

**Зональное изменение оптической плотности регенерата
и бедренной кости при удлинении врожденно укороченного
бедр методом билочального дистракционного
остеосинтеза**

С.А. Аборин, Э.А. Гореванов, Д.А. Попков, О.В. Климов

***Zonal change of the optical density of regenerated bone and femur
in lengthening of congenitally shortened femur using the technique
of bifocal distraction osteosynthesis***

S.A. Aborin, E.A. Gorevanov, D.A. Popkov, O.V. Klimov

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

В статье на основании цифрового анализа обширного рентгенологического материала изучена закономерность, принципы и динамика формирования дистракционного регенерата удлиняемой бедренной кости у пациентов с врожденным укорочением бедра. Изложенный материал иллюстрирован рисунками и графиками. Подробно описана методика исследования.

Ключевые слова: бедро, удлинение, рентгенология, оптическая денситометрия.

The regularity, principles and dynamics of formation of the distraction regenerated bone of the femur being lengthened are studied in the work in patients with congenital femoral shortening on the basis of vast x-ray digital analysis. The material presented is illustrated by figures and graphs. The technique of study is given in details.

Keywords: femur, lengthening, roentgenology, optical densimetry.

Число новорожденных с аномалиями развития скелета составляет от 1,33% до 2,47%, из них на нарушения развития нижних конечностей приходится от 57,9% до 61,1% [1]. Удлинение врожденно укороченного бедра при наличии медицинских показаний с развитием методов чрескостного дистракционного остеосинтеза приобретает все большее распространение. Среди всех пациентов, обратившихся в поликлинику РНЦ "ВТО", 50,3% составили больные, тре-

бующие удлинения конечностей [2], причем большинство из них имели укорочение нижних конечностей. В связи с данной ситуацией становится актуальной задача: изучение закономерностей и принципов формирования дистракционного регенерата у пациентов данной нозологической группы для оценки и контроля процесса репаративной регенерации и своевременной его коррекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках данного исследования было проанализировано более 600 рентгеновских снимков 48 пациентов в возрасте от 12 до 18 лет. После снятия аппарата рентгенологическая картина оценивалась в ближайшие сроки (1, 3, 6 мес.) и отдаленный период (через 1, 2, 3 и более лет).

Период дистракции, в течение которого было достигнуто удлинение бедренной кости в среднем на $7,40 \pm 0,21$ см, составил $62,39 \pm 2,66$ дня. Длина регенерата на проксимальном и дистальном уровне удлинения была примерно одинакова и достигала 3-4 см. Дистракция у всех пациентов

была начата на 5-6-й день после операции, с темпом по $\frac{1}{4}$ мм 4 раза день. В дальнейшем темп дистракции изменялся в зависимости от активности регенераторного процесса и необходимости исправления деформаций.

Рентгенограммы всех пациентов подвергались анализу, для чего производилась цифровая обработка аналогового рентгенологического изображения удлиняемого сегмента (рентгенограммы) на комплексе ДиаМорф¹. С помощью данной аппаратуры и программного обеспечения определялась оптическая плотность различных участ-

ков регенерата и прилегающих участков материнской кости в процессе удлинения сегмента.

Кроме того, в проксимальном и дистальном регенерате условно выделяли три зоны соответствующих верхней, средней и нижней трети регенерата, для которых также измеряли среднее значение плотности изображения (рис. 1).

Измерение оптической плотности проводилось в условных единицах (OD_i) по формуле $OD_i = \lg(I_i/I_0)$: где I_i – интенсивность i -го элемента изображения, I_0 – средняя интенсивность фона².

При изучении оптической плотности для сравнительного анализа полученных показателей у разных пациентов или различных изучаемых объектов возникает необходимость в сравнении не относительных показателей, а абсолютных значений. В таких случаях необходимо исключить влияние неконтролируемых при исследовании факторов, влияющих на ре-

зультат исследования. При изучении оптической плотности рентгенограмм удлиняемых конечностей такими факторами являются различная их жесткость и различный объем мягких тканей, величина которого зависит от исследуемого сегмента, упитанности, телосложения или возраста пациента. Поэтому в нашей работе для расчета абсолютных показателей мы использовали формулу, предложенную Э.А. Горевановым, Е.В. Осиповой³:

$$OD = \lg \frac{I - I_m}{I_0}; \text{ (рис. 2),}$$

где I – интенсивность выделенного элемента кости или регенерата; I_m – интенсивность выделенного элемента мягких тканей; I_0 – средняя интенсивность фона (участка рентгенограммы, подвергнувшегося прямому воздействию рентгеновских лучей), $I_0 \geq 1$.

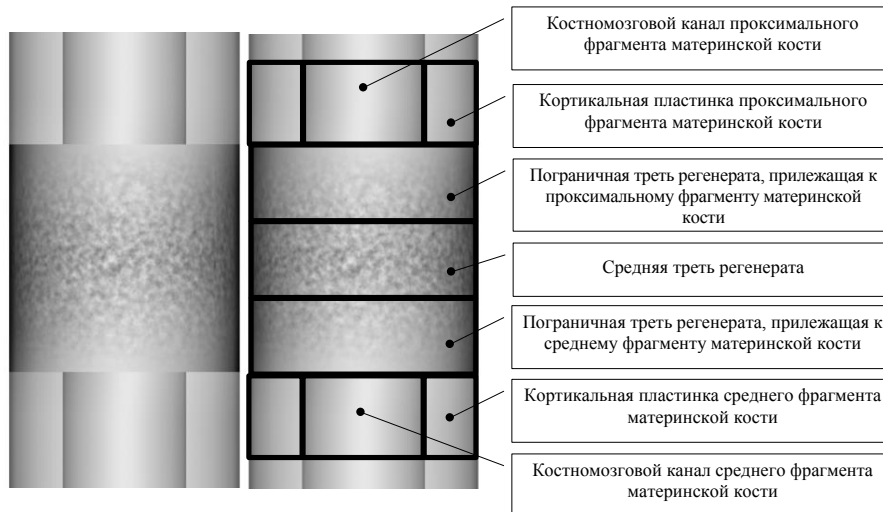


Рис. 1. Схема участков рентгенологического изображения удлиняемой кости для определения оптической плотности.

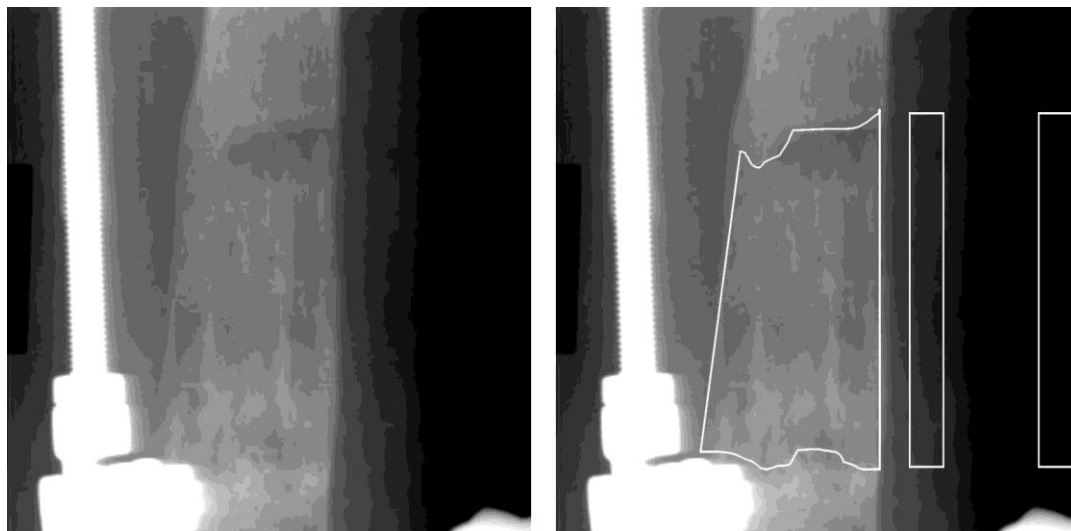


Рис. 2. Схема выбора участков рентгенограммы для расчета абсолютных значений оптической плотности.

¹ Временное регистрационное удостоверение, 2/3/96, протокол от 04.11.96 г. № 2. МЗ РФ.

² Интегрированный пакет прикладных программ анализа изображений ДиаМорф-Сито. Версия 1.1 Книга 2. с. 79.

³ Гореванов Э.А., Осипова Е.В. "Способ определения на оцифрованном изображении оптической плотности выделенного объекта при затенении его другим объектом". – Удостоверение на рацпредложение №26/2000, выданное РНЦ "ВТО".

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Цифровой анализ рентгенографических снимков, выполненных через 2 недели после операции, не выявил статистически достоверных изменений со стороны костных структур и мягкотканых структур.

К 30 дню диастаз между костными фрагментами на проксимальном и дистальном уровнях удлинения составил в среднем $2,1 \pm 0,4$ см и $2,5 \pm 0,7$ см соответственно. К этому моменту появлялись первые статистически достоверные признаки остеопороза кортикальных пластинок фрагментов кости, прилежащих к регенерату (рис. 3). Остеопороз проявлялся, как правило, в виде снижения четкости контуров кортикальных пластинок и оптической плотности концов фрагментов бедренной кости. Необходимо отметить, что после 30 дней distraction и на протяжении первых двух месяцев фиксации остеопороз наиболее прогрессировал в зоне концов промежуточного (среднего) фрагмента кости. Достоверных изменений оптической плотности костномозгового канала нами не выявлено.

К 2 месяцам distraction высота проксимального регенерата составила $3,8 \pm 1,2$ мм, дистального – $3,6 \pm 0,8$ мм. На данный момент снижение оптической плотности материнской кости достигало своего максимума и составило до 90% от исходных значений данного показателя.

К началу периода фиксации показатели остеопороза кортикальных пластинок костных фрагментов остаются на минимальном уровне, но на протяжении всего периода фиксации их оптическая плотность и оптическая плотность костномозгового канала в прилежащих к регенератам участках материнской кости постоянно увеличивается.

К моменту снятия аппарата величина данных показателей колебалась в пределах исходного значения и достигала своего максимума к моменту снятия аппарата. Это явление было расценено как повышение активности эндостального компонента регенерации костной ткани.

После снятия аппарата и на протяжении всего периода лечения, вплоть до окончательной структурной перестройки вновь образованной костной ткани, отмечалось повышение оптической плотности костномозгового канала на протяжении 3-4 см от торца фрагментов, причем наиболее выраженное затемнение наблюдалось в области дистальных концов проксимального и промежуточного костных фрагментов (рис. 3).

Через 1,2-1,4 года после снятия аппарата, то есть с окончанием структурной перестройки вновь образованной кости и восстановлением непрерывности костномозгового канала, все показатели принимали исходное значение.

Проведенные параллельно исследования оптической плотности distractionного регенерата показали, что первые рентгенологические признаки регенеративной активности визуально присутствовали у 77,7 % пациентов во время первого рентгенологического исследования через две недели после операции, что соответствовало 10 дню distraction. Диастаз между костными фрагментами к этому времени был, как правило, заполнен костными осколками с очагами регенераторной активности. В целом зона регенерата по оптической плотности незначительно отличалась от плотности мягких тканей. К этому моменту высота диастаза на проксимальном уровне удлинения в среднем составляла $1,0 \pm 0,7$ см, на дистальном – $1,1 \pm 0,4$ см. В случаях превышения оптимального темпа distraction рентгенологическая картина отражала снижение плотности субстрата, заполняющего диастаз, или его отсутствие.

К 30 дню distraction рентгенологическая тень регенератов становилась более интенсивной, визуально четко определялись их границы. Помимо увеличения интенсивности оптической плотности регенератов изменялась их структура, появлялась их продольная исчерченость (рис. 4).

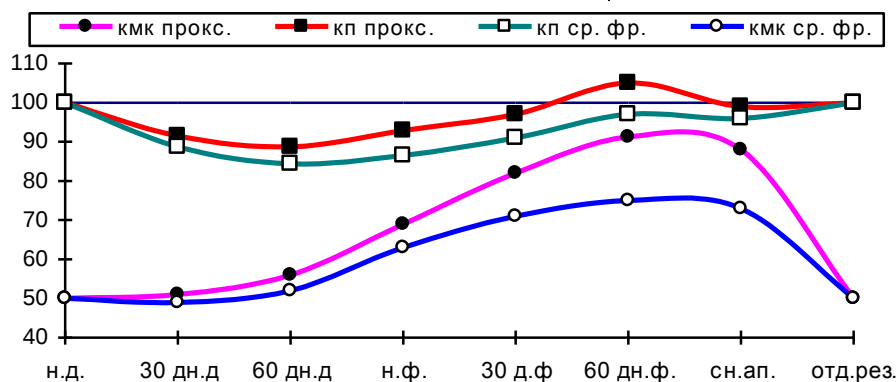


Рис. 3. Динамика оптической плотности участков материнской кости, прилежащих к проксимальному регенерату.

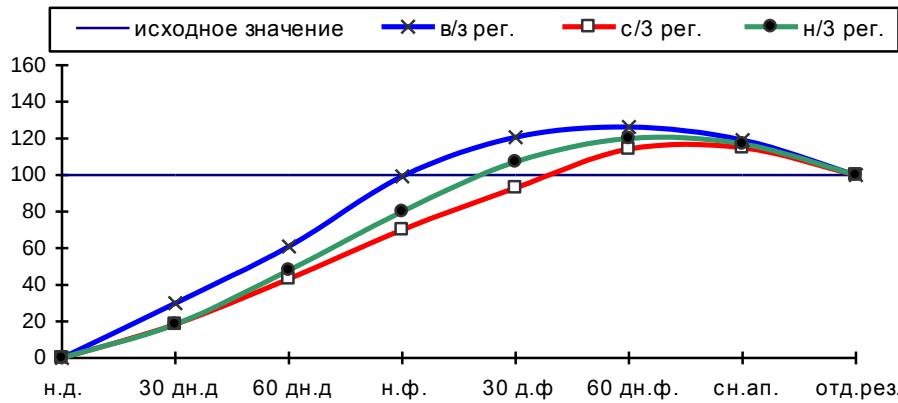


Рис. 4. Динамика оптической плотности участков регенератов.

Плотность регенерата, прилегающего к проксимальному фрагменту кости, была выше остальных его участков. В средней трети регенерата наблюдался участок пониженной оптической плотности, так называемая “зона роста”. В этот период данная картина наблюдалась у большинства пациентов - 84%. Высота зоны просветления на уровне проксимального регенерата находилась в пределах 0,5-1,0 см, дистального – 0,5-1,5 см. Тенденция к увеличению плотности регенерата и остеопорозу компактного вещества материнской кости продолжалась на протяжении всего периода distraction.

На момент начала фиксации изменения в структуре регенератов становились более отчетливыми, отмечалось появление участков костной ткани различной степени зрелости, продольная исчерченность регенерата становилась более отчетливой. Так, в участках регенерата, прилегающего к концам костных фрагментов, новообразованная тканевая структура по оптической приближается к плотности кости и приобретает продольно ориентированную структуру. В области срединной зоны регенератов, как правило, продолжала определяться менее зрелая костная ткань, дающая на рентгенологическом изображении участки просветления. Эта, так называемая, “зона роста” регенератов наблюдалась в данном периоде в 48% всех наблюдений. Высота “зоны роста” в проксимальном и дис-

тальном регенерате к этому времени уменьшилась до 0,5-1,0 см и в течение одного месяца исчезла практически у всех пациентов.

Оптическая плотность крайних отделов регенерата на данный момент, по полученным данным, превышает плотность кости, главным образом за счет формирования кортикальных пластинок в зоне перехода в материнскую кость. Своего максимального значения плотность всех отделов регенерата достигает к моменту снятия аппарата. При этом оптическая плотность всех исследуемых отделов регенерата практически выравнивается (рис. 4).

После снятия аппарата повышенная нагрузка на конечность оказывает формирующее влияние и на вновь образованные структуры костной ткани. В процессе реабилитации наблюдается постепенное снижение повышенной оптической плотности регенератов до исходного, вплоть до момента окончательной структурной перестройки костной ткани.

Через 1-1,5 года после снятия аппарата оптическая плотность вновь образованной кости у 80% пациентов соответствовала дооперационному показателю плотности материнской кости. У остальных 20 % больных оптическая плотность превышала данный показатель на 7-12 % и наблюдалась во всех случаях замедленного восстановления непрерывности костномозгового канала и сохранения очагов остеосклероза.

ВЫВОДЫ

Подробное исследование различных участков костной ткани и регенерата позволило нам выявить наиболее активно участвующие в этом процессе структуры, на которые следует обращать внимание, в первую очередь, при оценке процесса репаративного остеогенеза. Возможность получения абсолютных значений (исключая

чающих влияние второстепенных факторов) позволяет нам сравнивать полученные результаты с таковыми у других пациентов, что на основании сравнительного анализа дает возможность прогнозировать течение процесса регенерации и при необходимости вовремя его корректировать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лузина Е.В. К этиологии врожденных аномалий скелета человека // Врожденные деформации опорно-двигательного аппарата: Сб. науч. трудов. - Ташкент, 1981. - С.40-45.
2. Попова Л.А. Медико-социальная и экономическая эффективность метода чрескостного остеосинтеза по Илизарову в травматологии и ортопедии: Дис ... д-ра мед. наук в форме науч. докл. - Пермь, 1990. - 52с.

Рукопись поступила 06.12.06.