

УДК 616.718.5-001.55-003.93:771.534.531

Борзунов Д.Ю., Чевардин А.Ю., Осипова Е.В.

ОСОБЕННОСТИ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В ЗОНЕ МЕЖБЕРЦОВОГО СИНОСТОЗА ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ

ФГБУ "Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г. А. Илизарова"

Представлены результаты исследования динамики репаративного остеогенеза при лечении по Илизарову с образованием межберцовых синостозов 47 больных в возрасте от 17 до 63 лет с диафизарными дефектами большеберцовой кости, подтвержденные данными непрямой компьютерной денситометрии изображений рентгенограмм.

Общим показанием к применению методики формирования клиновидного регенерата большеберцовой кости с образованием межберцового синостоза на вершине являлись диафизарные дефект-псевдоартрозы, сопровождавшиеся угловой деформацией, которая позволила в 78% случаев реабилитации больных нормализовать походку без использования дополнительных средств опоры.

Ключевые слова: дефект-псевдоартроз, большеберцовая кость, межберцовый синостоз, непрямая компьютерная денситометрия изображений рентгенограмм.

D. Y. Borzunov, A. Y. Chevardin, E. V. Osipova

FEATURES OF REPARATIVE REGENERATION IN THE AREA OF TIBIOFIBULAR SYNOSTOSIS BY TIBIAL DEFECT MANAGEMENT

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics

We present the results of study of reparative osteogenesis dynamics in managing tibial diaphysial defects using the Ilizarov method for formation of tibiofibular synostosis. 47 patients aged from 17 to 63 years were diagnosed by indirect computer densitometry radiographs.

The general indication to the use of the technique that formed a cuneiform regenerate in the tibia and tibiofibular synostosis at its apex was diaphysial defects-pseudoarthroses associated with angulation. Normal gait without additional supports was obtained in 78% of cases.

Key words: defect-pseudoarthrosis, tibia, tibiofibular synostosis, indirect computer densitometry, radiograph

Введение. Проблема восстановительного лечения больных с диафизарным дефектом большеберцовой кости различного генеза до настоящего времени остается актуальной, так как на данную локализацию приходится от 6,7 % до 50,6 % дефектов длинных костей [3, 4, 8, 9, 10].

Неудовлетворительные исходы при лечении больных с дефектами длинных костей с применением традиционной костной пластики раздельно или в комбинации, по данным разных авторов, составляют от 2,6 % до 53 %, а при врожденных дефектах - до 60%, что в 11,6% - 92% случаев приводит к инвалидности [1, 2, 11, 15]. Очевидно, что для достижения более благоприятных ре-

зультатов лечения пациентов со сложными диафизарными дефектами большеберцовой кости, осложненными грубыми рубцовотрофическими изменениями тканей и большим межотломковым диастазом с эбурнеацией концов отломков, альтернативой является использование малоберцовой кости [7, 12].

Вместе с тем, одномоментное перемещение малоберцовой кости при замещении субтотальных диафизарных дефектов может привести к параличу малоберцового нерва в 10,2% - 20% случаев, что необходимо учитывать при формировании межберцового синостоза (МБС) [13, 14].

Цель настоящего исследования - изучить и количественно оценить динамику

репаративного остеогенеза при лечении больных с диафизарными дефектами большеберцовой кости по Илизарову с образованием межберцовых синостозов.

Материал и методы. Изучены анатомо-функциональные результаты лечения 47 больных в возрасте от 17 до 63 лет с диафизарным дефектом большеберцовой кости посредством межберцового синостозирования при помощи аппарата Илизарова. Период наблюдения пациентов составил с 2000 по 2011 гг.

Общим показанием к применению методики формирования клиновидного регенерата большеберцовой кости с образованием МБС на вершине являлись диафизарные дефект-псевдоартрозы, сопровождавшиеся угловой деформацией. У всех больных основная патология сочеталась с рубцовыми изменениями мягких тканей в зоне несращения.

Технология остеосинтеза: под эпидуральной анестезией после обработки операционного поля растворами антисептиков проводили по 3 спицы через метафизы большеберцовой кости. Через концевые отделы отломков большеберцовой кости проводили по спице с упорной площадкой с выпуклой стороны угловой деформации. Спицы в натянутом состоянии закрепляли в 4-х кольцевых опорах, связанных шарнирными узлами. В зависимости от расположения рубцов по отношению к плоскости деформации голени, длины отломков большеберцовой кости, выраженности патологической подвижности в зоне межотломкового диастаза большеберцовой кости после выполнения остеотомии малоберцовой кости, методику выполняли тремя приемами перемещения малоберцовой кости: а - натяжением дугообразно изогнутой спицы; б - посредством спицы с упорной площадкой с помощью тракционного узла; в - с помощью двух спиц с упорной площадкой, проведенных через каждый отломок в плоскости истинной деформации.

С целью повышения эффективности и упрощения выполнения технологии остеосинтеза была разработана и внедрена полезная модель аппарата Илизарова. Аппа-

рат содержал раму из трех кольцевых опор, шарнирно соединенных между собой резьбовыми стяжками с возможностью изменения относительного положения, причем средняя кольцевая опора была оснащена тракционным узлом с закрепленной в нем спицей с упорной площадкой со стороны малоберцовой кости. Это делало возможным приближение малоберцовой кости после ее остеотомии к большеберцовой. Кроме того, средняя опора имела спицу, проходящую через дистальный отломок большеберцовой кости, проксимальная и дистальная опоры имели по три перекрещивающиеся спицы, причем одна из них одновременно проходила через большеберцовую и малоберцовую кости.

Перед началом работы с аппаратом выполняли контрольную рентгенографию для определения правильности установки шарниров, стержней.

Исправление деформации и формирование МБС осуществляли по следующим принципам.

На 5-7 день после операции начинали исправление угловой деформации берцовых костей за счет тракции средней кольцевой опоры по стержням с темпом 0,25 мм 3-4 раза в сутки с одновременной дистракцией по ее дистракционным узлам, темпом 0,25 мм 4 раза в сутки до нормокоррекции оси сегмента. После восстановления оси продолжали дозированное угловое смещение остеотомированной малоберцовой кости до контакта ее с периостом отломков большеберцовой кости на вершине формирующегося клиновидного дистракционного регенерата. В последующем осуществляли осевую поддерживающую компрессию по стержням по 1 мм 1 раз в 7-10 дней в зоне контакта концов отломков большеберцовой кости.

Рентгенографический контроль за структурным состоянием отломков берцовых костей в аппарате осуществляли ежемесячно. Вопрос об окончании дистракции и начале фиксации решали на основании клинических и рентгенологических данных.

Аппарат демонтировали при образовании кортикальных пластинок в зонах реге-

нерации и выраженному МБС, положительных клинических тестах: безболезненности при осевой нагрузке на конечность в условиях нестабильной фиксации отломков берцовых костей, отсутствии патологической подвижности в области дистракционного регенерата.

После демонтажа аппарата в обязательном порядке осуществляли рентгенологический контроль за состоянием берцовых костей для определения последующей тактики реабилитации и возможности функциональной нагрузки на конечность. Как правило, всем больным рекомендовали постепенно возрастающую нагрузку с переходом от пользования двумя костылями до трости в течение 2-3 месяцев. Решение о полной функциональной нагрузке принимали во время первого контрольного обследования больного в поликлинике Центра через 2-3 месяца после снятия аппарата.

У 17 пациентов на этапах лечения исследовали изображения рентгенограмм с помощью непрямой компьютерной денситометрии. Анализировали изображения рентгенограмм, выполненные до операции, в период дистракции (от 10 до 50 суток), через 30, 60, 90, 130 суток фиксации, в день снятия аппарата и через 1, 2, 3-4, 6-8 месяцев, 1, 2, 3-4, 5-6 лет после снятия аппарата.

Оцифровку и анализ изображений рентгенограмм осуществляли на аппаратно-программном комплексе "ДиаМорф" (Россия, г. Москва, регистрационное удостоверение МЗ РФ № 98 / 219 - 137), предназначенному для анализа и обработки изображений в клинической практике и научных исследованиях. В состав комплекса входили: персональный компьютер с аналого-цифровым преобразователем на базе процессора PentiumII, телекамера CCD ("Sony Сограгарейшн", Япония) установленная над софитным столиком, видеоконтрольное устройство, специализированное программное обеспечение (пакет прикладных программ "ДиаМорф-Сито" Версия 1.1).

Программное обеспечение позволяло вводить и сохранять на диске компьютера полуточновые изображения размером 256×256 точек (пикселей). Ввод изображений с

TV-камеры осуществляли с помощью операций накопления и усреднения кадров, что позволяло уменьшить влияние шумов. Диапазон накапливаемых и усредняемых кадров был определен эмпирически и равнялся 7.

Для стандартизации условий проведения измерений одновременно с изображением вводили объект известного размера, по которому в дальнейшем выполняли геометрическую калибровку.

После ввода изображений для их анализа разрабатывали макрос, представляющий собой записанную в файл последовательность операций ППП "ДиАМорф-Сито".

Алгоритм анализа изображений рентгенограмм по разработанному макросу включал:

1. Улучшение качества изображения с помощью высокочастотной фильтрации, позволяющей подчеркнуть границы объекта на полуточновом изображении.
2. Интерактивное (с помощью "мыши") выделение (оконтуривание) исследуемого участка. Полученный оверлейный контур, копировали на исходное изображение (не повреждавшееся фильтрации), удаляли изображение, находящееся вне контура, в результате на экране оставался участок, подлежащий анализу.
3. Бинарную сегментацию и идентификацию изображения исследуемого участка и измерение заданных параметров - площади и средней интенсивности (яркости).

Изображение, вводимое с TV-камеры преобразовали с помощью адаптера ввода телевизионного сигнала, т.е. производили пространственную дискретизацию изображения по решетке и его квантование по интенсивности света, прошедшего через каждый элемент раstra [6]. Интенсивность каждого элемента находилась в пределах от 0 (соответствующего черному цвету) до 255 (соответствующего белому цвету), т.е. яркость в каждой точке изображения была представлена одним из 256 значений. Полученное оцифрованное изображение состояло из отдельных элементов или пикселей, оптическая плотность которых характеризовало распределение структур с различной степенью минерализации в площа-

ди исследуемого объекта. Поэтому для более подробной характеристики динамики костеобразования и минерализации на этапах наблюдения выполняли идентификацию анализируемого участка без сегментации и измеряли интенсивность каждого пикселя выделенного участка.

Для возможности сопоставления оптических характеристик объектов на различных снимках выполняли оптическую калибровку, заключающуюся в измерении среднего значения интенсивности мягких тканей и фона изображения рентгенограммы на уровне выделенных объектов.

Полученные цифровые данные сохраняли в файле в формате DBF.

В табличном редакторе "MicrosoftExcel - 2010" составляли таблицы. Рассчитывали оптическую плотность (ОП) выделенных участков по формуле:

$$OD_i = \lg ((I_i - I_m) / I_o),$$

где OD_i - оптическая плотность i -го элемента изображения;

I_i - интенсивность i -го элемента изображения;

I_m - средняя интенсивность тени мягких тканей;

I_o - средняя интенсивность фона.

Диапазон оптических плотностей от 0,10 до 1,0 усл.ед. разбивали на 3 интервала, отражающих степень минерализации структур:

от 0,10 до 0,29 усл.ед. - с низкой степенью минерализации;

от 0,30 до 0,59 усл.ед. - среднеминерализованные;

от 0,60 усл.ед. и выше - высокоминерализованные.

В площади участка, которую принимали за 100%, определяли доли структур и их соотношение, имеющих оптическую плотность, соответствующую определенному интервалу.

Описательную статистику и статистический анализ количественных данных выполняли с помощью программ "Microsoft Excel - 2010" и программное обеспечение анализа данных AtteStat Версия 13.0 [5].

Цифровые данные представлены в виде среднего арифметического значения (M) и

стандартного отклонения (SD). В зависимости от результатов проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения закону нормального распределения при помощи одновыборочного теста Колмогорова-Смирнова, для оценки статистической значимости различий средних и медиан использовали критерии Стьюдента и Вилкоксона. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение.

Рентгенологическая динамика репаративного остеогенеза большеберцовой кости с формированием МБС отражала следующие изменения структуры.

- на рентгенограммах, выполненных в течение 25-30 дней после остеосинтеза определяли клиновидный межломковый диастаз, со стороны концов отломков больше берцовой кости прослеживали облаковидные продольные тени регенерата в виде неоднородных тяжей, более выраженные на вершине клиновидного диастаза (в месте контакта отломков большеберцовой кости). В области формирующего межберцового синостоза щель между берцовыми костями отсутствовала, признаки регенерации были более выражены, формирование регенерата происходило по типу контактного, прослеживали единичные поперечные "перемычки" выше и ниже контактирующих отломков берцовых костей, по плотности близкие к прилежащим отделам отломков;
- через 54- 60 дней остеосинтеза (период фиксации отломков) клиновидный межломковый диастаз на треть был заполнен продольно ориентированным регенератором, по форме напоминающим песочные часы и по плотности близким к прилежащим отделам большеберцовой кости. Присутствовал краевой дефект основания регенерата, корковая пластинка была не сформирована. Межберцовый синостоз был выражен, структура его близка к костной. Замыкательные пластинки на концах отломков большеберцовой кости стали более тонкими, остеопороз их усилился;
- через 118-125 дней после остеосинтеза

регенерат между отломками у всех больных был однородной плотности, четко выражен межберцовый синостоз. Регенерат по плотности приближался к соседним участкам кости;

- перед снятием аппарата во всех случаях клиновидный диастаз был заполнен регенератом с продольной ориентацией. Структура регенерата была однородной, корковая пластинка была сформирована, резко уменьшена высота склероза концов, замыкательные пластинки имели нечеткие границы. У 18 больных отмечали краевой дефект основания регенерата, но с учетом сформированного межберцового синостоза, общий диаметр новообразованной костной массы был сопоставим с диаметром большеберцовой кости вне зоны дефекта. У шести пациентов, кото-

рым применили в комбинации с остеосинтезом введение в зону псевдоартроза kostномозговой сусpenзии, общий срок лечения не отличался по сравнению с другими пациентами данной группы. Однако репаративная регенерация в зоне псевдоартроза протекала интенсивнее, что формировалось более плотного межотломкового регенерата. Межберцовый синостоз был выражен во всех случаях и по плотности был тождественен прилежащим отделам берцовых костей (рис. 1).

При лечении диафизарного дефекта псевдоартроза берцовых костей с оперативным формированием МБС на вершине закрытого клиновидного регенерата сроки исправления угловой деформации составили, по нашим данным, $28,5 \pm 4,0$ дней. Срок



А



Б

Рис. 1. Рентгенограммы больной X. до лечения (А) и после снятия аппарата (Б).

дистракции для коррекции укорочения $14,4 \pm 4,5$ дня. Срок образования межберцового костного синостоза составил $50,4 \pm 4,2$ дня, фиксация в аппарате $130,0 \pm 8,8$. Общий срок остеосинтеза в данной группе больных составил $148,3 \pm 9,7$ дня.

Результаты анализа изображений рентгенограмм, выполненных до операции, показали наличие в исследуемом участке костных структур с низкой и средней степенью минерализации, структуры с высокой степенью минерализации не определялись, что свидетельствовало об отсутствии зрелой костной ткани в межотломковом диастазе.

К 10 суткам дистракции средняя оптическая плотность исследуемого участка значительно увеличивалась до $0,52 \pm 0,07$ ($p < 0,05$) по сравнению с дооперационными значениями и существенно не изменялась до конца периода удлинения (50 суток). Изменение средних значений оптической плотности было связано с увеличением доли средне- и высокоминерализованных структур.

Через 30 суток фиксации происходило значимое снижение средней оптической плотности исследуемого участка до $0,44 \pm 0,13$ ($p < 0,05$) (рис. 2). Увеличение доли структур низкой степенью минерализации и уменьшение доли средне- и высокоминерализованных костных структур, возможно, было связано с началом процесса ремоде-

лирования костной ткани в исследуемом участке.

Начиная с 60 суток фиксации средняя оптическая плотность тени исследуемого участка на изображениях рентгенограмм постепенно увеличивалась и к демонтажу аппарата составляла $0,57 \pm 0,06$ усл.ед.. В исследуемом участке преобладали средне- и высокоминерализованные структуры, что свидетельствовало о консолидации отломков и возможности демонтажа аппарата.

После снятия аппарата значимых изменений показателей оптической плотности тени исследуемого участка не происходило. Ее средние значения находились в пределах от 0,51 до 0,59 усл.ед. и только к концу периода наблюдения (5-6 лет) снижались до $0,48 \pm 0,01$ усл.ед.. В новообразованном участке преобладали средне- и высокоминерализованные структуры, доля структур с низкой степенью минерализации была в четыре раза меньше по сравнению с дооперационными значениями (рис. 3).

Таким образом, методика закрытого формирования клиновидного регенерата большеберцовой кости с оперативным образованием МБС на вершине позволила в 78% случаев реабилитации больных нормализовать походку без использования дополнительных средств опоры. У всех больных улучшена осанка и получен выраженный косметичес-

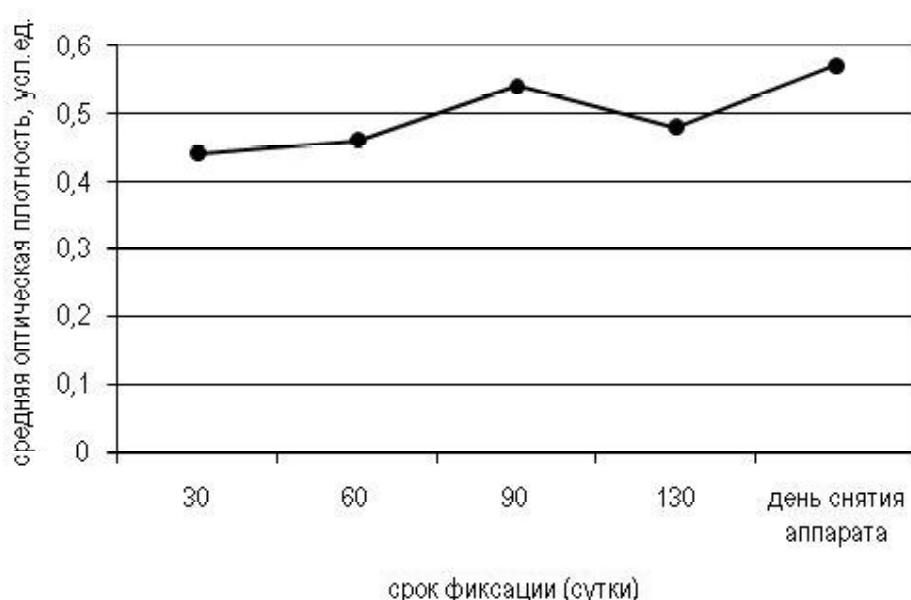


Рис. 2. Динамика СрОП тени межотломкового диастаза в период фиксации

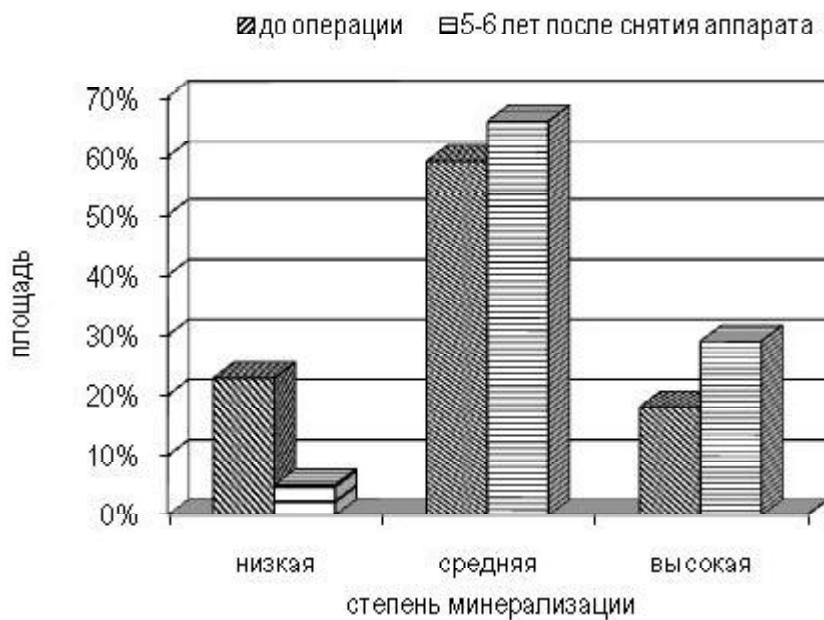


Рис. 3. Соотношение структур с различной степенью минерализации в новообразованном участке кости и межберцовом синостозе до операции и через 5-6 лет после демонтажа аппарата.

Примечание * - статистически значимые различия по сравнению с дооперационными значениями $p < 0,05$

кий эффект тканей голени без применения предварительной кожной пластики.

Выводы:

1. Реконструкция большеберцовой кости с использованием МБС позволяет демонтировать аппарат до достижения полной костной перестройки клиновидного дистракционного регенерата в зоне концов отломков без натяжения и некроза рубцово-измененных мягких тканей.
2. Ретроспективно оценивая опыт клинического применения методик с точки зрения влияния межберцового синостозирования на состояние и функцию голеностопного сустава, было выявлено прогressionирование явлений остеоартроза, что связано с нарушением биомеханики нагружения сустава и выпадением функции дистального межберцового синдесмоза.
3. В случаях, когда функция голеностопного сустава не нарушена, отсутствуют клинико-рентгенологические проявления остеоартроза, концы отломков большеберцовой кости не гипотрофичные, целесообразно при лечении больных с пост-

травматическими диафизарными псевдоартрозами большеберцовой кости применять другие методы (моно-или билокальный остеосинтез, блокируемый интрамедуллярный остеосинтез и др.)

4. Использование эффекта напряжения растяжением межотломковой ткани, открытого Илизаровым, в комбинации с формированием локального межберцового синостоза при замещении диафизарного дефекта большеберцовой кости возможно при врожденной этиологии заболевания, гипотрофичных концах отломков большеберцовой кости, выраженных изменениях (остеоартроз II-III степени или анкилоз) в голеностопном суставе. Достигая увеличения объема (массы) костного вещества в зоне несращения отломков за счет увеличения площади контакта костных фрагментов, обеспечивали полную и раннюю функциональную нагрузку конечности, улучшали статико-динамической функцию конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулхаков Н.Т. Лечение несросшихся переломов и ложных суставов костей голени со стимуляцией остеогенеза с применением кукумазина /Н.Т.Абдулхаков// Травматология и ортопедия в современном спектре: материалы VII съезда травматологов-ортопедов Узбекистана. - Ташкент, 2008. - С. 40-41.
2. Богов А.А. Ваккуляризованные кожные пластики несвободными осевыми лоскутами медиальной поверхности голени при сочетанных повреждениях голени и стопы у детей /А.А.Богов, Л.Я.Ибрагимов, Р.И.Муллин // Материалы симпозиума детских травматологов-ортопедов России с международным участием. - СПб., 2008. - С. 66-67.
3. Борзунов Д.Ю. Формирование межберцовых синостозов при замещении дефектов костей голени удлинением отломков /Д.Ю.Борзунов, В.Д.Макушин, А.Ю. Чевардин // Травматология и ортопедия России. - 2005. - №4. - С. 64-69.
4. Борзунов Д.Ю. Несвободная костная пластика по Илизарову в проблеме возмещения гетерогенных дефектов длинных костей /Д.Ю. Борзунов, В.Д. Макушин, А.Ю. Чевардин // Гений ортопедии. -2006. - №4. - С. 43-46.
5. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++ / И.П. Гайдышев. - СПб. : ВХВ-Петербург, 2004. - 512 с.
6. Диаморф-Сито: Интегрированный пакет прикладных программ анализа изображений: Руководство пользователя. Версия 1.1. Книга 2. [M.], 1995. - 179 с.
7. Органосберегающие операции. Межберцовое синостозирование аппаратом Илизарова / В. И. Шевцов[и др.]; под ред. В. И. Шевцова, В. Д. Макушина. - Курган, 2008. - 584 с.
8. Структура и функция мышц голени у больных с "острыми" посттравматическими дефектами большеберцовой кости / Т. И. Долганова[и др.]// Гений ортопедии. - 2006. - №1. - С. 57-62.
9. Чевардин А.Ю. Реконструкция берцовых костей при последствиях межберцового синостозирования // Гений ортопедии. - 2009. - №4. - С. 73-77.
10. Чевардин А.Ю. Анатомо-функциональная семиотика структурных изменений при истинном диафизарном дефекте большеберцовой кости (по материалам клиники Центра "ВТО" им. акад. Илизарова) // Гений ортопедии. - 2010. - №2. - С. 50-54.
11. Шевцов В. И. Лечение врожденных пороков развития берцовых костей / В. И. Шевцов [и др.]. - Курган : "Зауралье", 1999. - 582 с.
12. Combined single-stage osseous and soft tissue reconstruction of the tibia with the Ilizarov method and tissue transfer / M. D. McKee [et al.] // J. Orthop. Trauma. - 2008. - Vol.22, No3. - P. 183-189.
13. Pseudoarthroses, defects of the upper limb long bones and contractures of the elbow (base technologies for treatment with the Ilizarov fixator) / V. I. Shevtsov [et all]. - Kurgan. 2002. - 413 p.
14. Secondary Reconstruction after Vascularized Fibular Transfer / J. B. Jupiter [et al.] // J. Bone Jt. Surg. - 1993. - Vol.75-A, No10. - P. 1442-1450.
15. Free vascularized fibular graft vs. Ilizarov method for post-traumatic tibial bone defect / K. Yokoyama [et al.]// J Reconstr Microsurg.- 2001. - Jan;17(1):17-25. PMID: 11316280 [PubMed - indexed for MEDLINE]