

Hartmut Gaulrapp¹

Sonografische Diagnostik am kindlichen Sprunggelenk und Fuß

Sonographic diagnosis in the pediatric ankle joint and foot

Zusammenfassung: Diese Übersichtsarbeit vermittelt den Einsatzbereich der Sonografie in der Abklärung von Verletzungen und Schmerzen an Fuß und Sprunggelenk im Kindes- und Jugendalter. Auch bei heranwachsenden Patienten kann die primäre klinische Arbeitsdiagnose bezüglich einer Reihe von Verletzungen und Erkrankungen sonografisch unmittelbar abgesichert werden. Dazu gehören Band- und Knochenläsionen infolge von Sprunggelenkverstauchungen einschließlich der funktionellen Stabilitätsprüfung, die Differenzierung intra- und periartikulärer Ursachen bei Gelenkschwellungen und -schmerzen sowie die Früherkennung juveniler Arthritisformen. Nicht zielgerecht indizierte Röntgenbilder können vermieden werden. Die MRT-Diagnostik wird auf weitergehende Fragestellungen reduziert. Unmittelbare, zielgerichtete Therapie wird umgehend möglich.

Schlüsselwörter: *Ultraschall, Sonografie, Verstauchung Sprunggelenk, fibuläre Bandläsion, Kind, kindliche Verletzung, Fußschmerz*

Zitierweise

Gaulrapp H. Sonografische Diagnostik am kindlichen Sprunggelenk und Fuß
OUP 2015; 07: 376–381 DOI 10.3238/oup.2015.0376–0381

Summary: This article shows what diagnostic ultrasound aids in establishing a definite diagnosis after ankle sprains. This refers to bony and ligamentous lesions including functional dynamic testing, intra- vs. periarticular joint swelling and joint pain as well as early diagnosis of juvenile arthritis. X-ray and MRT imaging thus may be reduced, whereas immediate therapy be induced.

Keywords: *Ultrasound, sonography, ankle sprain, fibular ligament tear, child, pediatric injury, foot pain*

Citation

Gaulrapp H. Sonographic diagnosis in the pediatric ankle joint and foot. OUP 2015; 07: 376–381 DOI 10.3238/oup.2015.0376–0381

Grundlagen

Schmerzen und Verletzungen an Fuß und Sprunggelenk haben einen großen Anteil an den Behandlungen in der kinderorthopädischen Fachpraxis. Die Ultraschalldiagnostik kann als Screeningmaßnahme Gelenkgussbildung und Verletzungen der Weichteile sowie der knöchernen Oberflächen ausschließen. Als unmittelbar anwendbare, strahlungsfreie und den Seitenvergleich zulassende bildgebende Technik steht sie dem klinischen Untersucher bedside zur Verfügung. Die anamnestisch-klinisch erhobene Arbeitsdiagnose kann unter Sicht auf den Monitor strukturell, aber auch funktionell überprüft werden.

Die Ultraschalluntersuchung erfolgt je nach Fragestellung in Rücken- oder Bauchlage, in aller Regel in zwei oder mehreren Schnittebenen und insbesondere bei der Abklärung einer Gelenkinstabilität im Seitenvergleich. Die deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) empfiehlt Standardebenen. Darüber hinaus existieren viele zusätzlich hilfreiche Schnittebenen [1]. Die knöchernen Referenzstrukturen zeichnen sich durch klare echogene Linien aus. Je nach Reife des Kindes grenzen sich die noch nicht verknöcherten Bezirke durch breite echoarme Zonen hyalinen Knorpels ab. Besonderes Augenmerk gilt Wachstumszonen und ihren Besonderheiten (Wachstumsfuge,

Knochenkerne, Periost, Apophysen und akzessorische Knochenkerne).

Abbildung 1 zeigt beim 9-jährigen Kind einen normalen LS (Longitudinalschnitt) mit echogenen Linien der Tibiaoberfläche und des Talus, über dem eine mäßig breite echoarme Schicht hyalinen Knorpels liegt. Die tibiale Epiphysenfuge ist als v-förmige echoarme Struktur erkennbar.

Das geschwollene Sprunggelenk

Die Patientenvorstellung in der Praxis erfolgt nicht selten aufgrund einer Schwellung des Sprunggelenks. Intraar-

¹ FA Orthopädie, Kinder-Orthopädie, Sportmedizin, Seminarleiter Sonografie DEGUM und DGOOC, München

tikuläre Ursachen wie Ergussbildung, Hämarthros oder Synovialitis lassen sich sonografisch problemlos von extraartikulären Veränderungen wie einer Tenosynovialitis der das Sprunggelenk umgebenden Sehnen unterscheiden. Dies ist nicht zuletzt für die Frage von Bedeutung, ob ein punktionswürdiger Erguss oder ein Hämarthros vorliegen, sondern auch in der Rheumatologie (exsudativer oder proliferativer Prozess?). Auch ein periartikuläres Lymphödem, eine Varicosis oder andere subkutane Veränderungen wie Tumore oder Hämatome können einfach abgegrenzt werden.

Erguss/Hämarthros OSG

Im ventralen LS über dem OSG zeigt sich eine echofreie oder echoarme Vorwölbung der Gelenkkapsel (Abb. 2). Aufgrund der rundlichen Form des einsehbaren Anteils des Talus ist eine radiäre Schnittführung über den gesamten ventralen Talus zur umfassenden Durchmusterung nötig. Ergussbildung kann mitunter auch im dorsalen LS in der mit dem OSG kommunizierenden Sehnen-scheide der Flexor-hallucis-longus-Sehne zu finden sein.

Während ein Gelenkerguss in aller Regel echofrei ist und auch bleibt, kann ein Hämarthros bereits primär echoreicher sein und zunehmend echogener werden, mitunter sogar fokale fibrotische Verdichtungen zeigen. Die Testung auf Kompressibilität (Dekompressionstest) lässt Hinweise auf die Punktionsfähigkeit zu [2]. Unter sonografischer Kontrolle stellt die Punktion des oberen Sprunggelenks dem Behandler auch bei Kindern keine wesentlichen Probleme. Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass das sonografische Erscheinungsbild eines Gelenkergusses niemals eine septische Arthritis ausschließen lässt.

Juvenile Arthritis

Die bei Kindern typische oligo- beziehungsweise monarthritische Verlaufsform einer rheumatoiden Arthritis geht oft mit einer Sprunggelenkarthritis einher. Abbildung 3 zeigt eine rheumatisch bedingte OSG-Monarthrit bei einem 13-jährigen Mädchen. Der synoviale Randsaum ist mäßig echoreich verbrei-

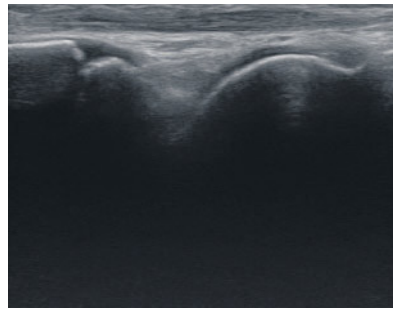


Abbildung 1 Ventraler Longitudinalschnitt (LS) OSG gesunder 9-Jähriger.

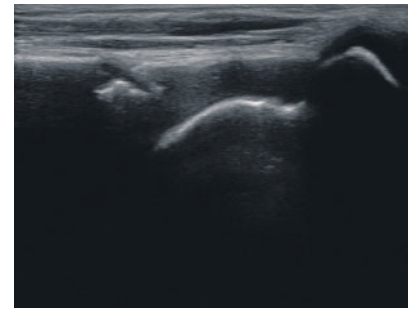


Abbildung 2 Ventraler LS OSG 10-jähriger mit intraartikulärem Hämarthros.

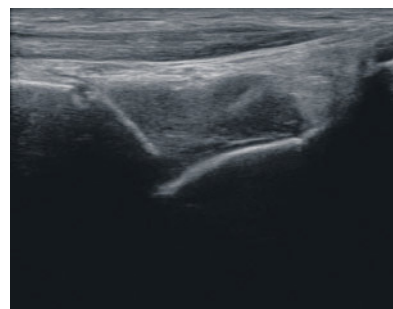


Abbildung 3 Ventraler LS OSG 13-jährige mit juveniler Arthritis.

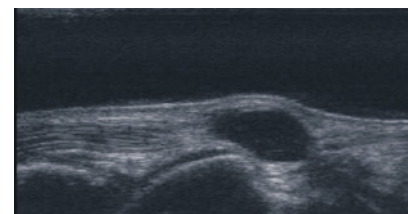


Abbildung 4 Ventrolateraler LS OSG 11-jähriger mit Ganglion.

tert und zeigt ggf. ein positives Power-Doppler-Signal (PD). Das Cavum ist von echoarmer Flüssigkeit gefüllt, das den hyalinen Gelenkknorpel abgrenzen hilft. Bei ausgeprägter proliferativer Synovialitis finden sich mitunter fingerartige echogene Binnenstrukturen. Unter Kompression tritt der sog. Aquariumeffekt auf. Chronisch-proliferative Verlaufsformen zeigen im Gelenkraum dichtes pannöses Gewebe. Bei entzündlichen, aber auch septischen Erkrankungen sind alle ggf. betroffenen Gelenkanteile sonografisch zu untersuchen.

Bei geschwollenem Sprunggelenk sind sonografisch-differenzialdiagnostisch extra- oder periartikuläre Raumforderungen oder Flüssigkeitseinlagerungen abzugrenzen. Abb. 4 zeigt ein nahe dem Taluskopf liegendes Gelenkganglion mit echofreier Aufweitung durch Flüssigkeit. Hiervon zu unterscheiden sind die bei Kindern häufig auffallenden Vorwölbungen mit Schwielenbildung über Talus- oder Kalkaneuskopf, die je nach Reifegrad eine breite hyaline Knorpelzone zeigen, jedoch nicht mit Ganglien verwechselt werden dürfen.

Distorsionstrauma

Verstauchungen des oberen Sprunggelenks erfolgen auch bei Kindern zu meist als Inversions-Supinationsverletzung und gefährden fibulare Gelenkstrukturen vom Außenknöchel bis zum Metacarpale V, die weitaus seltenere Eversionsverletzung dagegen Innenband und tibiofibuläre Syndesmose sowie den Außenknöchel. Akute Gelenkverletzungen können im Ultraschall bereits primär gut untersucht werden. Die posttraumatische Schwellung hilft als körpereigene Vorlaufstrecke und unterstützt somit die Untersuchung. Ein Hämarthros des OSG ist als wichtiger Hinweis auf eine Kapselbandverletzung zu werten (Abb. 2).

Die sonografische Stufendiagnostik beginnt am Außenknöchel und reicht bis zum MT V [3]. Röntgenaufnahmen sind nach den Ottawa-Empfehlungen nur bei klinischem Verdacht auf Knöchelfraktur gerechtfertigt. Sonografisch zeigt sich bei (aktuell in der Klinikpraxis nicht selten radiologisch vermuteter) Salter-Harris-I-Fraktur ein im Seitvergleich leicht abgehobenes echoarmes Periost. Bei der Stabi-

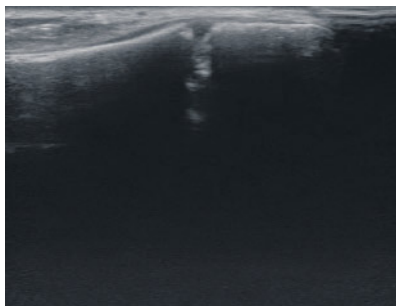


Abbildung 5 Lateraler LS über distaler Fibula bei 11-Jährigem mit Salter-Harris-I-Fraktur des Außenknöchels.

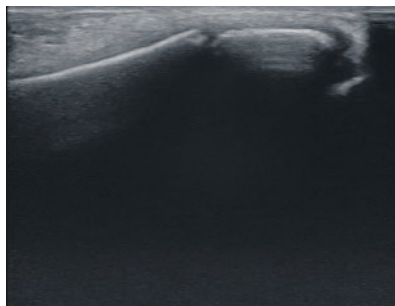


Abbildung 6 LS gesunde Gegenseite zu Abbildung 5.



Abbildung 7 Röntgen li OSG ap zu Abbildung 5.

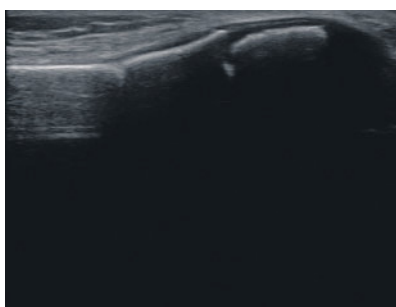


Abbildung 8 Lateraler LS über distaler Fibula bei 4-Jährigem mit Salter-Harris-II (Aitken-I)-Fraktur des Außenknöchels.

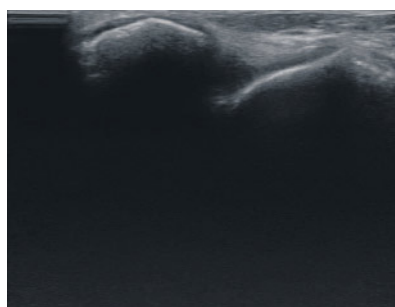


Abbildung 9 Lateraler LS über gesundem LTFA.

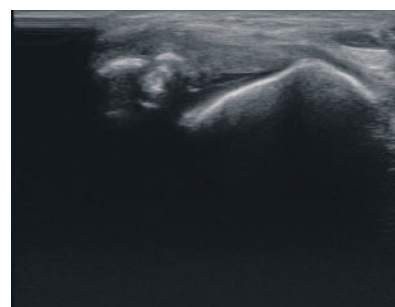


Abbildung 10 Lateraler LS über proximal knöchern ausgerissem LTFA.

litätstestung kann sogar ein leichtes Klaffen der Epiphysenfuge im sonografisch jederzeit möglichen Seitenvergleich strahlungs- und schmerzfrei beobachtet werden (Abb. 5 und 6). Die nachfolgend durchgeführte Röntgenaufnahme bestätigt diese Situation (Abb. 7). Abbildung 8 zeigt dagegen eine Salter-Harris-II/Aitken-I-Fraktur mit proximal erkennbarer Unterbrechung der fibularen Kortikalis.

Ruptur lig fibulotalare anterius (LFTA)

Die fibularen Bänder werden am besten in entspannter Rückenlage und ggf. unterlagerter Kniekehle sowie aufliegender Ferse untersucht. Das unverletzte lig. fibulotalare anterius (LFTA) lässt sich aufgrund der Lokalisation im ungünstigen Nahfokusbereich beim gesunden Patienten nicht immer gut abgrenzen (Abb. 9). Periartikuläre Schwellung und Hämatom erlauben jedoch nach Bandverletzung eine zumeist weitaus bessere Darstellung. Bei unreiferen Kindern reißt das LFTA am häufigsten proximal mit einer sonogra-

fisch echogen gut sichtbaren knöchernen Schuppe aus der Fibula aus (Abb. 10). Selten ist ein sonografischer Vorschub auslösbar. Das größere rundliche Os subfibulare stellt eine strukturelle Differenzialdiagnose hierzu dar (Abb. 11.)

Beim reiferen Kind und Jugendlichen reißt das Band wie beim Erwachsenen meist distal ab und schlägt sich echogen zum Talus hin ein. Zwischen Band und Knochen drängt oft echoarmes Hämatom nach außen, das im Dekompressionstest deutlicher darstellbar wird. In derselben Untersuchungsposition kann die Stabilität unmittelbar, schnell und weitgehend schmerzfrei überprüft werden. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen den ausgelösten Vorschub von 6 mm.

Das in der Tiefe nach hinten unten ziehende lig. fibulocalcaneare (LFC) ist sonografisch schwer darstellbar, die dort ausgelöste laterale Instabilität aber schon. Mittels dynamischer Ultraschalluntersuchung lässt sich hier die klinische DD zu einer Peronäalsehnenläsion fundiert treffen (Abb. 14). Ausrisse des das Calcaneokuboidgelenk (CC) la-

teral stabilisierenden Bands sind sonografisch klar zu erkennen, insbesondere bei leichter Instabilität im sonografisch kontrollierten Adduktionstest (Abb. 15).

Inversions-Distorsionen erfassen bei Kindern und Jugendlichen über OSG und CC-Gelenk hinaus häufig das Metatarsale V. Typische Querfrakturen führen zu einer Unterbrechung der echogenen Kortikalis (Abb. 16), während der Apophysenkern als flache echogene Schuppe imponiert (Abb. 17).

Fußschmerz

Auch andere akzessorische Knochenkerne wie das os tib. externum oder das os Vesalianum können sonografisch im Seitenvergleich abgegrenzt werden. Die Vorwölbung medial am Kahnbein schmerzt oft bei schlanken Füßen ohne dicke Subkutis. Sonografisch finden sich unterschiedlich ausgeprägte echogene knöcherne Vorwölbungen im Insertionsbereich der Tibialis-posterior-Sehne (Abb. 18).



Abbildung 11 Lateraler LS über os subfibulare.

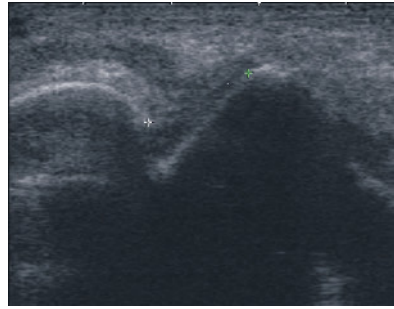


Abbildung 12 Lateraler LS über gerissenem LTFA (Messung 13 mm).

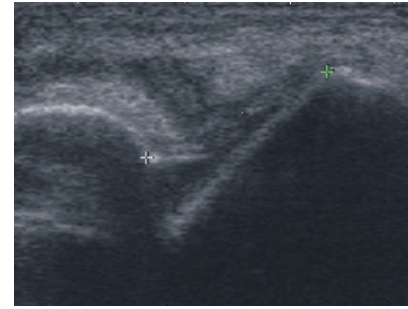


Abbildung 13 Stresstest zu Abbildung 12 mit 3 mm Instabilität (Messung 19 mm).

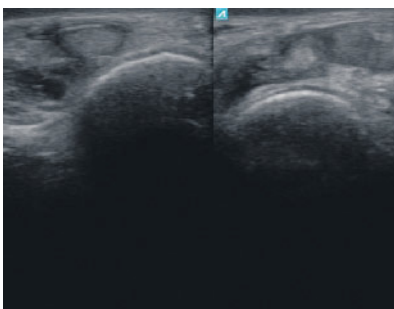


Abbildung 14 Transversalschnitt (TS) hinter Außenknöchel. Links Peronäalsehnen in situ, rechts bei aktiver Eversion luxiert.

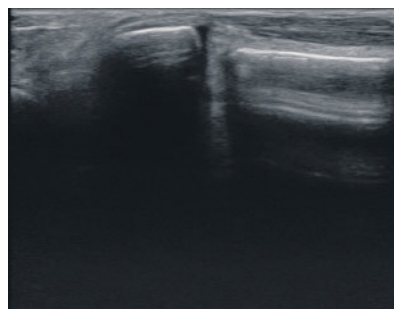


Abbildung 15 Lateraler LS über CC-Gelenk, das beim Adduktionstest leicht klafft.

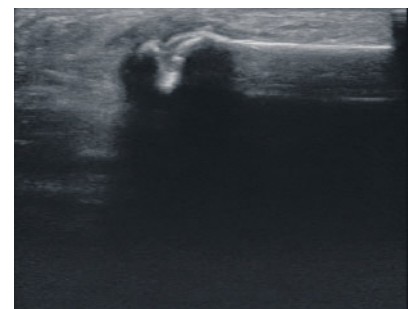


Abbildung 16 Lateraler LS über MT V mit Querfraktur und Apophyse.

Dagegen weist die sog. Apophysitis calcanei keine typischen Sonopathologie auf. Die knöcherne Kontur der Apophyse am Tuber calcanei erscheint zu dieser Zeit oft gezackt, unterscheidet sich aber nicht von unbeeinträchtigten Füßen (Abb. 19). Dennoch ist die Sonografie bei den zu meist sportlichen Kindern zum Ausschluss von Veränderungen der Achillessehne oder der darunter liegenden Bursa subachillea hilfreich. Die relevante DD einer Coalitio ist allerdings nur im Röntgenbild oder besser im MRT zu lösen.

Die rheumatoide Oligoarthritis erfasst im Kindesalter neben dem OSG oft die Zehengrundgelenke. Schwellungen im Vorfußbereich können sich dem klinischen Betrachter leicht verbergen.

Symmetrische echoarme Ergussbildung, ggf. echogen verdickte Synovialis und positives PD-Signal vor allem der MC-Gelenke 1, 2 und 5 sind diagnoserelevant (Abb. 20). Bei chronischem Verlauf werden früher als im Röntgenbild gelenknahe Erosionen und Usuren als Unregelmäßigkeit der knöchernen Oberflächen, synoviale Zysten und ggf. positives PD sichtbar.

Diskussion

Verletzungen an Sprunggelenk und Fuß stellen einen großen Anteil an kindlichen und jugendlichen Unfällen. Fußball und Basketball sind führend [4].

Trotz jahrzehntelanger Anwendung der Sonografie als unmittelbar an der Untersuchungsliege verfügbarer bildgebender Untersuchungstechnik fehlen in Bezug auf Kinder und Jugendliche Literaturangaben weitgehend. In praxi bestehen offensichtlich nur wenige Unterschiede zur Applikation im allgemeinen Patientengut. Einige kinderrheumatologische Arbeitsgruppen haben in jüngster Zeit Standards etabliert, die vergleichende Schnitte und Deskriptionen ermöglichen sollen [5, 6].

Ultraschall kann intraartikuläre Erguss- oder Hämarthrosbildung, aber auch subklinische juvenile Arthritiden besser als die klinische Untersuchung identifizieren [7, 8]. Intra- oder periartikuläre Raumforderungen wie z.B. Ganglien können sonografisch identifiziert und anatomisch zugeordnet werden [9].

Auch für heranwachsende Patienten gilt, dass nur bei klarem klinischen Verdacht auf eine Fraktur eine Röntgenaufnahme indiziert ist [10, 11, 12]. Allerdings scheinen die Ottawa-Richtlinien auf Kinder nicht mit der gleichen Sensitivität wie bei Erwachsenen anwendbar zu sein [13].

Eine französische Arbeitsgruppe klärte alle konsekutiven Patienten (n = 116, 8–15 Jahre), bei denen eine Sprunggelenksverletzung vorlag, nach Ausschluss einer Knöchelfraktur im Röntgenbild prospektiv kernspintomografisch ab. Bei 49 Patienten konnte dennoch ein knöcherner Schaden ermittelt werden, bei 20 Patienten kleinere Bandläsionen und bei 5 Patienten Bänderrisse [14]. Subtile knöcherner Verletzungen wie knöcherner Bandausrisse des lig. fibulotalare anterius, epiphysäre Stauchungen oder Lösungen der distalen Fibula oder an der Basis des MT V stellen spezifische Pathologien dieser Altersgruppe dar [15]. Nicht selten finden sich in der Sonografie – die im Vergleich zum Röntgenbild nicht nur in 2 Projektionen erfolgen kann, sondern als multiplanare Schichtuntersuchung –

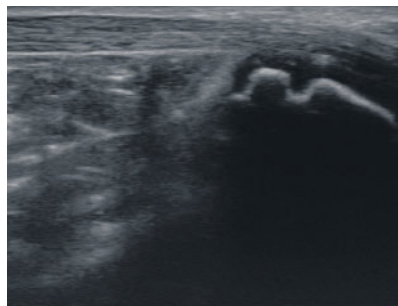


Abbildung 19 Dorsaler LS über Achillessehne und Apophysenkern.

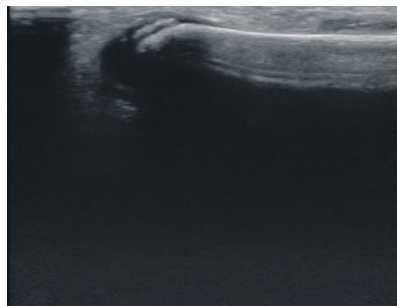


Abbildung 17 Gesunde Gegenseite mit Apophyse.

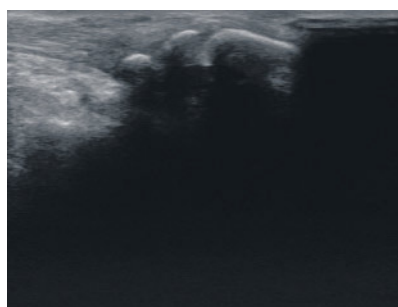


Abbildung 18 Medialer LS über Kahnbein mit os tibiale externum.

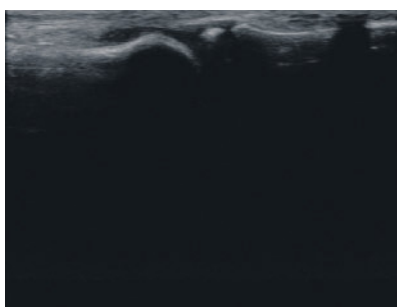


Abbildung 20 Ventraler LS über MTP-I-Gelenk mit Erguss.

Hinweise auf die exakte Lokalisation und Ausprägung der Verletzung [16, 17]. Ausgerissene knöcherne Insertionen demarkieren sich durch ihren Schallschatten und müssen von akzesorischen Knochenkernen unterschieden werden [18]. Bereits aus wirtschaftlichen, aber auch organisatorischen Gründen wird es aber utopisch bleiben, eine flächendeckende unmittelbare MRT-Abklärung von kindlichen Sprunggelenkverletzungen vorzuhalten. Gelenkinstabilitäten können je-

doch ohnehin nur in dynamischer Untersuchungstechnik aufgedeckt werden, optimal mittels Sonografie [19–23].

Die sonografische Abklärung fibularer Bandverletzungen und der Sprunggelenkinstabilität wurde erstmals von Schrickler und Hien dargestellt [18]. Auch weitere deutsche Autoren publizierten Untersuchungstechniken [24–30]. Milz et al. erreichten im hochauflösenden Ultraschall bereits 1998 gegenüber dem Goldstandard MRT Übereinstimmungen bei Verlet-

zung (93 %) wie bei intaktem LFTA (83 %) bzw. für das LTFA 66 % bei MRT-gesicherter Verletzung und 91 % für intakte Bänder [31]. Neuere prospektive Untersuchungen zeigen sogar 100 % Übereinstimmung [32].

Die Technik ist – z.B. in DEGUM-Kursen (www.degum.de) – erlernbar und bei Verletzten aufgrund der dort vorzufindenden Schwellung als natürlicher Vorlaufstrecke sogar leichter als beim Unverletzten anwendbar. Auch die Differenzierung kompletter und partieller Läsionen [33], bzw. von Teilstrukturen des Bands und die Ausdehnung der Bandverletzung sind sonografisch exakt möglich [34]. Differenzialdiagnostisch können Gelenkverstauchungen zu Peronäalsehnenluxationen führen, die sonografisch bestätigt werden können [35].

Ultraschall kann in der Abklärung juveniler Arthritiden entzündliche Veränderungen exakt lokalisieren [36]. Vergleichende Dickenmessungen des hyalinen Gelenkknorpels von juveniler Arthritis betroffener Gelenkabschnitte ermöglichen Verlaufsbeurteilungen und Anpassungen der individuellen Therapie [37]. Gelenkinjektionen in OSG und Subtalargelenk sind sonografisch unterstützt einfach und strahlungsfrei möglich [38, 39]. Dies erleichtert die topische Behandlung bei juveniler Arthritis, die häufig Sprung- und Zehengelenke befällt [40].

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Dr. med. Hartmut Gaulrapp
Leopoldstr. 25
80802 München
gaulrapp.dr@gmx.net

Literatur

- Gaulrapp H, Binder C (Hrsg). Grundkurs der Sonografie der Bewegungsorgane. München: Elsevier-Verlag, 2. Aufl. 2014
- Gaulrapp H. Injektionen, Punktionen, Biopsien. In: Gaulrapp H, Szeimies U (Hrsg). Diagnostik der Gelenke und Weichteile. Sonographie oder MRT. München: Elsevier Verlag, 2008: 8–9
- Hien N. OSG-Instabilität. In: Gaulrapp H, Szeimies U (Hrsg). Diagnostik der Gelenke und Weichteile. Sonographie oder MRT. München: Elsevier-Verlag, 2008: 195, 197
- Damore DT, Metzl JD, Ramundo M, Pan S, Van Amerongen R. Patterns in childhood sports injury. *Pediatr Emerg Care* 2003; 19: 65–7
- Roth J et al. Definitions for the sonographic features of joints in healthy children. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2015; 67: 136–142
- Spannow AH, Pfeiffer-Jensen M, Andersen NT, Herlin T, Stenbog E. Ultrasonographic Measurements of Joint Cartilage Thickness in Healthy Children: Age- and Sex-Related Standard Reference Values. *The Journal of Rheumatology* 2010; 37: 11
- Guillodo Y, Riban P, Guennoc X, Dubrana F, Sarau A. Talocrural effusion on ultrasonography may identify patients with severe ankle sprains. *J Ultrasound Med* 2007; 26: 831–836
- Janow GL, Panghaal V, Trinh A, Badger D, Levin TL, Ilowitz NT. Detection of active disease in juvenile idiopathic arthritis: sensitivity and specificity of the

- physical examination vs ultrasound. *J Rheumatol* 2011; 38: 2671–2674
9. Ortega R, Fessell DP, Jacobson JA, Lin J, van Holsbeek MT, Hayes CW. Sonography of ankle ganglia with pathologic correlation in 10 pediatric and adult patients. *AJR* 2002; 178: 1445–1449
 10. Dayan PS et al. Derivation of clinical prediction rules to identify children with fractures after twisting injuries of the ankle. *Acad Emerg Med*. 2004; 11: 736–743
 11. Dowling S, Spooner Ch, Liang Y et al. Accuracy of Ottawa ankle rules to exclude fractures of the ankle and mid-foot in children: a meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2009; 16: 277–287
 12. Dowling SK, Wishart I. Use of the Ottawa ankle rules in children: a survey of physicians' practice patterns. *CJEM* 2011; 13: 333–338
 13. Clark KD, Tanner S. Evaluation of the Ottawa ankle rules in children. *Pediatr Emerg Care* 2003; 19: 73–8
 14. Launay F, Barrau K, Petit P, Jouve JL, Auquier P, Bollini G. Traumatismes de la cheville sans fracture chez l'enfant. Étude prospective par résonance magnétique de 116 patient. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2008; 94: 427–33
 15. Maximin MC, Iscaïn P, Cohen M, Roche N, Chrestian P. Prise en charge des laxités chroniques de la cheville de l'enfant et de l'adolescent. *Maitrise orthopedique Nov 2008 (Online Journal)*. <http://www.maitrise-orthopedique.com/numeros/consultation/n208-novembre-2011-10>
 16. Simanovsky N, Hiller N, Leibner E, Simanovsky N. Sonographic detection of radiographically occult fractures in paediatric ankle injuries. *Pediatr Radiol* 2005; 35: 1062–1065
 17. Taggart I, Voskoboynik N, Shah S, Liebmann O. ED point-of-care ultrasound in the diagnosis of ankle fractures in children. *Am J Emerg Med*. 2012; 30: 1328
 18. Launay F, Barrau K, Jouve JL, Petit P, Siméoni MC, Bollini G. Assessment of acute ankle sprain with os subfibularein children. *J Pediatr Orthop B*. 2007; 16: 61–5
 19. Schricker T, Hien NM, Wirth CJ. Klinische Ergebnisse sonographischer Funktionsuntersuchungen der Kapselbandläsionen am Knie- und Sprunggelenk. *Ultraschall* 1987; 8: 27–31
 20. Campbell DG, Menz A, Isaacs J. Dynamic ankle ultrasonography. A new imaging technique for acute ankle ligament injuries. *Am J Sports Med* 1994; 22: 855–858
 21. Croy T, Saliba SA, Saliba E, Andersen MW, Hertel J. Differences in lateral ankle laxity measured via stress ultrasonography in individuals with chronic ankle instability, ankle sprain copers and healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012; 42: 593–600
 22. Gaulrapp H: Fibulotolare Instabilität. In: Gaulrapp H, Binder C (Hrsg). *Aufbaukurs Sonografie der Bewegungsorgane*. München: Elsevier-Verlag, 2014: 180–181
 23. Gaulrapp H: Funktionelle sonografische Diagnostik bei Kapsel-Band-Verletzungen am OSG. *Trauma Berufskrankh* 2015; 17: 15–21
 24. Glaser F, Friendl W, Welk E. Die Wertigkeit des Ultraschalls in der Diagnostik von Kapselbandverletzungen des oberen Sprunggelenks. *Unfallchirurg* 1989; 92: 540–546
 25. Ernst R, Grifka J, Gritzan R, Kemen M, Weber A. Sonographische Kontrolle des Außenbandapparates am oberen Sprunggelenk bei der frischen Bandruptur und chronischen Bandinstabilität. *Z Orthop* 1990; 128: 525–520
 26. Friedrich JM, Heuchemer T, Schumacher KA, Bargon G. Einsatz der Sonographie in der Diagnostik der frischen fibulo-talaren Bandläsion. *Fortschr Geb Röntg Strahl* 1990; 152: 173–179
 27. Kemen M, Ernst R, Bauer KH, Weber A, Zumtobel V. Sonographische versus radiologische Beurteilung der chronischen Außenbandinstabilität am oberen Sprunggelenk. *Unfallchirurg* 1991; 94: 614–618
 28. Striepling E, Behrens P, Doniec JM, Havemann D. Die sonographische Beurteilbarkeit des oberen Sprunggelenkes bei Supinationstraumen. *Akt Traumat* 1991; 21: 194–196
 29. Schnarkowski P, Glücker M, Friedrich JM, Rübenacker S. Sonographische Befunde bei lateralen Bandläsionen des oberen Sprunggelenkes nach konservativer und operativer Therapie. *Fortschr Geb Röntg Strahl* 1992; 157: 561–565
 30. Hoffmann RR, Thermann H, Wippermann BW, Zwipp H, Tscherne H. Standardized ultrasound diagnosis of instability after dislocation of the upper ankle joint. *Unfallchirurg* 1993; 96: 645–650
 31. Milz P, Milz S, Steinborn M, Mittlmeier T, Putz R, Reiser M. Lateral ankle ligaments and tibiofibular syndesmosis. 13-MHz high-frequency sonography and MRI compared in 20 patients. *Acta Orthop Scand* 1998; 69: 51–55
 32. Lagalla RR, Iovane A, Midiri M, Lo Casto A, De Maria M. Comparison of echography and magnetic resonance in sprains of the external compartment of the ankle. *Radiol Med* 1994; 88: 742–748
 33. D'Erme M. Lesions of the collateral ligaments of the ankle: diagnosis and follow-up with magnetic resonance and ultrasonography. *Radiol Med* 1996; 91: 705–709
 34. Brasseur JL, Tardieu M. Accurate using of imaging in ankle sprain. *JBR-BTR* 1999; 82: 63–68
 35. Forman ES, Micheli LJ, Backe LM. Chronic recurrent subluxation of the peroneal tendons in a pediatric patient. Surgical recommendations. *Foot Ankle Int*. 2000 Jan; 21: 51–3
 36. Laurell L, Court-Payen M, Nielsen S, Zak M, Boesen M, Fasth A. Ultrasonography and color Doppler in juvenile idiopathic arthritis: diagnosis and follow-up of ultrasound-guided steroid injection in the ankle region. A descriptive interventional study. *Pediatr rheumatol online J* 2011; 9: 4
 37. Pradsgaard DO, Spannow AH, Heuck C, Herlin T. Decreased cartilage thickness in juvenile idiopathic arthritis assessed by ultrasonography. *J Rheumatol* 2013; 40: 1595–1603
 38. Otjen J, Parnell SE, Menashe S, Thapa MM. Ultrasound-guided joint injections for MR arthrography in pediatric patients: how we do it. *Pediatr Radiol* 2015; 45: 308–316
 39. Tynjälä P, Honkanen V, Lahdenne P. Intra-articular steroids in radiologically confirmed tarsal and hip synovitis of juvenile idiopathic arthritis. *Clin Exp Rheumatol* 2004; 22: 643–648
 40. Young CM, Horst DM, Murakami JW, Shiels WE. Ultrasound-guided corticosteroid injection of the subtalar joint for treatment of juvenile idiopathic arthritis. *Pediatr Radiol* 2015; Feb, Epub