

А.В. РОМАНОВИЧ<sup>1</sup>, В.Я. ХРЫЩАНОВИЧ<sup>2</sup>**ПАРАПРОТЕЗНАЯ ИНФЕКЦИЯ В СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ:  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ**УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>1</sup>,  
ГУО «Белорусская медицинская академия последиplomного образования»<sup>2</sup>, г. Минск,  
Республика Беларусь

Инфицирование синтетического сосудистого протеза после выполнения экстренных и плановых артериальных реконструктивных вмешательств является наиболее опасным осложнением в ангиохирургии. Подобное послеоперационное осложнение встречается у 0,2-5% пациентов, а частота летальных исходов варьирует от 25% до 88% случаев, при этом риск потери нижней конечности достигает 60%. В статье изложены этиология, симптоматика, клиническая картина и диагностика нагноения синтетического протеза после артериальных реконструктивных вмешательств. Подробно описаны существующие методы лечения парапротезной инфекции, обсуждены преимущества и недостатки каждого из них. Приведены ближайшие и отдаленные результаты различных вариантов хирургической тактики при инфицировании синтетических сосудистых протезов. Высокий уровень осложнений и ампутаций, связанных с экстраанатомическим шунтированием, требует поиска альтернативных подходов к хирургическому лечению парапротезной инфекции. Достоинствами реконструктивных операций *in situ* являются адекватная реваскуляризация нижних конечностей и лучшие отдаленные результаты лечения по сравнению с экстраанатомическим шунтированием. В обзоре проводится сравнительный анализ биологических и синтетических материалов наиболее часто применяемых в мировой практике для повторных реконструктивных вмешательств: синтетических сосудистых протезов с покрытием, аутовенозных трансплантатов, криоконсервированных и нативных артериальных аллографтов.

*Ключевые слова:* аорта, диагноз, трансплантат, инфекция, протез, результаты лечения, осложнения

Infection of synthetic vascular grafts after the emergency and scheduled arterial reconstructive operations is considered to be the most dangerous complication in vascular surgery. Postoperative wound suppuration occurred in 0.2-5% of patients and mortality rate varies from 25% to 88% of cases; the risk to lose the lower limbs reaches 60%. The article presents the etiology, symptoms, clinical presentation and diagnosis of synthetic prosthesis suppuration after the arterial reconstructive surgery. The existing treatment methods of the infected synthetic vascular grafts are described in details; the advantages and disadvantages of then each are discussed. Immediate and long-term results of various kinds of surgical treatment of local prosthetic graft infection have been presented. Then short-term high complications and amputation rates related to extra-anatomic bypass requires a search for alternative technique for infective paraprosthesis leakage repair. The advantages of reconstruction-associated procedure *in situ* are the adequate lower-limb revascularization and the best long-term treatment results compared with extra-anatomic bypass. This article reviews the currently available biological and synthetic graft materials routinely used in world practice for the repeated reconstructive surgeries: coated synthetic vascular prostheses, autovenous grafts, native and cryopreserved arterial allografts.

*Keywords:* aorta, diagnosis, graft, infection, prosthetic, treatment outcomes, complications

Novosti Khirurgii. 2017 May-Jun; Vol 25 (3): 292-299

Paraprosthesis Infection in Vascular Surgery: Current State of the Problem

A.V. Romanovich, V.Y. Khryshchanovich

**Введение**

Парапротезная инфекция в сосудистой хирургии по-прежнему относится к наиболее опасным осложнениям. Закономерным следствием прогресса в области реконструктивной ангиохирургии является неуклонный рост как количества оперативных вмешательств, выполняемых по поводу различной патологии магистральных артерий, так и увеличение уровня гнойно-септических осложнений, требующих длительного и дорогостоящего лечения. Ежегодно в США выполняется более 450 000 реконструктивных операций на магистральных артериях нижних конечностей с

имплантацией синтетических протезов, а затраты на лечение осложнений, связанных с парапротезным инфицированием, составляют ~\$640 млн. [1]. Несмотря на совершенствование технологий в производстве искусственных кондуитов, общим их недостатком остается низкая устойчивость к инфекции. Нагноение синтетических протезов после реконструктивных вмешательств на магистральных артериях наблюдается в 0,2-5% случаев [2, 3]. Линейное или аорто-подвздошное протезирование брюшной аорты сопровождается меньшей частотой инфицирования (<1%), в то время как после аорто-бедренных реконструкций с формированием дистального(-ых) анастомоза(ов)

ниже паховой складки частота инфицирования может достигать 5% [4, 5, 6, 7]. Инфицирование синтетического сосудистого протеза (ИССП) самым неблагоприятным образом сказывается на показателях летальности и количестве ампутаций. В зависимости от локализации и распространенности инфекционного патологического процесса летальность колеблется в пределах 25–88%, при этом риск потери нижней конечности достигает 60% [8].

В случае нагноения синтетического протеза назначение длительной антибактериальной терапии, как правило, не дает желаемого эффекта и чревато прогрессированием угрожающих жизни осложнений. Вместе с тем в настоящее время отсутствуют обоснованные рекомендации относительно выбора и длительности назначения антибактериальных лекарственных средств. И только в одном все авторы едины: указанное осложнение является абсолютным показанием к хирургическому лечению, которое должно включать удаление инфицированного протеза и восстановление кровообращения в нижних конечностях. Однако до сих пор открытым остается вопрос, касающийся выбора материала для реимплантации и объема оперативного вмешательства.

#### Патогенетические аспекты

Патогенные механизмы инфицирования трансплантата включают прямую (во время оперативного вмешательства), гематогенную или лимфогенную его контаминацию. Риск инфицирования всегда выше у возрастных пациентов, имеющих серьезный коморбидный фон: сахарный диабет, сердечную, легочную и почечную недостаточность, ожирение, заболевания печени, трофические нарушения в области нижних конечностей, использование иммуносупрессантов. Факторами риска, связанными непосредственно с оперативным вмешательством, являются несоблюдение принципов асептики и антисептики, технические погрешности во время вмешательства, необходимость применения бедренного доступа для формирования дистального(ых) анастомоза(ов), проведение протеза в подкожном туннеле, большая длительность операции, ее urgentный и/или повторный характер, длительное нахождение пациента в стационаре до оперативного лечения и отсутствие адекватной послеоперационной антибиотикопрофилактики. Кроме того, нагноение послеоперационной раны или лимфорея существенно повышают риск инфицирования сосудистого протеза.

Одной из причин неэффективности антибактериальной терапии может быть формирование микробных биопленок на поверхности

синтетических протезов и шовного материала с формированием хронического очага инфекции, что служит основой для неблагоприятного течения послеоперационного периода. Наиболее распространенными инфекционными агентами являются золотистый и эпидермальный стафилококк, которые высеваются в 70–90% случаев при ИССП [9]. Стафилококк обладает факторами вирулентности, облегчающими его приверженность к синтетическим материалам: поверхностными молекулами адгезии и способностью производить биопленку на поверхности протеза [10, 11]. Биопленка представляет собой слой внеклеточной матрицы, содержащей патогенную флору, которая защищает микроорганизмы от иммунной реакции организма и действия антибиотиков. Госпитальная микрофлора, обладая устойчивостью к большинству антибиотиков, является крайне неблагоприятным фоном для течения заболевания и приводит к более высоким показателям заболеваемости и смертности [12, 13]. Необходимо отметить, что в настоящее время отсутствуют сведения о какой-либо зависимости бактериального роста от вида синтетического материала.

#### Клинические проявления и диагностические подходы

Клиническая картина инфекции синтетических протезов весьма вариабельна и зависит как от времени, прошедшего с момента операции, так и от локализации инфицированного трансплантата. Манифестация парапротезной инфекции может происходить в различные сроки послеоперационного периода. На развитие ранних парапротезных инфекционных осложнений оказывают влияние технические факторы, связанные с особенностями оперативного вмешательства и ведением послеоперационного периода. Проявление инфекции в поздние сроки обусловлено низкой вирулентностью микроорганизмов, а также наличием трофических расстройств на нижних конечностях. В течение длительного времени парапротезная инфекция может протекать бессимптомно и проявляться уже наружным гнойным свищом, как правило, на коже паховой области в проекции послеоперационного рубца. Персистенция инфекции в области анастомозов приводит к формированию псевдоаневризм, а в последующем — к развитию массивных кровотечений. Наиболее опасными, угрожающими жизни являются сформированные аорто-кишечные свищи, которые проявляются профузным желудочно-кишечным кровотечением и требуют экстренного хирургического вмешательства.

Своевременная диагностика парапротезной

инфекции весьма затруднительна, поскольку клинические симптомы неспецифичны, а бактериальный посев крови и раневого отделяемого зачастую отрицательный, в особенности в поздние сроки и при поверхностном расположении очага инфекции. Первичным диагностическим тестом является ультразвуковое исследование, которое обеспечивает достаточную визуализацию околопротезных инфильтратов и ложных аневризм анастомозов (в большей степени дистальных). Для дальнейшей верификации диагноза целесообразно использование компьютерной и магнитно-резонансной томографий с контрастным усилением, специфичность и чувствительность которых достигают 85% и 94% соответственно [14].

### Варианты хирургического лечения

Хирургическое лечение парапротезной инфекции основывается на двух незыблемых принципах. Во-первых, требуется удаление инфицированного протеза и иссечение окружающих тканей, во-вторых, — восстановление кровообращения нижних конечностей. Полное иссечение инфицированного трансплантата имеет решающее значение в успешном исходе лечения [15-28]. Тем не менее, в нескольких исследованиях неполное удаление ИССП у пациентов авторы обосновывали тяжестью сопутствующей патологии и высоким риском расширенного оперативного вмешательства. J. Hart et al. [16] сообщили о 33% случаев реинфицирования или прогрессирования инфекционного процесса при частичном иссечении нагноившегося трансплантата и экстраанатомическом шунтировании. По данным К. Calligaro, F. Veith [29], частичное или полное сохранение инфицированного протеза у девяти пациентов сопровождалось летальностью в 22% и ампутацией в 11% случаев. Результаты хирургического лечения 20 пациентов, представленные J. Vesquemin et al. [30] через 3,5 года, указали на высокие показатели общей летальности (50%), повторных операций (35%), количества ампутаций (45%) и прогрессирования инфекционного процесса (35%). Проведя анализ полученных данных, большинство исследователей считают допустимым частичное или полное сохранение инфицированного протеза только в случаях крайне высокого риска радикального вмешательства. Критериями, позволяющими выбрать подобную тактику, являются проходимость протеза, отсутствие признаков инфицирования зоны анастомозов и клинических проявлений сепсиса у пациента.

В самом начале подмышечно-бедренное шунтирование использовалось как самостоятель-

ный метод лечения окклюзии аорто-подвздошного сегмента (при невозможности выполнить реконструкцию на брюшной аорте). В последующем еще одним показанием к подмышечно-бедренной реконструкции явилось инфицирование синтетического протеза в аортальной позиции. Подобная тактика, предложенная F. Blaisdell в 1970 году [31], долгое время считалась «золотым стандартом» лечения ИССП. Первые попытки использования экстраанатомического шунтирования для лечения парапротезной инфекции сопровождались высокой летальностью (40-50%) [8, 15-17, 32], однако в последующие годы показатели летальности уменьшились: 30-дневная летальность составила 18%, а поздняя — 32% [15-21]. Варианты реконструкций *in situ* с использованием артериальных аллографтов, венозных графтов, синтетических протезов, пропитанных серебром или антибиотиками, рассматривались только как качество альтернативы [4].

Как в современной литературе, так и в работах 90-х годов прошлого столетия имеются противоречивые мнения как в отношении одномоментного, так и поэтапного хирургического лечения парапротезной инфекции. W. Turnipseed и соавт. [33] оперировали 20 пациентов с инфицированием синтетического протеза, при этом 7 пациентам выполнялась одномоментная реконструкция, 13 — поэтапная. Летальность и количество ампутаций были ниже в группе пациентов, которым проводилось поэтапное лечение. Напротив, по данным Н. Trout et al. [34] при поэтапном хирургическом лечении летальность достигала 71%, а в случае одномоментного — 26%. Выполнение реваскуляризации нижних конечностей первым этапом и удаление инфицированного материала через несколько дней имеют определенные преимущества: позволяют уменьшить тяжесть операции и время ишемии конечности, ограничить гемодинамические последствия перевязки аорты и снизить вероятность инфицирования шунта [33]. По мнению большинства авторов, лучшим вариантом является поэтапное хирургическое лечение [9, 15, 16, 17, 21, 35, 36], которое, однако, невозможно реализовать при остро развившемся кровотечении или септическом шоке.

Статистические данные свидетельствуют о проходимости 52-80% экстраанатомических шунтов через три года после вмешательства [8, 17, 21, 22], а количество ампутаций находится в прямой зависимости от проходимости шунта, прогрессирования заболевания и может достигать 25% [8, 17, 18, 22, 30, 32]. Даже в случае проведения шунта вне зоны гнойного очага частота реинфицирования, по данным P. Hayes et al. [12], достигает 18%. Наиболее грозным осложнением является несостоятельность культи аорты у 10-

50% пациентов [16] с летальностью более 75% [35]. Надежная «пломбировка» культи аорты после иссечения аортального эксплантата имеет важное значение, но может представлять достаточно сложную задачу вследствие воспалительной инфильтрации и патологических изменений со стороны стенки аорты.

Высокий уровень осложнений и ампутаций, связанных с экстраанатомическим шунтированием, явился основанием для изучения альтернативных вариантов хирургического лечения парапротезной инфекции. Одним из таких обоснованных вариантов следует считать реконструкцию *in situ*, преимущество которой заключается в отсутствии культи аорты. В то же время помещение нового трансплантата в инфицированные ткани сопряжено с высоким риском реинфицирования. С целью восстановления кровотока в нижних конечностях используются искусственные протезы, пропитанные серебром и антибиотиками, аутовегетальные и аллогенные артериальные графты.

Наиболее частым антибиотиком, применяемым для импрегнации синтетических протезов, является рифампицин, который обладает широким спектром действия и эффективен в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий и, в частности, золотистого стафилококка. По данным P. Hayes et al. [12], при использовании пропитанных антибиотиками сосудистых имплантатов 30-суточная летальность и частота реинфицирования не превышали 18%. D. Vanduyk et al. [37, 38] в экспериментах на животных показали зависимость эффективного применения синтетических материалов, покрытых антибиотиками, от вирулентности инфекции: более патогенные штаммы микроорганизмов увеличивали частоту реинфицирования в пять раз [12, 19, 39]. Пожалуй, основным преимуществом является доступность синтетических протезов с антибиотиком в экстренной ситуации. В то же время растущая из года в год антибиотикорезистентность микроорганизмов существенно ограничивает их эффективное использование.

Серебро в качестве противомикробного средства издавна и довольно широко используется в медицине. Экспериментальные исследования на животных подтвердили его безопасность и отсутствие токсичности [40, 41], однако убедительных данных относительно устойчивости к инфекции синтетических протезов, пропитанных серебром, получено не было. M. Watt et al. [40, 41] сообщили об использовании покрытых серебром протезов для реконструкции *in situ* после полного удаления инфицированного трансплантата. Исследование проводилось в двух группах, включавших 27 и 33 пациента, со сроком наблюдения 17 и 33 месяца, при этом

летальность составила 0% и 26%, частота ампутаций — 0% и 4%, реинфицирование — 4% и 17% соответственно.

Первые сообщения об использовании аутовегетальных трансплантатов для реконструкции аорто-подвздошного сегмента появились в 1979 году [24, 42]. G. Clagett et al. [25] применили для лечения 20 пациентов большую подкожную (БПВ) и бедренную (БВ) вены. При использовании БПВ в 30% случаев происходила ее окклюзия (вследствие гиперплазии интимы) в течение первого года наблюдения, еще в 40% случаев развивались локальные стенозы, потребовавшие повторных операций. В итоге авторы пришли к выводу, что использование БПВ возможно только при диаметре вены  $\geq 8$  мм [25, 26]. В отличие от БПВ, после применения глубоких вен стенозирования не отмечалось. Дополнительным преимуществом БВ являлась ее высокая устойчивость к инфекции: частота реинфицирования не превышала 5% [24, 25, 26]. Противопоказанием к использованию вен нижних конечностей авторы считают перенесенный ранее флеботромбоз или тромбофлебит. К основным недостаткам применения БВ следует отнести большую длительность (9-10 часов) оперативного вмешательства и развитие специфических осложнений [26, 27]. A. Nevelsteen et al. [24] сообщили о развитии тромбоза венозного шунта у 21% пациентов в различные сроки после оперативного вмешательства. Риск возникновения хронической венозной недостаточности подвержено абсолютное большинство пациентов. A. Ali et al. [27] сообщили о 25% случаев фасциотомий в связи с развитием острой венозной гипертензии в послеоперационном периоде. Неутешительными остаются и показатели общей летальности, достигающей 8-33% [24, 26].

Начало использования артериальных аллотрансплантатов в сосудистой хирургии датируется 1912 годом [43]. Период некоторого забвения с 1960-х годов, связанный с интенсивным развитием медицинского текстильного производства, сменился в настоящее время «реабилитацией» аллогенных сосудистых трансплантатов в основном для лечения парапротезной инфекции [5, 32]. Высокая устойчивость к инфекции явилась основанием к использованию как свежих, так и криоконсервированных артериальных аллогraftов. Еще одно преимущество аллогraftов при реконструкции *in situ* — наиболее подходящий диаметр сосудов.

В эксперименте на животных F. Koskas et al. [44] подтвердили резистентность свежих аллотрансплантатов к инфицированию, проводя сравнение в двух группах оперированных собак с использованием аллогraftов и политетрафторэтиленовых протезов, инфициро-

ванных золотистым стафилококком. Во второй группе животных парапротезная инфекция развилась в 67% наблюдений, в первой группе инфицирования отмечено не было. По данным E. Kieffer et al. [45] реинфицирование свежих аллографтов наблюдалось у 0,7% пациентов, оперированных по поводу парапротезной инфекции, однако общая летальность составила 26%. Аневризматическая дегенерация и разрыв трансплантата развивались в 3% случаев. Полученные результаты в той или иной степени согласуются с данными других исследователей [28, 43]. Немногочисленные сообщения, касающиеся использования нативных артериальных трансплантатов, вероятно, не могут в полной мере охарактеризовать их эффективность.

Значительно большее количество публикаций посвящено опыту применения криоконсервированных аллотрансплантатов. Первые шаги в этом направлении были неразрывно связаны с хирургией клапанного аппарата сердца при лечении инфекционного эндокардита. Затем последовали попытки использования криосохраненных аллографтов для периферических артериальных реконструкций, а позднее и «центральных» — аортоподвздошно-бедренных. Криоконсервация снижает антигенность трансплантата, однако не гарантирует сохранения его механических свойств: низкие температуры приводят к деструкции коллагеновых и эластичных волокон [46]. A. Noel et al. [47] показали, что в 23% случаев послеоперационные осложнения были обусловлены теми или иными недостатками криосохраненного аллографта. Сравнительный анализ применения нативных и криоконсервированных аллографтов не выявил существенных различий в показателях летальности (9-25%), аневризматической дегенерации (0-11%), разрыва (0-14%) и реинфицирования (0-6%) [47].

#### Заключение

Инфицирование синтетического сосудистого протеза после выполнения экстренных и плановых реконструктивных вмешательств на аорто-бедренном сегменте является наиболее опасным осложнением, результаты консервативного и хирургического лечения которого по-прежнему остаются неудовлетворительными. История применения артериальных аллографтов для лечения ИССП, аорто-дигестивной фистулы, микотической аневризмы аорты, критической ишемии нижних конечностей насчитывает не один десяток лет. Однако в отечественных и зарубежных литературных источниках речь идет об использовании преимущественно крио-сохраненных аллографтов или аутовенозных трансплантатов с целью репротезирования аорты при ИССП. В

то же время сведения о применении нативных донорских аллографтов недостаточно систематизированы и противоречивы, в особенности когда речь идет о выборе метода операции у пациентов с ИССП и аорто-интестинальной фистулой. Весьма обнадеживающими оказались ближайшие и отдаленные результаты реконструктивных операций *in situ* с применением аутологичной бедренной вены, однако существенное увеличение продолжительности вмешательства, высокая вероятность развития вено-окклюзионной болезни явились серьезным препятствием на пути широкого внедрения технологии в клиническую практику. Экспериментальные и клинические данные свидетельствуют о том, что криоконсервация в жидком азоте и последующее размораживание снижают резистентность аллогенной аорты к внешним механическим воздействиям.

**Конфликт интересов отсутствует.**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Darouiche RO. Treatment of infections associated with surgical implants. *N Engl J Med.* 2004 Apr 1;350(14):1422-29.
2. Lyons OT, Baguneid M, Barwick TD, Bell RE, Foster N, Homer-Vanniasinkam S, et al. Diagnosis of Aortic Graft Infection: A Case Definition by the Management of Aortic Graft Infection Collaboration (MAGIC). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016 Dec;52(6):758-63. doi: 10.1016/j.ejvs.2016.09.007.
3. Ehsan O, Gibbons CP. A 10-year experience of using femoro-popliteal vein for re-vascularisation in graft and arterial infections. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009 Aug;38(2):172-79. doi: 10.1016/j.ejvs.2009.03.009.
4. O'Connor S, Andrew P, Batt M, Becquemain JP. A systematic review and meta-analysis of treatments for aortic graft infection. *J Vasc Surg.* 2006 Jul;44(1):38-45.
5. Perera GB, Fujitani RM, Kubaska SM. Aortic graft infection: update on management and treatment options. *Vasc Endovascular Surg.* 2006 Jan-Feb;40(1):1-10.
6. Lawrence PF. Conservative treatment of aortic graft infection. *Semin Vasc Surg.* 2011 Dec;24(4):199-204. doi: 10.1053/j.semvascsurg.2011.10.014.
7. Vogel TR, Symons R, Flum DR. The incidence and factors associated with graft infection after aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2008 Feb; 47(2):264-69. doi: 10.1016/j.jvs.2007.10.030.
8. Yeager RA, Taylor LM Jr, Moneta GL, Edwards JM, Nicoloff AD, McConnell DB, et al. Improved results with conventional management of infrarenal aortic infection. *J Vasc Surg.* 1999 Jul; 30(1):76-83.
9. Wilson WR, Bower TC, Creager MA, Amin-Hanjani S, O'Gara PT, Lockhart PB, et al. Vascular Graft Infections, Mycotic Aneurysms, and Endovascular Infections: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2016 Nov 15;134(20):e412-e60.
10. Frei E, Hodgkiss-Harlow K, Rossi PJ, Edmiston CE Jr, Bandyk DF. Microbial pathogenesis of bacterial biofilms: a causative factor of vascular surgical site infection. *Vasc Endovascular Surg.* 2011 Nov;45(8):688-96. doi: 10.1177/1538574411419528.
11. Rohde H, Frankenberger S, Zähringer U, Mack D.

- Structure, function and contribution of polysaccharide intercellular adhesin (PIA) to *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation and pathogenesis of biomaterial-associated infections. *Eur J Cell Biol.* 2010 Jan;89(1):103-11. doi: 10.1016/j.ejcb.2009.10.005.
12. Hayes PD, Nasim A, London NJ, Sayers RD, Barrie WW, Bell PR, et al. In situ replacement of infected aortic grafts with rifampicin-bonded prostheses: the Leicester experience (1992 to 1998). *J Vasc Surg.* 1999 Jul;30(1):92-98.
13. Wilson SE. New alternatives in management of the infected vascular prosthesis. *Surg Infect (Larchmt).* 2001 Sum;2(2):171-75; discussion 175-77.
14. Saleem BR, Meerwaldt R, Tielliu IF, Verhoeven EL, van den Dungen JJ, Zeebregts CJ. Conservative treatment of vascular prosthetic graft infection is associated with high mortality. *Am J Surg.* 2010 Jul;200(1):47-52. doi: 10.1016/j.amjsurg.2009.05.018.
15. Swain TW 3rd, Calligaro KD, Dougherty MD. Management of infected aortic prosthetic grafts. *Vasc Endovascular Surg.* 2004 Jan-Feb;38(1):75-82.
16. Hart JP, Eginton MT, Brown KR, Seabrook GR, Lewis BD, Edmiston CE, Jr., et al. Operative strategies in aortic graft infections: is complete graft excision always necessary? *Ann Vasc Surg.* Mar;19(2):154-60. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10016-004-0168-5.
17. Met R, Hissink RJ, Van Reedt Dortland RW, Steijling JJ, Verhagen H, Moll FL. Extra-anatomical reconstruction in the case of an inaccessible groin: the axillopopliteal bypass. *Ann Vasc Surg.* 2007 Mar;21(2):240-44.
18. Yeager RA, Moneta GL, Taylor LM Jr, Harris EJ Jr, McConnell DB, Porter JM. Improving survival and limb salvage in patients with aortic graft infection. *Am J Surg.* 1990 May;159(5):466-69.
19. Oderich GS, Bower TC, Cherry KJ Jr, Panneton JM, Sullivan TM, Noel AA, et al. Evolution from axillofemoral to in situ prosthetic reconstruction for the treatment of aortic graft infections at a single center. *J Vasc Surg.* 2006 Jun;43(6):1166-74.
20. Reilly L. Aortic graft infection: evolution in management. *Cardiovasc Surg.* 2002 Aug;10(4):372-77.
21. Beck AW, Murphy EH, Hocking JA, Timaran CH, Arko FR, Clagett GP. Aortic reconstruction with femoral-popliteal vein: graft stenosis incidence, risk and reintervention. *J Vasc Surg.* 2008 Jan;47(1):36-43; discussion 44.
22. Daenens K, Fourneau I, Nevelsteen A. Ten-year experience in autogenous reconstruction with the femoral vein in the treatment of aortofemoral prosthetic infection. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2003 Mar;25(3):240-45.
23. Kitamura T, Morota T, Motomura N, Ono M, Shibata K, Ueno K, et al. Management of infected grafts and aneurysms of the aorta. *Ann Vasc Surg.* 2005 May;19(3):335-42.
24. Nevelsteen A, Lacroix H, Suy R. Infrarenal aortic graft infection: in situ aortoiliac reconstruction with the lower extremity deep veins. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997 Dec;14(Suppl A):88-92.
25. Clagett GP, Valentine RJ, Hagino RT. Autogenous aortoiliac/femoral reconstruction from superficial femoral-popliteal veins: feasibility and durability. *J Vasc Surg.* 1997 Feb;25(2):255-66; discussion 267-70.
26. Valentine RJ, Clagett GP. Aortic graft infections: replacement with autogenous vein. *Cardiovasc Surg.* 2001 Oct;9(5):419-25.
27. Ali AT, Modrall JG, Hocking J, Valentine RJ, Spencer H, Eidt JF, et al. Long-term results of the treatment of aortic graft infection by in situ replacement with femoral popliteal vein grafts. *J Vasc Surg.* 2009 Jul;50(1):30-39. doi: 10.1016/j.jvs.2009.01.008.
28. Kieffer E, Bahnini A, Koskas F, Ruotolo C, Le Blevec D, Plissonnier D. In situ allograft replacement of infected infrarenal aortic prosthetic grafts: results in forty-three patients. *J Vasc Surg.* 1993 Feb;17(2):349-55; discussion 355-56.
29. Calligaro KD, Veith FJ. Diagnosis and management of infected prosthetic aortic grafts. *Surgery.* 1991 Nov;110(5):805-13.
30. Becquemin JP, Qvarfordt P, Kron J, Cavillon A, Desgranges P, Allaire E, et al. Aortic graft infection: is there a place for partial graft removal? *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997 Dec;14(Suppl 1):53-58.
31. Blaisdell FW, Hall AD, Lim RC, Moore WC. Aortoiliac arterial substitution utilizing subcutaneous grafts. *Ann Surg.* 1970 Nov;172(5):775-80.
32. Batt M, Jean-Baptiste E, O'Connor S, Saint-Lebes B, Feugier P, Patra P, et al. Early and late results of contemporary management of 37 secondary aortoenteric fistulae. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2011 Jun;41(6):748-57. doi: 10.1016/j.ejvs.2011.02.020.
33. Turnipseed WD, Berkoff HA, Detmer DE, Acher CW, Belzer FO. Arterial graft infections. Delayed v immediate vascular reconstruction. *Arch Surg.* 1983 Apr;118(4):410-14.
34. Trout HH 3rd, Kozloff L, Giordano JM. Priority of revascularization in patients with graft enteric fistulas, infected arteries, or infected arterial prostheses. *Ann Surg.* 1984 Jun;199(6):669-83.
35. Bacourt F, Koskas F. Axillobifemoral bypass and aortic exclusion for vascular septic lesions: a multicenter retrospective study of 98 cases. French University Association for Research in Surgery. *Ann Vasc Surg.* 1992 Mar;6(2):119-26.
36. Chiesa R, Astore D, Frigerio S, Garriboli L, Piccolo G, Castellano R, et al. Vascular prosthetic graft infection: epidemiology, bacteriology, pathogenesis and treatment. *Acta Chir Belg.* 2002 Aug;102(4):238-47.
37. Bandyk DF, Kinney EV, Riefsnyder TI, Kelly H, Towne JB. Treatment of bacteria-biofilm graft infection by in situ replacement in normal and immune-deficient states. *J Vasc Surg.* 1993 Sep;18(3):398-405; discussion 405-6.
38. Bandyk DF, Novotney ML, Johnson BL, Back MR, Roth SR. Use of rifampin-soaked gelatin-sealed polyester grafts for in situ treatment of primary aortic and vascular prosthetic infections. *J Surg Res.* 2001 Jan;95(1):44-49.
39. Tatterton MR, Homer-Vanniasinkam S. Infections in vascular surgery. *Injury.* 2011 Dec;42 Suppl 5:S35-41. doi: 10.1016/S0020-1383(11)70131-0.
40. Batt M, Magne JL, Alric P, Muzj A, Ruotolo C, Ljungstrom KG, et al. In situ revascularization with silver-coated polyester grafts to treat aortic infection: early and midterm results. *J Vasc Surg.* 2003 Nov;38(5):983-89.
41. Batt M, Jean-Baptiste E, O'Connor S, Bouillanne PJ, Haudebourg P, Hassen-Khodja R, et al. In-situvascularisation for patients with aortic graft infection: a single centre experience with silver coated polyester grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2008 Aug;36(2):182-88.
42. Heinola I, Kantonen I, Jaroma M, Alback A, Viikmaa P, Aho P, et al. Editor's Choice – Treatment of Aortic Prosthesis Infections by Graft Removal and In Situ Replacement with Autologous Femoral Veins and Fascial Strengthening. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016 Feb;51(2):232-39. doi: 10.1016/j.ejvs.2015.09.015.
43. Koskas F, Plissonnier D, Bahnini A, Ruotolo C, Kieffer E. In situ arterial allografting for aortoiliac graft infection: a 6-year experience. *Cardiovasc Surg.* 1996 Aug;4(4):495-99. http://dx.doi.org/10.1016/0967-2109(95)00126-3.

44. Koskas F, Goëau-Brissonnière O, Nicolas MH, Bacourt F, Kieffer E. Arteries from human beings are less infectible by *Staphylococcus aureus* than polytetrafluoroethylene in an aortic dog model. *J Vasc Surg.* 1996 Mar;23(3):472-76.

45. Kieffer E, Gomes D, Chiche L, Fleron MH, Koskas F, Bahnini A. Allograft replacement for infrarenal aortic graft infection: early and late results in 179 patients. *J Vasc Surg.* 2004 May;39(5):1009-17.

46. Shahmansouri N, Cartier R, Mongrain R. Characterization of the toughness and elastic properties of fresh and cryopreserved arteries. *J Biomech.* 2015 Jul 16;48(10):2205-9. doi: 10.1016/j.jbiomech.2015.03.033.

47. Noel AA, Glowiczki P, Cherry KJ Jr, Safi H, Goldstone J, Morasch MD, et al. Abdominal aortic reconstruction in infected fields: early results of the United States cryopreserved aortic allograft registry. *J Vasc Surg.* 2002 May;35(5):847-52.

### REFERENCES

1. Darouiche RO. Treatment of infections associated with surgical implants. *N Engl J Med.* 2004 Apr 1;350(14):1422-29.

2. Lyons OT, Baguneid M, Barwick TD, Bell RE, Foster N, Homer-Vanniasinkam S, et al. Diagnosis of Aortic Graft Infection: A Case Definition by the Management of Aortic Graft Infection Collaboration (MAGIC). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016 Dec;52(6):758-63. doi: 10.1016/j.ejvs.2016.09.007.

3. Ehsan O, Gibbons CP. A 10-year experience of using femoro-popliteal vein for re-vascularisation in graft and arterial infections. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009 Aug;38(2):172-79. doi: 10.1016/j.ejvs.2009.03.009.

4. O'Connor S, Andrew P, Batt M, Becquemin JP. A systematic review and meta-analysis of treatments for aortic graft infection. *J Vasc Surg.* 2006 Jul;44(1):38-45.

5. Perera GB, Fujitani RM, Kubaska SM. Aortic graft infection: update on management and treatment options. *Vasc Endovascular Surg.* 2006 Jan-Feb;40(1):1-10.

6. Lawrence PF. Conservative treatment of aortic graft infection. *Semin Vasc Surg.* 2011 Dec;24(4):199-204. doi: 10.1053/j.semvascsurg.2011.10.014.

7. Vogel TR, Symons R, Flum DR. The incidence and factors associated with graft infection after aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2008 Feb; 47(2):264-69. doi: 10.1016/j.jvs.2007.10.030.

8. Yeager RA, Taylor LM Jr, Moneta GL, Edwards JM, Nicoloff AD, McConnell DB, et al. Improved results with conventional management of infrarenal aortic infection. *J Vasc Surg.* 1999 Jul; 30(1):76-83.

9. Wilson WR, Bower TC, Creager MA, Amin-Hanjani S, O'Gara PT, Lockhart PB, et al. Vascular Graft Infections, Mycotic Aneurysms, and Endovascular Infections: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2016 Nov 15;134(20):e412-e60.

10. Frei E, Hodgkiss-Harlow K, Rossi PJ, Edmiston CE Jr, Bandyk DF. Microbial pathogenesis of bacterial biofilms: a causative factor of vascular surgical site infection. *Vasc Endovascular Surg.* 2011 Nov;45(8):688-96. doi: 10.1177/1538574411419528.

11. Rohde H, Frankenberger S, Zähringer U, Mack D. Structure, function and contribution of polysaccharide intercellular adhesin (PIA) to *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation and pathogenesis of biomaterial-associated infections. *Eur J Cell Biol.* 2010 Jan;89(1):103-11. doi: 10.1016/j.ejcb.2009.10.005.

12. Hayes PD, Nasim A, London NJ, Sayers RD, Barrie

WW, Bell PR, et al. In situ replacement of infected aortic grafts with rifampicin-bonded prostheses: the Leicester experience (1992 to 1998). *J Vasc Surg.* 1999 Jul;30(1):92-98.

13. Wilson SE. New alternatives in management of the infected vascular prosthesis. *Surg Infect (Larchmt).* 2001 Sum;2(2):171-75; discussion 175-77.

14. Saleem BR, Meerwaldt R, Tielliu IF, Verhoeven EL, van den Dungen JJ, Zeebregts CJ. Conservative treatment of vascular prosthetic graft infection is associated with high mortality. *Am J Surg.* 2010 Jul;200(1):47-52. doi: 10.1016/j.amjsurg.2009.05.018.

15. Swain TW 3rd, Calligaro KD, Dougherty MD. Management of infected aortic prosthetic grafts. *Vasc Endovascular Surg.* 2004 Jan-Feb;38(1):75-82.

16. Hart JP, Eginton MT, Brown KR, Seabrook GR, Lewis BD, Edmiston CE, Jr., et al. Operative strategies in aortic graft infections: is complete graft excision always necessary? *Ann Vasc Surg.* Mar;19(2):154-60. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10016-004-0168-5.

17. Met R, Hissink RJ, Van Reedt Dortland RW, Steijling JJ, Verhagen H, Moll FL. Extra-anatomical reconstruction in the case of an inaccessible groin: the axillopopliteal bypass. *Ann Vasc Surg.* 2007 Mar;21(2):240-44.

18. Yeager RA, Moneta GL, Taylor LM Jr, Harris EJ Jr, McConnell DB, Porter JM. Improving survival and limb salvage in patients with aortic graft infection. *Am J Surg.* 1990 May;159(5):466-69.

19. Oderich GS, Bower TC, Cherry KJ Jr, Panneton JM, Sullivan TM, Noel AA, et al. Evolution from axillofemoral to in situ prosthetic reconstruction for the treatment of aortic graft infections at a single center. *J Vasc Surg.* 2006 Jun;43(6):1166-74.

20. Reilly L. Aortic graft infection: evolution in management. *Cardiovasc Surg.* 2002 Aug;10(4):372-77.

21. Beck AW, Murphy EH, Hocking JA, Timaran CH, Arko FR, Clagett GP. Aortic reconstruction with femoral-popliteal vein: graft stenosis incidence, risk and reintervention. *J Vasc Surg.* 2008 Jan;47(1):36-43; discussion 44.

22. Daenens K, Fournieu I, Nevelsteen A. Ten-year experience in autogenous reconstruction with the femoral vein in the treatment of aortofemoral prosthetic infection. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2003 Mar;25(3):240-45.

23. Kitamura T, Morota T, Motomura N, Ono M, Shibata K, Ueno K, et al. Management of infected grafts and aneurysms of the aorta. *Ann Vasc Surg.* 2005 May;19(3):335-42.

24. Nevelsteen A, Lacroix H, Suy R. Infrarenal aortic graft infection: in situ aortoiliac reconstruction with the lower extremity deep veins. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997 Dec;14(Suppl A):88-92.

25. Clagett GP, Valentine RJ, Hagino RT. Autogenous aortoiliac/femoral reconstruction from superficial femoral-popliteal veins: feasibility and durability. *J Vasc Surg.* 1997 Feb;25(2):255-66; discussion 267-70.

26. Valentine RJ, Clagett GP. Aortic graft infections: replacement with autogenous vein. *Cardiovasc Surg.* 2001 Oct;9(5):419-25.

27. Ali AT, Modrall JG, Hocking J, Valentine RJ, Spencer H, Eidt JF, et al. Long-term results of the treatment of aortic graft infection by in situ replacement with femoral popliteal vein grafts. *J Vasc Surg.* 2009 Jul;50(1):30-39. doi: 10.1016/j.jvs.2009.01.008.

28. Kieffer E, Bahnini A, Koskas F, Ruotolo C, Le Blevec D, Plissonnier D. In situ allograft replacement of infected infrarenal aortic prosthetic grafts: results in forty-three patients. *J Vasc Surg.* 1993 Feb;17(2):349-55; discussion 355-56.

29. Calligaro KD, Veith FJ. Diagnosis and manage-

- ment of infected prosthetic aortic grafts. *Surgery*. 1991 Nov;110(5):805-13.
30. Becquemin JP, Qvarfordt P, Kron J, Cavillon A, Desgranges P, Allaire E, et al. Aortic graft infection: is there a place for partial graft removal? *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 1997 Dec;14(Suppl 1):53-58.
31. Blaisdell FW, Hall AD, Lim RC, Moore WC. Aortoiliac arterial substitution utilizing subcutaneous grafts. *Ann Surg* 1970 Nov;172(5):775-80.
32. Batt M, Jean-Baptiste E, O'Connor S, Saint-Lebes B, Feugier P, Patra P, et al. Early and late results of contemporary management of 37 secondary aortoenteric fistulae. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011 Jun;41(6):748-57. doi: 10.1016/j.ejvs.2011.02.020.
33. Turnipseed WD, Berkoff HA, Detmer DE, Acher CW, Belzer FO. Arterial graft infections. Delayed v immediate vascular reconstruction. *Arch Surg*. 1983 Apr;118(4):410-14.
34. Trout HH 3rd, Kozloff L, Giordano JM. Priority of revascularization in patients with graft enteric fistulas, infected arteries, or infected arterial prostheses. *Ann Surg*. 1984 Jun;199(6):669-83.
35. Bacourt F, Koskas F. Axillobifemoral bypass and aortic exclusion for vascular septic lesions: a multicenter retrospective study of 98 cases. French University Association for Research in Surgery. *Ann Vasc Surg*. 1992 Mar;6(2):119-26.
36. Chiesa R, Astore D, Frigerio S, Garriboli L, Piccolo G, Castellano R, et al. Vascular prosthetic graft infection: epidemiology, bacteriology, pathogenesis and treatment. *Acta Chir Belg*. 2002 Aug;102(4):238-47.
37. Bandyk DF, Kinney EV, Riefsnyder TI, Kelly H, Towne JB. Treatment of bacteria-biofilm graft infection by in situ replacement in normal and immune-deficient states. *J Vasc Surg*. 1993 Sep;18(3):398-405; discussion 405-6.
38. Bandyk DF, Novotney ML, Johnson BL, Back MR, Roth SR. Use of rifampin-soaked gelatin-sealed polyester grafts for in situ treatment of primary aortic and vascular prosthetic infections. *J Surg Res*. 2001 Jan;95(1):44-49.
39. Tatterton MR, Homer-Vanniasinkam S. Infections in

- vascular surgery. *Injury*. 2011 Dec;42 Suppl 5:S35-41. doi: 10.1016/S0020-1383(11)70131-0.
40. Batt M, Magne JL, Alric P, Muzj A, Ruotolo C, Ljungstrom KG, et al. In situ revascularization with silver-coated polyester grafts to treat aortic infection: early and midterm results. *J Vasc Surg*. 2003 Nov;38(5):983-89.
41. Batt M, Jean-Baptiste E, O'Connor S, Bouillanne PJ, Haudebourg P, Hassen-Khodja R, et al. In-situevascularisation for patients with aortic graft infection: a single centre experience with silver coated polyester grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008 Aug;36(2):182-88.
42. Heinola I, Kantonen I, Jaroma M, Albäck A, Viikmaa P, Aho P, et al. Editor's Choice – Treatment of Aortic Prosthesis Infections by Graft Removal and In Situ Replacement with Autologous Femoral Veins and Fascial Strengthening. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2016 Feb;51(2):232-39. doi: 10.1016/j.ejvs.2015.09.015.
43. Koskas F, Plissonnier D, Bahnini A, Ruotolo C, Kieffer E. In situ arterial allografting for aortoiliac graft infection: a 6-year experience. *Cardiovasc Surg*. 1996 Aug;4(4):495-99. [http://dx.doi.org/10.1016/0967-2109\(95\)00126-3](http://dx.doi.org/10.1016/0967-2109(95)00126-3).
44. Koskas F, Goëau-Brissonnière O, Nicolas MH, Bacourt F, Kieffer E. Arteries from human beings are less infectible by *Staphylococcus aureus* than polytetrafluoroethylene in an aortic dog model. *J Vasc Surg*. 1996 Mar;23(3):472-76.
45. Kieffer E, Gomes D, Chiche L, Fleron MH, Koskas F, Bahnini A. Allograft replacement for infrarenal aortic graft infection: early and late results in 179 patients. *J Vasc Surg*. 2004 May;39(5):1009-17.
46. Shahmansouri N, Cartier R, Mongrain R. Characterization of the toughness and elastic properties of fresh and cryopreserved arteries. *J Biomech*. 2015 Jul 16;48(10):2205-9. doi: 10.1016/j.jbiomech.2015.03.033.
47. Noel AA, Glociczki P, Cherry KJ Jr, Safi H, Goldstone J, Morasch MD, et al. Abdominal aortic reconstruction in infected fields: early results of the United States cryopreserved aortic allograft registry. *J Vasc Surg*. 2002 May;35(5):847-52.

#### Адрес для корреспонденции

210024, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. Кижеватова, д. 58,  
УЗ «Городская клиническая больница  
скорой медицинской помощи»,  
2-я кафедра хирургических болезней,  
УО «Белорусский государственный  
медицинский университет»,  
тел. моб.: +375 44 760 33 70,  
e-mail: romanovicha.v@mail.ru,  
Романович Александр Валерьевич

#### Сведения об авторах

Романович А.В., ассистент 2-й кафедры хирургических болезней УО «Белорусский государственный медицинский университет».  
Хрыщанович В.Я., д.м.н., доцент, заведующий кафедрой неотложной хирургии ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».

#### Информация о статье

Поступила 25 октября 2016 г.  
Принята в печать 6 февраля 2017 г.  
Доступна на сайте 4 мая 2017 г.

#### Address for correspondence

210024, Republic of Belarus,  
Minsk, Kizhevato str., 58,  
UZ «City Clinical Hospital  
of Emergency Medical Care»  
department of surgical diseases N2,  
Belarusian State Medical University.  
Tel.: 375 44 760 33 70,  
E-mail: romanovicha.v@mail.ru,  
Aleksander V. Romanovich

#### Information about the authors

Romanovich A.V. Assistant of department of surgical diseases N2, EE «Belarusian State Medical University».  
Khryshchanovich V.Y. MD, Ass. Professor, Head of department of the emergency surgery, SEE «Belarusian Medical Academy of Post-graduate Education».

#### Article history

Received 25 October 2016  
Accepted 6 February 2017  
Available online 4 May 2017