



Практические аспекты использования ультразвукового исследования переломов костей предплечья у детей

А. П. Кравченко, Г. А. Павлюкевич, Е. С. Афонагель, Н. Н. Мытник,
Р. М. Василевич, А. В. Стригалева

Крупская центральная районная больница, Крупки, Беларусь

Ультразвуковое исследование при повреждении костей скелета в последнее время приобретает все большее значение. Особенно это важно при ведении пациентов детского возраста с травмами, когда в силу физиологии растущего организма действие ионизирующего излучения при рентгеновской диагностике как золотого стандарта исследований костных повреждений может привести к нежелательным последствиям для здоровья.

Цель исследования — описать преимущество и практические аспекты ультразвукового исследования костей предплечья у детей при переломах диафиза, а также ультразвукового контроля до и после закрытой ручной репозиции переломов при смещении отломков. Приводятся практические советы постановки ультразвукового датчика, а также особенности оценки ультразвукового изображения костной ткани в норме и при травмах в зависимости от морфологии перелома и смещения костных отломков.

Ключевые слова: закрытая ручная репозиция, ультразвуковая диагностика, переломы костей предплечья.

Ultrasound examination of bone injuries has recently become increasingly important. This is especially important in treatment of pediatric patients with injuries, because of peculiarity of the physiology of a growing organism, the effect of ionizing radiation in X-ray diagnostics, can lead to undesirable health consequences.

The purpose of our study is to describe the practical aspects of ultrasound examination of fracture forearm bones in children with fractures, as well as ultrasound control during closed manual reduction of fractures with displacement of fragments. We provide practical advice on probe placement, as well as features of assessing the ultrasound image of bone in health and with injuries, depending on the type of fracture and displacement of bone fragments.

Key words: closed manual reposition, ultrasound diagnostics, forearm fractures.

HEALTHCARE. 2025; 5: 71—80

PRACTICAL ASPECTS OF USING ULTRASOUND EXAMINATION OF FOREARM FRACTURES IN CHILDREN

A. Krauchanka, H. Pauliukevich, Ya. Afnahel, M. Mytnik, R. Vasilevich, A. Strigaleva

Ультразвуковое исследование (УЗИ) костных повреждений в настоящее время является молодым, но многообещающим и динамично развивающимся направлением в медицине. Если ранее были лишь спорадические упоминания в немногочисленных публикациях о возможностях сонографии при оценке костной ткани в норме, при травмах и заболеваниях, то в последнее время наблюдается рост исследований в этой области. Особенно это стало заметно по резкому увеличению количества статей на данную тему в Pubmed после издания первой версии клинических рекомендаций Немецкого общества ультразвука в медицине по сонографии переломов (DEGUM “Fraktursonografie”) от 1 февраля 2023 г. [1].

Преимущества использования ультразвука при костной травме

С момента открытия и до настоящего времени рентгеновское излучение является основным методом диагностики (золотым стандартом) при повреждениях скелета и зарекомендовал себя как объективный и доступный метод исследования костных повреждений. Однако в последнее время сонографическое исследование скелета приобретает все большее значение. Причина лежит в сути, в физике рентгеновских волн, которые при различных условиях, характеризующих время и дозу излучения, а также физиологическое состояние и возраст исследуемого, могут привести к неблагоприятным воздействиям на ткани и органы человека. В международной медицинской практике принят ALARA-принцип (as low as reasonably achievable) — добиваться настолько низкого порога облучения при исследовании, насколько это разумно, достижимо, разумеется, без потери качества, то есть ради чего это исследование и предпринимается [2]. УЗИ костей является тем методом диагностики, который может дополнить, а в ряде случаев заменить рентгенологическое исследование. Сонография показала хороший результат при диагностике переломов, также позволяет судить о правильности репозиции переломов интраоперационно или во время закрытой репозиции во время общей или проводниковой анестезии [3—7]. Причем метод сонографической визуализации сравним по времени выполнения, ресурсозатратности и эффективности с репозицией переломов под рентгенологическим контролем [8; 9]. Эти же данные были подтверждены и в нашем исследовании [10]. Согласно вышеназванным рекомендациям, точность сонографической диагностики переломов костей у детей в возрасте до 12 лет имеет высокий уровень доказательности (A++) и не требует рентгенологического исследования [1]. Кроме того, метод УЗИ более мобильный, быстро выполняемый, не требующий специальной общей и индивидуальной противолучевой защиты. Исследование может проводить врач-травматолог или общий хирург, который оказывает помощь пациенту в рамках bedside-исследования [11]. Кроме того, еще одним важным аспектом при сонографическом исследовании является то, что можно одновременно оценить повреждения мягкотканых компонентов (сухожилий, связок, мышц), наличие гематом мягких тканей, а также при необходимости кровоснабжение травмированного сегмента.

Практические аспекты

Остановимся на практических вопросах проведения УЗИ при диагностике и вправлении переломов костей предплечья у детей как одной из самых распространенных травм [12].

Исследование проводят стандартным линейным датчиком. В большинстве современных ультразвуковых аппаратов отсутствует специальная настройка (Preset) для исследования костей, в связи с этим можно использовать любой другой режим (для мягких тканей, сосудистый), который, по мнению специалиста, проводящего исследование, наиболее качественно позволяет судить о структуре костной ткани. Датчик устанавливают продольно вдоль оси кости, что, как правило, не вызывает сложностей, за исключением, пожалуй, дистальной части локтевой кости, где в силу глубины и относительно малого поперечного размера кости иногда требуется несколько больше времени, чтобы вывести изображение кости по длине на всем протяжении экрана; при формировании же навыка и этот сегмент крайне прост в исследовании. По мнению O. Ackermann, при костной травме необходимо провести сканирование каждой из костей как минимум в трех плоскостях, соответствующих поверхностям и краям диафизов. То есть для полного исследования костей предплечья проводят шесть исследований (рис. 1) [13].



Рис. 1. Положение датчика в трех плоскостях при исследовании лучевой кости:
а — разгибательная (тыльная) поверхность лучевой кости;
б — латеральная (боковая, не прилежащая к локтевой кости) поверхность лучевой кости;
в — сгибательная (ладонная) поверхность лучевой кости

Согласно разработанному wrist-safe-алгоритму, исследование проводят строго в определенной последовательности: разгибательная (тыльная) поверхность лучевой кости — латеральная (боковая, не прилежащая к локтевой кости) поверхность лучевой кости — сгибательная (ладонная) поверхность лучевой кости — сгибательная (ладонная) поверхность локтевой кости — латеральная (боковая, не прилежащая к лучевой кости) поверхность локтевой кости — разгибательная (тыльная) поверхность локтевой кости [13]. Такое строгое выполнение последовательности обусловлено обязательным документированием изображений и возможностью быстрого сравнительного анализа с последующими обследованиями, в том числе после репозиции. Нами предлагается упрощенный вариант, который предполагает исследование травмированного сегмента для каждой кости в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: в одной дорзальной (тыльной) или ладонной (волярной) поверхности и обязательно в одной латеральной плоскости. По нашему опыту, этих двух проекций достаточно, чтобы оценить морфологию перелома и смещение отломков на основании того факта, что с геометрической точки зрения диафиз костей предплечья усредненно сравним с цилиндром и при изменении угла или смещения в одной плоскости на противоположной плоскости будут зеркально обратные изменения.

При исследовании костей, в отличие от других органов, в большинстве случаев визуализируется только кортикальный слой, расположенный ближе к датчику. Костная ткань ниже кортикальной пластины, как правило, не визуализируется. Датчик устанавливается продольно к кортикальному слою кости, который в норме на экране представлен относительно ровной гиперэхогенной линией (рис. 2).

При переломах костей при УЗИ имеется нарушение целостности гиперэхогенной линии (кортикального слоя кости) различной формы: она может смещаться, прерываться, изгибаться (рис. 3 и 4). Также возможно визуализировать наличие гематом в мягких тканях возле перелома.

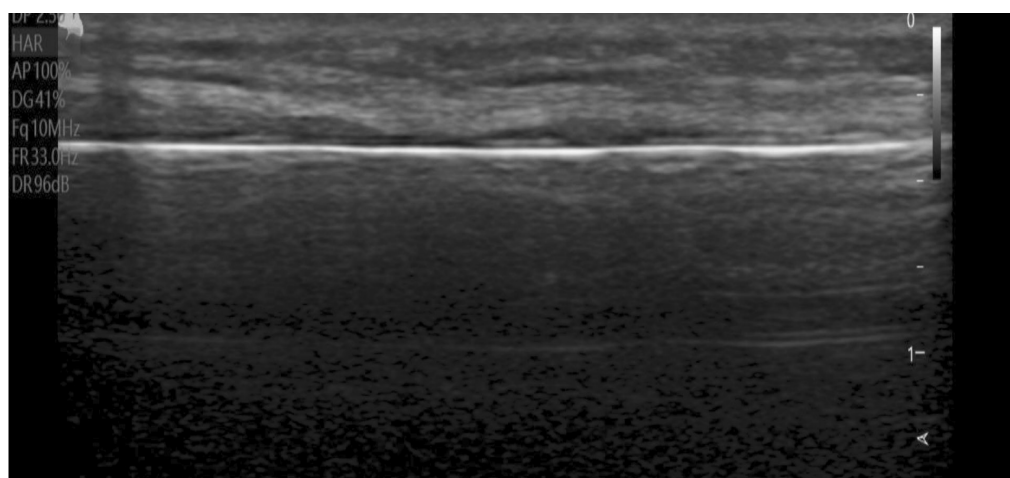
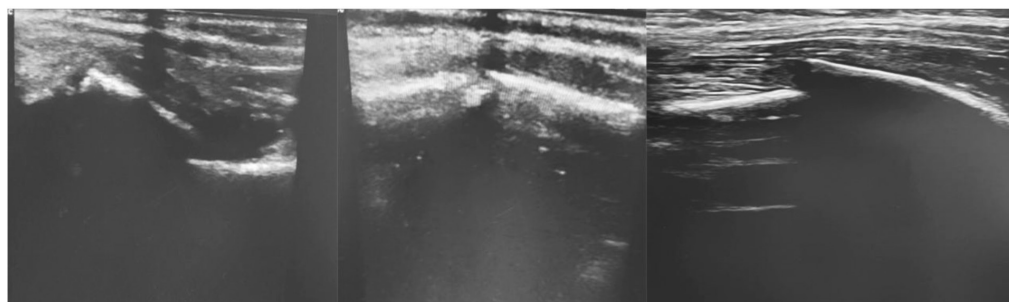


Рис. 2. Ультразвуковое изображение кортикальной пластинки диафиза лучевой кости (продольное направление датчика)



а



б

Рис. 3. Различные виды нарушения целостности кортикального слоя:
а — на рентгенограмме;
б — при ультразвуковом исследовании

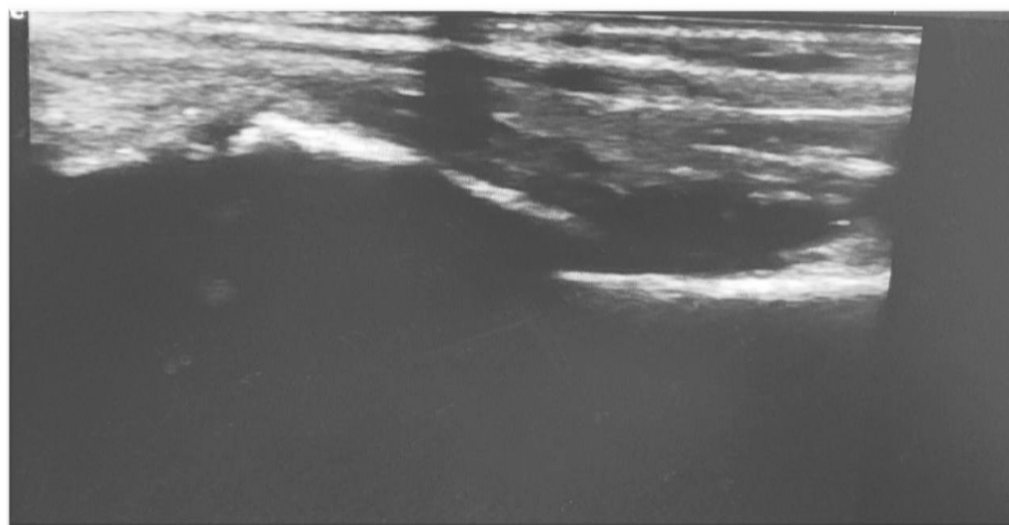
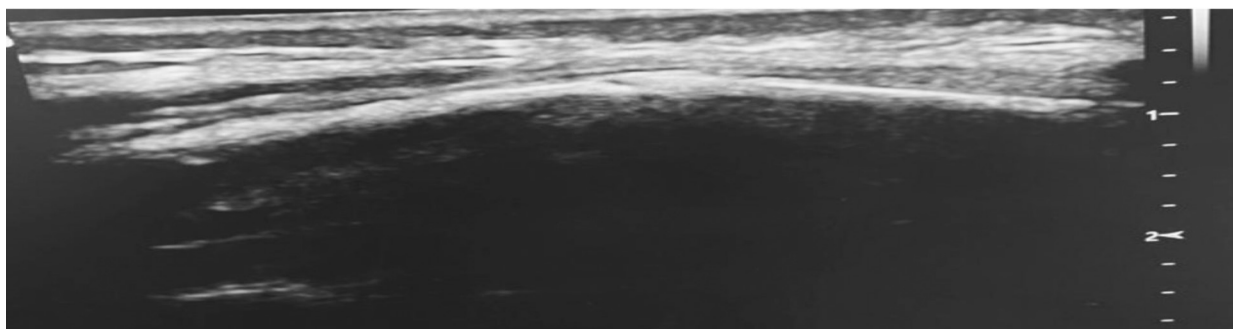
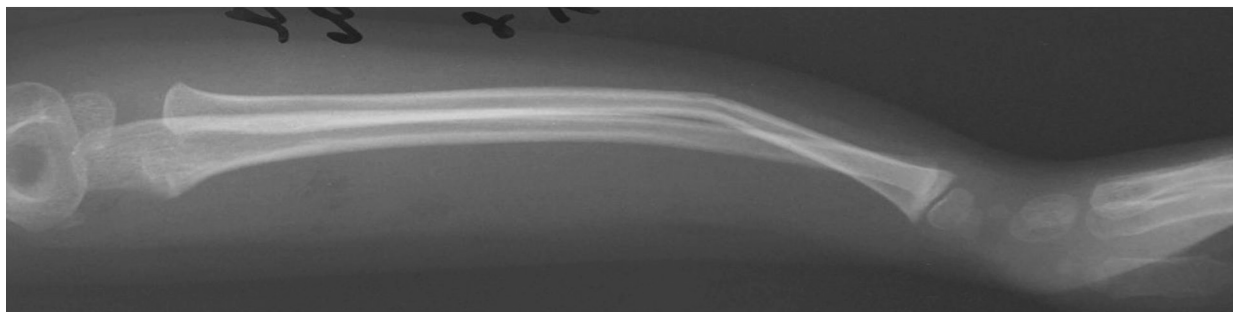


Рис. 4. Линия кортикального слоя кости при переломе со смещением

При поднадкостничных переломах (переломах по типу зеленой ветки), характерных для детского возраста, деформации, повреждение кортикального слоя кости визуализируются с трудом, даже в случае значительного углового смещения. В таких случаях маркером повреждения является формирование ровных протяженных волн гиперэхогенной линии (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Поднадкостничный перелом:
а — ультразвуковое исследование;
б — рентгеновское изображение

Оценивая данные УЗИ при закрытой ручной репозиции, внимание должно фокусироваться на изображении до и после лечебной манипуляции. Линейное изображение кортикального слоя травмированной кости, представленного на экране ультразвукового аппарата в виде гиперэхогенной полоски, после репозиции должно быть максимально анатомическим (ровным) во всех исследуемых плоскостях. При наличии остаточного смещения дополнительно проводят мануальное воздействие с коррекцией в зависимости от данных УЗИ.

Из приведенных ниже примеров можно понять соотношение данных на мониторе сонографического (ультразвукового) аппарата и данных рентгенологического исследования.

Клинический случай 1. Пациент М. 10 лет с переломом нижней трети диафиза лучевой кости с угловым ладонным смещением. Данные исследований до и после репозиции представлены на рис. 6 и 7.

Клинический случай 2. Пациентка С. 7 лет с поднадкостничным переломом средней трети костей предплечья с угловым смещением (рис. 8 и 9).

Клинический случай 3. Пациент О. 12 лет с закрытым поперечным переломом средней трети костей предплечья со смещением (рис. 10 и 11).

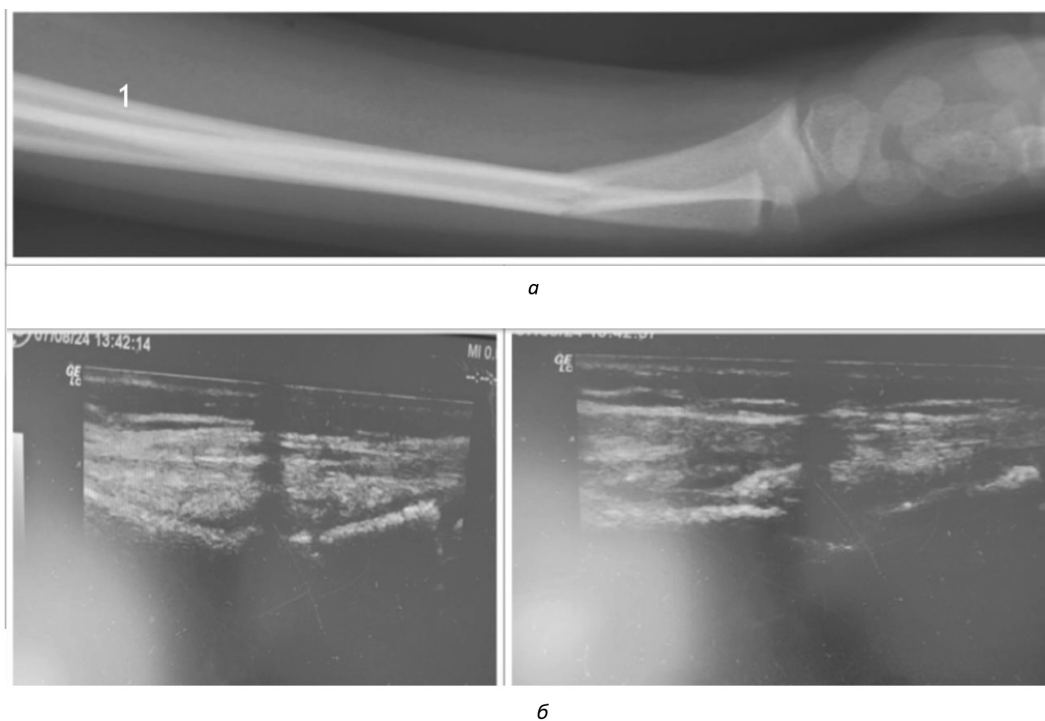


Рис. 6. Рентгенограмма (а) и данные сонографического исследования (б) в боковой проекции до закрытой репозиции

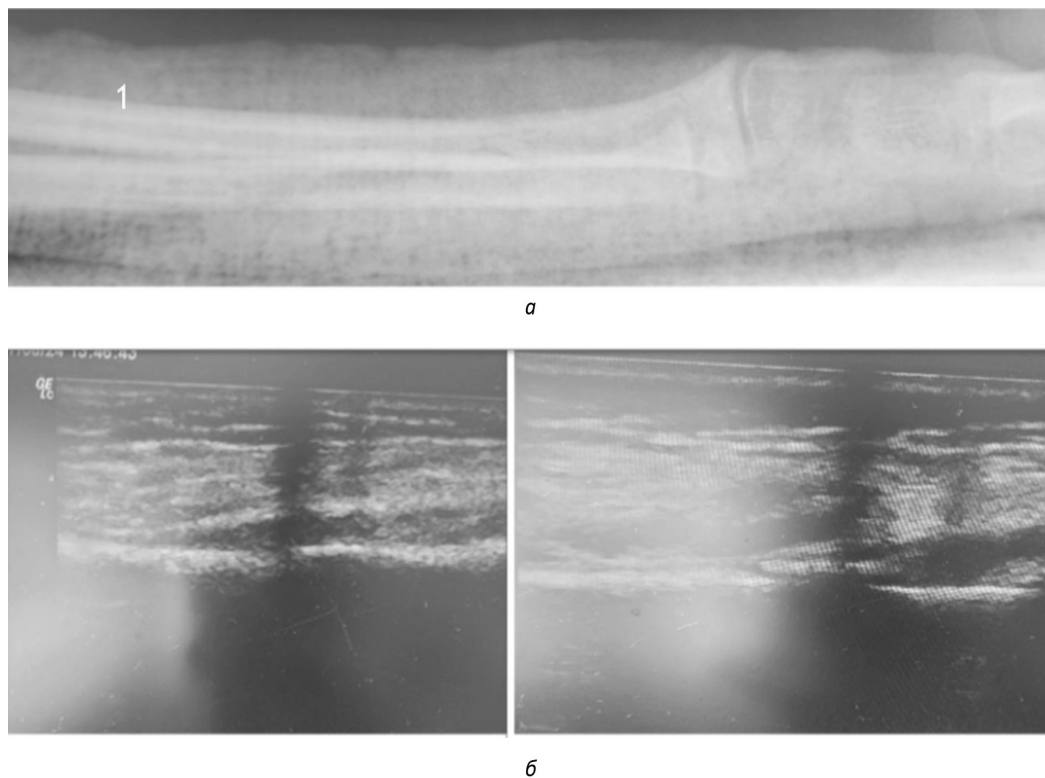


Рис. 7. Рентгенограмма (а) и данные сонографического исследования (б) после закрытой репозиции (отмечается восстановление анатомических взаимоотношений отломков: гиперэхогенная линия — кортикальный слой ровный; определяется линия перелома — щелевидный дефект гиперэхогенной линии)

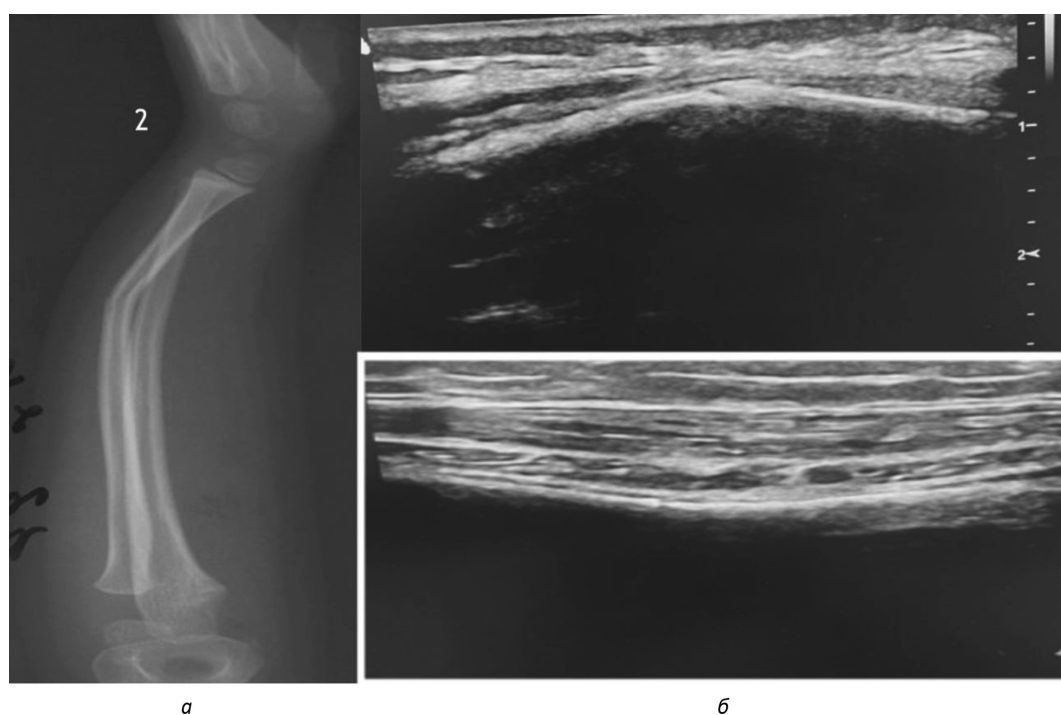


Рис. 8. Рентгенограмма (а) и данные сонографического исследования (б) до закрытой репозиции

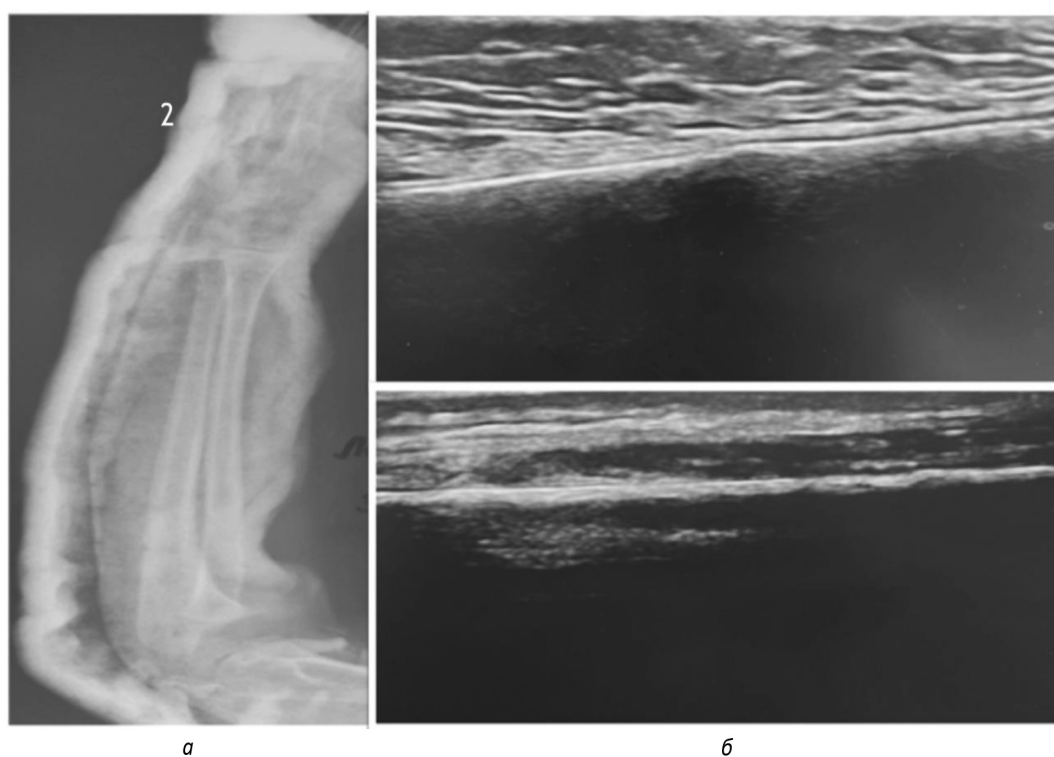


Рис. 9. Рентгенограмма (а) и данные сонографического исследования (б) после закрытой репозиции

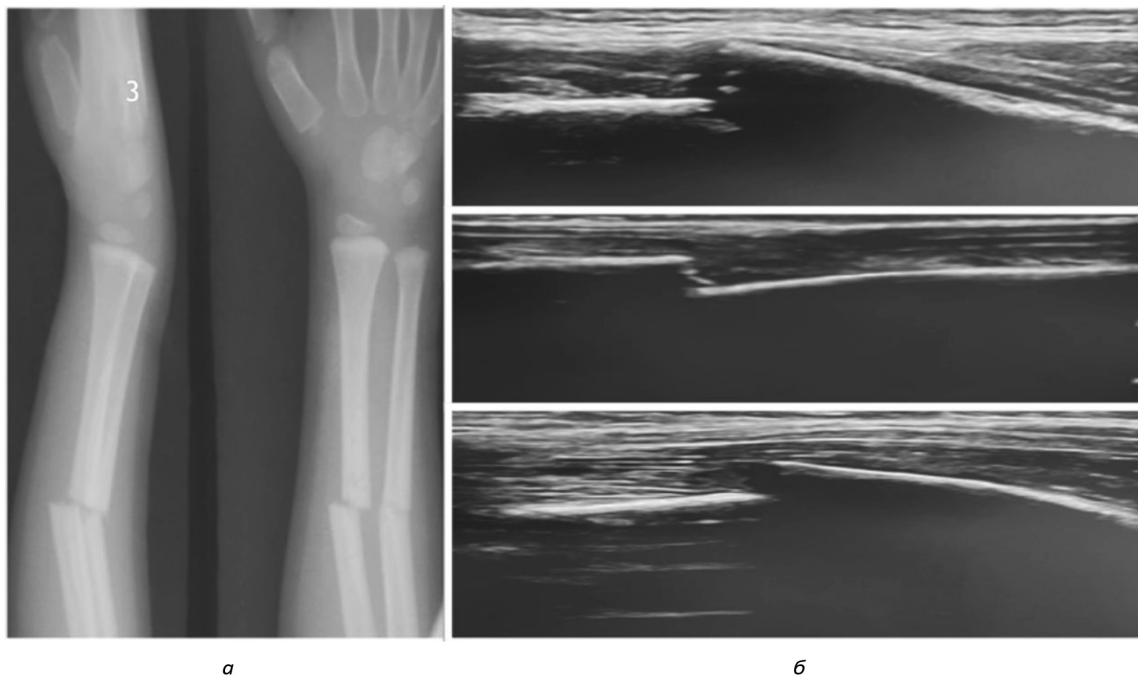


Рис. 10. Рентгенограммы перелома лучевой кости до закрытой репозиции (а), на сонограммах (б) представлена только лучевая кость

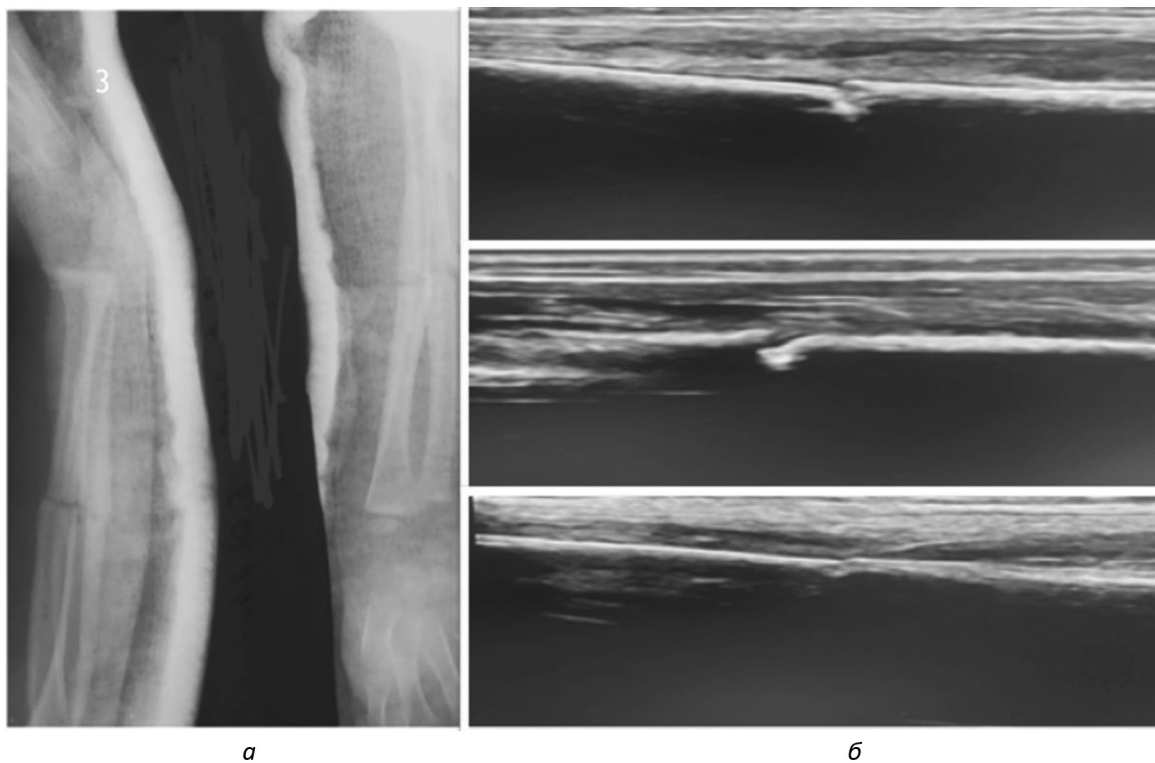


Рис. 11. Рентгенограмма после репозиции (а), на данных ультразвукового исследования (б) представлена только лучевая кость

Безусловно, использование УЗИ при переломах костей скелета оправдано. В клинических протоколах некоторых стран УЗИ стало стандартом диагностики при переломах костей, что указывает на высокую чувствительность и специфичность метода исследования. Требуется как дальнейшее совершенствование методологии использования ультразвукового метода, так и развитие ультразвуковой аппаратуры при лечении переломов костей скелета [14].

Таким образом, УЗИ костей предплечья у детей — доступный, простой в использовании и оценке информативный метод для диагностики и контроля закрытой ручной репозиции, который может быть применим хирургами и травматологами-ортопедами районных и городских больниц.

Литература

1. S2e Leitlinie Fraktursonografie / Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) // AWMF online. Portal der wissenschaftlichen Medizin. — URL: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/085-003> (date of access: 16.02.2025).
2. Оптимизация радиационной защиты при контроле облучения персонала: серия докладов по безопасности : серия докладов по безопасности, № 21 / Международное агентство по атомной энергии. — Вена, 2003. — 82 с.
3. Bedside ultrasound diagnosis of nonangulated distal forearm fractures in the pediatric emergency department / F. Chaar-Alvarez, F. Warkentine, K. Cross [et al.] // *Pediatric Emergency Care*. — 2011. — Vol. 27, № 11. — P. 1027—1032.
4. Ang, Sh.-H. Ultrasound-guided reduction of distal radius fractures / Sh.-H. Ang, Sh.-W. Lee, K.-Y. Lam // *The American Journal of Emergency Medicine*. — 2010. — № 28 (9). — P. 1002—1008.
5. Ultrasound-guided closed reduction and kirschner wires internal fixation for the treatment of Kilfoylelland III medial condylar fracture of humerus in children / S. Yuan, Zh.-Ch. Li, Sh.-J. Lyu [et. al.] // *China journal of orthopaedics and traumatology*. — 2021. — № 34 (5). — P. 437—441.
6. Ultrasound-guided reduction and percutaneous crossed pin fixation for the treatment of displaced supracondylar fracture of the humerus in children / W.-B. Xu, R.-D. Dai, Y. Liu [et. al.] // *China journal of orthopaedics and traumatology*. — 2020. — № 33 (10). — P. 907—911.
7. Chen, L. Diagnosis and guided reduction of forearm fractures in children using bedside ultrasound / L. Chen, Y. Kim, Chr. Moore // *Pediatric Emergency Care*. — 2007. — № 23 (8). — P. 528—531.
8. Shen, S. Value of ultrasound-guided closed reduction and minimally invasive fixation in the treatment of metacarpal fractures / S. Shen, X. Wang, Z. Fu // *Journal of Ultrasound in Medicine*. — 2019. — № 38 (10). — P. 2659—2666.
9. Gillon, J. T. Comparison of ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided reduction of forearm fractures in children / J. T. Gillon, M. Gorn, M. Wilkinson // *Emergency Radiology*. — 2020. — № 28 (2). — P. 303—307.
10. Актуальные проблемы травматологии и ортопедии : сб. науч. ст. / под ред. М. А. Герасименко. — Минск : Беларуская навука, 2023. — Вып. 1. — 201 с.
11. Отдельнов, Л. А. Современные подходы к обучению программам Point-of-care ultrasound / Л. А. Отдельнов, О. В. Горох // *Медицинское образование и профессиональное развитие*. — 2021. — Т. 12, № 2. — С. 86—94.
12. Мусалатов, Х. А. Травматология и ортопедия / Х. А. Мусалатов, Г. С. Юмашев. — М. : Медицина, 1995. — 257 с.

13. Ackermann, O. *Fraktursonografie* / O. Ackermann. — Berlin : Springer-Verlag, 2019. — 128 p.

14. Ernst, F. *SonoBox: development of a robotic ultrasound tomograph for the ultrasound diagnosis of paediatric forearm fractures* / F. Ernst, J. Osburg, L. Tushaus // *Frontiers in robotics and artificial intelligence*. — 2024. — № 11. — DOI: 10.3389/frobt.2024.1405169.

Контактная информация:

Кравченко Андрей Петрович — врач-хирург,
ординатор хирургического отделения.
Крупская центральная районная больница.
Ул. Черняховского, 2, 222001, г. Крупки.
Сл. тел. +375 17 964-26-13.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: А. П. К.
Практическая часть исследования: А. П. К., Г. А. П.,
Е. С. А., Н. Н. М., Р. М. В., А. В. С.
Сбор информации и обработка материала: А. П. К.
Написание текста: А. П. К., Н. Н. М., А. В. С.
Редактирование: А. П. К., Г. А. П.
Конфликт интересов отсутствует.

Поступила 03.01.2025

Принята к печати 19.02.2025



Адрес редакционно-издательского сектора:

ул. Фабрициуса, 28, 220007, г. Минск
Телефоны: +375 17 368-21-66, +375 17 368-21-48
E-mail: zdrav1924@gmail.com

С информацией «К сведению авторов» можно ознакомиться
на сайте www.gprsmt.by
Учреждение не несет ответственности за содержание
рекламных объявлений.
При использовании материалов журнала ссылка
на «Здравоохранение» обязательна.

Подписные индексы:

для организаций – 749122,
для индивидуальных подписчиков – 74912

Свидетельство о государственной регистрации средства массовой
информации № 562 от 09.09.2016, выданное Министерством
информации Республики Беларусь

Заведующая сектором Д. А. Черная
Редакторы: Е. М. Бильдюк, С. А. Голдарь
Прием статей, информация, реклама Т. П. Вронская
Верстка Д. А. Черная

Подписано в печать 07.05.2025. Тираж 838 экз. Зак. 402.
Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».
ЛП № 02330/71 от 23.01.2014.
Ул. Веры Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск.