

УДК 611.018.4:616.718.73/.75-007.235-073.43

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДИСТРАКЦИОННОГО РЕГЕНЕРАТА ГУБЧАТОЙ КОСТИ У БОЛЬНЫХ С ВРОЖДЕННОЙ АНОМАЛИЕЙ РАЗВИТИЯ СТОПЫ

Менщикова Т.И., Неретин А.С.

ФБГУ «Российский Научный Центр «Восстановительная Травматология и Ортопедия»
имени академика Г.А. Илизарова Министерства здравоохранения России»,
Курган, e-mail: office@rncvto.ru

Ультразвуковое исследование выполнено на аппарате AVISUS Hitachi (Япония) с использованием линейного датчика с частотой 7,5 МГц. Проведена динамическая оценка distraction regenerate губчатой кости у 9 больных с аномалией развития среднего отдела стопы. Показано, что в период distraction regenerate губчатой кости имеет характерное зональное строение. Наличие сосудов и вновь образованных костных трабекул в зоне удлинения свидетельствуют о наличии первичного ангиогенного остеогенеза. При нарушении репаративного остеогенеза в интермедиарной зоне regenerate визуализировалось гетерогенное кистоподобное образование овальной формы. Своевременная диагностика причины снижения остеогенеза позволила провести коррекцию темпа distraction и получить положительный результат лечения.

Ключевые слова: УЗИ, аномалия развития среднего отдела стопы, distraction, regenerate губчатой кости

ULTRASOUND ASSESSMENT OF STRUCTURAL CONDITION DISTRACTION REGENERATE CANCELLOUS BONE

Menschikova T.I., Neretin A.S.

Federal State Budgetary Institution «Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology
and Orthopaedics» of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, e-mail: office@rncvto.ru

Ultrasound studies were performed on the machine AVISUS Hitachi (Japan) using a linear sensor with a frequency 7,5 Mgt. A dynamic assessment of distraction regenerate cancellous bone in 9 patients with an anomaly of the midfoot. It is shown that in the period of distraction regenerate cancellous bone has a characteristic zonal structure. The presence of newly formed vessels and trabecular bone area in elongation indicate a primary angiogenic osteogenesis. In case of violation of reparative osteogenesis in the area of intermediate regenerate visualized heterogeneous cystiform education oval. Early diagnosis of the causes of osteogenesis reduction enabled a correction rate of distraction and get a positive outcome.

Keywords: ultrasound anomaly of the midfoot, distraction, reclaimed cancellous bone

Врожденная аномалия развития костей стопы приводит к ее функциональной несостоятельности, вызывая резкое нарушение устойчивости, походки, требует использования дополнительных средств опоры, ортопедической обуви и является причиной тяжелого косметического дефекта, что в совокупности приводит к формированию у человека чувства собственной неполноценности [1, 2]. Оперативное лечение таких больных до настоящего времени остается одной из самых сложных проблем восстановительной ортопедии и сопровождается большим количеством осложнений и неудовлетворительных исходов, а в некоторых случаях считается невозможным [5, 6]. Использование метода чрескостного distraction regenerate позволяет получить необходимую величину удлинения костей среднего отдела стопы, при этом качество regenerate regenerate будет во многом определять сроки фиксации и особенности проведения реабилитационных мероприятий после снятия аппарата [2, 9].

В настоящее время для оценки структурного состояния distraction regenerate regenerate наряду с рентгенографией широко используется метод ультразвуковых исследований (УЗИ), который позволяет проводить динамическое тестирование костной и мягких тканей на протяжении всего периода реабилитации и при этом не несет лучевой нагрузки на пациента [4,8]. В наших предыдущих работах мы показали высокую информативность метода УЗИ при оценке активности репаративного остеогенеза distraction regenerate regenerate трубчатых костей [4], в том числе, и костей переднего отдела стопы с помощью метода УЗИ [3]. В литературе имеется не большое количество исследований посвященных морфогенезу distraction regenerate regenerate губчатой кости у больных с дефектом нижней челюсти [7, 10]. В доступной нам литературе мы не встретили работ по исследованию репаративного остеогенеза distraction regenerate regenerate губчатых костей среднего отдела стопы с помощью метода УЗИ.

Целью данного исследования явилась динамическая оценка структурного состояния дистракционного регенерата губчатой кости у больных с аномалией развития среднего отдела стопы.

Материалы и методы исследования

Для удлинения среднего отдела стопы выполняли чрезклиновиднокубовидную остеотомию: разрез 1-2 см проводили по передне-наружной поверхности стопы в проекции латеральной клиновидной кости. Дистракцию после выполненной остеотомии начинали на 4-5 сутки с темпом 1,5-2 мм в сутки за 3-4 приема для костей среднего отдела стопы. Схема выполнения чрезклиновиднокубовидной остеотомии костей среднего отдела стопы представлена на рис. 1.

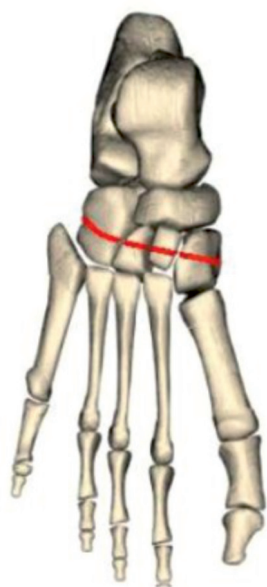


Рис. 1. Схема выполнения чрезклиновиднокубовидной остеотомии костей среднего отдела стопы

Ультразвуковое исследование выполнено на аппарате AVISUS Hitachi (Япония) с использованием линейного датчика с частотой 7,5 МГц. Обследовано 6 пациентов с аномалией развития среднего отдела стопы. Ультразвуковые исследования дистракционного регенерата осуществляли через 10, 20, 30 дней от начала дистракции и через 30 и 40 дней от начала фиксации и 1-2 раза в период фиксации. Величина удлинения среднего отдела стопы в среднем составила $24 \pm 5,2$ мм. Период дистракции составлял $28 \pm 4,2$ дней, период фиксации – 55 ± 5 дней. Для исследования дистракционного регенерата датчик устанавливали над областью, соответствующей остеотомии, определяли размеры зоны удлинения; с помощью стандартной программы строили гистограммы и оценивали акустическую плотность (АП) зоны интереса: дистракционного регенерата, вновь образованных костных трабекул, кистоподобных участков при их наличии. За контроль принимали участок губ-

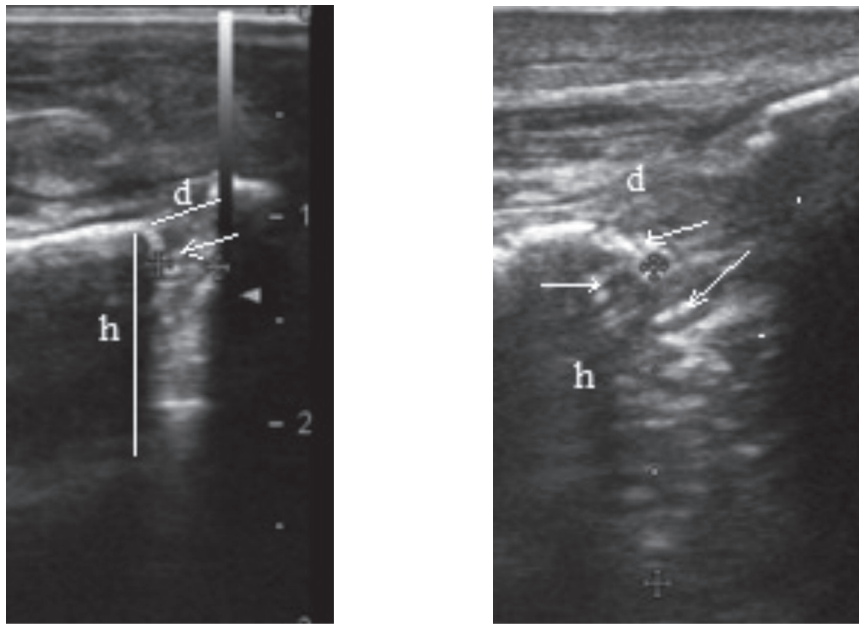
чатой кости интактной стопы (АП = 210 ± 10 усл.ед.). В режиме цветного доплеровского картирования (ЦДК) оценивали наличие сосудов в зоне удлинения, измеряли их спектральные и скоростные характеристики. На протяжении всего периода исследования проводили верификацию данных УЗИ с данными рентгенографии.

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 исследования и их обсуждение

В период дистракции в зоне диастаза индуцируется процесс костеобразования в виде формирования зоны первичного остеогенеза, представляющего собой акустически благоприятную среду уже с первых дней дистракции. При сканировании регенерата губчатой кости через 10-12 дней от начала дистракции (рис. 2, а) между краями материнской кости визуализировался диастаз размером 12 ± 2 мм, соответствующий зоне роста регенерата и заполненный структурами различной акустической плотности, АП регенерата составила на данном сроке 136 ± 3 усл.ед. Через 20 дней дистракции ширина диастаза равнялась 18 ± 2 мм (рис. 2, б). Отмечалось значительное увеличение количества вновь образованных костных трабекул преимущественно по периферии регенерата. Наличие периостальных наслоений у проксимального и дистального концов материнской кости и единичных линейных структур в интермедиарной зоне свидетельствовали о характерном зональном строении регенерата. АП регенерата увеличилась по сравнению с предыдущим сроком дистракции на 6,6% и составила 145 ± 4 усл.ед. ($p < 0,05$).

По мере дистракции происходила функциональная перестройка зон регенерата: периостальные наслоения по краям материнской кости формировались в крупные конгломераты, происходила их дальнейшая минерализация. Апикальные участки регенерата практически не отличались по акустической плотности от материнской кости и были эхонегативными, происходило сужение эхопозитивной зоны регенерата. В результате через 40-50 дней дистракции ширина эхопозитивной зоны регенерата составила 35 ± 5 мм, то есть визуализации было доступно только 70% от величины удлинения, АП регенерата равнялась 151 ± 3 усл.ед. ($p < 0,05$), увеличение по сравнению с предыдущим сроком – 4%.



а)

б)

Рис. 2. Эхограмма дистракционного регенерата зубчатой кости больной Г., 31 г.
 Диагноз: врожденная аномалия развития левой стопы. а) Период дистракции 12 дней.
 Ширина эхопозитивной зоны регенерата $d = 12$ мм, глубина проникновения ультразвука $h = 15$ мм, АП = 138 усл. ед. б) Период дистракции 20 дней. Ширина эхопозитивной зоны регенерата $d = 20$ мм, глубина проникновения ультразвука $h = 25$ мм, АП = 148 усл. ед., гиперэхогенные наслоения показаны стрелками

Сканирование зоны удлинения в дуплексном режиме (рис. 3, а) позволило выявить повышенное количество сосудов, как в окружающих мягких тканях, так и в самом регенерате, визуализируемые сосуды имели высокие значения периферических индексов $PI = 1,24$ и $RI = 0,68$, что косвенно свидетельствует о степени зрелости сосудистой стенки и всего регенерата в целом.

Стабилизация ширины эхопозитивной зоны регенерата, увеличение количества гиперэхогенных наслоений развитая сосудистая сеть в зоне удлинения свидетельствуют о сбалансированности процессов ангио- и остеогенеза.

При сканировании дистракционного регенерата через 5-10 дней фиксации (рис. 3, б) в его интермедиарной зоне визуализировались протяженные (длиной 23-35 мм) гиперэхогенные (АП = 178 ± 8 усл. ед.) фрагменты, свидетельствующие об активно протекающем процессе минерализации структур регенерата и формировании кортикальной пластинки, АП регенерата составила 162 ± 6 усл. ед. ($p < 0,05$).

Характерное зональное строение регенерата не определялось. Участки фибрил-

логенеза в виде гипоэхогенных прослоек в срединной зоне регенерата значительно уменьшились по размеру по сравнению с предыдущим сроком исследования. В этот период происходила перестройка сформированных участков регенерата, постепенное восстановление функции и адаптации конечности к условиям изменившейся формы, размеров и соотношения отдельных частей стопы. Пациентам была рекомендована ходьба с полной опорой на стопу в подстопнике.

Дальнейшая фиксация сопровождалась слиянием гиперэхогенных фрагментов интермедиарной зоны с периостальными наслоениями в области проксимального и дистального концов материнской кости. Визуализировался неоднородный по структуре контур кортикальной пластинки, акустическая плотность гиперэхогенных фрагментов равнялась 195 ± 11 усл. ед., а всего регенерата 174 ± 9 усл. ед. ($p < 0,05$), глубина проникновения ультразвука равнялась 14 ± 3 мм. Основные качественные и количественные характеристики дистракционного регенерата на протяжении всего периода лечения представлены в таблице.

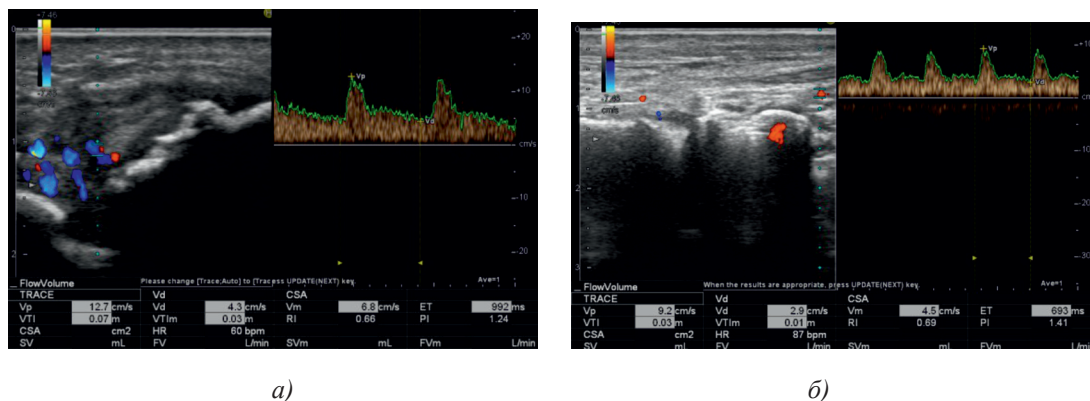


Рис. 3. Эхограмма дистракционного регенерата губчатой кости больной Г., 31 г. Дуплексное сканирование дистракционного регенерата. а) период дистракции 40 дней, визуализируются сосуды в зоне удлинения, диаметром 30-38 мм, $PI = 1,24$; $RI = 0,68$, б) период фиксации 8 дней, визуализации доступны участки сосудов не перекрытые костными трабекулами, $PI = 1,41$; $RI = 0,69$

Основные эхопризнаки дистракционного регенерата губчатой кости

Срок (дни)	Ширина эхопозитивной зоны регенерата (мм)	Глубина проникновения ультразвука (мм)	АП (усл. ед.) регенерата	Эндостальная реакция регенерата	Зональное строение регенерата
Период дистракции					
10-12	11±1,2	12	136 ± 3	Выражена не четко	определяется
20-30	27 ± 4,5	16	145 ± 4*	Хорошо определяется	определяется
40-50	35 ± 5,0	30	151 ± 3*	с периостальными наслоениями	определяется не четко
Период фиксации					
5-10	30 ± 1,5	25	162 ± 6*	Формирование контура кортикальной пластинки	не определяется
30-40	27 ± 3	22	174 ± 11		не определяется

Примечание. * $p < 0,05$.

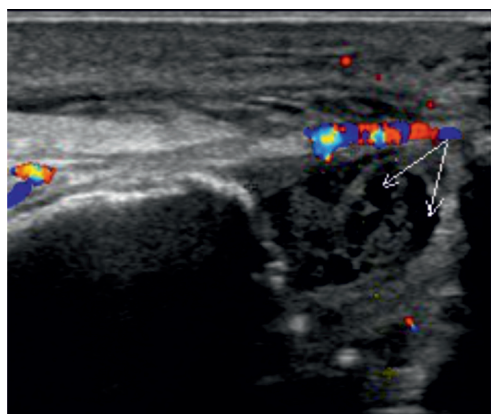


Рис. 4. Эхограмма дистракционного регенерата губчатой кости больной К., 26 л. Диагноз: ВАР левой стопы. Период фиксации 10 дней. В области регенерата визуализируется гетерогенное овальное образование объем $V = 0,37$ мл, ($V_{\text{регенерата}} = 2,94$ мл); $АП = 113$ усл.ед.; толщина капсулы 8 мм с участками низкой акустической плотности (показано стрелками, с $АП =$ усл.ед.

При нарушении течения репаративного остеогенеза в зоне удлинения отмечалось снижение количества гиперэхогенных линейных структур, визуализировались одно или несколько гипозоногенных кистоподобных образований.

Примером может служить сонограмма больного К., 26 лет (рис. 4), у которого в период дистракции в интермедиарной зоне было выявлено гипозоногенное образование с $АП = 30$ усл.ед., с четким контуром, для предотвращения увеличения размера кистоподобного образования и улучшения условий формирования костных трабекул в зоне удлинения, темп дистракции был снижен до 1 мм в сутки. В результате происходил процесс фибризации участков кисты, и через 10 дней фиксации визуализировалось образование гетерогенной структуры, в котором наряду с перестраивающимися участками сохранялись мелкие (10X12 мм) гипозоногенные включения, $АП$ регенерата составляла 113 усл.ед. Период фиксации у данного па-

циента составил 67 дней, что превысило плановые сроки фиксации на 7 дней.

Заключение

Проведенное нами исследование показало, что в период distraction губчатой кости хорошо визуализировалась зона роста регенерата с характерными процессами пролиферации, дифференцировки и адаптации клеток к растяжению. Наличие участков остеогенеза в виде гиперэхогенных периостальных наслоений и растяжения, в виде гипозоногенных участков, отражают репаративную активность всего регенерата и свидетельствуют характерном для периода distraction органотипическом строении регенерата. В период фиксации по мере обызвествления фиброзной ткани происходило уменьшение количества неминерализованных участков регенерата, что при УЗИ проявлялось, как прогрессивное уменьшение его эхопозитивной зоны. Наличие сосудов в зоне удлинения свидетельствует о течении первичного ангиогенного остеогенеза [3, 4]. При нарушении темпов distraction отмечались признаки задержки созревания костного регенерата, в единичных случаях выявлялись гипозоногенные кистоподобные образования одно- или многокамерные, с четким контуром, аналогичные эхопризнаки были выявлены при низком уровне репаративного остеогенеза трубчатых костей [4]. Таким образом, метод УЗИ позволяет оценивать зональное строение регенерата не только трубчатой, но и губчатой кости. При сканировании distraction регенерата губчатой кости информативными являются как количественные характеристики (ширина и глубина эхопозитивной зоны регенерата, акустическая плотность) так и качественные (наличие или отсутствие диастаза между костными отломками, вновь образованных костных

трабекул, кистоподобных образований, формирование фрагментов). Наличие вновь образованных костных трабекул в интермедиарной зоне регенерата, имеющих линейную ориентацию и сосудов различного диаметра, прорастающих в зону удлинения свидетельствуют о наличии первичного ангиогенного остеогенеза.

Список литературы

1. Жарникова Н.А. Удлинение стоп у детей: Автореф. дис... канд. мед. наук. – СПб., 2003. – 20 с.
2. Исмаилов Г.Р. Оперативное лечение взрослых больных с деформациями, дефектами и аномалиями развития костей стопы методом чрескостного остеосинтеза: Автореф. дис... д-ра мед. наук. – Пермь, 2000. – 50 с.
3. Менщикова 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. – С. 55–59.
4. Менщикова Т.И., Аранович А.М. Оценка активности репаративного остеогенеза distractionного регенерата большеберцовой кости с помощью современных ультразвуковых сканеров // Гений ортопедии. – 2011. – № 4. – С. 10–11.
5. Мухамадеев А.А., Корышков А.А., Норкин И.А., Балаян В.Д., Козьмов Д.Г. Особенности анатомических изменений стопы и оперативное лечение врожденной косялости тяжелой степени у взрослых // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 3. – С. 79–81.
6. Тенилин Н.А., Богосьян А.Б., Баталов О.А., Власов М.В. О целесообразности удлинения стопы как анатомического сегмента // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2009. – № 2. – С. 79–84.
7. Aykan A., Ozturk S., Sahin I., Gurses S., Ural A.U., Oren N.C., Isik S. Biomechanical analysis of the effect of mesenchymal stem cells on mandibular distraction osteogenesis // J. Craniofac Surg. – 2013. Mar, 24(2). – E. 169–75.
8. Hupperts R., Pfeil J., Kaps H.-P. Sonographische Verlaufskontrollen von Verlängerungsosteotomien // Z. Orthop. – 1990. – Bd.128, H1. – P. 90–95.
9. Kirienko A., Villa A., J.H.Calhoun. Ilizarov technique for complex foot and ankle deformities. – New-York: Marcel Dekker Inc, 2004. – 459 с.
10. Zandi M., Dehghan A., Saleh M., Seyed Hoseini SR. Osteodistraction of mandibles with a small bone defect at the planned osteotomy site: a histological pilot study in dogs // J. Craniofac Surg. – 2014. Jul.42(5). – E. 204–9.