

УДК 616.132.2-089.844-06:616.12-005.4

DOI: 10.34215/1609-1175-2022-1-85-89

Непосредственные результаты бимаммарного коронарного шунтирования у пациентов с ишемической болезнью сердца

А.Г. Мурадов¹, В.У. Эфендиев¹, А.В. Андин¹, Д.П. Демидов¹, Д.Б. Дробот^{1,2}, В.А. Сакович^{1,2}¹ ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии», Красноярск, Россия; ² Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

Цель: сравнить непосредственные результаты бимаммарного аутоартериального шунтирования «*in situ*» и «Y»-графтом у пациентов с ишемической болезнью сердца. **Материал и методы.** С января 2018 г. по декабрь 2020 г. в кардиохирургическом отделении №1 ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения РФ (г. Красноярск) 107 пациентам выполнено бимаммарное коронарное шунтирование. Распределение групп проводилось в соотношении 3:1, в первой группе (24 пациента) для реваскуляризации миокарда использовались обе внутренние грудные артерии по методике «*in situ*», во второй группе (композиционного шунтирования) (83 пациента) правая внутренняя грудная артерия свободным графтом анастомозировалась с левой внутренней грудной артерией («Y»-графт). **Результаты.** Случаев госпитальной летальности не было. Длительность операций в группе композиционного шунтирования была достоверно выше, чем в группе «*in situ*» (126,4 минут ± 20,1 минут против 172,3 минут ± 27,1 минут, $p = 0.038$), связано это было с большим числом наложения дистальных анастомозов. Кровотечение в раннем послеоперационном периоде было в одном случае (1,2%) в группе композиционного шунтирования. Периоперационные инфаркты миокарда, неврологические осложнения и глубокая раневая инфекция грудины отсутствовали в обеих группах. У одного пациента из группы «*in situ*» (4,2%) и у одного пациента из группы композиционного шунтирования (1,2%) послеоперационный период осложнился поверхностной раневой инфекцией в области стернотомного доступа ($p = 0.649$). В группе «*in situ*» средняя скорость кровотока по данным флоуметрии составила 32 мл/мин ± 8,1 мл/мин, а в группе композиционного шунтирования 51,8 мл/мин ± 12,3 мл/мин, $p = 0.001$. **Заключение.** Бимаммарное коронарное шунтирование обеспечивает благоприятный эффект хирургического лечения в послеоперационном периоде. Данная методика операций позволяет добиться низкой внутрибольничной летальности и осложнений, может быть связана с хорошей отдаленной выживаемостью пациентов, для этого необходим дальнейший анализ результатов исследования на более отдаленных сроках.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, бимаммарное коронарное шунтирование, секвенциальное шунтирование

Поступила в редакцию 30.06.2021. Получена после доработки 30.09.2021. Принята к печати 17.12.2021.

Для цитирования: Мурадов А.Г., Эфендиев В.У., Андин А.В., Демидов Д.П., Дробот Д.Б., Сакович В.А. Непосредственные результаты бимаммарного коронарного шунтирования у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2022; 1:85–89. doi: 10.34215/1609-1175-2022-1-85-89

Для корреспонденции: Мурадов Асим Гасанович – врач сердечно-сосудистой хирург кардиохирургического отделения №1 ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» (660020, г. Красноярск, улица Караульная, 45); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4096-0375>; e-mail: ranjer1986@mail.ru

Immediate results of using both internal thoracic arteries for coronary artery bypass surgery in patients with ischemic artery disease

A.G. Muradov¹, V.U. Efendiev¹, A.V. Andin¹, D.P. Demidov¹, D.B. Drobot^{1, 2}, V.A. Sakovich^{1,2}¹ Federal Center for Cardiovascular Surgery, Krasnoyarsk, Russia;² Professor V.F. Voino-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

Objective: To compare direct results of «*in situ*» and Y-graft bimarmary autoarterial bypass in patients having coronary artery disease. **Methods:** From January 2018 to November 2020, 107 patients having ischemic artery disease undergone coronary artery bypass surgery in the Cardiac Surgery Department No.1 of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Krasnoyarsk). The distribution of the groups was carried out in a 3:1 ratio: in the first group (24 patients) both internal thoracic arteries were used for myocardial revascularization according to the «*in situ*» technique, in the second group (composite bypass surgery) (83 patients) the right internal thoracic artery was anastomosed with a free graft with the left internal thoracic artery (Y-graft). **Results:** There were no cases of hospital mortality. The duration of operations in the composite bypass group was significantly higher than in the «*in situ*» group (126.4 minutes ± 20.1 minutes versus 172.3 minutes ± 27.1 minutes, $p = 0.038$). The reason for extra time is the necessity to put a large number of distal anastomoses. Bleeding in the early postoperative period was observed only in one case (1.2%) in the composite bypass group. Perioperative myocardial infarctions, neurological complications, and deep wound infection of the sternum weren't observed in any group. One patient from the «*in situ*» group (4.2%) and one patient from the composite bypass grafting group (1.2%), experienced the postoperative period complicated by a superficial wound infection in the area of the sternotomy access ($p = 0.649$). In the «*in situ*» group, average blood flow velocity according to flowmetry data was 32 ml / min ± 8.1 ml / min, and in the composite shunting group it counted 51.8 ml / min ± 12.3 ml / min, $p = 0.001$. **Conclusions.** Using both internal thoracic arteries for coronary artery bypass surgery provides a favorable effect of surgical treatment in the postoperative period. This operation technique can be safely performed with low mortality rate and less complications. It may be associated with improved long-term patient survival; but this requires further analysis of the study results in a longer period.

Keywords: ischemic heart disease, bimaxillary coronary artery bypass surgery, sequential bypass

Received 30 June 2021; Revised 30 September 2021; Accepted 17 December 2021

For citation: Muradov A.G., Efendiev V.U., Andin A.V., Demidov D.P., Drobot D.B., Sakovich V.A. Immediate results of using both internal thoracic arteries for coronary artery bypass surgery in patients with coronary artery disease. *Pacific Medical Journal*. 2022;1:85–89. doi: 10.34215/1609-1175-2022-1-85-89

Corresponding author: Asim G. Muradov, cardiovascular surgeon of the Cardiac Surgery Department No.1 of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation (45, Karaulnaya Street, Krasnoyarsk, 660020, Russian Federation); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4096-0375>; e-mail: ranjer1986@mail.ru

Хирургические методы лечения ишемической болезни сердца (ИБС) характеризуются высокой эффективностью. Современный уровень коронарной хирургии позволяет выполнять прямую реваскуляризацию миокарда достаточно безопасно, с госпитальной летальностью, не превышающей 1–3% [1, 2]. При выборе кондукта общепринятым стандартом является применение внутренней грудной артерии (ВГА) для реваскуляризации передней нисходящей артерии и большой подкожной вены для шунтирования бассейна правой и огибающей артерий.

Долгосрочное преимущество при коронарном шунтировании (КШ) показывает сочетанное использование ВГА и венозных аутотрансплантатов [3]. При этом, имеется ограниченный ресурс жизнеспособности шунтов, что ведет к возобновлению клиники ИБС у прооперированных больных. Использование методики полной аутоартериальной реваскуляризации сердца улучшает результаты в отдаленном периоде по сравнению с традиционным применением венозных графтов [4].

В 90-х годах несколько исследовательских групп представили результаты использования обеих ВГА для операции КШ, которые продемонстрировали превосходную проходимость сосудов и хорошие клинические результаты в сравнении с использованием одной ВГА [5,6]. После этого был проведен ряд рандомизированных клинических исследований, доказывающих преимущества данной методики. В настоящее время нет сомнений в эффективности использования обеих ВГА при хирургическом лечении ИБС. Бимаммарная реваскуляризация коронарных артерий чаще всего выполняется в двух модификациях: 1 – обе ВГА сохраняют связь с соответствующей подключичной артерией («*in situ*»); 2 – правая ВГА отсекается от устья и используется как свободный трансплантат от левой ВГА «*in situ*» («Y»-графт). В обоих случаях не требуется использование восходящей аорты в качестве наложения проксимального анастомоза. Применение двух ВГА расширяет возможности хирургических методов, не требующих пережатия аорты, и снижает появление неврологических осложнений в группах высокого риска [7]. Однако рандомизированные клинические исследования, доказывающие преимущества описанных модификаций, до настоящего времени не проводились.

Цель настоящей работы состояла в оценке непосредственных результатов бимаммарного аутоартериального коронарного шунтирования с помощью методов «*in situ*» и «Y»-графтом у пациентов с ИБС.

Материал и методы

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинской Декларации. Дизайн исследования был одобрен этическим комитетом ФЦССХ г. Красноярск. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

С января 2018 г. по декабрь 2020 г. в кардиохирургическом отделении №1 ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава РФ (г. Красноярск) 107 пациентам выполнено изолированное КШ с использованием двух ВГА, в двух модификациях. Распределение групп проводилось в соотношении 3:1, в группе 1 (n=24) для реваскуляризации миокарда применяли обе ВГА по методике «*in situ*», в группе 2 (n=83) правая ВГА свободным графтом анастомозировалась с левой ВГА («Y»-графт). Распределение пациентов по группам решалось на дооперационном этапе, согласно данным коронароангиографии, значимым считался стеноз артерии 70% и более и диаметр артерии за зоной поражения не менее 1,5 мм. В первую группу вошли пациенты с поражением передней нисходящей артерии и проксимальным поражением правой коронарной артерии. Во вторую группу – пациенты с поражением передней нисходящей артерии и других артерий системы левой коронарной артерии и/или с дистальным поражением правой коронарной артерии или ее ветвей. Исходные данные пациентов, включенных в исследование, представлены в таблице.

ФВЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ХБП – хроническая болезнь почек, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, CCS – классификация стабильной стенокардии напряжения по Canadian Cardiovascular Society, БЦА – брахиоцефальные артерии, ВОА – восходящий отдел аорты, ЛКА – левая коронарная артерия, ПНА – передняя нисходящая артерия, ОА – огибающая артерия, АТК – артерия тупого края, ПА – промежуточная артерия, ДА – диагональная артерия, ПКА – правая коронарная артерия, СКФ – скорость клубочковой фильтрации, EuroSCORE II – Европейская шкала рисков неблагоприятных исходов операции.

Первичной конечной точкой исследования была оценка госпитальной летальности. Вторичные точки эффективности включали: развитие периоперационного инфаркта миокарда, неврологические осложнения и раневые осложнения грудины. Всем пациентам выполнялась срединная стернотомия, далее проводилось выделение левой и правой ВГА методом скелетизации.

Таблица
Предоперационная клинико-диагностическая характеристика
пациентов, (M±SD)

	Группа 1 («in situ», n=24)	Группа 2 («Y-графт», n=83)	p - value
Возраст (лет)	58,9 ± 7,6	60,9 ± 7,6	0,257
Пол (м)	18 (75%)	72 (86,7%)	0,227
Сахарный диабет	5 (20,8%)	20 (24,1%)	0,742
ИМТ (кг/м ²)	30,7±5,6	28,9 ± 5	0,146
Гипертоническая болезнь	22 (91,7%)	81 (97,6%)	0,181
ХБП (СКФ <60 мл/мин/1,73м ²)	10 (41,7%)	41 (49,4%)	0,508
ХОБЛ	1 (4,2%)	1 (1,2%)	0,350
ФВЛЖ (%)	50,2 ± 11,9	51 ± 8,9	0,691
Стенокардия CCS:			
II класс	12 (50%)	41 (49,4%)	0,959
III класс	9 (37,5%)	34 (41%)	0,763
IV класс	1 (4,2%)	0 (0%)	0,901
Поражение БЦА	7 (29,2%)	19 (29,9%)	0,532
Кальциноз ВОА	7 (29,2%)	18 (21,7%)	0,450
Поражение коронарных артерий (стеноз более 70% или окклюзия):			
ствол ЛКА	8 (33,3%)	23 (27,7%)	0,596
ПНА	18 (72%)	71 (85,5%)	0,227
ОА (или проксимальный сегмент АТК)	1 (4,2%)	59 (71%)	0,026
ПА	0 (0%)	6 (7,2%)	0,013
ДА	0 (0%)	7 (8,4%)	0,007
ПКА (или проксимальное поражение краевых ветвей артерии)	23 (95,8%)	71 (85,6%)	0,177

Данная методика позволяет выделить ВГА максимальной длины, необходимой для шунтирования дистальных отделов коронарных артерий передней и задней поверхности сердца. Вводили расчетную дозу гепарина для начала основного этапа операции. Отсекали дистально до бифуркации обе ВГА, дистальной места отсечения артерий накладывали гемостатические клипсы. При необходимости, в дальнейшем использование правой ВГА композитным трансплантантом, последняя отсекалась проксимально до отхождения от правой подключичной артерии и вшивалась в левую ВГА на уровне ушка левого предсердия обвивным непрерывным швом нитью («Y-графт»). При выполнении операций в условиях искусственного кровообращения (ИК), подключение аппарата ИК выполнялось по схеме: восходящий отдел аорты – правое предсердие. Для наложения анастомозов в условиях работающего сердца, использовался стабилизатор миокарда (Acrobat Maquet (Швеция) или Cardiac Stabilizers Beijing MEDOS

AT Biotechnology, КНР) и внутрикoronарные шунты (Medtronic, США), различного диаметра (от 1,25 мм до 2 мм). При использовании техники композитного коронарного шунтирования, для позиционирования боковой и задней поверхностей сердца, накладывался глубокий перикардальный шов в области задней межжелудочковой борозды, с формированием турникета. В зависимости от числа дистальных анастомозов выполнялась реваскуляризация миокарда: при одном дистальном анастомозе формировался анастомоз по типу «конец в бок», при формировании более одного дистального анастомоза выполнялось композитное – секвенциальное шунтирование с помощью техники ромбовидного анастомоза («diamond-shaped»). Эта методика является более эффективным вариантом наложения дистальных анастомозов при секвенциальном шунтировании, чем техника параллельных анастомозов «бок в бок», связано это с более высокой скоростью объемного кровотока по шунту в области наложения анастомоза и меньшей вероятностью перегиба шунта в этой зоне [8]. Контроль проходимости шунтов проводили интраоперационно с помощью флоуметрии (Medistim Mira Q, Норвегия). При выполнении этой процедуры мы обращаем внимание на объемную скорость кровотока (Q), которая не должна быть менее 15-20 мл/мин и на индекс сопротивления (PI), величина которого не должна составлять более 5 единиц [9]. Данный диапазон референтных значений наблюдался у всех исследованных пациентов.

Статистический анализ проводился с помощью программы Statistica для Windows версия 10.0 (Statsoft, Inc., США). Данные выражались как среднее значение ± стандартное отклонение (M±SD) или процент пациентов от

группы. Проверку статистических гипотез осуществляли по критерию Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

Результаты исследования

Случаев госпитальной летальности не было. Все операции выполнены с использованием обеих ВГА, без дополнительных венозных и артериальных графтов. В одном случае, в группе «in situ» (1,2%), при выполнении операции на работающем сердце была конверсия по причине желудочковой тахикардии, не купирующийся электрической дефибрилляцией, на фоне гипотермии 33С, был подключен аппарат ИК, формирование анастомозов проводилось в условиях параллельного ИК. В одном случае (4,2%), операция по методике «in situ», проводилось только для бассейна левой коронарной артерии: левая ВГА была анастомозирована с артерией тупого края, а правая ВГА была анастомозирована

с передней нисходящей артерией, операция проводилась на работающем сердце. Периоперационные инфаркты миокарда, неврологические осложнения и глубокая раневая инфекция грудины отсутствовали в обеих группах. У одного пациента из группы «*in situ*» (4,2%) и у одного пациента из группы комбинированного шунтирования (1,2%) послеоперационный период осложнился поверхностной раневой инфекцией в области стернотомного доступа ($p = 0,649$), на фоне антибактериальной и вакуумной терапии отрицательным давлением, удалось добиться очищения раны с дальнейшим наложением вторичных швов. В одном случае (1,2%), в группе комбинированного шунтирования, в связи с элевацией сегмента ST по выезду из операционной, проводилась коронарошунтография: проходимость шунтов была не нарушена, отмечался выраженный спазм левой ВГА, после проведенной спазмолитической терапии, спазм был купирован, на ЭКГ сегмент ST вернулся к изолинии, пациент был переведен в отделение реанимации в стабильном состоянии.

Обсуждение полученных данных

Операция коронарного шунтирования с использованием двух ВГА показала высокую эффективность в послеоперационном периоде. Несомненно, данная методика шунтирования артерий сердца, в сравнении с традиционной методикой, когда применяется только одна ВГА, является более сложным вмешательством с технической точки зрения, но преимущества отдаленной выживаемости при задействовании двух ВГА, в сравнении с использованием только одной ВГА, широко сообщались в метаанализах и ретроспективных исследованиях. Потребовалось от 7 до 10 лет наблюдения, прежде чем преимущества бимаммарного шунтирования стали очевидными [10]. Выполнение операций с использованием обеих ВГА не является показанием к применению только аппарата искусственного кровообращения. Данный вид операций, независимо от объема реваскуляризации, может быть выполнен успешно и на работающем сердце, что было продемонстрировано в нашей работе. Выбор условий и оптимальной методики реваскуляризации сердца обсуждается на дооперационном этапе, во внимание берутся такие факторы, как фракция выброса левого желудочка, какие коронарные артерии поражены, степень поражения этих артерий, есть ли кальциноз на восходящем отделе аорты, сопутствующий анамнез пациента, важным фактором является и опыт хирурга. Идеальный баланс между лучшими отдаленными клиническими и ангиографическими результатами при использовании двух ВГА и потенциальным риском развития осложнений, связанных с забором кондуитов и технической сложностью их использования, был и остается центром постоянных дискуссий на протяжении последних нескольких десятков лет.

Риск развития медиастенита после забора ВГА составляет примерно 0,5–2%. Эти показатели наиболее выражены у женщин с ожирением, а также у пациентов

с хронической обструктивной болезнью легких, сахарным диабетом и почечной недостаточностью. Забор ВГА на ножке снижает кровоснабжение грудины, вызывая ишемию грудины. Использование методики скелетизации ВГА позволяет сохранить сосудистую сеть грудины и тем самым уменьшить риск развития глубокой раневой инфекции грудины [11]. В нашем исследовании мобилизация обеих ВГА методикой скелетизации не сопровождалась развитием глубокой раневой инфекции грудины ни в одной из групп, что может говорить о пользе данной методики. Группа исследователей из Оттавы (Канада) в проспективном рандомизированном исследовании, сравнивающем использование правой ВГА «*in situ*» и свободным «Y»-графтом» от левой ВГА, показала, что общее количество анастомозов трансплантата, выполненных на одного пациента, было одинаковым в обеих группах. Однако комбинированная конфигурация позволяла правой ВГА достигать более дистальных краевых ветвей и в некоторых случаях задне-боковой или задней межжелудочковой артерий. Следовательно, количество анастомозов трансплантата, выполненных в группе комбинированного шунтирования, было больше, чем в группе «*in situ*». Поэтому в группе «*in situ*» использовалось большее количество дополнительных аутооттрансплантатов [12]. В своей работе мы убедились, что использование правой ВГА в качестве комбинированного «Y»-графта» позволяет увеличить число дистальных анастомозов с коронарными артериями и дает возможность выполнить реваскуляризацию дистальных ветвей системы правой и левой коронарных артерий без применения дополнительных трансплантатов. Достигнуть этой цели позволила методика секвенциального шунтирования, благодаря которой можно формировать до 4-х маммарокоронарных анастомозов, а использование техники «diamond-shaped» для наложения анастомозов является эффективным вариантом для секвенциального шунтирования из-за более высокой скорости объемного кровотока в зоне анастомоза, чем при наложении параллельных анастомозов в артериях с критическим стенозом или окклюзией [8]. В нашей работе показатели интраоперационной флоуметрии были достоверно выше в группе комбинированно-секвенциального шунтирования (группа 2), в сравнении с группой, где использовались параллельные анастомозы (группа 1) (51,8 мл/мин $\pm$ 12,3 мл/мин против 32 мл/мин $\pm$ 8,1 мл/мин, $p = 0,001$).

Вопросу применения той или иной модификации двух ВГА, посвящен ряд исследований. Группа авторов в своей работе не отметила значимых различий в отдаленной выживаемости между группами пациентов в период наблюдения два года. Полная реваскуляризация была сопоставимой для обеих групп (98,5% пациентов с «Y»-графтом» против 99,5% пациентов «*in situ*» ($p = 0,744$)) [13]. В другом исследовании за время наблюдения (в среднем $5,9 \pm 4,3$ года) между группами пациентов с использованием двух ВГА «*in situ*» и в виде «Y»-графта», не отмечалось статистически значимых отличий в проходимости трансплантатов. Пробы с нагрузкой, для оценки класса стенокардии, так же не

выявили различий между двумя конфигурациями [14]. Итальянские коллеги сравнили 734 операции коронарного шунтирования с использованием двух ВГА «*in situ*» и 734 в виде «Y»-графт». Не было обнаружено различий в выживаемости пациентов между группами: $73 \pm 8\%$ в «Y»-графт и $77 \pm 5\%$ в «*in situ*» ($p = 0,48$). Не было изменений и в 20-летней выживаемости между группами, 58 ± 5 «Y»-графт против 60 ± 7 «*in situ*» ($p = 0,65$). Показатель больших кардиальных и цереброваскулярных событий (МАССЕ) не отличался между группами (40,8% конфигурация «*in situ*» против 33,5% «Y»-графт», $p = 0,74$) [15].

Анализируя работы в данной области, можно сказать, что преимущество использования двух ВГА не зависит от конфигурации. В нашем исследовании мы не обнаружили этой разницы в госпитальный период. Достаточно хороший опыт хирурга позволяет выполнять бимаммарное коронарное шунтирование с низким уровнем периоперационных инфарктов миокарда, ранних осложнений грудины и госпитальной летальностью. Обе методики реваскуляризации миокарда позволяют исключить манипуляции на восходящем отделе аорты, тем самым снизить риск развития в послеоперационном периоде неврологических осложнений.

Результаты нашей работы показывают, что коронарное шунтирование с использованием двух ВГА может выполняться на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения. Данная методика операций, не зависимо от конфигурации, характеризуется низким уровнем внутрибольничной летальности и осложнений и может определять стабильное состояние пациентов в отдаленный послеоперационный период.

Заключение

Бимаммарное коронарное шунтирование является эффективным методом полной аутоартериальной реваскуляризации миокарда, который выполняется в условиях искусственного кровообращения и на работающем сердце. Данная методика реваскуляризации миокарда позволяет исключить манипуляции на восходящем отделе аорты и тем самым избежать или снизить риск развития в послеоперационном периоде неврологических осложнений. Секвенциальное шунтирование благоприятно сказывается на гемодинамических показателях кровотока. Нами установлено, что при изолированных шунтах («*in situ*») средняя скорость кровотока составляет $32 \text{ мл/мин} \pm 8,1 \text{ мл/мин}$, а при секвенциальном шунтировании – $51,8 \text{ мл/мин} \pm 12,3 \text{ мл/мин}$ ($p = 0,001$).

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования – МАГ, ЭВУ, ДДП

Сбор и обработка материала – МАГ

Статистическая обработка – МАГ, ЭВУ

Написание текста – МАГ

Редактирование – ЭВУ, ААВ, ДДБ, СВА

Литература/Reference

1. El Bardissi AW, Aranki SF, Sheng S, O'Brien SM, Greenberg CC, Gammie JS. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012; 143:273–281. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.10.029
2. Hua M, Scales DC, Cooper Z, Pinto R, Moitra V, Wunsch H. Impact of Public Reporting of 30-day Mortality on Timing of Death after Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Anesthesiology.* 2017; 127:953–960. doi: 10.1097/ALN.0000000000001884
3. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, Proudfit WL. Influence of the internal mammary artery graft on 10 – year survival and other cardiac events. *N Engl J Med.* 1986; 314:1–6 doi: 10.1056/NEJM198601023140101
4. 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;50:53–60 doi: 10.1093/ejcts/ezv467
5. Buxton BF, Komeda M, Fuller JA, Gordon I. Bilateral internal thoracic artery grafting may improve outcomes of coronary artery surgery, risk-adjusted survival. *Circulation.* 1998; 98: II-1–6.
6. Lytle BW, Blackstone EH, Loop FD, Houghtaling PL, Arnold JH, Akhrass R, McCarthy PM, Cosgrove DM. Two internal thoracic artery grafts are better than one. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999; 117:855–72. doi: 10.1016/S0022-5223(99)70365-X
7. Gatti G, Dell'Angela L, Benussi B, Dreass L, Forti G, Gabrielli M, Rauber E, Luzzati R, Sinagra G, Pappalardo A. Bilateral internal thoracic artery grafting in octogenarians: where are the benefits? *Heart and Vessels.* 2016. 31:702–712. doi: 10.1007/s00380-015-0675-z
8. Matsuura K, Wei WJ, Liu H, Matsumiya G. Computational fluid dynamics study of the end-side and sequential coronary artery bypass anastomoses in a native coronary occlusion model. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018; 26: 583–589. doi: 10.1093/icvts/ivx376
9. Niclauss L. Techniques and standards in intraoperative graft verification by transit time flow measurement after coronary artery bypass graft surgery: a critical review. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 51: 26–33. doi: 10.1093/ejcts/ezw203
10. Lytle BW. Prolonging patency—choosing coronary bypass grafts. *N Engl J Med.* 2004; 351: 2262–2264. doi: 10.1056/NEJMp048238
11. Benedetto U, Altman DG, Gerry S, Gray A, Lees B, Pawlaczyk R, Taggart DP. Arterial revascularization trial Investigators. Pedicled and skeletonized single and bilateral internal thoracic artery grafts and the incidence of sternal wound complications: insights from the arterial revascularization trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016; 152: 270–276. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.056
12. Glineur D, Hanet C, D'hoore W, Funken W, Rubay JC, El Khoury G. Comparison of bilateral internal thoracic artery revascularization using in situ or Y graft configurations. *Circulation.* 2008; 118 (14 Suppl.): S216–S221. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.751933
13. Nasso G, Coppola R, Bonifazi R, Piancone F, Bozzetti G, Speziale G. Arterial revascularization in primary coronary artery bypass grafting: direct comparison of 4 strategies—results of the Stand-in-Y Mammary Study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009; 137: 1093–100. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.10.029
14. Gatti G, Castaldi G, Morosini M, Tavcar I, Belgrano M, Benussi B, Sinagra G, Pappalardo A. Double versus single source left-sided coronary revascularization using bilateral internal thoracic artery graft alone. *Heart and Vessels.* 2018; 33: 113–25. doi: 10.1007/s00380-017-1040-1
15. Di Mauro M, Iaco` AL, Allam A, Awadi MO, Osman AA, Clemente D, Calafiore AM. Bilateral internal mammary artery grafting: in situ versus Y-graft. Similar 20-year outcome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 50: 729–34. doi: 10.1093/ejcts/ezw100