

Ультразвуковые особенности репаративного остеогенеза у больных ахондроплазией в возрасте 6-9 лет

Т.И. Менщикова, А.М. Аранович

Ultrasound features of reparative osteogenesis in patients at the age of 6-9 years with achondroplasia

T.I. Menshchikova, A.M. Aranovich

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" имени академика Г. А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган (директор — д. м. н. А. В. Губин)

Цель исследования. Определение особенностей репаративного остеогенеза у больных ахондроплазией в возрасте 6-9 лет в процессе дистракции большеберцовой кости. **Материалы и методы.** Проведено комплексное динамическое ультразвуковое обследование (Voluson - 730 PRO, Австрия) 25 больных ахондроплазией в возрасте от 6 до 9 лет через 10, 20, 30, 60 дней дистракции. Представлены качественные и количественные ультразвуковые критерии, отражающие «бурное» течение остеогенеза у детей. В режиме ЦДК и ЭД показаны особенности васкуляризации в зоне удлинения. **Результаты.** Установлено, что для детей 6-9 лет с ахондроплазией характерен высокий уровень репаративного остеогенеза, что требует проведения динамического УЗИ и своевременного внесения корректив в темп дистракции. **Заключение.** Метод УЗИ у больных ахондроплазией в возрасте 6-9 лет позволяет своевременно выявлять качественные и количественные эхопризнаки «бурного» остеогенеза на протяжении всего периода дистракции и вносить коррекцию в тактику лечения, что способствует благоприятному течению остеогенеза и получению запланированной величины удлинения.

Ключевые слова: ахондроплазия, дети, рост, ультразвуковое исследование, дистракция, репаративный остеогенез, регенерат, большеберцовая кость.

Purpose. To determine the features of reparative osteogenesis in 6-9-year-old patients with achondroplasia during tibial distraction. **Materials and Methods.** Complex dynamic ultrasound examination (Voluson - 730 PRO, Austria) performed in 25 patients at the age of 6-9 years with achondroplasia after 10, 20, 30, 60 days of distraction. Qualitative and quantitative criteria presented which reflects a rapid course of osteogenesis in children. Vascularization features in the zone of lengthening demonstrated in CDS and ED modes. **Results.** Reparative osteogenesis of high level established to be characteristic of children at the age of 6-9 years with achondroplasia requiring to perform dynamic USE and timely adjustments of distraction rate. **Conclusion.** USE technique in patients at the age of 6-9 years with achondroplasia allows timely identification of qualitative and quantitative echo-signs of rapid osteogenesis throughout the period of distraction and adjusting treatment tactics thereby promoting favorable osteogenesis process and achievement of required lengthening amount.

Keywords: achondroplasia, children, growth, ultrasound examination, distraction, reparative osteogenesis, regenerated bone, tibia.

ВВЕДЕНИЕ

Больные ахондроплазией являются уникальной биологической моделью по изучению процессов роста костной и мягких тканей в условиях, когда имеются нарушения в зоне хрящевой пролиферации и естественный рост практически отсутствует, а увеличение длины конечностей осуществляется с помощью метода чрескостного дистракционного остеосинтеза [1]. Эффект «напряжения растяжения» в костной и мягких тканях, поддерживаемый с помощью аппарата Илизарова, позволяет получить продольное увеличение сегмента конечности при использовании методик моно- и билочального остеосинтеза. При создании с помощью чрескостного дистракционного остеосинтеза «зоны роста», наряду с общностью процессов генеза тканей, характерных для естественного роста в онтогенезе [3], имеется и ряд особенностей. Так, качество формирующегося дистракционного регенерата во многом определяет темпы дистракции, величину удлинения, необходимость увеличения или уменьшения нагрузки на удлиняемую конечность, проведения дополнительных реабилитационных мероприятий, а также сроки лече-

ния [4]. В настоящее время в клинике используются методики би- и монолокального удлинения сегментов конечностей, последовательность удлинения бедра и голени согласовывается с пациентом. Наряду с методом рентгенографии для оценки костного регенерата все большее предпочтение отдается методу ультразвукового исследования, который является неинвазивным и не несет лучевой нагрузки [4, 5, 6, 7]. В последнее время в клинику РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова для увеличения роста поступают больные ахондроплазией различного возраста, в том числе и дети 6-9 лет. Дети дошкольного и младшего школьного возраста нуждаются в особенно тщательном наблюдении за структурным состоянием удлиняемой кости. Именно метод ультразвуковой диагностики позволяет комплексно в динамике оценить течение репаративного остеогенеза.

Целью данного исследования является определение особенностей репаративного остеогенеза у больных ахондроплазией в возрасте 6-9 лет в процессе дистракции большеберцовой кости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на ультразвуковом аппарате Voluson-730PRO (Австрия) с помощью линейного и секторного датчиков с частотой 7,5 МГц. Для иссле-

дования дистракционного регенерата датчик устанавливали над областью, соответствующей остеотомии, определяли соногеометрические параметры зоны уд-

линия; с помощью стандартной программы строили гистограммы и оценивали показатель эхоплотности (ПЭХ), отражающий акустические свойства костного регенерата. Контролем служил участок метафиза большеберцовой кости ($\text{ПЭХ}=210\pm 10$ усл. ед.). В режиме цветного доплеровского картирования (ЦДК) и энергетического доплера (ЭД) оценивали наличие сосудов в зоне удлинения, измеряли их спектральные и скоростные характеристики. В режиме 3D-реконструкции оценивали объем кистоподобных участков, зон активного остеогенеза, васкуляризацию регенерата.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При ультразвуковом исследовании через 7-10 дней от начала distraction на продольном скане проксимальный и дистальный концы материнской кости определялись в виде линейной непрерывной гиперэхогенной структуры, интермедиарная зона регенерата была заполнена неорганизованными структурами различной эхоплотности и являлась акустически благоприятной средой. Ширина эхопозитивной зоны регенерата через 10 дней distraction с темпом $1/4 \times 4$ раза в день соответствовала достигнутой величине удлинения – $1,0\pm 0,02$ см ($p<0,05$), глубина проникновения ультразвука равнялась $0,15\pm 0,04$ см ($p<0,05$). На рисунке 1 представлена схема основных этапов формирования distractionного регенерата большеберцовой кости (с учетом диастаза, сформированного во время остеотомии между проксимальным и дистальными концами материнской кости, рис. 1, а) в процессе distraction по данным УЗИ (визуализация при проведении продольного сканирования).

При следующем контроле через 20 дней distraction между проксимальным и дистальными концами материнской кости четко определялась цепочка из гиперэхогенных глыбок, а по контуру эндостального регенерата – тонкие гиперэхогенные наслоения. Визуализируемые гиперэхогенные структуры соответствовали вновь образованным грубоволокнистым костным трабекулам. Ширина эхопозитивной зоны регенерата соответствовала достигнутой величине удлинения – $2,0\pm 0,03$ см. Визуализируемые качественные эхопризнаки свидетельствовали о бурном течении остеогенеза. Для количественной интерпретации остеогенеза использовали оценку акустических свойств регенерата. Показатель эхоплотности вновь образованных костных трабекул составлял $78,0\pm 5,0$ % ($p<0,05$) от плот-

ности материнской кости; ПЭХ регенерата составлял $51,5\pm 4,5$ % от исходного значения ПЭХ кости. Через 30 дней distraction (рис. 1, б) ширина эхопозитивной зоны регенерата равнялась $3,0\pm 0,04$ см, однако у проксимального и дистального концов материнской кости имелись гиперэхогенные наслоения, ПЭХ которых практически соответствовала ПЭХ материнской кости. Данный эхопризнак свидетельствовал о начале сужения эхопозитивной зоны регенерата. В интермедиарной зоне регенерата также преобладали гиперэхогенные структуры, малодифференцированная соединительная ткань была представлена небольшими гипозоногенными островками (рис. 2, а). ПЭХ регенерата составлял $68\pm 4,60$ % ($p<0,05$) от плотности материнской кости. Звукопроводимость регенерата авнялась $1,14\pm 0,4$ см ($p<0,05$).

Основной проблемой такого «бурного» течения остеогенеза является возможность преждевременной консолидации кортикальной пластинки, до того как будет достигнута запланированная величина удлинения сегмента. Через 59 ± 5 дней ($p<0,05$) (рис. 1, в) distraction, как правило, достигалась величина удлинения, равная $6,0\pm 0,04$ см ($p<0,05$). Отмечалось значительное сужение эхопозитивной зоны регенерата до $33\pm 5,8$ % ($p<0,05$) от достигнутой величины удлинения, так как апикальные участки регенерата, представленные линейными гиперэхогенными наслоениями, по эхоплотности были сопоставимы с эхоплотностью материнской кости. Регенерат визуализировался в форме трапеции. Звукопроводимость в зоне удлинения уменьшалась до $0,9\pm 0,12$ см (рис. 2, б). При поперечном сканировании регенерат имел округлую форму с прерывистым контуром из гиперэхогенных структур, что соответствовало перестраивающимся отделам регенерата.

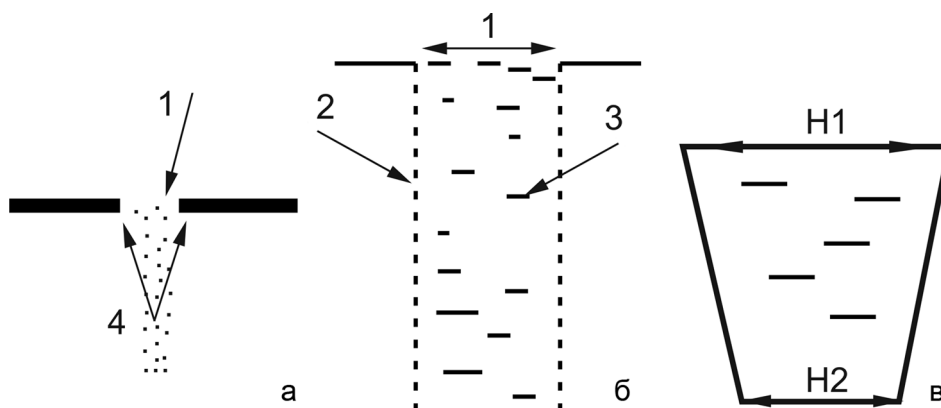


Рис. 1. Схема основных этапов формирования distractionного регенерата большеберцовой кости в процессе distraction по данным УЗИ (продольное сканирование): а – после остеотомии; б – первый месяц distraction; в – второй месяц distraction. Обозначения: 1 – диастаз между проксимальным и дистальными концами материнской кости; 2 – эндостальная реакция; 3 – вновь образованные костные трабекулы; 4 – проксимальный и дистальный концы материнской кости; 5 – вновь образованные фрагменты кортикальной пластинки; H1 и H2 – ширина верхнего и нижнего оснований «трапеции»; H3 – высота «трапеции»

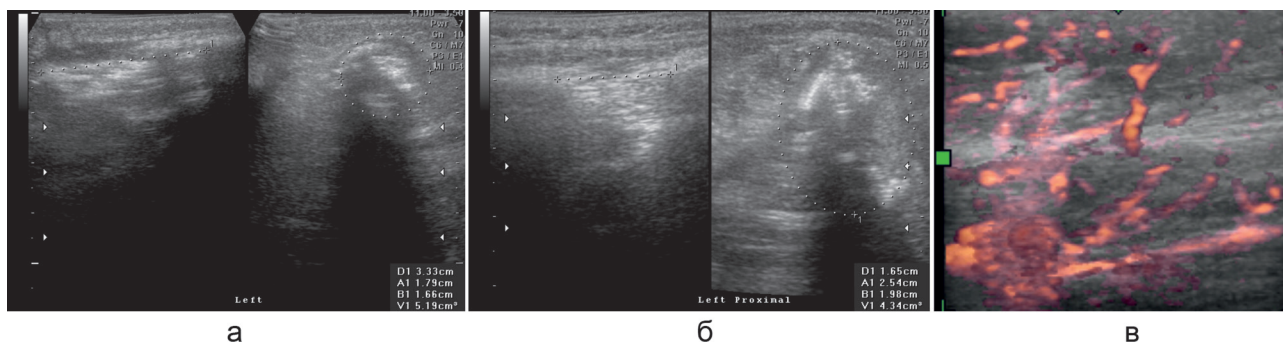


Рис. 2. Сонограммы distractionного регенерата большеберцовой кости больной 3., 7 лет. Диагноз: ахондроплазия, низкий рост: а – период distraction 30 дней; б – период distraction 60 дней; в – период distraction 60 дней, режим трехмерной реконструкции + ЭД

На протяжении всего периода distraction в регенерате визуализировались эхоплотные структуры, превышающие общую эхоплотность регенерата на $45,6 \pm 5,3$ % ($p < 0,05$). Максимальная эхоплотность вновь образованных костных трабекул относительно регенерата выявлена через 30 дней от начала distraction. С увеличением эхоплотности distractionного регенерата разница между ПЭХ структур и всего регенерата уменьшалась до 35 % (рис. 3).

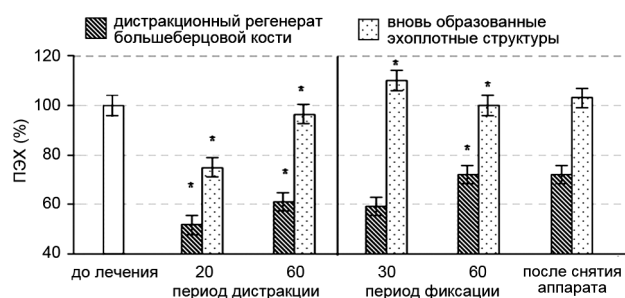


Рис. 3. Динамика показателя эхоплотности ($M \pm m$) distractionного регенерата большеберцовой кости и вновь образованных эхоплотных структур в процессе distraction, фиксации и в ближайшие сроки после снятия аппарата (в %) относительно эхоплотности интактной кости

Наряду с исследованием структурного состояния distractionного регенерата оценивали его васкуляризацию. При оценке васкуляризации зоны удлинения установлено, что в первые дни distraction визуализируются мелкие сосуды в мягких тканях, окружающих регенерат, и непосредственно над областью отломков материнской кости.

По мере distraction появлялись единичные сосуды в области, соответствующей периостальной реакции, веточки, отходящие от передней большеберцовой артерии. Пульсаторный индекс (PI) и индекс резистивности (RI) через 20-30 дней distraction равнялись соответственно $1,0 \pm 0,22$ и $0,68 \pm 0,13$ ($p < 0,05$).

Через 50-60 дней distraction в области регенерата происходило увеличение количества визуализируемых сосудов, их диаметра (от $0,10 \pm 0,03$ см), повышались показатели пульсаторного индекса и индекс резистивности до $2,25 \pm 0,32$ и $0,82 \pm 0,16$ ($p < 0,05$) соответственно, что свидетельствовало об увеличении зрелости сосудов и регенерата в целом. Наличие крупных гиперэхогенных структур и ускоренное образование кортикальной пластинки не позволяли полностью визуализировать сосуды в конце периода distraction. Использование режимов ЦДК и ЭД позволили выявить, что на различных этапах distraction в васкуляризации регенерата принимают участие веточки передней большеберцовой артерии, прорастающие из мягких тканей, эпифизарные артерии, артерии периостальной области и медуллярные артерии. По мере созревания регенерата визуализировалось увеличение количества сосудистых веточек и значения их периферических индексов (табл. 1). Однако ускоренное формирование костных трабекул, формирование их в цепочки и крупные фрагменты, наличие гиперэхогенных наслоений у концов материнской кости способствовало формированию эконегативных зон регенерата, в результате визуализации были доступны лишь часть сосудов. Необходимо также отметить, что значительное прорастание артерий из окружающих мягких тканей, наличие анастомозов, затрудняет дифференцировку сосудов в процессе distraction.

Таблица 1

Динамика индексов PI и RI в процессе distraction и фиксации у больных ахондроплазией в возрасте 6-10 лет ($M \pm m$)

Этапы лечения	PI	RI	n
Distraction 30 дней	$1,0 \pm 0,22^*$	$0,68 \pm 0,13^*$	15
Distraction 60 дней	$2,25 \pm 0,32^*$	$0,82 \pm 0,16^*$	14
Fixation 30 дней	$4,9 \pm 1,051^*$	$1 \times 0,46^*$	14

Примечание: * – $p < 0,05$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным качественным критерием при ускоренном заполнении регенерата является формирование цепочки из гиперэхогенных фрагментов между проксимальным и дистальным концами материнской кости уже через 20 дней distraction. Через 30 дней distraction в зоне удлинения преобладают гиперэхогенные наслоения из вновь образованных костных трабекул, участки соединительнотканной прослойки, которые гистологически соответствуют зоне роста регенерата [2] и визуализируются в виде небольших островков.

Таким образом, на протяжении всего периода distraction происходит бурное формирование костных трабекул в зоне удлинения и замещение ими соединительнотканной прослойки. Формирование гиперэхогенных наслоений в области периостального и эндостального регенератов приводило к появлению эконегативных участков в регенерате. К концу второго месяца distraction отмечалось выраженное сужение эхопозитивной зоны регенерата, в результате, визуализации доступно не более 30 % от величины удлинения.

Использование метода УЗИ уже на ранних сроках distraction позволяло выявлять начальные признаки высокого уровня репаративного остеогенеза и корректировать темп distraction, увеличивая его до 1/4×5 раз в день с целью предотвращения преждевременной консолидации костных отломков.

Использование доплеровского датчика позволило оценивать взаимосвязь процессов остео- и ангиогенеза. Высокая активность остеогенеза в ряде случаев свидетельствовала о благоприятном течении метаболических процессов в организме и высоком техническом уровне проведенной операции. Имеющийся у детей с

ахондроплазией в возрасте 6-9 лет высокий потенциал адаптационно-регенераторных возможностей в процессе удлинения костей голени выражался эхопризнаками ускоренного заполнения зоны удлинения.

Проведенные исследования показали, что у детей в возрасте 6-9 лет необходимо проводить ультразвуковой мониторинг distractionного регенерата через каждые 10 дней в первый месяц distraction, что позволяет своевременно выявить «бурную» репаративную активность удлиняемой кости и внести коррективы в режим distraction для получения запланированной величины удлинения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, метод УЗИ у больных ахондроплазией в возрасте 6-9 лет позволяет своевременно выявлять качественные и количественные эхопризнаки «бурного» остеогенеза на протяжении всего

периода distraction и вносить коррекцию в тактику лечения, что способствует благоприятному течению остеогенеза и получению запланированной величины удлинения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахондроплазия : рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. М.: Медицина, 2001. 340 с.
2. Бахлыков Ю. Н. Морфологические особенности репаративной функции зоны роста distractionного регенерата при удлинении кости по методу Илизарова // Новые технологии в медицине. Способы контроля остеогенеза и перестройки в очагах костеобразования : тез. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 ч. Курган, 2000. Ч. 2. С. 166-167.
3. Илизаров Г. А., Попова Л. А., Шевцов В. И. Метод чрескостного остеосинтеза новый этап в развитии отечественной травматологии и ортопедии // Ортопедия, травматология и протезирование. 1986. № 1. С. 1-5.
4. Менщикова Т. И., Аранович А. М., Щукин А. А. Ультрасонографический анализ динамики структурного состояния distractionного регенерата большеберцовой кости у больных ахондроплазией // Гений ортопедии. 2010. № 2. С. 109-113.
5. Миронов С. П., Еськин Н. А., Андреева Т. М. Состояние специализированной травматолого-ортопедической амбулаторной помощи пострадавшим от травм и больным с патологией костно-мышечной системы // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2010. № 1. С. 3-8.
6. The value of selected imaging techniques in evaluation of bone regeneration during limb lengthening / M. Synder, A.A. Hussein, K. Niedzielski, A. Grzegorzewski // Chir. Narzadow Ruchu. Ortop. Pol. 2000. Vol. 65. No 4. P. 383-390.
7. Methods for the evaluation of bone regeneration during distraction osteogenesis / M. Tesiorowski, W. Kacki, B. Jasiewicz, A. Rymarczyk, P. Sebastianowicz // Chir. Narzadow Ruchu. Ortop. Pol. 2005. Vol. 70, No 2. P. 127-130.

Рукопись поступила 22.01.2013.

Сведения об авторах:

1. Менщикова Татьяна Ивановна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, лаборатория функциональных исследований, ведущий научный сотрудник, д. б. н.
2. Аранович Анна Майоровна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 16, д. м. н., профессор.