

Ackermann O, Emmanouilidis I, Rüländer C

Ist die Sonographie geeignet zur Primärdiagnostik kindlicher Vorderarmfrakturen?

Is Ultrasound qualified in Diagnosis of Juvenile Forearm Fractures?

Städtische Kliniken Duisburg, Wedau Kliniken, Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Distale Radiuswulstbrüche gehören zu den häufigsten Frakturen im Wachstumsalter. Erste Untersuchungen liefern Hinweise, dass diese Brüche auch in der Sonographie relativ einfach und reproduzierbar dargestellt werden können. Da die Anwendung von ionisierenden Strahlen bei Kindern möglichst differenziert erfolgen sollte, war es das Ziel dieser prospektiven Studie, das Potenzial dieser Untersuchungsmethode im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik zu untersuchen.

Methoden: In einer prospektiven Studie wurden 32 Patienten von 0-12 Jahren mit Verdacht auf Vorderarmfraktur röntgenologisch und sonographisch untersucht und die Befunde und die Therapieempfehlung verglichen.

Ergebnisse: Die Diagnose war in 29 von 32 Fällen identisch, die Therapieempfehlung in 31 von 32 Fällen. Die Sonographie weist eine Sensitivität von 0,96 und eine Spezifität von 1,0 auf.

Diskussion: Die Ergebnisse zeigen eine gute Darstellbarkeit metaphysärer Wulstbrüche. Eine rein sonographische Diagnostik scheint möglich zu sein.

Schlüsselwörter: Sonographie, Ultraschall, kindliche Fraktur, Wulstbruch, Diagnostik

SUMMARY

Introduction: Distal torus fractures of the forearm are a common pathology of the growing bone. Literature data hints at simple and reproducible imaging of these fractures by means of ultrasound. Because indication of x-ray examination should be handled restrictively in growing children, this prospective trial was to examine the potential of ultrasound diagnosis compared to radiographic imaging.

Methods: In a prospective trial, 32 patients aged 0-12 years with suspected forearm fracture underwent ultrasound and x-ray imaging. The findings and the therapeutic consequences were compared.

Results: Diagnoses were identical in 29 of 32 patients, therapeutic recommendations in 31 of 32 cases. Ultrasound imaging has a sensitivity of 0.96 and specificity of 1.0.

Discussion: The trial reveals a good presentation of pathologic findings. An ultrasound-based imaging of these fractures seems to be a reasonable alternative.

Key Words: gender, scuba diving, smoking, respiratory illness, diving behaviour, prevalence

EINLEITUNG

Der Unterarm-Wulstbruch gehört zu den häufigen Knochenverletzungen im Wachstumsalter (11) und ist aufgrund des Unfallmechanismus (Sturz oder Anprall) eine typische Sportverletzung bei Kindern. Aufgrund der großen Korrekturpotenz am distalen Unterarm können die meisten dieser Frakturen konservativ behandelt werden (11, 15, 22). Die Diagnose wird radiologisch gestellt. Aufgrund der regelhaft guten Verlaufes mit einer restitutio ad integrum werden Röntgenkontrollen im weiteren Verlauf nicht regelhaft gefordert. Die Frakturmorphologie mit einem kortikalen Wulst, die nahezu plane Kortikaliskontur und der vergleichsweise dünne kindliche Weichteilmantel lassen diese Frakturform als besonders geeignet für eine sonographische Diagnostik erscheinen. Hierdurch lässt sich die Strahlenbelastung der kleinen Patienten vermeiden und gerade im Hinblick auf die beginnende Verbreitung portabler Ultraschallgeräte die Diagnostik und Behandlung deutlich beschleunigen. Ziel dieser Studie war es, das Potenzial der Ultraschalldiagnostik im Vergleich zur Röntgenbildgebung darzustellen.

METHODIK

In diese prospektive Studie eingeschlossen wurden Patienten im Alter von 1-12 Jahren, die sich mit dem Verdacht auf eine geschlossene Vorderarmfraktur in der Notfallambulanz vorstellten. Die Verdachtsdiagnose wurde nach adäquatem Trauma (beispielsweise Sturz) und bestehendem Druck- oder Spontanschmerz am distalen Vorderarm gestellt. Ausgeschlossen wurden Patienten mit offenen Weichteilverletzungen im Untersuchungsgebiet, Nerven- oder Gefäßverletzungen.

Zusätzlich zum normalen Untersuchungsgang mit Anamnese, klinischer Untersuchung und Röntgendiagnostik erfolgte bei den Patienten eine sonographische Untersuchung mit einem 8 MHz Linearschallkopf durch einen von 3 Ärzten (2 Fachärzte, ein Weiterbildungsassistent im 4. Jahr). Der Röntgenbefund war dem Untersucher hierbei nicht bekannt. Ein zielgerichtetes Ultraschalltraining fand nicht statt.

Bei der Sonographie wurde der betroffene Unterarm vom Untersucher locker gehalten, eine weitere Fixation war nicht notwendig. Auch bei Kleinkindern liess sich nach Beruhigung und in Anwesenheit der Eltern regelhaft eine gute Compliance erreichen. Bei der Untersuchung in 6 Längsschnitten wurden Radius und Ulna jeweils dorsal, volar und seitlich dargestellt

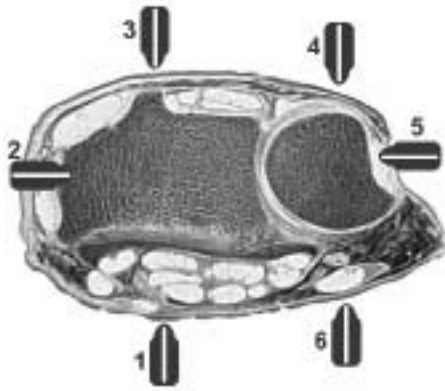


Abbildung 1:
Untersuchungsebenen
mit Schallkopfposition
am distalen Unterarm

(Abb.1). Im Anschluss an die sonographische Untersuchung legten die Untersucher ihre Diagnose und Therapie aufgrund der erhobenen Ultraschallbefunde fest. Befund, Therapie und die größte gemessene Achsabweichung wurden dokumentiert und anschliessend mit dem radiologischen Befund verglichen. Die Röntgenaufnahmen wurden von einem unabhängigen Radiologen begutachtet. Zusätzlich wurden die Schmerzen der Patienten bei der Untersuchung auf einer Skala von 0-5 erfragt.

Folgende Daten wurden erfasst:

- Diagnose nach sonographischer Untersuchung (Prellung, Fraktur)
- Maximum der Achsabweichung nach sonographischer Untersuchung in jeweils radio-ulnarer und dorso-volarer Ebene in Grad
- Therapie nach sonographischer Untersuchung (Salbenverband, Gipsanlage)
- Diagnose nach radiologischer Untersuchung (Prellung, Fraktur)
- Maximum der Achsabweichung nach radiologischer Untersuchung in jeweils radio-ulnarer und dorso-volarer Ebene in Grad
- Therapie nach klinischer und radiologischer Untersuchung (Salbenverband, Gipsanlage)
- Schmerzangabe des Patienten bei der sonographischen Untersuchung auf einer Skala von 0 (keine Schmerzen) bis 5 (starke Schmerzen), bei Kleinkindern Befragung der Eltern mithilfe der genannten Skala.

Achsabweichungen, die zwischen 0° und 10° lagen, wurden generell mit " $<10^\circ$ " dokumentiert. Bei diesen geringen Abweichungen müssen zur genauen Quantifizierung exakte Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen vorliegen, die bei der Untersuchung von Kindern nur schwer zu realisieren sind. Da auch mit nicht exakt eingestellten Röntgenebenen bei der genannten Pathologie eine suffiziente Diagnostik möglich ist und eine Achsabweichung in diesem geringen Ausmaß keinen Einfluss auf die Therapie hat, war es nicht vertretbar, in diesen Fällen unnötige Wiederholungsaufnahmen anzufertigen. Achsabweichung über 10° wurden mit der exakten gemessenen Abweichung in Grad dokumentiert.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurde die gemessene Achsabweichung in 4 Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: 0° (keine Achsabweichung)
- Gruppe 2: $<10^\circ$
- Gruppe 3: 11° - 20°
- Gruppe 4: $>20^\circ$

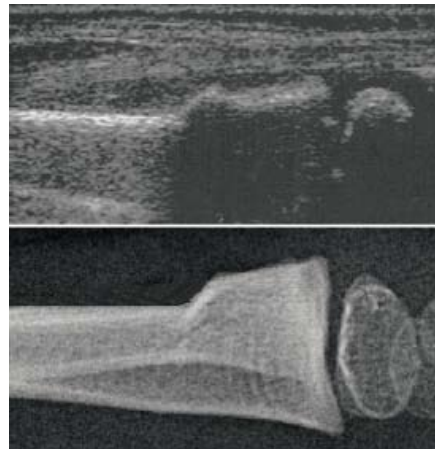


Abbildung 2: Beispiel
sonographische
und radiologische
Darstellung einer
Radiusfraktur seitlich
(Ulna im Röntgenbild
ausgeblendet)

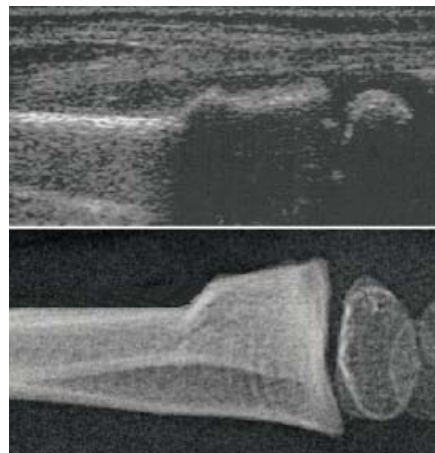


Abbildung 3: Beispiel
sonographische
und radiologische
Darstellung einer
Radiusfraktur a.p.

Wichtigste Zielgröße war die Signifikanz der Übereinstimmung von Diagnose und Therapie bei beiden Untersuchungsmethoden unter dem Vorzeichentest (Chi-Quadrat-Test) für verbundene Stichproben und Dichotome Merkmale (8) und dem Konkordanzindex (Kappa-Index) (18). Jede Abweichung, gleich welcher Ausprägung, wurde berücksichtigt. Für den Bereich der Diagnose wurden beide Fälle mit radiologischer Verdachtsdiagnose nicht berücksichtigt, da sie nicht eindeutig zuzuordnen waren; eine Unterarmfraktur wurde wie zwei separate Frakturen (Radius- und Ulnafraktur) gewertet.

Weiterhin ermittelten wir im Vergleich zum Goldstandard der radiologischen Bildgebung die Sensitivität und Spezifität der sonographischen Untersuchung sowie den positiven und den negativen Vorhersagewert.

Zusätzlich erfolgte ein Vergleich der ermittelten Achsabweichung und eine Auswertung der Schmerzhaftigkeit der sonographischen Untersuchung durch den Mittelwert.

ERGEBNISSE

In der Zeit vom September 2005 bis November 2006 wurden 32 Patienten (13 m, 19 w) untersucht. Das Alter betrug durchschnittlich 6,4 (1–12) Jahre. Eine Gegenüberstellung der Radiologischen und Sonographischen Diagnosen zeigen die Tabellen 1 und 2. Ein Beispiel für die dargestellten Frakturen zeigen Abb.2 und Abb.3.

Die Diagnose war in 29 von 32 Fällen (91%) identisch. In

Tabelle 1: Identische Diagnose im radiologischen und sonographischen Befund. n=Anzahl, Fx=Fraktur

n	Röntgen	Sono
7	keine Fx	keine Fx
21	Radius Fx	Radius Fx
1	Unterarm Fx	Unterarm Fx

Tabelle 2: Differierende Diagnose im radiologischen und sonographischen Befund. n=Anzahl, Fx=Fraktur

n	Röntgen	Sono
1	Radius Fx	keine Fx
1	Radius Fx, V.a. Ulna Fx	Radius Fx
1	V.a. Radius Fx	keine Fx

einem Fall wurde bei sonographisch blandem Befund im Röntgenbild eine Radiusfraktur diagnostiziert, in einem weiteren Fall der Verdacht auf eine Radiusfraktur. In einem Fall wurde sonographisch und radiologisch eine Radiusfraktur gesehen, radiologisch zusätzlich der Verdacht auf eine Ulnafraktur geäußert.

Die Therapieempfehlung war in 31 der 32 Fälle (97%) identisch; bei einer Patientin, bei der sonographisch keine Fraktur diagnostiziert werden konnte, wurde aufgrund der Klinik eine Gipschiene empfohlen, röntgenologisch wurde hier der Verdacht auf eine Radiusfraktur diagnostiziert. Bei zwei weiteren Patienten erfolgte ebenfalls eine Ruhigstellung zur Schmerztherapie, eine Fraktur wurde hier weder röntgenologisch noch sonographisch nachgewiesen.

Die Gruppeneinteilung bezüglich der maximalen Achsabweichung war in allen Fällen identisch und wird in Tabelle 3 dargestellt. Beide Fälle, in denen bei blandem sonographischem Befund radiologisch eine Fraktur oder ein Frakturverdacht bestand, wurden in der Sonographiegruppe als 0°-Abweichung behandelt.

Bei zwei Patienten betrug die Achsabweichung mehr als 10° und wurde exakt bestimmt. Die Differenz der exakten sonographischen und radiologischen Achsmessung betrug einmal 0° und einmal 2°.

Die Übereinstimmung sowohl der Diagnose als auch der Therapie war im Vorzeichentest hochsignifikant ($p < 0,001$). Der Konkordanzindex betrug jeweils 0,91, gleichbedeutend mit fast vollständiger Übereinstimmung (18).

Die Sensitivität der Sonographie im Vergleich zur Röntgenuntersuchung betrug 0,96, die Spezifität 1,0, der positive Vorhersagewert der Sonographie betrug 1,0, der negative Vorhersagewert 0,88.

Die Ultraschalluntersuchung wurde von den kleinen Patienten durchweg gut toleriert, das aufgetragene Gel wurde eher als angenehm kühlend empfunden. Die Schmerzen der sonographischen Untersuchung wurden von 3 Patienten mit 1, von 29 Patienten mit 0 angegeben, dies entspricht einem Mittelwert von 0,1. Unserer Erfahrung nach wird die Ultraschalluntersuchung aufgrund des angenehmeren Umfeldes (hellere Räumlichkeiten, Anwesenheit der Bezugspersonen, direktes Ergebnis der Untersuchung ohne Wartezeiten und Unsicherheit) von Patienten und Eltern als weniger belastend empfunden als die Röntgenuntersuchung.

Tabelle 3: Gruppeneinteilung der Maximalen Achsabweichung. *= einschliesslich der nicht dargestellten Frakturen.

Gruppe	Maximale Abweichung	Röntgen	Sono
1	0°	11	11*
2	<10°	12	12
3	11°-20°	2	2
4	>20°	0	0

Tabelle 4: Ergebnisse nach Untersuchern differenziert

	Untersucher 1 (Facharzt)	Untersucher 2 (Facharzt)	Untersucher 3 (4. WB-Jahr)
Anzahl	11	12	9
Diagnose identisch	11/11	9/12	9/9
Therapieempfehlung identisch	11/11	11/12	9/9
Gruppeneinteilung identisch	11/11	12/12	9/9

DISKUSSION

Metaphysäre Unterarm-Wulstbrüche gehören zu den häufigsten Frakturen des Wachstumsalters (11). Ätiologisch führend sind einfache Stürze und Anpralltraumata, hier vor allem schwerere Bälle (v.a. Fußball) im Sportbereich. Die Diagnose wird üblicherweise klinisch und radiologisch gesichert. Aufgrund der hohen therapeutischen Breite in Bezug auf Achsabweichungen erfolgt die Therapie meist konservativ (11,15,22). Da Kinder nach Fritz-Niggli (6) eine 10fach höhere Strahlensensibilität als Erwachsene aufweisen, ist eine strenge Indikationsstellung zur radiologischen Diagnostik zu fordern, um unnötige Stahlenexposition zu vermeiden (1,5).

Ziel der vorliegenden Studie war es, das Potenzial der Ultraschalldiagnostik im Vergleich zur Röntgenbildgebung darzustellen.

Mit der heute flächendeckend verfügbaren Ultraschalltechnik läßt sich die Knochenoberfläche aufgrund des hohen Impedanzsprunges an der Knochen-Weichteilgrenze zuverlässig darstellen (23). Mit der beginnenden Verbreitung akkubetriebener portabler Sonographiegeräte kann eine sonographische Diagnostik auch vor Ort erfolgen.

Die Sonographie wird bisher im Bereich der Extremitäten vor allem zur Diagnostik von Gelenkergüssen und Weichteilpathologien wie z.B. Hämatomen, Abszessen und Sehnenverletzungen eingesetzt (24). Über den Einsatz bei der Primärdiagnostik von Frakturen liegen bisher nur wenige Berichte vor (4,7,12,13,20,21). Im Bereich des knöchernen Bewegungsapparates fand Dulchavsky (4) bei 94% der Patienten eine richtig-positive Diagnose bei Extremitätenfrakturen. Tayal (20) ermittelte bei der Diagnostik von Mittelhand- und Phalanxfrakturen eine Sensitivität von 85% bei einer Spezifität von 100%. Brooks et al (3) sahen im Rahmen dreier Case-Reports eine Einsatzmöglichkeit zur Erstdiagnostik bei Schaftfrakturen der langen Röhrenknochen. Blankstein et al (2), Katz et al (10) und Riebel und Nasir (17) zeigten die Möglichkeiten der Osteosonographie bei Geburtstraumata. Bei kritischer Wertung der vorliegenden Literatur scheint die Anwendung der Sonographie zur Frakturdiagnostik bisher auf wenige Spezialfälle (3,9) und spezialisierte Untersucher (14) beschränkt zu sein.

Bezüglich der Anwendung bei distalen Unterarmfrakturen am wachsenden Skelett finden sich drei Untersuchungen (16, 19, 23), die alle über gute Ergebnisse berichten, jedoch fehlt ein statistisch haltbarer Vergleich mit der Röntgendiagnostik.

Die vorliegende Untersuchung zeigt nun eine hohe Sensitivität und Spezifität der Ultraschalluntersuchung auch bei Anwendung von Fachärzten, die kein spezielles Training in der Osteosonographie hatten. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Sonographie kein einziges falsch-positives Ergebnis brachte, des hohen Anteils an Pathologien unter allen Patienten (78%) und der hohen Übereinstimmung der Therapieempfehlungen scheint die Sonographische Diagnostik von metaphysären Wulstbrüchen mit hoher Sicherheit möglich zu sein. Angesichts der guten Übereinstimmung in der Bestimmung der Achsabweichung ist bei nachgewiesener Fraktur eine rein sonographische Diagnostik ohne zusätzliche radiologische Bildgebung denkbar, wenn die Ergebnisse sich in weiteren Studien bestätigen. Ausgehend von den jetzt vorliegenden Daten muss jedoch bisher noch für den Fall des klinischen Verdachts auf eine Fraktur bei blandem sonographischem Befund (28% der Fälle) die Röntgendiagnostik gefordert werden, um auch Epiphysen- und Handwurzelverletzungen auszuschließen.

Unserer Erfahrung nach ist die Technik leicht zu erlernen. Die Untersucher waren erfahrene Fachärzte für Unfallchirurgie (Untersucher 1 und 2) und ein Weiterbildungsassistent der Chirurgie (Untersucher 3). Alle Untersucher hatten Kenntnisse der Ultraschalldiagnostik im Rahmen der allgemeinchirurgischen Ausbildung, jedoch keine spezielle Erfahrung in der Osteosonographie. Die guten Ergebnisse auch des Assistenzarztes (Abb. 4) deuten auf eine einfache, beherrschbare Technik hin, die auch von Ärzten in der Weiterbildung eingesetzt werden kann.

Wenn sich die Ergebnisse bestätigen, ist es denkbar, dass erfahrene Untersucher mit dem Einsatz tragbarer Ultraschallgeräte die Erstdiagnostik und Therapie bei Sportveranstaltungen vor Ort durchführen und nur bei schwereren oder suspekten Befunden eine radiologische Diagnostik notwendig wird.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

1. BEIR (COMMITTEE ON THE BIOLOGICAL EFFECTS OF IONISING RADIATION): The effects on population of exposure to low levels of ionizing radiation (national academy of sciences national research council, washington DC), 1980.
2. BLANKSTEIN A, GANEL A, SALAI M, COHEN I, HEIM M, DIAMANT L, CHECHICK A: Fracture of the Clavicle in the Newborn - Detection and Follow-up by Sonography. *Akt Traumatol* 31 (2001) 27-29.
3. BROOKS AJ, PRICE V, SIMMS M, WARD N, HAND CJ: Handheld ultrasound diagnosis of extremity fractures. *Journal of the Royal Army Medical Corps* 150 (2004) 78.
4. DULCHAVSKY SA, HENRY SE, MOED BR, DIEBEL LN, MARSHBURN T, HAMILTON DR, LOGAN J, KIRKPATRICK AW, WILLIAMS DR: Advanced Ultrasonic Diagnosis of Extremity Trauma: The FASTER Examination. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 53 (2002) 28-32.
5. FLETCHER EW, BAUM JD, DRAPER G: The risk of diagnostic radiation of the newborn. Das Risiko Neugeborener durch diagnostische Strahlenbelastung aus: *The British journal of radiology* 59 (1986) 165-170.
6. FRITZ-NIGGLI H: Strahlengefährdung und Strahlenschutz: Ein Leitfaden für die Praxis. Huber, Bern Stuttgart Toronto, 1988.
7. GIARDINO R, ROTINI R, NOIA F, VERONESI CA, CARPI A, NICOLINI A, DE TERLIZZI F, FINI M, GIAVARESI G: Phalangeal ultrasonography in forearm fracture discrimination. *Biomedicine pharmacotherapy* 56 (2002) 332-338.
8. HARMS V: Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Harms Verlag, Kiel, 1998, 209-211.
9. JANK S, DEIBL M, STROBL H, OBERRAUCH A, NICASI A, MISSMANN M, BODNER G: Intrarater Reliability in the Ultrasound Diagnosis of Medial and Lateral Orbital Wall Fractures With a Curved Array Transducer. *J Oral Maxillofac Surg* 64 (2006) 68-73.
10. KATZ R, LANDMAN J, DULITZKY F, BAR-ZIV J: Fracture of the clavicle in the newborn. An ultrasound diagnosis. *J Ultrasound Med* 7 (1988) 21-23.
11. LAER L, KRAUS R, LINHART WE: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2007, 209-222.
12. LYON M, BLAIVAS M: Evaluation of Extremity Trauma With Sonography. *J Ultrasound Med* 22 (2003) 625-630.
13. MARSHBURN TH, LEGOME E, SARGSYAN A, LI J, SHANNON M, NOBLE VA, DULCHAVSKY SA, SIMS C, ROBINSON D: Goal-Directed Ultrasound in the Detection of Long-Bone Fractures. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 57 (2004) 329-332.
14. MAYR JM, GRECHENIG W, HÖLLWARTH ME: Musculoskeletal Ultrasound in Pediatric Trauma. *30 (2004) 150-160.*
15. MUTSCHLER W, HAAS P: Praxis der Unfallchirurgie. Thieme, Stuttgart, New York, 2004, 32.
16. RATHFELDER F, PAAR O: Einsatzmöglichkeiten der Sonographie als diagnostisches Verfahren bei Frakturen im Wachstumsalter. *Unfallchirurg* 98 (1995) 645-649.
17. RIEBEL T, NASIR R: Ultrasound of extremity lesions caused by birth trauma. *Ultraschall Med.* 16 (1995) 196-199.
18. SACHS L: Angewandte Statistik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997, 472-473.
19. SAPOZHNIKOV VG, SEDIN IUF, SYTNIKOVA K: Ultrasonic examination of children with fractures of the forearm bones. *Chirurgia* 8 (1987) 111-113.
20. TAYAL VS, ANTONIAZZI JM, PARIYADATH M: Prospective Evaluation of Ultrasound for Detection of Hand Fractures by Emergency Physicians. *Annals of emergency medicine* 46 (2005) 80.
21. TOMER K, KLEINBAUM Y, HEYMAN Z, DUDKIEWICZ I, BLANKSTEIN A: Ultrasound diagnosis of fractures in adults. *Akt Traumatol* 36 (2006) 171-174.
22. WEIGEL B, NEHRLICH M: Praxisbuch Unfallchirurgie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2005, 901-903.
23. WILLIAMSON D, WATURA R, COBBY M: Ultrasound imaging of forearm fractures in children: a viable alternative? *J Accid Emerg Med* 17 (2000) 22-24.
24. MAYER F, DICKHUTH HH: Chronische Achillessehnenbeschwerden im Sport. *Dtsch Z Sportmed* 53 (2002) 256-257.

Korrespondenzadresse:

Dr. Ole Ackermann

**Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Städtische Kliniken Duisburg, Wedau Kliniken**

Zu den Rehwiesen 9

47055 Duisburg

E-Mail: ole.ackermann@klinikum-duisburg.de