

Z. Merhemic<sup>1,2</sup> · M. Breitensteher<sup>1</sup> · S. Trattnig<sup>1</sup> · B. Happel<sup>1</sup> · C. Kukla<sup>3</sup> · T. Rand<sup>1</sup> · H. Imhof<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Osteologie und Einrichtung S UOG Magnetic Resonanz, Universitätsklinik für Radiodiagnostik, AKH Wien

<sup>2</sup> Institute of Radiology, Clinical Center, University of Sarajevo

<sup>3</sup> Universitätsklinik für Unfallchirurgie, Wien

# MRT des Sprunggelenks

## Vergleich eines Ganzkörper-Mittelfeldgeräts (1,0 T) mit einem dedizierten Niederfeldgerät (0,2 T)

### Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war ein Vergleich verschiedener Feldstärken in der Kernspintomographie bei Sprunggelenksverletzungen.

**Methode:** Zehn Patienten mit frischen Sprunggelenksverletzungen wurden mittels Ganzkörper-Mittelfeldgerät (1,0 T) und dediziertem Niederfeldgerät (0,2 T) untersucht. Befunde von Bandverletzungen, Sinus-tarsi-, Knochen- und Weichteilverletzungen wurden verglichen.

**Ergebnisse:** Es fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Mittel- und Niederfeldgerät im Nachweis von Bandverletzungen ( $\chi^2=0,0395$ ), Sinus-tarsi- und Knochenverletzungen ( $\chi^2=0,0407$ ) [ $\chi^2$  Test, Signifikanzniveau  $p=0,05$ , Kritische Wert=5,991].

**Schlußfolgerung:** Diese Studie zeigte eine gute Übereinstimmung im Nachweis von Sprunggelenksverletzungen von Mittel- und Niederfeldgerät in der Kernspintomographie.

### Schlüsselwörter

Sprunggelenksverletzungen ·  
Sprunggelenk-Kernspintomographie ·  
Niederfeld-MR-System

**S**prunggelenksverletzungen machen ungefähr 10% der Verletzungen auf Unfallstationen aus [8]. Die Mehrzahl dieser Verletzungen betreffen den lateralen Bandapparat [6, 9]. Besonders häufig sind diese Sprunggelenksverletzungen beim jungen, aktiven Menschen [10].

Auch wenn die Magnetresonanztomographie bei Sprunggelenksverletzungen nicht oder noch nicht routinemäßig eingesetzt wird, hat sie sich generell als eine wichtige bildgebende Methode in der Untersuchung des Muskelskelettsystems etabliert. Sie erlaubt die direkte Darstellung der Gelenkbänder, der Sehnen, des Knochens selbst zwar mit Einschränkungen aber dafür um so besser die Darstellung des Knochenmarks, des Gelenkknorpels und der Synovia mit den angrenzenden Weichteilstrukturen sowie deren Verletzungen.

Unter anderem beschränken die hohen Kosten von Ganzkörper MR-Geräten eine noch umfassendere Indikationsstellung. Magnetomographen mit geringer Feldstärke wurden daher auch eingeführt, weil sie von der Anschaffung kostengünstiger sind [11, 14, 16]. Das Sprunggelenk war Ausgangspunkt für eine Anzahl von MR-Studien mit unterschiedlichen Systemen und Feldstärken, ohne daß ein direkter Vergleich durchgeführt wurde.

Die Absicht dieser Vergleichsstudie war es, die MRT mit verschiedenen Feldstärken anhand von Sprunggelenksverletzungen direkt zu vergleichen, nämlich ein für periphere Gelenkuntersuchung speziell entwickeltes dedi-

ziertes MR-System mit niedriger Feldstärke (0,2 T) und ein Ganzkörper MR-Gerät mit mittlerer Feldstärke (1,0 T).

### Material und Methode

#### Patienten

Im Laufe des Jahres 1996 wurden zehn Patienten untersucht, 4 Frauen und 6 Männer, mit einem Durchschnittsalter von 28,8 Jahren (11–58 Jahre). Diese Patienten hatten zum ersten Mal eine frische Verletzung des Sprunggelenks. Die MRT wurde nach einer primären klinischen Untersuchung, einer Röntgenuntersuchung in zwei Ebenen zum Frakturausschluß und einer gehaltenen Röntgenaufnahme, durchgeführt. Innerhalb der ersten sieben Tage nach der Verletzung erfolgten die MR-Untersuchungen in unmittelbarer Aufeinanderfolge am selben Tag.

#### MR-Tomographie 0,2 Tesla

Die MR-Tomographie wurde mit dem Athroscan (Esaote Biomedica, Italien) durchgeführt, einem auf geringer Feldstärke arbeitenden System, das aus einem 0,18 Tesla Ferropermanent-Magneten besteht und speziell für die Untersuchung von peripheren Gelenken entwickelt wurde. In dieses System ist ein Faraday-Käfig integriert, womit die Notwendigkeit einer äußeren Abschir-

Dr. Z. Merhemic  
Universitätsklinik für Radiodiagnostik, AKH Wien,  
Währinger Gürtel 18–20, A-1090 Wien

## MRI of the ankle: comparison of 0.2-T and 1.0-T units

### Summary

**Purpose:** Comparison of ankle joint injuries with different MR systems and at different field strengths.

**Method:** Ten patients with acute ankle injuries were examined using mid-field (1.0 T) and dedicated low-field (0.2 T) MR units.

Findings of ligamentous injury, sinus tarsi involvement, bone injury, and tendon injury were correlated.

**Results:** There was no significant difference between mid- and low-field MR imaging for ligamentous injuries ( $\chi^2=0.0395$ ), sinus tarsi changes bone injuries ( $\chi^2=0.0507$ ; critical value=5,991).

**Conclusion:** This study showed good agreement in pathological findings in ankle injury on mid-field and low-field MR imaging.

### Key words

Ankle injuries · Ankle · Magnetic resonance (MR) · Comparative studies

## Sprunggelenk

Tabelle 1  
Die Verletzungen der lateralen Sprunggelenksbänder mit 0,2 T und 1,0 Tesla

	0,2-T-MRT			1,0-T-MRT		
	Normal	Einriß	Riß	Normal	Einriß	Riß
TaFA	3	2	5	3	1	6
TaFP	6	4	0	5	5	0
CF	2	6	2	2	6	2

TaFA, Lig. talofibulare anterius  
TaFP, Lig. talofibulare posterius  
CF, Lig. calcaneofibulare

mung entfällt. Bei der Untersuchung des Sprunggelenks sitzt der Patient vor dem Gerät und das Sprunggelenk wird mit plantarflektiertem Fuß in der Knie-spule positioniert. Die Spule ist im Magneten zentriert. Das andere Bein ist abduziert und in einer Fußliege seitlich des Magneten plaziert.

Folgende Sequenzen wurde benutzt: Axiale, paraaxiale und koronale T1-gewichtete SE-Sequenzen mit TR/TE 500–780/16–24 ms; Axiale und paraaxiale T2-gewichtete Turbo-SE-Aufnahmen mit TR/TE 2400–3800/80 ms, mit einer Bildmatrix von 192×160, einem „field of view“ (FOV) von 160 mm, Schichtdicke 3 mm; Koronale STIR (Short-time-inversion-recovery)-Sequenzen mit TR/TE/TI 1380–2200/30/85 ms; Matrix 192×160; FOV 180 mm, Schichtdicke 5 mm. Für jede Untersuchung waren unfähr 45 min erforderlich.

### MR-Tomographie 1,0 Tesla

Die MR-Untersuchung wurde auf einem 1,0 Tesla supraleitendem MR-Gerät durchgeführt (Gyrosan T10 NT; Philips, Eindhoven, Niederlande). Verwendung fand eine cp Kopfspule, in der der Fuß in geringfügiger Dorsalflexion positioniert wurde. Folgende Sequenzen wurde benutzt: Axiale und koronale T1-gewichtete SE-Sequenzen mit TR/ TE 550/20 ms; axiale T2-gewichtete Turbo-SE-Aufnahmen mit TR/TE 3500/120 ms sowie koronale Short-time-inversion-recovery-(STIR-)Sequenzen mit TR/TE/TI 1500/13/130 ms, Matrix 256×256, FOV180 mm, Schichtdicke 3 mm. Nach Umlagerung auf eine Fußposition mit 45 Grad Plantarflexion wurde neuerlich eine axiale T1-gewichtete SE-Sequenzen und axiale

T2-gewichtete Turbo-SE-Aufnahmen durchgeführt. Die Untersuchungszeit betrug ungefähr 20 min pro Studie.

### Auszuwertende Strukturen

Die MRT-Untersuchungen wurden von 2 Radiologen auf Konsensusbasis ohne Kenntnis des klinischen – oder Röntgenbefundes beurteilt. Die Bewertung wurde auf Basis eines Auswertebogens durchgeführt. Nach diesem erfolgte die Unterteilung einer Bandverletzung in normales unverletztes Band, teilweise gerissen und vollständig gerissenes Band. Ein teilweise gerissenes Band war durch erhöhte Signalintensität innerhalb des Bandes, eine unregelmäßige Bandkontur sowie einer Verdickung oder Verdünnung des Bandes definiert. Ein kompletter Riß war durch das zusätzliche Zeichen einer kompletten Konturunterbrechung und Einlagerung von Flüssigkeit definiert. Beurteilt wurden das Lig. talofibulare anterius und das Lig. talofibulare posterius und das Lig. calcaneofibulare. Weiters wurde die Beurteilung des Sinus tarsi in zwei Gruppen geteilt, nämlich unverletzt und verletzt, wobei Zeichen einer Sinus-tarsi-Verletzung Signalveränderung des Sinus-tarsi-Fettkörpers, ein partieller oder kompletter Riß der Sinus-tarsi-Bänder waren. Zusätzlich wurde das Vorhandensein von radiologisch okkulten Knochenverletzungen gewertet, wobei hier keine weitere Unterteilung erfolgte.

### Statistische Analysen

Für die statistische Analyse verwendeten wir  $\chi^2$ -Tests, auf Ebene der Signifikanz  $p=0,05$ , mit einem kritischen Wert

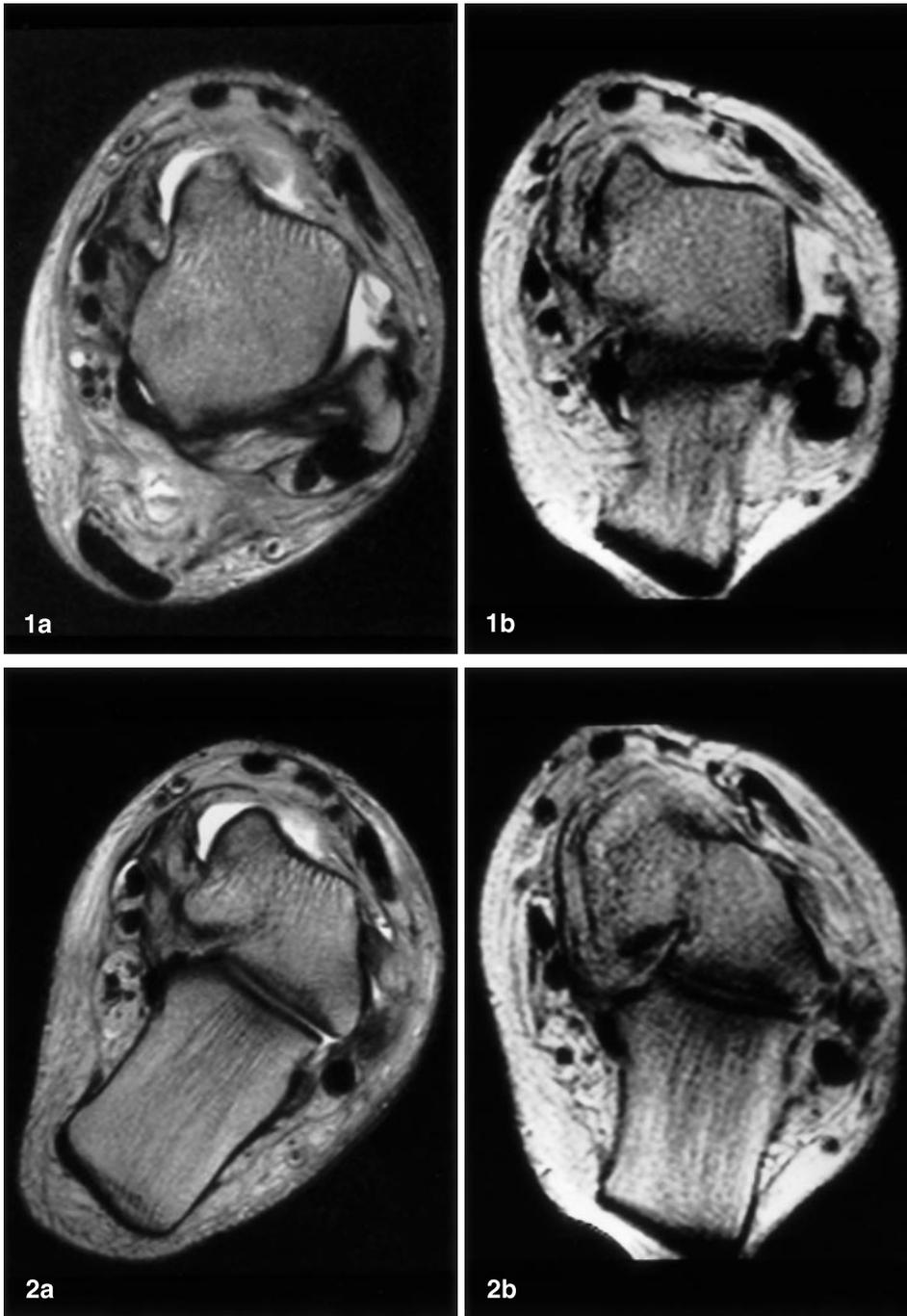


Abb. 1a,b ◀ Axiale T2-gewichtete SE zeigt eine komplette Ruptur des Lig. talofibulare anterius. Die komplette Konturunterbrechung und Bandreste sind durch umgebende signalreiche Flüssigkeit erkennbar. a 1,0-T-MRT; b 0,2-T-MRT

Abb. 2a,b ◀ Axiale T2-gewichtete SE zeigt eine komplette Ruptur des Lig. calcaneofibulare. a 1,0-T-MRT; b 0,2-T-MRT

von 5,991. MRT-Befunde mit 1,0 Tesla dienten als Goldstandard.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Befunde der Sprunggelenksverletzungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Mit dem Gerät mittlerer Feldstärke wurden 6 vollständige Risse des Lig. talofibulare anterius entdeckt, kein vollständiger Riß des Lig. talofibulare posterius und 2 vollständige Risse des Lig. calcaneofibulare. Ein Ein-

riß des Lig. talofibulare anterius fünf des Lig. talofibulare posterius und sechs des Lig. calcaneofibulare wurden gefunden. Normalbefunde gab es drei für das Lig. tibiofibulare anterius, fünf für das Lig. tibiofibulare posterius und zwei für das Lig. calcaneofibulare.

Die MRT mit niedriger Feldstärke enthüllte 5 völlige Risse des Lig. talofibulare anterius, keinen des Lig. talofibulare posterius und zwei des Lig. calcaneofibulare. Teilrisse fanden sich in 2 Fällen des Lig. talofibulare anterius, vier Lig.

talofibulare posterius und sechs Lig. calcaneofibulare. Normal waren dreimal das Lig. talofibulare anterius, sechsmal das Lig. talofibulare posterius und zweimal das Lig. calcaneofibulare.

Mit dem  $\chi^2$ -Test fanden sich hinsichtlich der Graduierung der Bandverletzung keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den MRT-Befunden mit niedriger und mit mittlerer Feldstärke ( $\chi^2=0,0395$ ).

Pathologische Befunde gab es mit 1,0 Tesla bei 5 Patienten im Sinus tarsi

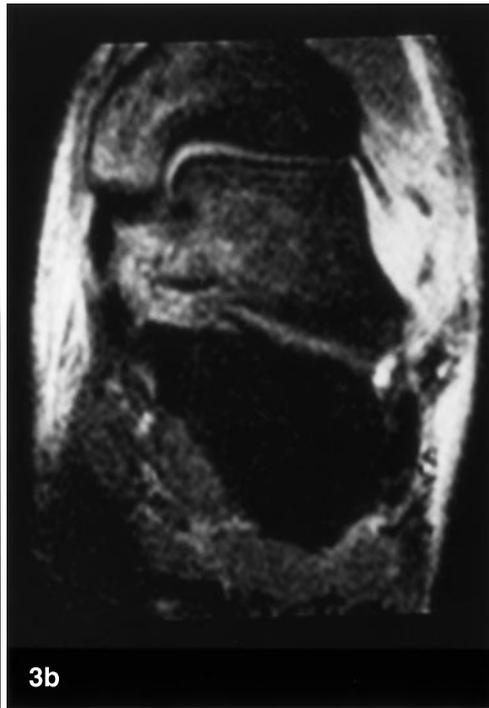
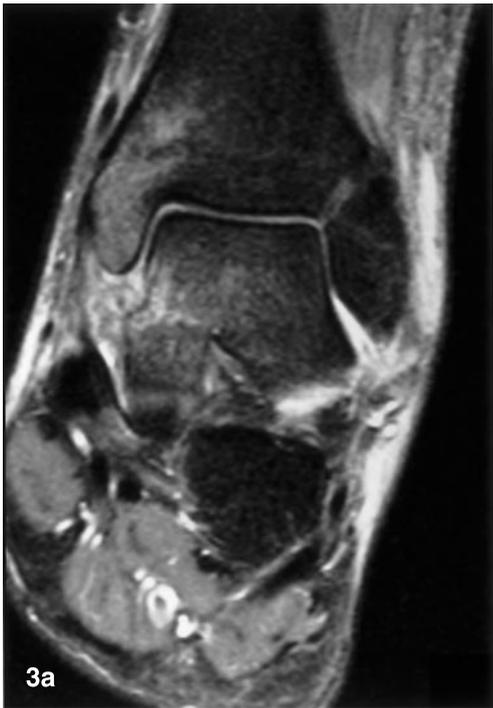


Abb. 3a,b ◀ **Koronale STIR-Sequenz zeigt eine Mikrofraktur im Malleolus mediale der Tibia und im Talus.** a 1,0-T-MRT; b 0,2-T-MRT

Abb. 4a,b ◀ **Koronale T1-gewichtete SE zeigt eine normale Anatomie des Sinus tarsi.** a 1,0-T-MRT; b 0,2-T-MR

und bei 4 Patienten in den knöchernen Strukturen. Mit 0,2 Tesla wurden pathologische Befunde bei 4 Patienten im Sinus tarsi festgestellt und bei 4 Patienten in den Knochenstrukturen ( $\chi^2=0,0407$ ). Sensitivität und Spezifität des 0,2-T-Geräts war 93/88% für das Lig. talofibulare anterius, 92/100% für das Lig. talofibulare posterius, und 100/100% für das Lig. calcaneofibulare.

## Diskussion

### MRT-Nachweis von Verletzungen der Sprunggelenksbänder

Die MRT verspricht eine hohe Aussagekraft um das Ausmaß von Verletzungen der lateralen Sprunggelenksbänder anzugeben. Mesgarzadeh et al. [16] zeigten, daß Verletzungen des Sprunggelenks mit beträchtlichen Gelenkshäma-

tomen einhergehen, die der MRT innerhalb des Gelenks als „Kontrastmittel“ dienen und damit in der Diagnose von Bandverletzungen hilfreich sind. In den T2-gewichteten Bildern verbessert das verstärkte Signal der Gelenkflüssigkeit und der Weichteilödeme die Darstellung von partiellen oder völligen Bandrissen.

Gemäß Mesgarzadeh et al. [16] ist das Lig. calcaneofibulare jenes, das we-

gen seiner schrägen Orientierung am schwierigsten zu untersuchen ist. Direkte Bandverletzungszeichen sind auch hier Unterbrechung oder Splitterung des Bandes oder indirekte Zeichen, von Karlsson et al. [10] beschrieben, wellige Bandkontur umgeben von Ödem der Weichteile, Ödem und Flüssigkeit innerhalb der Sehnenscheide der Musculi peroneus longus und brevis.

Noto et al. [17] zeigten, daß die Inhomogenität bzw. streifige Struktur des Lig. talofibulare posterius eine normale anatomische Erscheinung ist, verursacht durch das Einlagern von Fettgewebsslamellen zwischen die Bandanteile, die eine inhomogene Erscheinung verursachen. Chandnani et al. [6] berichteten, daß die MRT eine Sensitivität für Risse des Lig. talofibulare anterius und des Lig. calcaneofibulare bei Patienten mit chronischer Sprunggelenksinstabilität geringer ist bei akuten Bandverletzungen. Vom prinzipiellen Signal- und Kontrastverhalten frisch verletzter Bandstrukturen ist daher auch eine gute Beurteilbarkeit der im Vergleich zum Kniegelenk kleineren Bändern mit der MRT zu erwarten.

Ein spezielle Voraussetzung zur MR-Banddiagnostik des Sprunggelenks liegt in der Anatomie der Sprunggelenksbänder und der damit verbundenen Einstelltechnik. Mesgarzadah et al. [16] untersuchten die Einstelltechnik in der MRT und zeigten auf, daß die lange Achse eines Bandes parallel zur Bildebene liegen muß, um eine Darstellung eines Bandes in voller Länge zu ermöglichen. Beltram et al. [1] identifizierten an 13 Sprunggelenken in 100% das Lig. talofibulare anterius. Dieses konnte aufgrund der horizontalen Orientierung am besten auf axialen MR-Bildern gesehen werden.

Verhagen et al. stellten fest [23], daß das Lig. calcaneofibulare unmöglich in den Hauptebene in einer optimalen Weise sichtbar gemacht werden kann. Kier als auch Schneck et al. [12, 20] beschrieben die genaue Anatomie des Lig. calcaneofibulare. Mit der axialen Bildebene und mit dem Fuß in voller Plantarflexion (40–50°) konnte das Lig. calcaneofibulare in seiner voller Länge dargestellt werden. In unserer Studie wurden diese Einstelltechniken und Fußpositionierungen entsprechend berücksichtigt.

Unter diesen Voraussetzungen ist es interessant bis zu welcher Feldstärke

eine mittelgroße Bandstruktur wie die des Sprunggelenks ausreichend mit der MRT beurteilt werden können. Die bisherigen Studien zu diesen Thema lassen bereits sehr unterschiedliche technische Voraussetzungen hinsichtlich der Feldstärke erkennen.

Verhagen et al. [23] verwendeten ein 1,5-T-Gerät und berichteten, daß die MRT in der Lage ist Bandverletzungen aufzuzeigen. Bei der chirurgischen Korrelation hat sich gezeigt, daß die MRT eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 50% hat betreffend das Lig. tibiofibulare anterius und 90% Sensitivität und 100% Spezifität für das Lig. calcaneofibulare. Rijke et al. [19] verwendeten ein 1,0-T-Gerät ( $n=15$ ) zum Nachweis lateraler Bandverletzungen am Sprunggelenk und verglichen sie mit der lateralen Streßradiographie.

Schneck et al. [21] verwendeten ein 0,3-T-Gerät ( $n=13$ ) und zeigten, daß die MRT mit niedriger Feldstärke eine äußerst gute Technik zur Darstellung von Lokalisation und Graduierung lateraler Bandverletzungen des Sprunggelenks ist. Das trifft sowohl bei akuten Traumen als auch bei chronischer Instabilität des Sprunggelenks zu. Breitenseher et al. [3] verwendeten ein 0,5-T-Gerät und demonstrierten eine Sensitivität für die Aufdeckung von Rissen im lateralen Sprunggelenksbänder von 75%. Die Zahl der Patienten mit chirurgischer Korrelation war 15. Sensitivität/Spezifität für das Lig. tibiofibulare anterius war 92/100%; für das Lig. calcaneofibulare 58,3/100% und für das talofibulare posterius 0/100%.

Diese Studien zeigen bereits ähnliche Ergebnisse bei unterschiedlichen Feldstärken. Auch in unserer Studie konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen 0,2 Tesla auf einen dedizierten System und 1,0 Tesla auf einem Ganzkörpersystem nachgewiesen werden, um das Verletzungsmaß lateraler Bandverletzungen am Sprunggelenk zu beurteilen.

Einschränkend für die eigene Untersuchung ist zu nennen, daß das hinsichtlich der Felstärke stärkere Gerät als Goldstandard angenommen wurde und keine chirurgische Korrelation möglich war. Eine weitere Limitation betrifft die nur sehr kleine Untersuchungsserie von 10 Patienten. Dennoch ist der Trend erkennbar, daß zu Beurteilung mittelgroßer Bandstrukturen in der akuten Ver-

letzungsphase Niederfeldgeräte ähnliche Ergebnisse bringen wie Mittelfeldgeräte.

### MRT bei Sinus-tarsi-Syndromen

Klein et al. [13] berichten, daß die MRT als einzige Diagnostikum für das Sinus-tarsi-Syndrom eingesetzt werden kann. Von ungefähr 220 Fällen mit Sinus-tarsi-Syndrom, von denen in der Literatur berichtet wird, wurden 70% durch Inversionverletzung des Knöchels verursacht. Folglich dürfte es eine große Assoziation von chronischen Sinus-tarsi-Verletzungen mit Rissen der lateralen Sprunggelenksbänder geben.

Breitenseher et al. [4] verwendeten ein 0,5-T-MR-Gerät und berichteten, daß traumatische Verletzungen der Sinus-tarsi-Ligamente nur in Fällen mit abnormen Sinus-tarsi-Fettgewebe gefunden wurden und in allen Fällen die Sinus-tarsi-Abnormalitäten verbunden waren mit Verletzungen des lateralen Lig. collaterale.

Beltram et al. [2] beschrieben die Zeichen des Sinus-tarsi-Syndroms in der MRT, nämlich das Ersetzen der normalen Fettsignalintensität innerhalb des Sinus tarsi durch niedrige Signalintensität auf T<sub>1</sub>-gewichteten und hoher Signalintensität auf T<sub>2</sub>-gewichteten Bildern, in einer frischen Verletzungsphase Ödem oder Blut, in der chronischen Verlaufsform Granulationsgewebe oder synovialer Proliferation entsprechend. Die Sinus-tarsi-Bänder, das Lig. talocalcaneum interosseum und das „cervical ligament“, sind in der frischen Verletzungsphase deutlich besser hinsichtlich ihres Verletzungsmaßes zu beurteilen als im chronischen Verlauf.

Unsere Studie zeigte gute Übereinstimmung zwischen mittlerer und niedriger Feldstärke für Befunde im Sinus tarsi, wobei hier zusätzlich zu den oben angeführten Einschränkungen anzumerken ist, daß nur zwischen normalem und verändertem Sinus tarsi unterschieden wurde ohne auf weitere Unterscheidung der Sinus-tarsi-Veränderungen einzugehen, wie Graduierung der Sinus-tarsi-Bandverletzungen.

### MRT von intraossäre Fraktur

Yao et al. [22] beschrieben die Nachweisbarkeit von trabekulären Mikrofrakturen bei Knieverletzungen. Lynch

et al. [15] beschrieben MR-Erscheinungsbilder von intraossären Frakturen, die mit dem Röntgen nicht auszumachen waren, als netzförmig, inhomogen, mit niedriger Signalintensität auf T1-gewichteter und hoher Signalintensität bei T2-gewichteter MR Sequenzen. Mit der MRT gelingt es weiterhin bei solchen radiologisch okkulten Frakturen, Frakturdetails wie trabekuläre und kortikale Frakturlinie anzugeben und auch das Frakturausmaß bezogen auf den Knochenquerschnitt oder Knorpelbeteiligung anzugeben.

In unsere Studie wurden Mikrofraktur bei 4 Patienten sowohl bei MRT mit mittlerer Feldstärke als auch bei MRT mit niedriger Feldstärke nachgewiesen. Diese wurden jedoch auf beiden Systemen auf Grund des „Knochenmarködems“ entdeckt, wofür keine besondere Ortsauflösung notwendig ist. Geht es jedoch um Frakturdetails, wie trabekuläre oder kortikale Frakturlinie, die eine gute Ortsauflösung verlangen, so haben Breitenseher und Mitarbeiter nachgewiesen, daß in diesem Punkt ein dediziertes System mit 0,2 Tesla einem 1,0-Tesla-System unterlegen ist.

### Kosteneffizienz, Vergleich 0,2-T-/1,0-T-MRT

Der anfänglich euphorischen Argumentation der günstigen Kosteneffizienz für ein dediziertes Niederteslasystem folgte eine kritische und ausgewogene Betrachtungsweise [11, 14, 18]. Den im Vergleich günstigeren Anschaffungskosten stehen deutlich längere Untersuchungszeiten, damit auch höher Personalkosten pro Untersuchung gegenüber. Bei Indikationen oder Zusatzinformationen wo eine hohe Ortsauflösung notwendig ist, wie z.B. Knorpeldiagnostik, Nachweis von Frakturdetails, wird die Abklärung durch eine zweite MR-Untersuchung auf einem Mittelfeldgerät verteuert. Weiters ist durch ein sehr spezielles Indikationsspektrum die Auslastung eines dedizierten Gerätes gegenüber einem Ganzkörpergerät immer sehr fraglich. Selbst innerhalb der Muskelskelett Indikationspalette beste-

hen viele Kontraindikationen wie fehlende Untersuchungsmöglichkeit für Hüft- und Schultergelenke, bei Bewegungseinschränkungen der Hüftgelenke, da die zweite Extremität nicht abduziert werden kann, Kindern oder sehr kleinen oder sehr dicken Erwachsenen, da das zu untersuchende Gelenk nicht positioniert werden kann, usw. Bei akuten schmerzhaften Erkrankungen wirkt sich weiters die lange Untersuchungsdauer negativ auf das Schmerzempfinden aus. Neben diesen Nachteilen ist auch ein Vorteil des dedizierten Niederteslasystems zu vermerken, nämlich daß klaustrophobische Patienten untersucht werden können, wenn auch bei diesen Gerät einzelne Klaustrophobien registriert wurden, und daß Schrittmacherträger einer MR-Diagnostik zugänglich sind.

## Literatur

- Beltram J, Munchow AM, Khabiri H, Magee DG, McGhee RB, Grossman SB (1990) **Ligaments of the lateral aspect of the ankle and sinus tarsi: an MRI study.** Radiology: 177:455–458
- Beltram J (1994) **Sinus tarsi syndrome.** MRI Clin North Am 2:59–65
- Breitenseher MJ, Trattinig S, Kukla C, Gaebler C, Kaider A, Baldt MM, Haller J, Imhof H (1997) **MRI versus lateral stress radiography in acute lateral ankle ligament injuries.** J Comput Assist Tomogr 21:280–285
- Breitenseher MJ, Haller J, Kukla C, Gaebler C, Kaider A, Fleischmann D, Helbich T, Trattinig S (1997) **MRI of the sinus tarsi in acute ankle sprain injuries.** J Comp Assist Tomogr 21:274–279
- Breitenseher MJ, Trattinig S, Gäbler C, Happel B, Bankier A, Kukla C, Rand T, Imhof H (1997) **MRT bei radiologisch okkulten Kahnbeinfrakturen: Erste Erfahrungen von 1,0 Tesla (Ganzkörper-Mittelfeldgerät) versus 0,2 Tesla (dediziertes Niederfeldgerät).** Radiologe 37:812–818
- Chandnani VP, Harper MT, Ficke JR et al. (1994) **Chronic ankle instability: evaluation with MR arthrography, MR imaging and stress radiography.** Radiology 192:189–189
- Cox JS (1985) **Surgical and nonsurgical treatment of acute ankle sprains.** Clin Orthop 198:118–126
- De Lacey G, Bradbrooke S (1979) **Rationalizing requests for x-ray examination of acute ankle injuries.** Br Med J 1:1597–1598
- Dunlop MG, Beattie TF, White GK et al. (1986) **Guidelines for selective radiological assessment of inversion ankle injuries.** Br Med J 293:603–605
- Karlsson J, Lansinger O (1991) **Treatment for acute tears of the lateral ligaments of the ankle.** J Bone Joint Surg (Am) 73:305–312
- Kersting-Sommerhoff B, Hof N, Lenz M, Gerhardt P (1996) **MRI of peripheral joint with a low-field dedicated system: a reliable and cost-effective alternative to high-field units?** Eur Radiol 6:561–565
- Kier D, Dietz MJ, McCarthy SM, Rudicel SA (1991) **MR imaging of the normal ligaments and tendons of the ankle.** J Comput Assist Tomogr 15:477–482
- Klein MA, Spreitzer AM (1993) **MR imaging of the tarsal sinus and canal: normal anatomy, pathologic findings and features of the sinus tarsi syndrome.** Radiology 186:233–240
- Koster K (1995) **Letter the editor.** Eur J Radiol 20:156–158
- Lynch TCP, Crues III JV, Morgan FW, Sheehan WE, Harter LH, Ryn R (1989) **Bone abnormalities of the knee: prevalence and significance at MRI.** Radiology 171:761–766
- Mesgarzadeh M, Schneck CD, Tehranzadeh J, Chandnani VP, Bonakdarpour A (1994) **Magnetic resonance imaging of the ankle ligaments.** MRI Clin North Am 2:39–58
- Noto AM, Cheung Y, Rosenberg ZS et al. (1989) **MR imaging of the ankle: normal variation.** Radiology 170:121–124
- Perizel PM, Dijkstra HAJ, Geenen GPJ, Kint PAM, Versteyleen RJ, Wiechen PJ, De Schepper (1995) **Low-field versus high-field MRI of the knee: a comparison of signal behaviour and diagnostic performance.** Eur J Radiol 19:132–138
- Rijke AM, Goitz HT, McCue FC, Dee PM (1993) **MRI of injury to the lateral ankle ligaments.** Am J Sports Med 21:528–534
- Schneck CD, Mesgarzadeh M, Bonakdarpour A, Ross GJ (1992) **MRI of the most commonly injured ankle ligaments, part I. Normal anatomy.** Radiology 184:499–506
- Schneck CD, Mesgarzadeh M, Bonakdarpour A, Ross GJ (1992) **MRI of the most commonly injured ankle ligaments, part II. Ligament injuries.** Radiology 184:507–512
- Yao L, Lee JK (1988) **Occult intraosseous fracture: detection with MRI.** Radiology 167:749–751
- Verhaven EF, Shahabpour M, Handelberg FW, Vaes PH, Opdecam PJ (1991) **The accuracy of three-dimensional magnetic resonance imaging in the diagnosis of ruptures of the lateral ligaments of the ankle.** Am J Sports Med 19:583–587
- Walpore RE, Myers RH (1989) **Probability and statistics for engineers and scientist.** Macmillan, New York