Оптимизация остеогенеза за счет васкуляризированных надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов у больных с ложными суставами длинных трубчатых костей

Д.м.н. А.С. ЗЕЛЯНИН, к.м.н. В.В. ФИЛИППОВ, акад. РАМН Н.О. МИЛАНОВ, д.м.н., проф. Е.И. ТРОФИМОВ, Д.С. ГУДКОВ

Optimization of ostheogenesis with the use of vascularized periosteal-cortical autotransplants in patients with false joints of long bones

A.S. ZELYANIN, V.V. FILIPPOV, N.O. MILANOV, E.I. TROFIMOV, D.S. GUDKOV

Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского (дир. — проф. С.Л. Дземешкевич) РАМН, Москва

Работа посвящена применению свободных реваскуляризируемых или ротируемых на сосудистой ножке надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов в качестве дополнительного источника остеогенеза в лечении больных с ложными суставами длинных трубчатых костей. Представлены варианты реконструкции ложных суставов длинных трубчатых костей на основе опыта лечения 58 больных. Рентгенологические признаки сращения наблюдали в сроки, близкие к срокам сращения закрытых неосложненных переломов той же локализации.

Ключевые слова: ложный сустав, псевдоартроз, микрохирургическая аутотрансплантация тканей, пластическая и реконструктивная микрохирургия, свободные реваскуляризируемые аутотрансплантаты.

The issue analyzes the use of free revascularizable or rotatable periosteal-cortical autotransplants as an additional source of ostheogenesis in patients with false joints of long tubular bones. The experience of treatment of 58 patients was summarized. The terms of fracture consolidation was similar to that after non-complicated fractures of the same localization.

Key words: false joint, pseudoarthrosis, microsurgical tissue autotransplantation, free revascularisable autotransplants.

Введение

Возникновение и развитие микрохирургии позволило по-новому подойти к проблеме закрытия обширных дефектов тканей в любой области тела человека. Общим и главным свойством комплексов тканей на питающих сосудах является их хорошее кровоснабжение независимо от условий кровоснабжения реципиентной области.

Одна из актуальных современных проблем реконструктивной хирургии и травматологии — нарушение остеорепарации.

Важнейшей причиной нарушения остеорепаративных свойств кости сегодня принято считать повреждение питающих сосудов в результате травмы, операции и прочих патологических факторов, приводящих к нарушению магистрального и (что наиболее важно) локального кровотока [7, 10].

Именно поэтому лечение больных с ложными суставами основывается не только на совершенствовании методов остеосинтеза для достижения прочного удержания костных фрагментов [5, 6, 14, 15], но и на активизации периостального и эндостального костеобразования, усиления кровоснабжения кости.

Одна из главных причин формирования и длительного существования ложного сустава — нарушение кровоснабжения костных фрагментов, проявляющееся гипоатрофическими изменениями тканей [1, 2, 10, 11].

Помимо нарушения кровоснабжения костных фрагментов, лечение ложных суставов осложняют дефекты и деформации кости, дефекты покровных тканей и нарушение кровоснабжения пораженного сегмента, т.е. факторы, отягощающие анатомо-функциональные изменения тканей, увеличивающие зону поражения и затрудняющие лечение [1, 2, 8, 10—12, 14—16].

Сотрудниками РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского был разработан ряд методов использования васкуляризированных костных и надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов для различных клинических ситуаций.

Материал и методы

Реконструкция ложных суставов длинных трубчатых костей с применением свободных реваскуляризируемых или ротируемых на сосудистой ножке надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов

© Коллектив авторов, 2013

e-mail: microsurgery@inbox.ru

выполнена 58 больным. У 10 из них выявлен объемный дефект одной из стенок костных фрагментов. Ложные суставы располагались преимущественно в метадиафизарной и диафизарной зонах (41), лишь у 7 больных (последствия внутрисуставных переломов дистального отдела плеча) выявлены ложные суставы эпиметафизарной зоны.

Среди больных преобладали мужчины (45). Возраст больных варьировал от 19 до 63 лет. Большинство больных (32) находились в возрасте от 21 года до 50 лет. Все больные были нетрудоспособны, 36 из них имели II и III группу инвалидности.

Ложные суставы длинных трубчатых костей формировались, как правило, в результате механического воздействия с большой кинетической энергией (дорожно-транспортные происшествия), приводящего к открытому, чаще оскольчатому перелому со значительным повреждением мягких тканей.

По поводу несращения и ложного сустава все больные перенесли от 1 до 9 (в среднем 3—4) безуспешных оперативных вмешательств с длительностью лечения до 11 лет (в среднем около 4 лет). 20 больным при первичном обращении после травмы выполнены операции на поврежденных магистральных сосудах и нервных стволах.

В результате травмы, предшествующих операций и проведенного лечения, индивидуального течения раневого процесса у всех больных развились патологические изменения тканей как сегмента, так и конечности в целом различной степени проявления: от функциональных расстройств до ряда сопутствующих ложному суставу анатомических изменений.

Остеопороз костных фрагментов пораженного сегмента рентгенологическим методом выявлен у всех больных. Выраженный остеопороз, препятствующий выполнению остеосинтеза (с угрозой смещения металлофиксаторов), имел место у 3 больных с ложным суставом диафиза бедренной кости, что потребовало предоперационного функционального лечения с осевой нагрузкой на конечность в ортезе до 8 и 10 мес.

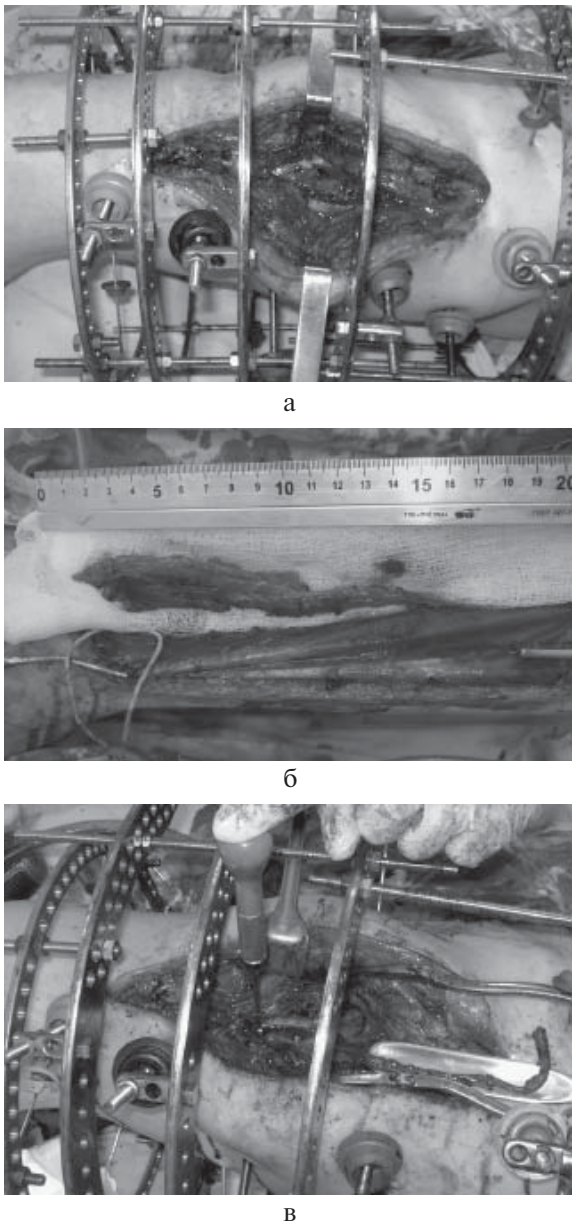


Рис. 1. **Этапы операции.**

а — в условиях стабильного остеосинтеза сформировано ложе для надкостнично-кортикального аутотрансплантата с перекрытием щели ложного сустава; б — надкостнично-кортикальный аутотрансплантат выделен на сосудистой ножке; в — фиксация свободного реваскуляризируемого надкостнично-кортикального аутотрансплантата.

Методика и техника операции

В условиях стабильного остеосинтеза применяли свободные реваскуляризируемые или ротируемые на сосудистой ножке надкостнично-кортикальные аутотрансплантаты для поддержки остеогенеза тканей ложного сустава. В зависимости от клинической ситуации различаем три варианта реконструкции.

При наличии ложных суставов диафизарной и метафизарной локализации без дефекта объема костной ткани выполняли мобилизацию части поверхностей фрагментов, составляющих ложный сустав, формировали ложе для аутотрансплантата поперечно линии ложного сустава и прочно фиксировали свободный реваскуляризируемый или ротированный на сосудистой ножке надкостнично-кортикальный аутотрансплантат в ложе **(рис. 1)**.

При лечении больных с ложными суставами в сочетании с объемным дефектом стенки костных фрагментов выполняли рельефное восполнение объема дефекта свободным костным бессосудистым аутотрансплантатом и последующую реваскуляризацию свободного костного аутотрансплантата свободным реваскуляризируемым или ротируемым

на сосудистой ножке надкостнично-кортикальным аутотрансплантатом.

В качестве свободного аваскулярного костного аутотрансплантата чаще всего использовали губчатую костную ткань крыла подвздошной кости. Забор аутотрансплантата осуществляли, сохраняя места прикрепления мышц.

Ложе для надкостнично-кортикальной части свободного реваскуляризируемого или ротируемого на сосудистой ножке аутотрансплантата формировали на обнаженной поверхности свободного бессосудистого костного аутотрансплантата, помещенного в дефект боковой стенки костных фрагментов ложного сустава.

Ложные суставы метаэпифизарной локализации, как правило, являлись осложнением внутрисуставных переломов при их неадекватном лечении. Смещение фрагментов с нарушением конгруэнтности сустава определяли клинически и рентгенологически. Реконструкцию с применением свободных реваскуляризируемых или ротируемых на сосудистой ножке аутотрансплантатов выполняли в тех клинических ситуациях, в которых обычная репозиция с восстановлением формы суставной поверхности была невозможна.

В процессе реконструкции выполняли скелетирование костных фрагментов, репозицию с восстановлением конгруэнтности сустава и фиксацию на их поверхности свободного реваскуляризируемого или ротируемого на сосудистой ножке надкостнично-кортикального аутотрансплантата для реваскуляризации аваскулярных костных фрагментов.

В качестве васкуляризированных надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов использовали лучевой комплекс тканей предплечья на основе лучевого сосудистого пучка, включающий надкостнично-кортикальную пластинку метадиафиза лучевой кости; комплекс тканей на основе сосудов, огибающих лопатку, включающий надкостнично-кортикальную пластинку латерального края лопатки; комплекс тканей на основе артерии тыла стопы, комитантных вен и части венозной арки тыла стопы, включающий надкостнично-кортикальную пластинку второй плюсневой кости; комплекс тканей на основе глубокой артерии, огибающей подвздошную кость, с комитантными венами, включающий надкостнично-кортикальную внутреннюю пластинку подвздошной кости; комплекс тканей на основе передней большеберцовой артерии, включающий надкостнично-кортикальную пластинку метадиафиза большеберцовой кости. Предпочтение отдавали лучевому и переднему большеберцовому надкостнично-кортикальным аутотрансплантатам, что связано с наибольшим диаметром сосудов, а также длиной сосудистой ножки и объемной скоростью кровотока.

Результаты и обсуждение

Некрозов надкостнично-кортикальных аутотрансплантатов не было.

У больного 58 лет через 6 мес после реконструкции ложного сустава большеберцовой кости на фоне облитерирующего атеросклероза сосудов нижних конечностей выявлена декомпенсация кровообращения оперированной конечности, по поводу чего выполнена ампутация голени.

Сращение по линии ложного сустава наблюдали в сроки, близкие к срокам сращения закрытых неосложненных переломов оперированного сегмента конечности. Сроки сращения ложных суставов диафизарной и метадиафизарной локализации превысили сроки сращения неосложненных переломов той же локализации в 1,1 раза. Сращение ложных суставов с дефектом боковой стенки наступало позднее сроков сращения закрытых неосложненных переломов той же локализации более чем в 1,2 раза. Средние сроки сращения ложных суставов эпиметафизарной локализации были меньше ожидаемых и в 0,9 раза короче сроков сращения неосложненных переломов той же локализации.

У больных с сопутствующим хроническим остеомиелитом в стадии ремиссии после сращения по линии ложного сустава в отдаленные сроки наблюдения (до 9 лет) признаков обострения остеомиелита не выявлено.

Динамическое наблюдение за группой больных после реконструкции ложного сустава с применением свободного реваскуляризируемого или ротированного на сосудистой ножке надкостнично-кортикального аутотрансплантата выявило закономерности течения остеорепаративных процессов в зоне ложного сустава.

Через 2—3 нед после операции рентгенологически определяли «размытость» костных поверхностей в области контакта надкостнично-кортикальной части аутотрансплантата с реципиентным ложем.

Через 5—7 нед отмечали отчетливые рентгенологические признаки начала сращения надкостнично-кортикальной части свободного реваскуляризируемого аутотрансплантата с реципиентным ложем.

Рентгенологические признаки сращения выявляли раньше со стороны свободного реваскуляризируемого аутотрансплантата, что лучше видно у больных с ложными суставами диафиза бедренной кости **(рис. 2)**.

В пред- и послеоперационном периоде проведено исследование гемодинамических показателей лучевой артерии у 8 больных с ложными суставами диафизов бедренной, большеберцовой и плечевой кости.

При дуплексном сканировании исследовали диаметр лучевой артерии и скоростные характеристи-

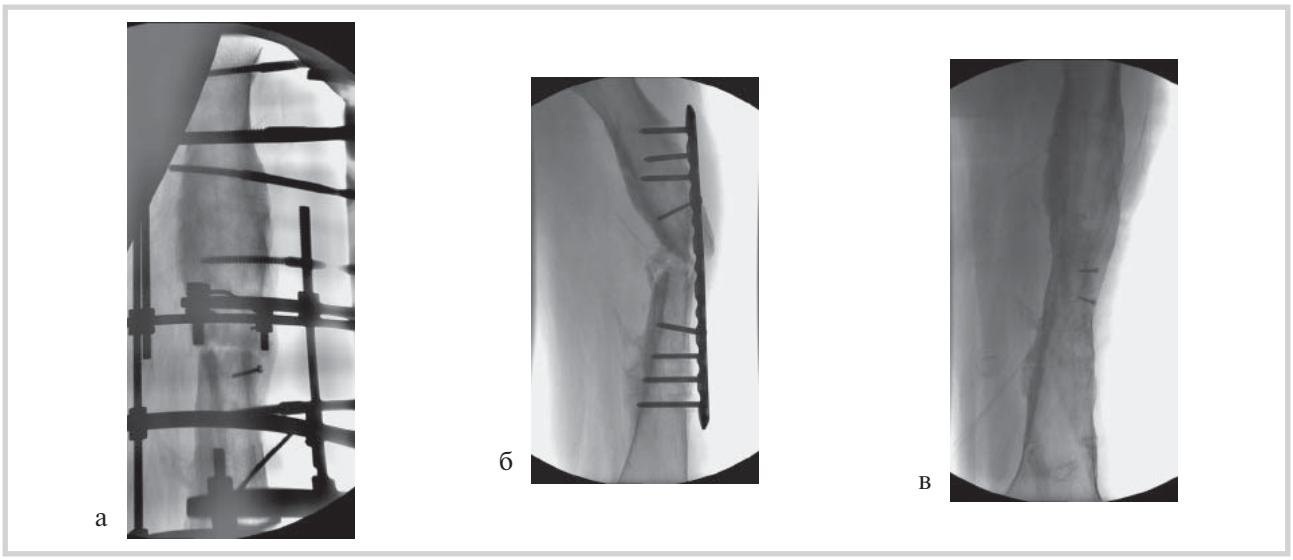


Рис. 2. **Рентгенограммы бедренной кости.**

а — атрофический ложный сустав со смещением металлофиксатора; б — через 3 мес после операции. Визуализируется консолидация фрагментов со стороны реваскуляризованного надкостнично-кортикального аутотрансплантата; в — начальные признаки формирования костномозгового канала через 1 год после аутотрансплантации реваскуляризированного надкостнично-кортикального аутотрансплантата.

ки тока крови в ней. Датчики прибора на этапе предоперационного обследования располагали над проекцией лучевого сосудистого пучка в верхней трети предплечья. В послеоперационном периоде исследование проводили в выбранной точке в сроки 5—7 дней, 3—4 нед, в последующем — одновременно с выполнением контрольных рентгенограмм и через 5—7 мес после сращения ложного сустава.

Диаметр лучевой артерии в исследуемой группе практически не менялся и составлял в среднем 2,4—2,3 мм.

Объемная скорость кровотока до операции равнялась в среднем 30,2 мл/мин.

На 5—7-е сутки после операции объемная скорость кровотока в среднем составляла 9,4 мл/мин. Через 3—4 нед этот показатель увеличился в 1,3 раза, составив в среднем 12,5 мл/мин, а через 1,5—2 мес — почти в 1,7 раза, до 16 мл/мин. Рентгенологическому определению признаков консолидации соответствовало или несколько опережало снижение объемной скорости кровотока в среднем до 14,7 мл/мин с последующим снижением до 11,9 мл/мин и тенденцией к стабилизации в течение 7-месячного периода после сращения ложного сустава.

Формирование костномозгового канала наблюдали в течение 1—2 лет.

При этом гипернакопление радиоизотопного фармакологического препарата в сросшейся кости и костях соседних сегментов конечности наблюдали до 5 лет после операции. Это свидетельствует о продолжении перестроечных процессов не только в костных фрагментах пораженного сегмента, но и в конечности в целом.

Наблюдение за больными в течение 6 лет после реконструкции ложных суставов эпиметафизарной локализации показало стабильное сохранение объема движений в суставах.

Известными свойствами микрохирургических комплексов тканей является хорошее осевое кровоснабжение и наличие жизнеспособных собственных клеток костной ткани. Реализация этих свойств в благоприятных условиях может способствовать поддержке остеогенеза тканей ложного сустава, а сам свободный реваскуляризируемый или ротируемый на сосудистой ножке аутотрансплантат можно рассматривать как дополнительный источник остеогенеза.

В основе ангиогенеза лежит реакция тканей на повреждение — асептическое воспаление, следствием которого становится клеточная пролиферация и ее неизбежный компонент — неоваскуляризация с формированием объединенного сосудистого русла между контактирующими тканями. Этот принцип используют, например, для предварительного формирования тканевых комплексов (хирургический метод префабрикации) [17, 19].

Высокая концентрация метаболитов в одной из тканевых зон стимулирует неоваскуляризацию с формированием обширной объединенной сосудистой сети. Этот феномен широко используют в пластической и реконструктивной хирургии для «тренировки» лоскутов на питающей ножке и аутотрансплантатов с промежуточной реваскуляризацией (кросс-пластике) [3, 4, 9].

Исходя из этого, можно предположить, что эффективность метода остеогенетической поддержки

ложного сустава хорошо кровоснабжаемым, тропным к костной ткани свободным реваскуляризируемым надкостнично-кортикальным аутотрансплантатом зависит от величины объемного кровотока в аутотрансплантате и степени ишемии костной ткани реципиентной области. При этом можно ожидать высокоактивного развития объединенной сосудистой сети за счет хорошо кровоснабжаемых тканей в зонах с худшими условиями питания тканей и большим накоплением метаболитов.

Известно, что после механического повреждения костей происходит гибель костных клеток в зоне перелома прежде всего из-за разрушения источников кровоснабжения [7, 10]. Это связано с тромбозом внутрикостных сосудов и лишением питания костных клеток, которые сохраняют жизнеспособность в присутствии питающего их капилляра, не далее 0,1—0,2 мм [13]. Следовательно, в свободном реваскуляризируемом или ротированном на сосудистой ножке костном аутотрансплантате жизнеспособными остаются лишь наиболее поверхностно расположенные клетки костной ткани, но и этого оказывается достаточно для запуска механизма репаративного остеогенеза.

Массив погибших костных клеток, по-видимому, не препятствует реканализации тромбированных внутрикостных сосудов, реваскуляризации и объединению сосудистой сети свободного реваскуляризируемого аутотрансплантата и реципиентной области, но в определенной степени является сдерживающим фактором в участии костных клеток аутотрансплантата в остеорепаративных процессах реципиентной области.

Исходя из этого, можно сделать вывод о наибольшей эффективности очагового применения на малой площади ишемизированной реципиентной зоны хорошо кровоснабжаемого тонкого надкостнично-кортикального аутотрансплантата.

Комплексная оценка рентгенологической картины и динамики гемодинамических показателей по артерии надкостнично-кортикального аутотрансплантата, расположенного в зоне ложного сустава, скорее всего отражала течение остеорепаративных процессов в зоне ложного сустава.

Общую схему изменений в зоне реконструкции можно представить следующим образом. Гемодинамические характеристики после восстановления кровообращения в аутотрансплантате малого размера и соответственно с малым объемом сосудистого русла по сравнению с сосудистым руслом донорской области показали существенное снижение объемной скорости кровотока. В последующем на фоне объединения сосудистого русла аутотрансплантата и реципиентной области за счет сброса артериальной крови из сосудов аутотрансплантата в ткани реципиентной области наблюдали увеличение объемной скорости кровотока. Это в целом совпадает с закономерностями образования костной мозоли и реваскуляризации костной ткани после переломов костей. При этом очевидно, что возможности артерии аутотрансплантата в обеспечении тканей кровью значительно превышают реальные потребности тканей аутотрансплантата, т.е артерия аутотрансплантата имеет дополнительный ресурс объемной скорости кровотока. Тем самым создаются условия для успешного объединения сосудистой сети хорошо кровоснабжаемого аутотрансплантата и реципиентной области со сбросом крови из сосудистого русла аутотрансплантата в ткани реципиентной области. Существенное увеличение объемной скорости кровотока по артерии надкостнично-кортикального аутотрансплантата в процессе лечения совпадало с течением репаративных процессов в области ложного сустава. Снижение активности остеорепаративного процесса, несколько опережавшее появление рентгенологических признаков сращения ложного сустава, отражалось на микроциркуляции костной ткани и приводило к уменьшению объемной скорости кровотока по питающей аутотрансплантат артерии. После сращения ложного сустава и восстановления функциональной активности оперированной конечности наблюдали стабилизацию объемной скорости кровотока по артерии аутотрансплантата. При этом показатели были выше, чем в ближайшие дни после операции на фоне асептического воспаления тканей аутотрансплантата и десимпатизации его сосудов, но существенно ниже, чем в период активности остеорепаративных процессов.

Напрашивается предположение о тесной связи проявлений остеогенетических свойств свободного реваскуляризируемого аутотрансплантата с особенностями его кровоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева А.А.* Ангиография в клинике травматологии и ортопедии. М: Медицина 1993; 51—89: 145—150.
2. *Буачидзе О.Ш.* Ложные суставы, неправильно сросшиеся переломы костей и их лечение. Несросшиеся и неправильно сросшиеся переломы костей конечностей. Республиканский сб. научн. трудов. М 1984; 7—11.
3. *Вихриев Б.С., Кичемасов С.Х., Скворцов Ю.Р.* Местные поражения холодом. СПб 1991; 189.
4. *Кичемасов С.Х.* Кожная пластика лоскутами с осевым кровоснабжением при термических поражениях IV степени: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Л 1990; 495.
5. *Ключевский В.В.* Хирургия повреждений. Ярославль: Диа-пресс 1999; 646.
6. *Ключевский В.В., Суханов Г.А., Соколов Н.В.* Остеосинтез титановыми стержнями в лечении несросшихся переломов и ложных суставов длинных трубчатых костей. Несросшиеся и неправиль-

но сросшиеся переломы костей конечностей. Республиканский сб. научн. трудов. М 1984; 25—27.

7. *Лаврищева Г.И., Карпов С.П., Бачу И.С.* Регенерация и кровоснабжение кости. Кишинев: Штиница 1981; 167.
8. *Ли А.Д., Баширов Р.С.* Руководство по чрескостному компрессионно-дистракционному остеосинтезу. Томск 2002; 307.
9. *Никитин Г.Д., Рак А.В., Линник С.А., Салдун Г.П., Кравцов А.Г., Агафонов И.А., Фахрутдинов Р.З., Хаймин В.В.* Хирургическое лечение остеомиелита. СПб: Русская графика 2000; 286.
10. *Оноприенко Г.А.* Васкуляризация костей при переломах и дефектах. М: Медицина 1993; 224.
11. *Оноприенко Г.А.* Компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в лечении псевдоартрозов длинных трубчатых костей. Несросшиеся и неправильно сросшиеся переломы костей конечностей. Республиканский сб. научн. трудов. М 1984; 14—17.
12. *Пшениснов К.П.* Принципы реконструкции нижней конечности. Избранные вопросы пластической хирургии 2003; 1: 9: 48.
13. *Хэм А., Кормак Д.* Гистология. М: Мир 1983; 3: 19—135.
14. *Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М.* Дефекты костей нижней конечности. Курган 1996; 494.
15. *Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М., Солдатов Ю.П.* Псевдоартрозы, дефекты длинных костей верхней конечности и контрактуры локтевого сустава. Курган 2001; 398.
16. *Chapman V.W., Mahoney M.* The role of early internal fixation in the management of open fractures. Clin Orthop 1983; 138: 120
17. *Ma Q., Mao T., Liu B., Zhao J. et al.* Vascular Osteomuscular Autograft Prefabrication Using Coral, Type I Collagen and Recombinant Human Bone Morphogenetic Protein-2. Br J Oral Maxillofac Surg 2000; 38: 5: 561—564.
18. *Sharma S., Tiwari P., Kasabian A.K., Longaker M.T.* Reconstraction of tibial defect with microvascular transfer of a previous fractured fibula. Ann Plast Surg 2000; 45: 2: 202—206.
19. *Terheyden H., Knak C., Jepsen S., Palmic S., Rueger D.A.* Mandibular Reconstruction with a Prefabricated Vascularized Bone Graft Using Recombinant Human Osteogenic Protein-1: An Experimental Study in Miniature Pigs. Part I: Prefabrication. Int J Oral Maxillofac Surg 2001; 30: 5: 373—379.

Поступила 08.08.12