

УДК 616.71-018.4-007.234-089.818.3

## О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ОСТЕОГЕНЕЗА ПРИ УДЛИНЕНИИ КОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ИММОБИЛИЗАЦИОННОГО ОСТЕОПОРОЗА

Гюльназарова С.В., Ганжа А.А.

ФГБУ «Уральский НИИ травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина» Минздрава России,  
Екатеринбург, e-mail: gans\_aa@mail.ru

В эксперименте проведено изучение морфоструктурных особенностей динамики репаративного остеогенеза при удлинении костей в условиях экспериментального иммобилизационного остеопороза. Опыты выполнены на взрослых беспородных собаках ( $n = 41$ ), которым предварительно формировали неопорную заднюю конечность, создавая ложный сустав костей голени в средней трети путем резекции 15% её длины. После изготовления гистологических препаратов, окрашивания их гематоксилином – эозином, по Ван Гизону, а также в части случаев использовалась импрегнация серебром по Футу, выполнялась микроскопия костных срезов с последующим статистическим анализом полученных данных. Выявленные закономерности морфологических проявлений репаративного остеогенеза у животных с остеопорозом оказались аналогичными таковым при удлинении костей здоровых лабораторных животных. Это свидетельствует о физиологической детерминированности дистракционного остеогенеза независимо от исходной структуры костной ткани.

**Ключевые слова:** иммобилизационный остеопороз, репаративный остеогенез, дистракционный регенерат, аппарат Илизарова

## ABOUT THE REGULARITIES OF BONE LENGTHENING OSTEOGENESIS IN CONDITIONS OF IMMOBILIZE OSTEOPOROSIS

Gyulnazarova S.V., Ganzha A.A.

Ural Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedics  
named after V.D. Chaklin, Ekaterinburg, e-mail: gans\_aa@mail.ru

The morphostructural features of reparative osteogenesis of bone lengthening in conditions of experimental immobilize osteoporosis were studied. The experiments were performed in adult outbred dogs ( $n = 41$ ). In advance immobilize osteoporosis was simulated by bone resection of 15% length in the middle third shin, creating pseudoarthrosis. The bone samples were made, staining with hematoxylin – eosin, Wan Gison. In some cases silver impregnation by Foote was used. Microscopy of histological samples were performed, followed by statistical analysis of the obtained data. Regularities of morphological manifestations of reparative osteogenesis in osteoporosis animals were similar to osteogenesis in the healthy laboratory animals with bone elongation. It indicates that distractional osteogenesis is determined physiologically independently the initial bone tissue structure.

**Keywords:** immobilize osteoporosis, reparative osteogenesis, distraction regenerate, Ilizarov apparatus

Изучению закономерностей влияния дистракции на процессы костеобразования посвящено большое число исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Накопленные экспериментальные данные показали, что дозированное растяжение костных отломков в условиях их стабильной фиксации является высокоэффективным методом воспроизводства новообразованной кости, обладающей присущими ей органотипическими свойствами [1, 2, 4, 6, 8, 9]. Результаты этих исследований были использованы для разработки дистракционных способов лечения взрослых пациентов и детей с переломами, различными ортопедическими заболеваниями, а также в эстетической хирургии.

Костеобразование в условиях дистракции изучалось, как правило, на здоровых лабораторных животных, не имевших каких-либо патологических изменений костной ткани. В практической работе врачи

часто сталкиваются с патологической перестройкой костной ткани при травмах и заболеваниях локомоторной системы, что не позволяет напрямую перенести результаты экспериментов в клинику [7]. Особое внимание в настоящее время уделяется проблеме лечения переломов костей, осложненных иммобилизационным остеопорозом (ИОП), в связи с высокой встречаемостью этой патологии [3, 5, 10, 11].

**Целью настоящего исследования** явилось изучение особенностей репаративного остеогенеза при удлинении костей в условиях экспериментального ИОП.

### Материалы и методы исследования

Эксперименты выполнены на взрослых беспородных собаках ( $n = 41$ ), которым предварительно формировали неопорную заднюю конечность. С этой целью создавали ложный сустав костей голени путем резекции 15% длины её в средней трети. Через 3,5–4 месяца у всех собак были сформированы псевдоартрозы голени с резко выраженной патологической

подвижностью отломков вследствие чего животные не нагружали оперированную конечность. На рентгенограммах определялся выраженный диффузный

остеопороз обоих отломков с истончением кортикального слоя и замыканием концов отломков компактной костной тканью (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Рентгенограмма (а) и гистотопограмма (б) ложного сустава костей голени собаки

При наличии сформированных ложных суставов костей голени, осложненных ИОП, был проведен основной эксперимент, заключающийся в экономной резекции концов отломков, стабильном остеосинтезе

их экспериментальной моделью аппарата Илизарова (рис. 2) с последующим растяжением отломков в зоне их стыков (рис. 3) темпом 1 мм в сутки в течение 30 дней.

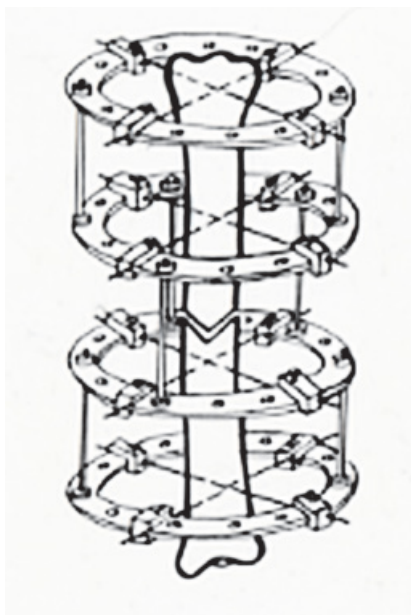


Рис. 2. Резекция концов отломков, фиксация аппаратом Илизарова

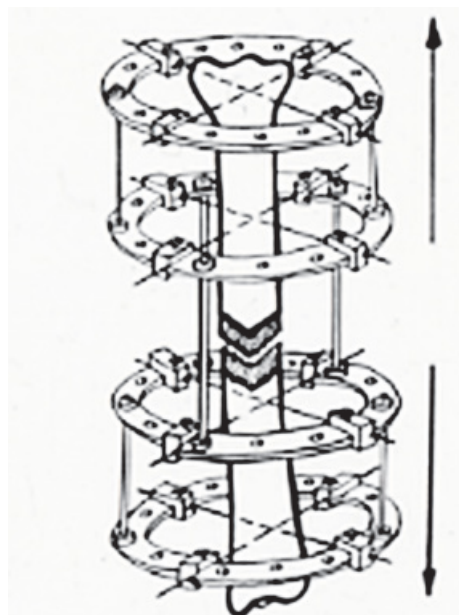


Рис. 3. Дистракция отломков аппаратом Илизарова

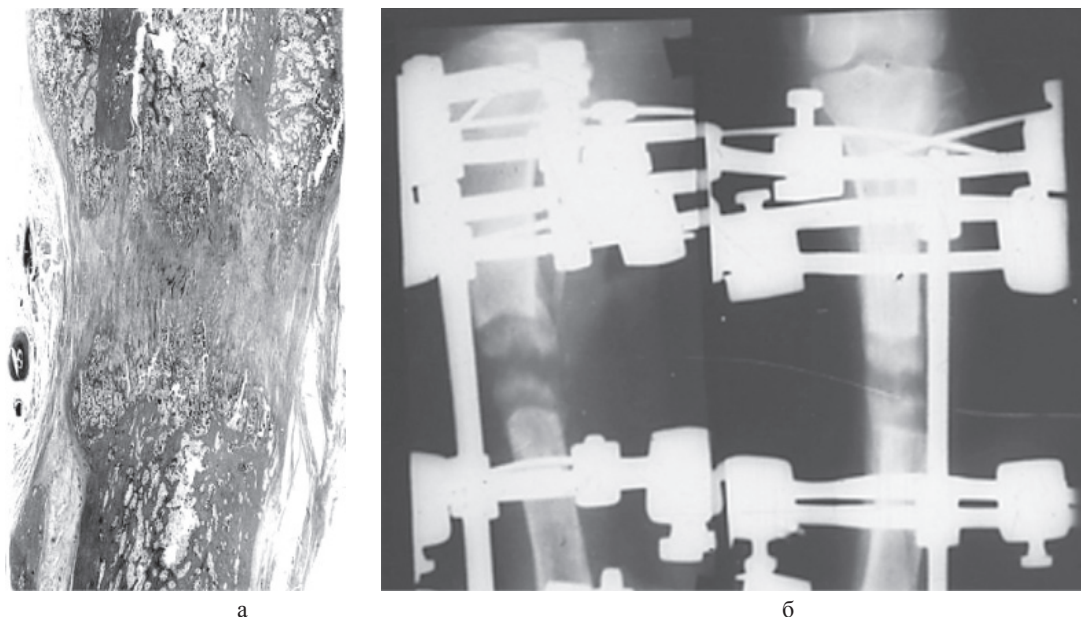


Рис. 4. Этап дистракции, диастаз 20 мм. На гистотопограмме (а) и рентгенограммах (б) узкая «зона роста» и высокие костные отделы дистракционного регенерата

Сроки наблюдения животных составили 10, 20, 30 дней растяжения, а также 30, 60, 120, 180, 270, 365 дней после завершения дистракции. Содержание животных в виварии, проведение у них операций и выведение из опыта проводили в соответствии с правилами Европейской конвенции защиты позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях, принятой в Страсбурге в 1986 году.

Методы исследования: клинический, рентгенологический, морфологический. Рентгенография оперированного сегмента проводилась каждые 10 дней в процессе дистракции и ежемесячно после её завершения. После выведения животного из опыта берцовые кости фиксировали в 10% растворе формалина в течение 2–3 дней, затем препараты освобождали от мягких тканей, выпиливали из среднего отдела сегмент длиной 5–6 см, содержащий регенерат. Это сегмент декальцинировали, разрезали продольно, обезвоживали в спиртах восходящей крепости, изготавливали гистотопографические срезы. Срезы окрашивали гематоксилином – эозином, по Ван Гизону, в части случаев использовали импрегнацию серебром по Футу, а также изготавливали мацерированные препараты. Количественные данные обрабатывали статистически с использованием непараметрических критериев.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Через 10 дней удлинения диастаз между отломками был замещен молодой соединительной тканью, формирующейся со стороны костно-мозговых каналов и состоящей из вытянутых фибробластических клеток и продольно расположенных коллагеновых волокон с капиллярами между ними.

По достижении 18–20 мм растяжения между отломками располагался регенерат с выраженной зональностью (рис. 4). Костные отделы его были связаны соединительно тканной прослойкой высотой 4–5 мм, имевшей неправильную форму. Формирование дистракционного регенерата с характерной для него «зоной роста» было типичным и соответствовало хорошо известной закономерности, проявляющейся при новообразовании кости в условиях дистракции [2, 4, 9].

К окончанию дистракции (30 мм диастаза) в межотломковом пространстве определялись узкая «зона роста» и костные отделы регенерата, высота которых составляла 12–13 мм. В центральных участках регенерата кость подвергалась резорбции остеокластами, по периферии этих отделов за счет компактизации губчатой кости начиналось формирование корковых пластинок. Это свидетельствовало о том, что еще в период дистракции на фоне функционирования «зоны роста» отмечалась активная перестройка новообразованной кости.

После окончания растяжения в течение 45–60 дней фиксации отломков аппаратом происходило постепенное замыкание «зоны роста» с образованием единых для регенерата и отломков корковых пластинок (рис. 5).

К 90 дню наблюдения частично формировался костно-мозговой канал регенерата, а к 120 дню новообразованная кость уже имела типичное диафизарное строение (рис. 6).

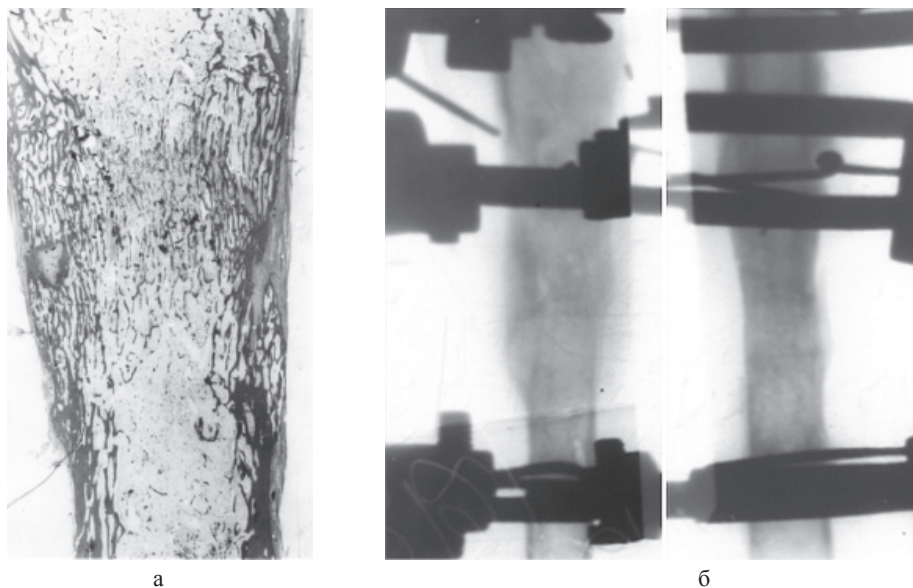


Рис. 5. Фиксация 60 суток. На гистотопограмме (а) и рентгенограммах (б) замыкание «зоны роста», формирование кортикальной пластинки регенерата

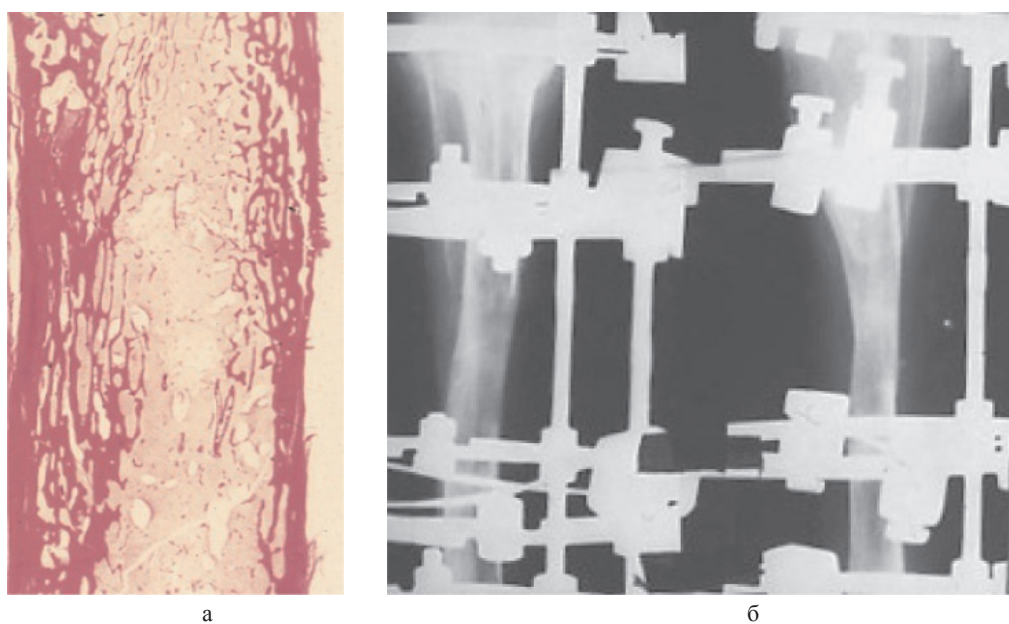


Рис. 6. Фиксация 120 суток. На гистотопограмме (а) и рентгенограммах (б) в дистракционном регенерате восстановлен костно-мозговой канал

В последующие сроки наблюдения регенерат практически не отличался по своей структуре от прилежащих к нему отделов материнской кости, что свидетельствовало об органотипическом восстановлении удлиненной кости.

Результаты проведенных опытов по изучению особенностей остеогенеза при дистракции остеопоротически перестроенной кости можно рассматривать как еще одно доказательство справедливости открытия Г.А. Илизарова о влиянии напряжения растяжения на регенерацию опорных тканей.

### Выводы

1. Процесс костеобразования при удлинении остеопоротически перестроенной костной ткани аналогичен фазам костеобразования при дозированном удлинении костей, имеющих нормальные морфоструктурные характеристики.

2. Репаративный остеогенез при дистракции является физиологически детерминированным процессом, не зависящим от исходной структуры костной ткани удлиняемого сегмента.

## Список литературы

1. Илизаров Г.А. Основные принципы чрескостного компрессионного и дистракционного остеосинтеза. // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1971. – № 11. – С. 7–14.
2. Илизаров Г.А., Ирьянов Ю.М. Особенности остеогенеза в условиях напряжения растяжения. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1991. – Т. III, № 2. – С. 194–196.
3. Кузнецова О.А. Лечение ложных суставов длинных костей нижних конечностей на фоне регионарного остеопороза: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2010. – 24 с.
4. Лаврищева Г.И., Штин В.П. Особенности репаративных процессов при дистракционном остеосинтезе // Труды III Всесоюзного съезда травматологов – ортопедов. – М., 1976. – С. 170–174.
5. Леонова С.Н. Остеопороз при лечении переломов // Тезисы III конф. с междунар. Участием, Москва, 14–15.02.2006. – М.: ЦИТО, 2006. – С. 52–53.
6. Стецула В.И., Веклич В.В. Основы управляемого чрескостного остеосинтеза. – М.: Медицина, 2003. – 224 с.
7. Стецула В.И., Лаврищева Г.И., Штин В.П., Михайлова Л.Н. Биологические аспекты удлинения конечностей // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1984. – № 9. – С. 21–26.
8. Шевцов В.И., Ирьянов Ю.М., Ирьянова Т.Ю. Влияние дистракции на процессы формообразования регенерирующей костной ткани // Гений ортопедии. – 2005. – № 4. – С. 77–80.
9. Штин В.П. Особенности костеобразования в зоне диастаза большеберцовой кости при удлинении голени аппаратом Илизарова: автореф. дис. ... д-ра мед наук. – Новосибирск, 1978. – 42 с.
10. Gyulnazarova S., Kuznetsova O. Treatment of long bone nonunions with osteoporosis by Ilizarov method // Program and Abstract 4th Meeting of ASAMI International. October 11–14, 2006. Kyoto, Japan – P. 298.
11. Veitch S.W. Changes in bone mass and bone turnover fracture / S.W. Veitch, S.C. Findlay, A.J. Hamer et al. // Osteoporosis international. – 2006. – Vol. 17, № 3. – P. 364–372.
2. Ilizarov G.A., Ir'yanov YU.M. Osobennosti osteogeneza v usloviyakh napryazheniya rastyazheniya // Byul.ehkperimental'noj biologii i meditsiny. 1991. T. III, no. 2. pp. 194–196.
3. Kuznetsova O.A. Lechenie lozhnykh sustavov dlinnykh kostej nizhnikh konechnostej na fone regionarnogo osteoporoza: avtoref.dis... kand. med.nauk. M., 2010. 24 p.
4. Lavrishheva G.I., SHtin V.P. Osobennosti reparativnykh protsessov pri distraktsionnom osteosinteze // Trudy III Vsesoyuznogo s'ezda travmatologov-ortopedov. M., 1976. pp. 170–174.
5. Leonova S.N. Osteoporoz v lechenii perelomov // Problema osteoporoza v travmatologii i ortopedii: 3 konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, 14–15 fevralya 2006 goda: tezisy. M., 2006. pp. 52–53.
6. Stetsula V.I., Veklich V.V. Osnovy upravlyаемого chreskostnogo osteosinteza. M.: Meditsina, 2003. 224 p.
7. Stetsula V.I., Lavrishheva G.I., SHtin V.P., Mikhajlova L.N. Biologicheskie aspekty udlineniya konechnostej // Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye. 1984. no. 9. pp. 21–26.
8. SHEvtsov V.I., Ir'yanov YU.M., Ir'yanova T.YU. Vliyaniye distraktsii na protsess formirovaniya regeneriruyushhej kostnoj tkani // Genij ortopedii. 2005. no. 4. pp. 77–80.
9. SHtin V.P. Osobennosti kosteobrazovaniya v zone diastaza bol'shebertsovoj kosti pri udlinenii goleni apparatom Ilizarova: avtoref.dis...d-ra med.nauk. Novosibirsk, 1978. 42 p.
10. Gyulnazarova S., Kuznetsova O. Treatment of long bone non union with osteoporosis by Ilizarov method // Program and Abstract 4th Meeting of ASAMI International, October 11–14, 2006. Kyoto, Japan. pp. 298.
11. Veitch S.W. Changes in bone mass and bone turnover fracture / S.W. Veitch, S.C. Findlay, A.J. Hamer [et al.] // Osteoporosis international. 2006. Vol.17, no. 3. pp. 364–372.

## References

1. Ilizarov G.A. Osnovnye printsipy chreskostnogo kompressionnogo i distraktsionnogo osteosinteza // Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye. 1971. no. 11. pp. 7–14.

## Рецензенты:

Герасимов А.А., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой «Медицина катастроф и безопасности жизнедеятельности», ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург;

Данилова И.Г., д.б.н., заведующая лабораторией морфологии и биохимии, Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 05.12.2014.