

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ • ORIGINAL ARTICLES

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ШУНТОГРАФИЯ ПРИ АОРТОКОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ:
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ДИСФУНКЦИЙ ШУНТОВ И ИХ КОРРЕКЦИИПетросян К.В., Караев А.В.*, Миронов Д.С., Донаканян С.А.,
Тетвадзе И.В., Шенгелия Л.Д.

DOI: 10.25881/20728255_2026_21_3_13

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева», Москва

Резюме. В статье рассматривается значимость интраоперационной шунтографии в улучшении результатов аортокоронарного шунтирования (АКШ) на примере опыта ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России за 2023 г. Обследовано 814 пациентов, которым было наложено 1754 коронарных шунта. Основной акцент делается на выявлении и коррекции дисфункций шунтов, таких как окклюзии, стенозы и перегибы, что позволяет улучшить гемодинамику и отдаленные результаты операций. Введение интраоперационной шунтографии в 2009 г. значительно снизило количество дисфункций, подчеркивая важность данного метода в протоколе АКШ. Результаты подтверждают необходимость ранней диагностики и коррекции шунтов для предотвращения возвратной стенокардии и повторных госпитализаций.

Ключевые слова: интраоперационная шунтография, коронарное шунтирование, венозные шунты.

Введение

ИБС сохраняет статус глобальной медико-социальной проблемы, оставаясь ведущей причиной смертности в структуре сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) как в мировом масштабе, так и в РФ [1; 6; 7]. Несмотря на прогресс в консервативной терапии, хирургическая реваскуляризация миокарда, в частности, аортокоронарное шунтирование (АКШ) продолжает занимать позицию «золотого стандарта» при многососудистом поражении коронарных артерий [3; 4]. Однако исторически высокая периоперационная летальность, особенно на ранних этапах развития коронарной хирургии, стала предметом критики в сравнении с эффективностью медикаментозного лечения [1].

Современные данные демонстрируют сохраняющиеся риски: по данным Ассоциации сердечно-сосудистых хирургов (2022) показатели больничной летальности от ИБС остаются очень высокими, несмотря на серьезные мероприятия по улучшению доступности и качества лечения. Они составили: от острого инфаркта миокарда – 10,7%, хронической ИБС – 12,6%, повторного инфаркта миокарда – 5,9%, других форм острой ИБС – 73,3% [2].

**INTRAOPERATIVE BYPASS ANGIOGRAPHY IN CORONARY
ARTERY BYPASS GRAFTING: A RETROSPECTIVE ANALYSIS
OF BYPASS GRAFT DYSFUNCTIONS AND THEIR CORRECTION**Petrosyan K.V., Karaev A.V.*, Mironov D.S., Donakanyan S.A.,
Shengelia L.D.

Bakulev National Scientific and Practical Center for Cardiovascular Surgery, Moscow

Abstract. The article proposes the innovativeness of intraoperative bypass angiography in improving the results of coronary artery bypass grafting (CABG) at the stage of experience of the National Medical Research Center of the A.N. Bakulev Cardiovascular Surgery Center for 2023. The study involved 814 patients who were prescribed 1754 coronary bypass grafts. The main emphasis is on the detection and correction of bypass dysfunctions, such as occlusions, stenoses and kinks, which improves hemodynamics and long-term results of the surgery. The introduction of intraoperative bypass angiography in 2009 significantly reduced the number of dysfunctions, as a result of which this method is used in the CABG protocol. The results confirm the need for early diagnosis and correction of bypass grafts to prevent recurrent angina and rehospitalizations.

Keywords: intraoperative angiography, coronary bypass surgery, venous grafts.

Одним из наиболее часто выполняемых кардио-хирургических вмешательств, а также «золотым стандартом» в вопросе выбора тактики лечения пациента с ИБС при многососудистом поражении коронарных артерий является АКШ [3; 4]. В 2023 г. оно выполнялось в 116 медицинских учреждениях РФ. Было пролечено 37530 человек, что почти на 2 тыс. человек больше, чем в 2022 г., и на 4 тыс. больше по сравнению с 2021 г. [2].

Исследование ARTS (Arterial Revascularization Therapies Study) [5] продемонстрировало значительные успехи в области хирургической реваскуляризации миокарда, представив важные данные о краткосрочных и долгосрочных результатах этой процедуры. В рамках исследования было установлено, что в течение первого месяца после операции ангинозные приступы отсутствуют у 95,5% пациентов. Это свидетельствует о высокой эффективности проведенного вмешательства в краткосрочной перспективе, обеспечивая значительное улучшение качества жизни пациентов.

Через шесть месяцев после операции отсутствие ангинозных приступов наблюдается у 92,7% пациентов. Этот показатель указывает на устойчивость положи-

* e-mail: karaev8@ya.ru

тельного эффекта от хирургической реваскуляризации миокарда, подтверждая долгосрочную эффективность выбранной тактики лечения. Даже спустя год после операции, 89,5% пациентов не испытывают ангинозных приступов, что демонстрирует стабильность результатов и указывает на успешное восстановление кровоснабжения миокарда.

Исследование ARTS не только подтверждает эффективность хирургической реваскуляризации, но и подчеркивает необходимость тщательного послеоперационного наблюдения и контроля за состоянием пациентов. Это позволяет своевременно выявлять и корректировать возможные осложнения, такие как стенозы или окклюзии шунтов, что способствует поддержанию высокого уровня качества жизни пациентов в долгосрочной перспективе [5].

По данным мировой статистики за 2022–2023 гг. ИБС является одним из наиболее распространенных ССЗ и ведущих причин смертности в мире [1; 6; 7]. По данным статистических материалов, опубликованных Министерством здравоохранения РФ, количество зарегистрированных больных с диагнозом ИБС, установленным впервые в жизни, составило: 933988 чел. в 2021 г. и 988698 чел. в 2022 г. На 100 тыс. всего населения приходится 637,2 и 672,7 зарегистрированных случаев, соответственно [8].

Несмотря на утвержденную тактику лечения посредством АКШ, это не исключает развитие дисфункций в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах наблюдения, что приводит к ухудшению качества жизни пациентов. Как правило, возникновение дисфункций трансплантатов связано с плохим качеством дистального русла, техническими ошибками при заборе и имплантации шунтов, приводящими к тромбозу трансплантатов, перенесенным медиастинитом, превышением показаний к операции и шунтированию коронарных артерий (КА) с «незрелыми» стенозами (<60%), что приводит к конкурирующему кровотоку [9–12].

В метаанализе «Assessing the Long-term Patency and Clinical Outcomes of Venous and Arterial Grafts Used in Coronary Artery Bypass Grafting» (2019), в котором приняли участие 2091 пациент, 1164 пациента были подвергнуты шунтированию с использованием артериальных кондуитов, а 927 пациентов – с использованием венозных. Исследование не выявило различий между показателями долгосрочной проходимости, частотой инфарктов миокарда, общей смертностью и частотой реваскуляризации после АКШ [13].

Согласно исследованию PREVENT IV, которое изучало отдаленные результаты операции АКШ, нарушение функций чаще всего наблюдается в венозных кондуитах (дисфункция отмечается уже после 30 дней) и зависит от следующих факторов: размер и чрезмерная длина вены, дистальный отток и медленный кровоток, наличие гиперкоагуляции. При проведении повторной ангиографии после АКШ частота дисфункции венозных шунтов достигает 25% [14; 15].

Данные о долгосрочной перспективе функционирования артериальных кондуитов подтверждены метаанализом «Total Arterial Coronary Bypass Graft Surgery is Associated with Better Long-Term Survival in Patients with Multivessel Coronary Artery Disease», включающим четырнадцать публикаций (с 2012 по 2020 гг.). Общее количество проанализированных пациентов – 22 746. В нем сравнивали тотальное АКШ (TAR-CABG – 8941 пациент) с АКШ, в котором не придерживались использования только артериальных кондуитов (13 805 пациентов). Согласно полученным данным, коэффициент риска долгосрочной смертности (более 10 лет) был ниже в группе TAR, чем в группе без TAR [16]. Аналогичные данные в пользу использования артериальных кондуитов были получены в исследовании, анализировавшем многоартериальную и тотально-артериальную коронарную реваскуляризацию [17].

Для предупреждения развития осложнений на ранних и поздних этапах после выполненной операции стоит вопрос о контроле и качестве выполненной работы. Существуют различные способы проверки проходимости кровотока по шунту, такие как доплеровская флоуметрия, электромагнитная флоуметрия, однако «золотым» стандартом в оценке проходимости аортокоронарных и маммарокоронарных шунтов является коронарошунтография (КШГ), которая проводится в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева с 2009 г. В рамках кардиоцентра в 2020 году было проведено исследование «Роль интраоперационной оптической когерентной томографии в морфологической оценке коронарных кондуитов при хирургической реваскуляризации миокарда», которое также доказало свою эффективность и прогностическую значимость [18].

В данном исследовании представлены результаты ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России за 2023 г.

Материал и методы

За период январь–декабрь 2023 г. в институте кардиохирургии им. В.И. Бураковского НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева интраоперационная шунтография выполнена у 814 пациентов. Всего было наложено 1754 коронарных шунта: 494 артериальных (из них 53 сенквенциальных/композиционных) и 1260 венозных (из них 15 сенквенциальных/композиционных) – в среднем 2,16±1 шунта на одного пациента. Средний Syntax SCORE – 26,7±12. Полная реваскуляризация миокарда была в 87,8% случаев (715 из 814 пациентов). Возраст больных варьировал от 34 до 83 лет (в среднем 58,5±23,5 лет).

Шунтографию выполняли рутинно всем пациентам, подвергающимся изолированному коронарному шунтированию. Исключением стали больные с тяжелой почечной недостаточностью и окклюзированным поражением артерий нижних конечностей (подвздошно-бедренного сегмента). Проходимость оценивали на мобильных ангиографах Philips Veradius и Ziehm Vision RFD после наложения анастомозов до момента сведения грудины.

Табл. 1. Распределение маммарных кондуитов к шунтированной артерии

Шунтированная артерия	Кол-во шунтов, п	Дисфункции шунтов, п (%)	Интраоперационная коррекция шунтов, п (%)
МКШ к ПМЖВ	391	51 (13)	35 (68,6)
МКШ к ВТК	17	5 (29,4)	2 (40)
МКШ к ДВ	20	1 (5)	–
МКШ к ИМА	2	–	–
МКШ к ЗБВ ОВ	3	1 (33,3)	–
МКШ к ЗБВ ПКА	1	–	–
МКШ к ЗМЖВ ПКА	4	1 (25)	–
МКШ к ПКА	2	1 (50)	–
МКШ к ВОК	1	1 (100)	1 (100)
Секвенциальный/композитный шунт (больше 2 артерий)	18	5 (28)	1 (20)
Секвенциальный/композитный шунт (2 артерии)	35	3 (8,6)	1 (33,3)

Примечание: ЗМЖВ – задняя межжелудочковая ветвь; ЗБВ – задняя боковая ветвь; ИМА – интермедиальная артерия; ДВ – диагональная ветвь; ОВ – огибающая ветвь; ВОК – ветвь острого края.

Пациентам были наложены различные виды маммарокоронарных и аортокоронарных шунтов (Табл. 1, 2). Для шунтирования передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) в 56% использовали артериальный шунт (АШ), в 44% – венозный шунт (ВШ). Соотношение количества артериальных и венозных кондуитов к ветви тупого края (ВТК) составило 5% и 95% соответственно. При шунтировании системы правой КА (ПКА) в большинстве также использовались ВШ.

Под дисфункциями шунтов мы понимаем критические ангиографически выявленные

артефакты, оказывающие влияние на интраоперационную гемодинамику и физиологию кровотока по шунту. Наблюдались следующие виды дисфункций:

- стенозы и перегибы шунтов (более 50%);
- окклюзии шунтов / шунтированных артерий;
- диссекции шунтов;
- экстравазальное поступление контрастного вещества из шунта, анастомоза и другие (замедленный пассаж контрастного вещества в связи с несоответствием диаметра шунта и нативной артерии, спазм, недифференцированные дефекты контрастирования, конкурирующий кровоток).

Результаты проведенной шунтографии оценивала оперирующая бригада. При выявлении дисфункций по решению сердечно-сосудистого хирурга выполняется решунтирование или манипуляция. В случаях технически невозможного выполнения данных процедур, при условии стабильной гемодинамики, шунты остаются без изменения.

Результаты

При проведении интраоперационной КШГ дисфункций, требующие коррекции, были выявлены в 205 из 1754 (11,6%) шунтов (Табл. 3).

Табл. 2. Распределение венозных кондуитов к шунтированной артерии

Шунтированная артерия	Кол-во шунтов, п	Дисфункции шунтов, п	Интраоперационная коррекция шунтов, п
ВШ к ПМЖВ	298	23 (7,7)	11 (47,8)
ВШ к ВТК	407	37 (9,1)	15 (40,5)
ВШ к ДВ	120	8 (6,7)	–
ВШ к ИМА	55	5 (9,1)	2 (40)
ВШ к ЗБВ ОВ	39	6 (15,4)	2 (33,3)
ВШ к ЗМЖВ ОВ	7	–	–
ВШ к ЗБВ ПКА	24	5 (20,8)	5 (100)
ВШ к ЗМЖВ ПКА	259	31 (11,9)	14 (45,2)
ВШ к ПКА	34	16 (47)	6 (37,5)
ВШ к ВОК	2	–	–
Секвенциальный/композитный шунт (2 артерии)	15	5 (33)	1 (20)

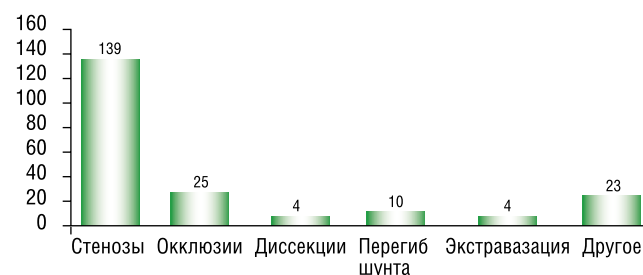


Табл. 3. Типы и количество дисфункций, выявленных при интраоперационной шунтографии (n = 205).

Окклюзии шунтов были выявлены в 25 (12,2%) случаях из 205 (Рис. 1). Больше число несостоятельных шунтов обнаружено к системе ПКА (8) и ВТК (8). Окклюзии маммарно-коронарных секвенциальных/композитных шунтов были выявлены у 12% (3 из 25), в которых отсутствовало контрастирование одного из дистальных анастомозов. При изолированном маммарокоронарном шунтировании выявлены тромбозы МКШ к ПМЖВ в 8% (2 из 25) и единственная окклюзия МКШ к ВТК (4% – 1 из 25).

При использовании венозных кондуитов окклюзия ВШ к системе ПКА выявлена – у 12% (3 из 25), ЗМЖВ ПКА – у 16% (4 из 25) и ВШ к ЗБВ ПКА – 4% (1 из 25). К системе огибающей артерии (ОВ) и ПМЖВ данный вид дисфункций встречался реже. Окклюзии ВШ к ВТК – у 2 из 25 (8%) и ВШ к ЗБВ ОВ – аналогично 16% (4 из 25). Окклюзия ВШ к ПМЖВ (5,5%) наблюдалась в 1 случае из 18. Окклюзии композитных венозных шунтов отмечались в 2 случаях (11,1%), при которых был не состоятелен один из дистальных анастомозов.

Ангиографически значимые стенозы были выявлены у 130 пациентов, всего в 139 шунтах (Рис. 2). В основном они встречались при шунтировании системы ПМЖВ, ПКА и ВТК.

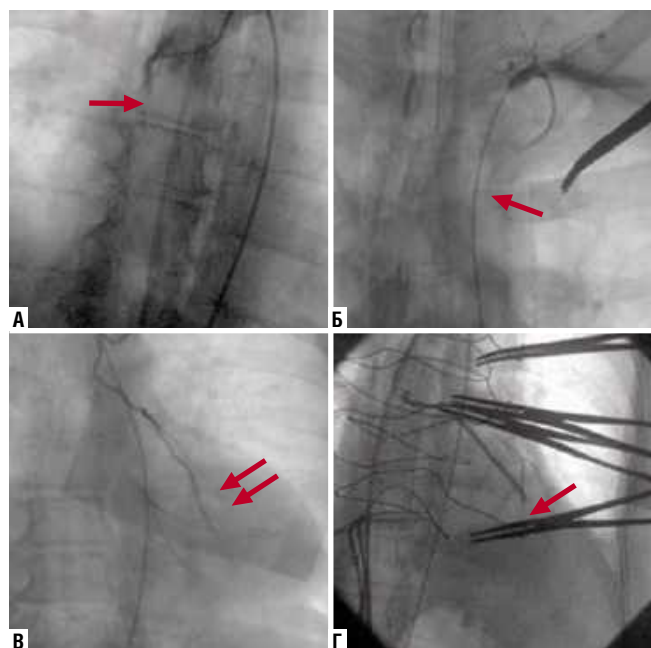


Рис. 1 Оклюзии различных коронарных шунтов. А – проксимального сегмента ВШ к ЗМЖВ ПКА. Б – среднего сегмента МКШ к ПМЖВ. В – венозной бранши МКШ-ВТК-ПМЖВ. Г – отсутствие контрастирования артерии после дистального анастомоза ВШ к ПМЖВ.

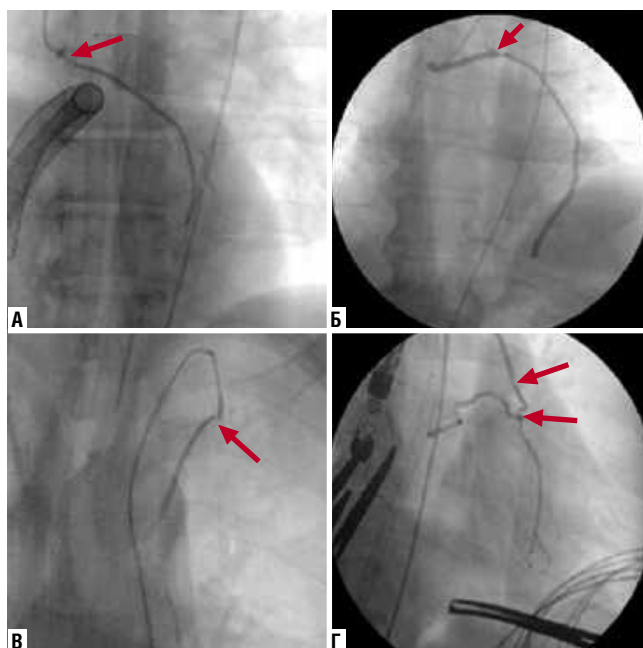


Рис. 2. Ангиографически значимые стенозы КШ. А – стеноз в проксимальном отделе АШ к ПМЖВ 80%. Б – стеноз средней трети тела ВШ к ЗМЖВ ПКА 70%. В – стеноз на изгибе в теле шунта МКШ к ПМЖВ 90%. Г – стеноз в теле шунта 70%, далее на уровне дистального анастомоза 85% ВШ к ВТК.

Таким образом, стенозы свыше 50% были отмечены в 26,6% случаев (37 из 139) в МКШ к ПМЖВ и 11,5% (16 из 139) в ВШ к ПМЖВ, ВШ к ДВ – 5% (7 из 139). В системе ПКА стенозы выявлены в 17,2% случаев (24 из 139) – ВШ к ЗМЖВ ПКА; ВШ к ЗБВ ПКА – 1,4% (2 из 139); ВШ к ПКА – 7,9% (11 из 139). К системе ОВ стенозы выявлены в 19,4% случаев шунтирования ВШ к ВТК (27 из 139), ВШ к ЗБВ ОВ – 1,4% (2 из 139). ВШ к АИМ – у 2,8% (4 из 139). Маммарно-коронарные шунты к ПКА, ВТК, ЗМЖВ – стенозы встречались в единичных случаях по 0,7% (3 из 139). В МКШ к ДВ стенозы выявлены у 1,4% (2 из 139). Стенозы в секвенциальных и композитных шунтах встречались у 2,8% (4 из 139).

В 10 случаях (4,4%) были выявлены гемодинамически значимые перегибы наложенных кондуитов. Наиболее часто перегибы ВШ встречались в шунтах к системе ПКА. Изгибы ВШ к ЗМЖВ ПКА наблюдались в 30% случаев (3 из 10), ВШ к ПКА – в 20% случаев (2 из 10). Перегибы артериальных и венозных шунтов к системе ПМЖВ отмечались в равных количествах – 2 из 10 (по 20%). Значительно реже зафиксировались случаи изгибов шунтов к ВТК – 1 из 10 случаев (10%).

Диссекции (n = 4) отмечались только при использовании левой внутренней грудной артерии (ЛВГА). Во всех случаях (100%) отмечалась диссекция МКШ к ПМЖВ (Рис. 3).

Гораздо реже встречались такие жизнеугрожающие осложнения как экстравазальное поступление контрастного вещества, которые были выявлены у 0,4% пациентов (4 из 814): в 2 случаях при наложении маммар-

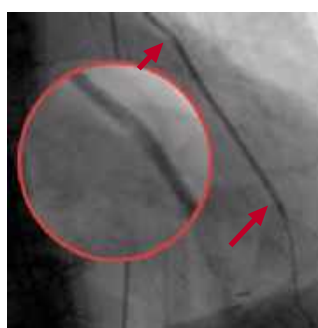


Рис. 3. Протяженная диссекция, распространяющаяся со средней на дистальную треть ЛВГА.

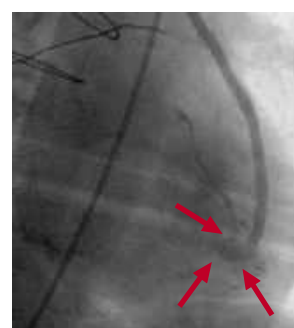


Рис. 4. Экстравазация контрастного вещества из зоны дистального анастомоза ВШ к ВТК.

но-коронарного шунта – МКШ к ВТК и МКШ к ПМЖВ (2 из 4 – по 25%) и в 50% случаев при наложении ВШ к ВТК (2 из 4) (Рис. 4). В единичном случае была выявлена экстравазальная компрессия при наложении МКШ к ПМЖВ (Рис. 5).

Хирургические манипуляции и решунтирование проблемных шунтов, способствующие гемодинамически значимому улучшению, были выполнены в 96 из 205 случаев (46,8%). Как было отмечено ранее, решение о решунтировании и/или выполнении манипуляций на проблемном шунте принимала оперирующая бригада с учетом технических особенностей и гемодинамических показателей пациента. Следует отметить, что

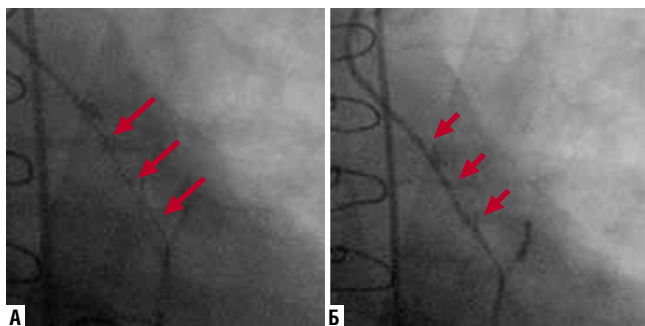


Рис. 5. Экстравазальная компрессия МКШ к ПМЖВ. Просвет дистальной трети шунта (а) в систолу суживается до 60%, (б) полностью расправляющийся в диастолу.

в большинстве случаев гемодинамически значимые дисфункции шунтов клинически никак не проявлялись во время операции и были случайной находкой во время проведения рутинной интраоперационной шунтографии.

Таким образом, на момент окончания операции 93,8% (1645 из 1754) шунтов были полностью проходимы, и только в 6,2% случаев (109 шунтов) имелась дисфункция.

Обсуждения

ССЗ являются ведущей причиной инвалидизации и смертности в большинстве экономически развитых стран, как в трудоспособном возрасте, так и среди пожилого населения. Несмотря на постоянную модернизацию лечения ИБС, она по-прежнему занимает лидирующее место как в структуре заболеваемости, так и в структуре смертности среди населения России [2; 8].

По данным многих авторов, несмотря на доказанную высокую эффективность АКШ при лечении пациентов с ИБС, нередко в отдаленных результатах встречается возврат стенокардии. Это связано с окклюзиями / стенозами наложенных шунтов. Для снижения процента дисфункций важно на начальных этапах (интраоперационно) проверять проходимость наложенных кондуитов, чтобы избежать:

- нарушений техники операции: повреждение эндотелиального слоя и стенки аутовенозного трансплантата при его взятии, чрезмерная длина и перегиб шунта (на шунтографии), натяжение шунта из-за недостаточной его длины, неправильный выбор места наложения дистального анастомоза
- чаще всего наблюдается при наложении шунтов к ЗМЖВ ПКА, ЗБВ ПКА, ЗМЖВ ОВ, ЗБВ ОВ, ВТК.
- анатомических факторов;
- общих факторов (замедленный пассаж контрастного вещества по шунту, нестабильность общей гемодинамики, массивные сращения в полости перикарда) и других [19; 20].

По сравнению с венозными кондуитами использование артериальных улучшает отдаленные результаты

по проходимости в течение 1–2 года. Основной причиной их дисфункции являются прогрессирование атеросклеротического процесса и технические погрешности.

Выявленные дефекты при контрольной КШГ были разделены на две категории: в первую (большие осложнения) включались дисфункции, которые влияют на отдаленный результат операции коронарного шунтирования; во вторую категории (малые осложнения) относились дисфункции, которые требуют наблюдения в отдаленном периоде, к ним относятся – шунтирование дистального русла плохого качества, превышение показаний к операции и шунтированию КА с «незрелыми» стенозами (<60%) (наличие конкурирующего кровотока), использование венозных трансплантатов, несоответствующих по диаметру.

В рамках исследования, проводимого на базе «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, было подтверждено формирование конкурентного кровотока, который появляется в ретроградном направлении из аортокоронарного кондуита, соединённого с ДВ. Этот фактор приводит к развитию дисфункции МКШ-ПМЖВ в результате увеличения интенсивности кровотока по нативной артерии. Данный вывод указывает, что при планировании операции стоит обращать внимание не только на подбор кондуитов, но и следовать научно обоснованному подходу к хирургическому вмешательству. Расчет рисков возникновения конкурентного кровотока способен существенно повысить эффективность и срок функционирования кондуитов в отдаленном периоде [21].

Следует подчеркнуть, что на момент внедрения интраоперационной шунтографии в НМИЦ ССХ А.Н. Бакулева в 2009 г. дисфункции шунтов, требующие коррекции, наблюдались в 29,6% случаев. В 2016 г. это число сократилось до 9,9%, а на текущий момент, в 2023 г., дефекты были отмечены в 11,6% наблюдений. Это подтверждает необходимость проведения интраоперационной шунтографии, которая позволила снизить количество дисфункций в три раза [22; 23].

Заключение

Практика проведения интраоперационной шунтографии является «золотым» стандартом оценки качества наложенных шунтов. За 15-летний опыт (2009–2023 гг.) в НМИЦ ССХ А.Н. Бакулева данная диагностика подтверждает необходимость внедрения КШГ в обязательный протокол операции АКШ. Она выявляет различные дисфункции и их причины, а также устранять их непосредственно в процессе операции. Это приводит к улучшению отдаленных результатов проведенной операции, снижая повторную госпитализацию пациентов с развившейся возвратной стенокардией [24–27].

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Акчури Р.С., Ширяев А.А., Бранд Я.Б., Королев С.В., Галаяудинов Д.М., Васильев В.П. Реконструктивная микрохирургия коронарных артерий: опыт первых 2000 операций // Сборник статей по Материалам Всероссийской научно-практической конференции «Современные технологии хирургии ишемической болезни сердца». – М., 2001. – С.13-15. [Akchurin RS, Shiryayev AA, Brand YaB, Korolev SV, Galyautdinov DM, Vasiliev VP. Reconstructive microsurgery of coronary arteries: the experience of the first 2000 operations. In: Collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference "Modern technologies of surgery of coronary heart disease". Moscow, 2001: 13-15. (In Russ.)]
- Бокерия Л.А., Милюевская Е.Б., Прянишников В.В., Юрлов И.А. Сердечно-сосудистая хирургия – 2023. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. – М.: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева, 2024. – 368 с. [Bokeria LA, Milievskaya EB, Pryanishnikov VV, Yurlov IA. Cardiovascular surgery – 2023. Diseases and congenital anomalies of the circulatory system. Moscow: NMITS SSH named after A.N. Bakulev, 2024. 368 p. (In Russ.)]
- Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. – 2020. – №25(-11). – С.4076. [Stable coronary artery disease. Clinical practice guidelines 2020. Russian Journal of Cardiology. 2020; 25(11): 4076. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2020-4076.
- Writing Committee Members; Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2022; 79(2): 21-129. doi: 10.1016/j.jacc.2021.09.006.
- Serruys PW, Unger F, van Hout BA, et al. The ARTS study (Arterial Revascularization Therapies Study). Semin Interv Cardiol. 1999; 4(4): 209-219. doi: 10.1006/siic.1999.0107.
- The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Report on Cardiovascular Health and Diseases in China 2022: an Updated Summary. Biomed Environ Sci. 2023; 36(8): 669-701. doi: 10.3967/bes2023.106.
- Timmis A, Vardas P, Townsend N, et al. European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2021. Eur Heart J. 2022; 43(8): 716-799. doi: 10.1093/eurheartj/ehab892.
- Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И. и др. Электронная версия ежегодного Статистического сборника «Заболеваемость всего населения России в 2022 году с диагнозом, установленным впервые в жизни: статистические материалы». М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России, 2022. – 143 с. [Kotova EG, Kobyakova OS, Starodubov VI, et al. Annual statistical collection "Morbidity of all Russian populated areas in 2022 with a first-time diagnosis". Moscow: CNIIOIZ Ministry of Health of Russian Federation, 2022. 143 p. (In Russ.)]
- Алекян Б.Г. Коронарное русло, гемодинамика и сократительная функция миокарда у больных ИБС с постинфарктным кардиосклерозом в аспекте хирургического лечения: Дис ... канд. мед. наук. М., 1980. [Alekyan BG. Coronary artery, hemodynamics and contractile function of the myocardium in patients with coronary artery disease with postinfarction cardiosclerosis in the aspect of surgical treatment. [dissertation]. M., 1980. (In Russ.)]
- Алекян Б.Г., Бузиашвили Ю.И., Власов Г.П. Эндоваскулярная хирургия при лечении больных ИБС множественными поражениями коронарных артерий // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 1996. – №6. – С.230-231. [Alekyan BG, Buziashvili Yul, Vlasov GP. Endovascular surgery in the treatment of patients with coronary artery disease with multiple lesions of the coronary arteries. Thoracic and cardiovascular surgery. 1996; 6: 230-231. (In Russ.)]
- Бокерия Л.А., Беришвили И.И. Современные тенденции и перспективы развития коронарной хирургии // Анналы хирургии. – 1997. – №4. – С.31-45. [Bokeria LA, Berishvili I.I. Modern trends and prospects of coronary surgery development. Annals of surgery. 1997; 4: 31-45. (In Russ.)]
- Виллер А.Г. Особенности кровоснабжения миокарда после аортокоронарного шунтирования и их влияние на клинический эффект операции: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 1998. [Viller AG. Features of myocardial blood supply after coronary artery bypass grafting and their effect on the clinical effect of surgery. [abstract dissertation]. St. Petersburg, 1998. (In Russ.)]
- Waheed A, Klosterman E, Lee J, et al. Assessing the Long-term Patency and Clinical Outcomes of Venous and Arterial Grafts Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Meta-analysis. Cureus. 2019; 11(9): e5670. doi: 10.7759/cureus.5670.
- Alexander JH, Ferguson TB Jr, Joseph DM, et al. The PProject of Ex-vivo Vein graft ENgineering via Transfection IV (PREVENT IV) trial: study rationale, design, and baseline patient characteristics. Am Heart J. 2005; 150(4): 643-649. doi: 10.1016/j.ahj.2005.05.021.
- Bachar BJ, Manna B. Coronary Artery Bypass Graft. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
- Rayol SC, Van den Eynde J, Cavalcanti LRP, et al. Total Arterial Coronary Bypass Graft Surgery is Associated with Better Long-Term Survival in Patients with Multivessel Coronary Artery Disease: a Systematic Review with Meta-Analysis. Braz J Cardiovasc Surg. 2021; 36(1): 78-85. doi: 10.21470/1678-9741-2020-0653.
- Torregrossa G, Amabile A, Williams EE, et al. Multi-arterial and total-arterial coronary revascularization: Past, present, and future perspective. J Card Surg. 2020; 35(5): 1072-1081. doi: 10.1111/jocs.14537.
- Петросян К.В., Лосев В.В., Голубев Е.П., Караев А.В., Бокерия Л.А. Применение оптической когерентной томографии для определения оптимального участка при создании коронарных кондуитов // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева ПАМН. – 2021. – №22(2). – С.239-245. [Petrosyan KV, Losev VV, Golubev EP, Karaev AV, Bokeria LA. Determination of the optimal segment of vascular material for creation of coronary bypass grafts using intraoperative optical coherence tomography. The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases. 2021; 22(2): 239-245. (In Russ.)] doi: 10.24022/1810-0694-2021-22-2-239-245.
- Бокерия Л.А., Сигаев И.Ю., Морчадзе Б.Д. Непосредственные результаты повторных операций реваскуляризации миокарда у больных ИБС с рецидивом стенокардии после операции АКШ // Анналы хирургии. – 2011. – №3. – С.64-66. [Bokeria LA, Sigaev IYu, Morchadze B.D. Immediate results of repeated myocardial revascularization operations in patients with coronary artery disease with recurrent angina pectoris after CABG surgery. Annals of Surgery. 2011; 3: 64-66. (In Russ.)]
- Жбанов И.В. Состояние коронарного русла при рецидиве стенокардии после аортокоронарного шунтирования // Кардиология. – 2002. – №9. – С.17-21. [Zhbanov IV. Coronary arteries in cases of angina recurrence after coronary artery bypass grafting. Cardiology. 2002; 9: 17-21. (In Russ.)]
- Караев А.В., Гурдзиев А.Б., Донаканян С.А. и др. Влияние конкурентного кровотока из венозного кондуита к диагональной ветви на несостоятельность маммарокоронарного шунта к передней межжелудочковой артерии // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2023; 11(2): 8-15. [Karaev AV, Gurdzibeev AB, Donakanyan SA, et al. The effect of competitive blood flow from a venous graft to the diagonal branch on a failure of a mammary graft to anterior interventricular artery. Cardiology: news, opinions, training. 2023; 11(2): 8-15. (In Russ.)] doi: 10.33029/2309-1908-2023-11-2-8-15.
- Бокерия Л.А., Петросян К.В., Бокерия О.Л. и др. Интраоперационная шунтография – четырехлетний опыт наблюдения // Анналы хирургии. – 2019. – №24(2). – С.100-107. [Bokeria LA, Petrosyan KV, Bokeria OL, et al. Intraoperative shuntography – four years follow-up experience. Annals of surgery. 2019; 24(2): 100-107. (In Russ.)] doi: 10.24022/1560-9502-2019-24-2-100-107.
- Бокерия Л.А., Пурсанов М.Г., Петросян К.В. и др. Интраоперационная шунтография: оптимальный метод оценки проходимости коронарных шунтов и дальнейшего улучшения результатов хирургической реваскуляризации миокарда // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2018. – №60(3). – С.233-241. [Bokeria LA, Pursanov MG, Petrosyan KV, et al. Intraoperative bypass angiography: an optimal solution in determination of coronary bypass graft patency and improvement of long-term results of surgical myocardial revascularization. Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya (Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery). 2018; 60(3): 233-241. (In Russ.)] doi: 10.24022/0236-2791-2018-60-3-233-241.
- Жбанов И.В., Ахметов А.З., Урюжников В.В., Киладзе И.З., Шабалкин Б.В. Клинические и ангиографические результаты аортокоронарного шунтирования без искусственного кровообращения // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2025. – №67(3). – С.298-305. [Zhbanov

- IV, Ahmetov AZ, Uryuzhnikov VV, Kiladze IZ, Shabalkin BV. Clinical and angiographic results of off-pump coronary artery bypass grafting. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2025; 67(3): 298-305. (In Russ.)] doi: 10.24022/0236-2791-2025-67-3-298-305.
25. Назаров А.А., Сигаев И.Ю., Керен М.А., Казарян А.В., Вилькановская А.С., Андронатий В.А. Недостатки и преимущества интраоперационной ультразвуковой флоуметрии в структуре интраоперационного менеджмента при операциях коронарного шунтирования // Креативная кардиология. – 2024. – №18(2). – С.244-254. [Nazarov AA, Sigaev IYu, Keren MA, Kazaryan AV, Vilkanovskaya AS, Andronatiy VA. Disadvantages and advantages of intraoperative ultrasonic flowmetry in the structure of intraoperative management during coronary artery bypass surgery. *Creative Cardiology*. 2024; 18(2): 244-254. (In Russ.)] doi: 10.24022/1997-3187-2024-18-2-244-254.
26. Жалилов А.К., Мерзляков В.Ю., Ключников И.В., Саломов М.А., Хазиев Р.А., Бердибеков Б.Ш. Сравнение непосредственных результатов коронарного шунтирования с искусственным кровообращением и на работающем сердце у пациентов с острым коронарным синдромом // Креативная кардиология. – 2023. – №17(2). – С.256-271. [Zhalilov AK, Merzlyakov VYu, Klyuchnikov IV, Salomov MA, Khaziev RA, Berdibekov BSh. Comparison of the long-term outcomes after off-pump and on-pump coronary artery bypass grafting in acute coronary syndrome. *Creative Cardiology*. 2023; 17(2): 256-271. (In Russ.)] doi: 10.24022/1997-3187-2023-17-2-256-271.
27. Голухова Е.З., Сигаев И.Ю., Керен М.А. и др. Сравнение коронарного шунтирования и стентирования в зависимости от клинико-анатомического сценария по результатам ретроспективного одноцентрового когортного исследования // Российский кардиологический журнал. – 2025. – №30(4). – С.6092. [Golukhova EZ, Sigaev IYu, Keren MA, et al. Comparison of coronary artery bypass grafting and stenting depending on the clinical and anatomical scenario: data from the retrospective single-center cohort study. *Russian Journal of Cardiology*. 2025; 30(4): 6092. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2025-6092.