

Lek. Magdalena Wawrzyk

STRESZCZENIE

Do złamań kości u dzieci dochodzi najczęściej w wyniku upadków jednopoziomowych, upadków z wysokości i wypadków komunikacyjnych. Najczęściej obrażeniom ulegają kości przedramienia. Stanowią one 30% do 50% wszystkich złamań w populacji pediatrycznej.

W procesie leczniczym złamań bardzo istotną rolę odgrywa monitorowanie ustawienia odłamów i tworzenia się zrostu. W tym celu standardowo wykonuje się zdjęcia rentgenowskie. Niestety obraz radiologiczny często słabo koreluje z rzeczywistą jakością zrostu kostnego, ponieważ nie daje możliwości oceny wytrzymałości kostniny. Z tego względu zaczęto poszukiwać innych metod, które umożliwiłyby ocenę właściwości mechanicznych zrostu kostnego. Tomografia komputerowa i absorpcjometria podwójnej energii promieniowania rentgenowskiego wykazują wysoką skuteczność w obrazowaniu powstającej kostniny, ale narażają pacjenta na promieniowanie jonizujące. W świetle 13. Amerykańskiego Raportu o Kancerogenach promieniowanie rentgenowskie zostało oficjalnie uznane za czynnik rozwoju białaczek, chłoniaków, nowotworów tarczycy i płuc. We współczesnej medycynie przykładą się bardzo dużo uwagi do rozwijania nowych metod diagnostycznych, pozbawionych niekorzystnego wpływu na organizm.

Jedną z technik obrazowania, pozbawioną szkodliwego działania na organizm, jest ultrasonografia. Według WHO, badanie USG zostało uznane za metodę bezpieczną, szybką i efektywną. Ultrasonografia wykazuje wysoką wartość w obrazowaniu większości obszarów ciała, w tym układu mięśniowo-szkieletowego. Dużą zaletą USG jest możliwość częstego, nawet codziennego powtarzania badań, bez narażania pacjenta na działanie szkodliwych czynników.

Przydatność ultrasonografii w badaniu układu ruchu została potwierdzona najwcześniej w diagnostyce urazów aparatu mięśniowo-więzadłowego. W 1990r pojawiło się pierwsze doniesienie o zastosowaniu USG w ocenie złamań żeber. Wkrótce potem uznano, że ultrasonografia jest metodą skuteczniejszą od standardowych zdjęć rentgenowskich w diagnozowaniu tych urazów. Zastosowanie USG w ocenie kości budziło i nadal budzi wiele kontrowersji. Ultrasonografia pozwala nam uwidocznic jedynie zewnętrzną powierzchnię kości, bez możliwości oceny beleczek kostnych. Ponadto nie każda powierzchnia kości jest dostępna badaniu USG. Pomimo tych istotnych wad ukazały się doniesienia, potwierdzające

wysoką korelację ultrasonografii z radiogramami w diagnostyce złamań mostka, kości długich, jak również w ocenie złamań u dzieci.

W tym samym okresie czasu rozpoczęto badania nad zastosowaniem USG w ocenie procesu gojenia kości po złamaniu. Autorzy badań wykazali wysoką korelację ultrasonografii z badaniami rentgenowskimi w ocenie odczynów okostnowych. Udowodniono także wyższą skuteczność USG w obrazowaniu kostniny na wczesnym etapie gojenia. Ponadto ocena unaczynienia odczynów okostnowych przy użyciu funkcji Color lub Power Doppler wykazuje wysoką wartość w przewidywaniu prawidłowego lub opóźnionego zrostu.

Powyższe fakty skłoniły autora do podjęcia badań mających na celu:

1. Ocenę korelacji badania ultrasonograficznego z radiogramami w obrazowaniu odczynów okostnowych po złamaniach kości długich u dzieci.
2. Ocenę korelacji wskaźnika oporu naczyniowego (RI) oraz stopnia unaczynienia kostniny z subiektywną radiologiczną oceną jakości zrostu kostnego.
3. Ocenę wartości diagnostycznej wskaźnika oporu naczyniowego (RI) oraz stopnia unaczynienia kostniny w obrazowaniu odczynów okostnowych po złamaniach kości długich u dzieci.
4. Ocenę możliwości zastąpienia kontrolnego zdjęcia rentgenowskiego, wykonywanego po usunięciu opatrunku unieruchamiającego, badaniem ultrasonograficznym.

Do badań zakwalifikowano 51 pacjentów obu płci w wieku od 2 do 16 roku życia. Dzieci były leczone z powodu złamań kości długich w Klinice Chirurgii i Onkologii Dziecięcej Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego nr 4 w Łodzi w latach 2013-2015 oraz w Oddziale Chirurgii Dziecięcej Ośrodka Pediatrycznego im. J. Korczaka w Łodzi w roku 2015. Stanowiły one grupę pacjentów, u których doszło do złamania kości długich ramienia, przedramienia i podudzia. Analizie poddano złamania typu zielonej gałązki, złamania bez przemieszczenia lub z niewielkim przemieszczeniem odłamów oraz złamania po repozycji zamkniętej.

W pracy analizowano dokumentację medyczną pacjentów, wykonano zdjęcia rentgenowskie oraz badania USG kości po złamaniu, dokonano pomiarów odczynów okostnowych na radiogramach i obrazach ultrasonograficznych, dokonano pomiarów wskaźnika oporu naczyniowego (RI) i oceny unaczynienia kostniny oraz zdrowej okostnej oraz wykonano analizę statystyczną uzyskanych danych.

W przeprowadzonych badaniach uzyskano następujące wyniki:

1. Wśród badanych dzieci złamania najczęściej występowały w części dystalnej kości promieniowej.
2. Prawie jedna piąta dzieci doznała jednoczesnego złamania obu kości przedramienia.
3. W odzyskaniu pełnej ruchomości kończyny najlepiej rokują złamania typu zielonej gałązki i bez przemieszczenia odłamów.
4. W prawie jednej czwartej przypadków złamań kostninę oceniono radiologicznie jako słabo uwapnioną w chwili zdjęcia gipsu.
5. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między pomiarami długości i grubości odczynów okostnowych, pomiarami kątów ustawienia oraz przesunięcia odłamów kostnych względem siebie i pomiarami szerokości szczelin złamania w badaniu RTG i USG, zarówno w projekcji AP, jak i bocznej.
6. Kostnina tworząca się w procesie gojenia złamania jest zdecydowanie lepiej unaczyniona od zdrowej okostnej.
7. Unaczynienie kostniny nie koreluje w istotny sposób z radiologiczną oceną stopnia jej uwapnienia.
8. Średnia wartość wskaźnika RI jest istotnie wyższa w kostninach dobrze uwapnionych w porównaniu z kostninami słabo uwapnionymi.
9. Uzyskano istotną statystycznie korelację średnich wartości wskaźnika RI z ilością naczyń o średnicy 1 mm i mniejszej od 1 mm w obrębie kostniny.
10. W badanej grupie zrezygnowanie z jednego badania rentgenowskiego u każdego dziecka oznaczałoby redukcję badań RTG przypadających na jednego pacjenta o 27%.

Uzyskane wyniki potwierdziły wysoką skuteczność ultrasonografii w obrazowaniu odczynów okostnowych po złamaniach kości długich u dzieci. Subiektywna półilościowa metoda oceny unaczynienia kostniny, opierająca się na pomiarze wskaźnika oporu naczyniowego i liczby naczyń krwionośnych, daje istotne informacje na temat jakości zrostu kostnego. W związku z tym kontrolne zdjęcie rentgenowskie, wykonywane po usunięciu opatrunku unieruchamiającego, można zastąpić nieszkodliwym badaniem ultrasonograficznym. Należy jednak pamiętać, że badanie USG powinno być przeprowadzone przez lekarza z dużym doświadczeniem w obrazowaniu układu mięśniowo-szkieletowego.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Badanie ultrasonograficzne w istotny sposób koreluje z radiogramami w ocenie odczynów okostnowych po złamaniach kości długich u dzieci.
2. Wskaźnik oporu naczyniowego (RI) w istotny sposób koreluje z radiologiczną oceną stopnia uwapnienia kostniny i może być przydatny w ocenie zaawansowania i prawidłowego przebiegu procesu gojenia złamania.
3. Pomiar ilości drobnych naczyń w kostninie (o średnicy $\geq 1\text{mm}$ i $< 1\text{mm}$) koreluje z indeksem oporu naczyniowego i może stanowić dodatkowy wskaźnik, pomocny w ocenie zaawansowania i prawidłowego przebiegu procesu gojenia złamania.
4. Badanie ultrasonograficzne umożliwia skuteczną ocenę odczynów okostnowych oraz etapu gojenia złamania kości długich u dzieci i może zastąpić kontrolne zdjęcie rentgenowskie, wykonywane po usunięciu opatrunku unieruchamiającego.
5. Zastąpienie kontrolnego zdjęcia rentgenowskiego badaniem ultrasonograficznym może w istotny sposób zmniejszyć narażenie pacjentów na promieniowanie jonizujące.

ABSTRACT

Fractures in children occur most often as a result of single-level falls, falls from a height and traffic accidents. The most common are forearm fractures. They are 30% to 50% of all fractures in the pediatric population.

In the process of fractures healing very important is to control the set of bone splinters and forming the union. Control radiographs were adopted as the standard in the monitoring of fracture healing process. Unfortunately, radiographs often poorly correlate with the actual quality of bone union because it does not allow to detect the strength of the callus. Therefore, other methods which enable the evaluation of mechanical properties of bone union have been sought. Computed tomography and dual energy absorptiometry X-rays are highly effective in callus imaging, but they expose the patient to ionizing radiation. According to the 13th U.S. Report on Carcinogens, X-rays has been officially recognized as a factor in the development of leukemia, lymphoma, cancer of the thyroid and lung [4]. Modern medicine is oriented to the development of new diagnostic methods without adverse effects on the patient's body.

One of imaging techniques, missing harmful effects on the body, is ultrasound. According to the WHO, ultrasound has been recognized as a safe, quick and effective method. It has a high value in imaging the most areas of the body, including the musculoskeletal system. The advantage of ultrasound is the possibility of frequent, even daily repetition of testing without compromising the patient to harmful factors.

Usefulness of ultrasonography in the study of the motion system has been confirmed first in the diagnosis of musculoskeletal injuries. First report on the use of ultrasound in the evaluation of rib fractures was published in 1990. Shortly afterwards ultrasound has proven to be more effective than the standard X-rays in the diagnosis of these injuries. The use of ultrasonography in bone evaluation raised and still raises a lot of controversies. Ultrasound allows to show only the outer surface of the bone, with no access to trabecular bone. Moreover, not every area of the bone is available to ultrasound. Despite these major disadvantages the publications show a high correlation of ultrasonography with radiographs in the diagnosis of sternum and long bones fractures, as well as in the evaluation of fractures in children.

In the same period of time research on the use of ultrasound in the evaluation of bone healing process after fracture was initiated. Authors showed a high correlation of ultrasonography with X-ray studies in the evaluation of periosteal reactions. It has also been

proven that ultrasound has a higher effectiveness in imaging of callus in the early stages of healing process. Moreover the use of the Color or Power Doppler allows the evaluation of the vascularity of callus, which has a high value in predicting normal or delayed healing.

These facts led the author to undertake research aimed at:

1. Assessment of the correlation of ultrasound with radiographs in imaging of callus formation after fractures of long bones in children.
2. Assessment of the correlation of vascular resistance index (RI) and the degree of vascularization of the callus with a subjective radiological assessment of the bone union quality.
3. Evaluation of the diagnostic value of vascular resistance index (RI) and the degree of vascularization of the callus in imaging of callus formation after fractures of long bones in children.
4. Assessment of the possibility of replacing X-ray examination, performed after cluster removal, with ultrasound.

The study enclosed 51 children of both sexes aged 2 to 16. The children were treated for long bones fractures in the Department of Pediatric Surgery and Oncology at University Hospital No. 4 in Lodz in 2013-2015 and in the Department of Pediatric Surgery at J. Korczak Pediatric Centre in Lodz in 2015. The patients were treated for fractures of the long bones of the arm, forearm and lower leg. Green stick fractures, fractures without displacement or with a slight displacement of the fracture fragments and after closed reduction were analyzed.

The study consisted of the analysis of the medical records of patients, X-rays and ultrasound examinations of fracture area, callus measurements performed on radiographs and ultrasound images, measurements of vascular resistance index (RI), evaluation of vascularity of callus and healthy periosteum and statistical analysis of the data obtained.

The following results were achieved in the study:

1. Fractures of the distal part of the radius were most often in the test group.
2. Almost one in five children suffered simultaneous fracture of both bones of the forearm.
3. Fractures without displacement of fragments and green stick fractures are most promising in regaining full mobility of the limb.

4. In almost one quarter of the cases callus was rated radiologically as poorly calcified at the time of plaster removal.
5. There were no statistically significant differences between X-ray and ultrasound in the measurements of length and thickness of callus, measurements of angles and displacement of bone fragments and measurements of the width of fracture gaps, both in the AP and lateral projection.
6. The callus formed in the process of fracture healing is much better vascularised than healthy periosteum.
7. Vascularization of the callus does not correlate significantly with radiological assessment of the degree of calcification.
8. The average RI value is significantly higher in the calluses well calcified compared with calluses poorly calcified .
9. A statistically significant correlation between the average RI value and the amount of vessels with a diameter of 1 mm and less than 1 mm within the callus was achieved.
10. Dispense with one X-ray examination of each child in the test group would reduce the X-ray tests per one patient by 27%.

The results confirmed the high efficiency of ultrasound in the evaluation of callus formation after fractures of long bones in children. Subjective semi-quantitative method for assessing vascularization of the callus, which is based on the measurement of vascular resistance index and number of blood vessels, provides important information on the quality of bone healing. Therefore the control x-ray image, performed after plaster removal, can be replaced with harmless ultrasound. Note, however, that ultrasound should be performed by a physician with extensive experience in imaging of the musculoskeletal system.

On the basis of the results the following conclusions were reached:

1. Ultrasound significantly correlates with radiographs in the evaluation of callus formation after fractures of long bones in children.
2. Vascular resistance index (RI) significantly correlates with the radiological assessment of the degree of callus calcification and may be useful in the staging and proper course of fracture healing.

3. Measurement of small vessels in the callus (diameter = 1 mm and <1 mm) correlates with vascular resistance index and may be an additional indicator helpful in staging and proper course of fracture healing.
4. Ultrasound allows the effective evaluation of callus formation and healing stage of fractures of long bones in children and can replace X-ray examination, performed after cluster removal.
5. Replacement of the control X-ray examination with ultrasound can significantly reduce the exposure of patients to ionizing radiation.