



Online verfügbar unter www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Fuß &
Sprunggelenk

www.elsevier.com/locate/fuspru

Review zum Themenschwerpunkt

Die Diagnose der instabilen Syndesmosenverletzung – eine Herausforderung

Diagnosis of unstable syndemotic injuries – A challenge

Sebastian F. Baumbach*, Fabian T. Spindler, Hans Polzer

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), LMU Klinikum München, München, Deutschland

Received 19 January 2024; accepted 31 May 2024
Available online 28 June 2024



SCHLÜSSELWÖRTER:

Syndesmose;
MRT;
Außenrotationstest
unter Dorsalflexion;
Diagnostik

KEYWORDS:

Syndesmosis;
MRI;
External Rotation
Stress Test;
Diagnostics

Zusammenfassung

Syndesmosenverletzungen können isoliert oder in Kombination mit Sprunggelenksfrakturen auftreten. Traditionell werden diese in stabile, latent-instabile und instabile Verletzungen untergliedert. Bis dato fehlen einheitliche Diagnosealgorithmen und Klassifikationen.

Im Rahmen dieser Übersichtsarbeit stellen die Autoren die aktuell vorhandene Literatur zu Diagnose und Klassifikation von isolierten, akuten Syndesmosenverletzungen vor. Basierend auf dieser Datengrundlage wird ein „best-evidence“ Diagnose- und Klassifikationsalgorithmus vorgestellt.

Die Diagnose sollte schrittweise erfolgen und die strukturierte klinische Untersuchung, eine MRT-Bildgebung sowie ggf. dynamische bildgebende Untersuchung umfassen. Die Klassifikation sollte anatomisch, entsprechend der rupturierten Bandanteile erfolgen. Verletzungen des Deltaband-Komplexes sollten separat klassifiziert werden.

Abstract

Injuries to the syndesmotoc complex can occur isolated or in combination with ankle fractures. Traditionally, syndesmotoc injuries are classified into stable, latent-instable and unstable injuries. To date, there is a lack of standardized diagnostic algorithms and classification.

In this review, the authors present the current literature on the diagnosis and classification of isolated, acute syndesmosis injuries. Based on this data, a best-evidence diagnostic and classification algorithm is presented.

E-mail: sebastian.baumbach@med.uni-muenchen.de (S.F. Baumbach).

* Korrespondierender Autor: Dr. Sebastian F. Baumbach. Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), LMU Klinikum München, Ziemssenstraße 5, 80336 München, Deutschland.

The diagnostics should be conducted stepwise and include a structured clinical examination, MRI imaging, and, if necessary, dynamic imaging. The classification should be anatomical, according to the ruptured ligaments of the syndesmotic complex. Injuries to the deltoid complex should be classified separately.

Einleitung

Isolierte Verletzungen der Syndesmose treten durchschnittlich in 1–17% aller Sprunggelenksdistorsionen [1,2] und in bis zu 30% bei High-Impact-Sportarten [3] auf. Bei Sprunggelenksfrakturen zeigt sich in bis zu 23% eine instabile Verletzungen der Syndesmose [4]. Eine Vielzahl an Verletzungsmechanismen kann, meist kombiniert, zu einer Syndesmosenverletzung führen. Der weitaus gängigste Verletzungsmechanismus ist die Außenrotation und Hyperdorsalflexion. Dabei kommt es zu einer Aufsprengung der Sprunggelenkgabel mit Ruptur der Syndesmose. Die Ruptur der Syndesmose führt wiederum zu einer Instabilität im distalen tibio-fibular Gelenk (DTFG) [5].

Rupturen der Syndesmose werden üblicherweise in stabile, latent-instabile und instabile Verletzungen eingeteilt. Unbehandelt, führen (latent-) instabile Syndesmosenverletzungen zur chronischen Instabilität, verbunden mit schlechteren funktionellen Ergebnissen und posttraumatischer Arthrose [6,7]. Allerdings stellt uns die Diagnose der (latent-)instabilen Syndesmosenverletzungen immer noch vor eine Herausforderung.

Im Rahmen dieser Übersichtsarbeit soll die vorhandene Evidenz zur Diagnose und Klassifikation von Syndesmosenverletzungen zusammengefasst werden.

Anatomie

Bei der Syndesmose handelt es sich formell um einen fünf-teiligen Bandkomplex, der das DTFG

stabilisiert. Die drei führenden Bandanteile sind das Ligamentum tibiofibulare anterius (AiTFL), das interossäre Ligament (IOL) inklusive der distalen Anteile der Membrana interossea und das Ligamentum tibiofibulare posterius (PiTFL) inklusive des Ligamentum tibiofibulare transversale (Abbildung 1) [8]. Entsprechend bildet dieser Bandkomplex eine drei-Punkt Aufhängung der Fibula an der Tibia und stabilisiert so die knöcherne Sprunggelenkgabel.

Verletzungen der Syndesmose

Syndesmosenverletzungen werden in stabile, latent-instabile und instabile Verletzungen unterteilt. Die isolierte Ruptur des AiTFL (Einband-Verletzung) führt zu einer gering erhöhten anterior – posterior (ap) Translation des Wadenbeins und wird von den meisten Autor:innen als eine stabile Verletzung gewertet. Einer Ruptur des AiTFL und IOL (Zweiband-Verletzung) resultiert, neben der ap-Translation, in einer rotatorischen Instabilität der Fibula. Die daraus resultierende dynamische Instabilität führt zu signifikanten Veränderungen der tibio-talaren Kontaktfläche und des Kontaktdruckes [9]. Diese latente Instabilität stellt daher, zumindest bei körperlich aktiven Patient:innen, eine Operationsindikation dar. Die Ruptur aller drei Bandanteile (Dreiband-Verletzung) stellt eine vollständig instabile Verletzung des syndesmalen Komplexes dar und ist damit eine OP-Indikation bei allen Patient:innen [10]. Unbehandelt resultiert die syndesmale Instabilität in einer chronischen Instabilität, schlechten subjektiven Handlungs-

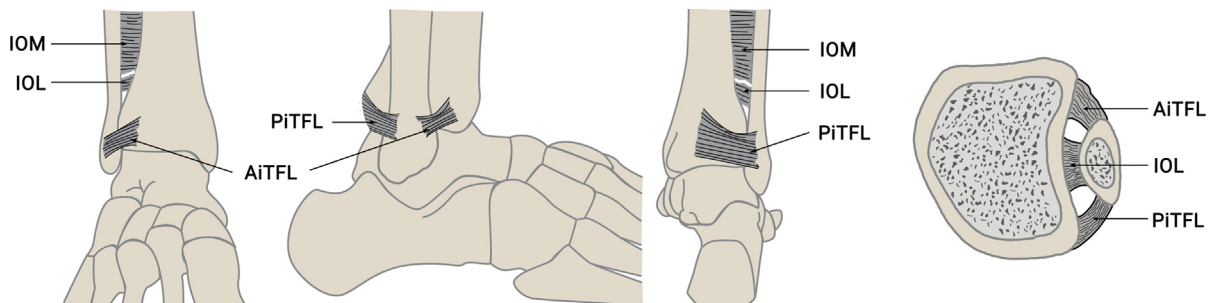


Abbildung 1. Schematische Darstellung des syndesmalen Komplexes von vorne, von der Seite, von hinten und axial. AiTFL: Ligamentum tibiofibulare anterius; IOL: Interossäres Ligament; PiTFL: Ligamentum tibiofibulare posterius; IOM: Interossäre Membran.

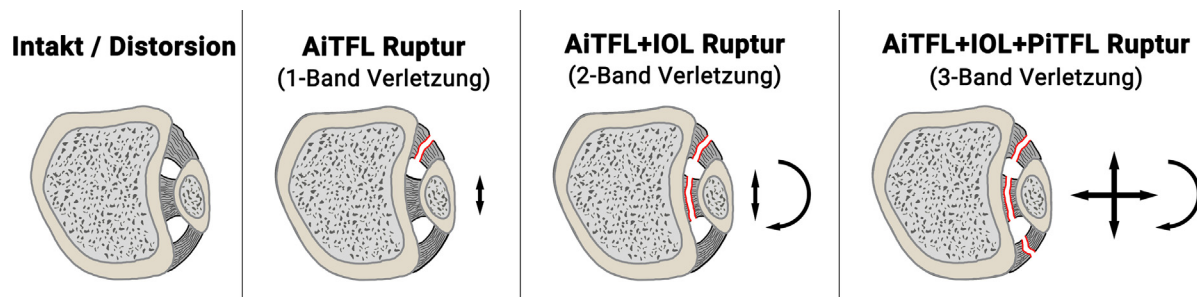


Abbildung 2. Schematische Darstellung der progredienten Destabilisierung des distalen tibio-fibular Gelenks. AiTFL: Ligamentum tibiofibulare anterior; IOL: Interossäre Ligament; PiTFL: Ligamentum tibiofibulare posterior.

ergebnissen und posttraumatischer Arthrose [6,7]. Die progrediente Destabilisierung des DTFG nach der Anzahl der rupturierten Bänder ist in [Abbildung 2](#) schematisch dargestellt.

Verletzungen des AiTFL und PiTFL können als intra-ligamentäre Rupturen oder knöcherne Avulsionen vorliegen. Die knöcherne Avulsion des AiTFL an der Tibia wird als „Tubercule de Tillaux Chaput“, an der Fibula als „Wagstaffe-Fragment“ bezeichnet. Knöcherne Avulsionen des PiTFL sind nur tibialseitig bekannt und werden als „Fraktur des posterior Malleolus“ oder „Volkman Dreieck“ bezeichnet. Interessanterweise hat Richard von Volkmann (1830–1889) in seiner Publikation 1875 über die operative Therapie von (partiellen) Pilon Frakturen berichtet und nicht über das postero-laterale Kantenfragment [11]. Die erste Beschreibung von Sprunggelenksfrakturen unter Beteiligung der Tibiahinterkante ist von Henry Earle aus dem Jahre 1828 [12]. Insgesamt ist zu beachten, dass nur Frakturen der postero-lateralen Tibia als knöcherne Avulsionen des PiTFL gewertet werden. Analog zu der Terminologie „posterior Malleolus“, haben Rammelt et al. die anteriore, tibalseitige Avulsion des AiTFL als vierten Malleolus bezeichnet [13].

Lauge-Hansen publizierte 1950 eine nach wie vor angewandte Klassifikation, in welcher Sprunggelenksfrakturen entsprechend der Fußposition und Krafteinleitung eingeteilt werden [14]. Basierend auf diesen Überlegungen könnte postuliert werden, dass Syndesmosenverletzungen sowohl von anterior nach posterior (Außenrotation des Fußes) als auch von posterior nach anterior (Innenrotation des Fußes) entstehen könnten. Allerdings konnten rezenter Studien die postulierten Frakturmuster nicht reproduzieren [15,16]. Auch den Autoren ist aus der eigenen klinischen Praxis kein Fall einer isolierten Fraktur des posterioren Malleolus oder Ruptur des PiTFL ohne begleitende Ruptur des

AiTFL bekannt. Allerdings kommt es regelmäßig zu isolierten Verletzungen des AiTFL ohne begleitende Verletzung des IOL und/oder PiTFL.

Klassifikation

Insgesamt sind den Autoren zehn unterschiedliche Klassifikationssysteme bekannt. Die am häufigsten verwendeten Klassifikationssysteme sind die Calder- [17], die West Point- [1] und die Sikka-Klassifikationen [18,19]. Eine Übersicht dieser Klassifikationen entsprechend der verletzten Bandstrukturen ist in [Abbildung 3](#) dargestellt. Hier wird die große Heterogenität zwischen den Klassifikationssystemen sichtbar. Diese variieren bezüglich der Terminologie, einer fehlenden Unterscheidung zwischen stabilen/instabilen Verletzungsmustern und zwei der drei Klassifikationen beziehen Verletzungen des Deltabandkomplexes in die Differenzierung zwischen stabilen / instabilen Syndesmosenverletzungen mit ein. Auch die verwendeten diagnostischen Werkzeuge (klinische Untersuchung, Röntgen, Stressröntgen, MRT) variieren zwischen den Klassifikationssystemen.

Als einzige „Konsensus-Leitlinie“ zur Diagnose und Klassifikation von Syndesmosenverletzungen ist den Autoren die Arbeit der Expertengruppe der ESSKA-AFAS bekannt [20]. Die Gruppe kam zu dem Ergebnis, dass die Verletzung des Ligamentum deltoideum das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zwischen einer stabilen und einer latent instabilen syndesmalem Verletzung ist.

Wie im Folgenden ausgeführt, sollte aus Sicht der Autoren der syndesmalem- und Deltaband-Komplex unabhängig voneinander betrachtet werden. Die Güteansprüche an eine Klassifikation sind, neben der eindeutigen Zuordnung der einzelnen Verletzungsmuster, eine daraus resultierende Therapieempfehlung. Entsprechend favorisieren die Autoren eine isolierte Klassifikation des

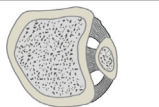
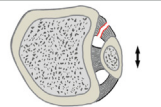
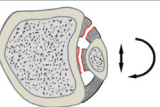
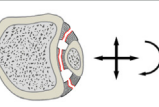
Klassifikation	Publikation	Intakt	AiTFL Ruptur (1-Band Verletzung)	AiTFL + IOL Ruptur (2-Band Verletzung)	AiTFL + IOL + PiTFL Ruptur (3-Band Verletzung)	Deltaband	
							
West Point Klassifikation	Gerber et al. 1998	Grad I: Squeeze Test ODER ERST positiv, RX.: neg. Grad II: Squeeze Test UND ERST positiv, RX.: neg.				Grad III Squeeze Test UND ERST RX.: Mortis widening	Nein
Sikka Klassifikation	Sikka et al. 2012	Nicht angegeben	Grad I MRT	Grad II MRT	Grad III MRT	Ja	
Calder Klassifikation*	Calder et al. 2016	Grad I Squeeze Test ODER ERST positiv RX.: neg.	Grad IIA ERST pos. / Squeeze Test neg. MRT: Deltaband intakt	Grad IIB ERST UND Squeeze Test positiv ± MRT Deltaband Verletzung	Grad III ERST UND Squeeze Test positiv RX.: MCS erweitert	Ja	

Abbildung 3. Übersicht über die am häufigsten verwendeten Klassifikationen entsprechend der verletzten Bandstrukturen. AiTFL: Ligamentum tibiofibulare anterior; IOL: Interossäre Ligament; PiTFL: Ligamentum tibiofibulare posterior; ERST: Außenrotationstest unter Dorsalflexion (klinisch); MRT: Magnetresonanztomographie; RX: Konventionelles Röntgen; neg.: Negativ.

syndesmalem Komplexes entsprechend der verletzten Bänder, i.e. AiTFL, AiTFL+IOL, AiTFL+IOL+PiTFL.

Syndesmose und Deltaband

Aus Sicht der Autoren ist der syndesmale Komplex separat von dem Deltabandapparat zu betrachten. Die Syndesmose stabilisiert das DTFG und damit die ossäre Sprunggelenkgabel. Der Deltabandkomplex stabilisiert medialseitig den Talus unter der Tibia [21,22].

Auch wenn beide Bandkomplexe unter Außenrotation verletzt werden können, müssen nicht unweigerlich beide Bandkomplexe relevant verletzt sein. In einer aktuell eingereichten Studie untersuchten die Autoren erstmals die Häufigkeit von Deltabandverletzungen bei instabilen Syndesmosenverletzungen [23]. Dabei konnten die Autoren zeigen, dass es in knapp 20% der instabilen Syndesmosenverletzungen zu keiner oder nur minimalen Läsionen im Bereich des Deltabandkomplexes gekommen ist. Dabei scheint die Schwere der Verletzung der Syndesmose (AiTFL+IOL vs. AiTFL+IOL+PiTFL) mit der Schwere des medialen Schadens zu korrelieren. Entsprechend erscheint eine Kombination beider Verletzungen in einer Klassifikation nicht zielführend.

Auch bei Patient:innen mit einer chronischen Außenbandinstabilität konnten Begleitverletzungen im Bereich des Deltabandapparates in 36% bis 72% der Fälle gezeigt werden [24–26]. Trotzdem erfolgt die Klassifikation der chronischen Außenbandverletzungen isoliert, unabhängig von möglichen medialen Begleitverletzungen.

Entsprechend können rotatorisch-instabile Syndesmosenverletzungen isoliert vorliegen. Nichtsdestotrotz sollten Begleitverletzungen, wie Knorpelschäden oder Verletzungen des Deltabandapparates, immer mit in Betracht gezogen werden.

Diagnostik

Die Diagnose von Syndesmosenverletzungen ist nicht trivial und bedarf, nach Ansicht der Autoren, einer stufenweisen Diagnostik. Bis dato fehlen klare Leitlinien zu Diagnose von syndesmalem Verletzungen. Im Folgenden soll ein „best evidence“ Diagnosealgorithmus, basierend auf dem Fall eines 29-jährigen Patienten, vorgestellt werden. Der Patient ist sportlich sehr aktiv und erlitt bei einer Bergtour eine OSG-Distorsion des rechten oberen Sprunggelenks.

Klinische Untersuchung/-tests

Die klinische Untersuchung sollte die „Ottawa Foot and Ankle Rule“ [27] und Syndesmosen-spezifische Tests umfassen. Im Fall einer positiven „Ottawa Foot and Ankle rule“, muss eine knöcherne Verletzung konventionell-radiologisch ausgeschlossen werden.

In der Literatur sind eine Vielzahl syndesmosen-spezifischer Tests beschrieben. Die am häufigsten vertretenen Tests sind der Außenrotationstest unter Dorsalflexion (ERST), die supramalleolare Kompression der Sprunggelenkgabel (Squeeze Test), Druckschmerz über dem AiTFL, der fibulare Translationstest in der Sagittalebene und der Dorsiflexion lunge Test [20,28,29].

Im Rahmen einer rezenten Meta-analyse zeigten der Druckschmerz über dem AiTFL und der Dorsiflexion lunge Test die höchste Sensitivität (75%–92%), der Squeeze Test und der Außenrotationstest die höchste Spezifität (78%–89%) [29]. Auch wenn die Kombination verschiedener Test die Testgüte erhöht, ist diese weiterhin nicht ausreichend, um eine diagnostische Sicherheit zu bieten [29,30]. Daher können klinische Tests lediglich hinweisend sein für eine Verletzung des syndesmalen Bandapparates. Bei klinischem Verdacht auf eine syndesmale Läsion, sollte entsprechend eine weiterführende Diagnostik angeschlossen werden.

In unserem Fallbeispiel zeigte sich eine mäßige Schwellung im Bereich des anterolateralen Sprunggelenkes. Eine Mobilisation war schmerzbedingt nicht möglich. Die Druckschmerzpunkte der „Ottawa Foot and Ankle Rule“ [27] waren positiv. Es bestand des Weiteren ein Druckschmerz im Bereich des AiTFL. Der Außenrotations- und Squeeze-Tests waren positiv.

Röntgen

Bei positiver Ottawa Ankle Rule [27] sollte ein konventionelles Röntgen des Sprunggelenks in zwei Ebenen (Mortise und seitlich) durchgeführt werden. Das primäre Ziel ist der Ausschluss einer knöchernen Traumafolge.

Additiv können, zur Beurteilung der Syndesmose, die folgenden Spaltmaße in der Mortise Aufnahme analysiert werden: Medial Clear Space (MCS), Tibio-fibular Clear Space (TFCS), Tibio-fibular Overlap (TFO) und Superior Clear Space (SCS) (Abbildung 4). Allerdings finden sich bei

subtilen Verletzungen (AiTFL+IOL) keine Auffälligkeiten [1,31]. Nur bei einer vollständigen Zerreißung des syndesmalen Komplexes (AiTFL, IOL, PiTFL ± Verletzung des medialen Bandapparates) kann es zu einer deutlichen Erweiterung der Spaltmaße kommen, die dann aber pathognomonisch für eine Syndesmosenverletzung sind.

In dem Fallbeispiel wurde bei positiver Ottawa Ankle Rule ein Röntgen des Sprunggelenkes in zwei Ebenen durchgeführt (Abbildung 4). Hier zeigten sich keine knöchernen Traumafolgen oder Auffälligkeiten in den Spaltmaßen als möglicher Hinweis auf eine syndesmale Verletzung.

Computertomographie

Die Computertomographie (CT) spielt bei isolierten Verletzungen der Syndesmose eine untergeordnete Rolle. Allerdings hat Sie den Vorteil der höheren Verfügbarkeit, v.a. im klinischen Kontext, als die Magnetresonanztomographie. Wir stellen die primäre Indikation zur CT-Diagnostik bei einer Diskrepanz zwischen der Klinik und der konventionellen Röntgendiagnostik. Das CT erlaubt hier den sicheren Ausschluss einer röntgen-okkulten, knöchernen Traumafolge, sowie das Erkennen von knöchernen Avulsionen des syndesmalen Komplexes. Vor allem die knöchernen Avulsionsverletzungen des syndesmalen Komplexes als auch freie i.a. Gelenkkörper werden sowohl in der konventionelle Röntgendiagnostik, als auch dem MRT, häufig übersehen [32–34].

Darüber hinaus erlaubt die Computertomographie auch eine Analyse der Stellung der Fibula in der tibialen Inzisur. Hier sind eine Vielzahl von

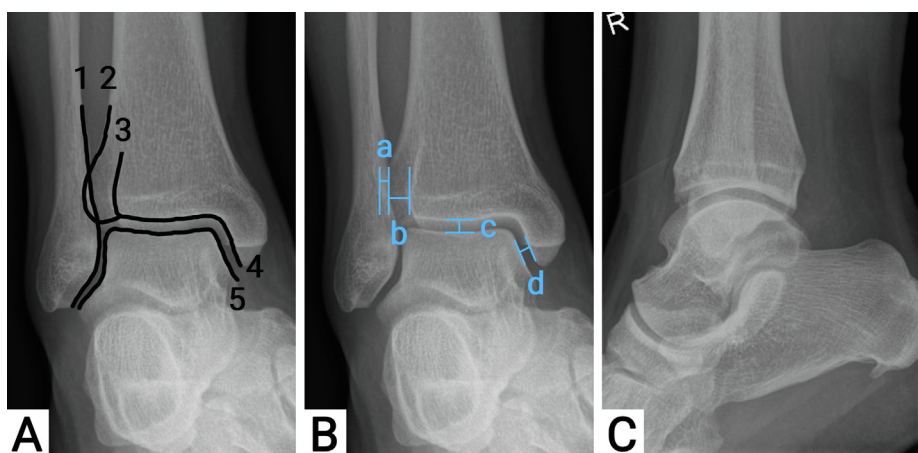


Abbildung 4. Konventionell-radiologische Darstellung des oberen Sprunggelenks. (A) Mortise Ansicht Sprunggelenk; 1: Laterale Begrenzung der Fibula; 2: Tubercule de Chaput; 3: Posteriorer Malleolus; 4: Tibiale Gelenkfläche; 5: Talare Gelenkfläche; (B) Mortise Ansicht Sprunggelenk; a: Tibio-fibular Overlap; b: Tibio-fibular clear space; c: Superior clear space; d: Medial clear space; (C) Seitliche Aufnahme Sprunggelenk, gering fehlrotiert.

unterschiedlichen Messverfahren beschrieben. Im Rahmen der zwei-dimensionalen Analyse auf axialen Schichten, werden am häufigsten der anteriore, zentrale und posteriore Abstand zwischen Fibula und Tibia, die Rotation der Fibula mittels des „Nault talar dome angle“ (NTDA) und die sagittale Translation der Fibula [35,36] vermessen. Obwohl eine Vielzahl von Studien versucht haben, Normwerte zu definieren, ist dies aufgrund der hohen inter-individuellen Unterschiede nicht möglich [37]. Heutzutage wird daher empfohlen, das CT bilateral durchzuführen. Dies erlaubt ein Vergleich der Messwerte zu der unverletzten, kontralateralen Seite [37,38]. Allerdings erlaubt auch diese Messmethode keine verlässliche Differenzierung zwischen stabilen und latent-instabilen, syndesmalem Verletzungen.

Ein vielversprechender, neuer Ansatz ist die Anwendung der digitalen Volumentomographie (DVT, Weightbearing Cone-beam CT, WBCT). Im Vergleich zum konventionellen CT, kann hier das Sprunggelenk unter Belastung und ggf. additiven Stress untersucht werden. Wie schon im konventionellen CT, war es auch im DVT nicht möglich, Grenzwerte für ein instabiles DTFG zu definieren [37]. Im Rahmen einer prospektiv-vergleichenden Studie verglichen Rio et al. [39] bei Patient:innen mit arthroskopisch verifizierten Syndesmosenverletzungen präoperativ durchgeführte, bilaterale, nicht-belastete und belastete CT-Aufnahmen. Dabei zeigten beide Untersuchungsmodalitäten signifikante Seitenunterschiede, wobei diese im WBCT stärker ausgeprägt waren.

Aufgrund der überproportionalen Schmerzen des Patienten in unserem Fallbeispiel, führten wir ein CT beider Sprunggelenke durch. Es erfolgten separate axiale Rekonstruktionen (Abbildung 5). Hier

zeigten sich weder eine knöcherne Syndesmosenläsion, noch eine offensichtliche Fehlstellung im DTFG.

Magnetresonanztomographie

Die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) ist die gängigste Methode zur nicht-invasiven Darstellung von ligamentären Verletzungen. Die MRT erlaubt eine gute Darstellung des AiTFL und PiTFL, wenn für das AiTFL entsprechende Syndesmosenkippen gefahren werden. So konnten für das AiTFL und PiTFL eine Sensitivität und Spezifität von fast 100% gezeigt werden [32,40]. Die Diagnosekriterien einer Bandruptur des syndesmalem Komplexes sind entweder eine klare Diskontinuität oder eine wellige/kurvige Elongation des untersuchten Bandes [40]. Ein weiterer Vorteil der MRT-Diagnostik ist die Identifikation von Begleitverletzungen. Zu diesen gehören begleitende Bandverletzungen, (osteo)chondrale Verletzungen oder Knochenmarködeme [20].

Allerdings ist die MRT bei der Darstellung des IOL auf Höhe des syndesmalem Komplexes limitiert [41,42]. Auch konnte lediglich eine moderate bis gute intra- und inter-rater Reliabilität bei der Beurteilung des IOL gezeigt werden [42–44]. Allerdings wurden in der Literatur sekundäre Zeichen für eine instabile Syndesmosenverletzung beschrieben. Dazu gehören das Knochenmarködem am posterioren Malleolus bei intaktem PiTFL [42,45], das Lambda Zeichen [46,47], sowie weiter nach proximal aufsteigende Flüssigkeit im DTFG [48].

Entsprechend erlaubt auch die MRT keine sichere Differenzierung zwischen isolierten AiTFL Läsionen (stabil) und kombinierten AiTFL+IOL Rupturen (latent-instabil). Trotzdem empfehlen die

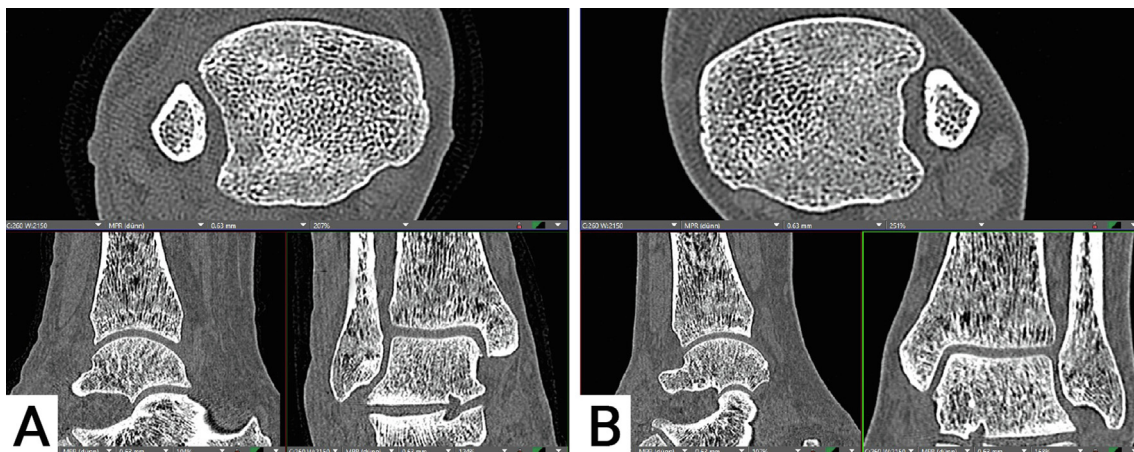


Abbildung 5. Bilaterales CT mit separaten axialen Rekonstruktionen. Separate Rekonstruktionen des bilateral durchgeführten CTs: (A) Rechtes Sprunggelenk (verletzte Seite); (B) Linkes Sprunggelenk.

Autoren, bei klinischem Verdacht auf eine Syndesmosenläsion, eine MRT durchzuführen. Die MRT erlaubt die eindeutige Diagnose einer AiTFL und / oder PiTFL Verletzung. Sollte allerdings eine Ruptur des AiTFL bei intaktem PiTFL vorliegen, muss eine weitere Diagnostik zur Differenzierung zwischen einer stabilen AiTFL und latent-instabilen AiTFL+IOL Rupturen angeschlossen werden.

In dem vorliegenden Fallbeispiel wurde der Patient ambulantisiert und stellte sich im Verlauf mit einer ex domo durchgeführten MRT-Bildgebung vor (Abbildung 6). Hier zeigte sich eine Ruptur des AiTFL bei intaktem PiTFL. Als sekundäre Zeichen für eine Verletzung des IOL zeigten sich aufsteigende Flüssigkeit, ein positives Lambda Zeichen sowie ein kleines Knochenmarködem im Bereich des posterioren Malleolus.

ERST und Bildwandler

Bei dem Außenrotationstest nach Frick (ERST) unter Bildwandlerkontrolle erfolgt erst die Durchführung einer Mortise-Aufnahme des oberen Sprunggelenks bei 0° Dorsalextension. Bei fixiertem Unterschenkel wird der Fuß dann außenrotiert und neuerlich eine Mortise-Aufnahme durchgeführt.

Im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche und Meta-Analyse konnten die Autoren zeigen, dass der ERST unter Bildwandlerkontrolle eine Differenzierung zwischen Ein-, Zwei- und Dreiband-Verletzungen des syndesmalem Komplexes zulässt. Dabei sollte der MCS als wertigstes Spaltmaß beurteilt werden. Die Untersuchung sollte bilateral durchgeführt werden. Die unverletzte Gegenseite dient dabei als Kontrolle. Jede Erweiterung des MCS im Seitenvergleich ist, bei bestätigter Verletzung des AiTFL im MRT, als instabile Verletzung der Syndesmose zu werten [44].

Der ERST unter Bildwandlerkontrolle hat mehrere Vorteile gegenüber den anderen, hier genannten Untersuchungstechniken. Es ist ein nicht-invasives Verfahren, das eine dynamische Untersuchung der Sprunggelenksgabel im Seitenvergleich erlaubt. Damit wird das Problem der Grenzwerte umgangen, da die unverletzte Gegenseite als individuelle, Patient:innen-spezifische Referenz verwendet wird. Weiter Vorteile sind die geringen Kosten sowie die breite Verfügbarkeit.

In dem Fallbeispiel führten wir, basierend auf der oben gezeigten MRT-Diagnostik, einen bilateralen Außenrotationstest nach Frick unter Bildwandlerkontrolle durch (Abbildung 7). Hier zeigte sich im Seitenvergleich eine Zunahme des MCS.

Dynamische Sonographie

Das AiTFL kann strahlenfrei auch mittels Ultraschall dargestellt werden. Dabei wird ein Linearschallkopf mit einer Frequenz von 10,0–16,0 MHz entlang des Faserverlaufs des AiTFLs zwischen Fibula und Tibia aufgelegt. Das AiTFL kommt faszikuliert zwischen den echogenen Vorderkanten der Tibia und Fibula zur Darstellung. Im Falle einer frischen Ruptur zeigen sich echoarme bis -frei Unterbrechungen bei fehlender Spannung des Bandes [49]. Studien konnte für die Sonographie eine vergleichbare Sensitivität und Spezifität zu der MRT zeigen [50] bei exzellente intra- und inter-rater Reliabilität [51,52]. Prinzipiell kann auch das IOL dargestellt werden, wobei hier valide Daten fehlen [53].

Im Falle einer vollständigen AiTFL Ruptur sollte die Untersuchung dynamisch / funktionell mittels ERST im Seitenvergleich neuerlich durchgeführt werden. Bilateral sollte, in Neutralstellung und unter Stress, die tibiofibuläre Gelenkspaltbreite im Syndesmosenverlauf vermessen werden [49]. In der vorhandenen Literatur variiert die Sensitivität / Spezifität zwischen 66%/91% und 100%/100% [54,55]. Dies ist aus Sicht der Autoren am ehesten auf das Alter der Studien sowie die häufig limitierte Fallzahl zurückzuführen.

Eine Limitation der direkten Messung des Tibiofibulären Abstandes im Seitenvergleich unter Stress sind fehlende Grenzwerte zur Differenzierung zwischen einer isolierten, stabilen AiTFL- und latent-instabilen AiTFL+IOL Ruptur. Anders als beim ERST unter Bildwandlerkontrolle kann bei der Ultraschalluntersuchung die Translation des Talus (Erweiterung des MCS) nicht mit in die Beurteilung einbezogen werden.

Arthroskopie

Die Arthroskopie stellt nach Ansicht einiger Autoren die sicherste Methode zur Diagnose einer instabilen Syndesmosenverletzung dar [56]. Insgesamt sind verschiedenste Vorgehensweisen beschrieben, um eine syndesmalem Instabilität zu verifizieren, wobei das sogenannte „Probing“ die häufigste angewandte Technik ist. Dabei werden Proben unterschiedlichen Durchmessers arthroskopisch in das DTFG eingebracht. Allerdings variieren die empfohlenen Grenzwerte zwischen 2 mm [57] und 4,5 mm [17]. Eine systematische Literaturarbeit zweifelte die Validität der kleineren Proben an [58]. Die Autoren sehen ein positives „Propening“ mit 4,5 mm als diagnostisch für eine AiTFL+IOL Läsion an.

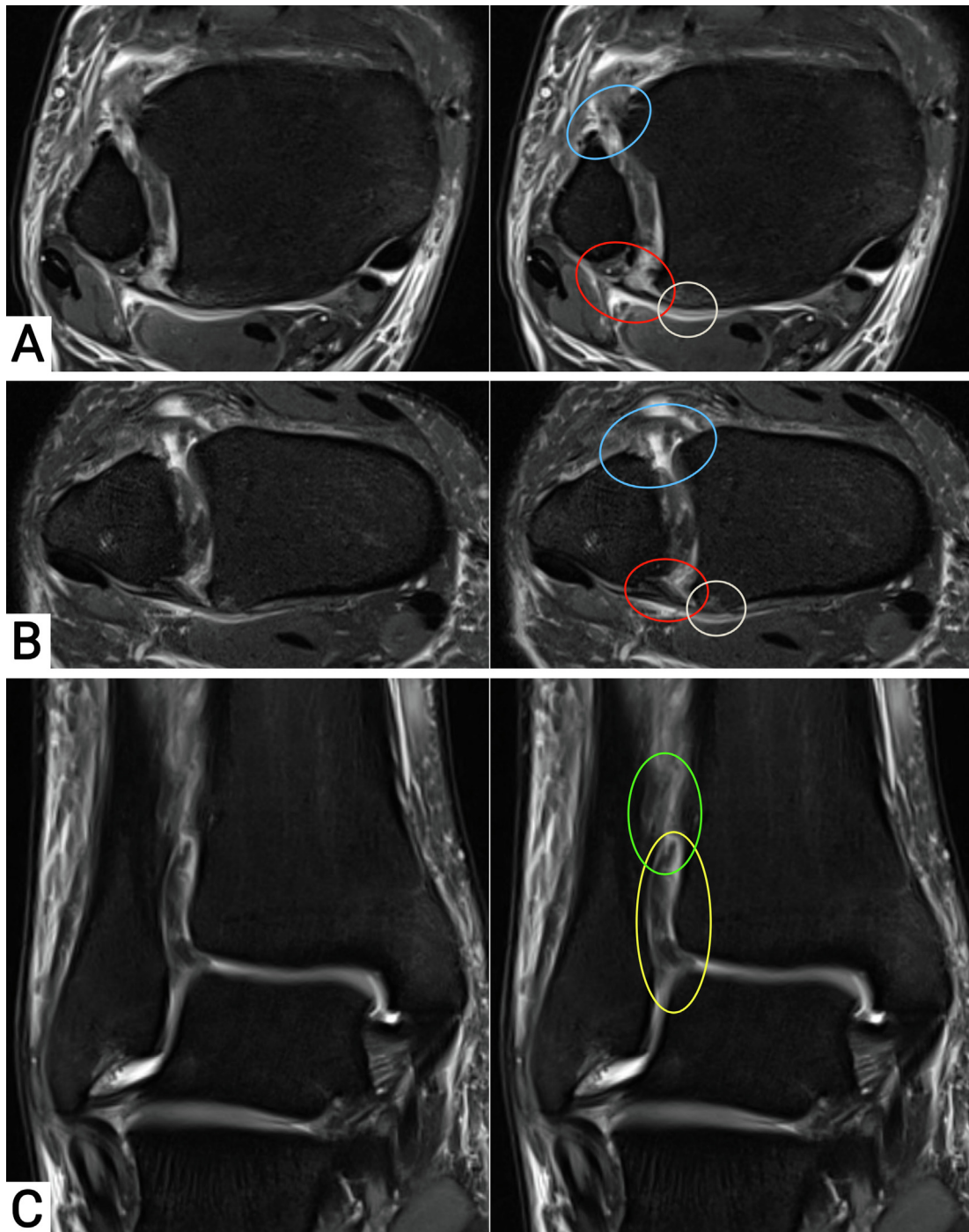


Abbildung 6. MRT Bildgebung mit axialer (A), schräger (B) und koronarer (C) Rekonstruktion. Blauer Kreis: AiTFL; Roter Kreis: PiTFL; Weißer Kreis: Knochenmarködem am posterolateralen Malleolus; Grüner Kreis: IOL; Gelber Kreis: „Lambda Zeichen“.

Ein weiterer Vorteil der Arthroskopie ist die Möglichkeit, Begleitverletzungen zu diagnostizieren und ggf. gleich zu therapieren [33]. Hierzu zählen freie intra-artikuläre Gelenkkörper, Knorpelschäden und additive Bandverletzungen des lateralen oder medialen Kapsel-Bandapparates.

Trotz der oben genannten Vorteile stellt die Arthroskopie eine invasive Maßnahme mit allen daraus resultierenden Komplikationen dar. Auch kann diese nur unilateral durchgeführt werden. In Anbetracht der o.g., nicht-invasiven Alternativen zur Diagnose von Syndesmosenverletzungen,

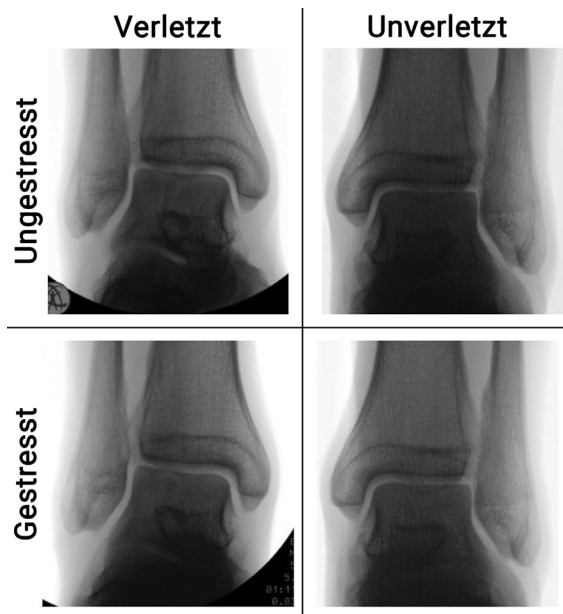


Abbildung 7. Außenrotationstest nach Frick unter Bildwandlerkontrolle der verletzten und unverletzten Seite.

führen die Autoren keine diagnostische Arthroskopie zum Ausschluss / Bestätigung eines Syndesmosenverletzung durch.

Im Vorliegenden Fallbeispiel führten wir, nach Diagnosestellung einer latenten Syndesmoseninstabilität (AiTFL+IOL Ruptur) die arthroskopisch assistierte (Abbildung 8) Syndesmosenstabilisierung mittels Seilzugsystem durch. In **Abbildung 8** ist die Visualisierung des AiTFL (Abbildung 8A), des tibiofibularen Gelenkknorpels (Abbildung 8B) sowie der oberflächlichen (Abbildung 8C) und tiefen (Abbildung 8D) Deltabandanteile dargestellt.

Diagnosealgorithmus MUM

Basierend auf der o.g., aktuellen Evidenz, haben wir einen „best-evidence“ Diagnosealgorithmus für akute, isolierte Syndesmosenverletzungen erstellt (Abbildung 9) [19]. Entsprechend der ESSKA-AFAS Empfehlungen werden Verletzungen innerhalb der ersten 21 Tage als akut definiert [20]. Die klinische Untersuchung umfasst die „Ottawa Foot and Ankle Rules“ [27] sowie Syndesmosen-spezifische Tests. Das primäre Ziel ist der Ausschluss einer knöchernen Traumafolge sowie die Verdachtsdiagnose einer Syndesmosenverletzung zu stellen. Liegt der klinische Verdacht auf eine Verletzung des syndesmalen Bandkomplexes vor, sollte eine MRT-Diagnostik mit Syndesmosenkippungen ergänzt werden. Die MRT erlaubt

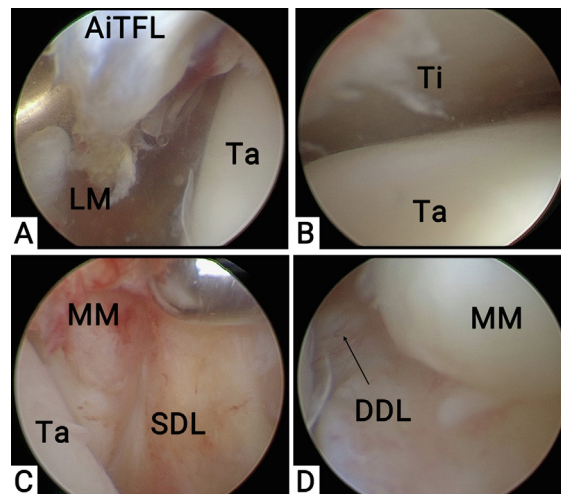


Abbildung 8. Intraoperative, arthroskopische Darstellung des (A) rupturierten AiTFL, (B) des Tibiotalaren Gelenkspalts, (C) des oberflächlichen- und (D) tiefen Deltabandkomplexes. AiTFL: Ligamentum tibiofibulare anterior; Ta: Talus; Ti: Tibia; LM: Lateraler Malleolus; MM: Medialer Malleolus; SDL: Oberflächlicher Deltabandkomplex.

den Ausschluss einer Syndesmosenverletzung oder die Diagnose einer AiTFL oder AiTFL + PiTFL Ruptur. Liegt eine Ruptur von AiTFL und PiTFL vor, ist dies diagnostisch für eine Dreiband-Verletzung der Syndesmose. Aufgrund der insuffizienten Beurteilbarkeit des IOL, sollte bei einer isolierten Ruptur des AiTFL eine dynamische bildgebende Untersuchung angeschlossen werden. Aufgrund der breiten Verfügbarkeit, der geringen Lernkurve und besseren Dokumentation empfehlen wir hier den bilateralen ERST unter Bildwandlerkontrolle. Beurteilt wird der MCS im Seitenvergleich. Jede Seitendifferenz des MCS wird als Zweibandverletzung (AiTFL+IOL) gewertet.

Auch wenn die Sonographie eine gute Beurteilung des AiTFL erlaubt, kann diese aktuell, aus Sicht der Autoren, noch nicht das MRT ersetzen. Zum einen, da die sichere Diagnose einer Dreiband-Verletzung essenziell für die korrekte Wahl des Stabilisierungsverfahren ist. Zum anderen, dass Begleitverletzungen, wie Knorpelschäden oder Innenbandverletzungen, aktuell nur suffizient mittels MRT dargestellt werden können.

Die Klassifikation der Verletzung sollte dann anatomisch, d.h. entsprechend der rupturierten syndesmalem Bänder erfolgen. Begleitverletzungen sollten separat klassifiziert werden.

Auch wenn der Algorithmus sich primär auf isolierte Syndesmosenverletzungen bezieht, können

Akute, ligamentäre Syndesmosenverletzungen

Diagnose- und Klassifikationsalgorithmus

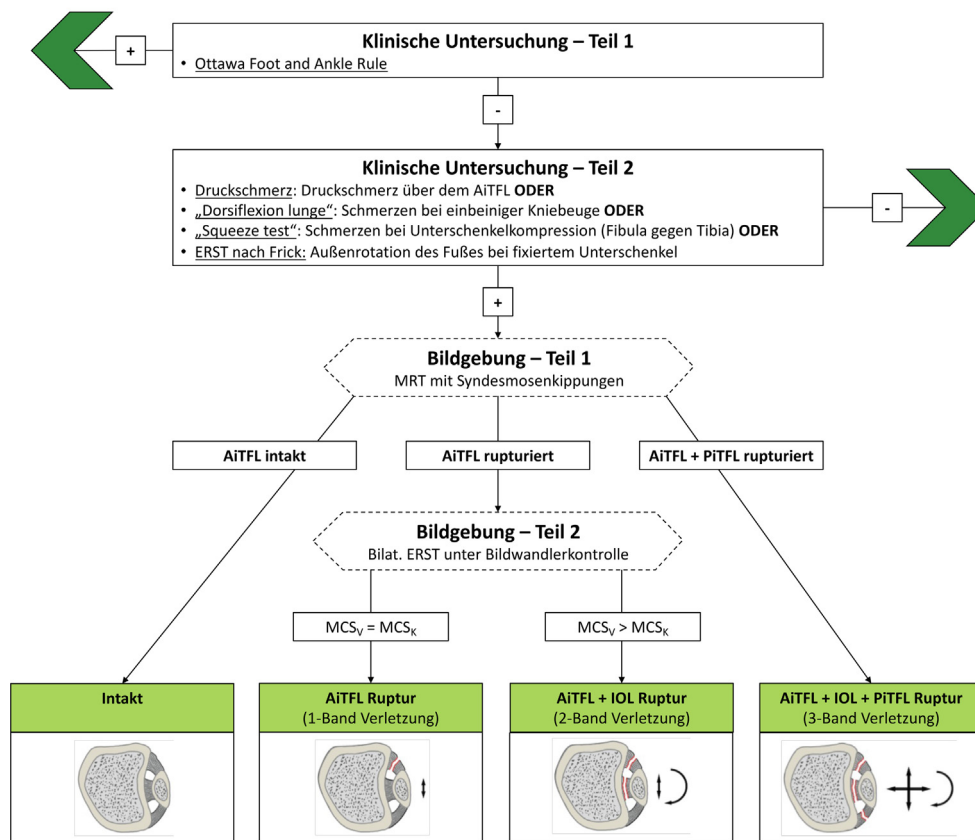


Abbildung 9. Diagnose- und Klassifikationsalgorithmus der Autoren.

die hier genannten Prinzipien auch auf knöchernen Syndesmosenverletzungen oder Syndesmosenverletzungen im Rahmen von Sprunggelenksfrakturen übertragen werden.

Ethisches Statement

In dieser Übersichtsarbeit wurden keine sensiblen Daten verwendet. Alle Abbildungen sind anonymisiert und erlauben keinen Rückschluss auf die Patient:in. Es wurden keine primären Daten verarbeitet.

Interessenkonflikt

Keiner der Autoren hat ein Interessenskonflikt bezüglich der Inhalte dieses Beitrags.

Sponsoring

Die Autoren erhielten keine Art des Sponsoring, Förderung oder Zahlungen für diesen Beitrag.

Literatur

- [1] Gerber JP, Williams GN, Scoville CR, Arciero RA, Taylor DC. Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot Ankle Int* 1998;19(10):653–660.
- [2] Hopkinson WJ, St Pierre P, Ryan JB, Wheeler JH. Syndesmosis sprains of the ankle. *Foot Ankle* 1990;10(6):325–330.
- [3] Mulcahey MK, Bernhardson AS, Murphy CP, Chang A, Zajac T, Sanchez G, et al. The epidemiology of ankle injuries identified at the National Football League Combine, 2009–2015. *Orthop J Sports Med* 2018;6(7):2325967118786227.
- [4] Court-Brown CM, McBirnie J, Wilson G. Adult ankle fractures—an increasing problem? *Acta Orthop Scand* 1998;69(1):43–47.
- [5] Williams GN, Allen EJ. Rehabilitation of syndesmotom (high) ankle sprains. *Sports Health* 2010;2(6):460–470.
- [6] Ray R, Koohnejad N, Clement ND, Keenan GF. Ankle fractures with syndesmotom stabilisation are associated with a high rate of secondary

- osteoarthritis. *Foot Ankle Surg* 2019;25(2):180–185.
- [7] Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J* 2005;25:44–46.
- [8] Yammine K, Jalloul M, Assi C. Distal tibiofibular syndesmosis: a meta-analysis of cadaveric studies. *Morphologie* 2022;106(355):241–251.
- [9] Burns 2nd WC, Prakash K, Adelaar R, Beaudoin A, Krause W. Tibiotalar joint dynamics: indications for the syndesmotomic screw—a cadaver study. *Foot Ankle* 1993;14(3):153–158.
- [10] Corte-Real N, Caetano J. Ankle and syndesmosis instability: consensus and controversies. *EFORT Open Rev* 2021;6(6):420–431.
- [11] Bartoniček J, Rammelt S. History of ankle fractures in the German-speaking literature. *Fuß & Sprunggelenk*. 2022;20(3):165–176.
- [12] Bartonicek J. Avulsed posterior edge of the tibia. Earle's or Volkmann's triangle? *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(5):746–750.
- [13] Rammelt S, Bartonicek J, Neumann AP, Kroker L. Fractures of the anterolateral tibial rim: the fourth malleolus. *Unfallchirurg* 2021;124(3):212–221.
- [14] Lauge-Hansen N. Fractures of the ankle. II. Combined experimental-surgical and experimental-roentgenologic investigations. *Arch Surg* (1920) 1950;60(5):957–985.
- [15] Gardner MJ, Demetrakopoulos D, Briggs SM, Helfet DL, Lorich DG. The ability of the Lauge-Hansen classification to predict ligament injury and mechanism in ankle fractures: an MRI study. *J Orthop Trauma* 2006;20(4):267–272.
- [16] Michelson J, Solocoff D, Waldman B, Kendell K, Ahn U. Ankle fractures. The Lauge-Hansen classification revisited. *Clin Orthop Relat Res*. 1997(345):198–205.
- [17] Calder JD, Bamford R, Petrie A, McCollum GA. Stable versus unstable grade II high ankle sprains: a prospective study predicting the need for surgical stabilization and time to return to sports. *Arthroscopy* 2016;32(4):634–642.
- [18] Sikka RS, Fetzer GB, Sugarman E, Wright RW, Fritts H, Boyd JL, et al. Correlating MRI findings with disability in syndesmotomic sprains of NFL players. *Foot Ankle Int* 2012;33(5):371–378.
- [19] Spindler FT, Bocker W, Polzer H, Baumbach SF. A systematic review of studies on the diagnostics and classification system used in surgically treated, acute, isolated, unstable syndesmotomic injury: a plea for uniform definition of syndesmotomic injuries. *EFORT Open Rev*. 2024;9(1):16–24.
- [20] van Dijk CN, Longo UG, Loppini M, Florio P, Maltese L, Ciuffreda M, et al. Classification and diagnosis of acute isolated syndesmotomic injuries: ESSKA-AFAS consensus and guidelines. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(4):1200–1216.
- [21] Campbell KJ, Michalski MP, Wilson KJ, Goldsmith MT, Wijdicks CA, LaPrade RF, et al. The ligament anatomy of the deltoid complex of the ankle: a qualitative and quantitative anatomical study. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(8):e62.
- [22] Savage-Elliott I, Murawski CD, Smyth NA, Golano P, Kennedy JG. The deltoid ligament: an in-depth review of anatomy, function, and treatment strategies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(6):1316–1327.
- [23] Gaube FP, Maßen F, Polzer H, Böcker W, Reidler P, Baumbach SF, et al. Syndesmotomic and Deltoid injuries – companions or coincidences. *Foot Ankle Int*. 2024; Currently submitted.
- [24] Chun KY, Choi YS, Lee SH, Kim JS, Young KW, Jeong MS, et al. Deltoid ligament and tibiofibular syndesmosis injury in chronic lateral ankle instability: magnetic resonance imaging evaluation at 3T and comparison with arthroscopy. *Korean J Radiol* 2015;16(5):1096–1103.
- [25] Crim J, Longenecker LG. MRI and surgical findings in deltoid ligament tears. *AJR Am J Roentgenol* 2015;204(1):W63–W69.
- [26] Hintermann B, Boss A, Schafer D. Arthroscopic findings in patients with chronic ankle instability. *Am J Sports Med* 2002;30(3):402–409.
- [27] Stiell IG, Greenberg GH, McKnight RD, Nair RC, McDowell I, Reardon M, et al. Decision rules for the use of radiography in acute ankle injuries. Refinement and prospective validation. *JAMA* 1993;269(9):1127–1132.
- [28] Beumer A, Swierstra BA, Mulder PG. Clinical diagnosis of syndesmotomic ankle instability: evaluation of stress tests behind the curtains. *Acta Orthop Scand* 2002;73(6):667–669.
- [29] Netterstrom-Wedin F, Bleakley C. Diagnostic accuracy of clinical tests assessing ligamentous injury of the ankle syndesmosis: a systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport* 2021;49:214–226.
- [30] Sman AD, Hiller CE, Rae K, Linklater J, Black DA, Nicholson LL, et al. Diagnostic accuracy of clinical tests for ankle syndesmosis injury. *Br J Sports Med* 2015;49(5):323–329.
- [31] Chun DI, Cho JH, Min TH, Park SY, Kim KH, Kim JH, et al. Diagnostic accuracy of radiologic methods for ankle syndesmosis injury: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med* 2019;8(7).
- [32] Rammelt S, Zwipp H, Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin*. 2008; 13(4):611–33, vii–viii.
- [33] Rellensmann K, Behzadi C, Usseglio J, Vosseller JT, Bocker W, Polzer H, et al. Acute, isolated and unstable syndesmotomic injuries are frequently associated with intra-articular pathologies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29(5):1516–1522.
- [34] van Zuuren WJ, Schepers T, Beumer A, Sierevelt I, van Noort A, van den Bekerom MPJ. Acute syndesmotomic instability in ankle fractures: a review. *Foot Ankle Surg* 2017;23(3):135–141.

- [35] Kubik JF, Rollick NC, Bear J, Diamond O, Nguyen JT, Kleeblad LJ, et al. Assessment of malreduction standards for the syndesmosis in bilateral CT scans of uninjured ankles. *Bone Joint J.* 2021;103-B(1):178–183.
- [36] Prior CP, Widnall JC, Rehman AK, Weller DM, Wood EV. A simplified, validated protocol for measuring fibular reduction on ankle CT. *Foot Ankle Surg* 2017;23(1):53–56.
- [37] Patel S, Malhotra K, Cullen NP, Singh D, Goldberg AJ, Welck MJ. Defining reference values for the normal tibiofibular syndesmosis in adults using weight-bearing CT. *Bone Joint J* 2019;101-B(3):348–352.
- [38] Chans-Veres J, Vallejo-Marquez M, Galhoum AE, Tejero S. Analysis of the uninjured tibiofibular syndesmosis using conventional CT-imaging and axial force in different foot positions. *Foot Ankle Surg* 2022;28(5):650–656.
- [39] Del Rio A, Bewsher SM, Roshan-Zamir S, Tate J, Eden M, Gotmaker R, et al. Weightbearing cone-beam computed tomography of acute ankle syndesmosis injuries. *J Foot Ankle Surg* 2020;59(2):258–263.
- [40] Oae K, Takao M, Naito K, Uchio Y, Kono T, Ishida J, et al. Injury of the tibiofibular syndesmosis: value of MR imaging for diagnosis. *Radiology* 2003;227(1):155–161.
- [41] Miller JR, Dunn KW, Ciliberti Jr LJ, Eldridge SW, Reed LD. Diagnostic value of early magnetic resonance imaging after acute lateral ankle injury. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(6):1143–1146.
- [42] Randell M, Marsland D, Ballard E, Forster B, Lutz M. MRI for high ankle sprains with an unstable syndesmosis: posterior malleolus bone oedema is common and time to scan matters. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019;27(9):2890–2897.
- [43] Baltés TPA, Arnaiz J, Al-Naimi MR, Al-Sayrafi O, Geertsema C, Geertsema L, et al. Limited intrarater and interrater reliability of acute ligamentous ankle injuries on 3 T MRI. *J ISAKOS* 2021;6(3):153–160.
- [44] Spindler FT, Herterich V, Holzapfel BM, Bocker W, Polzer H, Baumbach SF. A systematic review and meta-analysis on the value of the external rotation stress test under fluoroscopy to detect syndesmotom injuries. *EFORT Open Rev* 2022;7(10):671–679.
- [45] Warner SJ, Garner MR, Schottel PC, Hinds RM, Loftus ML, Lorch DG. Analysis of PITFL injuries in rotationally unstable ankle fractures. *Foot Ankle Int* 2015;36(4):377–382.
- [46] Ryan LP, Hills MC, Chang J, Wilson CD. The lambda sign: a new radiographic indicator of latent syndesmosis instability. *Foot Ankle Int* 2014;35(9):903–908.
- [47] Zhao Y, Chen W, Su T, Zhou G, Jiang D, Yuan H. Comparison of the diagnostic value of measurements of transverse syndesmotom interval and 'lambda sign' in distinguishing latent syndesmotom diastasis in chronic lateral ankle instability: a cross-sectional study of 188 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 2023;143(4):2037–2045.
- [48] Sun S, Chen C, Sheng Z, Wei M. The distal tibiofibular joint effusion may be a reliable index for diagnosing the distal tibiofibular syndesmosis instability in ankle. *Skeletal Radiol* 2024;53(2):329–338.
- [49] Reimers H. Sonografie der Syndesmose. *OUP* 2018;7:32–35.
- [50] McCollum GA, van den Bekerom MP, Kerkhoffs GM, Calder JD, van Dijk CN. Syndesmosis and deltoid ligament injuries in the athlete. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(6):1328–1337.
- [51] Hagemeyer NC, Lubberts B, Saengsin J, Bhimani R, Sato G, Waryasz GR, et al. Portable dynamic ultrasonography is a useful tool for the evaluation of suspected syndesmotom instability: a cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(5):1986–1993.
- [52] Hagemeyer NC, Saengsin J, Chang SH, Waryasz GR, Kerkhoffs G, Guss D, et al. Diagnosing syndesmotom instability with dynamic ultrasound - establishing the natural variations in normal motion. *Injury* 2020;51(11):2703–2709.
- [53] Alves T, Dong Q, Jacobson J, Yablon C, Gandikota G. Normal and injured ankle ligaments on ultrasonography with magnetic resonance imaging correlation. *J Ultrasound Med* 2019;38(2):513–528.
- [54] Mei-Dan O, Kots E, Barchilon V, Massarwe S, Nyska M, Mann G. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotom injury in professional athletes: a preliminary study. *Am J Sports Med* 2009;37(5):1009–1016.
- [55] 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(1):51–55.
- [56] Takao M, Ochi M, Naito K, Iwata A, Kawasaki K, Tobita M, et al. Arthroscopic diagnosis of tibiofibular syndesmosis disruption. *Arthroscopy* 2001;17(8):836–843.
- [57] Nishikawa DRC, Saito GH, de Oliveira Junior AS, Mendes AAM, Devito LP, Prado MP. Clinical outcomes of isolated acute instability of the syndesmosis treated with arthroscopy and percutaneous suture-button fixation. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141(9):1567–1574.
- [58] Hagemeyer NC, Elghazy MA, Waryasz G, Guss D, DiGiovanni CW, Kerkhoffs G. Arthroscopic coronal plane syndesmotom instability has been over-diagnosed. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29(1):310–323.