

Замещение дефект-псевдоартрозов длинных костей в условиях комбинированного остеосинтеза (экспериментальное исследование)

А.А. Еманов, А.И. Митрофанов, Д.Ю. Борзунов

Filling long bone defect-pseudoarthroses under combined osteosynthesis conditions (An experimental study)

A.A. Emanov, A.I. Mitrofanov, D.Iu. Borzunov

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган
(директор — д. м. н. А. В. Губин)

Цель. Выявить особенности костеобразования при замещении дефекта голени у собак в условиях комбинированного (аппарат Илизарова и интрамедуллярный блокируемый штифт) остеосинтеза. **Материалы и методы.** Эксперимент выполнен на 5 взрослых беспородных собаках, которым моделировали метадиафизарный дефект-псевдоартроз большеберцовой кости. Далее производили интрамедуллярный остеосинтез с блокированием штифта в проксимальном отделе и накладывали аппарат Илизарова с последующей остеотомией в нижней трети. **Результаты.** Во всех экспериментах опорная функция конечности наступала к середине distraction и после снятия аппарата становилась более активной. Рентгенологически к середине distraction регенерат приобретал зональное строение, костные отделы которого представлены гомогенными тенями преимущественно периостальных структур. Срединная зона просветления занимала 35-40 % площади регенерата. К моменту снятия аппарата костные отделы регенерата в равной степени были представлены периостальными и эндостальными структурами, «зона роста» имела четкие границы и составляла 15-20 % от площади регенерата. К 30 суткам после удлинения, в большинстве опытов, регенерат утрачивал зональность, отмечалось формирование механически состоятельного регенерата. К этому сроку также отмечалась консолидация псевдоартроза. **Заключение.** Комбинированное использование различных технологий остеосинтеза позволило нам сократить продолжительность этапа аппаратной фиксации при сохраненном объеме восполнения дефицита костной ткани в условиях нарушенного внутрикостного кровоснабжения и эндостального костеобразования.

Ключевые слова: комбинированный остеосинтез, аппарат Илизарова, интрамедуллярный блокируемый штифт, дефект кости, эксперимент, голень.

Purpose. To reveal osteogenesis features for canine leg defect filling under combined (the Ilizarov fixator and an intramedullary locked pin) osteosynthesis. **Materials and Methods.** Five adult mongrel dogs used in the experiments. These dogs underwent modeling tibial defect-pseudoarthrosis. After that, intramedullary osteosynthesis performed with the pin locking in the proximal part, and the Ilizarov fixator applied with further osteotomy in the lower third. **Results.** The support function of the limb occurred by the middle of distraction and became more active after the fixator removal in all the experiments. By the middle of distraction, the regenerated bone acquired zonal structure by X-rays, and its osseous parts looked like homogenous shadows of mainly periosteal structures. The median zone of radiolucency accounted for 35-40 % of the regenerated bone area. By the moment of the fixator removal, the osseous parts of the regenerated bone presented as periosteal and endosteal structures, "growth plate" had well-defined boundaries and accounted for 15-20 % of the regenerated bone area. By 30 days after lengthening the regenerated bone lost zoning in most experiments, and formation of mechanically strong regenerated bone observed. Pseudoarthrosis consolidation noted by the same period as well. **Conclusion.** The combined use of osteosynthesis various technologies allowed us to reduce the duration of device fixation stage with the kept volume of filling bone tissue deficit under the conditions of disordered intraosseous blood supply and endosteal osteogenesis.

Keywords: combined osteosynthesis, the Ilizarov fixator, intramedullary locked pin, bone defect, experiment, leg.

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментально апробированные технологии чрескостного остеосинтеза были успешно внедрены в восстановительное лечение пациентов с дефектами и ложными суставами длинных костей [5-7, 11, 14]. Однако интенсификация лечебного процесса, необходимость сокращения сроков стационарного лечения определяет необходимость внедрения малоинвазивных технологий блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза при лечении пациентов с последствиями травм конечностей [1, 4, 13]. Данная методика нашла применение в комбинации с чрескостным остеосинтезом при удлинении конечностей и позволяет сократить период аппаратной фиксации [2, 16, 19].

В доступной нам иностранной литературе представлены результаты клинических и экспериментальных исследований, посвященных сравнительному анализу результативности методик удлинения конечности при

использовании комбинированного (интрамедуллярная и наружная фиксация) остеосинтеза [15, 17, 18]. При комбинированном остеосинтезе было выявлено сокращение продолжительности периода аппаратной фиксации, сроков формирования полноценного регенерата, количества воспалительных осложнений при использовании наружных фиксаторов (спиц, стержней), а также раннее восстановление функции смежных суставов у пациентов. Экспериментальные исследования, проведенные отечественными авторами [12], выявили, что в условиях комбинированного distractionного остеосинтеза регенерат имел типичное строение, формирование которого протекало преимущественно за счет периостальных структур.

Цель работы – выявить особенности костеобразования при замещении дефекта голени у собак в условиях комбинированного (аппарат Илизарова и интрамедуллярный блокируемый штифт) остеосинтеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент был выполнен на 5 взрослых беспородных собаках в возрасте от 1 до 4 лет, массой 15-24

кг с длиной голени в среднем $18 \pm 0,5$ см. Всем животным выполняли чрескостный остеосинтез аппаратом

Илизарова, моделировали дефект кости 2 см в верхней трети голени (рис. 1, а). При формировании пострезекционного дефекта в проксимальном метадиафизе большеберцовой кости повреждали а. nutriticia в месте вхождения ее в кость и, соответственно, нарушали магистральный кровоток по ее бассейну в дистальном отломке, подлежащем удлинению [9]. Далее постепенно в течение недели осуществляли компрессию зоны межотломкового диастаза с темпом 2 мм в сутки. По достижении диастаза 4-5 мм отломки переводили на режим нейтральной фиксации. Через 2 месяца рентгенологически в диастазе отмечали единичные гомогенные тени, определяли формирование замыкательных пластинок на концах отломков с частичным закрытием костномозгового канала, выявляли незначительный остеопороз, что свидетельствовало о формировании псевдоартроза большеберцовой кости (рис. 1, б). Оперативное вмешательство начинали с демонтажа аппарата Илизарова для беспрепятственного введения штифта в костномозговую полость. Затем производили интрамедуллярный блокируемый остеосинтез системой «I-Loc» (Biomedtrix). Для этого формировали точку ввода штифта через плато большеберцовой кости, рассверливали костномозговую полость до соответствующего диаметра, разрушая замыкательную пластинку. Вводили штифт и в области проксимального отдела кости блокировали двумя болтами. Далее выполняли чрескостный остеосинтез аппаратом Илизарова из трех опор, проводили перекрест спиц, осуществляли компрессию на стыке отломков и остеотомию долотом в нижней трети костей голени (рис. 1, в).

Через 5 суток после остеосинтеза в области остеотомии начинали дистракцию с темпом 0,75 мм в сутки за 6 приемов в течение 28 суток. Величина удлинения в среднем составила $11,3 \pm 0,3$ %. Учитывая, что в области псевдоартроза был неполный контакт между отломками, в период дистракции ежедневно осуществляли поддерживающую компрессию аппаратом Илизарова. После завершения удлинения через 7-10 суток в дистальном отделе кости штифт блокировали двумя шурупами и аппарат Илизарова демонтировали.

Клиническое наблюдение за животными осуществляли на протяжении всего периода опыта. При этом учитывали общее состояние животных, отмечали функцию конечности, объем движения в суставах, состояние мягких тканей в области входа и выхода спиц. Контрольную рентгенографию производили на переносном рентгеновском аппарате «Compastr» (Милан, Италия) до операции, после моделирования дефекта и каждые две недели последующей фиксации, далее после комбинированного остеосинтеза еженедельно. Статистическую обработку материала осуществляли в программе Microsoft Excel, достоверность различий оценивали с использованием t-критерия Стьюдента [3].

На проведение экспериментальных исследований получено разрешение комитета по этике при ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава РФ. Содержание животных, оперативные вмешательства осуществляли согласно Приказу Минздрава СССР от 12.08.1977 г. № 755 и требований Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (1986, Страсбург).

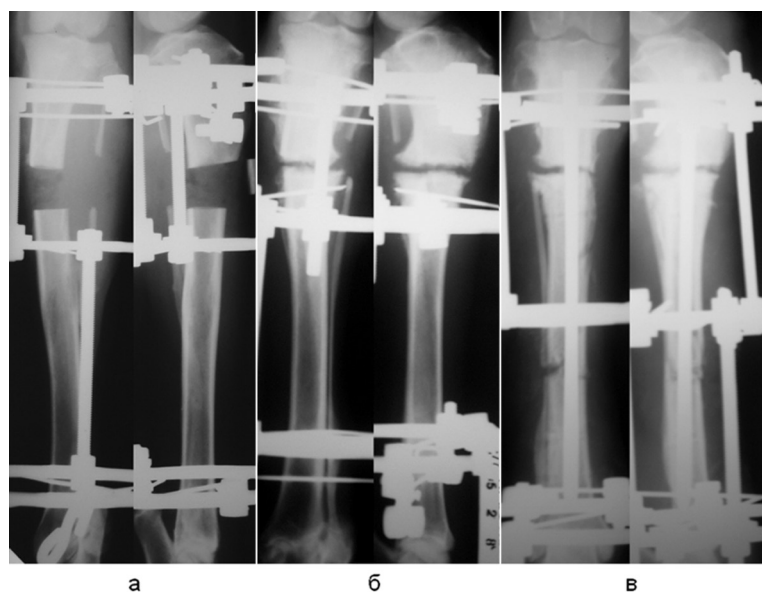


Рис. 1. Рентгенограммы костей голени собаки (прямая и боковая проекция): а – после моделирования дефекта; б – через 2 месяца; в – после комбинированного остеосинтеза

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех животных после операции отмечали отек мягких тканей в области голени, который увеличивался до 2 см к третьему дню опыта и опускался на лапу, затем постепенно исчезал к 7 суткам удлинения. На третьи сутки после операции собаки пользовались конечностью в статике, к середине дистракции осторожно приступали при движении (рис. 2, в). Ко второй неделе фиксации (момент снятия аппарата Илизарова) животные активно пользовались конечностью в виде хромоты опирающегося типа.

Прорезывание кожи в двух случаях отмечали у верхних пар спиц на третьей неделе дистракции. На момент окончания удлинения амплитуда движений в коленном суставе составляла 110° (сгибание – 50° , разгибание – 160°), в скакательном – 80° (сгибание – 70° , разгибание – 150°). Через три недели после снятия аппарата объем движений в коленном суставе приближался к норме, а в скакательном составлял 110° (сгибание – 50° , разгибание – 160°). Полное восстановление функции конечности и восста-

новление объема движений в смежных суставах наступало через два месяца после снятия аппарата.

К 14 суткам удлинения диастаз составлял $10 \pm 0,3$ мм. Дистракционный регенерат имел зональное строение. При оптической визуализации рентгенограмм зона стыка отломков слабо просматривалась. В трех случаях эндостальные гомогенные тени костных отделов регенерата имели высоту $2,4 \pm 0,4$ мм, периостальные наслоения на отломках имелись в виде бахромы протяженностью $13 \pm 1,2$ мм и толщиной до 0,5 мм (рис. 2, а). В двух случаях срединная зона просветления имела зубчатые контуры, ее перекрывали единичные трабекулярные тени, периостальные напластования располагались на всем протяжении отломков толщиной $2,7 \pm 0,4$ мм (рис. 2, б). Во всех случаях отмечали незначительный остеопороз в дистальном отделе большеберцовой кости.

К 28 суткам дистракции также определялась зональность регенерата, его костные отделы имели высоту $5,7 \pm 0,3$ мм, периостальные напластования на отлом-

ках протяженностью $18 \pm 0,5$ мм и толщиной до 1 мм (рис. 3, а). В двух случаях срединную зону просветления также пересекали единичные трабекулярные тени, периостальные напластования на отломках были более плотные и достигали толщины $3,7 \pm 1,1$ мм (рис. 3, б).

К моменту блокирования штифта (7-10 сутки фиксации) срединная зона просветления высотой $2,5 \pm 0,4$ мм имела четкие границы. У основания костных отделов в проекции эндоста отмечали участки пониженной интенсивности (дополнительные зоны просветления), в интрамедиарной зоне определяли формирование кортикальных пластинок (рис. 4, а).

К 30 суткам после удлинения рентгенологически в трех экспериментах отмечали консолидацию псевдоартроза. Зональность регенерата утрачивалась. Происходило формирование единой кортикальной пластинки. Вокруг штифта определяли муфту пониженной интенсивности (рис. 4, б). В двух случаях аналогичную рентгенологическую картину отмечали к 45 суткам фиксации.

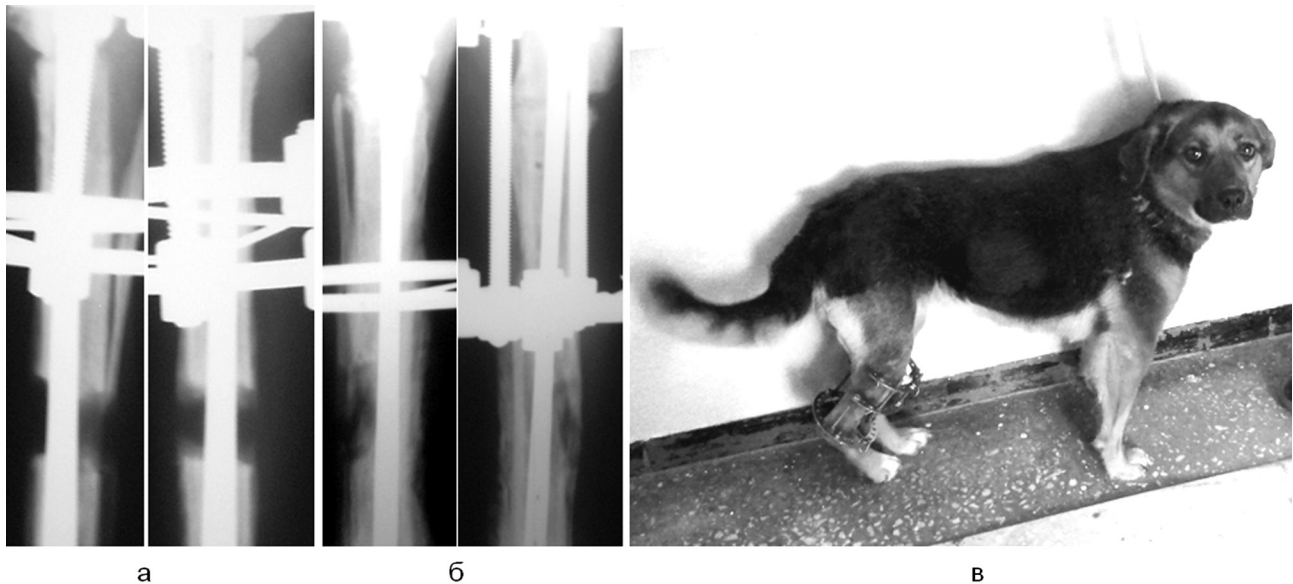


Рис. 2. Дистракция 14 суток: а, б – фрагменты рентгенограмм костей голени собаки; в – животное в аппарате

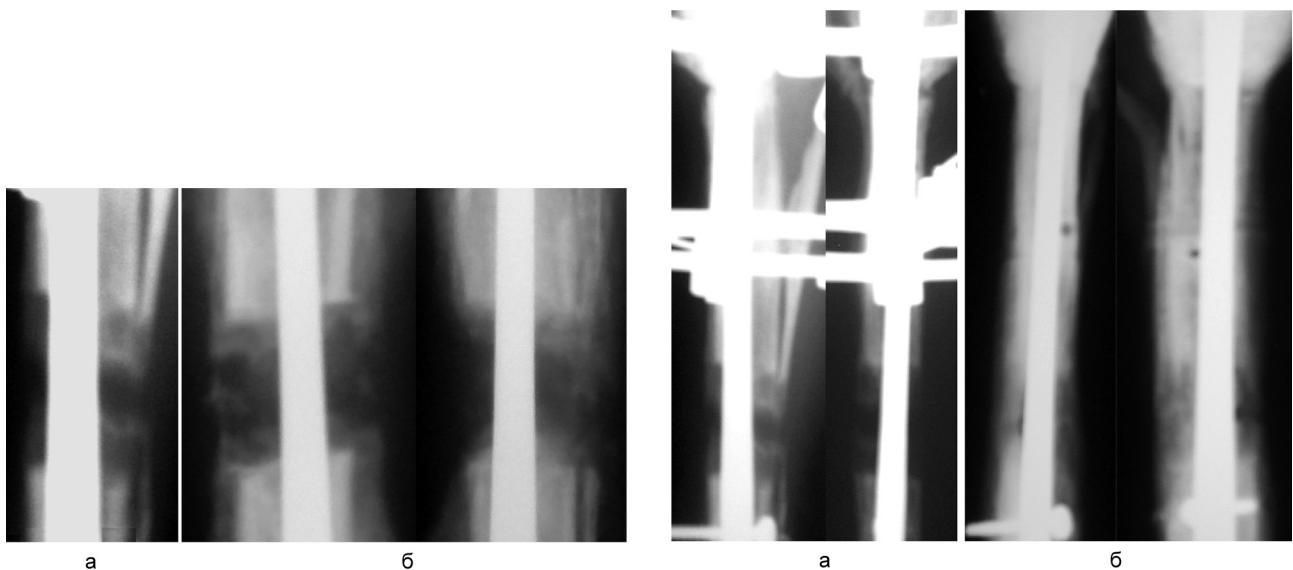


Рис. 3. Фрагменты рентгенограмм голени, дистракция 28 суток: а – собака № 5224; б – собака № 5063

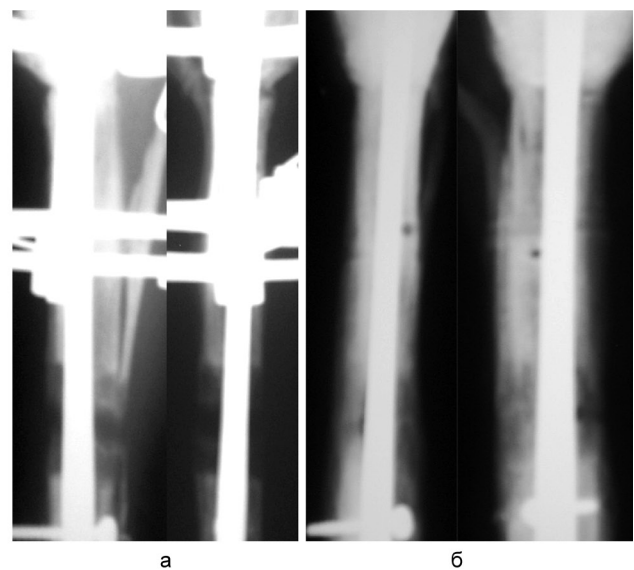


Рис. 4. Фрагменты рентгенограмм костей голени: а – фиксация в аппарате 7 суток, б – 30 суток после окончания удлинения

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования выявлено, что при замещении дефекта в условиях комбинированного остеосинтеза животные чувствовали себя удовлетворительно. Опорная функция конечности наступала к середине distraction и после снятия аппарата становилась более активной. Ограничение движений в смежных суставах к концу distraction существенно не отличалось от классического удлинения аппаратом Илизарова, при этом после снятия аппарата объем движений в смежных суставах восстанавливался в более короткие сроки. На рентгенограммах к середине distraction регенерат приобретал зональное строение, его костные отделы высотой от 2 до 5 мм были представлены гомогенными тенями преимущественно в периостальной части регенерата. Срединная зона просветления в большинстве экспериментов имела четкие границы и ее пересекали единичные трабекулярные тени, занимая 35-40 % площади регенерата. К моменту снятия аппарата костные отделы регенерата в равной степени были представлены периостальными и эндостальными структурами, «зона роста» составляла уже 15-20 % от общей площади регенерата. К 30 суткам после удлинения в большинстве случаев регенерат утрачивал зональность. Периостальные напластования компактизировались. Отмечали формирование механически состоятельного регенерата. К этому сроку также отмечалась консолидация ложного сустава.

Ранее в РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова были проведены комплексные исследования, посвященные вопросам репаративного костеобразования при моделировании процесса замещения пострезекционных дефектов берцовых костей аналогичной величины. Были выявлены особенности регенерации костной ткани в условиях сохранения и нарушения внутрикостного кровообращения при различных темпах distraction (1 и 0,5 мм в сутки за 4 приема). Период фиксации сегмента аппаратом Илизарова после замещения дефекта перемещенным несвободным аутооттрансплантатом продолжался до 90 дней. Структурная организация формируемого distractionного регенерата до 4 недель опытов имела количественные различия, связанные с условиями кровоснабжения перемещаемого фрагмента [8, 10]. Несмотря на нарушение кровоснабжения в удлиняемом отломке и слабовыраженного эндостального костеобразования, в нашей серии опытов восстановление опороспособности конечности стало возможным ко второй неделе фиксации, что позволило нам выполнить дистальную блокировку штифта и демонтировать аппарат Илизарова.

Таким образом, комбинированное использование различных технологий остеосинтеза позволило нам сократить продолжительность этапа аппаратной фиксации при сохраненном объеме восполнения дефицита костной ткани в условиях нарушенного внутрикостного кровообращения и эндостального костеобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш А. П., Барабаш Ю. А. Интрамедуллярная система фиксации FIXION в лечении переломов, ложных суставов длинных костей // Гений ортопедии. 2010. № 2. С. 44-49.
Barabash AP, Barabash YuA. Intramedullary fixation system FIXION in treatment of fractures, pseudarthroses of long bones. Genij Ortop. 2010;(2):44-49.
2. Борзунов Д. Ю. Использование чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза при лечении пациентов с последствиями переломов длинных костей / тез. V науч.-практ. конф. по проблемам лечения переломов костей "БИОС-2010" "Происхождение остеосинтеза" / Д. Ю. Борзунов, А. И. Митрофанов, О. В. Колчев // Остеосинтез. - 2010. - № 1 (10). - С. 15-17.
Borzunov DIu, Mitrofanov AI, Kolchev OV. Tez. V nauch.-prakt. konf. po problemam lecheniya perelomov kostei "BIOS-2010" "Proiskhozhdenie osteosinteza" ["The origin of Osteosynthesis": Abstracts of V Scientific-and-practical Conference on the problems of bone fracture treatment "BIOS-2010"]. Osteosintez. 2010;(1(10)):15-17.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика : пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
Glants S. Mediko-biologicheskaya statistika: per.s angl [Medical-and-biological statistics: Translated from English]. M: Praktika, 1998. 459 s.
4. Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей // Вопр. реконструкт. и пласт. хирургии. 2003. № 4. С. 34-36.
Evropeiskaya konventsia po zashchite pozvonochnykh zhivotnykh, ispol'zuemykh dlya eksperimental'nykh idrugikh nauchnykh tselei [The European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes]. Vopr Rekonstrukt i Plast Khir. 2003;(4):34-36.
5. Замкнутый интрамедуллярный остеосинтез в лечении несращений длинных костей : мед. технология / ФГУ «УНИИТО им. В. Д. Чаклина Росмедтехнологий ; сост.: А. Н. Челноков, Л. Н. Соломин, П. А. Иванов, Д. А. Бекреев. Екатеринбург, 2009. 38 с.
Chelnokov AN, Solomin LN, Ivanov PA, Bekreev DA, sost. Zakrytyi intramedullarnyi osteosintez v lechenii nesrashchenii dlinnykh kostei: med. tekhnologiya. FGU «UNIITO im. VD. Chaklina Rosmedtekhnologii [Closed intramedullary osteosynthesis in the treatment of long bone non-unions: a medical technology. Federal State Institution "The Urals Chaklin Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedics" of Russian Medical Technology]. Ekaterinburg, 2009. 38 s.
6. Куфтырев Л. М., Борзунов Д. Ю., Болотов Д. Д. Вариант использования дополнительной остеотомии при замедленном формировании distractionного регенерата // Гений ортопедии. 2003. № 1. С. 51-53.
Kuftirev LM, Borzunov DYu, Bolotov DD. Variant ispol'zovaniia dopolnitel'noi osteotomii pri zamedlennom formirovani distraktsionnogo regenerata [A variant of additional osteotomy use in cases of delayed formation of distraction regenerated bone]. Genij Ortop. 2003;(1):51-53.
7. Куфтырев Л. М. Рентгенологическая характеристика формирования distractionного и контактного регенерата при возмещении диафизарных дефектов бедра по Илизарову // Материалы XXV юбилейной научно-практической конференции врачей Курганской области, посвященной 50-летию Курганской области, Курган, 1992. С. 45-46.
Kuftirev LM. Materialy XXV iubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii vrachei Kurganskoi oblasti, posviashchennoi 50-letii Kurganskoi oblasti [Materials of XXV anniversary scientific-and-practical Conference of physicians of the Kurgan region devoted to 50th anniversary of the Kurgan region]. Kurgan, 1992:45-46.
8. Ларионов А. А. Сравнительная оценка реваскуляризации массивного свободного аутооттрансплантата при distraction и компрессии длинной трубчатой кости // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. 1990. № 2. С. 5-11.
Larionov AA. Sravnitel'naya otsenka revaskuliarizatsii massivnogo svobodnogo autotransplantata pri distraktsii i kompressii dlinnoi trubchatoy kosti [Comparative evaluation of free massive autograft revascularization for distraction and compression of the long tubular bone]. Arkh Anat Gistol Embriol. 1990;(2):5-11.

9. Ларионов А. А., Смотров Л. А. Васкуляризация голени при замещении дефекта удлинением отломка по Илизарова (экспериментальное исследование) // Ортопедия, травматология и протезирование. 1990. № 10. С. 32-35.
Larionov AA, Smotrova LA. Vaskuliarizatsiia goleni pri zameshchenii defekta udlineniem otlomka po Ilizarova (eksperimental'noe issledovanie) [Vascularization of the crus in defect substitution by lengthening of fractured fragment using Ilizarov's method (an experimental study)]. Ortop Travmatol Protez. 1990 Oct;(10):32-35.
10. Оноприенко Г. А. Васкуляризация большеберцовой кости собаки в норме // Арх. анатомии. 1972. № 4. С. 84-86.
Onoprienko GA. Vaskuliarizatsiia bol'shebertsovoi kosti sobaki v norme [Normal canine tibial vascularization]. Arkh Anat. 1972;(4):84-86.
11. Оптимизация условий управления репаративным процессом при замещении дефектов трубчатых костей по Илизарову / А. П. Барабаш, К. С. Десятниченко, А. А. Ларионов, А. Д. Наумов // Труды IV Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. Л., 1985. С. 190-194.
Barabash AP, Desiatnichenko KS, Larionov AA, Naumov AD. Trudy IV Vserossiiskogo s"ezda travmatologov-ortopedov [Proceedings of IV All-Russian Congress of traumatologists-and-orthopedists]. L, 1985:190-194.
12. Пожарищенский К. Э. Варианты сращения отломков со сложной формой концов при возмещении дефектов большеберцовой кости методом удлинения отломков по Илизарову // Материалы XXIV научно-практической конференции врачей Курганской области. Курган, 1992. С. 74-76.
Pozharishchenskii KE. Materialy XXIV nauchno-prakticheskoi konferentsii vrachei Kurganskoi oblasti [Materials of XXIV scientific-and-practical Conference of physicians of the Kurgan region]. Kurgan, 1992:74-76.
13. Степанов М. А., Кононович Н. А., Горбач Е. Н. Репаративная регенерация костной ткани при удлинении конечности методикой комбинированного дистракционного остеосинтеза // Гений ортопедии. 2010. № 3. С. 89-94.
Stepanov MA, Kononovich NA, Gorbach EN. Reparativnaia regeneratsiia kostnoi tkani pri udlinenii konechnosti metodikoi kombinirovannogo distraktsionnogo osteosinteza [Bone tissue reparative regeneration for limb lengthening by the technique of combined distraction osteosynthesis]. Geniy Ortop. 2010;(3):89-94.
14. Челноков А. Н., Виноградский А. Е. Закрытый интрамедуллярный остеосинтез в лечении несращений длинных трубчатых костей // Здравоохранение Башкортостана. 2004. № 6. Спец. вып. С. 86-87.
Chelnokov AN, Vinogradskii AE. Zakrytyi intramedullarnyi osteosintez v lechenii nesrashchenii dlinnykh trubchatykh kostei [Closed intramedullary osteosynthesis in treatment of non-unions of long tubular bones]. Zdravookhranenie Bashkortostana. 2004;(6, Spets. Vyp):86-87.
15. Шевцов В. И., Макушин В. Д., Куфтырев Л. М. Лечение дефектов нижней конечности. Курган, 1999. 569 с.
Shevtsov VI, Makushin VD, Kuftyrev LM. Lechenie defektov nizhnei konechnosti [Treatment of lower limb defects]. Kurgan, 1999. 569 s.
16. L'allongement progressif des membres par clou mécanique centro-médullaire d'allongement: étude expérimentale chez le mouton. Comparaison du régénérat obtenu par fixation externe et par clou centro-médullaire / J. Caton, J. Rubini, J.-C. Panisset, D. Fau, J.M. Guichet, M. Arlot, J.P. Roux, P. Braillon, L.M. Patricot // Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 2001. Vol. 87, No 3. P. 237-247.
Caton J, Rubini J, Panisset JC, Fau D, Guichet JM, Arlot M, Roux JP, Braillon P, Patricot LM. [Progressive limb lengthening with a centromedullary nail versus an external fixator: experimental study in sheep]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2001 May;87(3):237-247.
17. Allongement du femur par fixation externe et enclouage centro-médullaire / D. Paley, J.E. Herzenberg, D. Marr, K. Netsworth, J.A. Goulet // Les inégalités de longueur des membres inférieurs. Collection Pathologie locomotrice n°28 / ed. by A. Dimeglio, J. Caton, C. Hérisson, L. Simon. Paris : Masson, 1994. P. 130-135.
Paley D, Herzenberg JE, Marr D, Netsworth K, Goulet JA. Allongement du femur par fixation externe et enclouage centro-médullaire. In: Les inégalités de longueur des membres inférieurs. Eds: A. Dimeglio, J. Caton, C. Hérisson, L. Simon. Paris: Masson, 1994:130-135.
18. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening / D. Paley, J.E. Herzenberg, G. Paremian, A. Bhavé // J. Bone Joint Surg. AM. 1997. Vol. 79-A, No 10. P. 1464-1480.
Paley D, Herzenberg JE, Paremian G, Bhavé A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. J Bone Joint Surg Am. 1997 Oct;79(10):1464-1480.
19. Limb lengthening over an intramedullary nail. An animal study and clinical report / C.C. Lin, S.C. Huang, T.K. Liu, M.W. Chapman // Clin. Orthop. Relat. Res. 1996. Vol. 330. P. 208-216.
Lin CC, Huang SC, Liu TK, Chapman MW. Limb lengthening over an intramedullary nail. An animal study and clinical report. Clin Orthop Relat Res. 1996 Sep;(330):208-216.
20. Simpson A.H., Cole A.S., Kenwright J. Leg lengthening over an intramedullary nail // J. Bone Joint Surg. Br. 1999. Vol. 81-B, No 6. P. 1041-1045.
Simpson AH, Cole AS, Kenwright J. Leg lengthening over an intramedullary nail. J Bone Joint Surg Br. 1999 Nov;81(6):1041-1045.

Рукопись поступила 30.04.2013.

Сведения об авторах:

1. Еманов Андрей Александрович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, старший научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, к. в. н.
2. Митрофанов Александр Иванович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 16, врач травматолог-ортопед, к. м. н.
3. Борзунов Дмитрий Юрьевич – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, заместитель директора по научной работе, д. м. н.