

ЗНАЧЕНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ШУНТОГРАФИИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

*Л.А. Бокерия, Б.Г. Алекаян, Н.А. Чигогидзе, Н.В. Закарян, А.В. Стаферов, К.В. Петросян,
А.В. Абросимов*, А.А. Магомедов*

ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия), 121552, Москва, Российская Федерация

Цель. Цель сообщения – анализ выполнения интраоперационной шунтографии для непосредственной оценки состояния наложенных коронарных шунтов у больных при аортокоронарном и митрально-коронарном шунтировании и при необходимости одномоментной коррекции их несостоятельности.

Материал и методы. В НЦССХ им. А.Н. Бакулева с февраля 2009 по октябрь 2013 г. интраоперационную шунтографию выполняли в кардиохирургической операционной с использованием передвижных ангиографических установок AXIOM Artis фирмы «Siemens» и ОЕС 9800 фирмы «GE». В исследование включены 2168 больных, которым было наложено 5414 коронарных шунтов. Возраст пациентов колебался от 38 до 79 лет.

Результаты. У 434 (20%) из 2168 пациентов обнаружены большие осложнения в шунтах или шунтируемых артериях, требующие коррекции. В 230 (53%) случаях выявлены стенозы в месте дистального анастомоза или в нативной артерии дистальнее шунта, в 82 (19%) случаях – значимые стенозы митрально-коронарных шунтов (МКШ), в 61 (14%) случае – окклюзии венозных шунтов, в 35 (8%) – окклюзии нативных артерий, в 26 (6%) – окклюзии МКШ.

Заключение. Использование данной методики позволяет оптимизировать качество наложенных аортокоронарных шунтов и значительно улучшает как непосредственные результаты операции, так и отдаленный прогноз, качество жизни и показатели выживаемости после хирургической реваскуляризации миокарда. В данной работе продемонстрированы возможности и степень эффективности интраоперационной шунтографии для улучшения результатов операций коронарного шунтирования.

Ключевые слова: стентирование; интраоперационная ангиография; аортокоронарное шунтирование.

Для цитирования: Анналы хирургии. 2015; 2: 16–23.

THE IMPORTANCE OF INTRAOPERATIVE ANGIOGRAPHY IN SURGICAL MYOCARDIAL REVASCULARIZATION

*L.A. Bockeria, B.G. Alekyan, N.A. Chigogidze, N.V. Zakaryan, A.V. Staferov, K.V. Petrosyan,
A.V. Abrosimov, A.A. Magomedov*

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery, 121552, Moscow, Russian Federation

Objective. The purpose of the message is the analysis of performance of an intraoperative angiography for an immediate assessment of the condition of the imposed coronary shunts at the patients subjected to bypass surgery and one-stage correction of their insolvency if necessary.

Material and methods. From February 2009 to October 2013 intraoperative angiography in A.N. Bakoulev Scientific Center of Cardiovascular Surgery was performed in cardiovascular operating room by using roll installation AXIOM Artis «Siemens» and OEC 9800 «GE». The study included 2168 patients with superimposed 5414 bypass grafts. Their age ranged from 38 to 79 years.

Results. In 434 (20%) of 2168 patients major complications in bypass grafts or native arteries were found, which required correction. In 230 (53%) cases stenosis was found in area of distal anastomosis, in 82 (19%) cases stenosis was visualized in IMA, in 61(14%) there was an occlusion of bypass graft, in 35 (8%) – occlusion of native artery, 26 (6%) – occlusion of IMA.

Conclusion. Using this technique allows to optimize quality of the imposed aortocoronary shunts and considerably improves both direct results of operation and the remote forecast, quality of life and indicators of survival after a surgical revascularization of a myocardium. In this work opportunities and degree of efficiency of an intraoperative angiography for improvement of results of operations of coronary bypass grafting are shown.

Key words: stenting; intraoperative angiography; coronary artery bypass grafting.

Citation: Annaly khirurgii. 2015; 2: 16–23 (in Russian).

* Абросимов Андрей Викторович, канд. мед. наук. E-mail: drabrosimov@gmail.com.
121552, Москва, Рублевское шоссе, 135.

Введение

Несмотря на впечатляющие успехи, достигнутые за последние десятилетия в лечении ишемической болезни сердца (ИБС), она по-прежнему занимает ведущие позиции в структуре заболеваемости и смертности населения развитых стран и является одной из самых актуальных проблем здравоохранения. По данным Всемирной организации здравоохранения, данное заболевание является причиной смерти более 7 миллионов человек в год, и предполагается, что к 2020 г. этот показатель увеличится вдвое [1].

В современных условиях главную роль в лечении ИБС играют чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ) и открытая хирургическая реваскуляризация миокарда. От качества наложенных аортокоронарных шунтов напрямую зависят как непосредственные результаты операции, так и отдаленный прогноз, качество жизни и показатели выживаемости. По данным различных авторов, около 30% венозных шунтов и 8% маммарных шунтов закрываются в течение первого года после аортокоронарного шунтирования (АКШ) и митрально-коронарного шунтирования (МКШ) соответственно, а частота летальности и инфаркта миокарда при окклюзированных шунтах составляет 10,6%, тогда как при функционирующих шунтах — 2,3% [2]. Госпитальная летальность у пациентов с дисфункцией шунтов достигает 9% [2, 3].

Одними из первых специалистов, начавших использовать интраоперационную ангиографию для оценки шунтов, стали М. Izzat и соавт. из кардиохирургической клиники Гонконга. В 1997 и 1999 гг. они опубликовали первые статьи, в которых продемонстрировали возможности применения данной методики у больных во время операций на работающем сердце [4, 5].

Интраоперационная ангиография по праву считается «золотым стандартом» для выявления неадекватно функционирующих кондуитов после операций коронарного шунтирования [3, 6–9]. Данная методика практически в 100% случаев позволяет четко визуализировать шунты разных типов на всем протяжении, прицельно исследовать область анастомоза, а также исключить проблемы в нативных артериях. Выявление и последующая коррекция несостоятельности шунтов влияют на их дальнейшее функционирование в послеоперационном периоде. Существуют также и другие методы интраоперационной оценки кровотока по шунту: термальная ангиография, доплер-флоуметрия, флуоресцентная визуализация с помощью индоцианина и электромагнитная флоуметрия. К недостаткам этих методов относятся менее качественная визуализация шунтов и ограничение их выполнения после операции, что снижает возможность динамической оценки функционирования шунтов [9–14].

Шунтография позволяет оценивать состоятельность шунтов на любом этапе после операции: как в госпитальном, так и в отдаленном периоде. Это преимущество позволяет выявить предикторы жизнеспособности шунтов и их значимость в дальнейшем [1, 15, 16]. Вследствие этого в мировой практике для оценки состояния шунтов наиболее широко применяют метод ангиографии, а интраоперационная шунтография позволяет непосредственно во время операции обнаружить и исправить различные варианты несостоятельности шунта или предрасполагающие к ней состояния в раннем послеоперационном периоде.

В данной работе анализируется опыт выполнения интраоперационной шунтографии с целью непосредственной оценки состояния наложенных коронарных шунтов у больных при АКШ и МКШ и при необходимости одномоментной коррекции их несостоятельности.

Материал и методы

Интраоперационная шунтография может выполняться в гибридной операционной, оснащенной стационарным ангиографическим аппаратом, или в обычной кардиохирургической операционной с помощью передвижной ангиографической установки. В каждом варианте есть свои преимущества и недостатки. Так, гибридная операционная со стационарным ангиографическим аппаратом позволяет выполнять более качественную полипроекционную ангиографию, однако в этом случае хирургическая бригада привязана к одной операционной, что снижает ее хирургическую активность. С использованием передвижной ангиографической установки можно выполнять шунтографию в любой операционной, а также в реанимационном отделении, что в некоторых случаях оказывается очень важным. Качество ангиографии при использовании передвижной установки ниже, что связано с возможностями аппарата и сложностью выполнения полипроекционного исследования [17–19].

В НЦССХ им. А.Н. Бакулева с февраля 2009 по октябрь 2013 г. интраоперационная шунтография выполнялась в кардиохирургической операционной с использованием передвижных ангиографических установок AXIOM Artis фирмы «Siemens» и OEC 9800 фирмы «GE».

В исследование включены 2168 больных, которым было наложено 5414 коронарных шунтов. Возраст пациентов колебался от 38 до 79 лет (в среднем $59,9 \pm 4,2$ года), 2036 (94%) из них были мужского, а 132 (6%) — женского пола. Стенокардия напряжения II функционального класса (ФК) по классификации CCS имела место у 386 (17,8%) пациентов, III функционального класса — у 1271 (58,6%) и IV функционального класса — у 473

(21,8%) пациентов, еще у 38 (1,8%) пациентов отмечена нестабильная стенокардия (на момент госпитализации). Общая фракция выброса левого желудочка (ОФВ ЛЖ) колебалась от 40 до 64%, в среднем – $52 \pm 5,7\%$. В 1667 (77%) случаях операция выполнялась с искусственным кровообращением, в 501 (23%) – на работающем сердце. В 195 (9%) случаях интраоперационную шунтографию выполняли в связи с нестабильной гемодинамикой или выраженной ишемией миокарда в зоне шунтирования.

Всем больным операцию аортокоронарного или маммарно-коронарного шунтирования проводили с использованием доступа через срединную стернотомию. Шунтографию выполняли рутинно всем пациентам при хирургической реваскуляризации миокарда. Критериями исключения из исследования были наличие почечной недостаточности и значимых атеросклеротических поражений подвздошно-бедренного сегмента. В таблице 1 представлена характеристика пациентов и вид оперативного вмешательства.

Все 5414 наложенных шунтов в зависимости от вида кондуита распределились следующим образом: 2058 (38%) аутоартериальных шунтов с использованием внутренней грудной артерии в систему левой коронарной артерии (переднюю межжелудочковую и диагональную ветви – ПМЖВ и ДВ); 1949 (36%) аутовенозных шунтов в систему левой коронарной артерии (огибающую ветвь – ОВ, ветвь тупого края – ВТК, заднюю боковую ветвь – ЗБВ, *a. intermedia*, ДВ, ПМЖВ); 1407 (26%) аутовенозных шунтов в систему правой коронарной артерии (правую коронарную артерию – ПКА, заднюю межжелудочковую ветвь – ЗМЖВ, ЗБВ). Таким образом, 2058 (38%) шунтов были аутоартериальными, а 3356 (62%) – аутовенозными. Среднее количество шунтов на одного пациента составило 2,5. В 167 (7,7%) случаях артериальный шунт с использованием левой внутренней грудной артерии был наложен по секвенциальной методике

«snake», с анастомозированием последовательно с ДВ и ПМЖВ. В таблице 2 представлена характеристика наложенных шунтов.

Шунтографию по методике Сельдингера выполняли после завершения основного этапа операции до сведения грудины с целью осуществления при необходимости коррекции наложенных шунтов. Для выполнения ангиографии венозных шунтов использовали коронарные катетеры 5–6 F типа Judkins Right или Amplatz Left I–III, Amplatz Right I–II. При отсутствии рентгеноконтрастных меток в области устьев венозных шунтов поиск их местонахождения проводили в нескольких сантиметрах выше синусов Вальсальвы по передней поверхности восходящей аорты. К сожалению, большинство коронарных хирургов не используют рентгеноконтрастные метки на проксимальном анастомозе. Наличие таких меток облегчает поиск шунтов, что значительно сокращает количество используемого при исследовании контрастного вещества, а также время выполнения процедуры и рентгеновскую нагрузку. После установки катетера в устье шунта вводили контрастное вещество в объеме 4–8 мл. Ангиографию каждого шунта выполняли как минимум в трех проекциях с получением контрастирования шунта на всем протяжении и анастомозирующей с ним коронарной артерии. При необходимости ангиографию шунтов дополняли несколькими проекциями. Для ангиографии маммарно-коронарного шунта использовали катетеры 5–6 F типа Judkins Right или маммарные катетеры. После установления катетера в устье маммарно-коронарного шунта вводили контрастное вещество в объеме 4–8 мл с контрастированием шунта на всем протяжении и нативной коронарной артерии. Во всех случаях для контрастирования шунтов использовали неионные контрастные вещества Омнипак или Визипак фирмы «Nycomed GE Healthcare». В целях спазмолитической терапии вводили 100–200 мкг раствора перлингганита в зависимости от показателей гемодинамики.

Таблица 1

Характеристика пациентов и вид оперативного вмешательства

Характеристика	n	%
Число пациентов:	2168	100
мужчины	2036	94
женщины	132	6
Функциональный класс (по CCS):		
II	386	17,8
III	1271	58,6
IV	473	21,8
Нестабильная стенокардия	38	1,8
ФВ ЛЖ (в среднем)	$52 \pm 5,7\%$	
Виды оперативного вмешательства:		
с искусственным кровообращением	1667	77
на работающем сердце	501	23

Таблица 2

Характеристика наложенных шунтов

Наименование	n	%
Количество шунтов:	5414	100
артериальные	2058	38
венозные	3356	62
Аутоартериальные шунты с использованием внутренней грудной артерии в систему левой коронарной артерии (ПМЖВ и ДВ)	2058	38
Аутовенозные шунты в систему левой коронарной артерии (ОВ, ВТК, ЗБВ, <i>a. intermedia</i> , ДВ, ПМЖВ)	1949	36
Аутовенозные шунты в систему правой коронарной артерии (ПКА, ЗМЖВ, ЗБВ)	1407	26
Среднее количество шунтов на одного пациента	2,5	

Ангиографические находки оценивали следующим образом: поражения, суживающие просвет шунта или нативной артерии (дистальнее шунта) менее чем на 50%, расценивали как незначительные, или малые осложнения; поражения, суживающие просвет шунта или нативной артерии (дистальнее шунта) более чем на 50%, или окклюзии расценивали как значительные, или большие осложнения [20]. Сужения шунтов, а также сужения нативных артерий, не выявленные при дооперационной коронарографии, которые расправлялись после введения раствора нитроглицерина или папаверина, расценивали как спазм. Деформацию шунта, изменяющую его направление и приводящую к дефекту контрастирования со стенозом, расценивали как кинкинг шунта. Такая систематизация ангиографических находок необходима для определения тактики коррекции осложнений. Так, малые осложнения (сужения менее 50%) и спазм не требуют коррекции, тогда как большие осложнения (сужения более 50% и окклюзии) и кинкинг шунтов требуют непосредственной интраоперационной коррекции и являются предикторами дисфункции шунтов в дальнейшем [21, 22].

Время проведения интраоперационной шунтографии колебалось от 15 до 45 мин, в среднем – 22 ± 11 мин. Объем использованного за одно исследование контрастного вещества составил в среднем 132 ± 14 мл.

Результаты

Наиболее часто встречающейся находкой при интраоперационной шунтографии был спазм шунта и нативной артерии: у 1452 (67%) из 2168 пациентов был обнаружен спазм шунта или нативной артерии. Данное осложнение расценивалось как малое и не требовало коррекции. Однако следует отметить, что в некоторых случаях выраженный спазм достаточно тяжело дифференцировать от стенозирующего поражения, требующего коррекции. Селективное введение растворов нитроглицерина или папаверина во всех случаях позволяло нормализовать кровоток по спазмированному участку. У 43 (2%) пациентов после контрастирования шунтов возникала фибрилляция желудочков, которая была купирована одним рядом дефибриллятора. Следует отметить, что в начале нашего исследования (первый год) данный показатель достигал 5%, тогда как в конце исследования (последний год) данное осложнение отсутствовало. Частота возникновения фибрилляции желудочков зависит от силы введения и выраженности наполнения шунтов контрастным веществом. Таким образом, накопление опыта выполнения интраоперационной шунтографии резко снижает частоту возникновения данного осложнения.

Таблица 3

Характеристика больших осложнений

Типы больших осложнений	n	%
Стеноз дистального анастомоза или нативной артерии	230	53
Стеноз МКШ	82	19
Окклюзия венозного шунта	61	14
Окклюзия нативной артерии	35	8
Окклюзия МКШ	26	6
Всего...	434	100

У 434 (20%) из 2168 пациентов были выявлены большие осложнения в шунтах или шунтируемых артериях, требующие коррекции. Из расчета на общее количество шунтов большие осложнения, требующие коррекции, были обнаружены в 467 (8,6%) из 5414 шунтов (у 33 пациентов проблемы возникли в двух шунтах). В 230 (53%) случаях стенозы локализовались на месте дистального анастомоза или в нативной артерии дистальнее шунта, в 82 (19%) случаях выявлены значимые стенозы МКШ, в 61 (14%) случае – окклюзии венозного шунта, в 35 (8%) случаях – окклюзии нативной артерии, а в 26 (6%) – окклюзии МКШ. Характеристика больших осложнений, выявленных при шунтографии, представлена в таблице 3.

Необходимо отметить локализацию и причины больших осложнений. Так, в 165 случаях (38% от общего числа больших осложнений) поражения локализовались в местах дистального анастомоза. Причинами этого были изгиб, тромбоз, диссекция или погрешность клипирования маммарного шунта. В 146 (34%) из 434 случаев поражения локализовались в теле шунта. Причинами осложнений в данном случае оказались тромбозы, диссекции, а также стенозы в месте дистального анастомоза или резкий перепад в диаметре шунта к артерии. В 123 (28%) случаях поражения локализовались в нативной артерии дистальнее шунта, а причиной этого были диссекции артерий, тромбоз или наложение шунта проксимальнее стеноза нативной артерии. Таким образом, в 311 (72%) случаях поражения локализовались в шунтах, а в 123 (28%) – в артериях.

В 137 (31,5%) случаях были выполнены повторные хирургические или эндоваскулярные вмешательства с последующим проведением контрольной шунтографии: в 18 (13%) случаях для коррекции выявленного поражения выполняли интраоперационное стентирование, в 119 (87%) – повторное хирургическое пособие. Частота больших осложнений из расчета на число пациентов составила 6,2%, а из расчета на количество шунтов – 2,5%.

Только в 103 (23,7%) из 434 случаев с большими осложнениями в шунтах или шунтируемых артериях, требующими коррекции, имелись клинические проявления в виде гемодинамической нестабильности.

Следовательно, 76,3% больших осложнений, требующих коррекции, были клинически асимптомны, что подтверждает важность интраоперационной шунтографии.

На рисунках 1–5 представлены несколько клинических примеров, наиболее часто встречающихся при интраоперационной шунтографии.

В группе больных с интраоперационной коррекцией наложения шунтов летальности не было.

Заключение

Интраоперационная шунтография является «золотым стандартом» оценки качества наложен-

ных шунтов и должна входить в обязательный протокол операции коронарного шунтирования. Она позволяет непосредственно во время оперативного вмешательства улучшить качество наложенных шунтов, что снижает необходимость проведения дополнительных диагностических шунтографий и эндоваскулярных вмешательств на госпитальном этапе [22].

В настоящее время существует достаточное количество работ по интраоперационной шунтографии, однако при этом нет правильной оценки значимости ангиографических находок по отношению к дальнейшей жизнеспособности шунта. Важно отметить, что для четкого определения

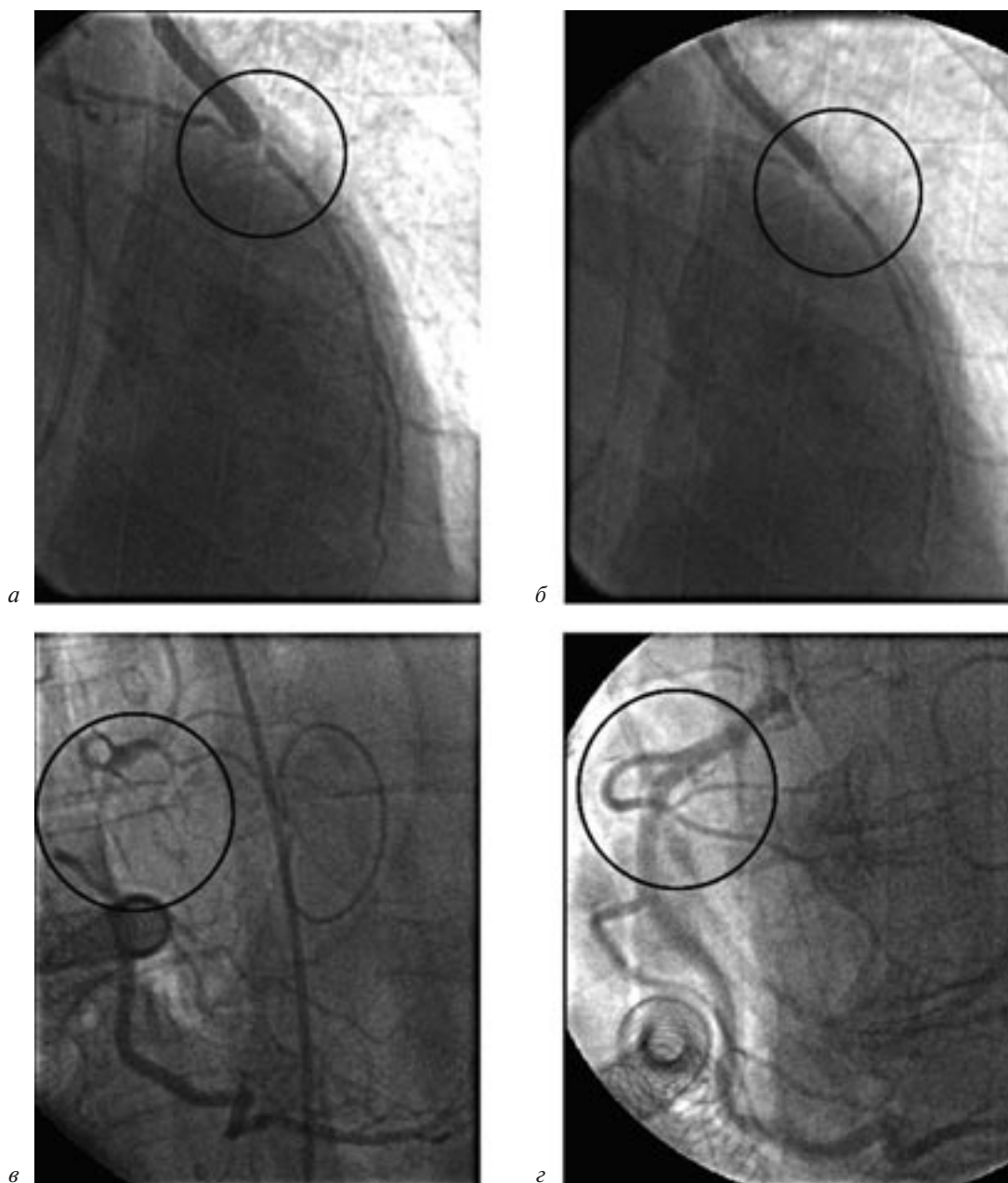


Рис. 1. Наиболее часто встречающееся малое осложнение — спазм шунта или нативной артерии:

а, б — спазм дистальнее шунта в артерии *intermedia*: *а* — до введения раствора нитроглицерина, *б* — после введения раствора нитроглицерина; *в, з* — спазм в нативной артерии (ПКА): *в* — до введения раствора нитроглицерина, *з* — после введения раствора нитроглицерина

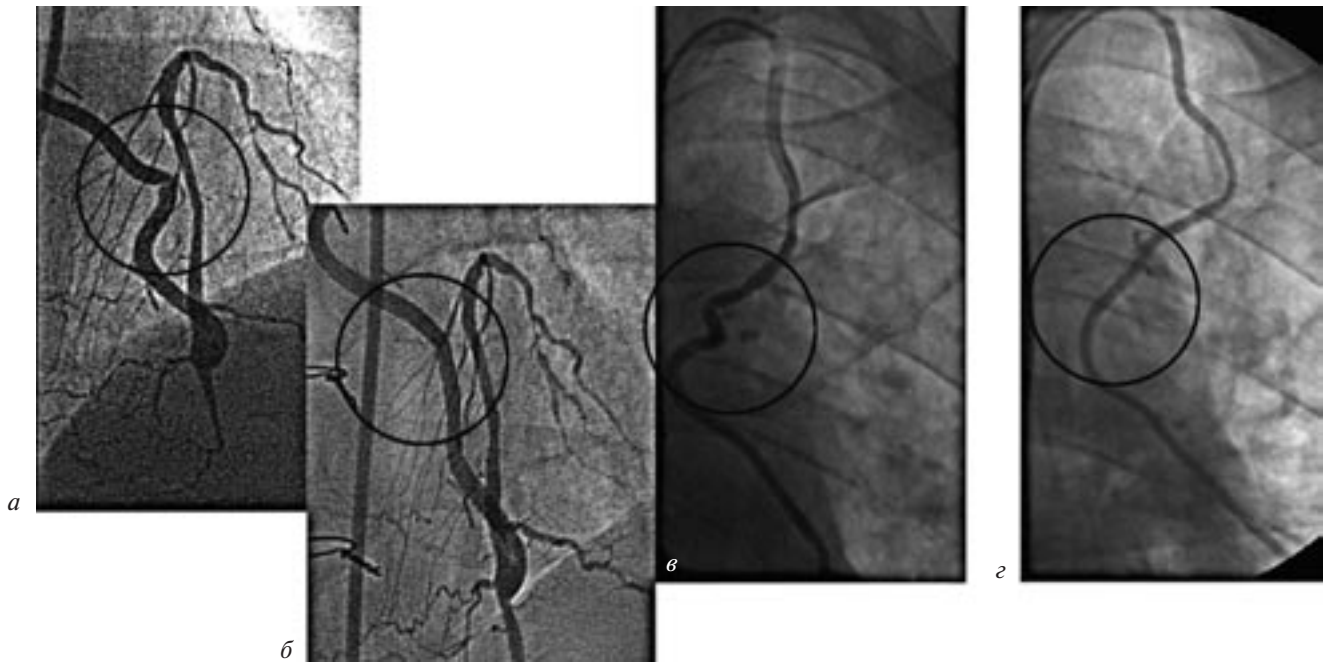


Рис. 2. Выраженная извитость маммарно-коронарного шунта к ПМЖВ (кинкинг):
а – до стентирования; *б* – после стентирования; *в* – до мануального расправления; *г* – после расправления

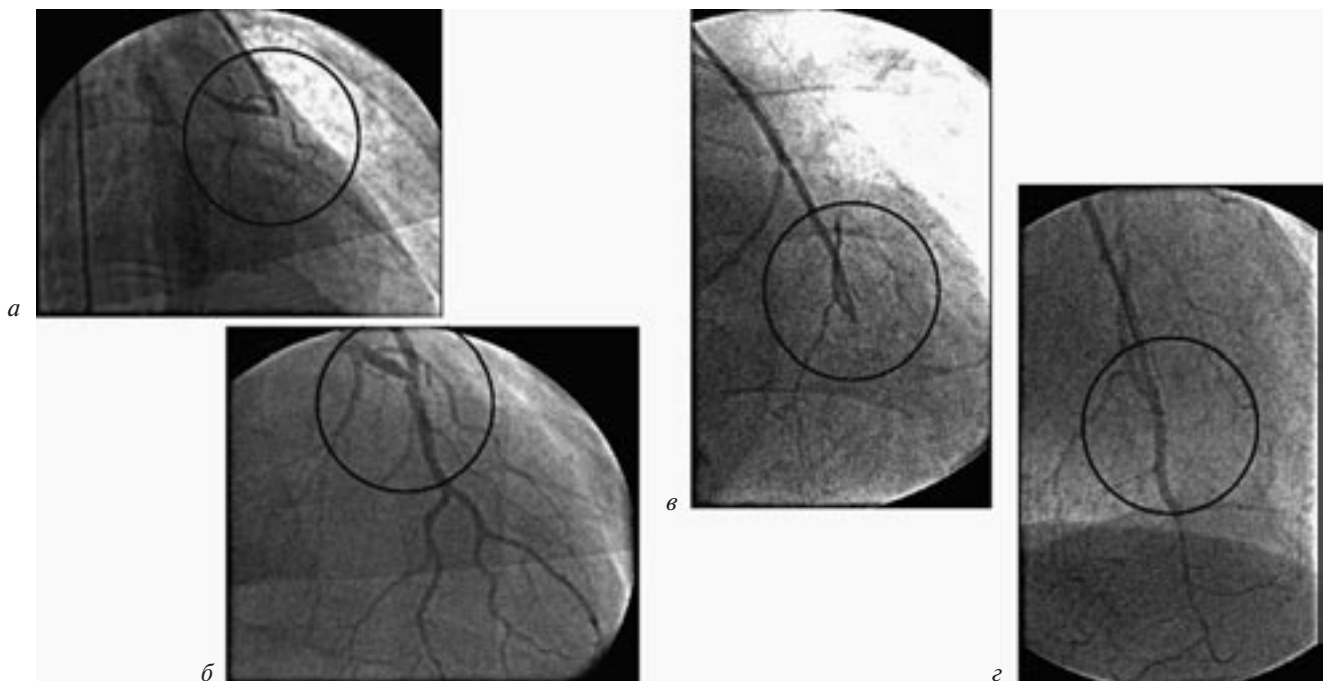


Рис. 3. Окклюзия нативной артерии (ПМЖВ) дистальнее шунта:
а – окклюзия ПМЖВ на уровне дистального анастомоза; *б* – после стентирования дистальной трети маммарного шунта с переходом на ПМЖВ, с хорошим ангиографическим результатом; *в, г* – перешит артериальный шунт ниже окклюзии: *в* – до стентирования, *г* – после стентирования

предикторов дисфункции шунтов в первый год после операции необходимо выполнять шунтографию через 6 и 12 мес для динамического наблюдения за состоянием шунтов, а у пациентов с большими и малыми осложнениями шунтографию необходимо выполнять перед выпиской из стационара, а затем через 3, 6 и 12 мес. Не все гемодинамически значимые сужения требуют коррекции

интраоперационно: так, стенозы, не влияющие на клиническое состояние больного, можно корректировать после операции в том же госпитальном периоде с помощью стентирования. Мы считаем, что необходимо выполнять стентирование всех значимых сужений шунтов или нативных артерий, приводящих к дисфункции шунтов в дальнейшем, независимо от их клинических проявлений.

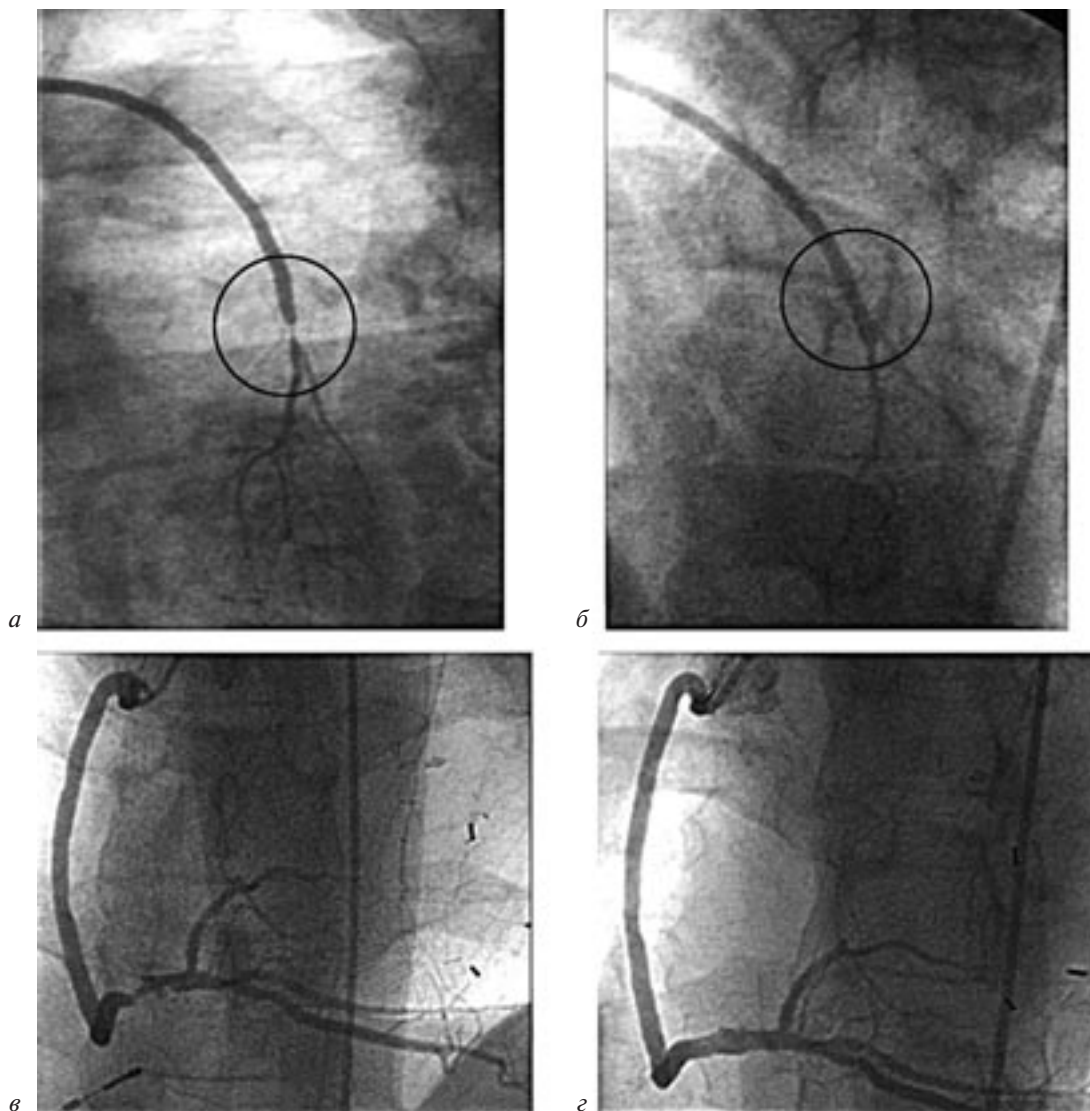


Рис. 4. Стенозы в местах анастомоза шунтов (до и после стентирования):

а, б – стеноз в дистальном анастомозе венозного шунта к ДВ (выполнили успешное стентирование); *в, г* – стеноз в дистальном анастомозе венозного шунта к ПКА (выполнили успешное стентирование)

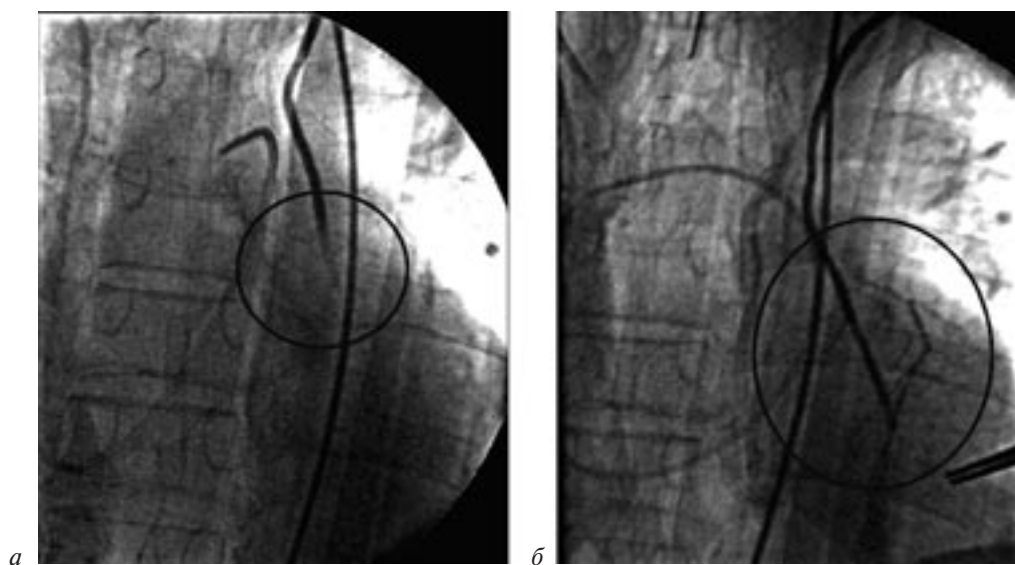


Рис. 5. Окклюзия маммарно-коронарного шунта к ПМЖВ:

а, б – до и после коррекции

Таким образом, интраоперационная шунтография выявляет ряд технических проблем, связанных с непосредственным наложением шунтов, которые могут привести к раннему возврату стенокардии и окклюзии шунтов в раннем послеоперационном периоде. Каждый третий пациент имеет проблемы, связанные с наложением шунтов. За 4 года частота выявленных проблем снизилась более чем в 2 раза – с 36 до 16,5% из расчета на число пациентов и в 3 раза – с 13 до 4% из расчета на общее число шунтов. Устранение данных проблем интраоперационно приводит к улучшению как непосредственных, так и отдаленных результатов операций аортокоронарного шунтирования. Недостатком интраоперационной шунтографии является увеличение стоимости и продолжительности операции (на 30–60 мин).

Литература/References

- Byrne J.G., Leacche M., Vaughan D.E., Zhao D.X. Hybrid cardiovascular procedures. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Interv.* 2008; 1: 459–68.
- Hol P.K., Fosse E., Lundblad R. et al. The importance of intraoperative angiographic findings for predicting long-term patency in coronary artery bypass operations. *Ann. Thorac. Surg.* 2002; 73: 813–8.
- Lazzara R.R., McLellan B.A., Kidwell F.E., Combs D.T., Hanlon J.T., Young E.K. Intraoperative angiography during minimally invasive direct coronary artery bypass operations. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64: 1725–7.
- Izzat M.B., Khaw K.S., Atassi W., Yim A.P., Wan S., El Zufari M.H. Routine intraoperative angiography improves the early patency of coronary grafts performed on the beating heart. *Chest.* 1999; 115: 987–90.
- Izzat M.B., Yim A.P. MIDCABG, Lessons learned from routine «on-table» angiography [Letter]. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64: 1872–4.
- Jaber S.F., Koenig S.C., BhaskerRao B. et al. Role of graft flow measurement technique in anastomotic quality assessment in minimally invasive CABG. *Ann. Thorac. Surg.* 1998; 66: 1087–92.
- Waseda K., Ako J., Hasegawa T. et al. Intraoperative fluorescence imaging system for on-site assessment of off-pump coronary artery bypass graft. *JACC: Cardiovascular imaging.* 2009; 2: 604–12.
- Lazzara R.R., Kidwell F.E. Minimally invasive direct coronary bypass versus cardiopulmonary technique: angiographic comparison. *Ann. Thorac. Surg.* 1999; 67: 500–3.
- Louagie Y.A., Haxhe J.P., Buche M., Schoevaerdt J.C. Intraoperative electromagnetic flowmeter measurements in coronary artery bypass grafts. *Ann. Thorac. Surg.* 1994; 57: 357–64.
- Alexander J.H. et al. Early patency of coronary grafts performed on the beating heart. Prevent IV trial. *JAMA.* 2005; 294 (19): 2446–54.
- Balacumaraswami L., Taggart D.P. Intraoperative imaging techniques to assess coronary artery bypass graft patency. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 83: 2251–7.
- Barnea O., Santamore W.P. Intraoperative monitoring of IMA flow: what does it mean? *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 63: S12–7.
- Lundell A., Bergqvist D., Mattsson E., Nilsson B. Volume blood flow measurements with a transit time flowmeter: an in vivo and in vitro variability and validation study. *Clinic. Physiol.* 1993; 13: 547–57.
- Mack M.J., Magovern J.A., Acuff T.A. et al. Results of graft patency by immediate angiography in minimally invasive coronary artery surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 1999; 68: 383–9.
- Barstad R.M., Fosse E., Våtnø K. et al. Intraoperative angiography in minimally invasive direct coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64: 1835–9.
- Bonatti J., Danzmayr M., Schachner T. et al. Improving the quality of coronary bypass surgery with intraoperative angiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 46: 1521–5.
- Cameron A., Davis G., Schaff H.V. Coronary bypass surgery with internal thoracic artery grafts: effects on survival over a 15 year period. *N. Engl. J. Med.* 1996; 334: 220–5.
- Desai N.D., Miwa S., Kodama D. et al. Intraoperative angiography for quality control in MIDCAB and OPCAB. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2003; 24: 647–9.
- Elbeery J.R., Chitwood W.R., Jr. Intraoperative catheterization of the left internal mammary artery via the left radial artery. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64: 1840–2.
- Fabricius A.M., Gerber W., Hanke M., Garbade J., Autschbach R., Mohr F.W. Early angiographic control of perioperative ischemia after coronary artery bypass grafting. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2001; 19: 853–8.
- FitzGibbon G.M., Leach A.J., Keon W.J., Burton J.R., Kafka H.P. Coronary bypass graft fate. Angiographic study of 1,179 vein grafts early, one year, and five years after operation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1986; 91: 773–8.
- Patel M.R., Dehmer G.J., Hirshfeld J.W., Smith P.K., Spertus J.A. ACCF/SCAI/STS/AATS/AHA/ASNC 2009 appropriateness criteria for coronary revascularization: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriateness Criteria Task Force, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Thoracic Surgeons, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, and the American Society of Nuclear Cardiology: endorsed by the American Society of Echocardiography, the Heart Failure Society of America, and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *Circulation.* 2009; 119: 1330–52.
- Elbeery J.R., Brown P.M., Chitwood W.R. Jr. Intraoperative MID-CABG arteriography via the left radial artery: a comparison with Doppler ultrasound for assessment of graft patency. *Ann. Thorac. Surg.* 1998; 66: 51–5.
- Falk V., Wälther T., Philippi A. et al. Thermal coronary angiography for intraoperative patency control of arterial and saphenous vein coronary artery bypass grafts – results in 370 patients. *J. Card. Surg.* 1995; 10: 147–60 [Web of Science][Medline].
- Fonger J.D. Integrated myocardial revascularization. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1999; 16 (Suppl 2): S12–7.
- Fosse E., Hol P.K., Samset E. et al. Integrating image-guidance into the cardiac operating room. *Min. Invas. Ther. & Allied Technol.* 2000; 9: 403–9.
- Hol P.K., Fosse E., Mørk B.E. et al. Graft control by transit time flow measurement and intraoperative angiography in coronary bypass surgery. *Heart Surg. Forum.* 2001; 4: 254–8.
- Segadal L., Matre K., Engedal H., Resch F., Grip A. Estimation of flow in aortocoronary grafts with a pulsed ultrasound Doppler meter. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1982; 30: 265–8.
- Walpoth B.H., Bosshard A., Genyk I. et al. Transit-time flow measurement for detection of early graft failure during myocardial revascularization. *Ann. Thorac. Surg.* 1998; 66: 1097–100.

Поступила 13.04.2015