

УДК 616.14-089.163

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321630>

Современные методики подготовки аутовены к проведению шунтирующих операций (несистематический обзор)

Н. В. Крепкогорский¹ ✉, Р. А. Бредихин²¹ Межрегиональный клинично-диагностический центр, Казань, Российская Федерация;² Казанский государственный медицинский университет, Казань, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Использование аутовенозного кондуита при выполнении шунтирующих операций в сосудистой и кардиохирургии занимает ведущее место. В связи с высоким риском повторных вмешательств, а также ограниченным количеством качественных венозных ресурсов возникает необходимость как можно более длительного поддержания функционирования аутовенозного шунта.

Цель. Изучить динамику выводов современных исследований по забору, сохранению и оценке качества аутовенозного трансплантата в периоперационном периоде.

Проходимость шунтов после открытого и эндоскопического способа (ЭС) забора имеет сопоставимые результаты. Неудовлетворительные результаты отдаленной проходимости аутовены при ЭС могут быть связаны с длительным периодом обучения эндоскопической методике. ЭС способствует быстрому заживлению послеоперационных ран на ноге, уменьшению болевого синдрома. Методика открытого забора *по touch*, применение низкого давления при расправлении аутовенозного трансплантата и перевязке притоков являются факторами, снижающими риск послеоперационной гиперплазии интимы, что способствует поддержанию длительного функционирования шунта и приводит к снижению количества повторных вмешательств. Для выделения аутовенозного трансплантата при шунтирующих операциях на нижних конечностях предпочтительным является способ открытого забора аутовены — бридж методика. Сохранение аутовенозного трансплантата до шунтирования в цельной аутокрови предположительно также снижает риск повреждения аутоаутовенозного трансплантата, но необходимо проведение рандомизированных исследований с большим количеством наблюдений. Применение контроля качества трансплантата до и после наложения анастомоза и пуска кровотока способствует улучшению непосредственных и отдаленных результатов шунтирования, выполняется с помощью ультразвуковой визуализации и измерения транзитного времени кровотока, ангиографического исследования, введения индоцианинового зеленого, тепловизионного исследования.

Заключение. В данном обзоре проведен современный многокомпонентный анализ роли механических, температурных, средовых и органических факторов, участвующих в формировании свойств аутовенозного кондуита, направленных на поддержание его максимальной проходимости в виде артериального шунта, а также способов контроля интраоперационного контроля проходимости.

Ключевые слова: эндоскопический забор аутовены; *по touch*; бридж методика; гидравлическое расправление; сохранение трансплантата; бедренно-подколенное шунтирование; аортокоронарное шунтирование

Для цитирования:

Крепкогорский Н.В., Бредихин Р.А. Современные методики подготовки аутовены к проведению шунтирующих операций (несистематический обзор) // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2024. Т. 32, № 4. С. 669–680.
DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321630>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321630>

Modern Methods of Preparing Autologous Vein for Bypass Surgery (Non-Systematic Review)

Nikolay V. Krepkogorskiy¹ ✉, Roman A. Bredikhin²¹ Interregional Clinical and Diagnostic Center, Kazan, Russian Federation;² Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION: The use of an autologous vein conduit in bypass operations is the leading trend in vascular and cardiac surgery. In the context of a high risk of repeated interventions and of limited availability of high-quality venous resources, it is important that the autovenous conduit remain functional as long as possible.

AIM: To study the dynamics of conclusions from the modern research works on harvesting, preservation and quality assessment of autovein grafts in the postoperative period.

The graft patency after open and endoscopic harvesting is comparable. Unsatisfactory results in terms of the long-term patency of an endoscopically harvested autovein may be associated with a long period of training in endoscopic techniques. They facilitate fast healing of postoperative wounds on the leg and reduce pain syndrome. The *no touch* open harvest technique, the use of low pressure when distending an autovenous graft, and ligation of the tributaries are factors that reduce the risk of postoperative hyperplasia of intima, thus contributing to a long-term functioning of the shunt and reducing the number of reinterventions. The preferable method of harvesting an autovenous graft for bypass surgeries in the lower limbs is an open bridging method. Keeping the autovenous graft in the whole autologous blood before the bypass surgery is also believed to reduce the risk of autograft injury, but randomized studies with a greater number of observations are required. Control of the graft quality before and after application of anastomosis and initiation of blood flow helps to improve the immediate and long-term bypass patency, and is performed using ultrasound imaging, measurement of blood flow transit time, angiographic examination, introduction of indocyanine green, and thermal imaging.

CONCLUSION: This review presents a modern multicomponent analysis of the role of mechanical, thermal, environmental and organic factors in the formation of the properties of an autovein conduit, essential for maintaining its maximal patency as of an arterial bypass, and the methods of intraoperative patency control.

Keywords: *endoscopic vein harvesting; no touch technique; bridging technique; hydraulic distension; graft preservation; femoropopliteal bypass; coronary artery bypass grafting*

For citation:

Krepkogorskiy NV, Bredikhin RA. Modern Methods of Preparing Autologous Vein for Bypass Surgery (Non-Systematic Review). *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2024;32(4):669–680. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321630>

Received: 24.03.2023

Accepted: 16.01.2024

Published: 31.12.2024

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ABT — аутовенозный трансплантат
АГЦК — аутологичная гепаринизированная цельная кровь
АКШ — аортокоронарное шунтирование
ДИ — доверительный интервал
НК — нижняя конечность
НР — непрерывные разрезы

ОР — отношение рисков
ОШ — отношение шансов
ПР — прерывистые разрезы
ФР — физиологический раствор
ЭС — эндоскопический способ

АКТУАЛЬНОСТЬ

Применение аутовенозного трансплантата (ABT) при выполнении шунтирующих операций в сосудистой и кардиохирургии занимает ведущее место [1, 2]. Ввиду высокого риска при повторных вмешательствах, а также ограниченности качественных ресурсов вен, имеется *потребность в максимально продолжительном поддержании функционирования аутовенозного шунта*, что особенно актуально при выполнении операций аортокоронарного шунтирования (АКШ). При аутовенозном шунтировании на артериях нижних конечностей (НК) дополнительной особенностью является *потребность в значительной протяженности ABT*. При отсутствии большой подкожной вены S. R. Komshian, et al. рекомендуют использовать односегментную *v. cephalica* с 5-летней проходимостью и показателями сохранности конечностей 55% и 72% соответственно, причем эти показатели по-прежнему выше, чем для сопоставимых синтетических протезов [3, 4].

Использование подкожных вен в качестве аортокоронарного шунта уже в течение нескольких недель приводит к значительной гиперплазии интимы. Интимальная гиперплазия предрасполагает к тромбозу и прогрессированию атеросклероза. Это две основные причины нарушения проходимости венозного трансплантата [5]. В среднем показатель проходимости одного трансплантата составляет $\approx 95\%$ через 1 месяц, $\approx 85\%$ через 1 год, $\approx 70\%$ через 5 лет и $\approx 60\%$ через 10 лет [5, 6]. Дело в том, что подкожные вены не развивают значительную гиперплазию интимы в венозной среде в сравнении с той, которая формируется после трансплантации аутоветы в артериальный кровоток. Предполагается, что *факторы, связанные с выделением и подготовкой подкожной вены, а также различия между венозной и артериальной средой способствуют прогрессированию заболевания*. Имеются доказательства того, что механическая травма, связанная с традиционными методами забора ABT, может значительно повредить сосуд и потенциально снизить проходимость трансплантата. Механические факторы артериального кровотока влияют на ремоделирование аутовенозного шунта. Повышенное давление может привести к утолщению меди, но его роль в развитии интимальной гиперплазии менее ясна. Изменение потока жидкости,

в т. ч. увеличение напряжения сдвига на стенку сосуда, может снизить интимальную гиперплазию, в то время как нарушенный поток, вероятно, увеличит ее. Немеханические стимулы, такие как воздействие оксигенации на уровне артериальной крови, также могут иметь значительную, но не широко признанную роль в возникновении гиперплазии интимы [5]. По данным Базылева В. В., и др., на поздних сроках (средняя продолжительность наблюдения $53,4 \pm 26,5$ мес.) анализ кумулятивного риска прогрессирования атеросклероза в шунтированных артериях показал, что для аутоартериальных трансплантатов частота развития проксимального стеноза шунтированной коронарной артерии была ниже по сравнению с ABT ($p \leq 0,001$) [7]. Поэтому фокусом современных исследований по данной проблеме стало изучение вопросов атраматичного забора кондуита, максимально сберегающее сохранение и обработка ABT, а также оценка качества ABT в периоперационном периоде.

Цель — изучить динамику выводов современных исследований, основанных на анализе результатов в первую очередь рандомизированных исследований и систематических обзоров по забору, сохранению и оценке качества аутовенозных трансплантатов в периоперационном периоде.

Анализ баз данных PubMed, Google academy, eLibrary показал наличие значительного количества статей, посвященных данной тематике, в частности в базе данных PubMed по запросу «*vein graft harvesting*» найдено 3 576 статей.

Нами проведен анализ 24 источников за последние 12 лет, из них 4 рандомизированных клинических исследования, 5 систематических обзоров и метаанализов, 3 метаанализа. Анализ материала показал большее количество наблюдений при сравнении различных методик забора ABT, в то время как выводы исследований, касающиеся сохранения трансплантата и оценки его качества непосредственно в периоперационном периоде, построены на небольших выборках (табл. 1). Основным изучаемым фактором, влияющим на риск значимых осложнений, принята проходимость аутовенозного шунта.

Таблица 1. Сводная характеристика проанализированных источников литературы

№ п/п	Авторы, тип исследования, год публикации, № источника в списке литературы	Количество наблюдений, n	Критерии сравнения
1	Linni K., et al. рандомизированное исследование, 2015 [4]	64	Сравнение вены руки или контралатеральной большой подкожной вены для шунтирования НК
2	Базылев В. В., и др. проспективное нерандомизированное исследование, 2017 [7]	292	Риск прогрессирования атеросклероза коронарных артерий, шунтируемых аутовеной или внутренней грудной артерией в отдаленном периоде
3	Ferdinand F. D., et al. систематический обзор и метаанализ, 2017 [9]	281459	Забор подкожной вены и лучевой артерии открытым способом по сравнению с ЭС методом при АКШ
4	Zenati M. A., et al. рандомизированное исследование, 2019 [10]	1150	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ при АКШ
5	Li G., et al. систематический обзор и метаанализ, 2019 [11]	27911	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ при АКШ
6	Kodia K., et al. систематический обзор и метаанализ, 2018 [12]	18131	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ при АКШ
7	Khan S. Z., et al. ретроспективное нерандомизированное исследование, 2016 [13]	153	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ для шунтирования НК
8	Kronick M., et al. одноцентровое нерандомизированное исследование, 2019 [14]	113	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ для шунтирования НК
9	Zingaro C., et al. одноцентровое рандомизированное исследование, 2012 [15]	60	Сравнение ЭС способа забора АВТ с инфузией углекислого газа
10	Chernyavskiy A., et al. одноцентровое рандомизированное исследование, 2015 [16]	228	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ при АКШ, без учета проходимости шунта
11	Wartman S. M., et al. одноцентровое нерандомизированное исследование, 2013 [17]	76	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ для шунтирования НК
12	Biroš E., et al. одноцентровое ретроспективное исследование, 2016 [18]	16	Изучение ЭС способа забора АВТ для шунтирования НК
13	Eid R. E., et al. одноцентровое нерандомизированное исследование, 2014 [19]	88	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ для шунтирования НК
14	Deb S., et al. многоцентровое рандомизированное исследование, 2019 [20]	250	Сравнение открытого и <i>no touch</i> способов забора АВТ при АКШ
15	Guo Q., et al. систематический обзор и метаанализ, 2021 [22]	12 956	Сравнение различных способов забора и сохранения АВТ для шунтирования НК
16	Mirza A. K., et al. одноцентровое ретроспективное исследование, 2018 [23]	505	Сравнение открытого и ЭС способов забора АВТ для шунтирования НК
17	Elshafay A., et al. систематический обзор и метаанализ, 2018 [25]	1479	Сравнение <i>no touch</i> методики и других способов забора АВТ при АКШ
18	Angelini G. D., et al. одноцентровое рандомизированное исследование, 2021 [26]	96	Сравнение <i>no touch</i> методики и открытого забора и сохранения АВТ при АКШ с пониженным и повышенным давлением
19	Казачков Е. Л., и др. одноцентровое ретроспективное исследование, 2016 [27]	30	Сравнение оригинальной методики и методики открытого забора аутовены при АКШ
20	Antonopoulos A. S., et al. метаанализ, 2019 [28]	1492	Изучение клинических, анатомических и операционных факторов, связанных с риском ранней окклюзии АВТ (в течение 12 месяцев после операции)
21	Winkler B., et al. метаанализ, 2016 [29]	478	Сравнение различных методик сохранения АВТ при АКШ
22	Wilbring M., et al. одноцентровое ретроспективное исследование, 2013 [30]	36	Сравнение методик сохранения АВТ в аутокрови и физиологическом растворе при АКШ
23	Chen S. W., et al. одноцентровое ретроспективное исследование, 2019 [31]	21	Изучение условий сохранения АВТ
24	Pimentel M. D., et al. одноцентровое ретроспективное исследование, 2022 [32]	12	Оценка влияния различных консервирующих растворов и различного давления внутри просветного растяжения на эндотелий сегментов аутовены при АКШ
25	Caliskan E., et al. метаанализ, 2019 [33]	4450	Сравнение различных методик забора и сохранения АВТ при АКШ

Примечания: АВТ — аутовенозный трансплантат; АКШ — аортокоронарное шунтирование; НК — нижняя конечность; ЭС — эндоскопический способ

Забор аутовенозного трансплантата

По данным имеющихся источников, существуют открытые способы забора аутовены: забор вены можно проводить через длинные непрерывные разрезы (НР). В кардиохирургии данная методика подразделяется на группы CON (обычная), где вена скелетируется, дилатируется и помещается в физиологический раствор; группа I (промежуточная) — вену скелетируют, вместо растяжения применяют местную аппликацию папаверина, затем сосуд хранят в гепаринизированной крови. Следующим открытым способом является бридж методика, выполняемая через прерывистые разрезы (ПР). Отдельно стоит эндоскопический способ (ЭС), выполняемый через небольшие проколы. Вышеописанные методы позволяют забрать, как правило, скелетированную аутовену. Альтернативой им является *no touch* (NT) методика, при которой вену забирают вместе с окружающей тканью, не подвергая дилатации [9].

ЭС стал обычным явлением при кардиохирургических операциях, особенно в Соединенных Штатах Америки. В сосудистой хирургии есть несколько энтузиастов, которые выполняют его, хотя повсеместного распространения этой методики не произошло, вероятно, из-за стоимости оборудования, проблем с длительным обучением и высоким риске повреждения сегментов вены, когда необходим длинный кондуит [8]. На основании систематического обзора результатов, полученных из 76 исследований (23 рандомизированных контролируемых исследования и 53 нерандомизированных контролируемых исследования) с участием 281 459 пациентов, были проанализированы консенсусные заявления и рекомендации, в которых сравнивались риски и преимущества ЭС и открытого забора кондуита у пациентов, перенесших АКШ. Комиссия рекомендует (класс I, уровень B) использование ЭС большой подкожной вены и лучевой артерии, что предлагается в качестве стандарта при лечении пациентов, которым требуются подобные шунты для коронарной реваскуляризации. Так, объединенный анализ четырех исследований ($n = 2389$), предоставивших данные последующего наблюдения более чем за 1 год, показал вероятность стеноза или окклюзии трансплантата, которые были незначительно увеличены у пациентов с ЭС, по сравнению с пациентами с открытыми способами забора (отношение шансов (ОШ) 1,58; 95% доверительный интервал (ДИ) 0,92–2,71; $p = 0,10$) [9].

В то же время существуют противоречивые данные в отношении ЭС аутовены. С одной стороны, ЭС процедура, по-видимому, уменьшает осложнения, связанные с ранами, улучшает удовлетворенность пациентов, уменьшает послеоперационную боль, продолжительность пребывания в больнице и использование ресурсов для лечения ран. С другой стороны, обсервационное исследование 1 471 пациента, которые перенесли

АКШ с использованием аутовены, при сравнении ЭС и открытых методик из исследования ROOBY не показало значимых различий между группами в плане смертности или серьезных периоперационных осложнений, включая повторную операцию, остановку сердца, инсульт или нарушение функции почек, требующее диализа. Интересным является наблюдение подгруппы из 894 пациентов с ангиографическим контролем, показавшее, что проходимость аутовены ЭС по сравнению с ПР была 74,5% и 85,2% соответственно ($p < 0,0001$) (скорректированный относительный риск (ОР) 0,83; 95% ДИ 0,77–0,89) [10]. Крупный метаанализ (22 исследования, 27 911 пациентов) также подтверждает, что ЭС связан с большим количеством травм трансплантата (разность средневзвешенных значений 0,73; 95% ДИ 0,18–1,28; $p = 0,009$), ниже среднего проходимость трансплантата (ОШ 0,80; 95% ДИ 0,70–0,91; $p = 0,0005$) и снижение долгосрочной проходимости трансплантата (ОШ 0,15; 95% ДИ 0,04–0,61; $p = 0,008$) по сравнению с ПР [11]. Эти данные согласуются с результатами другого крупного системного обзора, включающего 11 исследований и 18 131 пациентов [12].

Следует отметить, что большую роль в вероятности развития осложнений играет наличие опыта у хирурга для ЭС забора трансплантата [13, 14]. Еще одним отрицательным моментом использования ЭС метода может быть повышенный уровень углекислого газа в крови, случаи микро- и макроэмболии в связи с использованием углекислого газа для расширения пространства при заборе [15]. В российском исследовании, включающем 228 прооперированных пациентов, время забора вен было короче для ЭС забора, чем для открытого забора: $31,8 \pm 6,2$ мин. и $40,3 \pm 15,8$ мин. соответственно ($p < 0,01$). Осложнений после забора вен в группе ЭС забора было меньше (11,5% и 44,4%; $p = 0,001$). При этом люминесцентнографические данные в группе ЭС способа забора не свидетельствовали о значительных нарушениях лимфооттока после операции. Электронная микроскопия фрагментов вен не выявила значительного повреждения стенки вены ни в одной из групп [16].

ЭС и открытые методы для инфраингвинального артериального шунтирования обеспечивают одинаковую скорость забора, возникновение осложнений и раннюю проходимость шунта, тогда как проведение гемодиализа отрицательно сказывается на проходимости после обоих методов забора аутовены ($p > 0,05$). ЭС забор связан с потребностью в меньшем количестве наркотических анальгетиков в периоперационном периоде, что предполагает потенциальную пользу ЭС лечения [13, 17, 18]. Результаты другого исследования, связанного с операциями при критической ишемии, демонстрируют более низкую первичную проходимость при использовании техники ЭС забора аутовены. Первичная проходимость трансплантата составила

43,2% в группе ЭС забора и 69,4% в группе ПР ($p < 0,007$) за 3 года. Кроме того, был выявлен значительно более высокий уровень повторного вмешательства в когорте ЭС забора, а также более высокий уровень стеноза венозного трансплантата. Тем не менее ЭС метод был связан со снижением частоты раневых осложнений на 20%. Таким образом, ЭС забор аутовены следует выборочно использовать у пациентов с высоким риском раневых осложнений [19, 20]. Кроме того, имеются работы по успешному ЭС забору малой подкожной вены для АКШ [21].

Следует отметить малое количество работ, посвященных забору и сохранению АВТ при выполнении шунтирующих операций на артериях НК. В обзоре Systematic Review and Meta-analysis of Saphenous Vein Harvesting and Grafting for Lower Extremity Arterial Bypass (2021), основанном на 37 исследованиях за последние 30 лет, сравнили краткосрочные и долгосрочные результаты различных методов забора аутовенозного кондуита у пациентов, перенесших шунтирование артерий НК [22]. Сравнивались пациенты с забором через НР, отдельные разрезы и ЭС для шунтирования реверсированной аутовеной. В шести из включенных исследований были представлены данные НР по сравнению с ЭС. Метаанализ показал, что НР имело более высокий показатель первичной проходимости (ОР 1,63; 95% ДИ 1,44–1,84; $p < 0,001$), но с более высокой частотой раневых осложнений (ОР 1,35; 95% ДИ 1,03–1,77; $p = 0,03$) и более длительным пребыванием в стационаре ($p < 0,001$). В четырех исследованиях изучались данные об извлечении ПР методикой по сравнению с ЭС забором. Забор аутовены с помощью ПР методики значительно увеличил первичную проходимость по сравнению с ЭС забором (ОР 1,67; 95% ДИ 1,46–1,92; $p < 0,001$) без увеличения частоты раневых осложнений (ОР 1,55; 95% ДИ 0,91–2,66; $p = 0,11$) или увеличения продолжительности пребывания в больнице ($p = 0,73$) [14].

Только в трех исследованиях были представлены данные о НР при заборе по сравнению с ПР. В двух исследованиях оценивалась первичная проходимость и в трех — раневые осложнения. Эти исследования не выявили существенной разницы в проходимости между забором НР и ПР (ОР 0,93; 95% ДИ 0,83–1,04; $p = 0,20$) [23].

В середине 1990-х гг. появилась новая техника забора АВТ, которая представляет собой бесконтактный *no touch* метод [24]. Преимуществом этого метода является то, что он предотвращает спазм трансплантата и поэтому гидрокомпрессия не требуется. В настоящее время существуют многие продолжающиеся и завершённые исследования по технике подготовки трансплантата из *no touch*-вен, которые показали превосходную проходимость, сопоставимую с левой вну-

тренней грудной артерией. Проведенный в 2018 г. метаанализ [25] 1 479 операций показал, что при использовании техники бесконтактного забора аутовены её проходимость была значительно выше по сравнению с техникой обычного или комбинированного забора. Гиперплазия трансплантата в группе *no touch* была значительно ниже по сравнению с группой открытого забора ($p = 0,011$) — 20% и 78% соответственно. Кроме того, *no touch* был связан с замедлением прогрессирования атеросклероза в шунте после трансплантации (14,5% по сравнению с 50% при технике открытого забора в течение 18 мес.).

Во время подготовки к открытому забору гидрокомпрессия АВТ выполняется для преодоления спазма, который возникает из-за удаления окружающих тканей. Гидрокомпрессию аутовены можно выполнить либо механически, посредством перфузии под давлением, либо фармакологически [10]. Установлено, что растяжение аутовены было связано с повышенной экспрессией нескольких биомаркеров воспаления, таких как молекула адгезии эндотелиальных клеток тромбоцитов, молекула адгезии сосудистых клеток и молекула межклеточной адгезии, которые играют роль в индукции воспаления и могут привести к отторжению трансплантата. Поэтому предотвращение гидрокомпрессии аутовены является одним из важных аспектов методики *no touch* [25, 26]. По данным одного одноцентрового рандомизированного исследования, традиционная подготовка трансплантата из подкожной вены с растяжением под низким давлением и взятием вены по методике *no touch* позволила сохранить толщину стенки трансплантата через 12 мес., исключив гиперплазию интимы [26].

Выделение большой подкожной вены по разработанной в Челябинске технологии выполняли с сохранением периваскулярных тканей по 0,5 см с обеих сторон и с применением гармонического ультразвукового скальпеля Harmonic Ultracision (Ethicon, США). Этот способ, по мнению авторов, позволил модифицировать методику *no touch* в лучшую сторону [27].

Еще в одном обзоре был выполнен анализ работ, где проводилось изучение частоты ранней окклюзии аутовенозного шунта при проведении операции АКШ. В метаанализе совокупных данных (48 исследований, 41 530 аутовен) оценка ранней окклюзии аутовенозного шунта составила 11%. Разработанная модель для раннего определения окклюзии аутовенозного шунта включала клинические, анатомические и операционные характеристики. На основе этой модели была построена упрощенная, включающая 12 параметров система оценки риска раннего нарушения первичной проходимости аутовенозного шунта (оценка SAFINOUS) с хорошей производительностью (с-индекс = 0,700; 95% ДИ, 0,684–0,716) [28] (табл. 2).

Таблица 2. Частота использования различных методик забора и сохранения аутовенозного трансплантата, результаты проходимости шунта после их применения (отдаленные результаты — более 12 месяцев)

Авторы, тип исследования, год публикации, № источника в списке литературы	n	НР	ПР	ЭС	No touch	АГЦК	ФР	p
Ferdinand F. D., et al., 2017 [9]	281459	1369		1532				1
Zenati M. A. et al., 2019 [10]	1150	574		576				0,47
Li G., et al., 2019 [11]	27911	14554		13357				< 0,01
Kodia K., et al., 2018 [12]	18131	10873		7258				< 0,01
Khan S. Z., et al., 2016 [13]	153	83		88				0,785
Kronick M., et al., 2019 [14]	113	64		49				0,18
Wartman S. M., et al., 2013 [17]	76	41		35				0,8
Eid. R. E., et al., 2014 [19]	88	49		39				0,07
Deb S., et al., 2019 [20]		123			127			0,15
Guo Q., et al., 2021 [22]	12 956	5729		1526				< 0,001
Mirza A. K., et al., 2018 [23]	505	194		86				0,006
Elshafay A., et al., 2018 [25]	1479	577 633			233 347	577 633		0,009 0,001
Angelini G. D., et al., 2021 [26]	96	45			51			0,22
Wilbring M., et al., 2013 [30]	36					18	18	< 0,05
Chen S.W., et al., 2019 [31]	21					7	7	< 0,001
Pimentel M. D., et al., 2022 [32]	12					6	6	< 0,01

Примечания: АГЦК — аутологичная гепаринизированная цельная кровь; НР — непрерывные разрезы; ПР — прерывистые разрезы; ФР — физиологический раствор; ЭС — эндоскопический способ

Сохранение аутовенозного трансплантата

Не менее важной проблемой является проблема сохранения аутовенозного кондуита от момента его забора до пуска кровотока. Она осталась в настоящее время наименее изученной в связи с низким качеством имеющихся исследований.

Растворы для хранения венозных трансплантатов после забора и до имплантации, несмотря на их предполагаемое влияние, часто игнорируются при оценке результатов проходимости АВТ. Нет сомнений в том, что эндотелий играет ключевую роль в долговременной проходимости венозных трансплантатов, но влияние различных растворов для хранения аутовены на эндотелий остаются неясными.

В обзоре Winkler B., et al. приведено 20 работ, посвященных этому вопросу [29]. Какие же имеющиеся в настоящее время способы по консервации предпочтительны, безвредны, опасны или неэффективны? Основное внимание уделяется физиологическому раствору (ФР) и аутологичной гепаринизированной цельной крови (АГЦК). В настоящее время нет рандомизированных клинических исследований, касающихся ФР и доступной АГЦК. Обзор сравнивает все предыдущие исследования, способные предоставить

определенный уровень доказательств по этой теме. Выявлено, что ФР отрицательно влияет на слои эндотелия и, следовательно, может снизить проходимость трансплантата [29].

Исследование, проведенное Wilbring M., et al. в 2013 г., показывает, что *ФР больше не следует рекомендовать в качестве среды для хранения трансплантата*. В исследовании использовались сегменты вен человека, хранившиеся в ФР или АГЦК в течение 30 мин. при комнатной температуре. Был проведен анализ с помощью миографа Малвани. После преко́нстрикции норэпинефрином оценивали кривые концентрации–релаксации растворами, содержащими брадикинин и нитропруссид натрия при исследовании вазорелаксации, которая, как известно, зависит от клеток эндотелия и гладкой мускулатуры. По прошествии времени инкубации рецептор-зависимый и рецептор-независимый максимум развиваемого напряжения стенки сосуда снижался в группе ФР ($p = 0,05$), энергия заряда значительно ($p = 0,046$) лучше сохранялась в группе АГЦК [30]. Связанные факторы, такие как давление растяжения при гидравлическом расправлении АВТ, могут перевесить первоначальное преимущество АГЦК при хранении, а также

усиливать вредное воздействие теплого ФР при хранении в нем.

Нет единого мнения о преимуществе АГЦК для хранения венозных трансплантатов. Это создает возможности для альтернативных вариантов, таких как один из специально разработанных растворов для хранения — TiProtec™ или Somaluthion™. Являются ли эти решения по консервации лучшими или выгодными — остается предметом дальнейших исследований [29].

Целью группы китайских авторов было изучение микроокружения трансплантата подкожной вены человека при хранении в ФР или АГЦК. В исследование был включен 21 пациент, перенесший АКШ, и было собрано в общей сложности 162 трансплантата подкожных вен. ФЗ и АГЦК использовались для исследования влияния микроокружения. Гипоксию, окислительный стресс и сосудистый апоптоз анализировали с помощью вестерн-блоттинга, а целостность эндотелия оценивали с помощью иммуногистохимического анализа. Анализ результатов показал, что уровень PaO_2 в АГЦК был ниже, чем в ФЗ (медиана 100,5 мм рт. ст. против 185,8 мм рт. ст.; $p = 0,004$). Это гипоксическое состояние приводило к продукции большего количества фактора-1 (медиана 60,1% против 15,1%; $p = 0,008$) и эндотелиальной синтазы оксида азота (медиана 52,6% против 25%; $p = 0,046$) на протяжении 30 мин. консервации. Авторы пришли к выводу, что АГЦК обладает средой, которая превосходит ФЗ для сохранения трансплантата подкожной вены до выполнения АКШ [31]. В исследовании M. D. Pimentel, et al. (2022) сохраненные в ФР аутовены, по данным электронной микроскопии, имели значительно большее повреждение эндотелия по сравнению как с контрольной группой, так и с группами, сохраненными в АГЦК ($p < 0,001$) [32] (табл. 2).

Оценка качества аутовенозного трансплантата

Интраоперационный контроль наличия повреждения и проходимости аутовенозного кондуита до пуска кровотока и после пуска кровотока посредством функциональной и анатомической оценки шунтов и анастомозов важен для уменьшения количества острых тромбозов шунта.

В прошлом десятилетии интраоперационное измерение транзитного потока стало наиболее часто используемым функциональным подходом [33]. Это может привести к серьезной ревизии обходных шунтов у 2–4% пациентов, перенесших АКШ. Индекс пульсации, полученный по формуле измерения потока во время функционирования шунта, является хорошим индикатором характера кровотока и качества анастомоза, что полезно для прогнозирования результатов [34]. Индекс пульсации в идеале должен быть от 1 до 3 в хорошо функционирующем трансплантате (между 3 и 5 также считается приемлемым), и средний поток трансплантата 15–20 мл/мин. Всегда имеется

риск ревизии трансплантата, если он имеет низкий расход или высокий индекс пульсации. Согласно Европейскому руководству по реваскуляризации миокарда 2018 г., следует учитывать рутинные интраоперационные измерения кровотока трансплантата (рекомендации класса IIb, уровень доказательности A) [33]. Применение ангиографического исследования для определения проходимости шунта в послеоперационном периоде является одним из методов выбора [35].

Рекомендуемые другие методы для выявления трансплантатов с низким кровотоком, которые могут быть пересмотрены интраоперационно, включают дополнительные эпикардимальное ультразвуковое исследование или тепловидение [34, 36, 37]. Кроме того, ряд авторов также применяют индоцианиновый зеленый для визуализации артерий при АКШ. Результаты этого исследования выявили умеренные корреляции проходимости трансплантата с интенсивностью освещенности и среднего значения ускорения. Однако можно определенно заключить, что снижение отношения интенсивности свечения указывает на стенозирование или тромбоз шунта, которые оправдывают ревизию АКШ [38, 39]. Некоторые авторы предлагают проводить наблюдение за изменениями, происходящими в шунте с помощью контроля маркеров эмбриональной артериовенозной дифференцировки эндотелиальных клеток, обуславливающих судьбу артерий и вен. Ephrin-B2 специфически экспрессируется в артериальном эндотелии, тогда как Eph-B4 — в венозном. Артериализация аутовены характеризуется потерей венозного маркера Eph-B4 без приобретения артериального Ephrin-B2, что сопровождается отрицательным морфологическим ремоделированием стенки вены, заключающимся в утолщении стенки. Eph-B4 в венозном эндотелии взаимодействует с рядом молекул, такими как eNOS, кавеолин и другие, регулируя процесс адаптации [40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из представленного материала, проходимость шунтов после открытого и эндоскопического способа забора имеет сопоставимые результаты. Эндоскопический забор аутовены может быть связан с плохой отдаленной проходимостью аутовенозного трансплантата вследствие повреждения трансплантата при заборе. Эндоскопический забор также способствует быстрому заживлению послеоперационных ран на ноге, уменьшению болевого синдрома.

Методика открытого забора *no touch*, применение низкого давления при расправлении аутовенозного трансплантата и перевязке притоков являются факторами, снижающими риск послеоперационной гиперплазии интимы, что способствует поддержанию длительного функционирования шунта и приводит к снижению количества повторных вмешательств.

Для выделения аутовенозного трансплантата при шунтирующих операциях на нижних конечностях предпочтительным является способ открытого забора аутовены — бридж методика.

Сохранение аутовенозного трансплантата до шунтирования в цельной аутокрови предположительно также снижает риск повреждения ауто трансплантата, но необходимо проведение рандомизированных исследований с большим количеством наблюдений.

Применение контроля качества трансплантата до и после наложения анастомоза и пуска кровотока направлено на выявление технических дефектов аутовенозного трансплантата, по мнению некоторых авторов, способствует улучшению непосредственных и отдаленных результатов шунтирования, но также требует рандомизированных исследований с большим количеством наблюдений и сравнения различных методик при выполнении как аортокоронарного шунтирования, так и шунтирующих операций на нижних конечностях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: *Крепкогорский Н. В.* — подбор литературных источников, анализ данных, написание текста; *Бредихин Р. А.* — концепция и дизайн исследования, редактирование. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding. This article was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: *N. V. Krepkogorskiy* — selection of literary sources, analysis of data, writing the text; *R. A. Bredikhin* — concept and design of study, editing. The authors confirm the correspondence of their authorship to the ICMJE International Criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Conte M.S., Bradbury A.W., Kolh P., et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb threatening ischemia // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2019. Vol. 69, No. 6S. P. 3S.e40–125S.e40. doi: [10.1016/j.jvs.2019.02.016](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.02.016)
2. Захеряев А.Б., Виноградов Р.А., Сухоручкин П.В., и др. Предикторы отдаленных осложнений бедренно-подколенного шунтирования аутоинозным трансплантатом // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2022. Т. 30, № 2. С. 213–222. doi: [10.17816/PAVLOVJ96438](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ96438)
3. Komshian S.R., Lu K., Pike S.L., et al. Infrainguinal open reconstruction: a review of surgical considerations and expected outcomes // Vasc. Health Risk Manag. 2017. Vol. 13. P. 161–168. doi: [10.2147/vhrm.s106898](https://doi.org/10.2147/vhrm.s106898)
4. Linni K., Aspalter M., Butturini E., et al. Arm veins versus contralateral greater saphenous veins for lower extremity bypass reconstruction: preliminary data of a randomized study // Ann. Vasc. Surg. 2015. Vol. 29, No. 3. P. 551–559. doi: [10.1016/j.avsg.2014.11.006](https://doi.org/10.1016/j.avsg.2014.11.006)
5. Gooch K.J., Firstenberg M.S., Shrefler B.S., et al. Biomechanics and Mechanobiology of Saphenous Vein Grafts // J. Biomech. Eng. 2018. Vol. 140, No. 2. P. 020804. doi: [10.1115/1.4038705](https://doi.org/10.1115/1.4038705)
6. Harskamp R.E., Lopes R.D., Baisden C.E., et al. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions // Ann. Surg. 2013. Vol. 257, No. 5. P. 824–833. doi: [10.1097/sla.0b013e318288c38d](https://doi.org/10.1097/sla.0b013e318288c38d)
7. Базылев В.В., Немченко Е.В., Павлов А.А., и др. Факторы риска прогрессирования атеросклероза шунтируемой коронарной артерии в отдаленном периоде // Ангиология и сосудистая хирургия. 2017. Т. 23, № 2. С. 142–147.
8. Cronenwett J.L., Johnston K.W. Rutherford's Vascular Surgery. 8th ed. Elsevier Saunders; 2014.
9. Ferdinand F.D., MacDonald J.K., Balkhy H.H., et al. Endoscopic Conduit Harvest in Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: An

- ISMICS Systematic Review and Consensus Conference Statements // Innovations (Phila.). 2017. Vol. 12, No. 5. P. 301–319. doi: [10.1097/imi.0000000000000410](https://doi.org/10.1097/imi.0000000000000410)
10. Zenati M.A., Bhatt D.L., Bakaeen F.G., et al. Randomized Trial of Endoscopic or Open Vein-Graft Harvesting for Coronary-Artery Bypass // N. Engl. J. Med. 2019. Vol. 380, No. 2. P. 132–141. doi: [10.1056/nejmoa1812390](https://doi.org/10.1056/nejmoa1812390)
11. Li G., Zhang Y., Wu Z., et al. Mid-term and long-term outcomes of endoscopic versus open vein harvesting for coronary artery bypass: A systematic review and meta-analysis // Int. J. Surg. 2019. Vol. 72. P. 167–173. doi: [10.1016/j.ijvs.2019.11.003](https://doi.org/10.1016/j.ijvs.2019.11.003)
12. Kodra K., Patel S., Weber M.P., et al. Graft patency after open versus endoscopic saphenous vein harvest in coronary artery bypass grafting surgery: a systematic review and meta-analysis // Ann. Cardiothorac. Surg. 2018. Vol. 7, No. 5. P. 586–597. doi: [10.21037/acs.2018.07.05](https://doi.org/10.21037/acs.2018.07.05)
13. Khan S.Z., Rivero M., McCraith B., et al. Endoscopic vein harvest does not negatively affect patency of great saphenous vein lower extremity bypass // J. Vasc. Surg. 2016. Vol. 63, No. 6. P. 1546–1554. doi: [10.1016/j.jvs.2016.01.032](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.01.032)
14. Kronick M., Liem T.K., Jung E., et al. Experienced operators achieve superior patency and wound complication rates with endoscopic great saphenous vein harvest compared with open harvest in lower extremity bypasses // J. Vasc. Surg. 2019. Vol. 70, No. 5. P. 1534–1542. doi: [10.1016/j.jvs.2019.02.043](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.02.043)
15. Zingaro C., Pierri M.D., Massi F., et al. Absorption of carbon dioxide during endoscopic vein harvest // Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. 2012. Vol. 15, No. 4. P. 661–664. doi: [10.1093/icvts/ivs255](https://doi.org/10.1093/icvts/ivs255)
16. Chernyavskiy A., Volkov A., Lavrenyuk O., et al. Comparative results of endoscopic and open methods of vein harvesting for coronary artery bypass grafting: a prospective randomized parallel-group trial // J. Cardiothorac. Surg. 2015. Vol. 10. P. 163. doi: [10.1186/s13019-015-0353-3](https://doi.org/10.1186/s13019-015-0353-3)

17. Wartman S.M., Woo K., Herscu G., et al. Endoscopic vein harvest for infrainguinal arterial bypass // *J. Vasc. Surg.* 2013. Vol. 57, No. 6. P. 1489–1494. doi: [10.1016/j.jvs.2012.12.029](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.12.029)
18. Biroš E., Staffa R., Vlachovský R., et al. Endoscopic harvest of great saphenous vein for infrainguinal arterial bypass: summary of our initial experience // *Rozhl. Chir.* 2016. Vol. 95, No. 3. P. 117–122.
19. Eid R.E., Wang L., Kuzman M., et al. Endoscopic versus open saphenous vein graft harvest for lower extremity bypass in critical limb ischemia // *J. Vasc. Surg.* 2014. Vol. 59, No. 1. P. 136–144. doi: [10.1016/j.jvs.2013.06.072](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.072)
20. Deb S., Singh S.K., de Souza D., et al.; SUPERIOR SVG Study Investigators. SUPERIOR SVG: no touch saphenous harvesting to improve patency following coronary bypass grafting (a multi-Centre randomized control trial, NCT01047449) // *J. Cardiothorac. Surg.* 2019. Vol. 14, No. 1. P. 85. doi: [10.1186/s13019-019-0887-x](https://doi.org/10.1186/s13019-019-0887-x)
21. Brandt C.P., Greene G.C., Maggart M.L., et al. Endoscopic vein harvest of the lesser saphenous vein in the supine position: a unique approach to an old problem // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2013. Vol. 16, No. 1. P. 1–4. doi: [10.1093/icvts/ivs414](https://doi.org/10.1093/icvts/ivs414)
22. Guo Q., Huang B., Zhao J. Systematic review and meta-analysis of saphenous vein harvesting and grafting for lower extremity arterial bypass // *J. Vasc. Surg.* 2021. Vol. 73, No. 3. P. 1075–1086. doi: [10.1016/j.jvs.2020.10.013](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.10.013)
23. Mirza A.K., Stauffer K., Fleming M.D., et al. Endoscopic versus open great saphenous vein harvesting for femoral to popliteal artery bypass // *J. Vasc. Surg.* 2018. Vol. 67, No. 4. P. 1199–1206. doi: [10.1016/j.jvs.2017.08.084](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.08.084)
24. Souza D. A new no-touch preparation technique. Technical notes // *Scand. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1996. Vol. 30, No. 1. P. 41–44. doi: [10.3109/14017439609107239](https://doi.org/10.3109/14017439609107239)
25. Elshafay A., Bendary A.H., Vuong H.T., et al. Does No-Touch Technique Better than Conventional or Intermediate Saphenous Vein Harvest Techniques for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a Systematic Review and Meta-analysis // *J. Cardiovasc. Transl. Res.* 2018. Vol. 11, No. 6. P. 483–494. doi: [10.1007/s12265-018-9832-y](https://doi.org/10.1007/s12265-018-9832-y)
26. Angelini G.D., Johnson T., Culliford L., et al. Comparison of alternate preparative techniques on wall thickness in coronary artery bypass grafts: The HARVeST randomized controlled trial // *J. Card. Surg.* 2021. Vol. 36, No. 6. P. 1985–1995. doi: [10.1111/jocs.15477](https://doi.org/10.1111/jocs.15477)
27. Казачков Е.Л., Семагин А.А., Анненская Е.А., и др. Морфологическое обоснование малотравматичного способа эксплантации аутовены для коронарного шунтирования // *Современные проблемы науки и образования.* 2016. № 6. С. 194. Доступно по: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25817&ysclid=m3mrq483cf505851588>. Ссылка активна на 24.03.2023.
28. Antonopoulos A.S., Odutayo A., Oikonomou E.K., et al. Development of a risk score for early saphenous vein graft failure: An individual patient data meta-analysis // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020. Vol. 160, No. 1. P. 116.e4–127.e4. doi: [10.1016/j.jtcvs.2019.07.086](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.07.086)
29. Winkler B., Reineke D., Heinisch P.P., et al. Graft preservation solutions in cardiovascular surgery // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2016. Vol. 23, No. 2. P. 300–309. doi: [10.1093/icvts/ivw056](https://doi.org/10.1093/icvts/ivw056)
30. Wilbring M., Ebner A., Schoenemann K., 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. Vol. 55, No. 4. P. 445–455. doi: [10.3233/ch-131781](https://doi.org/10.3233/ch-131781)
31. Chen S.-W., Chu Y., Wu V.C.-C., et al. Microenvironment of saphenous vein graft preservation prior to coronary artery bypass grafting // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2019. Vol. 28, No. 1. P. 71–78. doi: [10.1093/icvts/ivy201](https://doi.org/10.1093/icvts/ivy201)
32. Pimentel M.D., Lobo Filho J.G., Lobo Filho H.G., et al. Effect of preservation solution and distension pressure on saphenous vein's endothelium // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2022. Vol. 35, No. 3. P. ivac124. doi: [10.1093/icvts/ivac124](https://doi.org/10.1093/icvts/ivac124)
33. Caliskan E., de Souza D.R., Böning A., et al. Saphenous vein grafts in contemporary coronary artery bypass graft surgery // *Nat. Rev. Cardiol.* 2020. Vol. 17, No. 3. P. 155–169. doi: [10.1038/s41569-019-0249-3](https://doi.org/10.1038/s41569-019-0249-3)
34. Kieser T.M. Graft quality verification in coronary artery bypass graft surgery: how, when and why? // *Curr. Opin. Cardiol.* 2017. Vol. 32, No. 6. P. 722–736. doi: [10.1097/hco.0000000000000452](https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000452)
35. Курманов А.М., Жусупов С.М., Нарешева К.А., и др. Морфологическая и ангиографическая оценка аутовенозного кондукта при различных методах выделения для аорто-коронарного шунтирования // *Наука и здравоохранение.* 2019. Т. 21, № 6. С. 49–55.
36. Бранд Я.Б., Мазанов М.Х., Чернышев Д.В. Использование тепловизора для оценки адекватности реваскуляризации миокарда при операциях коронарного шунтирования // *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2016. № 3. С. 80–86.
37. Крепкогорский Н.В., Бредихин Р.А., Хайруллин Р.Н. Тепловизионное изучение внутреннего рельефа аутовены // *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2022. Т. 28, № 1. С. 36–40. doi: [10.33029/1027-6661-2022-28-1-36-40](https://doi.org/10.33029/1027-6661-2022-28-1-36-40)
38. Семченко А.Н., Андреев Д.Б., Явный В.Я., и др. Интраоперационная ангиография с индоцианином зеленым как метод оценки непосредственных результатов операций коронарного шунтирования: возможности и перспективы использования // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2015. Т. 8, № 2. С. 27–32. doi: [10.17116/kardio20158227-32](https://doi.org/10.17116/kardio20158227-32)
39. Yamamoto M., Nishimori H., Handa T., et al. Quantitative assessment technique of HyperEye medical system angiography for coronary artery bypass grafting // *Surg. Today.* 2017. Vol. 47, No. 2. P. 210–217. doi: [10.1007/s00595-016-1369-6](https://doi.org/10.1007/s00595-016-1369-6)
40. Калинин Р.Е., Сучков И.А., Пшенников А.С., и др. Маркеры артериовенозной дифференцировки эндотелиальных клеток и их влияние на адаптацию аутовенозных кондуктов в реконструктивной хирургии магистральных артерий // *Новости хирургии.* 2019. Т. 27, № 1. С. 91–100. doi: [10.18484/2305-0047.2019.1.91](https://doi.org/10.18484/2305-0047.2019.1.91)

REFERENCES

1. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019;69(6S):3S–125S.e40. doi: [10.1016/j.vas.2019.02.016](https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.02.016)
2. Zakeryaev AB, Vinogradov RA, Sukhoruchkin PV, et al. Predictors of Long-Term Complications of Femoropopliteal Bypass with

- Autovenous Graft. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald.* 2022;30(2):213–222. (In Russ). doi: [10.17816/PAVLOVJ96438](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ96438)
3. Komshian SR, Lu K, Pike SL, et al. Infrainguinal open reconstruction: a review of surgical considerations and expected outcomes. *Vasc Health Risk Manag.* 2017;13:161–8. doi: [10.2147/vhrm.s106898](https://doi.org/10.2147/vhrm.s106898)

4. Linni K, Aspalter M, Butturini E, et al. Arm veins versus contralateral greater saphenous veins for lower extremity bypass reconstruction: preliminary data of a randomized study. *Ann Vasc Surg.* 2015;29(3):551–9. doi: [10.1016/j.avsg.2014.11.006](https://doi.org/10.1016/j.avsg.2014.11.006)
5. Gooch KJ, Firstenberg MS, Shrefler BS, et al. Biomechanics and Mechanobiology of Saphenous Vein Grafts. *J Biomech Eng.* 2018;140(2): 020804. doi: [10.1115/1.4038705](https://doi.org/10.1115/1.4038705)
6. Harskamp RE, Lopes RD, Baisden CE, et al. Saphenous vein graft failure after coronary artery bypass surgery: pathophysiology, management, and future directions. *Ann Surg.* 2013;257(5):824–33. doi: [10.1097/sla.0b013e318288c38d](https://doi.org/10.1097/sla.0b013e318288c38d)
7. Bazylev VV, Nemchenko EV, Pavlov AA et al. Risk factors for progression of atherosclerosis of the shunted coronary artery in the remote postoperative period. *Angiol Vasc Surg.* 2017;23(2):142–7. (In Russ).
8. Cronenwett JL, Johnston KW. *Rutherford's Vascular Surgery*. 8th ed. Elsevier Saunders; 2014.
9. Ferdinand FD, MacDonald JK, Balkhy HH, et al. Endoscopic Conduit Harvest in Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: An ISMICS Systematic Review and Consensus Conference Statements. *Innovations (Phila).* 2017;12(5):301–19. doi: [10.1097/imi.0000000000000410](https://doi.org/10.1097/imi.0000000000000410)
10. Zenati MA, Bhatt DL, Bakaeen FG, et al. Randomized Trial of Endoscopic or Open Vein-Graft Harvesting for Coronary-Artery Bypass. *N Engl J Med.* 2019;380(2):132–41. doi: [10.1056/nejmoa1812390](https://doi.org/10.1056/nejmoa1812390)
11. Li G, Zhang Y, Wu Z, et al. Mid-term and long-term outcomes of endoscopic versus open vein harvesting for coronary artery bypass: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2019;72:167–73. doi: [10.1016/j.ijsu.2019.11.003](https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2019.11.003)
12. Kodja K, Patel S, Weber MP, et al. Graft patency after open versus endoscopic saphenous vein harvest in coronary artery bypass grafting surgery: a systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018;7(5):586–97. doi: [10.21037/acs.2018.07.05](https://doi.org/10.21037/acs.2018.07.05)
13. Khan SZ, Rivero M, McCraith B, et al. Endoscopic vein harvest does not negatively affect patency of great saphenous vein lower extremity bypass. *J Vasc Surg.* 2016;63(6):1546–54. doi: [10.1016/j.jvs.2016.01.032](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.01.032)
14. Kronick M, Liem TK, Jung E, et al. Experienced operators achieve superior patency and wound complication rates with endoscopic great saphenous vein harvest compared with open harvest in lower extremity bypasses. *J Vasc Surg.* 2019;70(5):1534–42. doi: [10.1016/j.jvs.2019.02.043](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.02.043)
15. Zingaro C, Pierri MD, Massi F, et al. Absorption of carbon dioxide during endoscopic vein harvest. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;15(4):661–4. doi: [10.1093/icvts/ivs255](https://doi.org/10.1093/icvts/ivs255)
16. Chernyavskiy A, Volkov A, Lavrenyuk O, et al. Comparative results of endoscopic and open methods of vein harvesting for coronary artery bypass grafting: a prospective randomized parallel-group trial. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:163. doi: [10.1186/s13019-015-0353-3](https://doi.org/10.1186/s13019-015-0353-3)
17. Wartman SM, Woo K, Herscu G, et al. Endoscopic vein harvest for infrainguinal arterial bypass. *J Vasc Surg.* 2013;57(6):1489–94. doi: [10.1016/j.jvs.2012.12.029](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.12.029)
18. Biroš E, Staffa R, Vlachovský R, et al. Endoscopic harvest of great saphenous vein for infrainguinal arterial bypass: summary of our initial experience. *Rozhl Chir.* 2016;95(3):117–22. (In Czech).
19. Eid RE, Wang L, Kuzman M, et al. Endoscopic versus open saphenous vein graft harvest for lower extremity bypass in critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2014;59(1):136–44. doi: [10.1016/j.jvs.2013.06.072](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.072)
20. Deb S, Singh SK, de Souza D, et al.; SUPERIOR SVG Study Investigators. SUPERIOR SVG: no touch saphenous harvesting to improve patency following coronary bypass grafting (a multi-Centre randomized control trial, NCT01047449). *J Cardiothorac Surg.* 2019;14(1):85. doi: [10.1186/s13019-019-0887-x](https://doi.org/10.1186/s13019-019-0887-x)
21. Brandt CP, Greene GC, Maggart ML, et al. Endoscopic vein harvest of the lesser saphenous vein in the supine position: a unique approach to an old problem. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013;16(1):1–4. doi: [10.1093/icvts/ivs414](https://doi.org/10.1093/icvts/ivs414)
22. Guo Q, Huang B, Zhao J. Systematic review and meta-analysis of saphenous vein harvesting and grafting for lower extremity arterial bypass. *J Vasc Surg.* 2021;73(3):1075–86. doi: [10.1016/j.jvs.2020.10.013](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.10.013)
23. Mirza AK, Stauffer K, Fleming MD, et al. Endoscopic versus open great saphenous vein harvesting for femoral to popliteal artery bypass. *J Vasc Surg.* 2018;67(4):1199–206. doi: [10.1016/j.jvs.2017.08.084](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.08.084)
24. Souza D. A new no-touch preparation technique. Technical notes. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996;30(1):41–4. doi: [10.3109/14017439609107239](https://doi.org/10.3109/14017439609107239)
25. Elshafay A, Bendary AH, Vuong HT, et al. Does No-Touch Technique Better than Conventional or Intermediate Saphenous Vein Harvest Techniques for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: a Systematic Review and Meta-analysis. *J Cardiovasc Transl Res.* 2018;11(6):483–94. doi: [10.1007/s12265-018-9832-y](https://doi.org/10.1007/s12265-018-9832-y)
26. Angelini GD, Johnson T, Culliford L, et al. Comparison of alternate preparative techniques on wall thickness in coronary artery bypass grafts: The HARVeST randomized controlled trial. *J Card Surg.* 2021; 36(6):1985–95. doi: [10.1111/jocs.15477](https://doi.org/10.1111/jocs.15477)
27. Kazachkov EL, Semagin AA, Annenskaya EA, et al. Morphological substantiation of the method less traumatic harvesting vein for coronary artery bypass grafting. *Modern Problems of Science and Education.* 2016;(6):194. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25817&ysclid=m3mrq483cf505851588>. Accessed: 2023 March 24. (In Russ).
28. Antonopoulos AS, Odutayo A, Oikonomou EK, et al. Development of a risk score for early saphenous vein graft failure: An individual patient data meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;160(1):116–27.e4. doi: [10.1016/j.jtcvs.2019.07.086](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.07.086)
29. Winkler B, Reineke D, Heinisch PP, et al. Graft preservation solutions in cardiovascular surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;23(2):300–9. doi: [10.1093/icvts/ivw056](https://doi.org/10.1093/icvts/ivw056)
30. Wilbring M, Ebner A, Schoenemann K, 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;55(4):445–55. doi: [10.3233/ch-131781](https://doi.org/10.3233/ch-131781)
31. Chen S-W, Chu Y, Wu VC-C, et al. Microenvironment of saphenous vein graft preservation prior to coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;28(1):71–8. doi: [10.1093/icvts/ivy201](https://doi.org/10.1093/icvts/ivy201)
32. Pimentel MD, Lobo Filho JG, Lobo Filho HG, et al. Effect of preservation solution and distension pressure on saphenous vein's endothelium. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022;35(3):ivac124. doi: [10.1093/icvts/ivac124](https://doi.org/10.1093/icvts/ivac124)
33. Caliskan E, de Souza DR, Böning A, et al. Saphenous vein grafts in contemporary coronary artery bypass graft surgery. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17(3):155–69. doi: [10.1038/s41569-019-0249-3](https://doi.org/10.1038/s41569-019-0249-3)
34. Kieser TM. Graft quality verification in coronary artery bypass graft surgery: how, when and why? *Curr Opin Cardiol.* 2017;32(6):722–36. doi: [10.1097/hco.0000000000000452](https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000452)
35. Kurmanov AM, Zhusupov SM, Naresheva KA, et al. Morphological and angiographic assessment of autovenous conduit with various methods of isolation for coronary artery bypass grafting. *Science & Healthcare.* 2019;21(6):49–55. (In Russ).

36. Brand YB, Mazanov MH, Chernyshev DV. The use of thermal imager to assess the adequacy of myocardial revascularization in coronary bypass surgery. *Zhurnal imeni N.V. Sklifosovskogo 'Neotlozhnaya Meditsinskaya Pomoshch'*. 2016;(3):80–6. (In Russ).
37. Krepkogorsky NV, Bredikhin RA, Khayrullin RN. Thermovisual examination of the internal relief of autovein. *Angiology and Vascular Surgery*. 2022;28(1):36–40. (In Russ). doi: [10.33029/1027-6661-2022-28-1-36-40](https://doi.org/10.33029/1027-6661-2022-28-1-36-40)
38. Semchenko AN, Andreev DB, Yavnyi VYa, et al. Intraoperative indocyanine green angiography as a method assessing immediate results of coronary artery bypass grafting: possibilities and prospects

- of use. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2015;8(2):27–32. (In Russ). doi: [10.17116/kardio20158227-32](https://doi.org/10.17116/kardio20158227-32)
39. Yamamoto M, Nishimori H, Handa T, et al. Quantitative assessment technique of HyperEye medical system angiography for coronary artery bypass grafting. *Surg Today*. 2017;47(2):210–7. doi: [10.1007/s00595-016-1369-6](https://doi.org/10.1007/s00595-016-1369-6)
40. Kalinin RE, Suchkov IA, Pshennikov AS, et al. Markers of Arterio-venous Differentiation of Endothelial Cells and Their Influence on Adaptation of Autovenous Conduits in Main Arteries Reconstructive Surgery. *Novosti Khirurgii*. 2019;27(1):91–100. (In Russ). doi: [10.18484/2305-0047.2019.1.91](https://doi.org/10.18484/2305-0047.2019.1.91)

ОБ АВТОРАХ

* Крепкогорский Николай Всеволодович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4119-3120>;
eLibrary SPIN: 2201-9111; e-mail: criptogen@mail.ru

Бредихин Роман Александрович, д.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5550-1548>;
eLibrary SPIN: 1266-0706; e-mail: rbredikhin@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Nikolay V. Krepkogorskiy, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4119-3120>;
eLibrary SPIN: 2201-9111; e-mail: criptogen@mail.ru

Roman A. Bredikhin, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5550-1548>;
eLibrary SPIN: 1266-0706; e-mail: rbredikhin@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author