

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ДИСТРАКЦИОННОГО РЕГЕНЕРАТА ПЛЮСНЕВОЙ КОСТИ У БОЛЬНЫХ С БРАХИМЕТАТАРЗИЕЙ

Менщикова Т.И., Неретин А.С.

Цель исследования. Определение ультразвуковых критериев преждевременной консолидации дистракционного регенерата четвертой плюсневой кости.

Материалы и методы. УЗИ выполнено на аппаратах AVISUS Hitachi (Япония), VOLUSON 730PRO (Австрия). Обследовано 12 пациентов с дисплазией 4 плюсневой кости. Для удлинения четвертой плюсневой кости использовали базовую компоновку аппарата Илизарова. Величина удлинения плюсневых костей в среднем составила $24 \pm 5,2$ мм. Период дистракции при удлинении плюсневых костей – $28 \pm 4,2$ дней.

Результаты. Установлено, что к эхопризнакам высокого уровня остеогенеза, ведущего к преждевременной консолидации костных отломков, относятся: появление мелких гиперэхогенных структур в интермедиарной зоне регенерата в первые три дня дистракции, формирование эхоплотных фрагментов в области эндостальной реакции через 10-15 дней от начала дистракции, увеличение акустической плотности всего регенерата и отсутствие соединительнотканной прослойки в интермедиарной зоне регенерата вплоть до визуализации непрерывного контура кортикальной пластинки с глубиной проникновения ультразвука до 3,5 мм. Дополнительным ультразвуковым критерием, свидетельствующим о возможности преждевременной консолидации дистракционного регенерата плюсневой кости, является расширение «щели» смежного плюснефалангового сустава до $4,3 \pm 0,6$ мм.

Заключение. Выявление эхопризнаков высокой репаративной активности дистракционного регенерата четвертой плюсневой кости после проведения остеотомии и в первые дни дистракции позволяет своевременно провести мероприятия, направленные на профилактику преждевременной консолидации костных отломков и получение запланированной величины удлинения. Метод УЗИ может быть использован как основной диагностический метод в тех случаях, когда из-за опорных стержней и колец аппарата Илизарова невозможно оценить структурное состояние регенерата по данным рентгеновских снимков.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, брахиметатарзия, четвертая плюсневая кость, удлинение, остеогенез.

Контактный автор: Менщикова Т. И., e-mail: tat-mench@mail.ru

Для цитирования: Менщикова Т.И., Неретин А.С. Использование метода ультразвуковых исследований для оценки преждевременной консолидации дистракционного регенерата плюсневой кости у больных с брахиметатарзией. REJR 2017; 7(2):88-93. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-88-93.

Статья получена: 20.03.2017

Статья принята: 15.05.2017

USE OF ULTRASOUND STUDY TO ASSESS THE EARLY CONSOLIDATION OF METATARSAL BONE DISTRACTION REGENERATE IN PATIENTS WITH BRAHIMETATARZIYA

Menschikova T.I., Neretin A.S.

Purpose. To determine the ultrasound criteria of early consolidation of the fourth metatarsal distraction regenerate.

Materials and methods. Ultrasound study was performed on devices AVISUS Hitachi (Japan), VOLUSON 730PRO (Austria). The study included 12 patients with dysplasia of the 4 metatarsal. For extension of the fourth metatarsal bone basic layout of the Ilizarov apparatus was used. The metatarsal bone elongation was $24 \pm 5,2$ mm in average. The distraction period of metatarsal bones elongation was $28 \pm 4,2$ days.

Results. It was established that the appearance of small hyperechoic structures in the area of intermediate regenerate included the first three days of distraction, formation ehoplotnosti fragments in endosteal reaction in 10-15 days from the beginning of the distraction, the increase in acoustic density of all regenerate, leading to early consolidation of bone fragments regenerate connective tissue and the lack of intermediate layer in the reclaimed area until visualizing continuous loop cortical plate with a penetration depth of ultrasound to 3,5 mm. An additional ultrasound criterion testifying about the possibility of premature consolidation of distraction regenerate metatarsal bone was the expansion of the "slots" adjacent to metatarsophalangeal joint to $4,3 \pm 0,6$ mm.

Conclusion. Identifying the echo signs of high reparative activity of fourth metatarsal distraction regenerate after the osteotomy and the first few days of distraction allows time to take measures aimed at preventing early consolidation of bone fragments and obtain the value of the planned extension. Ultrasound method can be used as a primary diagnostic method in cases where due to the support rods and rings Ilizarov apparatus it is impossible to assess the structural state of the regenerate according to X-rays.

Keywords: ultrasound, brahimetatarziya fourth metatarsal bone lengthening, osteogenesis.

Corresponding author: Menshchikova T.I., e-mail: tat-mench@mail.ru

For citation: Menschikova T.I., Neretin A.S. Use of ultrasound study to assess the early consolidation of metatarsal bone distraction regenerate in patients with brahimetatarziya. REJR 2017; 7 (2):88-93. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-88-93.

Received: 20.03.2017

Accepted: 15.05.2017

Для проведения диагностического исследования костной системы в настоящее время широко применяются методы рентгенографии, МРТ, КТ, каждый из этих методов имеет свои преимущества. Однако наряду с высокой диагностической значимостью каждый метод имеет свои недостатки такие, как высокая лучевая нагрузка на пациента, дороговизна исследования, невозможность визуализировать рентгеноконтрастные мягкие ткани. В ряде случаев получить дополнительную информацию позволяет современный диагностический метод УЗИ [1]. Постоянное техническое совершенствование ультразвуковых аппаратов позволяет комплексно оценивать и костную, и мягкие ткани, а при необходимости воспроизводить оценку интересующих структур на протяжении всего периода

реабилитации [1, 3, 6, 7]. Особенно актуальным является оценка дистракционного регенерата, например, у пациентов с укорочением одной или нескольких плюсневых костей (брахиметатарзия), которым проводят постепенное удлинение сегмента с использованием чрескостного остеосинтеза по Илизарову [2, 3, 6, 7]. Удлинение трубчатых костей в ряде случаев может сопровождаться такими осложнениями, как прорезывание спицами мягких тканей, воспаление мягких тканей вокруг спиц, вырезывание спиц из кости, а также преждевременной консолидацией костных отломков до получения необходимой величины удлинения [2, 4, 5].

Цель исследования: выявление эхопризнаков преждевременной консолидации дистракционного регенерата плюсневой кости на раннем послеоперационном сроке лечения.

Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics». Kurgan, Russia.

Материалы и методы.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) выполнено на аппарате AVISUS Hitachi (Япония) с использованием линейного датчика с частотой 7,5 МГц. Обследовано 12 пациентов с дисплазией 4 плюсневой кости. Ультразвуковые исследования distractionного регенерата осуществляли через 3 дня после остеотомии и через 3, 10, 20 дней от начала distraction. Величина удлинения плюсневых костей в среднем составила $24 \pm 5,2$ мм. Период distraction при удлинении плюсневых костей – $28 \pm 4,2$ дней.

Для исследования distractionного регенерата датчик устанавливали над областью, соответствующей остеотомии, определяли соногеометрические параметры зоны удлинения; с помощью стандартной программы строили гистограммы и оценивали акустическую плотность (АП) (*acoustic density – AD, англ.*) в условных единицах (усл. ед.) (*arbitrary units – AU, англ.*) distractionного регенерата и вновь образованных костных трабекул. За контроль принимали участок метафиза плюсневой кости (АП= 210 ± 10 усл. ед.). С помощью подвижных маркеров измеряли ширину «щели» смежного с удлиняемой четвертой плюсневой костью плюснефалангового сустава. В норме у пациентов 18-30 лет «щель» плюснефалангового сустава 4 пальца составляет $1,5 \pm 0,5$ мм. На протяжении всего периода исследования проводили сопоставление данных УЗИ с данными рентгенографии.

Для удлинения четвертой плюсневой кости использовали базовую компоновку аппарата Илизарова. При удлинении плюсневой кости достаточно одной опоры, представляющей собой полукольцо, расположенное в проекции клиновидных костей (рис. 1).

В этой опоре закрепляли спицы, проведенные через основания плюсневых костей и клиновидные кости. Через дистальную часть удлиняемой плюсневой кости проводили три консольные спицы под углом друг к другу в 90° . Спицы изгибали и закрепляли в стержне между шайбами с прорезью при помощи затягивания двух гаек.

Для предотвращения компрессии и сгибательной контрактуры пальца в плюснефаланговом суставе проводили две спицы через основную фалангу пальца и интрамедуллярную спицу через дистальную фалангу. Эти спицы крепили на этом же резьбовом стержне.

Перед выполнением остеотомии плюсневой кости полностью расслабляли гайки, фиксирующие distractionный стержень к полукольцевой опоре. Скальпелем производили продольный разрез кожи по тыльно-боковой поверхности стопы в проекции проксимального метафиза плюсневой кости. По обе стороны от кости леватором мобилизовали мягкие ткани.

Остеотомию выполняли в области метафиза, где условия для последующего формирования distractionного регенерата наиболее благоприятные. Обработку результатов исследования проводили с помощью программы AtteStat, встроенной в Microsoft Excel. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$ (*), где p – уровень значимости этих критериев. Все результаты представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – выборочное среднее, σ – стандартное отклонение.

Результаты.

При сканировании distractionного регенерата по передней поверхности стопы через 3 дня после проведения остеотомии между проксимальным и дистальным отломками материнской кости визуализировался диастаз шириной $1,0 \pm 0,02$ мм, имеющий гомогенную структуру. Ширина «щели» плюснефалангового сустава, смежного с удлиняемой четвертой плюсневой костью, равнялась $1,5 \pm 0,5$ мм.

Следующее сканирование проводили через 3 дня от начала distraction: между проксимальным и дистальным концами регенерата дифференцировалась гипоехогенная полоса соответствующая малодифференцированной соединительнотканной прослойке с шириной $2,0 \pm 0,04$ мм и глубиной проникновения ультразвука $18 \pm 5,0$ мм. В дальнейшем, по мере distraction, происходило увеличение размера диастаза между проксимальным и дистальным краями регенерата, который соответствовал величине удлинения. В интермедиарной зоне регенерата формировались гиперэхогенные структуры линейной направленности, соответствующие вновь образованным грубоволокнистым костным трабекулам. Эндостальная реакция регенерата определялась в виде гиперэхогенных наслоений у проксимального и дистального концов регенерата. Визуализируемая картина соответствовала нормальному типу остеогенеза, когда ширина эхопозитивной зоны регенерата соответствовала величине удлинения (рис. 2 а). УЗИ смежного плюснефалангового сустава показало наличие характерного диастаза размером 1,8 мм, что составляло щель сустава.

У 2 пациентов уже через 3 дня от начала distraction регенерат имел гетерогенную структуру за счет единичных мелких гиперэхогенных глыбок (АП= 110 ± 11 усл. ед.) в интермедиарной зоне, АП регенерата составляла 85 ± 6 усл. ед. (рис. 2 б). Через 7 дней от начала distraction, в области периостальной реакции, а также в интермедиарной зоне визуализировались линейные, эхоплотные фрагменты размером $1,5 \pm 0,09$ мм и АП= 135 ± 5 усл. ед., данные эхопризнаки свидетельствовали о высокой репаративной активности остеогенеза и возможности преждевременной консолидации

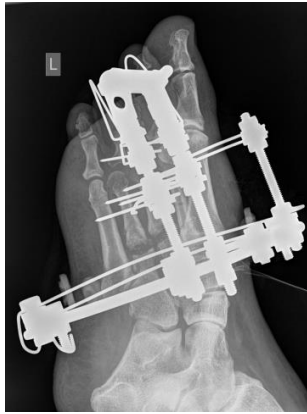


Рис. 1 а (Fig. 1 а)



Рис. 1 б (Fig. 1 в)

Рис. 1. Рентгенограммы стоп пациента при удлинении 3 и 4 плюсневых костей.

а - 6 дней дистракции.

б - 14 дней дистракции (преждевременная консолидация в зоне остеотомии).

Fig. 1. X-ray images, feet. Patient at an elongation of 3th and 4th metatarsals bones.

а - 6 days of distraction.

б - 14 days of distraction (early consolidation in the osteotomy zone).

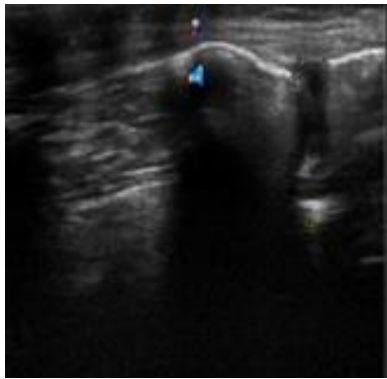


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

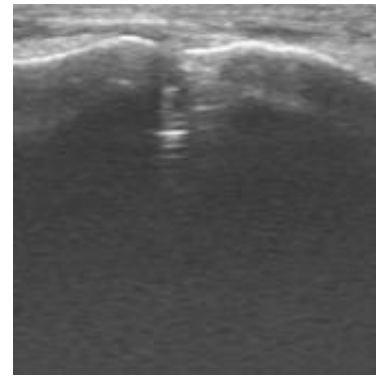


Рис. 2 б (Fig. 2 в)

Рис. 2. Сонограммы дистракционного регенерата 4 плюсневой кости. Больной К., 18 лет. Диагноз: гипоплазия IV плюсневой кости.

а - Период дистракции - 5 дней, величина удлинения - 4,5 мм. Высота диастаза - 4,5 мм; глубина проникновения ультразвука - 13,1 мм; АП интактной кости = 214 усл. ед.; АП регенерата = 69 усл. ед.

б - Период дистракции - 5 дней, величина удлинения - 4,5 мм.

Высота диастаза - 4 мм; глубина проникновения ультразвука - 10 мм;

АП регенерата = 156 усл. ед.; АП структур = 98 усл. ед.

Fig. 2. Sonograms. Distraction regenerate of the 4th metatarsal bone. Patient K., 18 years old. The diagnosis: a hypoplasia of IV metatarsal bone.

а - distraction during 5 days, the amount of elongation - 4,5 mm.

Diastase height of 4,5 mm; depth of ultrasound penetration -13,1 mm;

AD intact bones = 214 AU; AD reclaim = 69 AU.

б - distraction during 5 days, the amount of elongation - 4,5 mm.

Diastase height - 4 mm; ultrasound penetration depth - 10 mm; AD reclaim = 156 AU;

AD structures = 98 AU.

костного регенерата. При таком высоком уровне остеогенеза происходило компенсаторное расширение «щели» смежного плюснефалангового сустава до $2,8 \pm 0,5$ мм. Необходимо отметить, что в ряде случаев рентгенологическая оценка регенерата и смежного сустава была затруднена из-за особенностей компоновки аппарата Илизарова (рис. 1). Клинически при высоком уровне остеогенеза и опасности преждевременной консолидации костных отломков у пациентов отмечались боли в области регенерата. Высокий уровень остеогенеза, вероятно, связан с физиологическими особенностями организма пациентов молодого возраста (14-18 лет), когда резервные возможности организма находятся на высоком уровне, поэтому опасность преждевременной консолидации может сохраняться на протяжении всего периода distraction. Использование динамического ультразвукового исследования позволило своевременно выявить эхопризнаки возможной преждевременной консолидации и откорректировать режим удлинения.

На рисунке 3 а представлена сонограмма пациента К., 18 лет, через 15 дней от начала distraction, с признаками высокой репаративной активности. В области эндостальной реакции визуализировались эхоплотные, практически консолидированные костные фрагменты с АП=210 усл. ед. Глубина проникновения ультразвука в зоне удлинения равнялась 26 мм, АП регенерата=165 усл. ед. Для предотвращения преждевременной консолидации на протяжении 7-10 дней поддерживали темп distraction 1-1,5 мм в сутки. У одного пациента (рис. 3 б), несмотря на высокий темп distraction, через 20 дней distraction в зоне удлинения визуализировался практически непрерывный контур кортикальной пластинки, соединительнотканная прослойка не дифференцировалась, глубина проникновения ультразвука равнялась 3,3 мм. Клинически оба пациента отмечали интенсивные боли в области стопы. При сканировании смежного сустава отмечалось расширение «щели сустава» до 4 мм. Для достижения запланированной величины удлинения была проведена реостеотомия, после этого при контрольном сканировании в зоне удлинения появилась тонкая гипэхогенная полоса, а гиперэхогенные фрагменты группировались по латеральному и медиальному краям регенерата.

После проведения реостеотомии происходило планомерное формирование всех зон регенерата. Основные ультразвуковые критерии distractionного регенерата при нормальном течении остеогенеза и при повышенной репа-

ративной активности представлены в таблице №1.

Заключение.

Проведенное исследование показало высокую информативность метода УЗИ при выявлении признаков преждевременной консолидации distractionного регенерата четвертой плюсневой кости как на самом раннем сроке после остеотомии, так и в процессе distraction. Ранее, на примере distractionного регенерата большеберцовой кости у детей, нами были показаны признаки высокой репаративной активности distractionного регенерата, которые могут привести к преждевременной консолидации костных отломков – это визуализация «цепочки» гиперэхогенных вновь образованных костных трабекул между концами материнской кости, увеличение акустической плотности регенерата и отсутствие соединительнотканной прослойки в регенерате в первые 7-10 дней distraction [3]. Аналогичные эхопризнаки высокого уровня остеогенеза выявлены и при удлинении плюсневой кости: появление мелких гиперэхогенных структур в первые три дня distraction, формирование эхоплотных фрагментов в области эндостальной реакции через 10-15 дней от начала distraction, увеличение акустической плотности всего регенерата и отсутствие соединительнотканной прослойки в интермедиарной зоне регенерата вплоть до визуализации непрерывного контура кортикальной пластинки с глубиной проникновения ультразвука до 3,5 мм. Дополнительным ультразвуковым критерием, свидетельствующим о возможности преждевременной консолидации distractionного регенерата плюсневой кости, является расширение «щели» смежного плюснефалангового сустава до $4,3 \pm 0,6$ мм. При выявлении данных эхопризнаков пациентам увеличивали темп distraction, а при отсутствии результата проводили реостеотомию. Выполнение УЗИ в данной группе пациентов связано не только с тем, что метод позволяет детально оценить структурное состояние distractionного регенерата, но и невозможностью в ряде случаев оценивать зону удлинения по данным рентгеновских снимков из-за опорных стержней и колец аппарата Илизарова.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Зубарев А.В. Ультразвуковая диагностика в травматологии: практическое руководство для врачей. Москва, Видар, 2006. 134 с.
2. Исмаилов Г. Р., Кузовков А. И. Управляемый чрескостный остеосинтез при удлинении коротких трубчатых костей стопы. Гений ортопедии. 1996; 2-3: 42.
3. Менищикова Т.И., Аранович А.М., Шукин А.А. Ультрасонографический анализ динамики структурного состояния distractionного регенерата большеберцовой кости у больных ахондроплазией. Гений ортопедии. 2010; 2: 109-113.
4. Менищикова Т.И., Неретин А.С. Использование ультразвукового метода исследования для оценки структурного состояния distractionного регенерата четвертой плюсневой кости у пациентов с брахиметатарзией. Успехи современного естествознания. 2015; 3: 55-59.
5. Неретин А.С., Иванов Г.П., Данилкин М.Ю. Удлинение костей переднего отдела стопы методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову. Гений ортопедии. 2011; 2: 54-59.
6. Тухбатулин М.Г., Ключин Ю.А., Ключкин С.И. Комплексная эхография в оценке динамики репаративных процессов при переломах костей. Эхография. 2002; 3 (4): 382-387.
7. Юджин МакНелли. Ультразвуковое исследование костно-мышечной системы. Москва, Видар, 2007. 400 с.

References:

1. Zubarev A.V. Ul'trazvukovaja diagnostika v travmatologii: prakticheskoe rukovodstvo dlja vrachei. Moskva, Vidar, 2006. 134 p. (in Russian).
2. Ismailov G. R., Kuzovkov A. I. Upravljaemyi chreskostnyi osteosintez pri udlinenii korotkih trubchatyh kostei stopy. Genii ortopedii. 1996; 2-3: 42 (in Russian).
3. Menshikova T.I., Aranovich A.M., SHukin A.A. Ul'trasonograficheskii analiz dinamiki strukturnogo sostojanija distractionnogo regenerata bol'shebercovoii kosti u bol'nyh ahondroplazieii. Genii ortopedii. 2010; 2:109-113 (in Russian).
4. Menshikova T.I., Neretin A.S. Ispol'zovanie ul'trazvukovogo metoda issledovanija dlja ocenki strukturnogo sostojanija distractionnogo regenerata chetvertoi plyusnevoi kosti u pacientov s brahimetatarzieii. Uspehi sovremennogo estestvoznaniija. 2015; 3: 55-59 (in Russian).
5. Neretin A.S., Ivanov G.P., Danilkin M.YU. Udlinenie kostei perednego otdela stopy metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu. Genii ortopedii. 2011; 2: 54-59 (in Russian).
6. Tuhbatulin M.G., Klyushin YU.A., Klyushkin S.I. Kompleksnaja yehografija v ocenke dinamiki reparativnyh processov pri perelomah kostei. Yehografija. 2002; 3 (4): 382-387 (in Russian).
7. YUzhin MakNelli. Ul'trazvukovoe issledovanie kostno-myshechnoi sistemy. Moskva, Vidar, 2007. 400 p. (in Russian).