

Ю. Н. Ладутько<sup>1</sup>, Д. Ю. Ладутько<sup>2</sup>, О. П. Кезля<sup>1</sup>,  
А. С. Колесникович<sup>1</sup>, А. В. Селицкий<sup>1</sup>, П. Э. Ванькович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии  
и гематологии, Минск, Беларусь

## МИКРОХИРУРГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ НА ФОНЕ ЛОКАЛЬНОГО ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

**Аннотация.** Восстановление костных дефектов длинных трубчатых костей различной этиологии является актуальной проблемой в современной медицине, которая требует совершенствования различных технологий костной пластики. При этом васкуляризованная костная пластика по-прежнему остается одним из золотых стандартов для восстановления крупных костных дефектов. Исследование выполнялось с целью определить условия эффективного использования одноэтапной реконструкции крупных дефектов длинных трубчатых костей на фоне локального инфекционного процесса васкуляризованным костным трансплантатом. Исследование основано на результатах хирургического лечения 51 пациента с асептическими (30 пациентов) и септическими (21 пациент) крупными костными дефектами после проведения одноэтапной микрохирургической операции с целью анализа эффективности применяемой методики. Все пациенты были разделены на 2 группы исследования: 1 группа – 30 пациентов с асептическими крупными дефектами длинных трубчатых костей (КДДТК) верхних и нижних конечностей; 2 группа – 21 пациент с КДДТК на фоне инфекционного процесса. При анализе послеоперационных осложнений исследуемых групп пациентов выявлены статистически значимые различия в относительных частотах поздних послеоперационных осложнений ( $t = -2,195$ ,  $a = -0,10$ ). Частота поздних послеоперационных осложнений во 2-й группе пациентов выше (0,66), чем в 1-й группе (0,13). Несмотря на то что поздние осложнения в виде рецидива хронического остеомиелита не имели статистически значимой разницы в относительных частотах осложнений ( $t = -1,451$ ,  $a = 0,162$ ), они предопределили все неудовлетворительные результаты лечения у пациентов 2-й группы. Причиной рецидива инфекционного процесса в обоих случаях явилась нерадикальная хирургическая обработка очага инфекционного поражения большеберцовой кости. Во всех остальных случаях, когда проводилась расширенная сегментарная резекция костей в пределах здоровой ткани, рецидива глубокого инфекционного процесса не наблюдалось. Условием для успешного одноэтапного замещения крупных дефектов длинных трубчатых костей на фоне инфекционного процесса методом васкуляризованной костной пластики является выполнение радикальной хирургической санации очага гнойного воспаления пораженного сегмента конечности.

**Ключевые слова:** васкуляризованный костный трансплантат, крупные дефекты длинных трубчатых костей, несвободная костная пластика, костные дефекты.

Yu. N. Ladutko<sup>1</sup>, D. Yu. Ladutko<sup>2</sup>, O. P. Kezlya<sup>1</sup>, A. S. Kolesnikovich<sup>1</sup>,  
A. V. Selitsky<sup>1</sup>, P. E. Vankovich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology,  
Minsk, Belarus

## MICROSURGICAL RECONSTRUCTION OF INFECTED TUBULAR BONE DEFECTS

**Abstract.** Restoration of bone defects of long tubular bones of various etiologies is a pressing issue in modern medicine, which requires improvement of various bone grafting technologies. At the same time, vascularized bone grafting remains one of the gold standards for restoration of large bone defects. To determine the conditions for the effective use of one-stage reconstruction of large defects of long tubular bones to an infectious process with vascularized bone graft. The study is based on the results of surgical treatment of 51 patients with aseptic (30 patients) and septic (21 patients) large bone defects after one-stage microsurgery in order to analyze the effectiveness of the technique used. All patients were divided into 2 study groups: group 1 consisted of 30 patients with aseptic CDDTK of the upper and lower extremities and group 2 included 21 patients with CDDTK to an infectious process. Analysis of postoperative complications in the studied groups of patients revealed statistically significant differences in the relative frequencies of late postoperative complications ( $t = -2.195$ ,  $a = -0.10$ ). The frequency of late postoperative complications in group 2 patients was higher (0.66) than in group 1 (0.13). Despite the fact that late complications in the form of recurrent chronic osteomyelitis did not have a statistically significant difference in the relative frequencies of complications ( $t = -1.451$ ,  $a = 0.162$ ), they predetermined all the unsatisfactory treatment results in patients of group 2. The cause of the recurrence of the infectious process in both cases was non-radical surgical treatment of the infectious lesion of the tibia. In all other cases, when extended segmental resection of bones was performed within the healthy tissue, recurrence of the deep infectious process was not observed. The condition for successful one-stage replacement of large defects to an infectious process of long tubular bones by the method of vascularized bone grafting is the performance of radical surgical sanitation of the focus of purulent inflammation of the affected segment of the limb.

**Keywords:** vascularized bone graft, large defects of long tubular bones, non-free bone grafting, bone defects.

**Введение.** Важными элементами оперативного лечения дефектов на фоне инфекционного процесса являются: хирургическая санация реципиентной зоны с резекцией пораженной костной ткани, замещение костного дефекта трансплантатом и восстановление покровных тканей конечности [1]. Одним из предлагаемых методов замещения дефектов кости и мягких тканей является микрохирургическая аутотрансплантация тканей [2]. При этом однозначного подхода к хирургической тактике при крупных дефектах длинных трубчатых костей (КДДТК) на фоне инфекционного процесса до сих пор не существует, а иногда они противоречивы. Все авторы отмечают, что кровоснабжаемые костные аутотрансплантаты обладают высокой устойчивостью к инфекции, часто присутствующей в реципиентном ложе [1; 3]. Одновременно с этим предлагают поэтапный подход к лечению,

стремясь избежать рецидива глубокого инфекционного процесса [4]. На первом этапе проводится санация инфицированных тканей и стабилизация костных фрагментов, а на втором, после купирования инфекционного процесса, замещение костного дефекта [5]. Однако те же авторы отмечают, что плохо васкуляризированные рубцово-измененные ткани и, нередко, недоступность кровеносных сосудов реципиентной зоны конечности могут создавать непреодолимые трудности для микрохирургического переноса ткани при выполнении второго этапа лечения [6].

Некоторые исследователи придерживаются мнения, что дефекты тканей конечности на фоне инфекционного процесса могут быть успешно восстановлены с помощью одноэтапного протокола лечения [7]. Так, Yu. Yang с соавт. для закрытия дефекта кости использовали разработанный ими протокол восстановления пораженных тканей с пересадкой трансплантата в дефект большеберцовой кости. Авторы сделали выводы, что посттравматические массивные костные дефекты на фоне инфекционного процесса могут быть успешно восстановлены в 82 % случаев [8]. Аналогичные исходы приводит S. Yazgar с соавт. [5–7]. По его данным, коэффициент полной выживаемости лоскутов составил 88,9 % (56 из 63 лоскутов). Однако в 7,9 % случаев наблюдалась послеоперационная глубокая инфекция [2; 9]. Таким образом, замещение септических костных дефектов в таких условиях представляется сложной проблемой, до настоящего времени не имеющей однозначного решения [10–13].

Цель исследования – определить условия эффективного использования одноэтапной реконструкции крупных инфицированных дефектов длинных трубчатых костей васкуляризированным костным трансплантатом.

**Материалы и методы исследования.** Исследование основано на результатах хирургического лечения методом васкуляризированной костной пластики (ВКП) 51 пациента (30 мужчин и 21 женщина) с КДДТК верхних и нижних конечностей. Все пациенты проходили лечение в учреждении здравоохранения «Минская областная клиническая больница», государственном учреждении «РНПЦ детской онкологии, гематологии и иммунологии» и государственном учреждении «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова».

Критерий включения пациентов в исследование: дефекты длинных трубчатых костей размерами 5 см и более. Критерии исключения: проводимая пациентам химио- или лучевая терапия, отсутствие в реципиентной зоне анастомозирующих кровеносных сосудов, подошвенного ощущения и согласия пациента на оперативное лечение.

С целью изучения эффективности одноэтапной микрохирургической реконструкции КДДТК на фоне инфекционного процесса сравнительному анализу подвергнуты осложнения и исходы лечения в двух группах пациентов.

Первую группу составили 30 пациентов с асептическими КДДТК верхних и нижних конечностей. Средний возраст пациентов составил  $27,1 \pm 14,51$  года (от 8 до 64 лет). В 13 случаях имелся дефект большеберцовой кости (средний размер дефекта –  $13,38 \pm 4,0$  см), в 5 – плечевой кости (средний размер дефекта –  $15,4 \pm 1,02$  см), в 10 – костей предплечья (средний размер дефекта –  $8,5 \pm 2,42$  см) и кисти (2 случая) со средним размером дефекта кости  $6,5 \pm 0,71$  см. Причиной костного дефекта являлись в 15 случаях доброкачественные (7 случаев) и злокачественные (8 случаев) заболевания костей, в 3 случаях врожденные ложные суставы, в 4 случаях закрытые и в 8 открытых переломы костей.

Во вторую группу вошел 21 пациент (14 мужчин и 7 женщин) с КДДТК на фоне инфекционного процесса. Средний возраст пациентов составил  $34,27 \pm 15,07$  года (от 5 до 61 года). У 14 пациентов имелись дефекты на фоне инфекционного процесса большеберцовой кости (средний размер дефекта составил  $13,8 \pm 3,08$  см), у 6 пациентов дефект костей предплечья (средний размер дефекта –  $9,0 \pm 2,45$  см) и в одном случае дефект плечевой кости размером 9 см. Все КДДТК на фоне инфекционного процесса согласно классификации С. L. Romano с соавт. (2006 г.) были отнесены к типу ЗС [14]. По классификации G. Cierny, J. T. Mader (2003 г.), применяемой для длинных трубчатых костей, у всех пациентов имелась 4 клиническая стадия остеомиелита (диффузный остеомиелит с вовлечением в инфекционный процесс всех слоев костной ткани и потерей стабильности) [15]. Причиной дефекта в 16 случаях являлись открытые и в 2 случаях закрытые переломы костей, осложнившиеся остеомиелитом после неоднократных оперативных вмешательств. У одного пациента с перипротезной инфекцией протезированного коленного сустава имелся вторичный дефект после удаления эндопротеза. В двух случаях причиной развития дефектов костей предплечья был перенесенный гематогенный остеомиелит. При этом инфекционный процесс был в стадии нестойкой ремиссии продолжительностью 10 месяцев. У трех пациентов имелись подострые (от 1 до 3 месяцев) и у 18 хронические формы остеомиелита (от 4 до 72 месяцев).

Достоверных различий по возрасту, полу, размеру костного дефекта, сроку наблюдения между группами выявлено не было. В обеих группах пациентам проводилась одноэтапная реконструкция костных дефектов ВКП. Для замещения дефектов использовались многокомпонентные тканевые комплексы: костно-кожный малоберцовый, костно-мышечный подвздошный, костно-кожный подвздошный и торакодorzальный лоскут (ТДЛ). Аутотрансплантаты подбирались в каждом случае индивидуально и их выбор зависел как от величины костного дефекта и места его анатомического расположения в трубчатой кости, так и от размеров и глубины повреждения покровных тканей сегмента конечности. При сопутствующих крупных

по площади и глубине повреждений покровных тканей, при реконструкции костных дефектов применялась комбинация двух различных комплексов тканей с осевым типом кровообращения: костно-мышечный подвздошный с ТДЛ (2 случая) или костно-мышечный малоберцовый с ТДЛ (8 случаев). Остеосинтез костей сегмента конечности после трансплантации чаще всего осуществлялся с помощью аппарата внешней фиксации Г. А. Илизарова (в 17 случаях в 1-й и в 18 случаях во 2-й группах пациентов). В шести и одном случаях соответственно 1-й и 2-й групп пациентов выполнен остеосинтез пластиной LCP. В 9 случаях (7 – в 1-й группе и 2 – в 2-й группе) при дефектах плечевой кости и костей предплечья выполнялись различные комбинации трансоссального и интрамедуллярного остеосинтеза спицами Илизарова. Антибиотикотерапия проводилась с учетом вида выделенного микроорганизма и спектра его чувствительности к антибиотикам в течение 1–6 недель после операции.

Результаты лечения пациентов оценивались по клиническим критериям, предложенным для нижней конечности R. Johner, O. Wruhs [16; 17]. Для оценки результатов лечения при дефектах верхней конечности использовался опросник DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). Результаты расценивали как отличные в диапазоне от 0 до 25 баллов, хорошие – от 26 до 50 баллов, удовлетворительные – от 51 до 75 баллов и неудовлетворительные – 76 и более баллов. Для статистической обработки результатов исследований на персональном компьютере использовался статистический пакет IBM SPSS Statistics 20.0. и Microsoft Office Excel 2007. Для сравнения осложнений в группах пациентов производились расчеты с использованием *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05. Работа соответствует принципам клинической биоэтики.

**Результаты и их обсуждение.** При лечении пациентов с дефектами костей, осложненными остеомиелитом, наряду с задачей анатомо-функционального восстановления конечности существует необходимость ликвидации очага гнойной инфекции. У двух пациентов оперативное вмешательство на остеомиелитическом очаге складывалось из удаления инфицированной грануляционной и рубцовой ткани, некрсеквестрэктомии патологически измененной костной ткани до появления капелек крови под визуальным контролем. Такой подход заканчивался экономной субтотальной сегментарной резекцией трубчатой кости и соответствовал общепринятым рекомендациям [17]. Получив в обоих случаях рецидив глубокого инфекционного процесса в позднем послеоперационном периоде, мы изменили методику обработки реципиентного костного ложа. Основываясь на полученных данных некоторых исследователей о том, что размеры ВКП не влияют на сроки сращения его с реципиентной костью и скорость его гипертрофии, в дальнейшем мы проводили сегментарную расширенную

резекцию трубчатых костей в пределах здоровой костной ткани до вскрытия костномозгового канала [18]. Такой подход сопровождался дополнительной потерей костной ткани, что учитывалось при планировании необходимого размера донорского костного лоскута. Величина получаемого костного дефекта (истинного) складывалась из величины рентгенологически определяемого диастаза между концами отломков, имеющегося анатомического укорочения сегмента конечности и объема резекции кости.

В раннем послеоперационном периоде в обеих группах отмечались осложнения, характерные для васкуляризированной пересадки комплексов тканей (венозный тромбоз сосудистой ножки и венозная аневризма) (табл. 1, 2). Количество ранних послеоперационных осложнений на одного пациента составило 0,13 и 0,14 соответственно в 1-й и 2-й группах пациентов.

В позднем послеоперационном периоде (более 30 дней) количество осложнений на одного пациента во второй группе было выше, чем в первой (соответственно 0,52 и 0,23). Превалировали во 2-й группе пациентов основные виды осложнений: замедленное сращение (4 случая), стрессовые переломы трансплантата (2 случая), рецидив хронического остеомиелита (2 случая).

Т а б л и ц а 1. Послеоперационные осложнения 1-й группы пациентов

Table 1. Postoperative complications in group 1 patients

Вид послеоперационных осложнений	Количество	Операции, проводимые по поводу осложнений
Ранние осложнения ( $\leq 30$ дней)		
Тромбоз сосудистой ножки трансплантата	3	Тромбэктомия, реанастомоз
Вывих трансплантата	1	Открытое вправление, остеосинтез пластиной
Всего (количество осложнений на одного пациента)	4 (0,13)	
Поздние осложнения ( $\geq 30$ дней)		
Воспаление мягких тканей в области проведения спиц аппарата Илизарова	1	Пере проведение спиц аппарата Илизарова
Стрессовый перелом малоберцового трансплантата	3	1. Остеосинтез костных фрагментов аппаратом Илизарова 2. Иммобилизация конечности гипсовой повязкой в 2 случаях
Замедленная консолидация концов трансплантата с реципиентной костью	3	1. Остеосинтез костных фрагментов аппаратом Илизарова 2. Продление иммобилизации конечности в 2 случаях
Всего (количество осложнений на одного пациента)	7 (0,23)	

Т а б л и ц а 2. Послеоперационные осложнения 2-й группы пациентов

T a b l e 2. Postoperative complications in group 2 patients

Вид послеоперационных осложнений	Количество	Операции, проводимые по поводу осложнений
Ранние осложнения ( $\leq 30$ дней)		
Тромбоз сосудистой ножки трансплантата	2	Тромбэктомия, реанастомоз
Венозная аневризма сосудистой ножки трансплантата	1	Ревизия сосудистой ножки реанастомоз
Всего (количество осложнений на одного пациента)	3 (0,14)	
Поздние осложнения ( $\geq 30$ дней)		
Воспаление мягких тканей в области проведения спиц аппарата Илизарова	3	Перепроведение спиц аппарата Илизарова
Стрессовый перелом малоберцового трансплантата	2	1. Остеосинтез костных фрагментов аппаратом Илизарова 2. Иммобилизация конечности гипсовой повязкой
Замедленная консолидация концов трансплантата с реципиентной костью	4	1. Свободная костная аутопластика в 1 случае 2. Продление иммобилизации конечности в 3 случаях
Рецидив хронического остеомиелита	2	1. Удаление трансплантата, некрсеквестрэктомия 2. Ампутация на уровне н/3 бедра
Всего (количество осложнений на одного пациента)	11 (0,52)	

Средние сроки сращения трансплантата с реципиентным ложем составили  $4,87 \pm 3,371$  мес. и  $6,17 \pm 3,13$  мес. соответственно в 1-й и 2-й группах пациентов и не имели статистически значимого отличия (критерий *U* Манна–Уитни  $p = 0,053$ , критерий Колмогорова–Смирнова  $p = 0,263$ ). Средняя скорость гипертрофии трансплантата составила  $72,88 \pm 42,68$  % и  $42,83 \pm 31,28$  % соответственно в 1-й и 2-й группах пациентов и не имела статистически значимого отличия (критерий *U* Манна–Уитни  $p = 0,179$ , критерий Колмогорова–Смирнова  $p = 0,346$ ). Для послеоперационных осложнений исследуемых групп пациентов выявлена статистически значимая разница в относительных частотах послеоперационных осложнений ( $t = -2,164$ ,  $a = 0,035$ ). Частота послеоперационных осложнений во 2-й группе пациентов выше (0,66) чем в 1-й группе (0,13). Частота встречаемости характерных для данного метода лечения осложнений (стрессовые переломы малоберцового трансплантата и замедленная консолидация концов трансплантата с реципиентной костью) не имели статистически значимого различия в сравниваемых группах. Статистически значимой разницы в относительных частотах ранних послеоперационных осложнений, где

превалировали тромбозы и аневризмы сосудистой ножки трансплантата не выявлено ( $t = -0,095$ ,  $a = 0,924$ ). Частота встречаемости поздних послеоперационных осложнений имела статистически значимые различия в сравниваемых группах и превалировала во второй группе пациентов ( $t = -2,195$ ,  $a = -0,033$ ). Несмотря на то что поздние осложнения в виде рецидива хронического остеомиелита не имели статистически значимой разницы в относительных частотах осложнений ( $t = -1,451$ ,  $a = 0,162$ ), они предопределили все неудовлетворительные результаты лечения у пациентов 2-й группы. Причиной рецидива инфекционного процесса в обоих случаях явилась нерадикальная хирургическая обработка очага инфекционного поражения большеберцовой кости. Во всех остальных случаях, когда проводилась расширенная сегментарная резекция костей в пределах здоровой ткани, рецидива глубокого инфекционного процесса не наблюдалось [18].

**Клиническое наблюдение.** Мужчина, 43 года, получил тяжелую сочетанную травму: открытый оскольчатый перелом обеих костей голени в нижней трети с повреждением всех артерий голени. Первичная помощь заключалась в первичной хирургической обработке раны, шов задней большеберцовой артерии, остеосинтез костей голени методом Илизарова. Послеоперационный период лечения осложнился тромбозом задней большеберцовой артерии. Через сутки проведено аутовенозное протезирование задней большеберцовой кости, некрэктомия. Через две недели вторичная хирургическая обработка раны в связи с присоединившейся гнойной инфекцией с удалением костных фрагментов большеберцовой кости. При поступлении в Республиканский центр реконструктивной хирургии дефект костей голени составлял 8 см с гнойной раной размерами 25 см на 15 см и обнажением фрагментов большеберцовой кости (рис. 1).

Через четыре недели после травмы пациенту выполнена хирургическая санация раны с сегментарной резекцией пораженной большеберцовой кости и аутотрансплантация малоберцового костно-мышечного и ТДЛ в позицию дефекта тканей нижней трети голени. Анастомоз сосудов лоскута с реципиентными сосудами проводился через аутовенозные вставки (рис. 2). В послеоперационном периоде рецидива глубокой инфекции не наблюдалось.

Срок сращения трансплантата с реципиентным ложем – 4 месяца. Срок полной нагрузки на конечность – 12 месяцев. Срок наблюдения 6 лет. Рецидива остеомиелита нет (рис. 3).

По критерию *U* Манна–Уитни  $p = 0,010$  имеется статистически значимое отличие в распределении оценки исходов лечения в сравниваемых группах пациентов. Средняя оценка 1-й группы пациентов составила 4,4 балла, а 2-й – 3,86. Сравнивая исходы лечения пациентов, можно отметить снижение количества отличных исходов и роста удовлетворительных и неудовлетворительных в группе пациентов с костными дефектами на фоне локального инфекционного процесса (рис. 4).

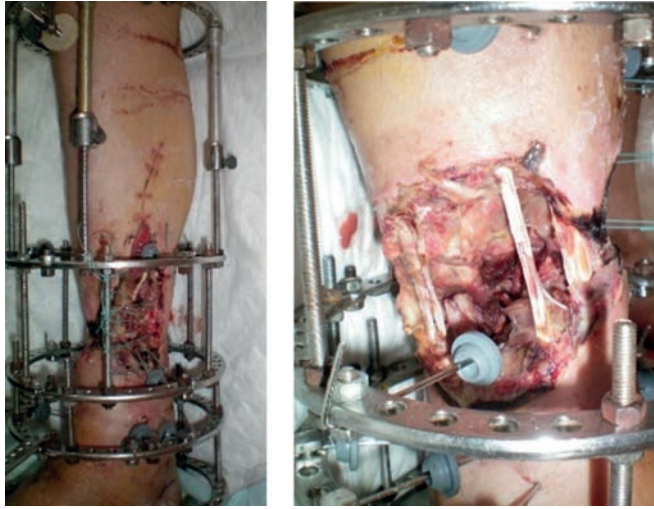


Рис. 1. Внешний вид голени при поступлении пациента в отделение микрохирургии

Fig. 1. External appearance of the lower leg upon admission of the patient to the microsurgery department

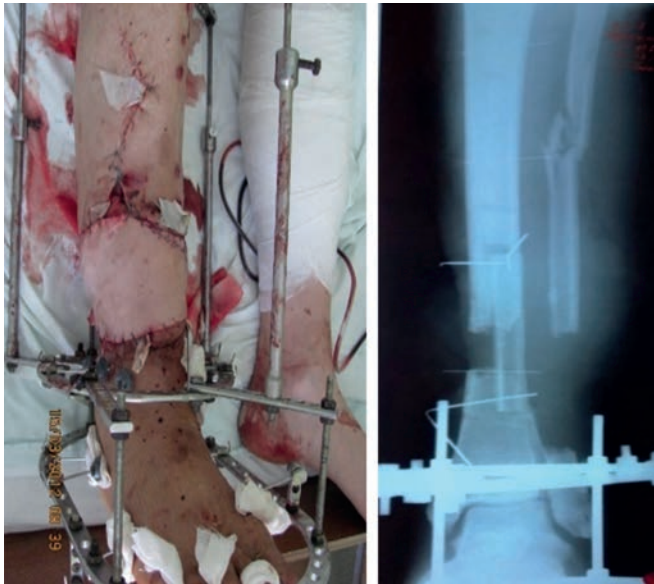


Рис. 2. Послеоперационный внешний вид и рентгенограмма голени. Дефект большеберцовой кости выполнен костно-мышечным малоберцовым трансплантатом. Дефект мягких тканей голени укрыт ТДЛ

Fig. 2. Postoperative appearance and radiograph of the tibia. The tibia defect was repaired with a fibular musculoskeletal graft. The soft tissue defect of the tibia was covered with a thoracodorsal flap



Рис. 3. Внешний вид и рентгенограммы голени через 6 лет. Дефект большеберцовой кости выполнен гипертрофированным малоберцовым трансплантатом

Fig. 3. Appearance and radiographs of the tibia after 6 years. The tibia defect was repaired with a hypertrophied fibular graft

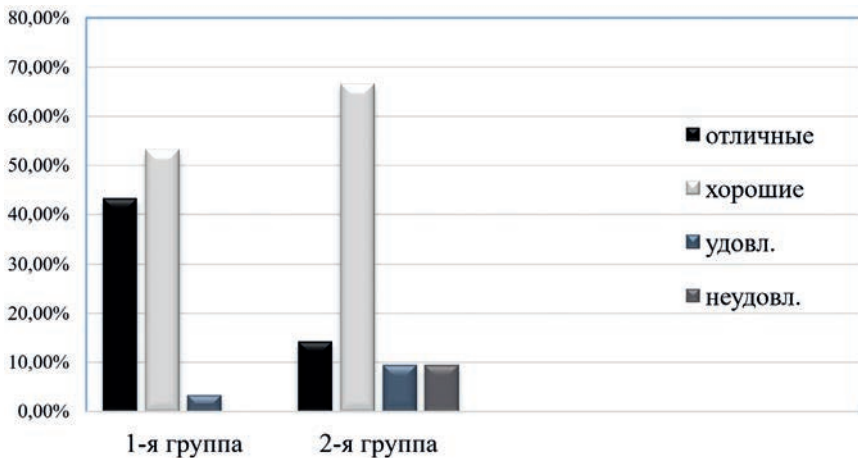


Рис. 4. Результаты васкуляризированной костной пластики в сравниваемых клинических группах пациентов

Fig. 4. Results of vascularized bone grafting in compared clinical groups of patients

**Заклучение.** Условием для успешного одноэтапного замещения крупных дефектов длинных трубчатых костей на фоне локального инфекционного процесса методом васкуляризированной костной пластики является выполнение радикальной хирургической санации очага гнойного воспаления

ния пораженного сегмента конечности, что позволяет избежать глубоких инфекционных осложнений, являющихся основной причиной неудовлетворительных исходов лечения.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

### Список использованных источников

1. Vascularized fibular grafts in the treatment of osteomyelitis and infected nonunion / H. Yajima, S. Tamai, S. Mizumoto, Y. Inada // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1993. – Vol. 293. – P. 256–264.
2. Yazar, S. One-stage reconstruction of composite bone and soft-tissue defects in traumatic lower extremities / S. Yazar, C. H. Lin, F. C. Wei // *Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2004. – Vol. 114, N 6. – P. 1457–1466. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000138811.88807.65>
3. Recent updates of surgical techniques and applications of free vascularized fibular graft in extremity and trunk reconstruction / A. V. Korompilias, N. K. Paschos, M. G. Lykissas [et al.] // *Microsurgery*. – 2011. – Vol. 31, N 3. – P. 171–175. <https://doi.org/10.1002/micr.20848>
4. Vascularized fibula transfer for lower limb reconstruction / A. E. Beris, M. G. Lykissas, A. V. Korompilias [et al.] // *Microsurgery*. – 2011. – Vol. 31, N 3. – P. 205–211. <https://doi.org/10.1002/micr.20841>
5. Free vascularised fibular grafting in the treatment of large skeletal defects due to osteomyelitis / Y. Sun, C. Zhang, D. Jin [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2010. – Vol. 34. – P. 425–430. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0761-x>
6. Reconstruction of large skeletal defects due to osteomyelitis with the vascularized fibular graft in children / C. G. Zalavras, D. Femino, R. Triche [et al.] // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 2007. – Vol. 89, N 10. – P. 2233–2240. <https://doi.org/10.2106/jbjs.e.01319>
7. Modified classification and single-stage microsurgical repair of posttraumatic infected massive bone defects in lower extremities / Y. F. Yang, Z. Xu, G. Zhang [et al.] // *Journal of Reconstructive Microsurgery*. – 2013. – Vol. 29, N 9. – P. 593–600. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1348064>
8. Vascularized fibular grafting in the treatment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* osteomyelitis and infected nonunion / H. Yajima, Ya. Kobata, K. Shigematsu [et al.] // *Journal of Reconstructive Microsurgery*. – 2004. – Vol. 20, N 1. – P. 13–20. <https://doi.org/10.1055/s-2004-818044>
9. Revascularized fibula for tibia replacement in adamantinoma / L. Li, J. Bruns, R. E. Friedrich, R. Schmelzle // *European Journal of Plastic Surgery*. – 2006. – Vol. 29. – P. 93–96. <https://doi.org/10.1007/s00238-006-0049-y>
10. Management of critical-sized bone defects in the treatment of fracture-related infection: a systematic review and pooled analysis / H. Bezstarosti, W. J. Metsemakers, E. M. M. van Lieshout [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2021. – Vol. 141. – P. 1215–1230. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03525-0>
11. The outcome and complications of vascularised fibular grafts / M. T. Houdek, C. O. Bayne, A. T. Bishop, A. Y. Shin // *Bone and Joint Journal*. – 2017. – Vol. 99-B, N 1. – P. 134–138. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.99b1.bjj-2016-0160.r1>
12. Reconstruction after resection of tumors around the knee: role of the free vascularized fibular graft / S. M. Amr, A. O. El-Mofty, S. N. Amin [et al.] // *Microsurgery*. – 2000. – Vol. 20, N 5. – P. 233–251. [https://doi.org/10.1002/1098-2752\(2000\)20:5%3C233::aid-micr4%3E3.0.co;2-o](https://doi.org/10.1002/1098-2752(2000)20:5%3C233::aid-micr4%3E3.0.co;2-o)
13. Ling, X. F. What is the price to pay for a free fibula flap? A systematic review of donor-site morbidity following free fibula flap surgery / X. F. Ling, X. Peng // *Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2012. – Vol. 129, N 3. – P. 657–674. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e3182402d9a>

14. Taylor, G. I. The evolution of free vascularized bone transfer: a 40-year experience / G. I. Taylor, R. J. Corlett, M. W. Ashton // *Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2016. – Vol. 137, N 4. – P. 1292–1305. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000002040>

15. Membrane induced osteogenesis in the management of posttraumatic bone defects / M. L. Azi, A. A. de A. Teixeira, R. B. Cotias [et al.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. – 2016. – Vol. 30, N 10. – P. 545–550. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000614>

16. Akute Maßnahmen beim “limb salvage” – Prozedere Teil 2 / C. Willy, M. Stichling, M. Müller [et al.] // *Unfallchirurgie*. – 2016. – Vol. 119. – P. 388–399 (in German). <https://doi.org/10.1007/s00113-016-0178-0>

17. Алгоритм хирургического лечения крупных костных дефектов длинных трубчатых костей методом васкуляризированной костной пластики / Д. Ю. Ладутько, В. Н. Подгайский, Ю. Н. Ладутько [и др.] // *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. – 2021. – Т. 24, № 3–4. – С. 63–75. <https://doi.org/10.52581/1814-1471/78/06>

18. Одноэтапная микрохирургическая реконструкция инфицированных крупных дефектов длинных трубчатых костей / Д. Ю. Ладутько, В. Н. Подгайский, Ю. Н. Ладутько [и др.] // *Хирургия. Восточная Европа*. – 2020. – Т. 9, № 1–2. – С. 112–127.

Поступила в редакцию 10.04.2025

Подписана в печать 15.08.2025

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ**

*Сборник научных статей*

**Выпуск 3**

Под редакцией члена-корреспондента  
Национальной академии наук Беларуси,  
доктора медицинских наук,  
профессора М. А. Герасименко

Минск  
«Беларуская навука»  
2025