

ВЫБОР МЕТОДОВ ФИКСАЦИИ КОСТНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПРИ АУТОПЛАСТИКЕ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

Дмитрий Ладутько,

врач-хирург микрохирургического отделения Минской областной клинической больницы

Владимир Подгайский,

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пластической хирургии и комбустиологии БелМАПО

Юрий Ладутько,

кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО

Олег Кезля,

доктор медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии БелМАПО

Андрей Пекарь,

врач-хирург микрохирургического отделения Минской областной клинической больницы

Антон Селицкий,

старший преподаватель кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО

Аннотация. В статье оценивается эффективность разных методов фиксации костных фрагментов после трансплантации малоберцовой кости в крупный дефект длинных трубчатых костей. В исследовании, где изучались степень гипертрофии трансплантата, скорость его сращения с ложем и количество послеоперационных осложнений в разных условиях его механической стимуляции, приняли участие две группы пациентов. Участникам первой примененный метод позволял давать раннюю механическую нагрузку на трансплантат, а второй – исключал. Авторы приходят к выводу, что скорость сращения трансплантируемой малоберцовой кости с костным пострезекционным ложем не зависит от способа фиксации конечности, но ранняя послеоперационная нагрузка стимулирует скорость гипертрофии трансплантата и значительно снижает вероятность развития полных стрессовых переломов в дальнейшем.

Ключевые слова: дефект кости, васкуляризованная трансплантация малоберцовой кости, гипертрофия, стрессовые переломы.

Для цитирования: Ладутько Д., Подгайский В., Ладутько Ю., Кезля О., Пекарь А., Селицкий А. Выбор методов фиксации костных фрагментов при аутопластике дефектов длинных трубчатых костей // Наука и инновации. 2021. №3. С. 72–79. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-72-79>

Замещение дефектов длинных трубчатых костей, часто связанных с перенесенной травмой, доброкачественными и злокачественными новообразованиями костной ткани, развитием посттравматического и гематогенного остеомиелита, – одна из наиболее сложных проблем реконструктивно-восстановительной хирургии.

Даже небольшие дефекты протяженностью более 3 мм заполняются рубцовыми тканями, во многих случаях препятствующими образованию новой костной ткани и создающими механическое препятствие для сращения отломков [1]. Дефект крупного размера обычно составляет более 5 см, однако его размер определяется в контексте разных сегментов конечностей как произведение диаметра кости на коэффициент 2–2,5 [2].

Использование васкуляризованного костного трансплантата малоберцовой кости для замещения дефектов длинных трубчатых костей стало признанным методом хирургического лечения. Его положительный исход во многом зависит от скорости сращения трансплантата с ложем, а также степени его гипертрофии в послеоперационном периоде, что увеличивает прочность кости и позволяет избежать многих осложнений. Кроме того, различные методы остеосинтеза создают разные механические условия для трансплантата в послеоперационном периоде. Работ, касающихся долгосрочного наблюдения за такими пациентами и комментирующих физиологические процессы, протекающие в трансплантате, немного, и часто они противоречивы [3–8].

Целью исследования было проанализировать влияние разных методов фиксации костных фрагментов после трансплантации малоберцовой кости в крупный дефект длинных трубчатых костей на результаты лечения. Для этого изучалась степень гипертрофии трансплантата, скорость его сращения с реципиентным ложем и количество послеоперационных осложнений в разных условиях его механической стимуляции.

Материалы и методы исследования

Ретроспективному анализу подвергнуты 20 случаев замещения крупных дефектов плечевой (6 пациентов) и большеберцовой костей (14 пациентов) методом свободной аутотрансплантации малоберцовой кости. Все операции были выполнены в отделении микрохирургии Минской областной клинической больницы с 1994 по 2018 г. Средний размер дефекта плечевой кости составлял 15 см (от 9 до 23 см), большеберцовой – 14,6 см (от 8 до 21 см). Период наблюдения пациентов – от 1 года до 13 лет после операции.

Все пациенты ранее проходили лечение в других учреждениях. В среднем прошло 33 месяца (от 1 месяца до 5 лет) с момента их первоначального обращения за медицинской помощью до проведения свободной васкуляризированной костной пластики в Республиканском центре пластической и реконструктивной микрохирургии. В течение этого интервала времени пациенты перенесли от одной до 8 операций.

Результаты лечения оценивались как клиническими, так и рентгенологиче-

скими методами как минимум через год после трансплантации малоберцовой кости. Рентгенограммы или КТ изучались на предмет доказательств сращения, гипертрофии и таких осложнений, как стресс-переломы. Для подтверждения костного сращения обоих концов трансплантата с реципиентным ложем проводилась рентгенография сегмента конечности в 2 проекциях. Присутствие пароссальной костной мозоли на рентгенограммах в переднезадней и боковой проекциях, нечеткой или отсутствующей линии контакта трансплантата с реципиентным костным ложем являлось доказательством их сращения. Стрессовые переломы были задокументированы и подтверждены рентгенологически даже в случаях бессимптомного течения.

Гипертрофию трансплантата малоберцовой кости оценивали с использованием индекса, предложенного de Boer H.H. and Wood M.V. [9]. Максимальная и минимальная ширина трансплантированной малоберцовой кости на послеоперационных рентгеновских пленках были измерены с помощью штангенциркуля. Среднее значение этих величин было записано как «исходный диаметр малоберцо-

вой кости». Затем в той же проекции измеряли диаметр проксимального конца реципиентной кости у места контакта с трансплантатом. Эту процедуру повторяли при последующих наблюдениях для получения «конечного диаметра» малоберцовой и реципиентной кости в той же проекции.

Достоверными признаками гипертрофии считалось значение индекса более 20%. Это связано с тем, что малоберцовая кость имеет треугольную форму в поперечном сечении, и при рентгенологическом контроле поворот ее в любую сторону на 10 градусов может привести к увеличению ее ширины на 20% [10].

Все осложнения в послеоперационном периоде были разделены на ранние (до 30 суток после операции) – глубокие и поверхностные нагноения ран, частичный или полный некроз лоскутов, тромбозы сосудистой ножки трансплантата, и поздние (более 30 суток) – миграция костного трансплантата, отсутствие сращения, стрессовые переломы. Также они были классифицированы как основные, если требовали дальнейшей хирургической коррекции, и второстепенные – все остальные.

Индекс гипертрофии рассчитывался по формуле:

$$\text{х\% гипертрофии} = \frac{\text{индекс 2} - \text{индекс 1}}{\text{индекс 1}} \times 100\%,$$

$$\text{где индекс 1} = \frac{\text{диаметр трансплантата после операции}}{\text{диаметр реципиентной кости после операции}}$$

$$\text{индекс 2} = \frac{\text{диаметр трансплантата при последующем обследовании}}{\text{диаметр реципиентной кости при последующем обследовании}}$$

Вид осложнений	1-я группа (n-10)	2-я группа (n-10)
Ранние послеоперационные осложнения (≤30 дней)		
Тромбоз вены сосудистой ножки трансплантата	2	2
Вывихи трансплантата	-	1
Поздние послеоперационные осложнения (≥30 дней)		
Полные стрессовые переломы трансплантата		3
Неполные (бессимптомные) стрессовые переломы трансплантата	1	
Итого	3	6

Таблица 1. Вид и частота послеоперационных осложнений у пациентов двух клинических групп

Пациенты в зависимости от испытываемых трансплантатом механических нагрузок в послеоперационном периоде были разделены на 2 группы.

Первая состояла из 10 участников (8 мужчин и 2 женщины, средний возраст 20,6 года). Метод послеоперационной фиксации сегмента оперированной конечности позволял давать раннюю механическую нагрузку (стимуляцию) на сам трансплантат и дозированную компрессию на стыке с ложем дефекта.

У всех пациентов был критический дефект большеберцовой кости, в 3 случаях по причине открытых переломов костей голени, осложнившихся хроническим посттравматическим остеомиелитом большеберцовой кости, в 3 – вследствие неоднократного оперативного лечения врожденного ложного сустава и в 4 – после сегментарной резекции большеберцовой кости по поводу доброкачественных (3 случая) и злокачественного новообразования. Средний размер дефекта составлял 14,2 см (от 8 до 21 см). В 7 случаях для его замещения использовался костно-кожный трансплантат малоберцовой кости и в 3 – комбинация костно-мышечного малоберцового трансплантата и торакодорзального лоскута.

Для остеосинтеза применялся аппарат Илизарова, обеспечивающий стабильную фиксацию фрагментов пострезекционного костного ложа и трансплантата с возможностью ранней дозированной нагрузки на нижнюю конечность. В 8 случаях фиксация в стабильно-динамическом режиме производилась сразу одновременно с трансплантацией малоберцовой кости и в 2 случаях отсроченно, через 10–15 дней после заживления послеоперационных ран. Аппарат Илизарова демонтировался при появлении рентгенологических признаков сращения концов трансплантата с костным ложем и гипертрофии трансплантата более 20%. Период наблюдения пациентов составил от 2 до 13 лет после операции.

Во второй группе из 10 пациентов (6 женщин и 4 мужчины) влияние механической нагрузки на трансплантат было исключено в силу трансплантации его в дефект плечевой кости (6 случаев) или сведено к минимуму при замещении дефекта большеберцовой кости. Средний возраст пациентов составил 24,8 года (от 14 до 35 лет), средний размер дефекта плечевой кости – 14,3 см (от 9 до 18 см), а большеберцовой 15,75 см (от 12 до 18 см). При-

чинами дефектов были злокачественные (4 случая) и доброкачественные (2 случая) новообразования костей, хронический остеомиелит (3 случая) и один открытый перелом с крупным дефектом кости. В 4 случаях для замещения дефекта кости произведена трансплантация костно-мышечного, в 5 – костно-кожного лоскутов малоберцовой кости и в одном – комбинация малоберцового и торакодорзального лоскутов. Для фиксации трансплантата в 4 случаях применялся на костный остеосинтез пластиной LCP в режиме стабильной фиксации (2 случая с дефектом плечевой и 2 – большеберцовой костей) или трансплантация малоберцовой кости сочеталась с одновременным перемещением под нагрузку малоберцовой кости этого же сегмента конечности (1 случай). В остальных 5 использовалось сочетание интрамедуллярного и трансоссального остеосинтеза спицами Илизарова. В послеоперационном периоде применялась внешняя иммобилизация конечности гипсовой повязкой с исключением механической нагрузки не только до появления признаков сращения концов трансплантата с костным ложем, но и до достоверно значимой гипертрофии трансплантата. Период наблюдения пациентов – от 1 года до 8 лет после операции.

Результаты

Сращение трансплантата с реципиентной костью достигнуто у всех пациентов в двух группах. Средний срок консолидации в 1-й группе составил 4,6 мес. (от 3 до 8 мес.), во 2-й – 4,7 мес. (от 2 до 17 мес.).

В раннем послеоперационном периоде (от 12 часов до 4 суток

после вмешательства) среди основных осложнений в обеих группах преобладали тромбозы сосудистой ножки трансплантатов, которые потребовали хирургического восстановления проходимости венозного русла. В одном случае у пациента из второй группы дислокация трансплантата через 5 дней после операции из костного ложа плечевой кости потребовала открытой репозиции и фиксации фрагментов плечевой кости на костной пластинной. Инфекционных осложнений не наблюдалось (табл. 1).

В позднем послеоперационном периоде (от 2 до 20 месяцев) отмечались осложнения, потребовавшие дополнительных хирургических вмешательств только у 2-й группы пациентов. В одном случае пациентке 16 лет с саркомой Юинга большеберцовой кости через год понадобилась повторная операция из-за стрессового перелома трансплантата со смещением (дефект большеберцовой кости 16 см). Индекс гипертрофии трансплантата составлял 29%. После свободной костной аутопластики консолидация концов трансплантата наступила через 5 месяцев.

Клиническое наблюдение 1.

Пациентка 16 лет. Диагноз: саркома Юинга средней трети правой большеберцовой кости (рис. 1 А, Б).

Была проведена резекция диафиза большеберцовой кости с аутотрансплантацией участка малоберцовой кости на сосудистой ножке в позицию дефекта, операция дополнена перемещением дистального конца малоберцовой кости на дистальный фрагмент большеберцовой кости, остеосинтезом двумя пластинами LCP (рис. 2 А, Б).

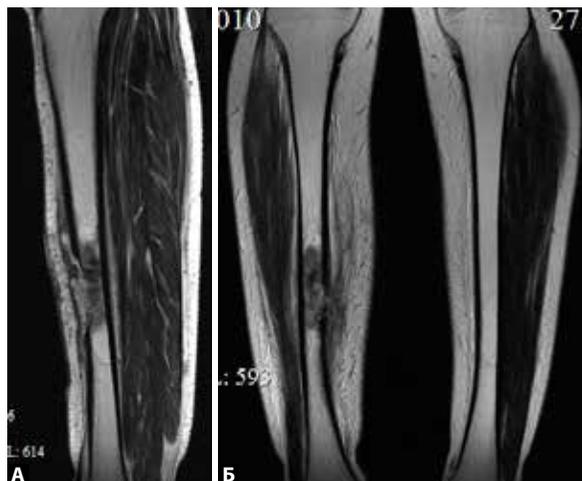


Рис. 1 А, Б. КТ пациентки 16 лет с саркомой Юинга средней трети правой большеберцовой кости



Рис. 2 А, Б. Послеоперационные рентгенограммы голени в двух проекциях



Рис. 3 А, Б. Рентгенограммы голени в двух проекциях после операции. Индекс гипертрофии трансплантата 29%

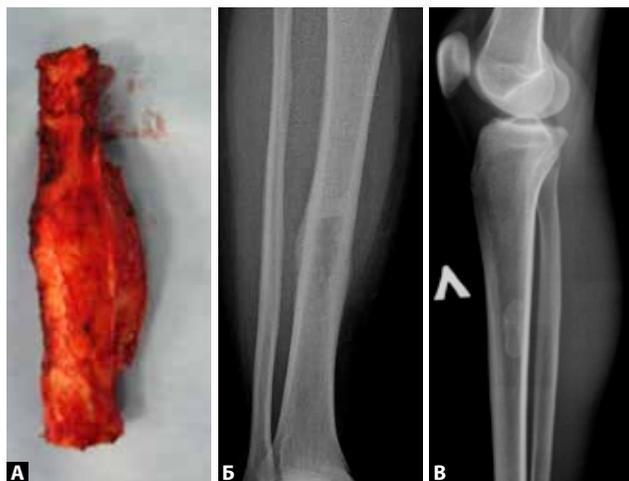
При осмотре через год диагностирован полный стрессовый перелом трансплантата малоберцовой кости по поводу чего пациентке были проведены транспозиция-медиализация проксимального конца малоберцовой кости, свободная костная аутопластика и остеосинтез двумя пластинами LCP (рис. 3 А, Б).

Сращение трансплантата с реципиентной костью достигнуто к 17 месяцам со дня трансплантации малоберцовой кости. Дана полная нагрузка на конечность. Через 3,5 года индекс гипертрофии 70% (рис. 4).



Рис. 4. Рентгенограмма правой голени через 17 месяцев после операции

Рис. 5 А. Удаленный сегмент большеберцовой кости. Рис. 5 Б, В. Рентгенограммы костей голени в 2 проекциях до операции



Во втором случае стресс-перелом наблюдался у пациента 23 лет с посттравматическим дефектом большеберцовой кости 15 см, осложненным остеомиелитом. Срок сращения трансплантата с ложем составил 4 месяца. Через 20 месяцев со дня операции констатирован стресс-перелом трансплантата без смещения отломков. Индекс гипертрофии составлял только 19%. Перелом фиксирован аппаратом Илизарова с положительным исходом.

В третьем случае стрессовый перелом трансплантата малоберцовой кости наступил у пациента 29 лет после 6 месяцев со дня имплантации его в дефект большеберцовой кости размером 18 см. Индекс гипертрофии – 45%.

Таким образом, частота возникновения стресс-переломов во второй группе составила 30% на фоне незначительной степени гипертрофии трансплантата (от 19% до 45%).

Только в одном случае у пациента 1-й группы отмечены бессимптомные неполные стрессовые переломы малоберцового трансплантата, обнаруженные на поздних рентгенограммах: через 15 месяцев (индекс гипертрофии 97%) и через 23 месяца на двух уровнях трансплантата (индекс гипертрофии 120%). Все они срослись без вмешательства. Причиной стрессовых переломов авторы считают недостаток механической прочности ауто-трансплантата к моменту начала весовой нагрузки конечности в послеоперационном периоде.

Клиническое наблюдение 2.

Пациентка 25 лет. Диагноз: остеогенная саркома большеберцовой кости (рис. 5 А, Б, В).

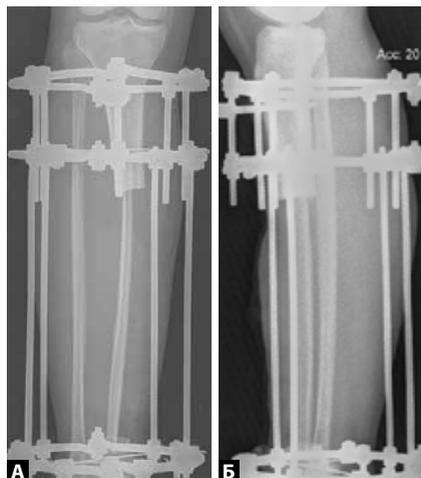


Рис. 6 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях после резекции диафиза большеберцовой кости с транспозицией в образовавшийся дефект малоберцового трансплантата на питающей ножке



Рис. 7 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Индекс гипертрофии 97%

Номер группы пациентов	Средние сроки сращения трансплантата с реципиентной костью	Среднее значение индекса гипертрофии трансплантата через 1 год после операции
1-я группа (n-10)	4,6 мес	95,9% (от 71% до 147%)
2-я группа (n-10)	4,7 мес	31,4% (от 0% до 66%)

Таблица 2. Средние сроки сращения трансплантата с реципиентной костью и индекс его гипертрофии через год после операции

Была произведена резекция диафиза большеберцовой кости с транспозицией в образовавшийся дефект малоберцового трансплантата на питающей ножке (величина дефекта 21 см) (рис. 6 А, Б). Затем последовала иммобилизация костей голени аппаратом Илизарова.

Через 3 месяца появились рентгенологические признаки сращения трансплантата с костным ложем. Аппарат Илизарова демонтирован. Продолжена иммобилизация конечности тугором с дозированной постепенно возрастающей нагрузкой весом тела (от 30% до полной).

При контрольном осмотре через 15 месяцев на фоне отсутствия жалоб выявлен стрессовый перелом трансплантата. Иммобилизация тугором и полная нагрузка на конечность продолжена (рис. 7 А, Б).

При осмотре через 23 месяца так же на фоне отсутствия жалоб выявлен второй стрессовый перелом трансплантата. Иммобилизация тугором прекращена, дана полная нагрузка на конечность (рис. 8 А, Б).

При контрольном осмотре через 3 года со дня операции пациент жалоб не предъявляет. Имеется полный объем движений в коленном суставе (рис. 9 А, Б).

Таким образом, не найдена зависимость скорости сращения трансплантата от дозированной механической нагрузки на него, обусловленной применением различных методов послеоперационной фиксации трансплантата. Поздние осложнения в виде его полных стрессовых переломов встречались только во второй группе пациентов (3 случая) и были обусловлены увеличением механической нагрузки на трансплантат при



Рис. 8 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Индекс гипертрофии трансплантата 120%

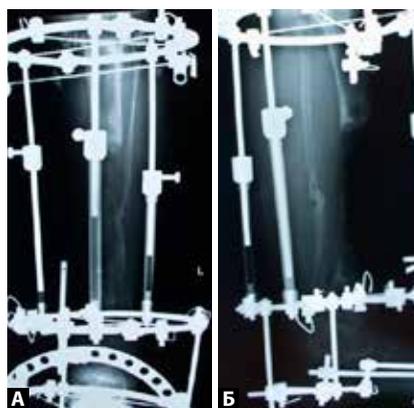


Рис. 10 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях после удаления инфицированного трансплантата большеберцовой кости



Рис. 9 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 3 года после операции. Индекс гипертрофии трансплантата 193%

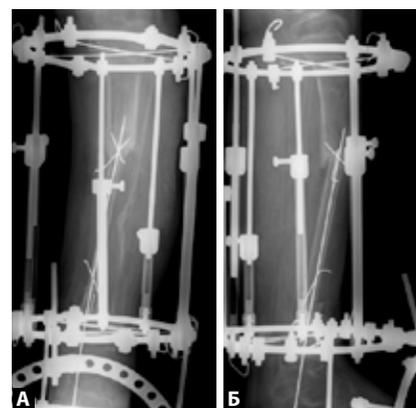


Рис. 11 А, Б. Рентгенограммы после операции: транспозиция малоберцовой кости с мягкотканым компонентом на питающей ножке в позицию дефекта большеберцовой кости

недостаточной степени гипертрофии последнего (табл. 2).

Одним из преимуществ использования васкуляризированной малоберцовой кости в качестве реконструктивного варианта является ее способность к гипертрофии. Считается, что на это влияют несколько факторов, в том числе механическая нагрузка [11–14], возраст [14, 16] и хорошая васкуляризация

надкостницы [14, 15]. Предыдущие авторы часто не определяли гипертрофию количественно, и никто не давал ее сравнительную оценку в зависимости от применяемого метода фиксации трансплантата в костном дефекте. Нами обнаружено, что малоберцовая кость гипертрофировалась во всех случаях реконструкции нижней конечности, где имелась ранняя механическая нагрузка



Рис. 12 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 8 месяцев со дня операции



Рис. 13 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Дефект большеберцовой кости 18 см



Рис. 14 А, Б. Рентгенограммы после операции



Рис. 15. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 4 месяца: признаки сращения трансплантата с костным ложем. Индекс гипертрофии 32%



Рис. 16 А, Б. Стрессовый перелом трансплантата через 6 месяцев после операции. Индекс гипертрофии 45%

на нее через реципиентную кость в 1-й группе пациентов, где среднее значение индекса гипертрофии трансплантата к 1 году после операции составило 95,9% (от 71% до 147%).

Клиническое наблюдение 3.

Пациент 14 лет оперирован по поводу ОБК левой больше-

берцовой кости. Произведена резекция диафиза с аллопластикой дефекта большеберцовой трансплантатом. Через 6 месяцев трансплантат удален в связи с инфекционным процессом и лизисом трансплантата. Дефект большеберцовой кости составил 15 см, с дефектом мягких тканей голени 6 см на 12 см (рис. 10 А, Б).

После заживления послеоперационной раны пациенту проведена транспозиция малоберцовой кости с мягкотканым компонентом на питающей ножке в позицию дефекта большеберцовой кости. Фиксация голени в аппарате Илизарова (рис. 11 А, Б).

При контрольном осмотре пациента функция конечности восстановлена. Индекс гипертрофии трансплантата 79% (рис. 12 А, Б).

У пациентов 2-й группы, где механическая стимуляция трансплантата практически отсутствовала, гипертрофия его достоверно не регистрировалась или значительно отставала от сравниваемой группы пациентов. Среднее значение индекса гипертрофии составило 31,4% (от 0% до 66%) (табл. 2).

Клиническое наблюдение 4.

Пациент 29 лет с некрозом мягких тканей голени (30 см) и большеберцовой кости (12 см), наступившим после термической травмы.

Дефект кости после неоднократных некрэктомий составил 18 см (рис. 13 А, Б).

Пациенту проведена ауто-трансплантация малоберцового и торакодорзального лоскутов в позицию дефекта правой голени, остеосинтез пластиной LCP (рис. 14 А, Б).

Через 4 месяца наступило сращение трансплантата с реципиентным ложем (рис. 15).

Через 6 месяцев со дня операции констатирован стресс-перелом трансплантата при нестабильности пластины. Проведено удаление пластины с остеосинтезом перелома аппаратом Илизарова (рис. 16 А, Б).

Выводы

Скорость сращения трансплантируемой малоберцовой кости с костным пострезекционным ложем не зависит от применяемых методов фиксации конечности в послеоперационном периоде.

Отсутствие механической нагрузки на трансплантат через реципиентную кость при применении накостного остеосинтеза или одновременном медиальном перемещении малоберцовой кости этого же сегмента конечности ведет к замедленной скорости гипертрофии трансплантата и увеличению встречаемости полных стрессовых переломов последнего.

Применение аппарата Илизарова для фиксации фрагментов пострезекционного костного ложа и трансплантата в стабильно-динамическом режиме позволяет давать раннюю послеоперационную нагрузку на нижнюю конечность, стимулирует скорость гипертрофии трансплантата и снижает вероятность развития полных стрессовых переломов. ■

■ **Summary.** The aim of the study was to analyze the effect of different methods of fixing bone fragments after transplantation of the fibula into a large defect of long tubular bones on the results of treatment. The study included 10 patients (group 1) with major tibia defects in whom the method of postoperative fixation of the segment of the operated limb allowed to give an early mechanical load on the graft itself and 10 patients (group 2) where the impact of mechanical load on the graft was excluded due to its transplantation into the hummers defect (6 cases) or minimized when replacing the tibia defect (4 cases). The degree of graft hypertrophy, the rate of its fusion with the recipient bed, and the number of postoperative complications under different conditions of mechanical stimulation of the fibula graft were studied. The rate of fusion of the graft with the recipient bed in both groups of patients was the same, but the incidence of complete stress fractures of the fibula graft in the second group was three times higher than in the first and was 30%, against the background of a slight degree of graft hypertrophy (from 19% to 45%). The use of the Ilizarov device for fixing fragments of the post-resection bone bed and graft in a stable and dynamic mode allows to give an early postoperative load on the lower limb, stimulates the rate of graft hypertrophy and reduces the likelihood of developing complete stress fractures.

■ **Keywords:** bone defect, vascularized fibula grafts, hypertrophy, stress fractures

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-72-79>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ручкина И.В., Осипова Е.В., Дьячков. А.Н. Рентгеноденситометрические особенности формирования регенерата в костном дефекте, изолированном от мягких тканей резорбируемым материалом (экспериментальное исследование) // Гений Ортопедии. №4. 2003. С. 35.
2. Gugala Z., Lindsey R.W., Gogolewski S. New approaches in the treatment of critical-size segmental defects in long bones // Macromolecular Symposia. 2007. P. 253, 147–161.
3. Houdek M.T., Bayne C.O., Bishop, Allen Thorp Shin, Alexander Yong-Shik. The outcome and complications of vascularised fibular grafts. // The bone & joint journal. 2017. Vol. 99-B, №1. PP. 134–138.
4. Falder S., Sinclair J.S., Rogers C.A., GTownsend P.L.. Long-term behaviour of the free vascularised fibula following reconstruction of large bony defects // British Journal of Plastic Surgery. Vol. 56–6. PP. 571–584.
5. Zelenski N., Brigman B.E, Levin LS, Erdmann D., Eward W.C. The vascularized fibular graft in the pediatric upper extremity: a durable, biological solution to large oncologic defects // Sarcoma. 2013.
6. Родоманова Л.А. Возможности реконструктивной микрохирургии в раннем лечении больных с обширными посттравматическими дефектами конечностей: дис.д. м.н. – СПб. 2010.
7. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Разоренов В.Л., Козлов И.В. Современные тенденции пластики лоскутами с осевым типом кровоснабжения на нижней конечности // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2007. №2. С. 71–75.
8. Keating J.F., Simpson A.H., Robinson C.M. The management of fractures with bone loss // J Bone Joint Surg Br. 2005. 87(2). P. 142.
9. De Boer H.H., Wood M.B. Bone changes in a vascular fibular graft // Journal of Bone and Joint Surgery. UK. 1989. №71(3). P. 374–378.
10. De Boer H.H. Vascularized fibular transfer // Thesis, Leiden. The Netherlands. 1988.
11. Woo SLY, Kuei S.C., Amiel D. et al. The effect of prolonged physical training on the properties of long bone: a study of Wolff's law // J Bone Joint Surg. 1981. №63-A. P. 780–787.
12. Jones H.H., Priest J.D., Hayes W.C., Tichenor C.C., Nagel D.A. // Humeral hypertrophy in response to exercise // J. Bone Joint Surg. 1977. №59-A. P. 204–208.
13. Mizumoto S., Tamai S., Goshima J. et al. Experimental study of vascularized tibiofibular graft in inbred rats: a preliminary report // J Reconstr Microsurg. 1986. №3. P. 1–9.
14. Bos K.E., Besselaar P.P., Eijken L.W., Raaymakers, ELFB // Failure of hypertrophy in revascularized fibula grafts due to stress protection // Microsurgery. 1996. №17. P 366–370.
15. Huang W.C. How does the age factor influence the hypertrophy of vascularized bone grafts? An experimental study // J Nara Med Assoc. 1988. №39. P 756–772.
16. Lee K.S., Chung H.K., Kim K.H. Vascularized osteocutaneous fibular transfer to the tibia // Int Orthop (SICOT). 1991. №15. P. 199–203.

Статья поступила в редакцию 25.06.2020

 <http://innosfera.by/2021/03/autoplasty>