

H. Gaulrapp¹

Funktionelle sonografische Diagnostik bei fibularer Kapselbandläsion

Functional sonography in lateral ankle joint sprains

Zusammenfassung: Diese Übersichtsarbeit stellt propädeutisch dar, wie nach Sprunggelenkdistorsion sonografisch eine Vielzahl relevanter Fakten bestimmt werden kann, die die klinische Arbeitsdiagnose absichern und zu einer schnellen, richtungsweisenden Therapie der Bandverletzung führen. Die sonografische Abklärung ist bereits bei Erstvorstellung nach der Verletzung schmerzfrei durchführbar. Keine andere Methode außer der funktionellen sonografischen Untersuchung kann so verlässlich Auskunft über eine Sprunggelenkinstabilität geben. Voraussetzung ist wie bei allen anderen klinischen Fertigkeiten ausreichende eigene „hands-on“-Erfahrung, die in DEGUM-Kursen vermittelt werden kann.

Schlüsselwörter: Ultraschall, Sonografie, Verstauchung Sprunggelenk, fibulare Bandläsion

Zitierweise

Gaulrapp H. Funktionelle sonografische Diagnostik bei fibularer Kapselbandläsion.

OUP 2014; 3: 100–104. DOI 10.3238/oup.2014.0100–0104

Abstract: This survey displays how sonography serves the clinical examiner as the reliable diagnostic means in detecting fibular ligament tears. By ultrasound a lot of relevant facts can be determined to affirm the clinical diagnosis and guide proper treatment. Sonographic examination can be carried out early and without pain after the injury. No other method yields information on ankle instability on such a high level of accuracy. A basis as in all other clinical skills is sufficient hands-on experience, which is mediated through qualified instruction courses by DEGUM, the German society for ultrasound in medicine.

Key words: Ultrasound, sonography, ankle sprain, fibular ligament tear

Citation

Gaulrapp H. Functional sonography in lateral ankle joint sprains. OUP 2014; 3: 100–104. DOI 10.3238/oup.2014.0100–0104

Einleitung

Kapselband-Verletzungen des oberen Sprunggelenks stehen an der Spitze der Verletzungsstatistiken. Zwischen der noch so sorgfältig durchgeführten klinischen Untersuchung und der letztlich festzustellenden anatomisch-strukturellen Schädigung bestehen Diskrepanzen [1]. Sprunggelenkergüsse als relevantes Zeichen einer signifikanten Verletzung sind klinisch oftmals schwer festzustellen. Da eine posttraumatische intraartikuläre Flüssigkeitsbildung eine hohe Hinweisqualität auf eine schwere Sprunggelenkdistorsion hat [2], empfiehlt sich, zunächst im Longitudinalschnitt (LS) streckseitig am oberen Sprunggelenk ein HämARTHROS abzuklären. Dieses

stellt sich typischerweise als mehr oder minder ausgeprägte Aufweitung der als dünne echogene Membran erkennbaren Gelenkkapsel durch anfangs meist echofreie bis echoarme, später zunehmend echogene Bluteinlagerung dar (Abb. 1).

Fibulare Kapselbandverletzungen ereignen sich meist infolge eines komplexen Unfallmechanismus über Plantarflexion-Supination-Inversion. Differenzialdiagnostisch können jedoch weitere Strukturen auf der Außenseite von Fuß und Sprunggelenk verletzt sein. Daher empfiehlt es sich, klinisch wie sonografisch diese gesamte fibulare Kette [3] (Abb. 2) vom Außenknöchel (1) über die fibularen Bänder LFTA (2) und LFC (3), vorderes Syndesmosenband (4) über das CC-Gelenk (5) bis

zum Metatarsale V (6) programmiert abzuklären.

Außenknöchel

Im LS rund um den gesamten Außenknöchel kann dessen knöcherner Oberfläche im Übergang zu den daran anheftenden Bandstrukturen auf Hämatome und Fissuren mit Unterbrechung der echogenen knöchernen Linie abgeklärt werden. Nicht selten, z.B. bei Kindern, lässt sich trotz unauffälligen Röntgenbilds eine knöcherner oder periostale Verletzung (Abb. 3) feststellen.

Die Untersuchung der fibularen Bänder wird durch häufige Anlagevarianten [4, 5], aber auch durch nicht

¹ Facharzt für Orthopädie, Kinder-Orthopädie, Sportmedizin, München

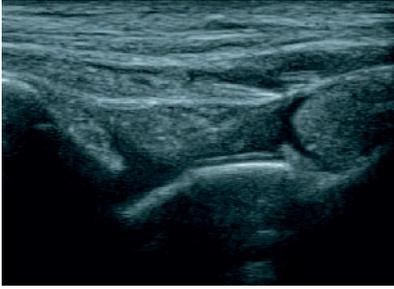


Abbildung 1 Ventraler LS am OSG: Ausgedehntes echoreiches Hämarthros des OSG zwischen der dünnen echogenen fibrösen Gelenkkapsel und der stark echogenen Talusoberfläche.

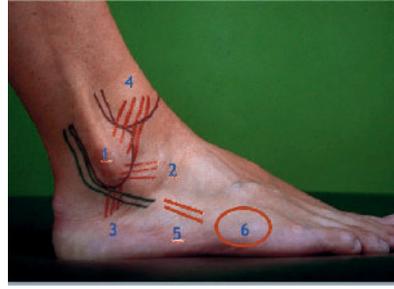


Abbildung 2 Lokalisation der einzelnen Anteile der fibularen Kette.

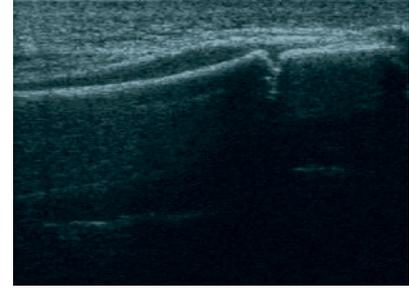


Abbildung 3 Lateraler LS fibular mit echoarmer Verbreiterung des Periosts bei periostaler Verletzung des Außenknöchels.



Abbildung 4 Einstellung der anatomischen Landmarks für die Darstellung des LFTA.



Abbildung 5 LS fibular über LFTA bei unverletztem dreieckig echogenen Band.

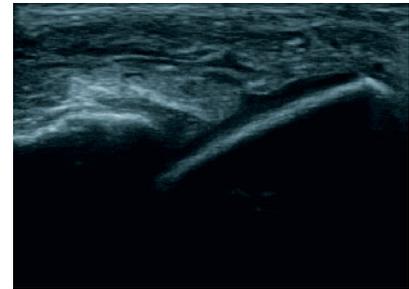


Abbildung 6 LS fibular über LFTA bei distalem Ausriss des LFTA.

selten unbemerkt verlaufene posttraumatische Veränderungen erschwert.

Lig. fibulotalare anterius (LFTA)

Die Darstellung des LFTA, welches vom Außenknöchel in der Regel annähernd parallel zur Fußsohle, nach ventral zum Talus hin verläuft, erfolgt nach einiger Übung problemlos. Insbesondere bei postraumatischer Schwellung ist das Ankoppeln zwischen Schallkopf und Hautoberfläche schmerzfrei möglich. Nach der Nativdiagnostik, die Auskunft über die Kontinuität des Bandes gibt, schließt sich in der funktionellen sonografischen Untersuchung die Stabilitätstestung an.

Der Patient liegt in Rückenlage, die Kniegelenke mit einer Rolle unterlagert, die Sprunggelenke entspannt in schmerzadaptierter Position gelagert. Trotz Sprunggelenkschwellung kann der Außenknöchel als knöcherner Referenzstruktur zumeist ausreichend gut getastet und das Band eingestellt werden. Zwischen Daumen und Zeigefinger der

Tasthand wird dann der Schallkopf appliziert (Abb. 4), sodass am linken Bildrand die gebogene echogene Linie des Außenknöchels erscheint. Um diesen Fixpunkt herum wird dann der Schallkopf radiär zum Talus gedreht, bis die steile knöcherner Linie des Talus am Monitor erscheint. Beim Unverletzten zeigt sich dazwischen das LFTA als dreieckige oder longitudinale echogene Struktur (Abb. 5). Die für adulte Patienten typische Verletzungslokalisation zeigt einen distalen Ausriss am Talus. Die Bandstruktur hängt dann um den Außenknöchel herum in die Tiefe (Abb. 6). Hämatom kann zwischen dem gerissenen Band und dem Talus herumlaufen und insbesondere bei leichter Druckentlastung auf den Schallkopf am Monitor abgebildet werden, s. Abb. 7 (positiver Dekompressionstest (Gaulrapp)) [6].

In der gleichen Untersuchungssituation und Schallkopfposition kann durch Druck des Untersuchers auf den Unterschenkel nach unten ein Vorschub des Talus im oberen Sprunggelenk ausgelöst werden (Abb. 8) – eine stabile talokalkaneare Bandverbindung

vorausgesetzt – die durch Auseinanderweichen der knöchernen Referenzpunkte von Außenknöchel und Talus unter Sicht am Monitor und immer im Seitvergleich eine messbare Instabilität nachweisen lässt. Abb. 9 zeigt links die Bandlänge ohne Stress und rechts die Zunahme der Strecke unter Stress bei Bandriss (Abb. 9). Eine standardisierte Untersuchungsposition ist hierfür essenziell. Eine Arbeitsgruppe von DEGUM-Experten befasst sich gerade mit deren exakter Definition.

Lig. fibulocalcaneare (LFC)

Das LFC kann im seitlichen LS zwischen Außenknöchel und Kalkaneus leicht nach hinten versetzt zwar nicht direkt abgebildet werden, jedoch ein Aufklappen des Subtalgelenks im Varusstress-test am Monitor erfasst werden. Einblutungen in die peronäale Sehnenscheide weisen indirekt auf eine Verletzung dieses Bands hin, die häufig mit einem Einriss der tiefen Schicht des Retinaculum profundum peronäale einhergeht.

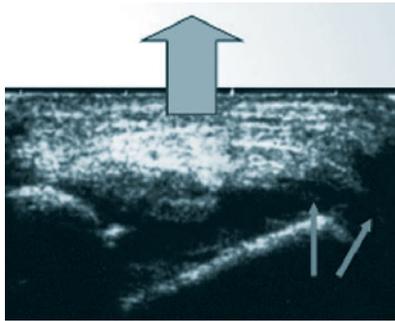


Abbildung 7 LS fibular über LFTA unter Entlastung des Schallkopfs (pos. Dekompressionstest) bei distalem Ausriss des LFTA.

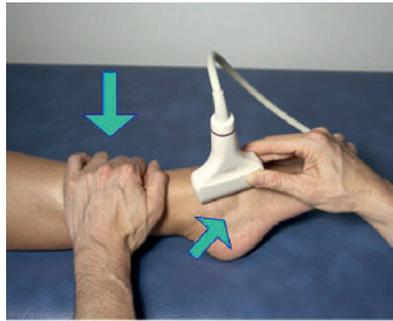


Abbildung 8 Handhabung des sonografischen Instabilitätstests am OSG.

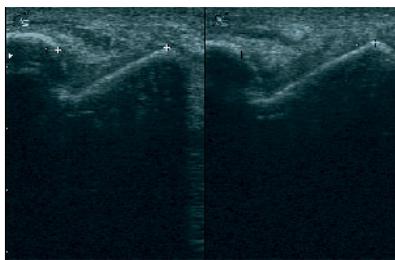


Abbildung 9 LS fibular über LFTA bei fibularer Bandruptur, links nativ, rechts mit Vorschub (jeweils Messlinien).

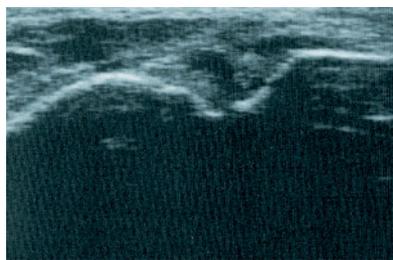


Abbildung 10 TS über vorderem Syndesmoseband (LFTA) mit deutlicher Unterbrechung des echogenen Bands und echoarmem Hämatom.

Für die Stabilitätsprüfung des überwiegend vom LFC gesicherten Subtalgelenks wird der Kalkaneus vom Untersucher fixiert. Der Schallkopf verbleibt über dem in die Tiefe ziehenden LFC. Dann wird unter Sicht am Monitor ein Varus-Stresstest durchgeführt, der ein seitliches Aufklappen nachweisen lässt. Auch hier kann die Instabilitätsstrecke im Seitvergleich gemessen werden.

Lig. fibulotalare posterius (LFTP)

Das LFTP spielt in der Diagnostik keine relevante Rolle, da es meist nur bei seltenen, kompletten Sprunggelenkluxationen beteiligt ist, also weit schwereren Verletzungen.

Syndesmosenband lig. tibiofibuläre anterius (LFTA)

Zunächst wird das Band, das von der Vorderseite des distalen Außenknöchels sehr steil zur Tibia zieht, nativ dar-

gestellt. Liegt keine Unterbrechung vor, ist eine Instabilität der tibiofibulären Syndesmose höchst unwahrscheinlich. Jegliches Hämatom im Bandbereich (Abb. 10) deutet auf eine Verletzung der tibiofibulären Bandhaft hin, die dann dynamisch zu untersuchen ist. Die Stressuntersuchung erfolgt im tibiofibulären Transversalschnitt oberhalb des LFTA. Zunächst liegt das OSG in Spitzfußstellung. Unter Sicht auf den Monitor führt der Untersucher den Fuß und damit letztlich das OSG in maximale Eversion, Außenrotation und Dorsalexension und setzt somit die Syndesmose unter maximale Anspannung (Abb. 11). Bei Instabilität ist im Seitvergleich eine Aufweitung des tibiofibulären Abstands (Abb. 12) zu beobachten. Der so genannte Ring-down der durch den tibiofibulären Spalt dringenden Schallwellen demarkiert den Abstand.

Lig. calcaneocuboidale (LCC)

In der Praxis bedeutsam ist die Abklärung des seitlichen Abschnitts des unte-

ren Sprunggelenks, des calcaneocuboidalen Abschnitts (CC). Zunächst erfolgt die Nativdarstellung dieses Gelenks, um ein lokales Hämatom, ein Hämarthros oder eine Diskontinuität des Bandes darzustellen. Das Band reißt meist proximal und oftmals knöchern ab (Abb. 13). Dann wird eine Unterbrechung der echogenen knöchernen Oberfläche des Kalkaneus sichtbar. Vor- und Mittelfuß des Patienten werden dann durch die freie Hand des Untersuchers fixiert und bei über dem CC-Gelenk liegenden Schallkopf unter Sicht am Monitor in Abduktion und Supination unter Stress gesetzt. Der straff gesicherte CC-Gelenkspalt weitet sich dabei im Seitvergleich mehr.

Os Metatarsale V

Der letzte Schritt der Abklärung der fibulären Strukturen erfolgt im LS über der Basis des Metatarsale V. Senkrechte Unterbrechungen der echogenen knöchernen Oberfläche sprechen für Fissur oder Fraktur. Knöcherne Ausrisse der kurzen Peronäalsehne können erfasst werden. Die wesentliche Differenzialdiagnose ist der flache, eher horizontal liegende Apophysenkern.

Diskussion

Verschiedene Gruppierungen wie die fußchirurgischen Gesellschaften und die Gesellschaft für orthopädisch-traumatologische Sportmedizin (GOTS) haben Algorithmen zur klinischen und bildgebenden Diagnostik fibularer Bandrupturen entworfen, den Stellenwert der Sonografie aber trotz der bereits publizierten Literatur unterschätzt [7, 8]. Die sonografische Abklärung auf fibuläre Bandverletzungen oder Instabilität des Sprunggelenks hat, beginnend mit Schrickers und Hiens erster methodologischer Studie [9] in Deutschland lange Tradition [10–17]. Allerdings hat sich bislang keine einheitliche Untersuchungstechnik durchgesetzt. Milz et al. definierten das MRT als Goldstandard und erreichten im hochauflösenden Ultraschall bereits 1998 Übereinstimmungen bei Verletzung (93 %) wie bei intaktem LFTA (83 %) bzw. für das LFTA 66 % bei MRT-gesicherter Verlet-



Abbildung 11 Schallkopfpositionierung bei der Stabilitätstestung des vorderen Syndesmosenbands.

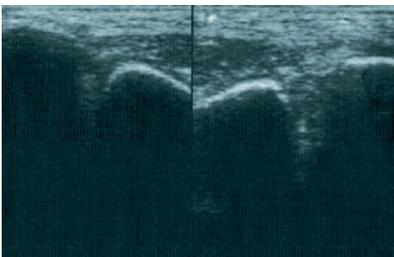


Abbildung 12 TS ventral distal tibiofibular im Seitvergleich bei Syndesmoseninstabilität (rechts).

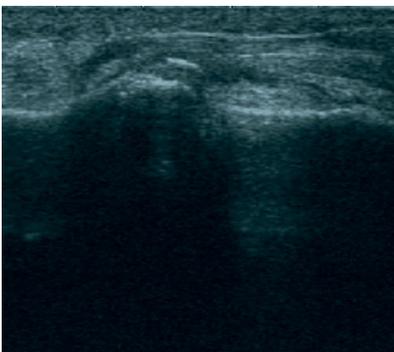


Abbildung 13 Lateraler LS CC-Gelenk bei CC-Ruptur mit proximaler osteochondraler Schuppe und deutlichem Hämarthros.

zung und 91 % für intakte Bänder [18]. Neuere prospektive Untersuchungen zeigen sogar 100 % Übereinstimmung. Im MRT waren lediglich bei 2 von 25 Patienten weitere zusätzliche Bandläsionen erkennbar geworden [19].

Sonografie und Kernspintomografie sind beide in der Lage, sowohl einen posttraumatischen Gelenkerguss [2] sowie die Lokalisation der LFTA-Bandverletzung gleichermaßen gut dar-

zustellen [20, 21]. Oae et al. und auch Hua et al. hatten als Goldstandard die konsekutive arthroskopische Evaluation definieren können, ohne therapeutische Konsequenz unter medizinethischen Gesichtspunkten mehr als diskutabel. Die Sonografie erreichte 91 % Richtigkeit, die MRT 97 % [21]. Auch Hua und Mitarbeiter konnten für die Sonografie sehr hohe Wertigkeit (95 % Richtigkeit, 98 % Sensitivität, 92 % Spezifität, 94 % positiver Vorhersagewert, 97 % negativer Vorhersagewert) finden [22]. Dies gilt noch mehr im Vergleich zur CT, einer für die primäre Anwendung bei Weichteilverletzungen und Gelenkinstabilität mittlerweile nicht mehr angewendete bildgebende Technik [23]. Retrospektiv an 28 akuten bzw. 50 chronischen Patienten erwies sich die Sonografie im Vergleich mit dem Goldstandard MRT für das LFTA in 85 % der akuten Verletzungen und 58 % bei chronischen Läsionen als übereinstimmend, auch im Hinblick auf die Differenzierung kompletter und partieller Läsionen. Für das LFC fanden sich deutlich geringere Übereinstimmungen von 67 bzw. 46 % [24].

Auch diverse knöcherne Begleitverletzungen bzw. spezifische Verletzungscharakteristika wie osteochondrale Bandausrisse oder Frakturen der Basis MT V konnten sonografisch erfasst werden. Die Sonografie wird aus diesem Grund als erste bildgebende Ergänzung der klinischen Untersuchung empfohlen [25]. Knöcherne Verletzungstypen sind radiologisch zu dokumentieren. Trotz unauffälligem Röntgenbild lagen bei 7/20 konsekutiven Kindern (5–13 Jahre) nach OSG-Distorsion periostale Veränderungen vor, die ein schwereres Trauma nachwiesen, als radiologisch zuvor erkannt wurde [26].

Die Sonografie hat den Vorteil, die Bandverletzung unmittelbar und sehr akkurat darzustellen. Sogar die Teilstrukturen des Bands und die Ausdehnung der Bandverletzung sind sonografisch exakt abgrenzbar. Voraussetzung ist allerdings – wie in allen Bereichen der Medizin zu fordern – ausreichend Erfahrung des Untersuchers [20].

Die Nativdiagnostik des betroffenen Bands kann eine Diskontinuität, einen Banddefekt oder eine vollständi-

ge Absenz aufzeigen. Mittels des hier dargestellten Dekompressionstests lässt sich ein Ausriss feststellen. Aber erst die Stresstestung kann die wichtige Frage klären, ob auch eine Gelenkinstabilität vorliegt. Der besondere Vorzug der dynamisch-funktionellen Sonografie liegt in der Erfassung und Messung der Gelenkinstabilität unter Sicht auf den Monitor, wie sie sonst allenfalls in der allerdings mit Strahlenbelastung einhergehenden und sich nur auf die knöchernen Gelenkpartner beziehenden Bildverstärkeruntersuchung möglich wird [3, 14, 17, 27]. Auch für die dynamische Messung der Syndesmoseninstabilität liegen statistisch signifikante Ergebnisse vor, die eine akkurate sonografische Diagnose der Ruptur des LFTA erlauben [28, 29]. Eine Leitungsanästhesie oder schmerzhafte instrumentelle Lagerung werden dazu nicht gefordert. Gehaltene Röntgenaufnahmen weisen dagegen in allen gelisteten Studien geringere Richtigkeit auf [14, 17, 20, 21]. Entscheidend wird Verlässlichkeit der Methode in der Interobserver-Analyse und die Vergleichbarkeit der daraus resultierenden Messergebnisse sein, die je nach vereinbartem Behandlungsalgorithmus umzusetzen sind, um die gezielte und programmierte Behandlung fibularer Kapselbandverletzungen zu ermöglichen. Derzeit werden hierzu von einer DEGUM-Expertenkommission Empfehlungen zur standardisierten Untersuchungstechnik erarbeitet.

Schlussfolgerung

Mit der Ultraschalldiagnostik steht bei fibularer Bandverletzung am Sprunggelenk ein unmittelbar einsetzbares diagnostisches Instrument zur Verfügung, welches ohne Strahlenbelastung und ohne invasive Technik, wie z.B. Injektion eines Lokalanästhetikums oder eines Kontrastmittels, für die weitere Prognose wichtige Befunde liefern kann. Dazu gehören als dringendes Zeichen für eine Kapselbandverletzung ein Hämarthros, Aussagen zur Kontinuität des Bands sowie vor allem zum Vorliegen und zum Ausmaß einer Instabilität. Diese Aussagen sind für die relevanten Kapselbandstrukturen in speziell darauf ausgerichteten Stabilitätstests unter Sicht am Monitor für den klinischen Untersu-

cher selbst durchführbar. Somit kann die vorliegende Verletzung hinsichtlich Art (welches Band ist betroffen?) und Ausmaß der Instabilität primär ausdiagnostiziert werden und der bestmöglichen Behandlung zugeführt werden. 

Interessenkonflikt: Der Autor erklärt, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors bestehen.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Hartmut Gaulrapp
Orthopädie, Kinder-Orthopädie,
Sportmedizin
Leopoldstraße 25
80802 München
gaulrapp.dr@gmx.net

Literatur

1. Gremeaux V, Coudreuse JM, Collado Het al. Comparative study of clinical and ultrasonographic evaluation of lateral ligament sprains of the ankle. *J Sport Med Phys Fitness* 2009; 4: 285–192
2. 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
3. Hien NM. OSG – Instabilität. In: Gaulrapp H, Szeimies U (Hrsg). *Diagnostik der Gelenke und Weichteile. Sonographie oder MRT*. München: Elsevier Verlag, 195–194, 2008
4. Lang J. (Hrsg.). *Lanz, Wachsmuth. Praktische Anatomie: Bein und Statik*. Berlin: Springer Verlag, 2003
5. Guyot J, Vannson JL, Elson RA. *Atlas of human limb joints*. Paris: Springer Verlag, 1981
6. Gaulrapp H. Kapselbandläsionen. In: Gaulrapp H, Szeimies U (Hrsg). *Diagnostik der Gelenke und Weichteile. Sonographie oder MRT*. München: Elsevier Verlag, 191–194, 2008
7. Richter M. Aktualisierte Leitlinien Fuß und Sprunggelenk. *Revised guidelines for foot and ankle surgery*. *Fuß & Sprunggelenk* 2010; 8: 268–287
8. Schueller-Weidekamm C, Miltner O, Fuhrmann R, Grim C, Züst P, Glase C. Sprunggelenkinstabilität. *Bildgebende Diagnostik. GOTS-Expertenmeeting: Sprunggelenksinstabilität*. München: Elsevier Verlag, 23–38, 2012
9. Schrickler T, Hien NM, Wirth CJ. Klinische Ergebnisse sonographischer Funktionsuntersuchungen der Kapselbandläsionen am Knie- und Sprunggelenk. *Ultraschall* 1987; 8: 27–31
10. Glaser F, Friendl W, Welk E. Die Wertigkeit des Ultraschalls in der Diagnostik von Kapselbandverletzungen des oberen Sprunggelenks. *Unfallchirurg* 1989; 92: 540–546
11. 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
12. 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
13. 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
14. Striepling E, Behrens P, Doniec JM, Havemann D. Die sonographische Beurteilbarkeit des oberen Sprunggelenkes bei Supinationstraumen. *Akt Traumat* 1991; 21: 194–196
15. 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
16. Friedrich JM, Scharnowski P, Rübenacker S, Wallner B. Ultrasonography of capsular morphology in normal and traumatic ankle joints. *J Clin Ultrasound* 1993; 21: 179–187
17. 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
18. 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
19. 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
20. Brasseur JL, Tardieu M. Accurate using of imaging in ankle sprain. *JBR-BTR* 1999; 82: 63–68
21. Oae K, Takao M, Uchio Y, Ochi M. Evaluation of anterior talofibular ligament injury with stress radiography, ultrasonography and MR imaging. *Skeletal Radiol* 2010; 39: 41–47
22. Hua Y, Yang Y, Chen S, Cai Y. Ultrasound examination for the diagnosis of chronic anterior talofibular ligament injury. *Acta Radiol* 2012; 53: 1142–1145
23. Guillodo Y, Varache S, Sarau A. Value of ultrasonography for detecting ligament damage in athletes with chronic ankle instability compared to computed arthrotomography. *Foot Ankle Spec* 2010; 3: 331–334
24. 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
25. Hsu CC, Tsai WC, Chen CP, Chen MJ, Tang SF, Shih L. Ultrasonographic examination for inversion ankle sprains associated with osseous injuries. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85: 785–792
26. Simanovsky N, Hiller N, Leibner E, Simanovsky N. Sonographic detection of radiographically occult fractures in paediatric ankle injuries. *Pediatr Radiol* 2005; 35: 1062–1065
27. Hien NM. Ein praxisnahes, effektives Behandlungskonzept bei Kapselbandverletzungen des oberen Sprunggelenkes und Mittelfußes aufgrund sonographischer Differenzierung. *Orth. Praxis* 2002; 38: 489–494
28. Mei-Dan O, Kots E, Barchilon V, Massarwe S, Nyska M, Mann G. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotric injury in professional athletes: a preliminary study. *Am J Sports Med* 2009; 37: 1009–1016
29. Mei-Dan O, Carmont M, Laver L et al. Standardization of the functional syndesmosis widening by dynamic US examination. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2013; 2: 9