

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-24-32>
УДК 616.132.2-089.28



ВЕНОЗНЫЕ КОНДУИТЫ В КОРОНАРНОЙ ХИРУРГИИ: СТАРЫЕ ПРОБЛЕМЫ — НОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Ю.Ю. Вечерский, Д.В. Манвелян*, В.В. Затолокин, В.М. Шипулин

Научно-исследовательский институт кардиологии,
Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук,
634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

Появление аутовенозного аортокоронарного шунтирования (АКШ) ознаменовало эпоху хирургической реваскуляризации у больных с ишемической болезнью сердца, что обеспечило эффективное лечение стенокардии и значительно улучшило долгосрочный прогноз. Венозные трансплантаты на сегодняшний день остаются наиболее востребованными кондуктами в коронарной хирургии в силу доступности, простоты выделения и отсутствия ограничений по длине. Несмотря на преимущества аутовенозного АКШ, главным недостатком является высокая частота дисфункции (недостаточности) венозных кондуктов, представляющая важную и нерешенную проблему в кардиологической и кардиохирургической практике. С другой стороны, традиционное выделение большой подкожной вены (БПВ) подразумевает рассечение мягких тканей на протяжении всей длины выделяемого кондукта и приводит к длительному стойкому болевому синдрому после операции, частым нарушениям кожной чувствительности и высокой частоте раневых осложнений со стороны нижних конечностей. Это удлиняет сроки реабилитации больных и ухудшает качество жизни. Существует подход выделения вены в блоке с окружающими тканями для оптимизации длительного функционирования венозного шунта, но данная методика еще более травматична по сравнению с традиционным методом, в связи с чем ее применение на практике ограничено. Появление минимально инвазивных методов выделения позволило сократить частоту раневых осложнений и улучшить косметический результат, однако нет убедительных данных об их влиянии на состоятельность шунтов в отдаленном периоде после операции. Проблемы использования венозных кондуктов при АКШ многогранны, а их решение необходимо для улучшения эффективности хирургической реваскуляризации.

Ключевые слова:	коронарное шунтирование, недостаточность венозных шунтов, минимально инвазивная хирургия, эндоскопия, bridge-техника, no-touch, наружное стентирование, гидравлическая дилатация венозных шунтов
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Прозрачность финансовой деятельности:	никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах
Для цитирования:	Вечерский Ю.Ю., Манвелян Д.В., Затолокин В.В., Шипулин В.М. Венозные кондукты в коронарной хирургии: старые проблемы — новые решения. Сибирский медицинский журнал. 2019;34(1):24–32. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-24-32

VENOUS CONDUITS IN CORONARY SURGERY: OLD PROBLEMS — NEW SOLUTIONS

Yury Y. Vecherskiy, David V. Manvelyan*, Vasilii V. Zatolokin, Vladimir M. Shipulin

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences,
111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

The introduction of autovenous coronary artery bypass grafting (CABG) marked the era of surgical revascularization in patients with coronary artery disease. It provided effective treatment for angina and significantly improved the long-term prognosis. Venous transplants today remain the most popular conduits in coronary surgery due to their availability, ease of harvesting, and the absence of length restrictions. Despite the advantages of autovenous CABG, the main disadvantage is the high incidence of venous graft failure, which represents an important and unresolved problem in cardiac and cardiovascular surgery. On the other hand, the traditional allocation of a large saphenous vein implies the dissection of soft tissues throughout the length of the isolated conduit. Traumatic dissection causes a long-lasting persistent pain syndrome after surgery, frequent abnormalities in

skin sensitivity, and a high incidence of wound complications in the lower extremities. These complications lengthen the period of rehabilitation of patients and worsen the quality of life. There is an approach of isolating the vein in a block with surrounding tissues to optimize the long-term functioning of the venous shunt, however, this technique is even more traumatic than the traditional method, and therefore its use is limited in practice. On the other hand, the introduction of minimally invasive methods of isolation allowed to reduce the incidence of wound complications and to improve the cosmetic result, but there is no convincing data regarding the effect on the consistency of shunts in the long-term postoperative period. The problems associated with the use of venous conduits in CABG are multifaceted, and their solutions are necessary to improve the effectiveness of surgical revascularization.

Keywords:	artery bypass grafting, venous graft failure, minimally invasive surgery, endoscopy, bridge technique, no-touch, external stenting, pressure distension venous graft
Conflict of interest:	the authors do not declare a conflict of interest
Financial disclosure:	no author has a financial or property interest in any material or method mentioned
For citation:	Vecherskiy Y.Y., Manvelyan D.V., Zatolokin V.V., Shipulin V.M. Venous Conduits in Coronary Surgery: Old Problems — New Solutions. The Siberian Medical Journal. 2019;34(1):24–32. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-24-32

Проблемы функционирования венозных шунтов

В течение первого года после аортокоронарного шунтирования (АКШ) окклюдироваться до 15% венозных трансплантатов [1]. В дальнейшем, в сроки от 1 до 6 лет, скорость окклюзии трансплантата составляет от 1 до 2% в год, а в сроки от 6 до 10 лет — 4% в год [2]. Последствием дисфункции шунтов является возврат стенокардии напряжения, при этом повторные вмешательства сопряжены с высоким риском осложнений [3]. В основе недостаточности венозных шунтов лежат три дискретных процесса: тромбоз, гиперплазия интимы и атеросклероз.

От 3 до 12% аутовенозных шунтов окклюдироваться в течение первого месяца после операции [2]. На этом этапе основной причиной является тромбоз, вызванный комбинацией изменений, описанных триадой Вирхова [1]. Эндотелий играет важнейшую роль в поддержании сосудистого гомеостаза, его повреждение запускает каскад патологических изменений. Даже при оптимальных условиях выделения большой подкожной вены (БПВ) отмечаются фокальные повреждения эндотелия [4]. Потеря эндотелиального слоя влечет за собой устранение физического и электростатического барьера, отделяющего тромбоциты от субэндотелиального слоя коллагена. Это приводит к агрегации тромбоцитов, нейтрофилов и отложению фибрина [5]. Происходит снижение активности тканевого активатора плазминогена, активация внешнего пути коагуляции по тканевому фактору [2, 5].

Склонность к гиперкоагуляции связана со сравнительно низкими антитромботическими свойствами вен, которые ослабевают в процессе выделения [6]. Природная склонность к раннему тромбозу усиливается техническими факторами, снижающими поток крови через аортокоронарный шунт. Кроме того, венозные кондуиты, выделенные скелетизированно, очень чувствительны к циркулирующим вазоконстрикторам, что приводит к снижению потока крови через шунт еще в большей степени [5].

Гиперплазия интимы формируется вследствие миграции и накопления клеток гладкой мускулатуры и внеклеточного матрикса в интиму с формированием «неоинтимы» в течение 4–6 недель после операции [7]. Венозный кондуит после операции подвергается изменениям, связанным с артериализацией кровотока [8]. Это вызывает повышенную экспрессию факторов роста, экспрессию и пролиферацию молекул адгезии [9]. Экспрессия молекул адгезии тесно ассоциирована с образованием «неоинтимы» [10]. Ключевую роль в регулировании роста инти-

мы играет эндотелий, который работает с помощью ряда стимулирующих и ингибирующих механизмов и агентов. Наиболее важным из последних является оксид азота (NO), ограничивающий пролиферацию гладких миоцитов посредством апоптоза [11]. Повреждение эндотелия приводит к нарушению модулирующих процессов, формированию «неоинтимы» над слоем тромбоцитов и фибрина [12]. Пролиферация и миграция гладкомышечных клеток медиа запускается в ответ на ряд факторов роста, также и цитокинов [12]. Позднее, в период «ремоделирования», происходит синтез внеклеточного матрикса активированными гладкомышечными клетками с прогрессирующим фиброзом интимы [12]. Vasavasorum участвует в адаптации шунтов к новым условиям, контроле гиперплазии посредством регуляции ангиогенеза и микроциркуляции [12]. Повреждение vasavasorum приводит к нарушению микроциркуляции, длительной гипоксии и ишемии стенки венозного кондуита. Пролонгированная гипоксия влечет за собой экспрессию сотен различных белков, контролирующей пролиферацию и миграцию гладкомышечных клеток [13], способствует образованию супероксида кислорода [14], реагирующего с NO, снижению биодоступности последнего [15]. В итоге ишемия стенки способствует прогрессированию фиброза «неоинтимы».

В среднем атероматозные бляшки появляются уже через 1 год после АКШ, но гемодинамически значимые стенозы возникают через 3 года после операции [16]. Существуют определенные особенности развития атеросклеротических бляшек в венозных шунтах, наиболее важной из которых является характер атеросклеротического процесса (быстро прогрессирующий, диффузный, концентрический). Гистологически в атероматозных бляшках венозных шунтов имеется большее количество пенных и воспалительных клеток, чем в нативной коронарной атероме. Атеросклеротические бляшки имеют рыхлый характер с плохо развитой или отсутствующей фиброзной капсулой и небольшими депозитами кальция.

Травма нижней конечности и послеоперационные осложнения

В некоторых случаях длина разреза при традиционном выделении вены может достигать 60 см [17], что сопровождается нарушениями перфузии тканей на всей протяженности разреза [18]. Травматичность традиционного способа выделения БПВ является причиной развития различных осложнений: болевого синдрома, парестезий и невралгий [19]. Это диктует необходимость

дополнительного назначения анальгетиков, ухудшает качество жизни больных и препятствует ранней реабилитации после операции. Но наиболее важное клиническое значение имеют раневые осложнения. Открытое выделение БПВ сопровождается увеличением частоты последних, и это приобретает большую значимость у пациентов с факторами риска, к которым относятся сахарный диабет, стенозирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей, женский пол, избыточная масса тела и курение [20]. Частота раневых осложнений может достигать, по данным разных авторов, 48% [21]. В первую очередь увеличивается частота раневых инфекционных осложнений и, как следствие, происходит резкий рост числа дополнительных вмешательств, таких как вторичная хирургическая обработка, дополнительная антибактериальная терапия и ежедневные перевязки [22]. Весомое значение имеют и неинфекционные раневые осложнения (отек нижних конечностей, раневые свищи, расхождение швов, некрозы, гематомы, серомы и лимфоцеле), которые ведут к снижению репарации тканей, увеличению риска вторичного инфицирования [22]. В итоге повторные вмешательства и вторичное заживление тканей приводят к формированию грубых рубцов с неудовлетворительным функциональным и эстетическим результатом. Именно поэтому в основе дальнейшего развития коронарной хирургии лежит минимизация травматичности операции.

Пути интраоперационной оптимизации функционального состояния венозных трансплантатов

Для минимизации патофизиологических изменений, приводящих к гиперплазии интимы, была предложена методика наружного стентирования шунта. Использование внешних стентов было впервые предложено Parsonnet et al. в 1963 г. С тех пор проведено множество исследований применения наружных стентов у животных, описаны изменения, возникающие в шунтах после операции [23]. Выявлено, что стенты из дакрона характеризуются образованием «неоадвентиции» в пространстве между трансплантатом и стентом, в основе которого лежит образование экссудата [24]. Но использование полиэфирных стентов в долгосрочном периоде вызывает неблагоприятные эффекты: инфекцию, воспалительные реакции, механические осложнения [25]. Одним из возможных способов решения проблемы стало использование биоразлагаемых стентов из полилактина (викрил). Стенты из викрила вызывают миграцию большого количества воспалительных клеток к материалу стента. Выделяющиеся цитокины и лейкотриены создают градиент хемоаттрактанта, происходит миграция гладких миоцитов к стенту [24, 26], это способствует ингибирующему влиянию внешнего стента на образование «неоинтимы» [26]. Внешний стент также удерживает шунт по эффекту «желе», улучшает симметрию шунта, содействуя ламинарному кровотоку [24].

Несмотря на относительное богатство данных о влиянии внешних стентов у животных, существует небольшое количество исследований, оценивающих применение внешних стентов у пациентов. Впервые оценку использования внешнего стента у людей выполнили в 1986 г. Barra et al., использовавшие дакроновые стенты [26]. Со временем появились клинические исследования, оценивающие стенты Extent (стент из дакрона, усиленный ребрами из политетрафторэтилена) [27], eSVS (нитиноловый стент) [28]. Но, к сожалению, были получены неудовлетворительные результаты, которые объяснялись рядом особенностей и недостатков данных стентов. В последующем технология совершенствовалась, был создан внешний стент VEST (из кобальт-хромового сплава). При оценке данных стентов были получены неоднозначные результаты. Отмечалось значительное уменьшение толщины интима-медиа в группе стентиро-

ванных шунтов, но в целом не отмечалось разницы в проходимости стентированных и нестентированных шунтов [29].

На сегодняшний день не сложилось однозначного мнения относительно наружного стентирования вен при АКШ. Это обусловлено противоречивыми и иногда неблагоприятными результатами, а также недостаточным клиническим опытом применения.

Сохранение адвентиции с *vasavasorum* возможно при выделении вены в лоскуте с окружающими тканями. Такой метод получил название *no-touch* (без касания). В первых исследованиях по методу *no-touch*, начатых в начале 90-х годов Souza et al. [30], было продемонстрировано, что вены, выделенные методом *no-touch*, имеют лучше сохранившийся эндотелий [31] с адекватной активностью eNOS [32]. Интактный периваскулярный жир вокруг венозных трансплантатов является богатым источником релаксирующих факторов, таких как лептин [33]. Кроме того, периваскулярные ткани служат своеобразным биологическим стентом для аутовенозных шунтов [34]. Выделение БПВ по методу *no-touch* имеет большие преимущества по сравнению с традиционной методикой в среднесрочном и долгосрочном периодах после операции. В шунтах, выделенных в лоскуте с окружающими тканями, отмечают менее выраженные процессы гиперплазии интимы и атеросклероза [34], а при контрольной ангиографии в сроки 18 мес. и 8,5 года они имеют лучшую проходимость по сравнению с применением обычной методики [35]. Кроме того, проходимость шунтов, выделенных по методу *no-touch*, сопоставима с проходимостью маммарокоронарных шунтов [36] и превышает таковую у аутоартериальных шунтов из радиальной артерии [37]. Несмотря на все явные преимущества методики *no-touch*, есть и главный недостаток: забор вены связан с увеличением риска раневых осложнений более чем в 2 раза [35]. Поэтому применение этого метода на практике резко ограничено и малоприменимо у больных с факторами риска осложнений.

Улучшение функционального состояния аутовенозных шунтов возможно за счет корректировки интраоперационной подготовки кондуитов (гидравлическая дилатация, температура и среда хранения). Гидравлическая дилатация венозного кондуита рутинно применяется для оценки герметичности выделенного кондуита, профилактики спазма и скручивания кондуитов. Обычно при этом нагнетается давление, превышающее 300 мм рт. ст. [38]. Высокие значения давления негативно влияют на целостность и функцию эндотелия [38, 39]. Десквамация эндотелия в подобных случаях может достигать 33% [40]. Неконтролируемая дилатация также приводит к нарушению вазомоторной функции [39, 41], уменьшению выделения NO [42], инициации тромбоза [43] и повышению митогенной активности [44]. Ручное растяжение с неконтролируемым давлением уменьшает сократительную способность и эндотелий-опосредованную вазодилатацию, тогда как при дилатации под умеренным давлением (до 150 мм рт. ст.) сохраняются вазомоторные функции [41]. Это означает, что растяжение, а не само давление, является фактором, влияющим на функцию эндотелия. Приведенные данные свидетельствуют о том, что стоит придерживаться контролируемой дилатации с ограничением давления до 100 мм рт. ст.

Между выделением БПВ и началом основного этапа операции, как правило, проходит определенный период. В этот момент венозный трансплантат хранится в растворе, при этом большое значение имеют характер и температура среды хранения. Gundry et al. [39] установили, что хранение вены в теплом солевом растворе приводит к развитию обширных зон повреждения эндотелия, при нахождении кондуитов в теплой крови отмечаются умеренные повреждения эндотелия. Нахождение вен в холодной крови не приводит к значимым изменениям, а холодный физиологический раствор вызывает отек

и изменение конфигурации эндотелия. Помимо стандартного физиологического раствора хлорида натрия и гепаринизированной крови, в настоящее время имеются и другие среды для хранения. К ним относятся буферные сбалансированные растворы электролитов (раствор Кребса — Хенселейта), сбалансированные солевые растворы с добавлением белка, раствор альбумина и др. Несмотря на большое разнообразие сред для хранения венозного кондуита, единых рекомендаций по их применению не существует. Очевидно одно — физиологический раствор хлорида натрия оказывает губительное влияние на эндотелий венозного кондуита; хранение в гепаринизированной крови позволяет сохранить морфофункциональные свойства эндотелиоцитов [39, 45].

С развитием трансплантологии были разработаны более сложные специальные среды, удлиняющие сроки хранения трансплантатов. Такие стабилизирующие растворы имеют сложный состав, в который могут входить различные фармакологические агенты: осмо- и онкотически активные вещества, ингибиторы кислородных радикалов, донаторы NO и др. К ним относятся Celsior, GALA, Tiprotec, Viaspan и др. Специальные среды обеспечивают сохранность эндотелия даже при длительном хранении (до 96 ч) [46]. Несмотря на это, специальные среды имеют определенные особенности, ограничивающие их применение на практике. Некоторые среды содержат более высокие концентрации калия и, как следствие, вызывают усиление сократительного ответа вследствие деполяризации [46], что может лежать в основе спазма аутовенозных шунтов. Обращает на себя внимание также и их высокая цена [47].

Опираясь на существующие данные, можно утверждать, что оптимальной во всех отношениях среды хранения венозных кондуитов не существует. Наиболее доступной средой является кровь. Невзирая на преимущества стабилизирующих сред, хранение в гепаринизированной крови демонстрирует наиболее полную эндотелий-опосредованную вазодилатацию [47]. Это свидетельствует о сохранности функции эндотелия, так как консервация в цельной крови обеспечивает воздействие на кондуит тех же белков, буферных систем и электролитов, что и *in vivo*.

Пути минимизации хирургической травмы

Одним из этапов минимизации травмы нижних конечностей стало создание техники выделения БПВ с оставлением «кожных мостиков» (bridge-техника). Вначале выполняется разрез 2–3 см вблизи медиальной лодыжки, выделяется БПВ от окружающих тканей, формируется тоннель над ней для введения ретрактора. После введения ретрактора под контролем зрения выделяется вена на протяжении, выполняется повторный разрез протяженностью 2–3 см с оставлением «кожного мостика» 5–6 см [48]. Размеры «кожного мостика» могут широко варьировать в зависимости от опыта хирурга и доступного инструментария. На сегодняшний день известно несколько систем для выделения БПВ с оставлением «кожных мостиков»: система мини-забора Autosuture, система SaphLITE, ретрактор Aescular и MayoVein Stripper [48]. Практическое применение bridge-техники позволило значительно сократить частоту развития раневых осложнений, снизить выраженность болевого синдрома [48], что способствовало ранней мобилизации, улучшению качества жизни и удовлетворенности пациентов [49], снижению частоты нарушений кожной чувствительности [50]. Данная техника продемонстрировала высокую экономическую эффективность, так как не требовалось применения дорогостоящей аппаратуры [51].

Однако выделение венозных кондуитов по методу bridge связано с ограниченной свободой действий во время выделения и чрезмерным механическим воздействием на стенку вены, что негативно влияет на функцию будущего венозного

шунта. В частности, отмечено выраженное снижение эндотелий-опосредованной вазодилатации в венах, выделенных по методике bridge [50]. Неоднозначные результаты выделения БПВ по bridge-технике послужили стимулом для дальнейшего развития мини-инвазивных методов забора и появления эндоскопического метода выделения.

Эндоскопическое выделение вены введено в клиническую практику в 1996 г. [52]. Благодаря появлению видеоподдержки, появилась возможность для более полной визуализации, что позволило сократить протяженность разреза до 3–6 см, а также увеличить длину выделяемого кондуита до 70 см. Для эндоскопического выделения вены используются специальные наборы хирургических инструментов, объединенные в системы. Различают открытые и закрытые системы. К закрытым системам относятся наборы инструментов фирм Maquet и Terumo, к открытым системам — наборы инструментов фирм Karl Storz, Sorin, Ethicon Endo-Surgery. Независимо от типа системы эндоскопическое выделение вены проводится по общим канонам. После придания правильного положения пациенту выполняется небольшой разрез в коленной области в проекции БПВ. Выделение осуществляется при помощи эндоскопических инструментов, после чего эвакуируется остаточная кровь из туннеля, по усмотрению хирурга устанавливается дренаж, накладывается компрессионная повязка.

Разные типы эндоскопических систем имеют свои отличительные особенности. В закрытых системах для разделения тканей и формирования тоннеля над БПВ проводится инсуффляция углекислого газа (CO₂), а выделение венозного кондуита выполняется при помощи биполярных ножниц [53]. Инсуффляция CO₂ может использоваться и в открытых системах для лучшей визуализации, однако чаще всего выполняется механическое проведение ретрактора с предварительной туннелизацией. Открытые эндоскопические системы включают в набор эндоскопические клиппаторы и ножницы, выделение вены проводится путем селективной обработки коллатералей с последующим клипированием и отсечением [54].

Эндоскопическое выделение БПВ обозначило дальнейшее снижение раневых осложнений, выраженности болевого синдрома и улучшение косметических результатов [54]. При этом в структуре осложнений эндоскопического выделения преобладают неинфекционные осложнения, не требующие дополнительных вмешательств [53]. Очевидные преимущества эндоскопического способа привели к тому, что в 2005 г. Международным обществом мини-инвазивных хирургов было рекомендовано использовать эндоскопическое выделение вены в качестве стандартного метода забора венозных трансплантатов [55]. В то же время по мере накопления клинического опыта появились публикации, указывающие на неблагоприятные результаты эндоскопического выделения БПВ. Lopes et al. продемонстрировали, что эндоскопическое выделение ассоциируется с более высокими показателями непреходимости шунтов через 12–18 мес. после операции и удвоением смертности через 3 года после АКШ [56]. В другом исследовании также выявлено снижение проходимости шунтов в группе эндоскопического выделения через 12 мес. после операции [57]. Это вызвало глубокую озабоченность кардиохирургического сообщества и стало причиной дальнейшего анализа результатов эндоскопического выделения вены. В 2013 г. Sastry et al. [58] провели метаанализ литературы по сравнительной оценке результатов эндоскопического выделения и открытого выделения вен. Найдено 4 исследования, в которых оценивалась проходимость шунтов в среднесрочном периоде после операции, 2 из них были рандомизированными исследованиями, а 2 исследования не были рандомизированы. При анализе результатов исследований Sastry et al. обнаружили более высокую частоту окклюзий шунтов при эндоскопическом

выделении, но если учитывать только рандомизированные исследования, то тенденция не достигает статистической значимости. Авторы пришли к выводу, что данные о низкой проходимости аутовенозных шунтов после эндоскопического выделения являются слабыми. Кроме того, Hess et al. провели дополнительный анализ когорты пациентов, данные о которых первоначально были сообщены Lopes et al. При многовариантной корректировке смещающих факторов было установлено, что недостаточность венозных шунтов статистически значимо ассоциируется с причинами как на уровне пациентов (выраженность поражения коронарных артерий, состояние дистального русла), так и на уровне шунтов (качество выделяемого кондуита, неадекватная послеоперационная терапия) [59].

Таким образом, в настоящее время недостаточно качественных данных о влиянии эндоскопического метода выделения на проходимость шунтов, требуется проведение больших рандомизированных исследований. Текущие данные свидетельствуют о том, что эндоскопическое выделение вены ассоциируется с высокой частотой окклюзий в среднесрочном периоде, что говорит о необходимости дальнейшего совершенствования эндоскопического выделения.

Возможно, эндоскопическое выделение БПВ, несмотря на видео-поддержку, связано с ограниченной визуализацией и свободой при выделении, как и при использовании других мини-инвазивных методов. К этому суммируются особенности отдельных эндоскопических систем, которые ухудшают качество забираемого трансплантата. Открытые эндоскопические системы подразумевают манипуляции с основным стволом вены, что может привести к высокой вероятности повреждения стенки основного ствола и притоков [60]. В закрытых же системах, использующих инсуффляцию CO_2 , может возникнуть целый комплекс осложнений, связанных с воздействием CO_2 . Помимо этого, выделение вены производится биполярными ножницами, которые оказывают негативное термическое воздействие на вену. T. Lin et al. при инсуффляции CO_2 документировали высокую частоту эмболии CO_2 , при этом в части случаев газовая эмболия вызывала падение гемодинамики и развитие дыхательного ацидоза, что требовало немедленной остановки процедуры [61]. Недавно был описан случай, когда при инсуффляции CO_2 отмечалось развитие пневмоперитонеума, операция была остановлена, а пациентка переведена в реанимацию [62]. Негативное воздействие CO_2 проявляется и на эндотелии сосудов [63]. Также инсуффляция CO_2 приводит к образованию внутрисосудистых сгустков с вероятностью тромбоза кондуита, но это осложнение легко устраняется введением сосудистой дозы гепарина [64].

В НИИ кардиологии Томского НИМЦ был разработан оригинальный метод эндоскопического выделения БПВ. Используется открытая эндоскопическая система Karl Storz (Германия). Доступ к вене осуществляется типичным способом. Однако после заведения ретрактора с помощью биполярного коагулятора-диссектора LigaSure (Valleylab) продолжается формирование лоскута вены со слоем окружающих тканей без выделения коллатералей с последующим созданием туннеля над БПВ для дальнейшего движения ретрактора с эндоскопом. Туннель в подкожно-жировой клетчатке может достигать в проксимальном направлении места впадения БПВ в бедренную вену в паховой области, а в дистальном направлении — лодыжки. Таким образом, выполняется поэтапный хирургический забор лоскута БПВ в жировой клетчатке в проксимальном и дистальном направлениях без выделения ее ствола и притоков. Использование LigaSure (Valleylab) позволяет коагулировать сосуды диаметром до 7 мм и в то же время обеспечивает минимальное распространение тепла (со снижением термического воздействия на стенку будущего аутовенозного шунта) за счет

своей конструкции. По окончании выделения вена лигируется клиппикатором и отсекается ножницами. Таким образом, каждая из вышеописанных особенностей отличает данный метод от других эндоскопических техник и позволяет предполагать менее травматичную диссекцию сосуда, короткий период манипуляций, простоту исполнения, воспроизводимость результатов, возможность забора вены как с голени, так и с бедра через единый мини-доступ.

Заключение

На сегодняшний день проблема использования венозных шунтов остается неразрешенной. Перед современным сердечно-сосудистым хирургом встает дилемма: как оптимизировать функционирование шунтов в разные сроки после операции и при этом добиться значительного снижения раневых осложнений? Проблема функционирования венозных шунтов успешно решается забором вены в лоскуте с окружающими тканями по методике no-touch. Однако данный метод увеличивает и без того высокий риск раневых осложнений более чем в 2 раза, что делает его применение весьма ограниченным. Технология наружного стентирования кондуитов перед операцией выглядит «сырой», и для широкого внедрения в практику необходима оптимизация технологического подхода к стентированию и дальнейшие клинические исследования. С другой стороны, необходимость наружного стентирования утрачивается при выделении вены методом no-touch в блоке с окружающими тканями, которые служат «биологическим стентом». Не стоит также игнорировать и другие подходы с целью улучшения функционирования аутовенозных шунтов. Температура и среда хранения кондуитов до формирования анастомозов, а также гидравлическая дилатация вен со строго контролируемым давлением имеют немаловажное значение.

Проблема раневых осложнений успешно разрешается внедрением в практику мини-инвазивных методов выделения БПВ. Это является довольно актуальным вопросом. Раневые осложнения сопровождаются выраженным болевым синдромом, препятствуя ранней мобилизации больных, значительно увеличивают сроки пребывания в медицинском учреждении и расходы, связанные с дополнительными перевязками, антибактериальной терапией и повторными вмешательствами, что снижает качество жизни и удовлетворенность больных. Экономическое бремя, возникающее при этом, распространяется не только на медицинские учреждения, но и на государственный уровень ввиду продолжительного периода нетрудоспособности и позднего выхода на работу. Вопрос о влиянии мини-инвазивных методов выделения на функционирование шунтов в среднесрочном и долгосрочном периодах после операции остается открытым. Существующие на сегодняшний день данные и публикации не позволяют прийти к определенным выводам и заключениям. Необходимо проведение дальнейших рандомизированных исследований по оценке проходимости шунтов. С другой стороны, существуют иные факторы, которые могут оказывать значительное влияние на результаты мини-инвазивных методов выделения БПВ. К ним относят отдельные особенности различных эндоскопических систем, а также опыт хирурга.

Разработанный в нашем учреждении способ эндоскопического выделения БПВ имеет особенности, позволяющие исключать действие негативных факторов отдельных систем, выделять вену в блоке с окружающими тканями подобно методике no-touch. Это, вероятно, даст возможность разрешить дилемму, стоящую перед хирургами. В настоящий момент продолжают дальнейшие исследования по оценке влияния метода на структурную и функциональную целостность эндотелия и развитие раневых осложнений.

Литература

1. Motwani J.G., Topol E.J. Aortocoronary saphenous vein graft disease: pathogenesis, predisposition, and prevention. *Circulation*. 1998 Mar; 10;97(9):916–931. Review.
2. Fitzgibbon G.M., Kafka H.P., Leach A.J., Keon W.J., Hooper G.D., Burton J.R. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996 Sept.;28(3):616–626.
3. Cameron A.A., Davis K.B., Rogers W.J. Recurrence of angina after coronary artery bypass surgery: predictors and prognosis (CASS Registry). *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995;4:895–899.
4. Roubos N., Rosenfeldt F.L., Richards S.M., Conyers R.A., Davis B.B. Improved preservation of saphenous vein grafts by the use of glyceryl trinitrate — verapamil solution during harvesting. *Circulation*. 1995;92 (suppl. II):II-31-II-36.
5. Verrier E.D., Boyle E.M. Jr. Endothelial cell injury in cardiovascular surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 1996;62:915–922.
6. Angelini G.D., Christie M.I., Bryan A.J., Lewis M.J. Surgical preparation impairs release of endothelium-derived relaxing factor from human saphenous vein. *Ann. Thorac. Surg.* 1989;48:417–420.
7. Chesebro J.M., Fuster V. Platelet-inhibitor drugs before and after coronary artery bypass surgery and coronary angioplasty: the basis of their use, data from animal studies, clinical trial data, and current recommendations. *Cardiology*. 1986;73:292–305.
8. Dobrin P.B., Littoy F.N., Edean E.D. Mechanical factors predisposing to intimal hyperplasia and medial thickening in autogenous vein grafts. *Surgery*. 1989;105:393–400.
9. Walpole P.L., Gotlieb A.I., Cybulsky M.I., Langille B.L. Expression of ICAM-1 and VCAM-1 and monocyte adherence in arteries exposed to altered shear stress. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1995;15:2–10.
10. Stark V.K., Hoch J.R., Warner T.F. Monocyte chemotactic protein-1 expression is associated with the development of vein graft intimal hyperplasia. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1997;17:1614–1621.
11. Shuhaiber J.H., Evans A.N., Massad M.G., Geha A.S. Mechanisms and future directions for prevention of vein graft failure in coronary bypass surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2002;22:387–396.
12. Harskamp R.E., Lopes R.D., Baisden C.E., de Winter R.J., Alexander J.H. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions. *Ann. Surg.* 2013;257(5):824–833. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318288c38d.
13. Jeremy J.Y., Birkett S., Bryan A.J., Angelini G.D. Cyclic nucleotide synthesis by freshly isolated and surgically prepared human saphenous vein before and after 14 days culture. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 1997;13:72–78.
14. Muzaffar S., Shukla N., Angelini G.D., Jeremy J.Y. Hypoxia and the expression of gp91phox and endothelial nitric oxide synthase in the pulmonary artery. *Thorax*. 2005;60:305–313.
15. Jeremy J.Y., Shukla N., Muzaffar S., Handley A., Angelini G.D. Reactive oxygen species, vascular disease and cardiovascular surgery. *Curr. Vasc. Pharmacol.* 2004;2:229–236.
16. Lie J.T., Lawrie G.M., Morris G.C. Aortocoronary bypass saphenous vein graft atherosclerosis: anatomic study of 99 vein grafts from normal and hyperlipoproteinemic patients up to 75 months postoperatively. *Am. J. Cardiol.* 1977;40:906–914.
17. Вечерский Ю.Ю., Затолокин В.В., Петлин К.А., Шипулин В.М. Эндоскопическое выделение большой подкожной вены для коронарного шунтирования. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2016;5:86–90. DOI: 10.17116/hirurgia2016586-90.
18. Raja S.G., Sarang Z. Endoscopic vein harvesting: technique, outcomes, concerns & controversies. *J. Thorac. Dis.* 2013 Nov.;5 (Suppl. 6):S630. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2013.10.01. Review.
19. Cheng D., Allen K., Cohn W., Connolly M., Edgerton J., Falk V., et al. Endoscopic vascular harvest in coronary artery bypass grafting surgery: a meta-analysis of randomized trials and controlled trials. *Innovations (Phila)*. 2005;1(2):61–74.
20. Arnaoutakis D.J., Scully R.E., Sharma G., Shah S.K., Ozaki C.K., Belkin M., et al. Impact of body mass index and gender on wound complications after lower extremity arterial surgery. *J. Vasc. Surg.* 2017 Jun.;65(6):1713–1718.e1. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.12.116.
21. Athanasiou T., Aziz O., Skapinakis P., Perunovic B., Hart J., Crossman M.C., Casula R. Leg wound infection after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis comparing minimally invasive versus conventional vein harvesting. *Ann. Thorac. Surg.* 2003 Dec.;76(6):2141–2146.
22. Athanasiou T., Aziz O., Al-Ruzzeq S., Philippidis P., Jones C., Purkayastha S., et al. Are wound healing disturbances and length of hospital stay reduced with minimally invasive vein harvest? A meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004 Nov.;26(5):1015–1026. Review.
23. Parsonnet V., Lari A.A., Shah I.H. New stent for support of veins in arterial grafts. *Arch. Surg.* 1963;87(4):696–702.
24. Jeremy J.Y., Gadsdon P., Shukla N., Vijayan V., Wyatt M., Newby A.C., et al. On the biology of saphenous vein grafts fitted with external synthetic sheaths and stents. *Biomaterials*. 2007 Feb.;28(6):895–908. Review.
25. Lee S.S., Cheng C.L., Yu D.S., Chang S.Y., Ma C.P. Vicryl mesh for repair of severely injured kidneys: an experimental study. *J. Trauma*. 1993; 34: 406–410.
26. Jeremy J.Y., Bulbulia R., Johnson J.L., Gadsdon P., Vijayan V., Shukla N., et al. A bioabsorbable (polyglactin) external sheath inhibits porcine saphenous vein graft thickening. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004;127:1766–1772.
27. Murphy G.J., Newby A.C., Jeremy J.Y., Baumbach A., Angelini G.D. A randomized trial of an external Dacron sheath for the prevention of vein graft disease: the Extent study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007;134(2):504–505.
28. Schoettler J., Jussli-Melchers J., Grothusen C., Stracke L., Schoeneich F., Stohn S., et al. Highly flexible nitinol mesh to encase aortocoronary saphenous vein grafts: first clinical experiences and angiographic results nine months postoperatively. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2011;13:396–400.
29. Taggart D.P., Gal Y.B., Lees B., Patel N., Webb C., Rehman S.M., et al. A randomized trial of external stenting for saphenous vein grafts in coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 2015;99:2039–2045.
30. Souza D. A new no-touch preparation technique. Technical notes. *Scand. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1996;30:41–44.
31. Souza D.S., Christofferson R.H., Bomfim V., Filbey D. No-touch technique using saphenous vein harvested with its surrounding tissue for coronary artery bypass grafting maintains an intact endothelium. *Scand. Cardiovasc. J.* 1999;33:323–329.
32. Rueda F.D., Souza D., Lima R.D.C., Menezes A., Johansson B., Dashwood M., Vasconcelos F. Novel no-touch technique of harvesting the saphenous vein for coronary artery bypass grafting. *Arq. Bras. Cardiol.* 2008 Jun.;90(6):356–362. English, Portuguese.
33. Dashwood M.R., Dooley A., Shi-Wen X., Abraham D.J., Dreifaldt M., Souza D.S. Perivascular fat-derived leptin: a potential role in improved vein graft performance in coronary artery bypass surgery. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2011;12:170–173.
34. Johansson B.L., Souza D.S., Bodin L., Filbey D., Loesch A., Geijer H., et al. Slower progression of atherosclerosis in vein grafts harvested with no-touch technique compared with conventional harvesting technique in coronary artery bypass grafting: an angiographic and intravascular ultrasound study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010 Oct.;38(4):414–419. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.02.007.
35. Souza D.S., Dashwood M.R., Tsui J.C., Filbey D., Bodin L., Johansson B., et al. Improved patency in vein grafts harvested with surrounding tissue: results of a randomized study using three harvesting techniques. *Ann. Thorac. Surg.* 2002;73:1189–1195.
36. Samano N., Geijer H., Liden M., Fremes S., Bodin L., Souza D. The no-touch saphenous vein for coronary artery bypass grafting maintains a patency, after 16 years, comparable to the left internal thoracic artery: a randomized trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;150:880–888.
37. Dreifaldt M., Mannion J.D., Bodin L., Olsson H., Zagodzón L., Souza D. The no-touch saphenous vein as the preferred second conduit for coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 2013;96:105–111.
38. Galea J., Armstrong J., Francis S.E., Cooper G., Crossman D.C., Holt C.M. Alterations in c-fos expression, cell proliferation and apoptosis in pressure distended human saphenous vein. *Cardiovasc. Res.* 1999;44:436–448.
39. Gundry S.R., Jones M., Ishihara T., Ferrans V.J. Optimal preparation techniques for human saphenous vein grafts. *Surgery*. 1980 Dec.;88(6):785–794.
40. Chello M., Mastroroberto P., Frati G., Patt G., D'Ambrosio A., Di Sciascio G., et al. Pressure distension stimulates the expression of endothelial adhesion molecules in the human saphenous vein graft. *Ann. Thorac. Surg.* 2003 Aug.;76(2):453–458; discussion 458.

41. Okon E.B., Millar M.J., Crowley C.M., Bashir J.G., Cook R.C., Hsiang Y.N., et al. Effect of moderate pressure distention on the human saphenous vein vasomotor function. *Ann. Thorac. Surg.* 2004 Jan.;77(1):108–114; discussion 114–5.
42. Liu Z.G., Liu X.C., Yim A.P., He G.W. Direct measurement of nitric oxide release from saphenous vein: abolishment by surgical preparation. *Ann. Thorac. Surg.* 2001;71:133–137.
43. Angelini G.D., Bryan A.J., Williams H.M., Morgan R., Newby A.C. Distention promotes platelet and leukocyte adhesion and reduces short-term patency in pig arteriovenous bypass grafts. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1990;99:433–439.
44. Holt C.M., Francis S.E., Newby A.C., Rogers S., Gadsdon P.A., Taylor T., et al. Comparison of response to injury in organ culture of human saphenous vein and internal mammary artery. *Ann. Thorac. Surg.* 1993;55:1522–1528.
45. Wilbring M., Ebner A., Schoenemann K., Knaut M., Tugtekin S.M., Zatschler B., et al. Heparinized blood better preserves cellular energy charge and vascular functions of intraoperatively stored saphenous vein grafts in comparison to isotonic sodium-chloride-solution. *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2013 Jan. 1;55(4):445–455. DOI: 10.3233/CH-131781.
46. Woodward L.C., Antoniadis C., Taggart D.P. Intraoperative Vein Graft Preservation: What Is the Solution? *Ann. Thorac. Surg.* 2016 Nov;102(5):1736–1746. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.097. Epub 2016 Sept. 10. Review.
47. Wise E.S., Hocking K.M., Eagle S., Absi T., Komalavilas P., Cheung-Flynn J., et al. Preservation solution impacts physiologic function and cellular viability of human saphenous vein graft. *Surgery.* 2015 Aug.;158(2):537–546. DOI: 10.1016/j.surg.2015.03.036. Epub 2015 May 21.
48. Krishnamoorthy B., Critchley W.R., Glover A.T., Nair J., Jones M.T., Waterworth P.D., et al. A randomized study comparing three groups of vein harvesting methods for coronary artery bypass grafting: endoscopic harvest versus standard bridging and open techniques. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012;15(2):224–228. DOI: 10.1093/icvts/ivs164.
49. Jamison R.N., Ross M.J., Hoopman P., Griffin F., Levy J., Daly M., et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness. *Clin. J. Pain.* 1997;13:229–236.
50. Cook R.C., Crowley C.M., Hayden R., Gao M., Fedoruk L., Lichtenstein S.V., et al. Traction injury during minimally invasive harvesting of the saphenous vein is associated with impaired endothelial function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004 Jan.;127(1):65–71.
51. Elbassioni A.A.M., Amr M.A., Hassan H.S., Eldomiati H.A. Bridging saphenous vein harvesting versus conventional techniques in patients undergoing coronary artery bypass grafting in Suez Canal university hospital. *J. of the Egyptian Society of Cardio-Thoracic Surgery.* 2017;25(3):210–216.
52. Lumsden A.B., Eaves F.F., Ofenloch J.C., Jordan W.D. Subcutaneous, video-assisted saphenous vein harvest: report of the first 30 cases. *Cardio-vasc. Surg.* 1996;4(6):771–776.
53. Bitondo J.M., Daggett W.M., Torchiana D.F., Akins C.W., Hilgenberg A.D., Vlahakes G.J., et al. Endoscopic versus open saphenous vein harvest: a comparison of postoperative wound complications. *Ann. Thorac. Surg.* 2002 Feb.;73(2):523–528.
54. Allen K.B., Griffith G.L., Heimansohn D.A., Robison R.J., Matheny R.G., Schier J.J., et al. Endoscopic versus traditional saphenous vein harvesting: a prospective, randomized trial. *Ann. Thorac. Surg.* 1998 Jul.;66(1):26–31; discussion 31–2.
55. Allen K., Cheng D., Cohn W., Connolly M., Edgerton J., Falk V., et al. Endoscopic Vascular Harvest in Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: A Consensus Statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2005. *Innovations (Phila).* 2005 Winter;1(2):51–60.
56. Lopes R.D., Haffley G.E., Allen K.B., Ferguson T.B., Peterson E.D., Harrington R.A., et al. Endoscopic versus open vein-graft harvesting in coronary-artery bypass surgery. *N. Engl. J. Med.* 2009;361:235–244.
57. Zenati M.A., Shroyer A.L., Collins J.F., Hattler B., Ota T., Almassi G.H., et al. Impact of endoscopic versus open saphenous vein harvest technique on late coronary artery bypass grafting patient outcomes in the ROOBY (Randomized On/Off Bypass) Trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011;141:338–344.
58. Sastry P., Rivinius R., Harvey R., Parker R.A., Rahm A.K., Thomas D., et al. The influence of endoscopic vein harvesting on outcomes after coronary bypass grafting: a meta-analysis of 267,525 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013 Dec.;44(6):980–989. DOI: 10.1093/ejcts/ezt121.
59. Hess C.N., Lopes R.D., Gibson C.M., Hager R., Wojdyla D.M., Englum B.R., et al. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: insights from PREVENT IV. *Circulation.* 2014 Oct.;130(17):1445–1451. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.008193.
60. Desai P., Kiani S., Thiruvanthan N., Henkin S., Kurian D., Ziu P., et al. Impact of the learning curve for endoscopic vein harvest on conduit quality and early graft patency. *Ann. Thorac. Surg.* 2011 May;91(5):1385–1391; discussion 1391–1392. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.01.079.
61. Lin T.Y., Chiu K.M., Wang M.J., Chu S.H. Carbon dioxide embolism during endoscopic saphenous vein harvesting in coronary artery bypass surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003;126:2011–2015.
62. Suarez-Pierre A., Terasaki Y., Magruder J.T., Kapoor A., Grant M.C., Lawton J.S. Complications of CO2 insufflation during endoscopic vein harvesting. *J. Card. Surg.* 2017;32(12):783–789.
63. Rousou L.J., Taylor K.B., Lu X.G., Healey N., Crittenden M.D., Khuri S.F., et al. Saphenous Vein Conduits Harvested by Endoscopic Technique Exhibit Structural and Functional Damage. *Ann. Thorac. Surg.* 2009;87:62–70.
64. Brown E.N., Kon Z.N., Tran R., Burris N.S., Gu J., Laird P., et al. Strategies to reduce intraluminal clot formation in endoscopically harvested saphenous veins. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007 Nov.;134(5):1259–1265. Epub 2007 Sept. 29.

References

1. Motwani J.G., Topol E.J. Aortocoronary saphenous vein graft disease: pathogenesis, predisposition, and prevention. *Circulation.* 1998 Mar. 10;97(9):916–931. Review.
2. Fitzgibbon G.M., Kafka H.P., Leach A.J., Keon W.J., Hooper G.D., Burton J.R. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996 Sept.;28(3):616–626.
3. Cameron A.A., Davis K.B., Rogers W.J. Recurrence of angina after coronary artery bypass surgery: predictors and prognosis (CASS Registry). *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995;4:895–899.
4. Roubos N., Rosenfeldt F.L., Richards S.M., Conyers R.A., Davis B.B. Improved preservation of saphenous vein grafts by the use of glyceryl trinitrate — verapamil solution during harvesting. *Circulation.* 1995;92 (suppl. II):II-31-II-36.
5. Verrier E.D., Boyle E.M. Jr. Endothelial cell injury in cardiovascular surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 1996;62:915–922.
6. Angelini G.D., Christie M.I., Bryan A.J., Lewis M.J. Surgical preparation impairs release of endothelium-derived relaxing factor from human saphenous vein. *Ann. Thorac. Surg.* 1989;48:417–420.
7. Chesebro J.M., Fuster V. Platelet-inhibitor drugs before and after coronary artery bypass surgery and coronary angioplasty: the basis of their use, data from animal studies, clinical trial data, and current recommendations. *Cardiology.* 1986;73:292–305.
8. Dobrin P.B., Littoy F.N., Edean E.D. Mechanical factors predisposing to intimal hyperplasia and medial thickening in autogenous vein grafts. *Surgery.* 1989;105:393–400.
9. Walpole P.L., Gotlieb A.I., Cybulsky M.I., Langille B.L. Expression of ICAM-1 and VCAM-1 and monocyte adherence in arteries exposed to altered shear stress. *Arterioscler Thromb. Vasc. Biol.* 1995;15:2–10.
10. Stark V.K., Hoch J.R., Warner T.F. Monocyte chemotactic protein-1 expression is associated with the development of vein graft intimal hyperplasia. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1997;17:1614–1621.
11. Shuhaiber J.H., Evans A.N., Massad M.G., Geha A.S. Mechanisms and future directions for prevention of vein graft failure in coronary bypass surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2002;22:387–396.
12. Harskamp R.E., Lopes R.D., Baisden C.E., de Winter R.J., Alexander J.H. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions. *Ann. Surg.* 2013;257(5):824–833. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318288c38d.
13. Jeremy J.Y., Birkett S., Bryan A.J., Angelini G.D. Cyclic nucleotide synthesis by freshly isolated and surgically prepared human saphenous vein before and after 14 days culture. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 1997;13:72–78.

14. Muzaffar S., Shukla N., Angelini G.D., Jeremy J.Y. Hypoxia and the expression of gp91phox and endothelial nitric oxide synthase in the pulmonary artery. *Thorax* 2005;60:305–313.
15. Jeremy J.Y., Shukla N., Muzaffar S., Handley A., Angelini G.D. Reactive oxygen species, vascular disease and cardiovascular surgery. *Curr. Vasc. Pharmacol.* 2004;2:229–236.
16. Lie J.T., Lawrie G.M., Morris G.C. Aortocoronary bypass saphenous vein graft atherosclerosis: anatomic study of 99 vein grafts from normal and hyperlipoproteinemic patients up to 75 months postoperatively. *Am. J. Cardiol.* 1977;40:906–914.
17. Vecherskiy Y.Y., Zatolokin V.V., Petlin K.A., Shipulin V.M. Endoscopic harvesting of great saphenous vein for coronary artery bypass grafting. *Surgery. Journal named after N.I. Pirogov.* 2016;5:86–90 (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia2016586-90. Review.
18. Raja S.G., Sarang Z. Endoscopic vein harvesting: technique, outcomes, concerns & controversies. *J. Thorac. Dis.* 2013 Nov;5(Suppl. 6):S630. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2013.10.01. Review.
19. Cheng D., Allen K., Cohn W., Connolly M., Edgerton J., Falk V., et al. Endoscopic vascular harvest in coronary artery bypass grafting surgery: a meta-analysis of randomized trials and controlled trials. *Innovations (Phila)*. 2005;1(2):61–74.
20. Arnaoutakis D.J., Scully R.E., Sharma G., Shah S.K., Ozaki C.K., Belkin M., et al. Impact of body mass index and gender on wound complications after lower extremity arterial surgery. *J. Vasc. Surg.* 2017 Jun.;65(6):1713–1718.e1. DOI: 10.1016/j.jvs.2016.12.116.
21. Athanasiou T., Aziz O., Skapinakis P., Perunovic B., Hart J., Crossman M.C., et al. Leg wound infection after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis comparing minimally invasive versus conventional vein harvesting. *Ann. Thorac. Surg.* 2003 Dec.;76(6):2141–2146.
22. Athanasiou T., Aziz O., Al-Ruzzeq S., Philippidis P., Jones C., Purkayastha S., et al. Are wound healing disturbances and length of hospital stay reduced with minimally invasive vein harvest? A meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004 Nov.;26(5):1015–1026. Review.
23. Parsonnet V., Lari A.A., Shah I.H. New stent for support of veins in arterial grafts. *Arch. Surg.* 1963;87(4):696–702.
24. Jeremy J.Y., Gadsdon P., Shukla N., Vijayan V., Wyatt M., Newby A.C., et al. On the biology of saphenous vein grafts fitted with external synthetic sheaths and stents. *Biomaterials.* 2007 Feb.;28(6):895–908. Review.
25. Lee S.S., Cheng C.L., Yu D.S., Chang S.Y., Ma C.P. Vicryl mesh for repair of severely injured kidneys: an experimental study. *J. Trauma.* 1993;34:406–410.
26. Jeremy J.Y., Bulbulia R., Johnson J.L., Gadsdon P., Vijayan V., et al. A bioabsorbable (polyglactin) external sheath inhibits porcine saphenous vein graft thickening. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004;127:1766–1772.
27. Murphy G.J., Newby A.C., Jeremy J.Y., Baumbach A., Angelini G.D. A randomized trial of an external Dacron sheath for the prevention of vein graft disease: the Extent study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007;134(2):504–505.
28. Schoettler J., Jussli-Melchers J., Grothusen C., Stracke L., Schoeneich F., Stohn S, et al. Highly flexible nitinol mesh to encase aortocoronary saphenous vein grafts: first clinical experiences and angiographic results nine months postoperatively. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2011;13:396–400.
29. Taggart D.P., Gal Y.B., Lees B., Patel N., Webb C., Rehman S.M., et al. A randomized trial of external stenting for saphenous vein grafts in coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 2015;99:2039–2045.
30. Souza D. A new no-touch preparation technique. Technical notes. *Scand. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1996;30:41–44.
31. Souza D.S., Christofferson R.H., Bomfim V., Filbey D. No-touch technique using saphenous vein harvested with its surrounding tissue for coronary artery bypass grafting maintains an intact endothelium. *Scand. Cardiovasc. J.* 1999;33:323–329.
32. Rueda F.D., Souza D., Lima R.D.C., Menezes A., Johansson B., Dashwood M., et al. Novel no-touch technique of harvesting the saphenous vein for coronary artery bypass grafting. *Arq. Bras. Cardiol.* 2008 Jun;90(6):356–362. English, Portuguese.
33. Dashwood M.R., Dooley A., Shi-Wen X., Abraham D.J., Dreifaldt M., Souza D.S. Perivascular fat-derived leptin: a potential role in improved vein graft performance in coronary artery bypass surgery. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2011;12:170–173.
34. Johansson B.L., Souza D.S., Bodin L., Filbey D., Loesch A., Geijer H., et al. Slower progression of atherosclerosis in vein grafts harvested with no-touch technique compared with conventional harvesting technique in coronary artery bypass grafting: an angiographic and intravascular ultrasound study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010 Oct.;38(4):414–419. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.02.007.
35. Souza D.S., Dashwood M.R., Tsui J.C., Filbey D., Bodin L., Johansson B., et al. Improved patency in vein grafts harvested with surrounding tissue: results of a randomized study using three harvesting techniques. *Ann. Thorac. Surg.* 2002;73:1189–1195.
36. Samano N., Geijer H., Liden M., Fremes S., Bodin L., Souza D. The no-touch saphenous vein for coronary artery bypass grafting maintains a patency, after 16 years, comparable to the left internal thoracic artery: a randomized trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;150:880–888.
37. Dreifaldt M., Mannion J.D., Bodin L., Olsson H., Zagodzón L., Souza D. The no-touch saphenous vein as the preferred second conduit for coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 2013;96:105–111.
38. Galea J., Armstrong J., Francis S.E., Cooper G., Crossman D.C., Holt C.M. Alterations in c-fos expression, cell proliferation and apoptosis in pressure distended human saphenous vein. *Cardiovasc. Res.* 1999;44:436–448.
39. Gundry S.R., Jones M., Ishihara T., Ferrans V.J. Optimal preparation techniques for human saphenous vein grafts. *Surgery.* 1980 Dec.;88(6):785–794.
40. Chello M., Mastroberoberto P., Frati G., Patt G., D'Ambrosio A., Di Sciascio G., et al. Pressure distension stimulates the expression of endothelial adhesion molecules in the human saphenous vein graft. *Ann. Thorac. Surg.* 2003 Aug.;76(2):453–458; discussion 458.
41. Okon E.B., Millar M.J., Crowley C.M., Bashir J.G., Cook R.C., Hsiang Y.N., et al. Effect of moderate pressure distention on the human saphenous vein vasomotor function. *Ann. Thorac. Surg.* 2004 Jan.;77(1):108–114; discussion 114–5.
42. Liu Z.G., Liu X.C., Yim A.P., He G.W. Direct measurement of nitric oxide release from saphenous vein: abolishment by surgical preparation. *Ann. Thorac. Surg.* 2001;71:133–137.
43. Angelini G.D., Bryan A.J., Williams H.M., Morgan R., Newby A.C. Distention promotes platelet and leukocyte adhesion and reduces short-term patency in pig arteriovenous bypass grafts. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1990;99:433–439.
44. Holt C.M., Francis S.E., Newby A.C., Rogers S., Gadsdon P.A., Taylor T., et al. Comparison of response to injury in organ culture of human saphenous vein and internal mammary artery. *Ann. Thorac. Surg.* 1993;55:1522–1528.
45. Wilbring M., Ebner A., Schoenemann K., Knaut M., Tugtekin S.M., Zatschler B., et al. Heparinized blood better preserves cellular energy charge and vascular functions of intraoperatively stored saphenous vein grafts in comparison to isotonic sodium-chloride-solution. *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2013 Jan. 1;55(4):445–455. DOI: 10.3233/CH-131781.
46. Woodward L.C., Antoniadis C., Taggart D.P. Intraoperative Vein Graft Preservation: What Is the Solution? *Ann. Thorac. Surg.* 2016 Nov;102(5):1736–1746. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.097. Epub 2016 Sept. 10. Review.
47. Wise E.S., Hocking K.M., Eagle S., Absi T., Komalavilas P., Cheung-Flynn J., et al. Preservation solution impacts physiologic function and cellular viability of human saphenous vein graft. *Surgery.* 2015 Aug.; 158(2):537–546. DOI: 10.1016/j.surg.2015.03.036. Epub 2015 May 21.
48. Krishnamoorthy B., Critchley W.R., Glover A.T., Nair J., Jones M.T., Waterworth P.D., et al. A randomized study comparing three groups of vein harvesting methods for coronary artery bypass grafting: endoscopic harvest versus standard bridging and open techniques. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012;15(2):224–228. DOI: 10.1093/icvts/ivs164.
49. Jamison R.N., Ross M.J., Hoopman P., Griffin F., Levy J., Daly M., et al. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness. *Clin. J. Pain.* 1997;13:229–236.
50. Cook R.C., Crowley C.M., Hayden R., Gao M., Fedoruk L., Lichtenstein S.V., et al. Traction injury during minimally invasive harvesting of the saphenous vein is associated with impaired endothelial function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004 Jan.;127(1):65–71.
51. Elbassioni A.A.M., Amr M.A., Hassan H.S., Eldomiati H.A. Bridging saphenous vein harvesting versus conventional techniques in patients undergoing coronary artery bypass grafting in Suez Canal university hospital. *J. of the Egyptian Society of Cardio-Thoracic Surgery.* 2017;25(3):210–216.

52. Lumsden A.B., Eaves F.F., Ofenloch J.C., Jordan W.D. Subcutaneous, video-assisted saphenous vein harvest: report of the first 30 cases. *Cardiovasc. Surg.* 1996;4(6):771–776.
53. Bitondo J.M., Daggett W.M., Torchiana D.F., Akins C.W., Hilgenberg A.D., Vlahakes G.J., et al. Endoscopic versus open saphenous vein harvest: a comparison of postoperative wound complications. *Ann. Thorac. Surg.* 2002 Feb.;73(2):523–528.
54. Allen K.B., Griffith G.L., Heimansohn D.A., Robison R.J., Matheny R.G., Schier J.J., et al. Endoscopic versus traditional saphenous vein harvesting: a prospective, randomized trial. *Ann. Thorac. Surg.* 1998 Jul.;66(1):26–31; discussion 31–2.
55. Allen K., Cheng D., Cohn W., Connolly M., Edgerton J., Falk V., et al. Endoscopic Vascular Harvest in Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: A Consensus Statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2005. *Innovations (Phila)*. 2005 Winter;1(2):51–60.
56. Lopes R.D., Hafley G.E., Allen K.B., Ferguson T.B., Peterson E.D., Harrington R.A., et al. Endoscopic versus open vein-graft harvesting in coronary-artery bypass surgery. *N. Engl. J. Med.* 2009;361:235–244.
57. Zenati M.A., Shroyer A.L., Collins J.F., Hattler B., Ota T., Almassi G.H., et al. Impact of endoscopic versus open saphenous vein harvest technique on late coronary artery bypass grafting patient outcomes in the ROOBY (Randomized On/Off Bypass) Trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011;141:338–344.
58. Sastry P., Rivinius R., Harvey R., Parker R.A., Rahm A.K., Thomas D., et al. The influence of endoscopic vein harvesting on outcomes after coronary bypass grafting: a meta-analysis of 267,525 patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013 Dec.;44(6):980–989. DOI: 10.1093/ejcts/ezt121.
59. Hess C.N., Lopes R.D., Gibson C.M., Hager R., Wojdyla D.M., Englum B.R., et al. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: insights from PREVENT IV. *Circulation*. 2014 Oct;130(17):1445–1451. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.008193.
60. Desai P., Kiani S., Thiruvanthan N., Henkin S., Kurian D., Ziu P., et al. Impact of the learning curve for endoscopic vein harvest on conduit quality and early graft patency. *Ann. Thorac. Surg.* 2011 May; 91(5):1385–1391; discussion 1391–1392. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.01.079.
61. Lin T.Y., Chiu K.M., Wang M.J., Chu S.H. Carbon dioxide embolism during endoscopic saphenous vein harvesting in coronary artery bypass surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003;126:2011–2015.
62. Suarez-Pierre A., Terasaki Y., Magruder J.T., Kapoor A., Grant M.C., Lawton J.S. Complications of CO2 insufflation during endoscopic vein harvesting. *J. Card. Surg.* 2017;32(12):783–789.
63. Rousou L.J., Taylor K.B., Lu X.G., Healey N., Crittenden M.D., Khuri S.F., et al. Saphenous Vein Conduits Harvested by Endoscopic Technique Exhibit Structural and Functional Damage. *Ann. Thorac. Surg.* 2009;87:62–70.
64. Brown E.N., Kon Z.N., Tran R., Burris N.S., Gu J., Laird P., et al. Strategies to reduce intraluminal clot formation in endoscopically harvested saphenous veins. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007 Nov.;134(5):1259–1265. Epub 2007 Sept. 29.

Сведения об авторах

Вечерский Юрий Юрьевич, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.
E-mail: vjj@cardio-tomsk.ru.

Манвелян Давид Владимирович*, аспирант отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.
E-mail: manvello9@yandex.ru.

Затолокн Василий Викторович, канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.
E-mail: zatolokin@cardio-tomsk.ru.

Шипулин Владимир Митрофанович, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук.
E-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Information about the authors

Yury Y. Vecherskiy, Dr. Sci. (Med.), Leading Research Fellow, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.
E-mail: vjj@cardio-tomsk.ru.

David V. Manvelyan*, Postgraduate Student, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.
E-mail: manvello9@yandex.ru.

Vasiliy V. Zatolokin, Cand. Sci. (Med.), Research Assistant, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.
E-mail: zatolokin@cardio-tomsk.ru.

Vladimir M. Shipulin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences.
E-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru.

Поступила 25.01.2019, принята к печати 26.02.2019
Received January 25, 2019, accepted for publication February 26, 2019