

**АО «Медицинский университет Астана»
Кафедра Доказательной медицины**

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

Асанов Н.М.

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

- 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

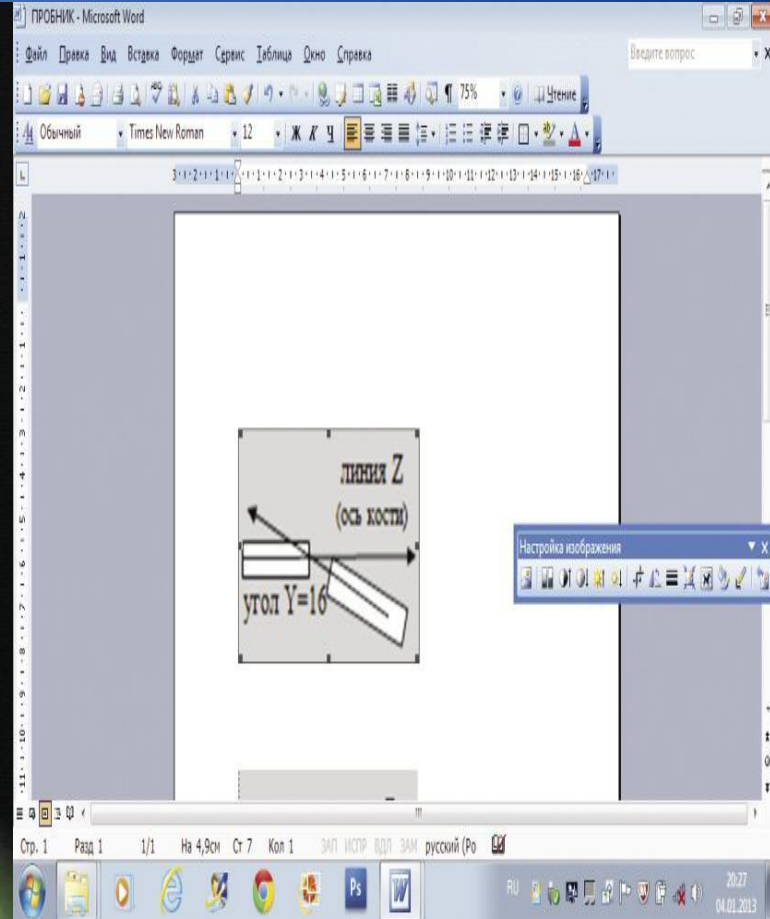
Исследования

- Работа выполнена на кафедре детской хирургии ОмГМА (заведующий кафедрой – д. м.н., профессор Писклаков 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-

- 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».

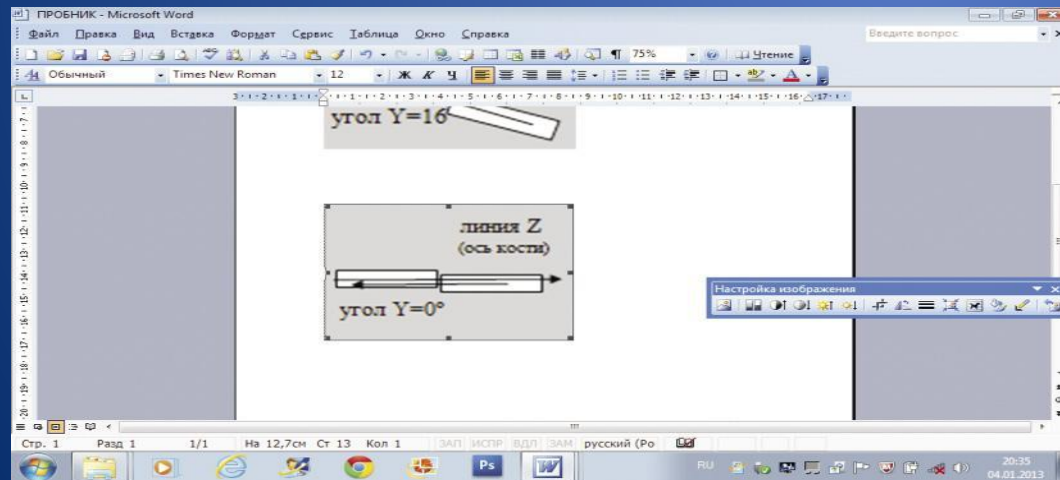
- Рис. 1. Перелом локтевой кости в ультразвуковом, рентгеновском и схематичном изображениях (угол деформации 16 градусов со смещением дистального отломка)



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 γ , 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 $\gamma = 0^\circ$), 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 – $R_i = 0,56-0,75$. 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 гипоэхогенным 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 остеοидной 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

- 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.

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 (М = 48) составило $2,6 \pm 0,21$, в группе сравнения (М = 47) – $4,6 \pm 0,5$, при ошибке $p < 0,031$, таким образом снизилось на 54,2 %. Средняя лучевая нагрузка в основной группе (М = 48) – $2,6 \pm 0,21$, в группе сравнения (М = 47) – $0,0106 \pm 0,012$, 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

**Спасибо за
внимание**

