

Данные сонографического и оптико-денситометрического исследования дистракционного регенерата при удлинении плечевой кости у детей больных ахондроплазией

Е.М. Ермак, О.В. Климов

Data of sonographic and optiodensitometric studies of distraction regenerate in the process of humeral elongation in children with achondroplasia

E.M. Yermack, O.V. Klimov

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

Результаты исследований показали возможность объективной оценки как плотности, так и структуры дистракционного регенерата при ультрасонографическом исследовании удлиняемой кости. При этом контроль за процессом регенерации возможен уже с первых дней дистракции, когда регенерат еще рентгенонегативен. Проведены параллельно исследования рентгенологического изображения удлиняемого сегмента на комплексе DiaMorph - Cito позволили провести параллель между данными сонографии и рентгенологического исследования, а также изучить динамику изменения оптической плотности различных участков регенерата и изменение соотношения структур, образующих исходное его изображение.

Ключевые слова: ахондроплазия, удлинение, плечо, сонография, регенерат.

Results of the studies demonstrated the possibility of impartial assessment of both density and structure of distraction regenerate during ultrasonographic study of the bone being elongated. Moreover, control of the regeneration process had been possible just from the first days of distraction, when the regenerate is roentgen-negative. A parallel studies of elongated segment X-ray, using DiaMorph-Cito complex, gave the possibility to investigate the dynamics of optical density changes in different parts of the regenerate and correlation change of the structures, forming the regenerate initial image, as well as to draw a parallel between the data of sonography and those of roentgenologic study.

Keywords: achondroplasia, elongation, humerus, sonography, regenerate.

Ахондроплазия представляет собой системное хромосомное заболевание, развитие которого обусловлено либо наследственным фактором, либо вновь возникшей мутацией. Патогенез данного заболевания заключается в нарушении энхондрального роста костей проходящих хрящевую стадию развития. Нарушение роста в длину длинных трубчатых костей обуславливает ведущий клинический признак, которым у больных данной нозологической группы является

диспропорциональная карликовость. Лечение больных с данной патологией многоэтапно и заключается в оперативном удлинении верхних и нижних конечностей с восстановлением нормальных пропорций тела.

Цель данного исследования состояла в изучении динамики репаративного процесса при одновременном удлинении обоих плеч методом биллокального дистракционного остеосинтеза у детей, больных ахондроплазией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находилось 17 пациентов в возрасте от 12 до 16 лет. В общей сложности удлинено 34 сегмента. Нарушение целостности кости осуществлялось методом частичной кортикотомии. Уровень проксимальной кортикотомии находился над дельтовидной бугристостью, дистальный уровень соответствовал дистальному метафизу. Всем пациентам дистракцию на-

чинали на 4 - 5 сутки после операции темпом 1 мм в день. В последующем темп дистракции изменялся индивидуально в зависимости от степени активности репаративного процесса. Среднесуточный темп дистракции в данной группе составил 1,89 мм в сутки.

Общая величина анатомического удлинения составила в среднем $9,7 \pm 1,32$ см (59,7% от ис-

ходной длины конечности). Высота регенерата на проксимальном уровне удлинения достигала $5,8 \pm 1,42$ см или 60 % от общей длины регенерата. Средняя продолжительность периода distraction составила $51,3 \pm 7,4$ дня, периода фиксации $46,7 \pm 14,7$ дней или 4,8 дня на 1 см достигнутого удлинения.

Степень активности репаративного процесса и структурное состояние distractionного костного регенерата определяли методом ультразвукографии на аппарате ALOKA 55D-630 [1,2]. Сканирование distractionного регенерата проводили 1 раз в две недели, начиная с 4-6 дня distraction, используя микроконвексный датчик с частотой излучения 7,5 МГц. У этой же группы больных производилась цифровая обработка аналогового рентгенологического изображения удлиняемого сегмента (рентгенограммы) на комплексе ДиаМорф – Cito¹. С помощью данной аппаратуры и программного обеспечения проводилось определение степени минерализации диафиза плечевой кости, а так же проксимального и дистального distractionного костного регенерата по оптической плотности его рентгенологического изображения. В проксимальном регенерате условно выделяли три зоны, соответствующие верхней, средней и нижней трети регенерата, для которых также измеряли среднее значение плотности изображения (таблица

1). Для анализа структурного состава distractionного костного регенерата на рентгенологическом изображении последнего по технологии В.И. Шевцова, М.М. Щудло, Н.А. Щудло [3] подсчитывали относительную площадь участков изображения с различной степенью яркости, которая отражала степень его минерализации.

Таблица 1

Изменение оптической плотности различных участков проксимального регенерата

| Этап обследования | (OD _i) проксимального регенерата | | |
|---|--|-----|-----|
| | В/3 | С/3 | Н/3 |
| Оптическая плотность кости на данном уровне удлинения до операции | 6,22 | | |
| Участок регенерата | В/3 | С/3 | Н/3 |
| Месяц distraction | 4,45 | 3,6 | 4,1 |
| Конец периода distraction | 4,03 | 3,4 | 3,5 |
| Конец периода фиксации | 5,18 | 4,6 | 4,3 |
| Один год после лечения | 6,6 | 5,8 | 5,2 |
| Два года после лечения | 7,1 | 6,5 | 6,2 |

OD_i - условная единица оптической плотности, OD_i=lg(I_i/I₀)
 I_i - интенсивность i - го элемента изображения
 I₀ - средняя интенсивность фона*

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

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ультрасонографические признаки регенерации кости появились с первых дней distraction у всех больных. При соответствии режима удлинения и активности репаративного процесса определяли диастаз, заполненный субстратом средней эхогенности, состоящий из нежных линейных структур, ориентированных в направлении продольной оси кости. Величина диастаза соответствовала режиму distraction и при темпе 1мм в сутки составляла к 5 дню distraction 5 мм (рис. 1). Превышение оптимального темпа distraction сопровождалось снижением эхогенности субстрата, заполняющего диастаз, что являлось признаком снижения активности репаративного процесса (рис. 2).

К 17 дню distraction диастаз был заполнен регенератом, эхопозитивным на всем протяжении. Зона роста регенерата визуализировалась в виде узкой гипоэхогенной полосы неправильной формы, состоящей из продольно ориентированных линейных структур средней и пониженной эхогенности. Понижение активности репаративного процесса сопровождалось значительным расширением зоны роста (рис. 3). При повышенной активности репаративного процесса диастаз заполнялся высокоэхогенным регенератом, зона роста на отдельных участках не диф-

ференцировалась (рис. 4).

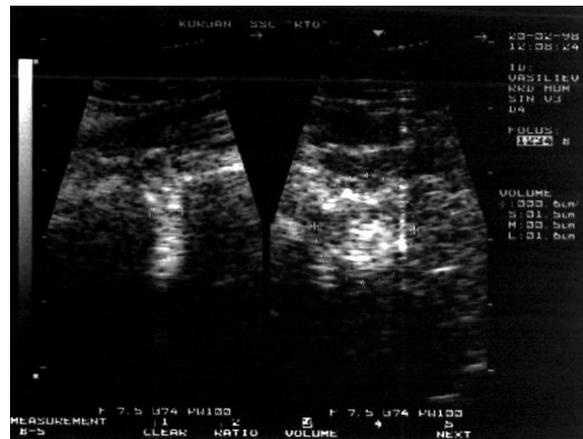


Рис. 1(а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата в верхней трети плечевой кости. Срок distraction 5 дней. а) продольный срез б) поперечный срез

К 30 дню distraction при нормальной активности репаративного процесса в регенерате выделяли несколько структурных слоев. В центре - гипоэхогенная полоса, соответствующая прослойке волокнистой соединительной ткани. Проксимальнее и дистальнее находились зоны, состоящие из линейных гиперэхогенных струк-

¹ - Временное регистрационное удостоверение, 2/3/96, протокол от 04.11.96 г. № 2 МЗРФ

тур, ориентированных по направлению продольной оси кости, соответствующие апикальным отделам костных регенератов. Проксимальнее и дистальнее этих зон визуализировали костные отделы регенерата, имеющие низкую звукопроводимость вследствие формирования периостальной и интермедиарной частей (рис. 5). По данным оптической денситометрии содержание структур костной плотности на рентгенологическом изображении регенерата к этому моменту практически отсутствовало. Содержание среднеминерализованного компонента составляло до 50% от всей площади его изображения. Остальные 50% площади изображения приходилось на слабоминерализованные 30% и высокоминерализованные 19% структуры регенерата формирующие его изображение на рентгенограмме (гистограмма 1).

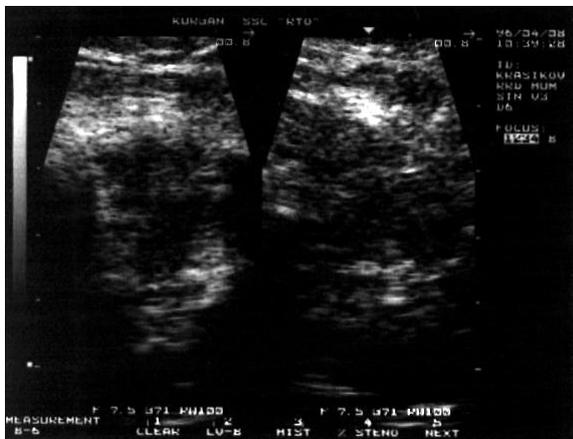


Рис. 2 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата в верхней трети плечевой кости. Срок distraction 5 дней. а) продольный срез б)поперечный срез. Случай превышения темпов distraction



Рис. 3 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата в верхней трети плечевой кости. Срок distraction 17 дней. а) продольный срез б)поперечный срез Низкая активность репаративного процесса

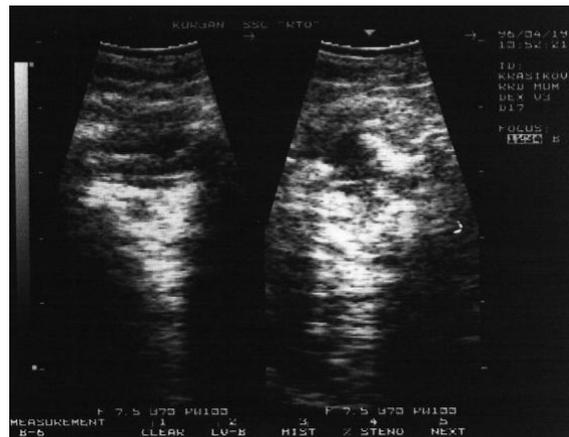


Рис. 4 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети левой плечевой кости. Срок distraction 17 дней. а) продольный срез б)поперечный срез. Высокая активность репаративного процесса

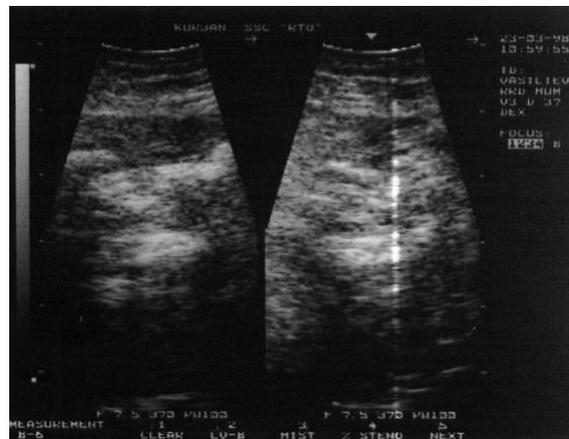
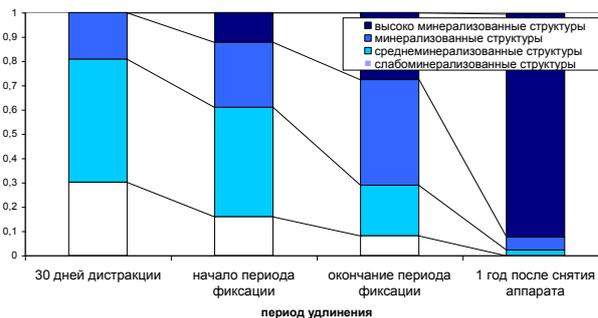


Рис. 5 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети левой плечевой кости. Срок distraction 37 дней. а) продольный срез б)поперечный срез

Соотношение в регенерате структур различной степени минерализации



Гистограмма 1

Такая структура регенерата была характерна для всего дальнейшего периода удлинения, причем протяженность эхопозитивной части регенерата - его фибризированной прослойки при нормальной активности репаративного процесса не изменялась. При повышенной активности репаративного процесса эхопозитивная часть регенерата приобретала тенденцию к уменьше-

нию (рис. 6), а при пониженной активности к увеличению (рис. 7). На момент начала фиксации площадь компонентов регенерата средней минеральной насыщенности на рентгенограммах увеличивалась главным образом за счет уменьшения площади слабоминерализованных структур. Содержание высокоминерализованного компонента оставалось практически на прежнем уровне.

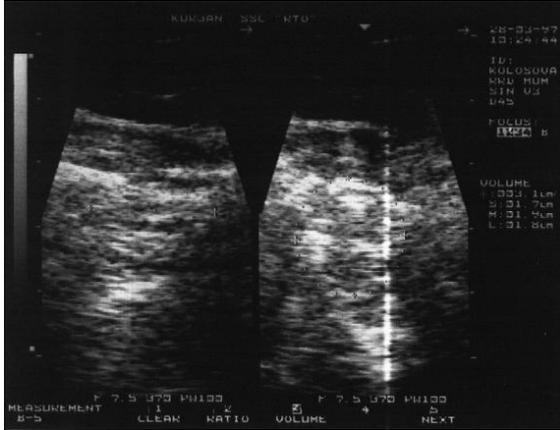


Рис. 6 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети плечевой кости. Срок distractionции 45 дней. а) продольный срез б)поперечный срез. Высокая активность репаративного процесса

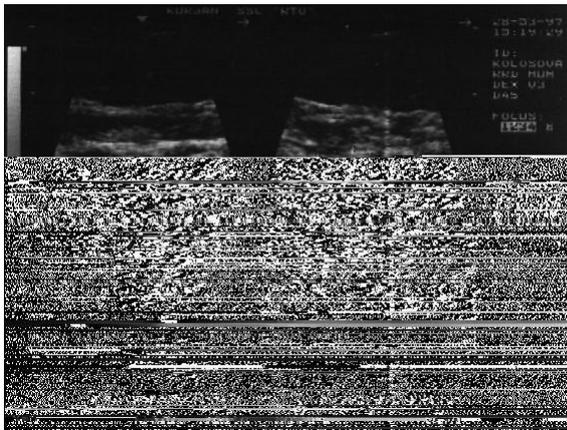


Рис. 7 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети плечевой кости. Срок distractionции 45 дней. а) продольный срез б)поперечный срез. Пониженная активность репаративного процесса

По данным ультрасонографии при высокой активности репаративного процесса уже к 30 дню фиксации на всем протяжении регенерата определялся сформированный корковый слой (рис. 8). Для нормальной активности репаративного процесса в этот период было характерно сужение эхопозитивной зоны регенерата, повышение её эхогенности за счет увеличения количества линейных гиперэхогенных структур, появление периостальных наслоений над ней (рис. 9). По некоторым поверхностям определялся формирующийся корковый слой в виде

линейного гиперэхогенного сигнала с акустической тенью. При пониженной активности репаративного процесса величина эхопозитивной зоны оставалась прежней или незначительно уменьшалась, эхогенность её умеренно повышалась.

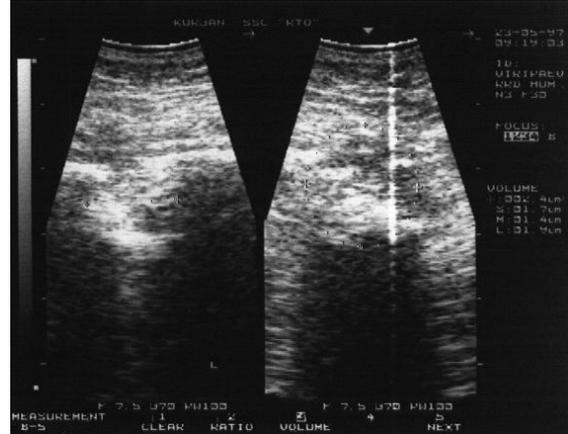


Рис. 8 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети левой плечевой кости. Срок фиксации 30 дней. а) продольный срез б)поперечный срез

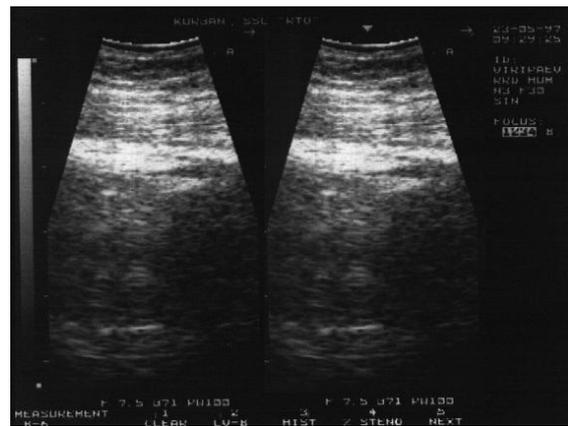


Рис. 9 (а, б). Ультрасонограммы distractionного регенерата верхней трети плечевой кости. Срок фиксации 45 дней. а) продольный срез

Ультрасонографическим критерием "зрелости" регенерата являлась визуализация по всей его длине формирующегося коркового слоя в виде непрерывного линейного гиперэхогенного сигнала и отсутствие эхопозитивных участков (рис. 10). Рентгенологическое изображение distractionного регенерата на данный момент характеризовалось его однородностью и выравниванием оптической плотности по всей длине. Длительность периода фиксации определялась объемом и структурой фибризированной прослойки регенерата к концу distractionного периода и скоростью её инволюции. Цифровой анализ рентгенограммы выявил увеличение рентгенопозитивности регенерата большая часть изображения которого (до 45%) формировалась

высокоминерализованными структурами. Структуры костной плотности составляли (до 25%) его изображения. Остальные 30% площади изображения регенерата приходились на среднeminерализованные (до 21%) и слабоминерализованные компоненты (до 8%) (гистограмма 1).

Результаты исследований показали возможность объективной оценки как плотности так и структуры дистракционного регенерата при ультразвукографическом исследовании. При этом контроль за репаративным процессом возможен уже с первых дней дистракции, когда регенерат еще рентгенонегативен, что представляется важным в плане прогнозирования активности репаративного процесса на ранних сроках дистракции. С наступлением периода фиксации, после достижения запланированного удлинения и формы удлиняемой кости, необходимость в получении целостного изображения удлиняемого сегмента, как правило, отсутствует и контроль за изменением плотности и структуры как всего регенерата так и отдельных его частей можно осуществлять путем сонографии. Учитывая диагностические возможности ультразвукового обследования и его меньшее отрицательное влияние на организм, а также тот факт, что за период предоперационного обследования и в процессе дистракции больному делается до трех десятков рентгенографических исследований, необходимость снижения лучевой нагрузки на пациента становится очевидной. Проведенные параллельно исследования рентгенограмм на комплексе ДиаМорф позволили оценить объективность и достоверность сонографических

данных, а также изучить динамику изменения оптической плотности различных участков рентгенологического изображения удлиняемого сегмента и изменение пропорций структур образующих исходное изображение. На протяжении всего периода удлинения и в отдаленные после лечения сроки наблюдается четкая тенденция изменения соотношения структур дистракционного костного регенерата имеющих разную степень минеральной насыщенности. Соотношение это изменяется в сторону увеличения удельного веса высокоминерализованного компонента и компонентов дающих плотность изображения равную по своей интенсивности плотности кости или даже превосходящую ее.

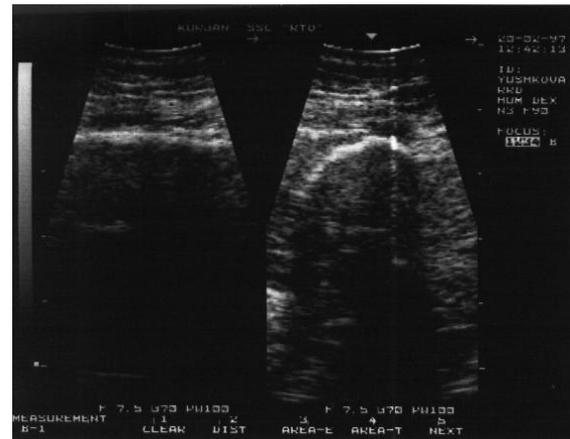


Рис. 10 (а, б). Ультрасонограммы дистракционного регенерата верхней трети левой плечевой кости. 60 дней после начала фиксации а) продольный срез б) поперечный срез.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермак Е.М., Чиркова А.В., Ерофеев С.А. Эхографическое и рентгеноморфо-логическое исследование дистракционного регенерата при удлинении конечностей по Илизарову // Проблемы медицины и биологии: Материалы XXVIII юбил. обл. науч.- практ. конф., посвящ. 50-лет. Курган. обл. клинич. больницы. - Курган, 1996. - С. 124-126.
2. Ермак Е.М., Чиркова А.В., Ерофеев С.А. Эхографические, морфологические и рентгенологические параллели в оценке костеобразования при удлинении конечности по Илизарову // Гений ортопедии. - 1995. - № 2. - С. 53-58.
3. Quantitative characteristics of the distractional regeneration in its computer tomograms in vivo / M.M. Chitchoudio, V.I. Shevtsov, A.S. Vovykm, S.A. Yerofeev // I Congr. of MAOT: Book of abstr. - Skopje, 1997. - P. 5.

Рукопись поступила 3.06.98.