

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА В КОРОНАРНОЙ ХИРУРГИИ

Я.Б. Бранд – д.м.н., профессор¹
 А.В. Пронин – зам. директора²
 *М.Х. Мазанов – к.м.н., ст. науч. сотрудник¹
 Д.В. Чернышев – врач-кардиохирург¹

¹НИИ скорой помощи
 им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
 129010 Россия, г. Москва Б. Сухареvская площадь д.3
²ООО «Тепловизионные системы»
 119991 Россия, г. Москва, ул. Вавилова, 38 ИОФ АМН

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- термoкoрoнaрoгpафия
- термoангиoгpафия
- термoкoрoнaрoангиoгpафия
- кoрoнaрнoe шунтирoвaниe

РЕЗЮМЕ:

Цель: изучить возможность применения тепловизионного комплекса (ТВК) в коронарной хирургии (для оценки состояния коронарного русла, качества сформированных анастомозов и эффективности реваскуляризации).

Обследовано 38 пациентов, которым выполнялась реваскуляризация миокарда в условиях искусственного кровообращения.

Интраоперационно исследовано 164 дистальных анастомоза аутотрансплантатов с коронарными артериями (КА): при использовании аутовенозных трансплантатов (большая подкожная вена (БПВ)) – 126, аутоартериальных (левая внутригрудная артерия (ЛВГА)-ПМЖВ) – 38. Во всех случаях подтверждено отсутствие грубых технических погрешностей. В одном случае выявлена негерметичность анастомоза в виде «теплого пятна» экстравазации. У всех 38 пациентов отмечено отсутствие значимых температурных градиентов на поверхности различных участков миокарда после восстановления нормальной сердечной деятельности и полной реперфузии миокарда, что, по нашему мнению, свидетельствует об адекватной реваскуляризации миокарда.

Использование ТВК помогло обнаружить у двух пациентов расположение коронарных артерий (КА) на передней поверхности сердца, что не удавалось при обычном визуальном осмотре и пальпации эпикарда (у одного пациента с выраженным синдромом Дресслера и у второго пациента с интрамиокардиальным расположением). У двух пациентов с постинфарктной аневризмой в области верхушки левого желудочка (ЛЖ), использование ТВК позволило визуализировать границу рубцовой ткани и жизнеспособного миокарда.

Заключение: применение ТВК во время операции позволяет достаточно эффективно, в режиме реального времени, проводить оценку состояния коронарных артерий, качества выполненных дистальных анастомозов и адекватности кровоснабжения миокарда после его реваскуляризации.

THERMOGRAPHY EQUIPMENT IN CORONARY SURGERY

Brand Ya.B – MD, PhD, professor¹
 Pronin A.V. – Deputy Director General²
 *Mazanov M.H. – MD, PhD¹
 Chernishev D.V. – MD²

¹Scientific-Research Institute of Emergency Medicine
 named after N.V. Sklifosovsky, Moscow, Russian Federation
 3, Sukharevskaya sq., Russian Federation, Moscow, 129010
²Thermography Systems Co LTD
 38, Vavilova str., Moscow, Russian Federation, 119991

KEY-WORDS:

- thermocoronarography
- thermoangiography
- thermocoronarangiography
- coronary artery bypass

ABSTRACT:

Aim: was to study possibilities of using thermographic equipment (TE) in coronary surgery (for evaluating coronary arteries' condition, quality of formed anastomosis and revascularization efficiency).

We examined 38 patients who underwent myocardial revascularization in condition of extracorporeal circulation.

Intraoperatively investigated 164 distal anastomosis of autotransplants with coronary artery (CA): 126 of which were vein autotransplant (great saphenous vein (GSV)), 38 – arterial autotransplant (left internal mammary artery (LIMA) – anterior interventricular branch (AIB)).

Absence of rough technical variations has been confirmed in all cases but one, when the leak as a thermal spot of extravasation was found.

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Мазанов Мурат Хамидбиевич (Mazanov M.H.), e-mail: mazan@bk.ru

In all 38 patients absence of thermal gradients on the surface of various myocardium area after reperfusion of myocardium was noted, which is perhaps (in our opinion) the sign of complete revascularization of myocardium.

Using of the TE was especially effective in detection of coronary arteries in cases when it was impossible by the conventional visual examination and epicardium palpation in patients with postinfarction adhesive process in pericardium (Dressler syndrome) or thick epicardium fat layer. In 2 patients with postinfarction in left ventricular aneurism the TE helped to distinguish viable myocardium from the scar.

Conclusion: the usage of the TE during a surgery is quite effective in examination of coronary arteries condition on a real-time basis, quality of distal anastomosis made, and adequacy of myocardial perfusion after its revascularization.

Введение

С начала развития коронарной хирургии остается актуальным вопрос визуализации коронарных артерий во время операции для оценки их состояния, выбора оптимального места для формирования дистальных анастомозов аутотрансплантатов с коронарными артериями и оценки их качества, а также оценки адекватности ревазуляризации миокарда.

Для решения данной проблемы в разные годы были предложены различные методы (табл. 1).

В настоящее время, «золотым стандартом» для визуализации и оценки состояния коронарных артерий, а также степени их поражения, является коронароангиография. Однако применение данного метода во время операции затруднено, в связи с техническими сложностями. Коронароангиографию можно выполнять только после формирования всех анастомозов, реперфузии и восстановления нормальной сердечной деятельности. Одним из «недостатков» данного метода является использование контрастного препарата и затрата времени.

Ангиоскопия – метод исследования кровеносных сосудов, заключающийся в осмотре внутренней поверхно-

сти сосудистой стенки с помощью специального эндоскопа. Методика предполагает определенную «травму» эндотелия артерии, тем более, когда речь идет о сосудах малого калибра, в частности, коронарных артериях. Кроме того, наличие нескольких выраженных стенозов по ходу одной коронарной артерии значительно затрудняет исследование и снижает его информативность.

Метод внутрисосудистого ультразвукового исследования представляет определенную альтернативу рентгенконтрастной ангиографии. В отличие от ангиографии, при которой достигается силуэтное изображение повреждения сосудистой стенки на фоне заполненного контрастом просвета, внутрисосудистое УЗИ позволяет визуализировать изменения сосудистой стенки в проекции поперечного среза, то есть томографически. Такой способ визуализации дает возможность определить не только линейные параметры (диаметр просвета), но и площадь поперечного сечения просвета в месте сужения артерии.

Кроме того, основываясь на различии тканей по их эхогенной плотности, внутрисосудистое УЗИ позволяет

Таблица 1. Сравнительные характеристики различных методов для интраоперационной оценки состояния коронарных артерий и аутотрансплантатов

| Название метода исследования | Контакт со стерильным операционным полем | Инвазивность метода* | Потребность в контрастном веществе | Анатомическая картинка | Визуализация потока | Измерения на венозном шунте | Измерения на артериальном шунте (лВГА) |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|--|
| Ангиография | да | да | да | да | да | нет | нет |
| Ангиоскопия | да | да | нет | да | нет | нет | нет |
| Внутрисосудистый ультразвук | да | да | нет | да | нет | нет | нет |
| Ультразвуковая флоуметрия | да | нет | нет | нет | нет | да | да |
| Электромагнитная флоуметрия | да | нет | нет | нет | нет | да | да |
| Флуоресценция | нет | да | да | да | нет | нет | нет |
| Термокоронароангиография | нет | нет | нет | да | да | нет | нет |

Примечание: Инвазивность метода – необходимость введения в сосудистое русло катетеров и нефротоксичных рентгеноконтрастных препаратов.

получить картину морфологического состава атеросклеротически измененной интимы артерии.

Ультразвуковая флоуметрия позволяет в режиме реального времени оценить объемные кровотоки по коронарным артериям и по аутоотрансплантатам.

Вместе с тем, ультразвуковые методы имеют как положительные стороны, так и «недостатки». К «недостаткам» этих методов следует отнести «травму» эндотелия сосуда (в случае с внутрисосудистым ультразвуком), временные затраты на обследование и, конечно, отсутствие одномоментной полной картины для оценки состояния коронарного русла, т.е. локальность обследования.

Метод флуоресценции дает возможность интраоперационно визуализировать коронарные артерии и аутоотрансплантаты при помощи специальных сканирующих (лазерных) установок и флуоресцирующих растворов (зеленый индоцианин (ICG)). К основным «недостаткам» этого метода следует отнести инвазивность метода, использование контрастного препарата, низкая разрешающая способность. Исследование не может проводиться при отсутствии сердечной деятельности [1].

Метод электромагнитной флоуметрии позволяет интраоперационно количественно оценивать кровотоки в аутоотрансплантатах. Этот метод наиболее «дешевый» из вышеперечисленных, но его недостатком является контакт со стерильным полем, отсутствие возможности визуализации коронарных артерий до и после реваскуляризации миокарда.

Все описанные выше разнообразные методы, к сожалению, либо не обладают достаточной разрешающей способностью, либо требуют дорогостоящего оборудования и расходных материалов, либо не позволяют выполнить комплексную оценку состояния коронарных артерий в режиме реального времени.

Таким образом, до последнего времени, решения задачи безопасной, информативной, неинвазивной интраоперационной визуализации коронарных артерий, аутоотрансплантатов и качества анастомозов, не существовало.

История развития тепловидения в коронарной хирургии

Появление метода интраоперационной оценки коронарного русла с помощью тепловизора (термокоронарография или термокоронароангиография (ТКА)), позволило сделать значительный шаг в осуществлении контроля качества и адекватности выполнения операций реваскуляризации миокарда, а также формирования прогноза функционирования трансплантатов в послеоперационном периоде.

Первые работы, посвященные использованию тепловизионной техники в коронарной хирургии, появились в 1978 году, когда интраоперационно, при помощи либо холодных растворов, либо теплой крови,

изучались изменения размеров зон ишемии после формирования анастомозов аутоинозных трансплантатов с КА. [2]

В 1979 году появились работы, в которых было показано, что, при помощи термокамеры, можно визуализировать область перфузии данного конкретного шунта посредством введения в этот шунт холодного физиологического раствора [3], и обнаружено, что по термограмме можно судить о распределении коронарного кровотока по миокарду [4].

Дальнейшему развитию методики термовизуализации посвящены работы Mohr F.W., Falk V. и соавт. (Department of Surgery, Cedars-Sinai Medical Center, Los Angeles, California. и Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, Georg August Universitat, Gottingen, Germany). Авторы отметили возможность не только визуализировать коронарные артерии в разных бассейнах, но и места стенозов в коронарных артериях, а также ошибки операторов при формировании анастомозов. Таким образом, они подтвердили перспективность методики ТКА для оценки адекватности объема и качества реваскуляризации миокарда [5–17].

В России, первые попытки применения тепловизионного комплекса в коронарной хирургии были предприняты в 1996 году (Чернышев Д.В., Ширяев А.А., Лепилин М.Г., Бранд Я.Б., Партигулов С.А., Акчурин Р.С.) [18]. Тепловизионный комплекс (OPGAL - IVA-2000, GE) позволял получать термокоронарограммы приемлемого качества для дальнейшего их анализа, что подтверждало эффективность его применения в коронарной хирургии. Вместе с тем, его недостатками были сложность и неудобство управления, неудачная компоновка, затрудняющая его применение в операционной, а также очень высокая стоимость комплекса.

Следующим этапом в развитии ТКА в России было применение тепловизионного комплекса VasoTherm-1, разработанный компанией IRTIS (Россия) и апробированный в клинике (Акчурин Р.С., Бранд Я.Б., Партигулов С.А., Лепилин М.Г., Долгов И.М., Щербаков М.И., Чернышев Д.В.) [19-21].

Прибор представлял из себя сканирующую тепловизионную камеру, что не позволяло добиться изображения высокого качества в режиме реального времени.

Значительным прорывом вперед стало применение тепловизора NEC TH-9100 с использованием методик, разработанных в отделении неотложной коронарной хирургии (ОНКХ) НИИ СП им Н.В. Склифосовского совместно с ЗАО «Матричные Технологии».

Цель работы: изучить возможность применения тепловизионного комплекса NEC TH-9100 в коронарной хирургии для интраоперационной оценки состояния коронарных артерий и оценки качества выполненных анастомозов. Разработать методику применения ТВК для интраоперационной визуализации коронарных артерий, анастомозов аутоотрансплантатов с КА и зон их кровоснабжения.

Материалы и методы

В ОНХХ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского при помощи тепловизионного комплекса NEC TH-9100 на интраоперационном этапе было обследовано 38 пациентов с ишемической болезнью сердца, которым выполнялась операция реваскуляризации миокарда.

Среди обследованных, большинство пациентов были мужчинами (n=36). Средний возраст пациентов составил 52±4,3 года.

Операции реваскуляризации миокарда проводились по стандартной методике в условиях искусственного кровообращения.

В качестве аутотрансплантатов использовали большие подкожные вены, лучевые артерии и левую внутригрудную артерию. Для шунтирования КА использовали трансплантаты в виде линейных и секвенциальных шунтов, а также применяли природные аутовенозные разветвления и Т-образные конструкции из трансплантатов. Для шунтирования ПМЖВ у всех пациентов применяли стандартно ЛВГА. При необходимости выполнялась эндартерэктомия из КА, аневризмэктомия ЛЖ с пластикой по Дору или аневризмография.

В общей сложности выполнено 164 дистальных анастомоза: аутовенозных трансплантатов с коронарными артериями -126, левой внутригрудной артерии с ПМЖВ -38.

Методика использования ТВК во время операции

Тепловизионный комплекс NEC TH-9100 включает в себя компактную тепловизионную камеру, штатив (на который крепится тепловизор) и монитор с плоским жидкокристаллическим экраном.

Наиболее удобным, при установке тепловизионного комплекса в операционной, является расположение передвижной стойки с тепловизионной камерой со стороны головы пациента, а монитора - напротив оперирующего хирурга. ТВК устанавливается перед началом операции и настраивается палитра для условий работы в температурных режимах от +4°C до +30°C (в зависимости от этапа операции). Подвижность камеры на выносном плече стойки позволяет выбрать наиболее удачный угол обзора исследуемой поверхности миокарда. Визуализация задних и боковых областей миокарда достигается при поворотах сердца в зону охвата камеры. Таким образом, участков миокарда, недоступных визуализации, нет.

Методика интраоперационной оценки коронарного русла

После перикардиотомии, камера фокусируется на поверхность сердца.

За счет возникновения температурного градиента между эпикардом и кровью в коронарных артериях, коронарное русло визуализируется без каких-либо дополнительных манипуляций через 1,5–2 мин. экспозиции. Более четкую визуализацию коронарных арте-

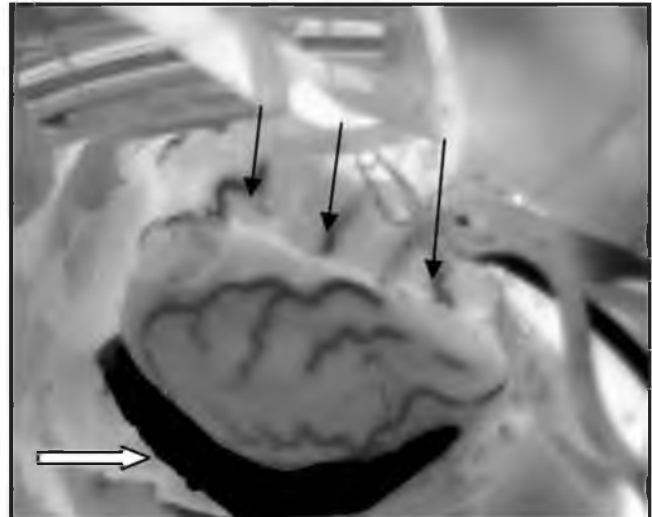


Рис. 1. Визуализация передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) в момент подачи холодного КПР. 29-я секунда подачи КПР; черные стрелки - ПМЖВ, белая стрелка - артефакт от физиологического раствора с $10^{\circ} + 4^{\circ} \text{C}$.

рий можно получить при увеличении температурного градиента «эпикард-коронарный сосуд», что достигается однократным орошением поверхности сердца изотоническим раствором комнатной температуры. Помимо этого, время восстановления исходной (перед орошением) температуры на поверхности миокарда позволяет косвенно оценить перфузию того или иного участка.

Еще более четкое изображение коронарного русла получается с началом введения охлажденного (до +4°C) кардиоплегического раствора (КПР) в корень аорты (после начала искусственного кровообращения и наложения поперечного зажима на аорту) (**рис. 1**). Время, которое необходимо для визуализации коронарных артерий на мониторе ТВК занимает от 5 до 40 сек. Мы полагаем, что такой разброс по времени может объясняться несколькими причинами:

1. различной толщиной эпикарда и жирового слоя над коронарными артериями в разных участках,
2. различной глубиной залегания коронарной артерии в толще миокарда или в рубцах,
3. наличием различной степени выраженности стенозов по ходу артерии, вплоть до их окклюзий.

Таким образом, на данном этапе возможна качественная оценка состояния коронарного русла, в частности, можно определить локализацию коронарных артерий и наличие в них стенозов.

Первое обстоятельство важно тем, что позволяет обнаружить коронарные артерии при их интрамиокардиальном расположении или в рубцовых тканях, а также при выраженном синдроме Дресслера (перенесенный инфаркт миокарда, выполненные ранее операции на сердце). В свою очередь, это позволяет экономить время на поиски КА и выбрать оптимальное место для формирования анастомозов.

Методика интраоперационной оценки качества анастомозов

После формирования каждого из дистальных анастомозов, в аутотрансплантат при помощи шприца подается холодный (6–10°C) физиологический раствор в объеме 10–40 мл. При прохождении холодного раствора по аутотрансплантату и далее по коронарной артерии происходит охлаждение стенок сосуда, что позволяет на мониторе ТВК в реальном времени визуализировать область анастомоза и коронарное русло (рис 2а,б; 3а,б). Визуализируются шунт, область анастомоза и коронарные артерии с сопутствующими венами).

По полученному на мониторе ТВК изображению можно оценить качество выполненного анастомоза и выявить технические ошибки, если они имеются (прошивание задней стенки, неполное сопоставление стенок транс-

плантата и коронарной артерии, оценка герметичности анастомоза).

При выполнении секвенциальных анастомозов, или, если в качестве трансплантата использовалась аутовена с природным аутовенозным разветвлением, либо сформированная Т-образная конструкция из ауто-трансплантатов, регистрация на ТВК осуществляется поэтапно для каждой бранши или участка трансплантата (рис. 4а–г).

Качество сформированного анастомоза левой внутригрудной артерии с передней межжелудочковой ветвью и заполнение ее кровью можно оценить после восстановления кровотока по артериальному шунту (по характеру изображения на мониторе ТВК зоны анастомоза, скорости появления сосудистого рисунка и интенсивности прогревания миокарда) (рис. 5а,б).

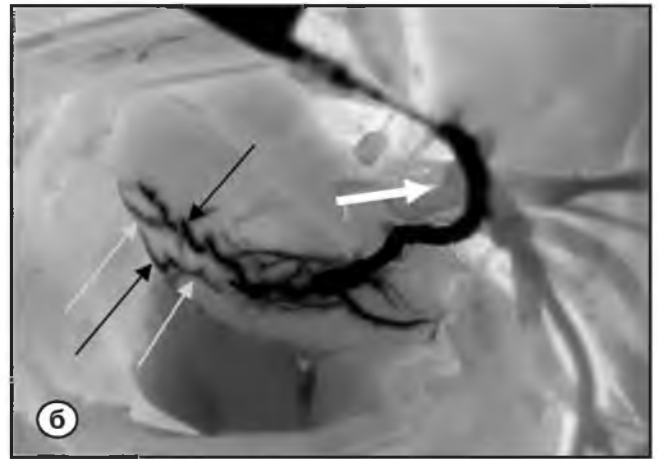


Рис. 2. а – процесс заполнения через аутовенозный трансплантат (белая стрелка) холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (черные стрелки) с сопутствующими венечными венами (серые стрелки). б – процесс заполнения через аутовенозный трансплантат (белая стрелка) холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (черные стрелки) с сопутствующими венечными венами (серые стрелки).

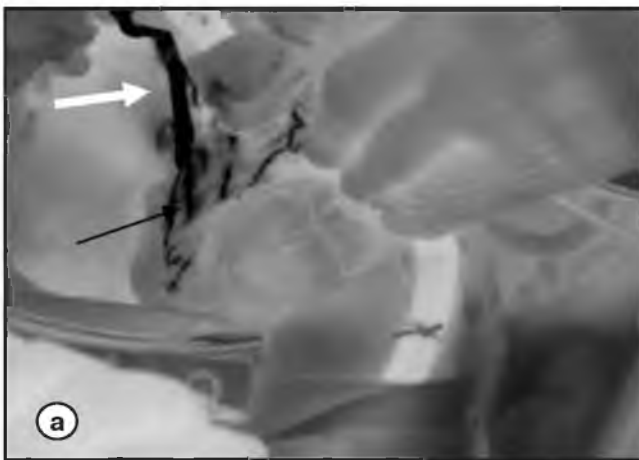


Рис. 3. а – процесс заполнения через аутовенозный трансплантат (белая стрелка) холодным физиологическим раствором задней межжелудочковой ветви (черная стрелка). б – процесс заполнения через аутовенозный трансплантат (белая стрелка) холодным физиологическим раствором задней межжелудочковой ветви (черная стрелка) с сопутствующими венечными венами (черные стрелки).

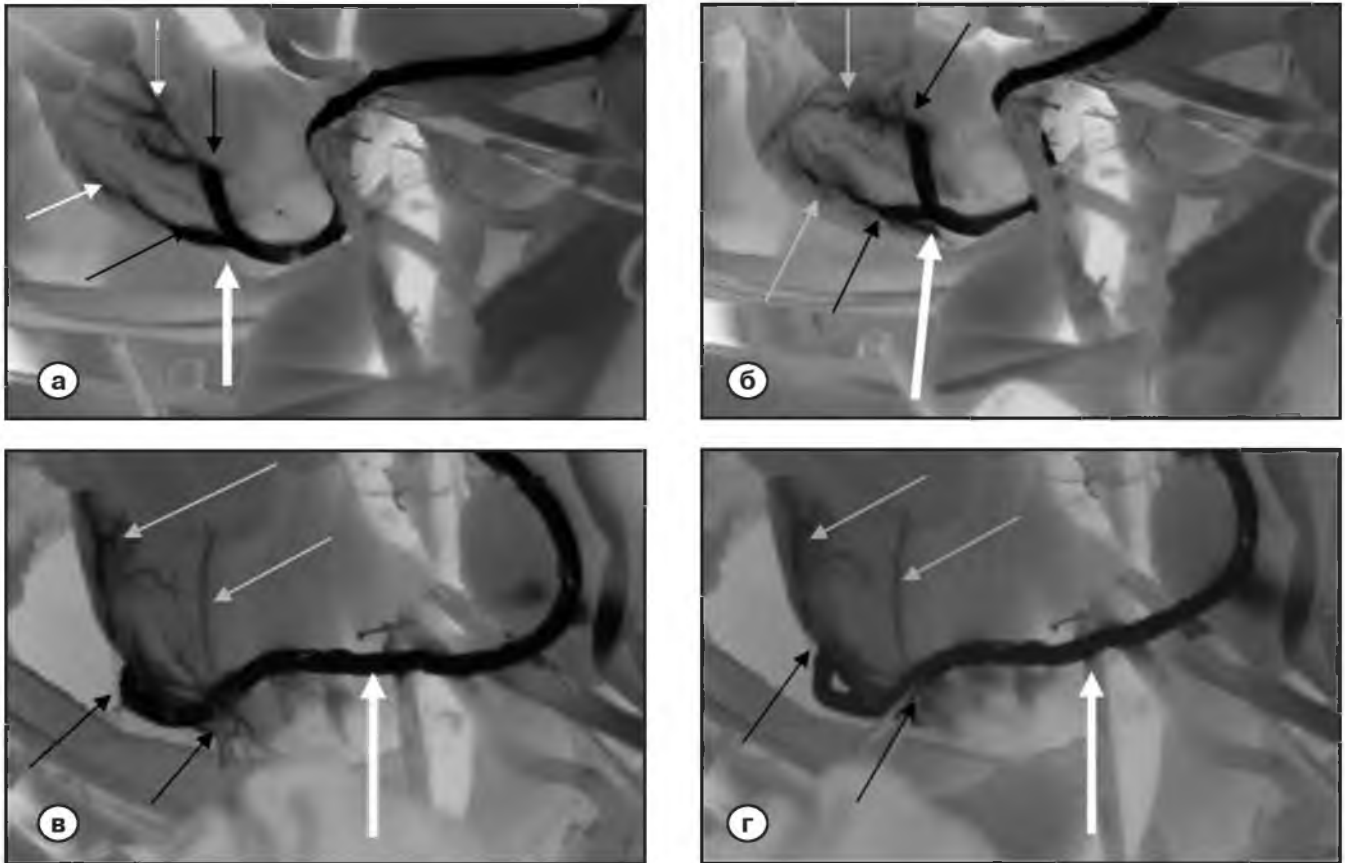


Рис. 4. а – заполнение холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (красные стрелки) через аутовенозный трансплантат с разветвлением (белая стрелка). Места анастомозов (черные стрелки). Начало подачи холодного физиологического раствора.
 б – заполнение холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (красные стрелки) через аутовенозный трансплантат с разветвлением (белая стрелка). Места анастомозов (черные стрелки). Продолжение подачи холодного физиологического раствора.
 в – начало заполнения через секвенциальный аутовенозный шунт (белая стрелка) холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (красные стрелки). Места анастомозов (черные стрелки).
 г – продолжение заполнения через секвенциальный аутовенозный шунт (белая стрелка) холодным физиологическим раствором огибающей ветви и ветви тупого края (красные стрелки). Места анастомозов (черные стрелки).

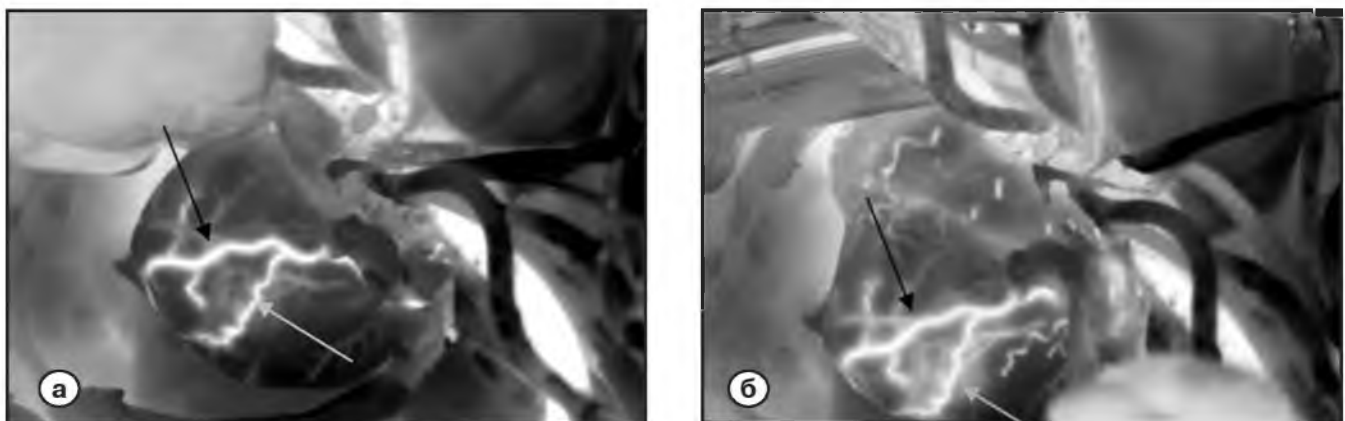


Рис. 5. а – восстановление кровотока по лВГА после окончания формирования анастомоза лВГА к ПМЖВ (10-я секунда заполнения теплой кровью). Визуализация кровотока по ПМЖВ (черная стрелка) и диагональной ветви (серая стрелка).
 б – восстановление кровотока по лВГА после окончания формирования анастомоза лВГА к ПМЖВ (20-я секунда заполнения теплой кровью). Визуализация кровотока по ПМЖВ (черная стрелка) и диагональной ветви (серая стрелка). Хорошо прослеживается интенсивность согревания миокарда, по которой можно косвенно судить о хорошей перфузии в данных участках.

Методика интраоперационной оценки полноты ревазуляризации

После выполнения всех сосудистых анастомозов и восстановления кровотока по коронарным артериям, производится оценка полноты ревазуляризации миокарда, которая аналогична методике оценки коронарного русла перед шунтированием.

Результаты

Четкое изображение коронарных артерий было получено во всех случаях их неокклюзионного поражения. При окклюзиях коронарных артерий время заполнения КА и четкость их визуализации напрямую зависела от развитости коллатералей

Всего исследовано 164 анастомоза у 38 пациентов: анастомозов аутовенозных трансплантатов (БПВ) с КА – 126 и анастомозов ЛВГА с ПМЖВ – 38. Отсутствие технических погрешностей подтверждено во всех случаях.

В одном случае обнаружена негерметичность анастомоза в виде «теплого пятна» экстравазации (**рис. 6**). Преимущество диагностики негерметичности анастомоза с помощью ТВК состоит в том, что ее можно обнаружить при самом незначительном давлении в области анастомоза, которое создается при введении физиологического раствора в трансплантат или после восстановления кровотока через трансплантат, а это позволяет своевременно устранить негерметичность и избежать в последующем кровотечения или технических трудностей при герметизации анастомоза на работающем сердце.

Заполнение коронарных артерий после анастомоза во всех случаях было адекватным. У всех 38 пациентов (после пуска кровотока по аутоотрансплантатам и восстановлении нормальной сердечной деятельности) отмечено отсутствие температурных градиентов на

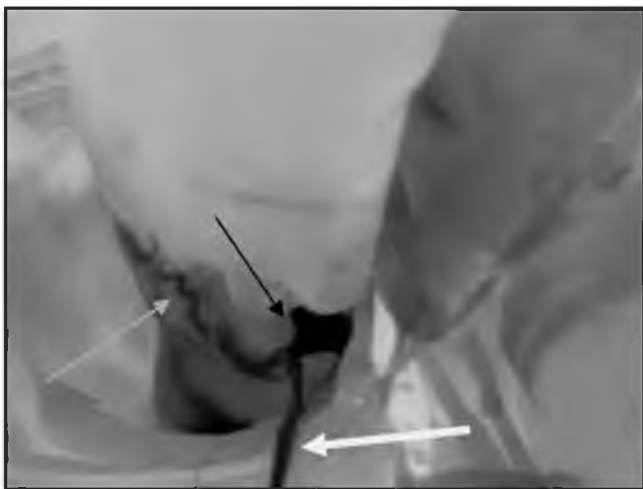


Рис. 6. Место негерметичности (черная стрелка) дистального анастомоза аутовенозного шунта (белая стрелка) с ветвью тупого края (серая стрелка).

поверхности различных участков миокарда, что, по нашему мнению, свидетельствует о «достаточной» или «адекватной» ревазуляризации миокарда.

Примененный в 14 случаях метод поэтапной оценки кровотока по аутовенозным разветвлениям (7 случаев) и по секвенциальным анастомозам (7 случаев) является эффективным и позволяет оценить полноту и качество ревазуляризации миокарда, а также избежать формирования лишних анастомозов.

У двух пациентов использование ТВК помогло обнаружить расположение коронарных артерий на передней поверхности сердца, что не удавалось при обычном визуальном осмотре и пальпации эпикарда. У одного пациента был выраженный синдром Дресслера, а у второго пациента коронарная артерия располагалась глубоко интрамиокардиально. У двух пациентов с постинфарктной аневризмой верхушки левого желудочка использование ТВК позволило визуализировать границу рубцовой ткани и нормального жизнеспособного миокарда.

Таким образом, интраоперационная термокоронарография с помощью ТВК является эффективным безопасным методом для визуализации и, оценки состояния коронарного русла и качества выполненных анастомозов. Для проведения этого исследования не требуется дополнительная катетеризация аорты и коронарных артерий, использование рентгенодиагностической С-дуги, привлечения специалистов по рентгеноэндovasкулярным методам диагностики и лечения. Немаловажным является то, что при термокоронарографии не используются нефротоксические рентгеноконтрастные вещества. ТКА позволяет выбрать оптимальное место для формирования дистальных анастомозов аутоотрансплантатов с КА и оценить их качество (тем самым избежать хирургических ошибок), а также определить необходимый (адекватный) объем ревазуляризации миокарда, поскольку с помощью ТВК с высокой точностью можно визуализировать зоны кровоснабжения миокарда после каждого, вновь сформированного анастомоза. Что, в свою очередь, позволяет избежать формирования лишних анастомозов и создания условий конкурентного кровотока в шунтах. Однако, оценка полноты ревазуляризации миокарда является качественной и требует дальнейшей доработки по расширению функциональности ТВК. В настоящий момент ведутся работы по расширению возможностей ТВК и программного обеспечения, что в последующем должно позволить проводить количественную оценку в зонах перфузии миокарда. Это, в свою очередь, поможет лучше оценивать полноту и адекватность ревазуляризации миокарда.

Выводы

1. Интраоперационное использование ТВК при операциях ревазуляризации миокарда позволяет

эффективно визуализировать в реальном времени состояние и топографию коронарного русла перед началом этапа формирования анастомозов ауто-трансплантатов с КА.

2. Метод ТКА эффективно позволяет оценить каче-

ство выполненных анастомозов и своевременно устранить технические ошибки.

3. На данном этапе разработки ТВК возможно лишь качественная оценка зон перфузии миокарда. ■

Список литературы/References

1. Detter C., Russ D., Iffland A. et al. Near-infrared fluorescence coronary angiography: a new noninvasive technology for intraoperative graft patency control. *Heart Surg. Forum.* 2002; 5(4): 364–369.
2. Robicsek F., Masters T.N., Svenson R.H. et al. The application of thermography in the study of coronary blood flow. *Surgery.* 1978; 84(6): 858–864.
3. Brydon J.W., Lambie A.K., Wheatley D.J. Thermographic visualisation of coronary artery blood flow during by-pass surgery. *J. Med. Eng. Technol.* 1979; 3(2): 77–80.
4. Daniel W., Klein H., Hetzer R. et al. Thermocardiography – a method for continuous assessment of myocardial perfusion dynamics in the exposed animal and human heart. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1979; 27(1): 51–57.
5. Ebner E., Sedlarik K., Danz J. Die Thermokardiographie – eine Möglichkeit der kontinuierlichen intraoperativen Überwachung [Thermocardiography-a method for continuous intraoperative surveillance]. *Z. Exp. Chir.* 1980; 13(6): 363–367.
6. Shabbo F.P., Rees G.M. Thermography in assessing coronary artery saphenous graft patency and blood flow. *Cardiovasc. Res.* 1982; 16(3): 158–162.
7. Kyo S., Adachi H., Omoto R. Thermocardiography in the ischemic heart. *Heart Vessels.* 1985; 1(4): 244–245.
8. Adachi H. Assessment of regional myocardial ischemia by thermocardiography in the dog. *Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi.* 1988; 36(11): 2408–2416.
9. Mohr F.W., Falk V., Krieger H. et al. IMA-graft patency control by thermal coronary angiography during coronary bypass surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1991; 5(10): 534–541.
10. Falk V., Walter T., Philipp 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(2): 147–160.
11. Gordon N., Rispler S., Sideman S. et al. Thermographic imaging in the beating heart: a method for coronary flow estimation based on a heat transfer model. *Med. Eng. Phys.* 1998; 20(6): 443–451.
12. Zehr K.J., Handa N., Bonilla L.F. et al. Pitfalls and results of immediate angiography after off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surg. Forum.* 2000; 3(4): 293–299.
13. Suma H., Isomura T., Horii T., Sato T. Intraoperative coronary artery imaging with infrared camera in off-pump CABG. *Ann. Thorac. Surg.* 2000; 70(5): 1741–1742.
14. Baretta R., Eckel L., Krabatsch T. et al. Myocardial rewarming mirrors intraoperative mammary artery graft function. *Card. Surg.* 2003; 18(5): 404–409.
15. Sonmez B., Arbatli H., Tansal S. et al. Real-time patency control with thermal coronary angiography in 1401 coronary artery bypass grafting patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2003; 24(6): 961–966.
16. Diamantopoulos L., Liu X., De Scheerder I. et al. The effect of reduced blood-flow on the coronary wall temperature. Are significant lesions suitable for intravascular thermography? *Eur. Heart J.* 2003; 24(19): 1788–1995. Comment in: *Eur. Heart J.* 2004; 25(11): 993–994.
17. Reuthebuch O., Haussler A., Genoni M. et al. Novadaq SPY: intraoperative quality assessment in off-pump coronary artery bypass grafting. *Chest.* 2004; 125(2): 418–424.
18. Chernyshev D.V., Shiryayev A.A., Lepilin M.G., et al. Pervoe ispolzovanie teplovizora dlya opredeleniya effektivnosti shuntirovaniya koronarnih arteriy v OSSH RKNPK RF [The first use of the thermal imager for determination of efficiency of shunting of coronary arteries in OSSH RKNPK MZ of the Russian Federation]. Progress i problemy lecheniya v lechenii zabolevaniy serdca i sosudov:materialy yubileinoi konferencii, posvyaschennoy 100-letiyu SPbGU im. akad. I.P.Pavlova [Progress and treatment problems in treatment of diseases of heart and vessels: materials of the anniversary conference devoted to the 100 anniversary of St.Petersburg State University of Akkad. I.P. Pavlova], St. Petersburg, on December 8–11, 1997 SPb. 1997; 76–77. [In Russ]
19. Akchurin R.S., Brand Ya.B., Lepilin M.G. et al. Termokoronarografiya v CABG. 18th Word Congress of the International Union of Angiology, Tokyo, Japan, 1998. Tokyo. 1998; 8.
20. Akchurin R.S., Shiryayev A.A., Brand Ya.B. et al. Ispolzovanie termokoronarografii pri koronarnom shuntirovanii. [Termokoronarografiya use at coronary shunting]. IV Vserossiyskiy sezd serdechno-sosudistykh khirurgov [IV All-Russian congress of cardiovascular surgeons], Moscow, on December 8-11, 1998 Moscow. 1998; 65. [In Russ]
21. Akchurin R.S., Scherbakov M. I., Partigulov S.A. et al. Otsenka adekvatnosti zaschity miokarda pri pomoschi termokoronarografii. [Assessment of adequacy of protection of a myocardium by means of a termokoronarografiya]. 2-y Vserossiyskiy sezd po ekstrakorporalnym tekhnologiyam. [The 2nd All-Russian congress on extracorporal technologies], Kazan, June, 1999 Kazan. 1999; 35–36. [In Russ]