

<https://doi.org/10.52581/1814-1471/78/06>
УДК 616.71-001.5/.6-007-089.844

АЛГОРИТМ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КРУПНЫХ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ МЕТОДОМ ВАСКУЛЯРИЗИРОВАННОЙ КОСТНОЙ ПЛАСТИКИ

Д.Ю. Ладутько¹, В.Н. Подгайский², Ю.Н. Ладутько², А.В. Пекарь¹,
О.П. Кезля², А.В. Селицкий², А.В. Губичева²

¹ УЗ «Минская областная клиническая больница»,
Республика Беларусь, 223041, Минская область, Минский р-н, а/г Лесной, д. 1

² ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
Республика Беларусь, 220013, г. Минск, ул. Петруся Бровки, д. 3, корп. 3

Цель исследования: разработать клиническую классификацию крупных дефектов длинных трубчатых костей конечностей и протоколы хирургического лечения методом васкуляризированной костной пластики.

Материал и методы. Проанализированы результаты лечения 51 пациента с крупными дефектами длинных трубчатых костей верхних и нижних конечностей. В 25 случаях наряду с костными дефектами имелись значительные дефекты покровных тканей конечностей с трофическими и рубцовыми изменениями. С целью замещения костного дефекта применялись следующие васкуляризированные трансплантаты: костно-мышечный малоберцовый, костно-кожный малоберцовый, костно-кожный подвздошный, костно-кожный лучевой, костно-кожный большеберцовый, и комбинированный костно-кожный малоберцовый с аллотрансплантатом из большеберцовой кости. Результаты лечения пациентов оценивались по клиническим критериям R. Johner и O. Wruhs (1983), предложенным для нижней конечности. Для оценки результатов лечения при дефектах верхней конечности применялся опросник DASH.

Результаты и обсуждение. В основу классификации включены четыре переменных критерия: размер, анатомическая локализация костного дефекта, величина дефекта мягких тканей и укорочение поврежденного сегмента конечности. Размеры и анатомическое расположение дефекта в длинной трубчатой кости важно учитывать при выборе костного лоскута. На основании анатомической локализации костного дефекта, сопутствующего повреждения мягких тканей и укорочения конечности пациенты были классифицированы на четыре типа. Первые три типа делятся на два подтипа в зависимости от размеров повреждения костной и покровных тканей конечности. На основе предлагаемой классификации мы разработали протоколы микрохирургической реконструкции крупных костных дефектов конечностей для каждого подтипа костного дефекта.

Заключение. Применение разработанной клинической классификации крупных костных дефектов длинных трубчатых костей и протоколов их хирургического лечения методом васкуляризированной костной пластики позволило восстановить функцию конечности в 96% случаев.

Ключевые слова: сегментарные дефекты длинных трубчатых костей, васкуляризированные костные трансплантаты.

Конфликт интересов: авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Ладутько Д.Ю., Подгайский В.Н., Ладутько Ю.Н., Пекарь А.В., Кезля О.П., Селицкий А.В., Губичева А.В. Алгоритм хирургического лечения крупных костных дефектов длинных трубчатых костей методом васкуляризированной костной пластики. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2021;24(3-4):63-75. doi 10.52581/1814-1471/78-79/06

ALGORITHM OF SURGICAL TREATMENT OF LARGE BONE DEFECTS OF LONG TUBULAR BONES BY VASCULARIZED BONE GRAFTING

D.Yu. Ladutko¹, V.N. Podhaisky², Yu.N. Ladutko², A.V. Pekar¹,
O.P. Kezlya², A.V. Selitsky², A.V. Gubicheva²

¹ Minsk Regional Clinical Hospital,
1, Lesnoy a/g, Minsk district, Minsk Region, 223041, Republic of Belarus

² The Belarus Medical Academy Postgraduate Formations,
3/3, Petrus Browka st., Minsk, 220013, Republic of Belarus

The purpose of this study was to develop a clinical classification of large defects of long tubular bones of the extremities and protocols for surgical treatment by vascularized bone grafting.

Material and methods. The results of treatment of 51 patients with large defects of the long tubular bones of the upper and lower extremities were analyzed. In 25 cases, along with bone defects, there were significant defects of the soft tissues of the limb with trophic and scar changes. In order to replace the bone defect vascularized grafts were used: bone-muscular fibular, bone-cutaneous fibular, bone-cutaneous iliac, bone-cutaneous radial, bone-cutaneous tibial, and combined bone-cutaneous fibular with an allograft from the tibia. The results of treatment of patients were evaluated according to the clinical criteria of R. Johnner, O. Wruhs (1983), proposed for the lower limb. The DASH questionnaire was used to evaluate the results of treatment for upper limb defects.

The results and discussion. The classification is based on 4 variable criteria: the size, anatomical localization of the bone defect, the size of the soft tissue defect and the shortening of the damaged limb segment. The size and anatomical location of the defect in the long tubular bone is important in choosing a bone flap. Based on the anatomical localization of the bone defect, soft tissue damage and limb shortening, the patients were classified into 4 types. The first 3 types were divided into 2 subtypes, depending on the size of bone damage and soft tissues defect of the limb. Based on the proposed classification, we have developed protocols for microsurgical reconstruction of large bone defects of the extremities for each subtype of bone defect.

Conclusion. The application of the developed clinical classification of large bone defects of long tubular bones and protocols for their surgical treatment by vascularized bone grafting made it possible to restore limb function in 96% of cases.

Keywords: segmental defects of long tubular bones, vascularized bone grafts.

Conflict of interest: the authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this paper.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Ladutko D.Yu., Podhaisky V.N., Ladutko Yu.N., Pekar A.V., Kezlya O.P., Selitsky A.V., Gubicheva A.V. Algorithm of surgical treatment of large bone defects of long tubular bones by vascularized bone grafting. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2021;24(3-4):63-75. doi 10.52581/1814-1471/78-79/06

ВВЕДЕНИЕ

Крупные сегментарные дефекты длинных трубчатых костей представляют собой сложную патологию различной этиологии [1]. Высокоэнергетическая травма, заболевания, врожденные пороки развития, ревизионная хирургия и резекция опухолей, остеомиелит являются основными причинами дефектов длинных костей [1, 2]. Их длительное, болезненное и неопределенное лечение обычно сопряжено с рядом последствий для пациента, от психологических до социально-экономических. Несмотря на успехи

в реконструктивно-восстановительной хирургии при лечении данной группы пациентов количество неблагоприятных исходов лечения остается недопустимо высоким, что связано, в первую очередь, с нарушениями репаративного остеогенеза и гнойно-воспалительными осложнениями [2–4]. Большая частота осложнений, в том числе и необратимых, длительные сроки лечения, неудовлетворительные исходы, а также социальная дезадаптация пациентов делают эту проблему значимой и актуальной [1–4].

Сегментарные дефекты кости представляют собой сложную клиническую задачу при рекон-

струкции поврежденных конечностей. На сегодняшний день подходы к восстановлению костной ткани остаются противоречивыми [5, 6]. Для замещения сегментарных дефектов длинных трубчатых костей были предложены различные методы костнопластических операций, в том числе пластика невазуляризованными костными ауто- и аллотрансплантатами, перемещение костных аутоотрансплантатов на питающей ножке, несвободная костная пластика, основанная на явлении дистракционного остеогенеза по методу Илизарова, реконструктивно-пластические операции с применением микрохирургических технологий [5–7]. Однако, когда костные дефекты имеют размер более 6 см, васкуляризованные костные трансплантаты могут стать единственным жизнеспособным реконструктивным вариантом.

Васкуляризованные костные трансплантаты сочетают в себе все преимущества любого костного аутоотрансплантата (обеспечивают все необходимые остеогенные элементы для регенерации кости, такие как остеокондуктивные трехмерные каркасы, остеогенные клетки и остеоиндуктивные факторы роста), а также особенности васкуляризованного костного трансплантата (быстрая приживаемость и способность к ремоделированию, а также устойчивость к инфекции и возможность использования в комплексе с мягкими тканями) [7, 8]. В настоящее время накоплен значительный клинический опыт применения разных типов васкуляризованных трансплантатов при различных по этиологии крупных костных дефектах. Однако конкретных клинических классификационных систем для оценки этого вида дефекта и алгоритма хирургического лечения методом васкуляризованной костной пластики пока не существует. Подходы к лечению данной патологии разных исследователей отличаются, а иногда противоречивы, как при выборе этапности хирургического лечения и видов применяемых комплексных костных лоскутов, так и методов послеоперационной иммобилизации конечности [7–9].

Классификация R.B. Gustilo и соавт. [10], которая является общепризнанной классификационной системой при открытых переломах длинных трубчатых костей, не может быть использована для оценки даже посттравматических крупных костных дефектов, так как в основном фокусируется на повреждении мягких тканей конечности. Разработанная в 2013 г. классификация Yun-Fa Yang и соавт. касается только посттравматических инфицированных крупных костных дефектов нижних конечностей и не учитывает анатомическую локализацию костного дефекта, а в качестве костнопластического

материала используется только малоберцовый лоскут [11].

Цель исследования: разработать клиническую классификацию крупных дефектов длинных трубчатых костей конечностей и протоколы хирургического лечения методом васкуляризованной костной пластики

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Были проанализированы результаты лечения 51 пациента (30 мужчин и 21 женщина) с крупными дефектами длинных трубчатых костей верхних и нижних конечностей. Средний возраст участников исследования составил ($29,3 \pm 7,8$) года (от 4 до 64 лет). Все пациенты проходили лечение в учреждении здравоохранения «Минская областная клиническая больница» (Республика Беларусь).

Критерием включения пациентов в исследование являлись дефекты длинных трубчатых костей размерами 6 см и более.

Критерии исключения из исследования: проводимая пациентам химио- или лучевая терапия, отсутствие анастомозирующих кровеносных сосудов, подошвенного ощущения и согласия пациента на оперативное лечение.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г.

Причинами костных дефектов являлись открытые (24 случая) и закрытые (6 случаев) переломы длинных трубчатых костей, в 18 случаях осложнившиеся остеомиелитом. В 15 случаях производилось замещение пострезекционных дефектов длинных трубчатых костей после оперативного лечения доброкачественных (7 случаев) и злокачественных (8 случаев) костных опухолей. У трех пациентов имелся врожденный ложный сустав с дефектом большеберцовой кости. В трех случаях причиной костного дефекта был инфекционный процесс: у двух пациентов вследствие перенесенного гематогенного остеомиелита и у одного – после удаления протеза коленного сустава при развившейся перипротезной инфекции. Только в трех случаях микрохирургическая трансплантация костного лоскута проводилась одновременно с сегментарной резекцией костей конечности. В остальных случаях замещение дефекта кости выполнялось в среднем через 19,5 мес (от 1 до 180 мес) после первичного обращения пациента за медицинской помощью. За это время пациенты перенесли от 2 до 6 безуспешных оперативных вмешательств с целью замещения дефекта кости различными методами (в среднем $(2,75 \pm 1,42)$ операции). В 21 случае

замещение костного дефекта проводилось на фоне подострого или хронического остеомиелита (19 случаев) или нестойкой ремиссии гематогенного остеомиелита (2 случая).

Клиническими и лабораторными методами оценивали все характеристики патологического процесса, включая размеры и анатомическое расположение костного дефекта, состояние мягких тканей и магистральных сосудов, неврологические нарушения и длину поврежденной конечности.

У 27 пациентов имелись дефекты большеберцовой кости (средний размер дефекта составил 13,3 см), у 16 – дефект одной (11) или обеих костей предплечья (5) (средний размер дефекта составил 8,9 см), у 6 пациентов – дефект плечевой кости (средний размер дефекта – 14,3 см) и у двух пациентов – дефект костей кисти (в обоих случаях сочетанный дефект пястной кости и основной фаланги первого пальца кисти размерами 7 и 6 см) (табл. 1).

Таблица 1. Размеры и расположение костных дефектов

Table 1. Dimensions and location of bone defects

Расположение дефекта кости (n = 51)	Размеры истинного дефекта кости, см	Средний размер дефекта, см
Большеберцовая кость (n = 27)	20; 13; 12; 18; 21; 8; 14; 15; 11; 11; 12; 9; 10; 17; 15; 10; 15; 13; 18; 5; 18; 15; 10; 14; 13; 14; 8	13,3
Лучевая или локтевая кости (n = 11)	12; 12; 8; 5; 7; 11; 12; 8; 8; 8; 12	9,3
Обе кости предплечья (n = 5)	9; 8; 6; 7; 10	8,0
Плечевая кость (n = 6)	15; 17; 14; 15; 16; 9	14,3
Кости кисти (n = 2)	6; 7	6,5

Оперативное вмешательство на реципиентном ложе состояло из иссечения рубцовых инфицированных покровных тканей конечности с радикальной резекцией патологически измененной костной ткани и вскрытием костномозговых каналов. Объем хирургической обработки реципиентной зоны был обусловлен основным заболеванием и наличием инфекционного процесса. Малоберцовый трансплантат центрировался и заводился интрамедуллярно в плечевую или большеберцовую кость. В остальных случаях поверхности реципиентных костных фрагментов адаптировались к поверхности трансплантата. В дальнейшем проводился остеосинтез костных

фрагментов конечности и сосудистый анастомоз лоскута с реципиентными сосудами. Остеосинтез костей сегмента конечности после трансплантации чаще всего осуществлялся с помощью аппарата внешней фиксации Илизарова (в 35 случаях), в 9 случаях отсрочено через 2 нед после трансплантации. В 7 случаях применялся погружной остеосинтез пластинами и в 9 случаях, при дефектах плечевой кости и костей предплечья, выполнялись различные комбинации трансоссального и интрамедуллярного остеосинтеза спицами Илизарова с последующей дополнительной иммобилизацией гипсовой повязкой в послеоперационном периоде. Иммобилизация верхней конечности осуществлялась до сращения трансплантата с фрагментами реципиентной кости. Демонтаж аппарата Илизарова при операциях на костях голени осуществлялся при консолидации костных фрагментов и статистически значимой гипертрофии костного трансплантата (достоверным рентгенологическим признаком гипертрофии трансплантата считалось значение индекса гипертрофии более 20%), с последующей временной иммобилизацией конечности тугором или гипсовой повязкой на 1–2 мес и индивидуально дозированной нагрузкой на ногу весом тела.

С целью замещения костного дефекта применялись следующие васкуляризированные трансплантаты: костно-мышечный малоберцовый (15 случаев), костно-кожный малоберцовый (27 случаев), костно-кожный подвздошный (5 случаев), костно-кожный лучевой (2 случая), костно-кожный большеберцовый (1 случай), комбинированный костно-кожный малоберцовый с аллотрансплантатом из большеберцовой кости (1 случай) (табл. 2).

Малоберцовый трансплантат применяли при диафизарных дефектах костей разных сегментов конечности. У одного пациента с целью увеличения механической прочности замещаемого дефекта большеберцовой кости была применена комбинированная пластика дефекта аллотрансплантатом из большеберцовой кости с васкуляризированным трансплантатом малоберцовой кости. Малоберцовый трансплантат устанавливали интрамедуллярно в фрагменты реципиентного ложа через продольный желобоватый пропиал большеберцового аллотрансплантата. Метаэпифизарные костные дефекты (большеберцовой кости – 4 случая и обеих костей предплечья – 1 случай) размерами до 10 см замещали подвздошным лоскутом. При размерах дефекта более 10 см (метадиафизарная зона большеберцовой кости в 4 случаях и костей предплечья – в 6 случаях) реконструкция проводилась с использованием малоберцового трансплантата. Объем костной ткани лучевого лоскута было

достаточно для реконструкции пястной кости и основной фаланги I пальца кисти в двух случаях. В одном случае выполняли пластику пострезекционного дефекта большеберцовой кости аналогичным васкуляризированным костно-кожным

трансплантатом, взятым из противоположной голени. Донорской зоной являлся аналогичный сегмент большеберцовой кости ампутированной конечности по поводу злокачественного онкологического заболевания бедренной кости (табл. 2).

Таблица 2. Расположение и величина костного дефекта, вид применяемого трансплантата для замещения костного дефекта

Table 2. The location and size of the bone defect, the type of graft used to replace the bone defect

Расположение дефекта кости			Размеры дефекта, см	Применяемый костный трансплантат (n = 51)
Большеберцовая кость	Зона диафиза (n = 19)		8; 20; 12; 18; 21; 8; 15; 14; 15; 11; 15; 15; 18; 18; 15; 14; 13; 14	Малоберцовый (n = 18)
			8	Большеберцовый (n = 1)
	Метаэпифизарная зона (n = 4)		9; 10; 5; 10	Подвздошный (n = 4)
	Метадиафизарная зона (n = 4)		13; 12; 17; 13.	Малоберцовый (n = 3)
Малоберцовый в комбинации с аллотрансплантантом большеберцовым (n = 1)				
Кости предплечья	Лучевая	Зона диафиза (n = 5)	12; 8; 5; 8; 12	Малоберцовый (n = 5)
		Метадиафизарная зона (n = 4)	12; 10; 7; 11	Малоберцовый (n = 4)
	Обе кости	Зона диафиза (n = 2)	8; 6	Малоберцовый (n = 2)
		Метаэпифизарная зона (n = 1)	7	Подвздошный (n = 1)
		Метадиафизарная зона (n = 2)	9; 10	Малоберцовый (n = 2)
	Локтевая кость, зона диафиза (n = 2)		12; 8	Малоберцовый (n = 2)
Кисть	Пястная кость и основная фаланга I пальца (n = 2)		7,6	Лучевой (n = 2)
Плечевая кость	Зона диафиза (n = 6)		15; 17; 14; 15; 16; 9	Малоберцовый (n = 6)

В 25 случаях наряду с костными имелись значительные дефекты покровных тканей с трофическими и рубцовыми изменениями мягких тканей конечности. Размеры планируемого лоскута для замещения кожного дефекта после иссечения измененных тканей варьировали от 6 × 2 до 30 × 12 см (табл. 3). Возможность замещения покровных тканей рассматривалась в каждом конкретном случае.

При отсутствии дефекта покровных тканей кожный лоскут при заборе малоберцового трансплантата играл роль сигнального для контроля за кровообращением костного лоскута. Забор малоберцового и подвздошного трансплантатов с максимальными размерами кожного лоскута 5 × 15 см и 10 × 15 см соответственно в 16 случаях позволил одномоментно

закрыть послеоперационные дефекты мягких тканей конечности. В трех случаях при дефектах в метаэпифизарной зоне большеберцовой кости применялся комплексный костно-кожный подвздошный лоскут, в остальных 13 случаях – малоберцовый. У двух пациентов костно-кожного лучевого лоскута было достаточно для восстановления как костного, так и мягкотканого дефектов I пальца кисти. В девяти случаях для закрытия дефектов покровных тканей реципиентной зоны размерами более 5 × 15 см потребовалось применение второго комплексного мягкотканого трансплантата. В силу своей универсальности по размерам (до 15 × 30 см) и длине сосудистой ножки (6–8 см) использовался торакодорзальный лоскут (ТДЛ).

Таблица 3. Расположение мягкотканых дефектов, их размеры и вид применяемого трансплантата для замещения

Table 3. The location of the soft-tissue defects, its size and the type of graft used to replace them

Расположение дефекта кости и мягких тканей	Размер дефекта, см × см	Применяемый трансплантат
Голень, <i>n</i> = 18	5 × 6, 6 × 12, 5 × 5, 5 × 4, 12 × 5	Костно-кожный малоберцовый
	5 × 4, 15 × 8, 8 × 10	Костно-кожный подвздошный
	15 × 10	Костно-кожный большеберцовый
	25 × 15, 30 × 12, 20 × 15, 20 × 20, 25 × 15, 25 × 15, 17 × 9, 18 × 4	Костно-кожный малоберцовый с ТДЛ
	15 × 20	Костно-кожный подвздошный с ТДЛ
Предплечье (<i>n</i> = 4)	6 × 2, 12 × 5, 12 × 5, 6 × 12	Костно-кожный малоберцовый
Кисть (<i>n</i> = 2)	6 × 6, 7 × 7	Костно-кожный лучевой
Плечо (<i>n</i> = 1)	4 × 8	Костно-кожный малоберцовый

У 18 пациентов выявлено истинное укорочение пораженного сегмента конечности на длину от 1 до 12 см. У 10 пациентов имел место крупный дефект большеберцовой кости, у четырех – обеих костей предплечья, в 4 случаях наблюдался дефект плечевой кости. В восьми случаях укорочение сегментов конечности не превышало 3 см и было восстановлено одновременно с микрохирургической аутопластикой костного дефекта. У 10 пациентов после длительной иммобилизации конечности гипсовой повязкой или тутором без компенсации ее длины регистрировалось укорочение пораженного сегмента более 5 см, неустраняемое путем ручной тракции за периферический фрагмент. В 6 случаях укорочение голени составляло в среднем 9,8 см (от 8 до 12 см) при средней величине костного дефекта 12,8 см. В 4 случаях укорочение предплечья составило в среднем 5,75 см (от 5 до 7 см) при средней величине костного дефекта 8,25 см.

Для профилактики послеоперационных контрактур и нейроваскулярных осложнений в таких случаях мы применили двухэтапное лечение.

Первый этап заключался в компенсации длины конечности путем форсированной дистракции конечности аппаратом внешней фиксации Г.А.Илизарова. Разведение костных фрагментов пораженного сегмента конечности на необходимое расстояние проводилось в максимально ускоренном режиме под контролем движений в смежных суставах конечности, сосудистого и неврологического статуса больного. На втором этапе лечения, не демонтируя аппарат внешней фиксации, проводилась хирургическая обработка места дефекта тканей конечности с замещением его комплексными костными лоскутами.

Результаты лечения пациентов оценивались по клиническим критериям R. Johner и O. Wruhs (1983), предложенным для нижней конечности [12]. 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, неудовлетворительные – 76 и более баллов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В классификации мы не учитывали этиологию возникновения костного дефекта и наличие инфекционного процесса в реципиентной зоне, так как метод васкуляризированной костной пластики не является методом их хирургического лечения, а только методом замещения костного дефекта. Объем хирургической обработки реципиентного ложа диктуется основным заболеванием и инфекционными осложнениями. В основу классификации включены четыре переменных критерия: размер, анатомическая локализация костного дефекта, величина дефекта мягких тканей и укорочение поврежденного сегмента конечности.

Размеры и анатомическое расположение дефекта в длинной трубчатой кости важно учитывать при выборе костного лоскута. При замещении крупных дефектов длинных трубчатых костей используются ограниченное количество костных васкуляризированных трансплантатов в зависимости от локализации пораженного сегмента конечности. Чаще всего используются малоберцовый, подвздошный и лучевой трансплантаты. Наиболее массивный из них – подвздошный – по структуре соответствует метаэпифизарной зоне длинной трубчатой кости, имеет хороший объем, но его максимальный размер по длине ограничен до 10 см. Малоберцовый костный лоскут по архитектонике соответствует диафизу трубчатой кости, характеризуется значительной длиной (до 20 см), но

малым диаметром (до 2 см). Лучевой комплексный васкуляризированный трансплантат имеет незначительный объем костного и мягкотканого компонентов и может использоваться только для реконструктивных операций на кисти. Костный трансплантат должен не только максимально соответствовать размерам костного дефекта, но и архитектонике замещаемого участка длинной трубчатой кости, увеличивая тем самым механическую прочность при дальнейшем его ремоделировании.

Важным параметром при планировании оперативного лечения является оценка сопутствующего дефекта мягких тканей. Непременным условием успешного замещения костного дефекта является восстановление покровных тканей конечности. При отсутствии возможности закрытия раны местными тканями восстановление покровных тканей возможно при заборе комплексного костно-кожного трансплантата. При этом размеры забираемого мягкотканого компонента комплексного трансплантата не должны приводить к анатомическому и значительному косметическому дефекту донорской зоны. По нашему мнению, максимальные размеры мягкотканого компонента для малоберцового лоскута не должны превышать 5×15 см, для подвздошного – 10×20 см.

При больших размерах поражения покровных тканей реципиентной зоны необходимо ис-

пользовать комбинацию двух комплексных лоскутов.

Одним из основных показателей успешного лечения пациентов рассматриваемого профиля является восстановление длины конечности с сохранением функции смежных суставов пораженного сегмента. Длительно существующее укорочение конечности при крупных дефектах длинных трубчатых костей приводит к рубцовым изменениям и нарушению кровоснабжения мягких тканей, выраженной атрофии и дистрофии мышц.

При одномоментном устранении укорочения длины конечности более 3 см могут возникать не только технические трудности во время операции, но и различные послеоперационные осложнения: образования контрактур в смежных суставах, невриты и нейропатии, повреждение сосудистых образований, вывихи [5, 6]. Для профилактики подобных осложнений требуется предварительное форсированное удлинение конечности аппаратом внешней фиксации под контролем нейроваскулярного статуса и функции смежных суставов.

Основываясь на анатомической локализации костного дефекта, сопутствующего повреждению мягких тканей и укорочения конечности пациенты были классифицированы на четыре типа. Первые три типа делятся на два подтипа в зависимости от размеров повреждения костной и покровных тканей конечности (табл. 4).

Таблица 4. Классификация крупных костных дефектов в зависимости от размеров и анатомической локализации костного и мягкотканого дефектов тканей конечности, и протоколы хирургического лечения

Table 4. Classification of large bone defects depending on the size and anatomical localization of bone and soft-tissue defects of limb tissues, and protocols of surgical treatment

Тип	Анатомическая локализация костного дефекта		Размеры костного дефекта, см	Размеры мягкотканого дефекта, см × см	Протокол хирургического лечения
А	Костные дефекты без дефекта мягких тканей				
	A1	Метаэпифизарные	до 10	без дефекта мягких тканей	Костная пластика подвздошным костно-мышечным лоскутом или лучевым на кисти
	A2	Метаэпифизарные и диафизарные	более 10	без дефекта мягких тканей	Костная пластика малоберцовым костно-мышечным лоскутом
В	Метаэпифизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей				
	B1	Метаэпифизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей	до 10	до 10×15	Костная пластика подвздошным костно-кожным лоскутом
	B2	Метаэпифизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей	более 10	10×15 и более	Костная пластика подвздошным костно-мышечным лоскутом и мягкотканым ТДА

Тип	Анатомическая локализация костного дефекта		Размеры костного дефекта, см	Размеры мягкотканого дефекта, см × см	Протокол хирургического лечения
С	Диафизарные или метадиафизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей				
	С1	Диафизарные или метадиафизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей	более 10	до 5 × 15	Костная пластика малоберцовым костно-кожным лоскутом
	С2	Диафизарные или метадиафизарные костные дефекты с дефектом мягких тканей	более 10	5 × 15 и более	Костная пластика малоберцовым костнокожным лоскутом и мягкотканым ТДЛ
D	Дефекты костей с укорочением конечности на 3 см и более				
	Дефекты костей с укорочением конечности на 3 см и более		более 6	различные	Двухстадийное хирургическое лечение: стадия 1: компенсация укорочения конечности методом форсированной дистракции аппаратом внешней фиксации; стадия 2: использование протоколов А, В, и С в зависимости от локализации и размеров костного и мягкотканного дефектов

В соответствие с предложенной классификацией пациенты распределились на типы следующим образом:

Тип А – крупные дефекты костей без дефекта мягких тканей (8 случаев):

А 1 – метаэпифизарные дефекты костей размером менее 10 см (1 случай).

А 2 – дефекты костей размером более 10 см (7 случаев).

Тип В – крупные метаэпифизарные дефекты костей с дефектом мягких тканей (4 случая):

В 1 – дефекты костей менее 10 см с дефектом мягких тканей размером до 10 × 20 см (3 случая).

В 2 – дефекты костей менее 10 см с дефектом мягких тканей размером более 10 × 20 см (1 случай).

Тип С – крупные диафизарные или метадиафизарные дефекты костей с дефектом мягких тканей (29 случаев):

С 1 – с дефектом мягких тканей размером до 5 × 15 см (21 случай).

С 2 – с дефектом мягких тканей размером более 5 × 15 см (8 случаев).

Тип D – крупные дефекты костей с укорочением конечности на 3 см и более (10 случаев).

На основе предлагаемой классификации мы разработали протоколы микрохирургической реконструкции крупных костных дефектов конечностей для каждого подтипа костного дефекта (см. табл. 4).

Тип А1 – Костная пластика подвздошным костно-мышечным лоскутом или лучевым на кисти (1 случай).

Тип А2 – Костная пластика малоберцовым костно-мышечным лоскутом (7 случаев).

Тип В1 – Костная пластика подвздошным костно-кожным лоскутом (3 случая).

Тип В2 – Костная пластика подвздошным костно-мышечным лоскутом и мягкотканым ТДЛ (1 случай).

Тип С1 – Костная пластика малоберцовым костно-кожным лоскутом возможно в комбинации с аллотрансплантатом большеберцовой кости (21 случай).

Тип С2 – Костная пластика малоберцовым костно-кожным лоскутом и мягкотканым ТДЛ (8 случай).

Тип D – Двухстадийное хирургическое лечение (10 случаев):

– 1-я стадия – компенсация укорочения конечности путем форсированной дистракции ап-

паратом внешней фиксации Илизарова;

– 2-я стадия – использование протоколов А, В и С в зависимости от локализации и размеров костного и мягкотканого дефектов. На втором этапе использовался протокол лечения для типа С1 – в 9 случаях и А2 – в одном случае.

В раннем послеоперационном периоде (до 30 дней после операции) отмечались осложнения, характерные для васкуляризированной пересадки комплексов тканей. В пяти случаях наступил венозный тромбоз сосудистой ножки и у одного пациента развилась венозная аневризма.

В позднем послеоперационном периоде (более 30 дней) в 14 случаях наблюдались осложнения: стрессовые переломы малоберцового трансплантата (3 случая), травматический перелом малоберцового трансплантата (2 случая), замедленная (продолжительностью более 6 мес) консолидация концов трансплантата с реципиентной костью (7 случая) и рецидив хронического остеомиелита (2 случая). В 49 из 51 случая были получены хорошие результаты васкуляризированной аутопластики крупных костных дефектов длинных трубчатых костей (96%). Средний срок сращения трансплантата с реципиентным ложем составил 5,4 мес и восстановления функции конечности 10,5 мес. Неудовлетворительные результаты лечения были связаны с рецидивом хронического инфекционного процесса в позднем послеоперационном периоде у двух пациентов и обусловлены недостаточным объемом хирургической обработки реципиентного ложа.

Клинический пример 1

Пациент Т., 14 лет. С возраста 1 год страдает врожденным ложным суставом большеберцовой кости. До 9 лет проводилась иммобилизация голени тугором. В дальнейшем за 5 лет перенес четыре операции: остеосинтез костей голени аппаратом Илизарова с резекцией зоны ложного сустава и свободной аутопластикой дефекта кости. Сращения большеберцовой кости не наступило, аппарат Илизарова был снят, и 1,5 года проводилась наружная иммобилизация конечности тугором без компенсации укорочения конечности. При поступлении в УЗ «МОКБ» у пациента имелся крупный костный дефект большеберцовой кости размером 13 см и укорочение голени 10 см без дефекта мягких тканей (тип D) (рис. 1).

Первым этапом в течение 1 мес выполнялась форсированная дистракция голени в аппарате Илизарова с целью разведения костных фрагментов большеберцовой кости до полной компенсации укорочения конечности (рис. 2).

На втором этапе лечения проведена концевая резекция фрагментов большеберцовой кости с аутопластикой дефекта васкуляризированным костно-мышечным трансплантатом малоберцо-



Рис. 1. Рентгенограмма костей голени пациента Т. с врожденным ложным суставом до операции

Fig. 1. Radiograph of the shin bones of a patient T. with a congenital pseudarthrosis before surgery



Рис. 2. Рентгенограмма костей голени в двух проекциях на этапе форсированной дистракции аппаратом Илизарова

Fig. 2. Radiograph of the shin bones in two projections at the stage of forced distraction using the Ilizarov apparatus

вой кости – протокол лечения для типа А2 (рис. 3).

Через 10 мес после операции наступило сращение трансплантата с костным ложем большеберцовой кости (рис. 4). Аппарат Илизарова снят. Иммобилизация в течение 2 мес гипсовой повязкой с полной нагрузкой на конечность. Функция конечности восстановлена через 12 мес после операции (рис. 5).

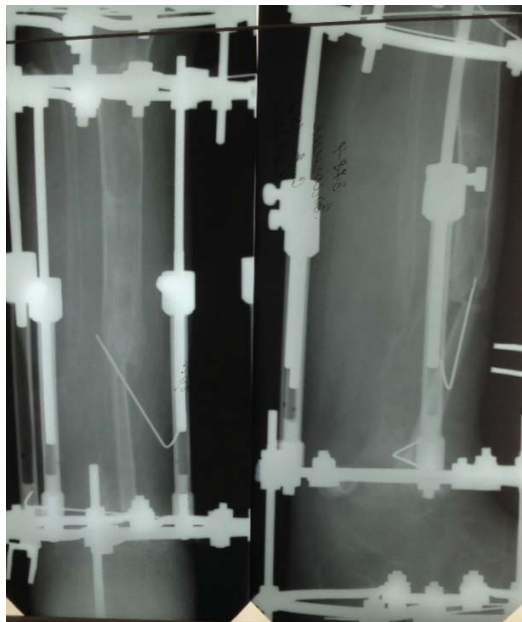


Рис. 3. Рентгенограмма костей голени после аутотрансплантации васкуляризированной малоберцовой кости в дефект большеберцовой кости

Fig. 3. Radiograph of the shin bones after autotransplantation of the vascularized fibula into the tibial defect



Рис. 4. Рентгенограмма костей голени через 10 мес после аутотрансплантации малоберцовой кости в дефект большеберцовой

Fig. 4. Radiograph of the shin bones 10 months after autotransplantation of the fibula into the tibial defect



Рис. 5. Рентгенограмма костей голени пациента Т. через 12 мес после аутотрансплантации малоберцовой кости в дефект большеберцовой

Fig. 5. Radiograph of the shin bones of a patient T. 12 months after autotransplantation of the fibula into the tibial defect

Клинический пример 2

Пациент М., 43 года, получил тяжелую сочетанную травму: открытый оскольчатый перелом обеих костей голени в нижней трети с повреждением всех артерий голени. Первичная помощь включала первичную хирургическую обработку раны, выполнение шва задней большеберцовой артерии, остеосинтез костей голени методом Илизарова. Послеоперационный период осложнился тромбозом задней большеберцовой артерии. Через 1 сут проведены аутовенозное протезирование задней большеберцовой кости, некрэктомия. Через 2 нед выполнена вторичная хирургическая обработка раны в связи с присоединившейся гнойной инфекцией с удалением костных фрагментов большеберцовой кости. При поступлении в Республиканский центр реконструктивной хирургии у пациента имелаась гнойная рана размерами 25 × 15 см с обнажением фрагментов большеберцовой кости, дефект костей голени составлял 7 см (тип C2) (рис. 6).

Через 4 нед после травмы пациенту выполнены хирургическая санация раны с сегментарной резекцией пораженной большеберцовой кости и аутотрансплантация малоберцового костно-мышечного и торакодорзального лоскутов в позицию дефекта тканей нижней трети голени (рис. 7). Анастомоз сосудов лоскута с реципиентными сосудами проводился через аутовенозные вставки. В послеоперационном периоде рецидива глубокой инфекции не наблюдалось.

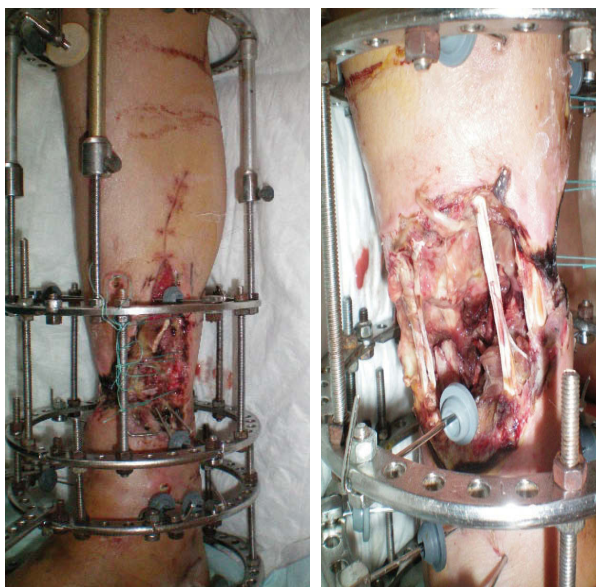


Рис. 6. Внешний вид голени пациента М. при поступлении в отделение микрохирургии

Fig. 6. The appearance of the lower leg of a patient M. upon admission to the Microsurgery Department

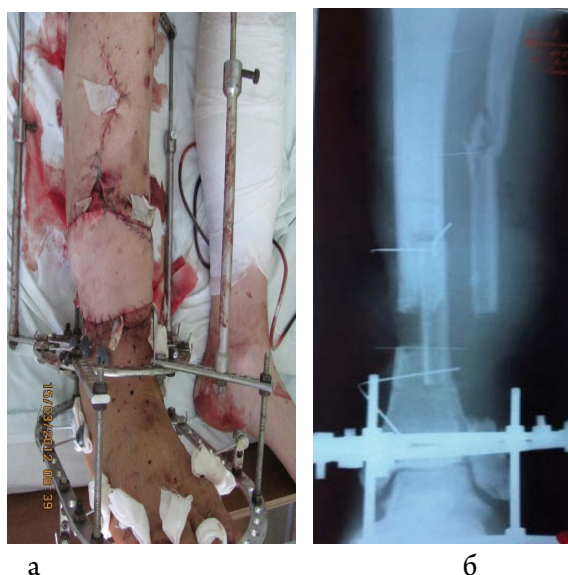


Рис. 7. Послеоперационные фотография (а) и рентгенограмма (б) голени пациента М. Дефект большеберцовой кости выполнен костно-мышечным малоберцовым трансплантатом. Дефект мягких тканей голени укрыт торакодорзальным лоскутом

Fig. 7. Postoperative photograph (a) and radiograph (б) of the lower leg of a patient M. The tibia defect is made by a musculoskeletal fibular graft. The soft tissue defect of the lower leg is covered with a thoracodorsal flap

Срок сращения трансплантата с реципиентным ложем составил 4 мес, срок полной нагрузки на конечность – 12 мес. Срок наблюдения – 6 лет. Рецидива остеомиелита нет (рис. 8).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Lasanianos N.G., Kanakaris N.K., Giannoudis N.K. Current management of long bone large segmental defects. *Orthopaedics and Trauma*. 2010;24 (2):149-163.



а



б

Рис. 8. Внешний вид (а) и рентгенограммы (б) голени пациента М. через 6 лет. Дефект большеберцовой кости замещен гипертрофированным малоберцовым трансплантатом

Fig. 8. The appearance (a) and radiographs (б) of the lower leg of a patient M. after 6 years. Tibia defect performed by hypertrophic fibular graft

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение разработанной клинической классификации крупных костных дефектов длинных трубчатых костей и протоколов их хирургического лечения методом васкуляризированной костной пластики позволило успешно восстановить в 96% случаев функцию конечности.

2. Borzunov D.Yu., Kolchin S.N., Malkova T.A. Role of the Ilizarov non-free bone plasty in the management of long bone defects and nonunion: Problems solved and unsolved. *World J. Orthop.* 2020;11(6):304-318.
3. Епишин В.В., Борзунов Д.Ю., Попков А.В., Шустов А.А. Комбинированный остеосинтез при реабилитации пациентов с ложными суставами и дефектами длинных костей. *Гений ортопедии*. 2013;3:37-42. [Epishin V.V., Borzunov D.Yu., Popkov A.V., Shustov A.L. Kombinirovannyi osteosintez pri reabilitacii paciyentov s lozhnymi sustavami i defektami dlinnyh kostey [Combined osteosynthesis in the rehabilitation of patients with false joints and long bone defects]. *Geniy ortopedii – Genius of Orthopedics*. 2013;3:37-42. (in Russ.)].
4. Борзунов Д.Ю. Замещение дефектов длинных костей полилокальным удлинением отломков. *Травматология и ортопедия России*. 2006;4(42):24-29 [Borzunov D.Yu. Zameshcheniye defektov dlinnyh kostey polilokal'nym udlineniyem otlomkov [Replacement of defects of long bones by polylocal elongation of fragments]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii – Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2006;4(42):24-29 (in Russ.)].
5. Wen G., Zhou R., Wang Y., Lu S., Chai Y., Yang H. Management of post-traumatic long bone defects: A comparative study based on long-term results. *Injury*. 2019;50(11):2070-2074.
6. Gage M., Liporace F., Egol K., McLaurin T. Management of Bone Defects in Orthopedic Trauma. *Bull Hosp. Jt. Dis.* 2018;76(1):4-8.
7. Molina C.S., Stinner D.J., Obremskey W.T. Treatment of Traumatic Segmental Long-Bone Defects: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2014;2(4):e1. doi: 10.2106/JBJS.RVW.M.00062.
8. Bumbasirevic M., Stevanovic M., Bumbasirevic V., Lesic A., Atkinson H. D.E. Free vascularized fibular grafts in orthopedics. *Int. Orthop.* 2014;38(6):1277-1282.
9. Liu Y., Wu G., de Groot K. Biomimetic coatings for bone tissue engineering of critical-sized defects. *J. R. Soc. Interface*. 2010;7:S631-S647.
10. Gustilo R.B., Mendoza R.M., Williams D.J. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J. Trauma*. 1984;24(8):742-746.
11. Yang Y.-F., Xu Z.-H., Zhang G.-M., Wang J.-W., Hu S.-W., Hou Z.-Q., Xu D.-C. Modified Classification and Single-Stage Microsurgical Repair of Posttraumatic Infected Massive Bone Defects in Lower Extremities. *J. Reconstr. Microsurg.* 2013;29:593-600.
12. Johner R., Wruhs O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation. *Clin. Orthop.* 1983;178:7-25.

Поступила в редакцию 13.06.2021, утверждена к печати 26.08.2021
Received 13.06.2021, accepted for publication 26.08.2021

Сведения об авторах:

Ладутко Дмитрий Юрьевич* – врач-хирург отделения микрохирургии Минской областной клинической больницы (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: ladutkodmitry@hotmail.com

Подгайский Владимир Николаевич – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пластической хирургии и комбустологии БелМАПО (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: podgai@tut.by

Ладутко Юрий Николаевич – канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: juryladutko@gmail.com

Пекарь Андрей Владимирович – врач-хирург отделения микрохирургии Минской областной клинической больницы (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: dr.andreipekar@gmail.com

Кезля Олег Петрович – д-р мед. наук, зав. кафедрой травматологии и ортопедии БелМАПО (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: reconplast@gmail.com

Селицкий Антон Вацлавович – канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: ladutkodmitry@hotmail.com

Губичева Александра Васильевна – врач-хирург, клинический ординатор кафедры пластической хирургии и комбустологии ГУО «БелМАПО» (г. Минск, Республика Беларусь).
E-mail: a.gubicheva@gmail.com

Information about authors:

Dmitry Yu. Ladutko*, surgeon, the Microsurgical Department, Minsk Regional Hospital, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: ladutkodmitry@hotmail.com

Vladimir N. Podgaysky, Dr. Med. sci., Professor, head of the Department of Plastic Surgery and Combustiology, Belarus Medical Academy of Postgraduate Study, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: podgai@tut.by

Yury N. Ladutko, Cand. Med. sci., Associate Professor, the Traumatology and Orthopedics Department, Belarus Medical Academy of Postgraduate Study, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: juryladutko@gmail.com

Andrey V. Pekar, surgeon, the Microsurgical Department, Minsk Regional Hospital, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: dr.andreipekar@gmail.com

Kezla Oleg Petrovich, Dr. Med. sci., head of the Traumatology and Orthopedics Department, Belarus Medical Academy of Postgraduate Study, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: reconplast@gmail.com

Anton V. Selitsky, Cand. Med. sci., Associate Professor, the Traumatology and Orthopedics Department, Belarus Medical Academy of Postgraduate Study, Minsk, the Republic of Belarus.
e-mail: ladutkodmitry@hotmail.com.

Alexandra V. Gubicheva, surgeon, resident, the Department of Plastic Surgery and Combustiology, Belarus Medical Academy of Postgraduate Study, Minsk, the Republic of Belarus.
E-mail: a.gubicheva@gmail.com.