

УДК 616.717.4/6.073.7-053.2

ПРИМЕНЕНИЕ УЗ-КОНТРОЛЯ НА ЭТАПАХ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ У ДЕТЕЙ

Ситко Л.А., Зюзько А.В., Никонов В.М., Зюзько С.С.

БУЗОО «Городская детская клиническая больница № 3», Омск, e-mail: gdkb3omsk@rambler.ru

Представлены результаты проспективного исследования использования ультразвукового метода исследования у 95 детей с переломами диафизов длинных трубчатых костей в возрасте от 1 дня до 14 лет. Оценены возможности УЗ-диагностики переломов у детей и УЗ-мониторинга процессов сращения переломов костей у детей, не уступающих по чувствительности и специфичности общепринятым рентгенологическим методам. Разработаны способы сопоставления отломков под ультразвуковым контролем в режиме реального времени при различных методах репозиции. Полученные результаты УЗ-мониторинга репаративных процессов в зоне перелома позволили выявить ранние стадии формирования костной мозоли. Динамическое УЗ-исследование позволяет своевременно диагностировать наличие повторных смещений отломков и своевременно корректировать лечение, что позволяет исключить риск поздних повторных репозиций, а также уменьшить проведение неоправданных повторных рентгенографий и тем самым снизить лучевую нагрузку у детей.

Ключевые слова: ультразвуковой метод исследования, перелом кости, репозиция, репарация, цветовое картирование

APPLICATION OF ULTRASOUND MONITORING DURING TREATMENT OF LONG BONE FRACTURES IN CHILDREN

Sitko L.A., Zyuzko A.V., Nikonov V.M., Zyuzko S.S.

BUZOO «Urban Children Clinical Hospital № 3», Omsk, e-mail: gdkb3omsk@rambler.ru

The results of a prospective analysis of the use of ultrasound in 95 children with fractures of the diaphysis of long bones in age from 1 day to 14 years are introduced. The possibilities of ultrasonic diagnosis of fractures in children and ultrasound monitoring of fracture healing process is not lower than the sensitivity and specificity of the conventional radiographic techniques. The methods of reposition of the fragments under ultrasound monitoring in real time at various reposition methods are developed. The results of ultrasonic monitoring of reparative processes in the area of the fracture revealed the early stages of callus formation. Dynamic ultrasound examination allows time to diagnose the presence of secondary bone fragments displacement and correct treatment, which eliminates the risk of late repositioning and reduces unnecessary repeated x-rays and that reduces radiation exposure of children.

Keywords: ultrasonic method of research, bone fracture, reposition, repair, color mapping

Несмотря на то, что УЗ-метод широко и эффективно применяется во всех разделах хирургии, исследования по использованию его при переломах длинных трубчатых костей единичны [1, 2, 3, 4, 5]. В связи с этим большие возможности УЗИ для использования его на месте травмы, в ходе транспортировки и в стационаре диктуют настоятельную необходимость его применения при переломах длинных трубчатых костей, особенно у детей.

Цель исследования – изучить возможности применения ультразвукового метода для диагностики переломов трубчатых костей, УЗ-контроля репозиции отломков в режиме реального времени и УЗ-мониторинга стадий формирования костной мозоли с целью улучшения результатов лечения переломов и снижения лучевой нагрузки у детей.

Задачи исследования

1. Разработать способ ультразвуковой диагностики переломов трубчатых костей у детей и контроля репозиции в режиме реального времени.
2. Исследовать возможности ультразвукового мониторинга процессов заживления переломов у детей разных возрастных

групп в сравнении с клиническими и рентгенологическими методами.

3. Сравнить результаты лечения переломов длинных трубчатых костей у детей при использовании способа УЗ-мониторинга и общепринятого рентгенологического метода.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на кафедре детской хирургии ОмГМА (заведующий кафедрой – д.м.н., профессор Пискалов А.В.), в отделении детской травматологии ГДКБ № 3 (главный врач – Сухарев А.Л.). Проведено проспективное исследование 95 детей с переломами диафизов длинных трубчатых костей (при минимальной выборке для рассматриваемых групп, определенной по номограмме Альтмана, составившей 80 человек) в возрасте от периода новорожденности до 14 лет, поступавших в клинику с 2009 по 2012 год. Все дети были разделены на четыре группы в зависимости от локализации поврежденного сегмента и две возрастные подгруппы (0–7 и 8–14 лет).

Для исследования клинической эффективности предложенного метода лечения переломов с использованием УЗ-контроля было проведено сравнительное проспективное рандомизированное исследование у 95 детей с переломами костей различных сегментов конечностей. Все пациенты были разделены на две сравниваемые когорты (простая рандомизация методом конвертов). Когорта I (основная группа $n = 48$)

включала в себя 12 детей с переломами плечевой кости, 21 ребенка – костей предплечья, 7 детей – бедренной кости и 8 детей с переломами костей голени. В когорте первичные и повторные репозиции проводились под контролем ультразвуковых исследований. Методы рентгеновской диагностики и контроля в этой группе проводили в стандартные сроки исключительно по требованиям медико-экономических стандартов (МЭС). Когорта II (группа сравнения $n = 47$) включала в себя 12 детей с переломами плечевой кости, 20 детей – костей предплечья, 7 детей – бедренной кости и 8 детей – с переломами костей голени. Данная когорта детей получала стандартное лечение. Общепринятый контроль репозиции и частота Р-исследований в этой когорте определялись с учетом клинических показаний. В каждой из когорт оценивалось количество первичных и повторных репозиций, число запоздалых репозиций после повторного смещения отломков на стадиях формирования костной мозоли, а также количество Р-исследований и суммарная лучевая нагрузка.

Рентгенологическое исследование проводилось на аппаратах CLINOMAT, Рентген-30, ТУР800, в условиях ОРИТ использовали палатные аппараты 9Л5.

Исследование проводилось в сроки, обусловленные стандартами: при поступлении в клинику, после репозиции, осуществления иммобилизации конечности и перед выпиской из стационара. При неудовлетворительном положении отломков решался вопрос о повторной репозиции до достижения допустимого стояния. Ультразвуковое исследование выполнялось на аппаратах: Siemens G-60 и Sonoace 6000, портативном – Smart Echo в режиме реального времени с использованием широкополосных, высокочастотных линейных датчиков 8,0–12,0 МГц. УЗИ пациентов проводилось до и в процессе проведения репозиции в режиме реального времени, после ее завершения, а также во время и после необходимого вида иммобилизации. При гипсовой иммобилизации конечности датчик позиционировался на специально создаваемое для него «акустическое окно».

Оценка эффективности УЗ-метода в диагностике и мониторинге на этапах лечения переломов длинных трубчатых костей осуществлялась по общепринятым методам доказательной медицины (Р. Флетчер, 1998) с использованием непараметрических статистических методов.

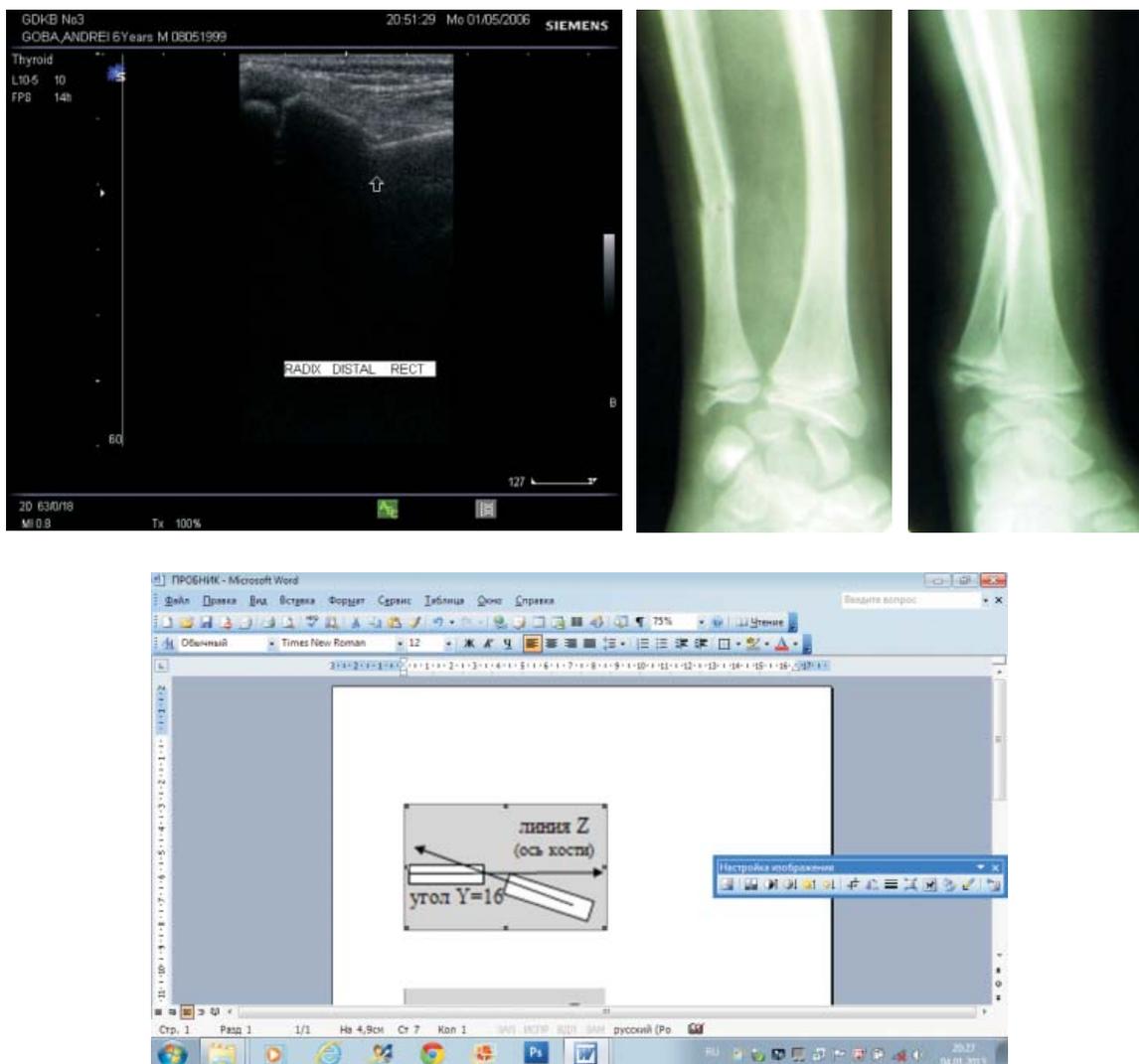


Рис. 1. Перелом локтевой кости в ультразвуковом, рентгеновском и схематичном изображениях (угол деформации 16 градусов со смещением дистального отломка)

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Для диагностики перелома и положения отломков нами предложен способ ультразвуковой диагностики (приоритетная справка ФГУ ФИПС № 2011146402 от 15.11.2011). Сигнал, отраженный от неповрежденного кортикального слоя кости представлялся на сонограммах в виде линейной непрерывной гиперэхогенной структуры. При переломе кости кортикальный слой представлен на сонограмме минимум двумя отрезками: левым и правым. Левый гиперэхогенный отрезок соответствовал проксимальному отломку поврежденной кости, продолжение линии которого образует линию Z, принимаемую нами за ось кости. Правый гиперэхогенный отрезок при переломе с угловым смещением расположен на сканограмме в другой плоскости. Продолженная линия этого гиперэхогенного отрезка (дистальный отломок) при пересечении с линией Z образует угол Y , являющийся углом отломков

относительно оси кости. В зависимости от поверхности сканирования поврежденного сегмента легко определяется смещение дистального отломка кпереди, кзади, кнаружи или кнутри. Сравнительная картина перелома локтевой кости с наличием углового смещения отломков представлена на рис. 1.

В процессе выполнения репозиции осуществлялось разработанное нами УЗ-мониторирование положения отломков под контролем ультразвукового сканера в режиме реального времени. По данным сканирования в режиме реального времени при достижении расположения гиперэхогенных отрезков (проксимального и дистального отломков) в одной плоскости без углового смещения относительно друг друга (угол $Y = 0^\circ$), репозиция считалась удовлетворительной. УЗ-мониторинг осуществлялся также в процессе выполнения иммобилизации (гипсовой повязкой или одного из видов вытяжения). Положение отломков после репозиции в ультразвуковом, рентгеновском и схематичном изображениях представлено на рис. 2.

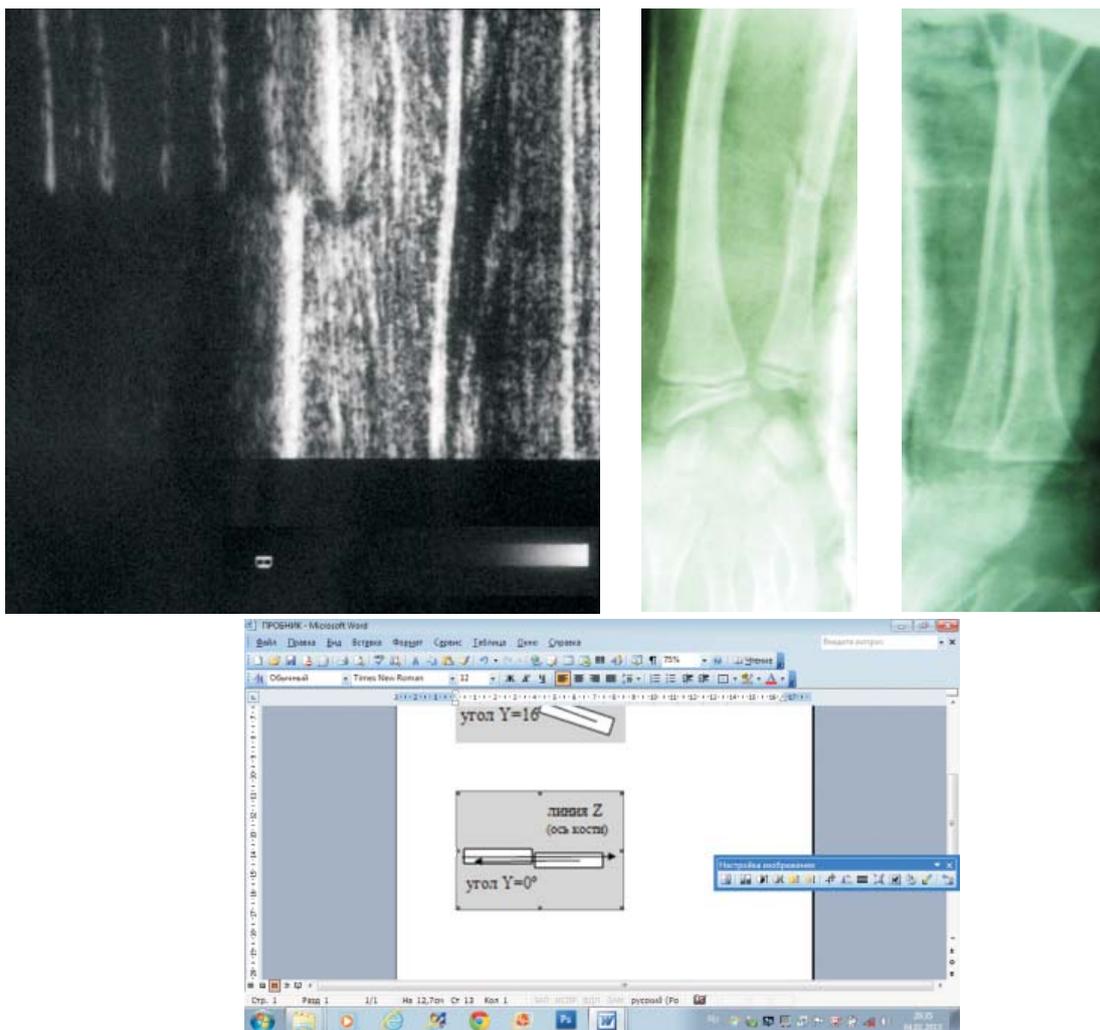


Рис. 2. Перелом локтевой кости после репозиции (угловое смещение устранено)

Предложенный способ УЗ-сканирования позволяет достоверно определять характер смещения отломков, контролировать устранение не только угловых смещений, но и смещений по ширине и длине. Диагностическая ценность УЗ-метода в верификации переломов диафизов длинных трубчатых костей у детей представлена в табл. 1.

Таблица 1
Диагностическая ценность УЗ-метода в верификации переломов костей (%), ($n = 95$)

Показатель (%)	Значение (%)
Отношение шансов (ОШ)	0,00325
Нижняя граница 95 % ДИ ОШ	0,000064
Верхняя граница 95 % ДИ ОШ	0,001657
Чувствительность	100,0
Специфичность	100,0
Диагностическая ценность положительного результата	100,0
Диагностическая ценность отрицательного результата	100,0

Как видно из табл. 1, использование УЗИ для верификации переломов длинных трубчатых костей у детей характеризуется высокими показателями диагностической ценности, чувствительности и специфичности.

Использование УЗ-мониторинга этапов заживления переломов у детей позволило нам выделить и охарактеризовать новые, недоступные для общепринятых рентгенологических и клинических методов, стадии формирования костной мозоли. Стадия острого нарушения кровообращения, при которой в В-режиме определяется характер повреждения кости, степень смещения отломков и изменения со стороны мягких тканей в виде отёка, гематомы; в режиме ЦДК признаков наличия сосудов в зоне повреждения не выявлено.

Стадия восстановления местного кровообращения и ранних репаративных признаков: в В-режиме определялась периостальная реакция в виде наличия дополнительной линейной гиперэхогенной структуры, параллельно расположенной над линией перелома и гиперэхогенными отрезками (отломками). В режиме ЦДК – локация артериальных сосудов мышечного типа, систолическая скорость кровотока в которых не превышала 10 см/с, индекс периферического сопротивления – $Ri = 0,56-0,75$. В венах скорость кровотока составила 3–7 см/с.

Периостальная реакция и реакция васкуляризации достоверно выявлялись на 2,0–4,0 день в зависимости от возраста

и сегмента конечности и были недоступны для Р-логических методов. Стадия усиления кровотока и формирования соединительнотканной мозоли: в В-режиме параоссально под периостальной реакцией определялась зона пониженной эхогенности сигнала, межотломковая щель представлена гиперэхогенным образованием с множественными мелкими до 1–2 мм гиперэхогенными сигналами в структуре (мозоль); в режиме ЦДК и при проведении спектральной доплерометрии отмечалось локальное усиление кровотока со скоростью кровотока в артериях $V_s = 12-19-23$ см/с, в венах 5–9 см/с, $RI = 0,57-0,66$. Стадия ранних признаков формирования костной мозоли: в В-режиме в проекции сформировавшейся периостальной реакции определялись гиперэхогенные линейные структуры различного размера от 1–2 до 5–6 мм, частично отражающие ультразвуковой сигнал (зоны ранней оссификации при переходе остеодной ткани в костную); в режиме ЦДК лоцировались артериальные сосуды со скоростью кровотока $V_s = 16-19-26$ см/с, венозные сосуды имели скоростные показатели 5–11 см/с, $RI = 0,60-0,66$. Стадия консолидации (выявляется и клинически, и рентгенологически): в В-режиме определялась гиперэхогенная линейная структура толщиной до 2,5–5 мм, соответствующая «заживлению» кортикального слоя. Ультразвук через новообразованную кость не проникал. В режиме ЦДК признаков наличия кровотока в параоссальных мягких тканях не выявляется. Сроки выявления ранних признаков формирования костной мозоли представлены в табл. 2.

Таким образом, ультразвуковые методы мониторинга этапов консолидации переломов позволяли выявлять первые признаки формирования костной мозоли со статистической достоверностью раньше, чем рентгенологические ($Z = 2,11681$, $p < 0,034277$) и младшей возрастной группы.

С целью сравнения результатов лечения переломов костей при использовании предложенного нами способа УЗ-мониторинга и с применением общепринятого рентгенологического исследования, а также для оценки клинической эффективности данного способа было проведено проспективное исследование в двух когортах, сформированных простой рандомизацией. Сравнительные показатели клинической эффективности применения УЗ-мониторинга при переломах трубчатых костей представлены в табл. 3.

Таким образом, применение ультразвуковой диагностики переломов и мониторинга консолидации у детей в отличие от клинических и общепринятых рентгеноло-

гических методов позволило снизить риск поздних повторных репозиций от 18 до 100%, в зависимости от сегмента конечности,

а также повысить относительную пользу предложенного способа мониторинга от 4 до 8% для лечения детей.

Таблица 2

Сроки выявления первых признаков формирования костной мозоли при разных способах контроля (в зависимости от сегмента конечности и возраста ребенка)

Локализация перелома	Сроки первых признаков формирования костной мозоли в возрастных подгруппах					
	клинические		рентгенологические		ультразвуковые	
	от 0 до 7 лет	от 8 до 14 лет	от 0 до 7 лет	от 8 до 14 лет	от 0 до 7 лет	от 8 до 14 лет
	Me(Q1; Q3)	Me(Q1; Q3)	Me(Q1; Q3)	Me(Q1; Q3)	Me(Q1; Q3)	Me(Q1; Q3)
Плечевая кость (n = 24)	24,0 (20,0; 28,0)	30,0 (28,0; 30,0)	11,0 (10,0; 18,0)	16,0 (11,0; 18,0)	8,0 (6,0; 15,0)	11,0 (9,0; 13,0)
Предплечье (n = 41)	21,0(19,5; 28,0)	28,0 (25,5; 30,0)	10,0 (9,5; 10,5)	14,0 (11,0; 15,0)	8,0 (7,5; 11,5)	10,0 (9,3; 15,0)
Бедренная кость (n = 14)	28,0(22,0; 38,5)	42,0 (36,0; 42,0)	12,0 (10,3; 18,0)	19,0 (18,5; 21,5)	9,0 (7,5; 18,8)	14,0 (10,0; 25,0)
Кости голени (n = 16)	42,0 (38,5; 42,8)	56,0 (47,8; 62; 0)	12,0 (11,8; 21,5)	14,0 (11,0; 18,0)	10,0 (9,5; 13,0)	12,0 (9,0; 19,5)

Примечания: Me – медиана; Q1 – нижний квартиль; Q3 – верхний квартиль,

Таблица 3

Показатели клинической эффективности применения метода УЗ-мониторинга при переломе плечевой кости

Исходы (после начала формирования костной мозоли)	ЧИЛ	ЧИК	СОР/ПОП	САР/ПАП
Поздняя повторная репозиция (плечевая кость, n = 24)	0,0	0,08	100%	0,08
Своевременная репозиция (плечевая кость, n = 24)	1,0	0,92	8%	0,08
Поздняя повторная репозиция (предплечье, n = 41)	0,0	0,05	100%	0,05
Своевременная репозиция (предплечье, n = 41)	1,0	0,95	5%	0,05
Поздняя повторная репозиция (бедренная кость, n = 14)	0,14	0,17	18%	0,03
Своевременная репозиция (бедренная кость, n = 14)	0,86	0,83	4%	0,03
Поздняя повторная репозиция (кости голени, n = 16)	0,13	0,25	48%	0,12
Своевременная репозиция (кости голени, n = 16)	0,87	0,75	16%	0,12

Примечание. ЧИЛ – число исходов в группе лечения, ЧИК – число исходов в группе контроля, СОР – снижение относительного риска; САР – снижение абсолютного риска; ПОП – повышение относительной пользы; ПАП – повышение абсолютного риска.

Среднее количество Р-графий в основной группе (M = 48) составило 2,6 ± 0,21, в группе сравнения (M = 47) – 4,6 ± 0,5, при ошибке p < 0,031, таким образом снизилось на 54,2%. Средняя лучевая нагрузка в основной группе (M = 48) – 2,6 ± 0,21, в группе сравнения (M = 47) – 0,0106 ± 0,012, при ошибке p < 0,025, таким образом снизилась на 51,1%.

Заключение

Разработанный способ УЗ-диагностики переломов длинных трубчатых костей у детей с УЗ-мониторингом положения отломков и этапов репозиции позволяет в режиме реального времени корректировать процесс и результаты репозиции, выявить и на ранних этапах лечения своевременно устранить повторные или неприемлемые смещения отломков.

Использование УЗ-мониторинга процессов заживления переломов у детей позволило выделить и охарактеризовать новые недоступные для общепринятых рентгенологических и клинических методов исследования стадии формирования костной мозоли: стадию острого нарушения микроциркуляции; стадию восстановления местного кровообращения и ранних репаративных признаков; стадию усиления кровотока и формирования соединительнотканной мозоли.

Применение УЗ-диагностики переломов и УЗ-мониторинга консолидации в отличие от клинических и общепринятых рентгенологических методов позволяет снизить риск запоздалых повторных репозиций с 18 до 100% в зависимости от сегмента конечности, исключить запоздалый переход на оперативные методы лечения, а также

повысить на 4–8% относительную пользу предложенного способа УЗ-контроля при уменьшении количества рентгенографий и при существенном снижении лучевой нагрузки в процессе диагностики и лечения переломов у детей.

При неосложненных переломах костей у новорожденных и детей младшего возраста использование УЗИ в процессе диагностики и лечения позволяет обойтись без применения рентгенологических методов.

Список литературы

1. Зюзько А.В., Никонов В.М., Лукаш А.А. Ультразвуковая диагностика переломов длинных трубчатых костей у детей // Медицинская визуализация. – 2009. – № 5. – С. 53–59.
2. Зюзько А.В., Ситко Л.А., Никонов В.М. и др. Ультразвуковая диагностика переломов длинных трубчатых костей у детей с мониторингом репозиции и репарации // Медицинская визуализация. – 2012. – № 6. – С. 112–119.
3. Зюзько А.В. Совершенствование лечения переломов длинных трубчатых костей путем использования УЗ-мониторинга репозиции и процессов формирования костной мозоли у детей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Омск, 2013. – С. 23.
4. Мельцин И.И., Выборнов Д.Ю., Гуревич А.И. Динамика остеорепаляции при различной степени стабильности остеосинтеза переломов длинных трубчатых костей нижних конечностей у детей // Детская хирургия. – 2010. – № 1. – С. 30–33.
5. Синицына Н.В., Ватолин К.В., Выборнов Д.Ю. Ультразвуковая характеристика репаративного остеогенеза при переломах длинных трубчатых костей предплечья у детей. // Детская хирургия. – 2011. – № 3. – С. 15–18.

References

1. Zyuzko A.V., Nikonov V.M., Lukash A.A. Ultrazvukovaya diagnostika perelomov dlinnykh trubchatykh kostey u detey // Meditsinskaya vizualizatsiya. 2009. no. 5. pp. 53–59.
2. Zyuzko A.V., Sitko L.A., Nikonov V.M. i dr. Ultrazvukovaya diagnostika perelomov dlinnykh trubchatykh kostey u detey s monitoringom repozitsii i reparatsii // Meditsinskaya vizualizatsiya. 2012. no. 6. pp. 112–119.
3. Zyuzko A.V. Sovershenstvovanie lecheniya perelomov dlinnykh trubchatykh kostey putem ispolzovaniya UZ-monitoringa repozitsii i protsessov formirovaniya kostnoy mozoli u detey // Avtoref. dis. kand.med. nauk. Omsk, 2013. pp. 23.
4. Meltsin I.I., Vybornov D.Yu., Gurevich A.I. Dinamika osteoreparatsii pri razlichnoy stepeni stabilnosti osteosinteza perelomov dlinnykh trubchatykh kostey nizhnich konechnostey u detey // Detskaya khirurgiya. 2010. no. 1. pp. 30–33.
5. Sinitsyna N.V., Vatolin K.V., Vybornov D.Yu. Ultrazvukovaya kharakteristika reparativnogo osteogeneza pri perelomakh dlinnykh trubchatykh kostey predplechy u detey. // Detskaya khirurgiya. 2011. no. 3. pp. 15–18.

Рецензенты:

Цап Н.А., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой детской хирургии, ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства России, г. Екатеринбург;

Аксельров М.А., д.м.н., профессор, зав. кафедрой детской хирургии, травматологии и анестезиологии, ГБОУ ВПО «Тюменская государственная медицинская академия», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 21.03.2014.