сложным для выполнения и при коротком дистальном сегменте шунта может иметь неблагоприятные последствия. Такой разрез не должен превышать $1/3$ окружности кондуита во избежание его перегиба и деформации [10, 25].

Идеальным является разрез кондуита, выполняемый параллельно по отношению к его длинной оси. При небольшом диаметре трансплантата продольный разрез позволяет выполнить анастомоз достаточной длины, не сужая просвет кондуита [25].

Оправдан разрез шунта в строгом соответствии с предполагаемым углом его пересечения с КА, длиной, не превышающей 50% от диаметра кондуита. При этом формируют не типичные продольные или поперечные анастомозы, а косые, соответствующие функциональным осям сосудов [1].

В 1975 г. описана техника создания прямоугольных сосудистых соустьев по типу “бок-в-бок”, получивших за свою конфигурацию название ромбовидных или анастомозов по типу “бриллиантовой грани” (diamond shape). С позиций гидродинамики поперечные секвенциальные анастомозы можно рассматривать как наименее удачную модель сосудистого соустья вследствие разнонаправленности потоков крови в шунте и КА при взаимно перпендикулярном расположении сосудов, тогда как при этом они демонстрируют сравнительно высокую функциональную надежность [3, 25].

Преимущества СКШ. В соответствии с концепцией “полной” реваскуляризации миокарда, последняя оказывает благоприятное влияние на исход операции, частоту рецидивов коронарных событий и выживаемость. СКШ позволяет выполнить полную реваскуляризацию при дефиците пригодных для шунтирования сосудистых транс-

плантатов, экономно и более эффективно использовать кондуиты во время первичных операций и в случае вторых вмешательств [15, 20].

С помощью СКШ может быть достигнута наиболее полная реваскуляризация относительно *мелких КА*, что особенно важно при их *диффузном поражении* и плохом состоянии дистального русла, когда возникают сомнения в целесообразности их изолированного шунтирования. При этом рекомендуется реваскуляризовать мелкие коронарные ветви, используя шунты к более крупным артериям, с помощью формирования промежуточных анастомозов [9, 15].

СКШ и стратегия "no-touch aorta technique". Частота атеросклеротического поражения восходящей аорты у больных ИБС, подвергшихся аортокоронарному шунтированию (АКШ), составляет от 12 до 38%. Стратегия *"no-touch aorta technique"* предполагает минимизацию или полный отказ от любых манипуляций на восходящей аорте с целью профилактики осложнений, связанных с ее поражением. Как элемент этой стратегии СКШ позволяет сократить число проксимальных анастомозов с аортой вплоть до полного исключения всех манипуляций на ней при использовании секвенциальных шунтов ВГА *"in situ"*, проведении операции без пережатия аорты и искусственного кровообращения (ИК) [5, 9].

Стратегия полной аутоартериальной реваскуляризации. Метод СКШ позволяет расширить возможности прямой реваскуляризации миокарда. Последовательное шунтирование крупных КА вместе с ПНА при помощи левой ВГА или шунтирование двух огибающих ветвей с помощью ЛА делает возможным достижение почти полной (адекватной) артериальной реваскуляризации миокарда [16, 23, 39, 53, 58].

Длительность операции. В ряде случаев применение СКШ позволяет уменьшить продолжительность операции, ИК и ишемии миокарда за счет сокращения, во-первых, этапа выделения и подготовки сосудистых трансплантатов вследствие меньшей потребности в их количестве и длине; а во-вторых, основного этапа операции в связи с формированием меньшего числа проксимальных анастомозов с аортой [9, 20].

Проблема проксимальной окклюзии. Очевидно, что в случае окклюзии наиболее проксимального сегмента СШ под угрозой оказывается кровоток сразу в нескольких КА, и, соответственно, нарушается реваскуляризация большой массы миокарда, повышая риск развития тяжелых инфарктов. Однако было показано, что даже в этом случае СШ способен функционировать как большая межкоронарная коллатераль при условии, что его самый дистальный анастомоз сформирован с наиболее крупной по диаметру КА с высоким уровнем кровотока [14, 30].

Стратегия и тактика СКШ. Представления о гемодинамике СШ легли в основу тактики реваскуляризации, согласно которой терминальный анастомоз *"конец-в-бок"* формируется с сосудом большего диаметра с хорошим состоянием дистального русла. Наличие высокого объема кровотока в проксимальном сегменте СШ при этом создает предпосылки для поддержания проходимости анастомоза *"бок-в-бок"* шунта к более мелким КА ($\leq 1,5$ мм), что неоднократно подтверждалось результатами

ангиографических исследований. Напротив, наблюдается низкая проходимость СШ в случае формирования наиболее дистального анастомоза с артерией малого диаметра и плохим руслом [5, 9, 10, 15, 18, 57].

Однако получены факты, позволяющие в ряде случаев отступать от подобной тактики. Так, было показано, что формирование промежуточного анастомоза СШ с большей по диаметру КА не влияет на состояние кровотока в его дистальном сегменте и не уступает показателям, полученным для линейных шунтов. С другой стороны, отмечено, что для анастомозов *"бок-в-бок"* показатели проходимости всегда достоверно выше, чем для анастомозов *"конец-в-бок"* вне зависимости от диаметра целевых КА [26, 34].

Нет однозначного мнения в отношении оптимального числа дистальных анастомозов, приходящихся на один СШ. В ряде работ представлена стратегия реваскуляризации большинства пораженных КА посредством одного сосудистого трансплантата при условии сохранения достаточного кровотока через дистальный его конец [8–10, 18, 42, 57]. Тем не менее, получены убедительные данные, свидетельствующие об увеличении риска окклюзии СШ при числе промежуточных анастомозов *"бок-в-бок"* более одного [25, 30, 40, 41].

При планировании СКШ необходимо учитывать наличие некритических стенозов, т.к. при анастомозе *"бок-в-бок"* с такой артерией отмечались случаи окклюзии проксимального отдела шунта при сохранении дистального и кровоснабжении дистальной артерии из стенозированной проксимальной. Поэтому в указанных ситуациях рекомендуется применять отдельный шунт к артериям со стенозом около 50% [32].

Выявлено, что при секвенциальном аутоартериальном шунтировании кондуитами *in-situ* (ВГА, ПЖСА) существует риск конкуренции между целевыми сосудами и редукции антеградного кровотока с возникновением его реверсии в сегментах шунта, что способствует нарушению их функции и может привести к окклюзии. Одним из определяющих факторов реверсии кровотока при СКШ является величина стеноза $КА \leq 75\%$. Конкуренция кровотока возникает при менее выраженных стенозах ($\leq 70\%$). В подобных ситуациях рекомендуется либо выбирать подходящую ориентацию шунта (по часовой стрелке или против часовой стрелки), либо применять изолированное линейное шунтирование [40, 54].

Остается дискуссионным вопрос о целесообразности совместного или раздельного секвенциального шунтирования ветвей систем правой и левой КА [29, 57].

Проходимость СШ в различные сроки после операции. Предикторами окклюзии СШ являются: число дистальных анастомозов более 3; стеноз целевых ветвей, особенно системы ПКА, менее 75%; формирование анастомоза *"бок-в-бок"* с той из целевых КА, которая обладает более выраженным стенозом; диаметр целевых КА менее 1,5 мм; эндартерэктомия [29, 40, 42].

По данным разных авторов, в раннем послеоперационном периоде лучшие показатели проходимости, приближающиеся к 100%, получены для аутоартериальных СШ *in-situ* (ЛВГА, правая ВГА, ПЖСА) и свободной правой ВГА. Несколько уступают им секвенциальные трансплан-

Таблица 1

Проходимость секвенциальных и линейных шунтов в отдаленном периоде (по данным литературы)

Авторы	Где выполнено	Отдаленный период		Метод исследования	Кондуит	Критерий окклюзии шунта	Проходимость		p
		Длительность наблюдения	Полнота наблюдения				Секвенциальный шунт	Линейный шунт	
Kim и др., 2011 г.***	Сеул, Южная Корея	14,8 мес. (1–70,2 мес.)	≥80%	СКТ	БПВ	Полная обструкция	93,3%	86,5%	0,48
Gao и др., 2010 г.***	Пекин, Китай	26,4±23,6 мес. (3–60 мес.)	<80%	СКТ	БПВ	Полная обструкция	95,9%	90,6%	0,022
Silva и др., 2009 г.***	Жундаи, Бразилия	41±25,7 мес. 41±24,9 мес. 28±19,8 мес.	– – –	КАГ	БПВ	Стеноз >70%	81%	72%	0,12
<...>	<...>			КАГ	ВГА	Стеноз >70%	77%	92%	0,02
<...>	<...>			КАГ	ЛА	Стеноз >70%	90%	71%	0,1
Schwann и др., 2009 г.	США,								
штат Огайо, Толедо									
Farsak и др., 2003 г.***	Анкара, Турция	2–150 мес. 55,4±17,6 мес.	<80% –	КАГ	ЛА	Полная обструкция	69%	85%	0,2
Vural и др., 2001 г.***	Анкара, Турция	5,8±3 года	–	КАГ	БПВ	Полная обструкция	86,6%	69,6%	0,0001
Dion и др., 2001 г.***	Брюссель, Бельгия	7,5 лет (1–12,2 года)	≥80%	КАГ	БПВ	Полная обструкция	75%	68%	0,03
Dion и др., 2000 г.	Брюссель, Бельгия	7,5 лет (1–12,2 года)	<80%	КАГ	ВГА	Полная обструкция	76%	60%	0,04
Christenson и др., 1998 г.***	Женева, Швейцария	5 лет	<80%	КАГ	БПВ	Полная обструкция	96,1%	93,1%	0,24
Kieser и др., 1986 г.***	Оттава, Канада	1 год	≥80%	КАГ	БПВ	Полная обструкция	85%*	78%*	0,001
Mehtala и др., 1982 г.***	Хельсинки, Финляндия			КАГ	БПВ	Полная обструкция	78%*	80%*	ns**
Eschenbrugh и др., 1981 г.***	Бад Кроцинген, Германия	26 мес. (10–62 мес.)	<80%	КАГ	БПВ	Не известен	88,9%	80%	ns**
		8 нед.	< 80%	КАГ	БПВ	Стеноз >50%	87,8%	82,2%	Не указано

Примечание: СКТ – спиральная компьютерная томография, КАГ – коронарная ангиография, БПВ – большая подкожная вена, ВГА – внутренняя грудная артерия, ЛА – лучевая артерия; * – знак статистически значимых различий для дистального анастомоза “конец-в-бок”; ** – ns – статистически значимых различий не получено, *** – исследование включено в мета-анализ.

таты ЛА, достигая проходимости 97,3–97,8% [25, 42].

Непосредственные ангиографические результаты аутовенозного СКШ свидетельствуют о лучшей проходимости анастомозов “бок-в-бок” в сравнении с анастомозами “конец-в-бок”, достигающей 95–100 и 82–85% соответственно. Для линейных шунтов в контрольных группах она не превышала 86,9–88% [10, 25, 30].

Наибольший интерес представляет анализ проходимости СШ в отдаленном периоде (табл. 1). По результатам недавнего мета-анализа выявлено, что применение СКШ статистически значимо связано с более низким риском окклюзии шунта [34]. При этом абсолютный риск окклюзии секвенциальных и линейных шунтов составил 14,62 и 20,64% соответственно. Частота окклюзий анастомозов “бок-в-бок” достоверно ниже, чем анастомозов “конец-в-бок” с абсолютным риском 9,58 и 14,07% соответственно. Не обнаружено значимых различий в частоте окклюзий между анастомозами “конец-в-бок” секвенциальных и линейных венозных шунтов [15, 16, 18, 24, 30, 31, 34, 38, 53, 54, 57].

В отдаленном периоде нарушение проходимости шунтов чаще всего связано с избыточной гиперплазией интимы. Этот процесс заключается в патологической миграции в интиму гладкомышечных клеток с последующей их пролиферацией и накоплением здесь экстрацеллюлярного матрикса. Таким изменениям наиболее подвержены венозные шунты. Гиперплазия интимы создает основу для формирования атеромы, а также уменьшает просвет шунта, способствуя сокращению кровотока и, в конечном счете, может привести к его окклюзии. Гиперплазия интимы, начинаясь через 1–2 месяца после операции, достигает максимума своего развития к концу 1–2-го года [52].

Показатели проходимости СШ в отдаленном периоде согласуются с особенностями их гемодинамики, т.к. важным фактором, определяющим долгосрочную проходимость шунта, является величина объемного кровотока. Доказана обратная связь между уровнем кровотока в шунте и степенью гиперплазии интимы [19].

Показано, что пролиферация в интима достигает большей выраженности в тех областях венозных шунтов, которые ответственны относительно малой величины сдвига у сосудистой стенки. Напряжение сдвига является фактором, определяющим возможность и длительность адгезии форменных элементов крови на внут-

ренней оболочке венозного шунта и высвобождение ими медиаторов пролиферации гладкомышечных клеток. Установлена прямая зависимость величины напряжения сдвига от скорости кровотока [51, 52].

Величина напряжения сдвига в области анастомоза и, соответственно, выраженность гиперплазии интимы, зависят от его конфигурации. Если для анастомозов “конец-в-бок” СШ типично появление гиперплазии в области пятки, носка и дна, то в анастомозах “бок-в-бок” подобных изменений не выявляется. В анастомозах “конец-в-бок” зоне высокого напряжения сдвига соответствует область пятки, а наименьшее напряжение сдвига определяется в участке входа кровотока из шунта в КА, где имеется конкуренция с нативным кровотоком, и формируется зона его стагнации. Высокое напряжение сдвига при конфигурации анастомоза по типу “бок-в-бок” выявляется только в шунтированной КА и проксимальной части шунта. В самих анастомозах “бок-в-бок” профиль кровотока гладкий, а напряжение сдвига однородно во всех зонах. Выявлено, что для анастомозов “бок-в-бок” по типу “бриллиантовой грани” в сравнении с параллельной их конфигурацией характерна область более низкого сдвигового напряжения [12, 17, 21, 22, 28, 36].

Клинические результаты и прогноз после операции. Применение метода СКШ в сравнении с традиционной техникой реваскуляризации миокарда не ухудшает показатель отдаленной выживаемости. Предикторами летальности в отдаленном периоде являются пожилой возраст, мужской пол, низкая фракция выброса левого желудочка (ЛЖ), сахарный диабет, другие вмешательства на сердце [37, 38, 47, 53, 56].

Пяти- и десятилетняя выживаемость после операции с применением аутовенозных СШ составляет 88–93 и 72–85% соответственно. При этом выживаемость больных с линейными аутовенозными кондуктами в контрольных группах через 5 и 10 лет составила 90–95,6 и 71–85% соответственно [10, 15, 37, 56]. Выживаемость через 10 лет после операции с применением секвенциальных шунтов ВГА, ПЖСА и ЛА достигает 72–93,4; 92,5 и 76,2% соответственно [8, 16].

СКШ в сравнении с традиционной техникой реваскуляризации миокарда не увеличивает риск повторной реваскуляризации в течение 10 лет. Свобода от повторных реваскуляризаций через 10 лет после операции для больных с секвенциальными и линейными шунтами составляет 81–84,4 и 81–82,1% соответственно [37, 56].

Свобода пациентов от стенокардии через 10 лет после применения секвенциального аутовенозного и маммарокоронарного шунтирования достигает 61 и 82% соответственно [16, 37]. Свобода от любых сердечно-сосудистых осложнений (смерть, ИМ, повторные реваскуляризации) через 10 лет после реваскуляризации миокарда с применением СКШ составляет 63,3–72% [16, 56]. Выявлено повышение риска развития ИМ в отдаленном периоде (≈ 15 лет) среди больных, реваскуляризация которых выполнялась только аутовенозными СШ [56].

Заключение

Несмотря на успехи в области коронарной хирургии,

проблема полной реваскуляризации миокарда при многососудистом, многоуровневом поражении КА в условиях недостатка кондуктов или атеросклеротического поражения аорты остается актуальной. Одним из альтернативных путей ее решения является применение СКШ.

Однако следует признать, что на практике этот метод не получил широкого повсеместного распространения. Отчасти это обусловлено принципами той или иной хирургической школы и личным предпочтением хирургов. Отношение к СКШ как к вынужденной мере, а иногда даже и как к сомнительной процедуре часто исходит и из объективных причин. Так, в достаточной мере известны недостатки и преимущества СКШ, существует широкий арсенал технических приемов при формировании анастомозов, в то же время нет полного согласия в отношении подходов к использованию метода. С другой стороны, показатели проходимости СШ варьируют в широких пределах, а клинические результаты после операции часто оставляют желать лучшего. В то же время многолетняя история изучения СКШ, отраженная в данной литературе, свидетельствует о безопасности и эффективности этого метода. Становится очевидным, что для улучшения послеоперационных результатов СКШ необходим правильный, аргументированный алгоритм действий при выполнении операции, который должен строиться с учетом всех накопленных знаний.

Современной задачей является разработка оптимальной тактики и стратегии СКШ для достижения лучших клинических результатов и показателей проходимости шунтов.

Литература

1. Акчурин Р.С., Ширяев А.А. Актуальные проблемы коронарной хирургии. – М.: Геотар-Мед, 2004. – С. 31–32.
2. Бокерия Л.А., Работников В.С., Глянецев С.П. и др. Очерки истории коронарной хирургии. – М.: Изд-во ИЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2002. – С. 135–136.
3. Залесов В.Е., Ипатов П.В., Гайдуков А.В. и др. Анализ причин возврата стенокардии после операций коронарного шунтирования по результатам коронарной ангиографии и шунтографии // Кард. и серд.-сосуд. хир. – 2008. – № 4. – С. 29–33.
4. Сандриков В.А., Липатова Ю.С., Жбанов И.В. Регистрация и интерпретация коронарного кровотока после реваскуляризации миокарда // Кард. и серд.-сосуд. хир. – 2010. – № 3. – С. 22–25.
5. Сейдалиев А.О., Жакаев М.А. Композитное и секвенциальное шунтирование при хирургическом лечении больных с диффузным коронароатеросклерозом в сочетании с атеросклерозом восходящей аорты. Обзор литературы // Вест. хир. Казах. – 2009. – № 1. – С. 35–39.
6. Akinci E., Erentug V., Uzun K. et al. Sequential radial artery grafting three-vessel coronary artery disease // Asian. Cardiovasc. Thorac. Ann. – 2005. – Vol. 13. – P. 161–166.
7. Aleksic M., Heckenkamp J., Gawenda M. et al. Pulsatility index determination by flowmeter measurement: a new indicator for vascular resistance // Eur. Surg. Res. – 2004. – Vol. 36. – P. 345–349.
8. Bakay C., Ereğ E., Salihoglu E. et al. Sequential use of internal thoracic artery in myocardial revascularization: mid- and long-term results of 430 patients // Cardiovasc. Surg. – 2002. – Vol. 10. – P. 481–488.

9. Bartley T.D., Bigelow J.C., Page U.S. Aortocoronary bypass grafting with multiple sequential anastomosis to a single vein // *Arch. Surg.* – 1972. – Vol. 105. – P. 915–917.
10. Bigelow J.C., Bartley T.D., Page U.S. et al. Long-term follow-up of sequential aortocoronary venous grafts // *Ann. Thorac. Surg.* – 1976. – Vol. 22. – P. 507–514.
11. Bonatti J., Lee J.D., Bonaros N. et al. Robotic totally endoscopic multivessel coronary artery bypass grafting: procedure development, challenges, results // *Innovations (Phila.)*. – 2012. – Vol. 7 (1). – P. 3–8.
12. Bonert M., Myers J.G., Fremes S. et al. A numerical study of blood flow in coronary artery bypass graft side-to-side anastomoses // *Ann. Biomed. Eng.* – 2002. – Vol. 30. – P. 599–611.
13. Cho W.C., Kim J.B., Jung S.H. et al. Revascularization of the left anterior descending artery area using a single left internal thoracic artery: auto-Y composite grafting or sequential bypassing // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2011. – Vol. 142. – P. 1464–1468.
14. Christenson J.T., Schmuziger M. How serious is a proximal occlusion of a posterolateral sequential bypass? // *Tex. Heart Inst. J.* – 1996. – Vol. 23. – P. 201–206.
15. Christenson J.T., Simonet F., Schmuziger M. Sequential vein bypass grafting: tactics and long-term results // *Cardiovasc. Surg.* – 1998. – Vol. 6. – P. 389–397.
16. Dion R., Glineur D., Derouck D. et al. Long-term clinical and angiographic follow-up of sequential internal thoracic artery grafting // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2000. – Vol. 17. – P. 407–414.
17. Dur O., Coskun S.T., Coskun K.O. et al. Computer-Aided Patient-Specific Coronary Artery Graft Design Improvements Using CFD Coupled Shape Optimizer // *Cardiovasc. Eng. Technol.* – 2011. – Vol. 2. – P. 35–47.
18. Farsak B., Tokmakoglu H., Kandemir O. et al. Angiographic assessment of sequential and individual coronary artery bypass grafting // *J. Card. Surg.* – 2003. – Vol. 18. – P. 524–529.
19. Faulkner S.L., Fisher R.D., Conkle D.M. et al. Effect of blood flow rate on subendothelial proliferation in venous autografts used as arterial substitutes // *Circulation.* – 1975. – Vol. 52. – P. 163–172.
20. Flemma R.J., Johnson W.D., Lепley D.Jr. Triple aorto-coronary vein bypass as treatment for coronary insufficiency // *Arch. Surg.* – 1971. – Vol. 103. – P. 82–83.
21. Frauenfelder T., Boutsianis E., Schertler T. et al. Flow and wall shear stress in end-to-side and side-to-side anastomosis of venous coronary artery bypass grafts // *Biomed. Eng. Online.* – 2007. – Vol. 26. – P. 6–35.
22. Fujiwara T., Kajiyama F., Kanasawa S. et al. Comparison of blood-flow waveforms in different coronary artery bypass grafts // *Circulation.* – 1988. – Vol. 78. – P. 1210–1217.
23. Fukui T., Takanashi S., Hosoda Y. et al. Total arterial myocardial revascularization using composite and sequential grafting with the off-pump technique // *Ann. Thorac. Surg.* – 2005. – Vol. 80. – P. 579–585.
24. Gao C., Wang M., Wang G. et al. Patency of sequential and individual saphenous vein grafts after off-pump coronary artery bypass grafting // *J. Card. Surg.* – 2010. – Vol. 25. – P. 633–637.
25. Grondin C.M., Limet R. Sequential anastomoses in coronary artery grafting. Technical aspects and early and late angiographic results // *Ann. Thorac. Surg.* – 1977. – Vol. 23. – P. 1–8.
26. Gwozdziwicz M., Nemecek P., Simek M. et al. Sequential bypass grafting on the beating heart: blood flow characteristics // *Ann. Thorac. Surg.* – 2006. – Vol. 82. – P. 610–613.
27. Hartman J.M., Kelder J.C., Ackerstaff R.G. et al. Different behavior of sequential versus single left internal mammary artery to left anterior descending area grafts // *Cardiovasc. Surg.* – 2001. – Vol. 9. – P. 586–694.
28. Kabinejadian F., Chua L.P., Ghista D.N. et al. A novel coronary artery bypass graft design of sequential anastomoses // *Ann. Biomed. Eng.* – 2010. – Vol. 38. – P. 3135–3150.
29. Kandemir O., Tokmakoglu H., Tezcaner T. et al. Right coronary system grafts: alone or together with left system grafts-angiographic results // *Ann. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2007. – Vol. 13. – P. 27–31.
30. Kieser T.M., FitzGibbon G.M., Keon W.J. Sequential coronary bypass grafts // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1986. – Vol. 91. – P. 767–772.
31. Kim H.J., Lee T.Y., Kim J.B. et al. The impact of sequential versus single anastomoses on flow characteristics and mid-term patency of saphenous vein grafts in coronary bypass grafting // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2011. – Vol. 141. – P. 750–754.
32. Kolibash A.J., Goodenow J.S., Bush C.A. et al. Improvement of myocardial perfusion and left ventricular function after coronary artery bypass grafting in patients with unstable angina // *Circulation.* – 1979. – Vol. 59. – P. 66–74.
33. Lehr E.J., Zimrin D., Vesely M. et al. Axillary-coronary sequential vein graft for total endoscopic triple coronary artery bypass // *Ann. Thorac. Surg.* – 2010. – Vol. 90. – P. 79–81.
34. Li J., Liu Y., Zheng J. et al. The patency of sequential and individual vein coronary bypass grafts: a systematic review // *Ann. Thorac. Surg.* – 2011. – Vol. 92. – P. 1292–1298.
35. McBride L.R., Barner H.B. The left internal mammary artery as a sequential graft to the left anterior descending system // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1983. – Vol. 86. – P. 703–705.
36. Meena S., Xiang C. Computational study of blood flow in an aorto-coronary bypass model using single versus sequential grafting technique // *Conf. Proc. IEEE. Eng. Med. Biol. Soc.* – 2007. – P. 2701–2704.
37. Meeter K., Veldkamp R., Tijssen J.G. et al. Clinical outcome of single versus sequential grafts in coronary bypass operations at ten years follow-up // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1991. – Vol. 101. – P. 1076–1081.
38. Mert M., Cetin G., Yildiz C.E. et al. Long term follow up results of sequential left internal thoracic artery grafts on severe left anterior descending artery disease // *J. Cardiothorac. Surg.* – 2010. – Vol. 130. – P. 5–87.
39. Muneretto C., Negri A., Manfredi J. et al. Safety and usefulness of composite grafts for total arterial myocardial revascularization: a prospective randomized evaluation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2003. – Vol. 125. – P. 826–835.
40. Nakajima H., Kobayashi J., Tagusari O. et al. Functional angiographic evaluation of individual, sequential, and composite arterial grafts // *Ann. Thorac. Surg.* – 2006. – Vol. 81. – P. 807–814.
41. Nakajima H., Kobayashi J., Toda K. et al. Angiographic evaluation of flow distribution in sequential and composite arterial grafts for three vessel disease // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2012. – Vol. 41. – P. 763–769.
42. Nakajima H., Kobayashi J., Toda K. et al. Determinants for successful sequential radial artery grafting to the left circumflex and right coronary arteries // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* – 2011. – Vol. 12. – P. 125–129.
43. Nordgaard H., Vitale N., Haaverstad R. Transit-time blood flow measurements in sequential saphenous coronary artery bypass grafts // *Ann. Thorac. Surg.* – 2009. – Vol. 87. – P. 1409–1415.
44. Ochi M., Bessho R., Saji Y. et al. Sequential grafting of the right gastroepiploic artery in coronary artery bypass surgery // *Ann. Thorac. Surg.* – 2001. – Vol. 71. – P. 1205–1209.
45. O'Neill M.J., Wolf P.D., O'Neill T.K. et al. A rationale for the use of sequential coronary artery bypass grafts // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1981. – Vol. 81. – P. 686–690.
46. Onorati F., Santarpino G., Rubino A. et al. Intraoperative bypass graft flow in intra-aortic balloon pump-supported patients: differences in arterial and venous sequential conduits // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 2009. – Vol. 138. – P. 54–61.

47. Ouzounian M., Hassan A., Yip A.M. et al. The impact of sequential grafting on clinical outcomes following coronary artery bypass grafting // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2010. – Vol. 38. – P. 579–584.
48. Quigley R.L. Sequential bypass on the beating heart can be achieved without compromising patient safety or regional myocardial blood flow // *Int. Surg.* – 2010. – Vol. 95. – P. 257–260.
49. Raja S.G., Salhiyyah K., Navaratnarajah M. et al. Ten-year outcome analysis of off-pump sequential grafting: single surgeon, single center experience // *Heart Surg. Forum.* – 2012. – Vol. 15 (3). – P. 136–142.
50. Rammos K.S., Koullias G.J., Pappou T.J. et al. A computer model for the prediction of left epicardial coronary blood flow in normal, stenotic and bypassed coronary arteries, by single or sequential grafting // *Cardiovasc. Surg.* – 1998. – Vol. 6. – P. 635–648.
51. Reneman R.S., Arts T., Hoeks A.P. Wall shear stress-an important determinant of endothelial cell function and structure in the arterial system in vivo. Discrepancies with theory // *J. Vasc. Res.* – 2006. – Vol. 43. – P. 251–269.
52. Rittgers S.E., Karayannacos P.E., Guy J.F. et al. Velocity distribution and intimal proliferation in autologous vein grafts in dogs // *Circ. Res.* – 1978. – Vol. 42. – P. 792–801.
53. Schwann T.A., Zacharias A., Riordan C.J. et al. Sequential radial artery grafts for multivessel coronary artery bypass graft surgery: 10-year survival and angiography results // *Ann. Thorac. Surg.* – 2009. – Vol. 88. – P. 31–39.
54. Silva R.R., Truffa M.A., Birolli J.R. et al. CABG late angiographic grafting patency analysis in patients with recurrent symptoms // *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* – 2009. – Vol. 24. – P. 138–142.
55. Tector A.J., Schmahl T.M., Canino V.R. et al. The role of the sequential internal mammary artery graft in coronary surgery // *Circulation.* – 1984, Sep. – Vol. 70, suppl. 1. – P. 222.
56. Van Brussel B.L., Plokker H.W., Voors A.A. et al. Different clinical outcome in coronary artery bypass with single and sequential vein grafts: a fifteen-year follow-up study // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1996. – Vol. 112. – P. 69–78.
57. Vural K. M., Sener E., Tasdemir O. Long-term patency of sequential and individual saphenous vein coronary bypass grafts // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2001. – Vol. 19. – P. 140–144.
58. Weinschelbaum E.E., Gabe E.D., Macchia A. et al. Total myocardial revascularization with arterial conduits: radial artery combined with internal thoracic arteries // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* – 1997. – Vol. 114. – P. 911–916.

Поступила 09.07.2012

Сведения об авторах

Семченко Андрей Николаевич, врач сердечно-сосудистый хирург отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России.

Адрес: 680009, г. Хабаровск, ул. Краснодарская, 2в.

E-mail: semch@mail.ru.

Галютдинов Дамир Мажитович, канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург, старший научный сотрудник лаборатории искусственного и вспомогательного кровообращения отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Минздрава России.

Адрес: 121552, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, 15а.

Васильев Владислав Петрович, канд. мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург, старший научный сотрудник лаборатории микрохирургии сердца и сосудов отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Минздрава России.

Адрес: 121552, г. Москва, ул. 3-я Черепковская, 15а.

Бондарь Владимир Юрьевич, канд. мед. наук, доцент, главный врач ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, зав. кафедрой сердечно-сосудистой хирургии и интервенционной кардиологии факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Дальневосточного государственного медицинского университета.

Адрес: 680009, г. Хабаровск, ул. Краснодарская, 2в.