

# Verletzungen der unteren tibiofibularen Syndesmose

## Zusammenfassung

Die Inzidenz isolierter distaler tibiofibularer Syndesmosenrupturen beträgt 1–11% aller Distorsionstraumen des oberen Sprunggelenks (OSG). Diese Verletzungen werden häufig übersehen, mit einer anterolateralen Rotationsinstabilität des OSG verwechselt und fallen häufig erst durch einen protrahierten Behandlungsverlauf auf.

Obwohl seit der systematischen Beschreibung von Luxationsfrakturen des OSG durch Weber u. Lauge-Hansen die Pathomechanik und das Ausmaß von begleitenden Rupturen des distalen Syndesmosenkomplexes bekannt sind, liegen keine klaren Richtlinien vor, wann die häufig unterschätzte, komplexe Pathologie des Bandkomplexes der Luxationsfraktur einer operativen Therapie bedarf, um neben einer achsen- und längengerechten Ausheilung der Malleolarfraktur auch eine suffiziente und funktionsgerechte Ausheilung des distalen Syndesmosenkomplexes zu erreichen. Auch gibt es bislang keine systematischen Untersuchungen, die sich bei der Verlaufsbeurteilung nach Malleolarfrakturen der speziellen Problematik der Syndesmosenfunktion annehmen, obwohl seit langem bekannt ist, dass eine tibiofibuläre Diastase, wie sie bei einer chronischen Syndesmoseninstabilität vorliegt, zu einer pathologischen Außenrotation des Talus führt. In Verbindung mit der Valgisationstendenz des Sprungbeins kommt es zudem zu einer Verminderung des Kontaktes der artikulären Gelenkflächen und damit zu einer präarthrotischen Deformität.

Die Standardverfahren der klinischen, röntgenologischen und computertomographischen Evaluierung akuter und chroni-

scher Syndesmoseninsuffizienzen werden vorgestellt sowie auf die Technik, Bedeutung und Komplikationsmöglichkeiten der operativen Versorgung der frischen Syndesmosenruptur, die im Rahmen von Luxationsfrakturen des OSG gesehen werden, hingewiesen. Operative Korrekturen der chronischen Syndesmoseninsuffizienz wurden bislang selten beschrieben.

Neben der Arthrodesierung der Syndesmose, der Rekonstruktion mit Kunstbändern, wurde von Castaing eine Tenodesse mit der Sehne des M. peroneus brevis vorgeschlagen. Eine dauerhafte Rekonstruktion des distalen Syndesmosenkomplexes muss neben einer suffizienten Gabelführung den komplexen Bewegungsablauf der Fibula in der Incisura tibiofibularis, der bei der Begrenzung der Talusrotation von immenser Wichtigkeit ist, berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde im eigenen Vorgehen bei symptomatischer Syndesmoseninsuffizienz das von Castaing entwickelte Verfahren dahingehend modifiziert, dass neben dem Ersatz der Lig. tibiofibulare anterius und posterius das Lig. tibiofibulare interosseum anatomisch rekonstruiert wird.

Das eigene Verfahren erscheint, da es im Gegensatz zu dem Castaing-Verfahren eine 3-Punkt-Fixierung der Fibula beinhaltet, der Anatomie besser angepasst und biomechanisch vorteilhaft. Die operative Technik der Syndesmosenplastik wird vorgestellt.

## Schlüsselwörter

Distaler Syndesmosenkomplex · Chronische distale Syndesmoseninstabilität · Stellschraube · Sprunggelenkluxationsfrakturen

## Inzidenz

Isolierte Syndesmosenrupturen wurden schon im Jahre 1939 von Wilson [61] beschrieben. Lauge-Hansen nennt die isolierte Ruptur des Lig. tibiofibulare anterius die "ligamentäre Fraktur" oder Stadium I der Supinations-Eversionsfraktur [30, 31, 32].

Im Rahmen von Distorsionen des oberen Sprunggelenks (OSG) werden rein ligamentäre Verletzungen der Syndesmose in 1–11% [5, 8, 10, 24, 55] der Fälle beobachtet und häufig als anterolaterale Sprunggelenkdistorsion fehlgedeutet; erst ein langer, nicht selten bis zu 2 Jahre dauernder Heilverlauf [41], der mit hartnäckigen Beschwerden einhergeht, führt dann, meist erst über eine diagnostische Arthroskopie, zur richtigen Diagnose [5, 11, 41].

Typischerweise findet sich arthroskopisch eine Trias bestehend aus Schädigung oder Vernarbung des Lig. tibiofibulare interosseum, das fibularseitig abgerissen ist und ins Gelenk prolabiert, eine Ruptur des Lig. tibiofibulare transversum sowie eine chondrale Fraktur im Bereich des posterolateralen Tibiaplafonds [41]. Die Resektion der ins Gelenk prolabierenden Bandstümpfe

---

Dr. R. Grass

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum C.G. Carus, Technische Universität Dresden, Fetscherstr. 74, 01307 Dresden, E-Mail: rgrass@rcs.urz.tu-dresden.de

## Injuries of the inferior tibiofibular joint

### Abstract

The incidence of isolated distal tibiofibular syndesmotic ruptures in acute ankle sprains lies between 1% and 11%. These injuries are frequently overseen or misdiagnosed as anterolateral rotational instability of the ankle and often become apparent through protracted courses. Although the pathomechanics and extent of syndesmotic injuries have been systematically described by Lauge-Hansen and Weber, no generally accepted guidelines exist as to when these complex injuries are to be treated surgically to ensure sufficient and stable healing of the syndesmosis besides correct alignment of the distal fibula. So far, systematic follow-up regarding syndesmotic injuries in ankle fractures is missing, although it has long been recognized that tibiofibular diastasis secondary to chronic syndesmotic instability leads to external rotation of the talus. In combination with a valgus position of the talus, this instability leads to a decrease in the contact area which results in posttraumatic arthritic changes. This paper reviews the standard diagnostic and therapeutic procedures for acute syndesmotic ruptures in fracture dislocations of the ankle.

Among the few corrective procedures advocated for chronic syndesmotic insufficiency are tibiofibular arthrodesis, synthetic ligament substitutes, and tenodesis with the peroneus brevis tendon. A sufficient reconstruction must restore the stability of the ankle mortise and alignment of the fibula in the tibiofibular incisura to ensure limitation of talar rotation. Therefore, a tenodesis was developed which substitutes the three important ligaments of the syndesmotic complex. The Castaing procedure for chronic syndesmotic insufficiency was modified with reconstruction of the interosseous tibiofibular ligament in addition to the anterior and posterior tibiofibular ligaments. The resulting three-point fixation of the distal fibula appears more anatomically, physiologically, and biomechanically advantageous. The operative procedure is given in detail. Distal tibiofibular syndesmosis · Persistent instability of the distal syndesmosis · Ankle fractures · Syndesmotic screw

### Keywords

Distal tibiofibular · Syndesmosis · Persistent instability of the distal syndesmosis · Ankle fractures · Syndesmotic screw

sowie des chondralen Flakes führen in der Regel zur Schmerzfremheit [41].

Rupturen der Syndesmoze im Rahmen von Malleolarfrakturen sind bekannt [17, 30, 31, 32, 59, 60] und wurden von Lauge-Hansen [30, 31, 32] und Weber [59] systematisch beschrieben. Klare Richtlinien jedoch, wann die häufig unterschätzte und komplexe Bandkomponente der Sprunggelenkfraktur einer operativen Therapie bedarf, um neben einer knöchernen Ausheilung der Malleolarfraktur auch eine Ausheilung der unteren Syndesmoze zu erreichen, wurden allerdings bislang nicht aufgestellt. Auch findet sich in der Literatur keine systematische Untersuchung, die sich bei der Verlaufsbeurteilung nach Malleolarfrakturen dieser speziellen Bandproblematik annimmt.

Noch weniger Erfahrungen und Literaturhinweise gibt es zwangsläufig über die operative Versorgung von veralteten Syndesmosenverletzungen bzw. -insuffizienzen, die unlangst [66] noch als äußerst selten beschrieben wurden. Neben dem Vorschlag der Arthrodese der Syndesmoze, die zwangs-

läufig in eine Arthrose des OSG münden muss [40, 59], werden Rekonstruktionen mit Dacronband sowie eine von Castaing [7] beschriebene Plastik mit autologem Peroneus-brevis-Span empfohlen.

### Spezielle Anatomie und Biomechanik des OSG

In der seitlichen Projektion liegt der Drehpunkt des OSG in Verlängerung der anatomischen Tibiaschaftachse, genau unterhalb der Spitze der beiden Malleolen [29]. Die Bewegungsachse des OSG verläuft sowohl in der frontalen als auch sagittalen Ebene von der Spitze des lateralen zur Spitze des medialen Malleolus. Sie steigt um 8° von lateral nach medial an und ist in der sagittalen Projektion um 6° nach vorn gerichtet [29, 49], (Abb. 1).

Die Form der Trochlea tali entspricht dem Ausschnitt eines Kegelstumpfes, dessen Spitze nach medial weist [21]; die laterale Gelenkfläche des Sprungbeins ist kreisförmig und steht senkrecht zur Gelenkachse; die mediale ist ellipsoid und um 6° zu dieser geneigt. Beide Gelenkflächen weisen unterschiedliche Krümmungsradien auf [9, 62], sodass es nach Inmann [21] nur zu einer Pseudorotation des Talus kommt.

Durch die neueren Untersuchungen von Inmann et al. [21] und Reimann et al. [49] wurde relativiert, wie Barnett u. Napier [2] experimentell sahen, dass der Talus bei Plantarflexion nach medial rotiert und bei einer Dorsalflexion die

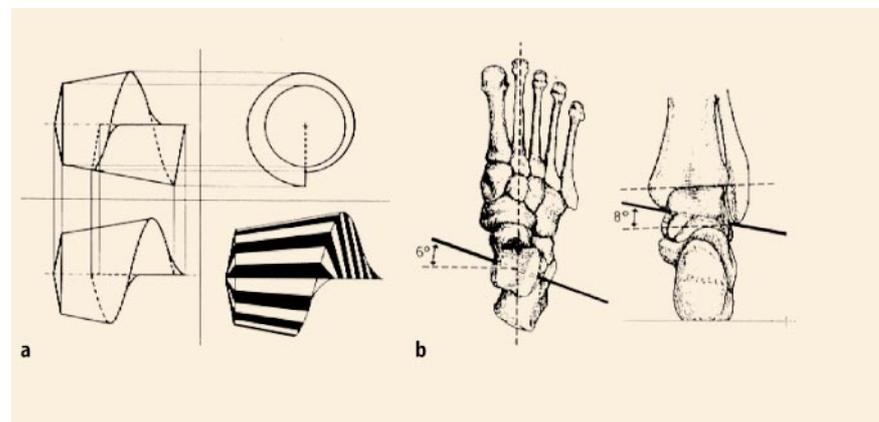


Abb. 1 ▲ a Nach Reimann et al. [49] entspricht die mediale Talusfacette einer Kegelfläche, die laterale einer Schraubenfläche, weshalb bei Dorsalflexion eine reine Scharniergelenkbewegung, bei Plantarflexion eine kongruenzbedingte Rotationsbewegung des Talus und der Fibula beobachtbar ist. b Achsenverlauf des OSG. (Aus [66])

Tendenz hat, nach außen zu rotieren. Sarsam u. Hughes [51] konnten 1988 zeigen, dass bei einem intakten Lig. tibiofibulare anterius keine Außenrotation des Talus zu beobachten ist. Erst bei einem insuffizienten vorderen Syndesmosenband wird, wie übereinstimmend von Johnson, Rasmussen, Sarsam und Xenos gezeigt werden konnte [23, 48, 51, 65], eine pathologische Außenrotation des Talus ermöglicht.

Die Gelenkfläche der Trochlea tali ist in ihrem ventralen Anteil breiter als im dorsalen Anteil [24]. Da der Innenknöchel als medialer Part der Malleolengabel feststeht, muss der Außenknöchel als ihr lateraler Anteil zwangsläufig Bewegungen in alle Richtungen ausführen. Die intermalleoläre Distanz nimmt dabei beim Übergang von der Plantar- in die Dorsalflexion um ca. 1,25 mm zu [46]: Die Fibula beschreibt in der Incisura tibiofibularis eine Rotationsbewegung von ca. 2° nach außen [46] und führt gleichzeitig eine vertikale [9] und sagittale [51] Bewegung von anterior nach posterior aus.

Das Bewegungsausmaß ist interindividuell verschieden; auch wird nicht von allen Autoren die von Peter u. Harrington [46] beobachtete Außenrotation der Fibula geschildert [49, 64]: Reimann et al. [46] zeigten, dass die Richtung der Fibulartorsion von der anatomischen Konfiguration der Facies malleolaris lateralis tali abhängig ist.

Für die Führung, Limitierung und Sicherung dieser Bewegung der Fibula und damit für die komplexe Artikulation des OSG, das als eine höchst komplexe Artikulation mit einem wechselnden Rotationszentrum betrachtet werden muss, ist der untere Anteil der Syndesmosis tibiofibularis (Abb. 2) von entscheidender Bedeutung.

Die Gelenkverbindung der distalen Fibula in der Incisura tibiae wird ausschließlich ligamentär geführt, wobei nach Sauer u. Jungfer [52] die straffen Ligg. tibiofibularia anterius und posterius den suffizienten Gabelschluss und damit die Kongruenz der Knöchelgabel sichern, während die im Bereich der Incisura fibularis tibiae liegenden kollagenen und elastischen Fasern des Lig. tibiofibulare interosseum zur Elastizität des Syndesmosenkomplexes beitragen [18].

Experimentelle Untersuchungen von Xenos et al. [65] belegen auf ein-

drucksvolle Weise die Wichtigkeit der unteren Syndesmosen für die Führung des Talus in der Knöchelgabel. Unter dem Einfluss einer konstanten Last (Außenrotationsstress des Fußes mit 5 Nm) führt eine schrittweise, von ventral nach dorsal durchgeführte Dissektion der unteren Syndesmosenanteile zu einer pathologischen Diastase der distalen Syndesmosen und zur pathologischen Außenrotation des Talus. Nach Durchtrennung aller distalen Syndesmosenanteile nimmt dabei die tibiofibulare Diastase um durchschnittlich 7,3 mm zu, wobei die Fibula im wesentlichen nach dorsal [17, 65] und nur geringfügig nach lateral abweicht.

Die unter diesen Bedingungen erreichte pathologische Außenrotation des Talus beträgt durchschnittlich 10°. Diese ursächlich auf die Instabilität der Knöchelgabel und pathologische Beweglichkeit der Fibula zurückgehende pathologische Außenrotation des Talus führt in Verbindung mit der Valgisationstendenz des Sprunggelenks zu einer Verminderung des Kontaktes der artikulierenden Gelenkflächen und stellt eine präarthrotische Deformität im Sinne einer Inkongruenzarthrose dar [40].

So konnte experimentell von verschiedenen Arbeitsgruppen [40, 47, 50] nachgewiesen werden, dass eine Lateralisierung der Fibula von 1 mm zu einer Verminderung des Kontaktes der artikulierenden Gelenkfläche um 42–55% führt.

Eine aus einer chronisch instabilen distalen syndesmalen Gelenkverbindung resultierende Subluxationsstellung

des Talus könnte eine wesentliche und bislang noch nicht konsequent untersuchte Ursache für eine Früharthrose nach operativer Versorgung von Pronations-Eversions-Verletzungen sein. So konnte im eigenen Krankengut bei 20% der Patienten, die wegen einer schweren Arthrose des OSG einer 4-Schrauben-Arthrodesen ( $n=64$ ) zugeführt wurden, neben einer schweren Sprunggelenk-arthrose eine weite Gabelstellung objektiviert werden.

Die Artikulation zwischen Fibula und Tibia ist in 3 Etagen angelegt. Gray [13] unterscheidet dabei eine proximale tibiofibulare Syndesmosen, die Membrana interossea cruris und die distale tibiofibulare Syndesmosen:

- ▶ Die proximale Syndesmosen entspricht einem wenig mobilen syndesmalen Gelenk, das von den Ligg. capitis fibulae anterius und posterius geführt wird. Der vordere Zügel verläuft nahezu horizontal vom Tuberculum Gerdyi zur Spitze des Fibulaköpfchens. Der hintere Zügel ist kurz, verläuft schräg von medial nach lateral absteigend unterhalb des Ansatzes des M. popliteus vom Tibiakopf zum dorsalen Aspekt des Fibulaköpfchens.
- ▶ Die Membrana interossea cruris (MIC) stellt eine mechanisch relativ schwache Bandverbindung dar, dessen fibröse aponeurotische Fasern von der Margo interossea tibiae, von medial nach lateral absteigend, zur Margo interossea fibulae, in einem Winkel von 70° zur Fibulalängsachse ziehen. Knapp unterhalb

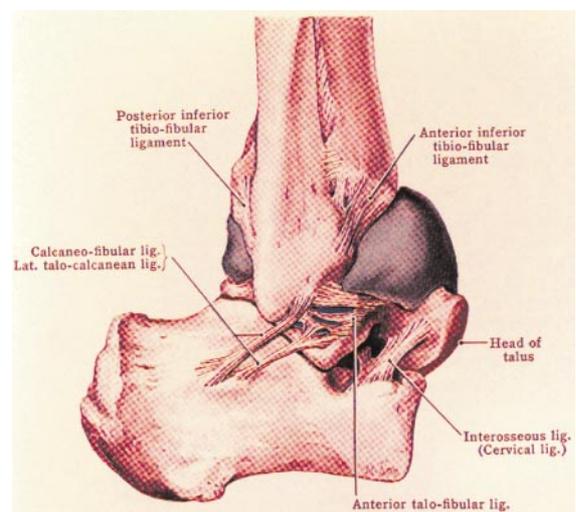


Abb. 2 ▶ Syndesmosenkomplex von seitlich gesehen. (Aus [13])

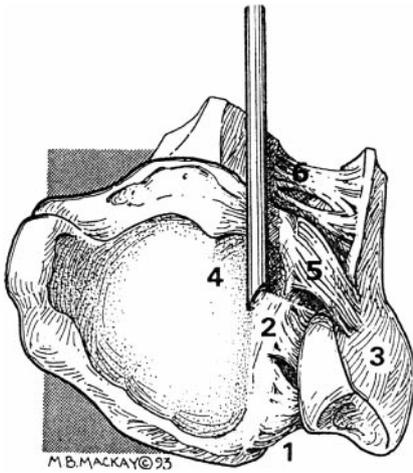


Abb. 3 ▲ Schematische Darstellung der 3 wesentlichen Syndesmosenbänder bei der Arthroskopie des OSG (1 LTFP, 2 LTFI, 3 Fibula, 4 Tibiaplafond, 5 LTFA, 6 Membrana interossea distalis). (Mod. nach [41])

der oberen Syndesmose passiert über eine Lücke die A. tibialis anterior und distal, über eine Unterbrechung des Faserverlaufs, ein R. perforans der A. fibularis, der bei Syndesmosenverletzungen rupturieren kann.

- Die distale tibiofibuläre Syndesmose (Abb. 2, 3) wird im wesentlichen von 5 Bandverbindungen gebildet. Man unterscheidet anatomisch von ventral nach dorsal das Lig. tibiofibuläre anterius (LTFA), das Lig. tibiofibuläre interosseum (LTFI), den distalen Anteil der Membrana interossea cruris (MIC), das Lig. tibiofibuläre posterius (LTFP) und das Lig. tibiofibuläre transversale (LTFT).

#### Lig. tibiofibuläre anterius

Das vordere Syndesmosenband verläuft schräg von medial nach lateral absteigend in einem Winkel von  $40^\circ$  zur Fibulalängsachse vom Tuberculum anterius tibiae (Tubercule de Chaput) über den Vorderrand der Incisura fibularis tibiae zum Vorderrand der Facies articularis malleolaris lateralis und zur Vorderfläche des Außenknöchels [5, 13, 14, 20, 21, 26, 29, 34, 53].

Meist ist das LTFA doppelt angelegt und weist eine Lücke von 1,6 mm auf, durch die Blutgefäße in das Band eintreten. Es ist durchschnittlich 16 mm lang und an seinem tibialen Ursprung

ebenso breit, wohingegen die fibulare Insertion mit 13 mm Breite deutlich schmaler ist. Die Steifigkeit des LTFA beträgt durchschnittlich 5 kp/mm, die Reißfestigkeit bei Frauen 60 kp und Männern 95 kp [52]. Zum Vergleich beträgt die Steifigkeit des hinteren Syndesmosenbandes ebenfalls durchschnittlich 5 kp/mm, die Reißfestigkeit bei Frauen 70 kp und bei Männern 120 kp [52], (s. Abb. 2, 3).

Nach Wruhs et al. [64] wird bei axialer Krafteinleitung und unter statischen Lastbedingungen die maximale Zugspannung des vorderen Bandzügels in Neutralstellung und/oder Plantarflexion des OSG erreicht, wohingegen bei einer Dorsalflexion keine Zugspannung gemessen wird [64]. Dies wird mit der dabei erfolgenden Rotation der Fibula erklärt, die eine relative Entspannung während des Auseinanderweichens der Sprunggelenkgabel bei Dorsalflexion ermöglichen soll. Die maximale Zugspannung des hinteren Bandzügels erfolgt in Dorsalflexion und Neutralstellung des OSG.

Aus den für die beiden Syndesmosenbänder ermittelten Werten für Steifigkeit und Festigkeit ergibt sich, dass es für die statische Belastungssituation des OSG nur einer geringen Rückstellkraft bedarf, um einen exakten Gabelschluss zu gewährleisten.

#### Lig. tibiofibuläre interosseum

Dieser Anteil des Syndesmosenkomplexes, auch Lig. malleoli lateralis intermedium von Lutz [34] genannt, wird nicht von allen Autoren beschrieben. Heim [17] hat die Bedeutung dieses Bandes schon vor 17 Jahren hervorgehoben, während Lanz u. Wachsmuth zuletzt in der 1936er Ausgabe [29], Lauge-Hansen [30, 31, 32], Weber [59] und Willenegger [60] dieses Band überhaupt nicht erwähnen (s. 3).

Frühere Untersuchungen zeigten die mechanisch relevante Bedeutung dieses Bandes, das einem distalen Verstärkungszug der Membrana interossea entspricht, der 1 QF oberhalb der Incisura tibiae erkennbar und unterschiedlich tief und stark in diese hineinzieht [66]. Dieser Bandzügel ist nur wenig dehnbar, schwer zerreißlich und weist neben Fettzellen und kollagenen Fasern zahlreiche elastische Fasern auf, welche annähernd in der Verlänge-

rungslinie der Rotationsebene des OSG von der Tibia zur Fibula verlaufen [19, 34]. Dieser auch als Syndesmosenplatte bezeichneten Struktur wird sowohl eine Puffer-, als auch eine gewisse Stabilisatorfunktion zugeschrieben [17, 19].

#### Membrana interossea cruris distalis

Der distale Anteil der Membrana interossea cruris verläuft mit fibrösen aponeurotischen Fasern, in einem Winkel von  $70^\circ$  zur Fibulalängsachse, von medial nach lateral absteigend und rekrutiert sich aus den kranial auslaufenden Fasern des LTFA und LTFP.

#### Lig. tibiofibuläre posterius

Das LTFP ist der stärkste Bandzügel des distalen Syndesmosenkomplexes (s. 2, 3). Er verläuft vom Tuberculum posterius nach kaudal und lateral, von anterior nach posterior zur Fossa malleoli lateralis. Er ist mit 20 mm etwas länger als das vordere Syndesmosenband. Sein tibialer Ursprung ist mit 18 mm und seine fibulare Insertion ist mit 12 mm im Vergleich zum LTFA etwas breiter. Der Bandzügel ist durchschnittlich 6,3 mm dick, wohingegen der Durchmesser des LTFA lediglich 4 mm beträgt. Die Neigung der Faserrichtung zur Fibulalängsachse beträgt ca.  $50^\circ$ , zur Inter-malleolarachse  $31^\circ$ .

Das hintere Syndesmosenband begrenzt in Verbindung mit dem transversalen Zügel den dorsalen Spalt zwischen distaler Tibia und Außenknöchel dergestalt, dass der Gelenkraum nach hinten vergrößert wird. Bei einer Dorsalextension schmiegt sich das Sprungbein dem hinteren Band an [64]. Die Facies articularis intermedia posterior tali entspricht einer notwendigen Adaptation, die durch den bei Plantarflexion zwischen Band und Knochen auftretenden hohen Schleifdruck entsteht [53]. Die maximale Anspannung des Bandes erfolgt in Dorsalflexion und Neutralstellung [64].

#### Lig. tibiofibuläre transversale

Das LTFT ist als distaler Schenkel des LTFP nicht immer von diesem klar abzutrennen [5]. Es stellt jedoch einen eigenständigen, mehr fibrokartilaginären Bandzügel dar, der von der gelenknahen hinteren Tibiakante, fast hori-

zontal verlaufend, zum Unterrand des Tuberculum posterius fibulae zieht.

## Biomechanik

Beim Sohlenstand besteht im Idealfall kein Dreh- und Schermoment im OSG und der auf die Gelenkflächen verteilte Druck entspricht dem Körpergewicht bzw. der applizierten Last [64]. Dieses Kräftegleichgewicht erklärt die geringe Zugspannung, die experimentell und bei rein statischer Belastung in den verschiedenen Bandanteilen der Syndesmose gemessen werden [52]. Es bedarf somit nur einer geringen Rückstellkraft des Bandkomplexes, um unter statischen Bedingungen einen exakten Gabelschluss zu gewährleisten.

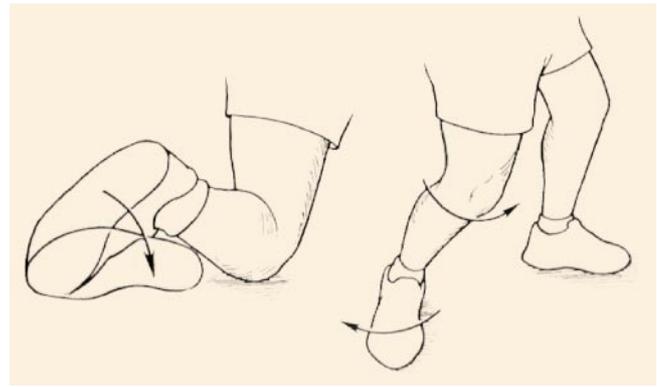
Die experimentellen Ergebnisse von Pereira et al. [45] unterstützen diese Sichtweise. Genannte Autoren hatten unter rein statischer axialer Belastung bei Sprunggelenken, bei denen der distale Syndesmosenkomplex komplett durchtrennt worden war, keine Lateralisation des Talus und auch keine Verminderung der Kontaktfläche der artikulierenden Gelenkflächen objektivieren können. Die Fibula kann, wie Wruhs et al. [64] ausführen, unter diesen Lastverhältnissen mit dem Spurkranz eines Wagonrades verglichen werden, indem es die Kongruenz der tibiotalaren Gelenkfläche sichert und eine Dislokation verhindert.

Anders ist die Situation allerdings bei dynamischen Lastbedingungen, wenn beispielsweise bei einer insuffizienten Knöchelgabel auf den Fuß ein Außenrotationsstress ausgeübt wird. In dieser Situation und dies wird durch die Arbeiten von Xenos et al. [65] eindrucksvoll belegt, ist die Fibula, die nach lateral und dorsal abweicht nicht mehr in der Lage die Kongruenz der Articulatio talocruralis zu sichern, sodass der Talus nach außen rotiert. Auch ist die Beobachtung von Peter et al. [46] von Interesse, die feststellten, dass die Fibula normalerweise zwischen 10 und 17% der auf den Unterschenkel eingeleiteten Last trägt und diese Eigenschaft bei einer insuffizienten tibiofibularen Syndesmose verlorengeht.

## Pathomechanik

Eine Innenrotation des Unterschenkels gegen den in forcierter Eversion (d. h.

Abb. 4 ►  
Darstellung des  
Pronations-Eversions-  
Mechanismus. (Mod.  
nach [5])



Außenrotation des Talus [66] und Pronation stehenden fixierten Fuß, der gleichzeitig im OSG dorsalflektiert ist, führt pathomechanisch zur Verletzung der distalen Syndesmose [5] (Abb. 4, 5).

Der nach außen rotierte Talus wird dabei gegen die Fibula gedrückt, die Knöchelgabel durch die gleichzeitige Dorsalflexion aufgeweitet und die Syndesmose unter Spannung gebracht. Die Innenrotation des Unterschenkels führt dann zur Ruptur des Bandkomplexes, dessen einzelne Bandzüge, wie gezeigt wurde, nur über eine geringe Reißfestigkeit verfügen. Dieser Pathomechanismus gilt auch als Ursache für die Pronations-Eversions-Frakturen Typ IV nach Lauge-Hansen, die eine Ruptur des medialen Kollateralbandes oder Fraktur des Innenknöchels, eine komplette Zerreißung der tibiofibularen Syndesmose sowie der Membrana interossea bis zur Höhe der Fibulafraktur sowie eine Fraktur der Fibula, proximal der distalen tibiofibularen Syndesmose, beinhalten [30, 31, 32, 46].

Die Pronations-Eversions-Frakturen machen etwa 8–11% [30, 31, 32] aller Knöchelfrakturen aus und gehen mit der höchsten Arthroserate [17, 59, 60, 66] einher.

Für eine Maisonneuve-Verletzung konnte Pankovich [44] in den ersten Stadien zuerst eine Ruptur des LTFA, danach der Membrana interossea und des LTFI und zuletzt entweder eine Fraktur des Volkmann-Dreiecks oder eine Ruptur des LTFP beobachten, wobei der Syndesmosenkomplex über die vom Talus fortgeleitete forcierte Außenrotation der Fibula zirkulär aufreißt. In einem weiteren Stadium frakturiert die Fibula infolge des Valgus- und Rotationsstress.

## Diagnostik

### Klinisch

In der Regel klagt der Patient mit einer akuten oder chronischen Ruptur der distalen Syndesmose über Schmerzen, die in den vorderen lateralen Gelenkspalt projiziert und durch eine Dorsalflexion des Fußes akzentuiert werden.

Liegt infolge einer Syndesmoseninsuffizienz eine relevante Gabelinstabilität vor, wird ein diffuses Instabilitätsgefühl des OSG, das vorwiegend in der letzten Phase des Auf Fußens einsetzt, angegeben. Schwellneigung und eine häufig schmerzbedingt eingeschränkte Dorsalflexion ergänzen den relativ unspezifischen Symptomenkomplex. Hinweisend kann auch eine länger zurückliegende "Sprunggelenkdistorion" sein, die nicht richtig zur Ausheilung gekommen ist oder ein protrahierter Verlauf nach Fraktur des OSG.

Für die Abklärung einer isolierten und/oder chronischen Syndesmosenverletzung bzw. -instabilität werden folgende Tests vorgeschlagen, wobei nach übereinstimmender Meinung [1, 5, 11, 41, 55] dem Außenrotationstest nach Frick die höchste Sensivität zukommt.

### Test nach Frick

Der Patient nimmt für die Durchführung des Tests eine sitzende Position ein, die Kniegelenke sind 90° gebeugt und das OSG wird mit der Hand in Neutralposition gehalten. In dieser Stellung wird mit der einen Hand der Unterschenkel fixiert und mit der anderen eine passive Außenrotation des Fußes ausgeübt. Der Test gilt als positiv, wenn ein Schmerz über der anterioren



Abb. 5 ▲ Seitliche Darstellung der Pronations-Eversions-Stellung des Fußes mit gleichzeitiger Dorsalflexion des OSG und innenrotiertem Unterschenkel

oder posterioren Syndesmosen bzw. Membrana interossea ausgelöst werden kann.

Ein positiver Test weist auf eine Irritation des tibiotalaren Gelenks hin, die nach Ogilvie et al. [41] durch ein abgerissenes LTFI und/oder einen chondralen Flake ausgelöst wird (Abb. 6). Ein Nachweis einer Syndesmoseninsuffizienz gelingt mit diesem Test allerdings nicht.

#### Distaler tibifibularer Kompressionstest

In sitzender Position wird bei hängendem Unterschenkel knapp unterhalb der Mitte des Unterschenkels die Fibula



Abb. 6 ◀ Frick-Test

gegen die Tibia komprimiert. Der Test gilt als positiv, wenn ein Schmerz über der anterioren oder posterioren Syndesmosen bzw. Membrana interossea ausgelöst werden kann.

#### Palpationstest

Am liegenden Patienten wird die vordere Syndesmosen palpirt. Der Test gilt als positiv, wenn sich bei digitaler Kompression der vorderen Syndesmosen ein Druckschmerz auslösen lässt.

#### Dorsalflexion-Kompressions-Test

In sitzender Position des Patienten wird bei frei hängendem Unterschenkel und dorsalflektiertem Fuß knapp unterhalb der Mitte des Unterschenkels die Fibula gegen die Tibia komprimiert. Der Test gilt als positiv, wenn ein Schmerz im Bereich der vorderen Syndesmosen ausgelöst werden kann.

#### Radiologisch

Zur röntgenologischen Abklärung einer frischen isolierten Ruptur des LTFI gilt nach Frick [12] nur die Arthrographie innerhalb der ersten 48 h nach Verletzung als beweisend (Abb. 7).

Bei chronischer Syndesmoseninstabilität sind Standardaufnahmen beider OSG in 2 Ebenen sowie Aufnahmen beider OSG a.-p. in 20° Innenrotation (mortise view) erforderlich, um im Seitenvergleich die Weite des "espace claire" nach Chaput exakt bestimmen zu können. Nach eigener Erfahrung sind insbesondere Belastungsaufnahmen des OSG a.-p. mit 20° Innenrotation besonders dazu geeignet, den "espace claire" (s. unten) exakt beurteilen zu können.

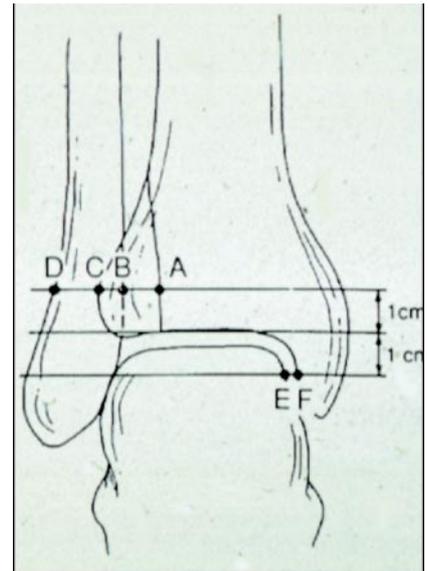


Abb. 7 ▲ Schematische Darstellung des OSG. A: lateraler Rand des Tuberculum posterius, B: medialer Rand Fibula, C: lateraler Rand des Tuberculum anterius, D: lateraler Rand der Fibula, E: medialer Rand des Talus, F: lateraler Rand des Innenknöchels; Distanz A-B: "espace claire" nach Chaput (TCS), Distanz B-C: maximale Überlappung des Tuberculum anterius (TFO), Distanz E-F: mediale Gabelinsuffizienz (MCS)

Das Tuberculum anterius tibiae (Tubercule de Chaput) ist prominenter als das posteriore und projiziert sich daher in der a.-p.-Übersichtsaufnahme über den medialen Rand der Fibula nach lateral (s. Abb. 7). Der Abstand zwischen dem lateralen Rand des Tuberculum posterius und dem medialen Rand der Fibula wird als "espace claire" nach Chaput bezeichnet. Bei einer Syndesmoseninsuffizienz ist dieser Abstand vergrößert. Von weiterem Interesse ist der Abstand zwischen lateralem Rand der Tibia (Tuberculum anterius) und medialem Rand der Fibula, der sich bei Vorhandensein einer Syndesmoseninsuffizienz verkleinern wird (s. Abb. 7).

#### Espace claire nach Chaput

Der "espace claire" nach Chaput (total clear space, TCS; s. Abb. 7) wird 1 cm oberhalb des Tibiaplafonds sowohl in der a.-p.- als auch in der a.-p.-20°-Innenrotationsaufnahme des OSG (mortise view) bestimmt, indem der Abstand zwischen medialem Rand der Fibula und dem lateralem Rand des Tuberculum posterius ausgemessen und mit

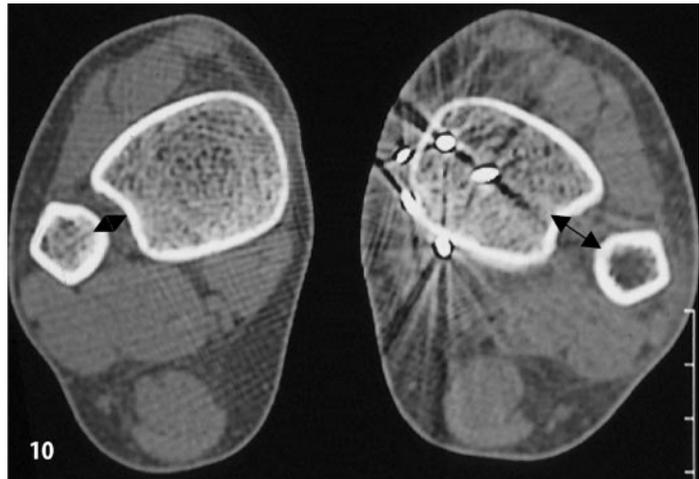
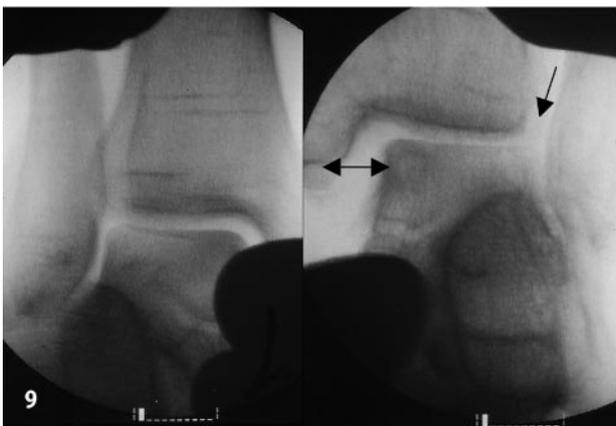


Abb. 8 ▲ Chronische Syndesmoseninsuffizienz nach operativer Versorgung einer Pronations-Eversions-Verletzung rechts mit gleichzeitiger Impressionsfraktur der lateralen Talusschulter und Impressionsfraktur der ventralen Tibiakante. Im Seitenvergleich zu links pathologischer TCS und verkleinertes TFO

Abb. 9 ▲ Syndesmosenstresstest im Rechts-links-Seitenvergleich in 20° Innenrotation. Die eine Hand umgreift die laterale Tibiakante und fixiert den Unterschenkel unter Aussparung der Fibula, während die andere Hand den Rückfuß abduziert. Man beachte den pathologischen TCS (Pfeil) und MCS (Doppelpfeil) im Bild rechts

Abb. 10 ▲ Patient mit chronischer Syndesmoseninsuffizienz nach Pronations-Eversions-Fraktur. In der axialen Schicht zeigt sich ein doppelt so weiter Syndesmosenspalt (Doppelpfeil) links gegenüber rechts

Abb. 11 ▲ Gleicher Patient, frontale Rekonstruktion des OSG. Man beachte die Subluxationsstellung des Talus nach lateral (Pfeil) und den weiten Syndesmosenspalt (Doppelpfeil)

der Gegenseite verglichen wird. Als normal gelten Werte kleiner 6 mm (Normalwert für die a.-p.-Aufnahme 3,6 mm, für die mortise view 4,6 mm [4]).

### Maximale Überlappung des Tuberculum anterius

Bei der maximalen Überlappung des Tuberculum anterius (total fibular overlapping, TFO, s. Abb. 7) wird 1 cm oberhalb des Tibiaplafonds sowohl in der a.-p.- als auch in der a.-p.-20°-Innenrotationsaufnahme des OSG (mortise view) der Abstand zwischen medialem Rand der Fibula und lateralem Rand der Tibia (Tuberculum anterius) bestimmt und

mit der Gegenseite verglichen. Als normal gelten Werte größer 6 mm [4].

### Mediale Gabelweite

Bei der medialen Gabelweite (medial clear space, MCS, s. Abb. 7) wird 1 cm unterhalb des Tibiaplafonds bei der a.-p.-20°-Innenrotationsaufnahme des OSG der Abstand zwischen lateralem Rand des Innenknöchels und medialem Rand des Talus bestimmt und mit der Gegenseite verglichen. Werte über 4 mm werden als pathologisch angesehen [4]. Im Zweifelsfall sollte immer eine Syndesmosenstressaufnahme durchgeführt werden (Abb. 8, 9).

Als pathologisch und hinweisend auf eine Syndesmoseninsuffizienz gelten ein "espace claire" nach Chaput (TCS) größer 6 mm, eine maximale Überlappung des Tuberculum anterius (TFO) kleiner 6 mm sowie eine MCS größer 4 mm [4, 10, 19, 42] (s. Abb. 8).

### Computertomographie des OSG

Die Computertomographie (CT) ist nach eigener Erfahrung für die Diagnosestellung einer Syndesmoseninsuffizienz die aussagekräftigste Untersuchung. Mit dieser Technik gelingt es Diastasen ab 2 mm, welche sich einer

konventionellen Röntgen-Diagnostik entziehen, zu objektivieren [10, 14, 15, 65] (Abb. 10).

Die Incisura fibularis tibiae ist in 60% der Fälle konkav und in 40% nur angedeutet konkav angelegt. Die Tiefe der Incisura tibiae variiert dabei von 1,0–7,5 mm mit einem Durchschnitt von 4,5 mm. Die Länge der Incisur schwankt zwischen 14 und 29 mm mit einem Durchschnitt von 23 mm. Der Neigungswinkel der Inzisur zur Frontalebene wird im Mittel mit 62° angegeben. In der axialen Schicht zeigt sich zudem mit durchschnittlich 4 mm eine deutliche Dorsalstellung der Tibia gegenüber der Fibula [10, 19].

### Technik der CT-Analyse

Die axiale Schichtung beginnt knapp unterhalb des Subtalargelenks und erstreckt sich bis ca. 3 cm oberhalb des Tibiaplafonds. Die Schichtdicke sollte mindestens 1,5 mm betragen, um eine qualitativ gute frontale Rekonstruktion zu ermöglichen; 1 cm oberhalb des Tibiaplafonds wird der Abstand zwischen der tiefsten Stelle der Incisura fibularis tibiae und der gegenüberliegenden Fibula sowie die anteriore Überlappung der Tibia gegenüber der Fibula im Seitenvergleich bestimmt (s. Abb. 13). Bei der zweitgenannten Messung wird der Abstand zwischen den Tangenten, die an den Vorderrand des Tuberculum anterius und an den Vorderrand der Fibula gelegt werden, bestimmt (Normalwert  $17 \pm 4$  mm [19]).

Nach eigener Meinung kommt einer vergleichenden Beurteilung des Syndesmosenspalts in der frontalen Rekonstruktion entscheidende Bedeutung zu. Diese Untersuchung objektiviert am eindruckvollsten eine Subluxationsstellung des Talus nach lateral und ermöglicht die Indikationsstellung zur operativen Korrektur (Abb. 11). Daneben erlaubt die CT des OSG die qualitative Beurteilung der Fibulatorsion (s. Abb. 16) im Seitenvergleich sowie eine Objektivierung von etwaigen Verkürzungen der Fibula.

Computertomographisch müssen nach Ebraheim et al. [10], Harper et al. [15], Jend et al. [22], Leeds u. Ehrlich [33] sowie Xenos et al. [65] Diastasen, die im Seitenvergleich größer 2 mm sind, als pathologisch angesehen werden.

## Kernspintomographie

Das Interesse an der kernspintomographischen Diagnostik von Syndesmosenverletzungen hat in der letzten Zeit deutlich zugenommen [38, 58]. Das Verfahren besitzt in der Hand des geübten Untersuchers eine hohe Sensivität. Diese Untersuchungstechnik hat die noch in den 80er Jahren [63] häufig durchgeführte Arthrographie des OSG abgelöst. Nach Muhle [38] lassen sich in Dorsalflexion des OSG alle relevanten Bandstrukturen des distalen Syndesmosenkomplexes unterscheiden.

## Therapie

### Bedeutung der Stellschraube

Bei der Versorgung von frischen Syndesmosenrupturen, die im Rahmen von Malleolarfrakturen therapiert werden, gilt die trikortikale Syndesmosenstellschraube als "Golden-standard-Verfahren" [6, 25, 35, 37, 39, 46]. Biomechanische Untersuchungen von Xenos et al. [65] zeigen, dass eine einfache Naht des vorderen Syndesmosenbandes bei einem Drehmoment von 2 Nm reißt, wohingegen die Bruchlast einer Syndesmosenretention mit einer 3,5 mm trikortikalen Stellschraube 6,2 Nm beträgt und ein Versagen der Retention mit zwei 3,5-mm-Stellschrauben bei einem Drehmoment von 11 Nm eintritt.

### Technik der Platzierung der Stellschraube

Die Stellschraube wird im eigenen Vorgehen, wie von Henkemeyer et al. [18] empfohlen, 2 cm oberhalb der Gelenkebene in einem Winkel von 30° von dorsal nach ventral und parallel zum Tibiaplafond eingebracht (s. Abb. 14), wobei der Fuß gleichzeitig in maximaler Dorsalflexion [35] zu halten ist. Wird die Schraube richtig platziert, liegt sie in der Rotationsebene des OSG, d. h. in einer gedachten Verbindungslinie von der Innenknöchel- zur Außenknöchelspitze. Für die Platzierung der korrekten Schraubenlage ist es nach eigener Erfahrung wichtig, die Fibula praeliminär mit einem 1,8-mm-Kirschner-Draht zur Tibia nach "Einrasten" in der Inzisur zu halten und diesen erst nach Schraubenplatzierung wieder zu entfernen.

### Problematik der Stellschraube

Die operative Technik zur Platzierung der Stellschraube ist zwar einfach und bewirkt eine biomechanische Stabilität [6, 46, 65], weist jedoch einige gravierende Nebenaspekte auf.

So werden Ossifikationen im Bereich des Stellschraubenkanals beschrieben [40, 57], die zu einer Synostose führen und damit Auslöser für eine Präarthrose des OSG im Sinne der "tibiofibularen Funktionsstarre" sein können [40]. Dabei kann nach Ney et al. [40] die Immobilisation der mediolateralen Beweglichkeit der Fibula als prädisponierender Faktor für eine Arthroseentstehung angesehen werden, wohingegen

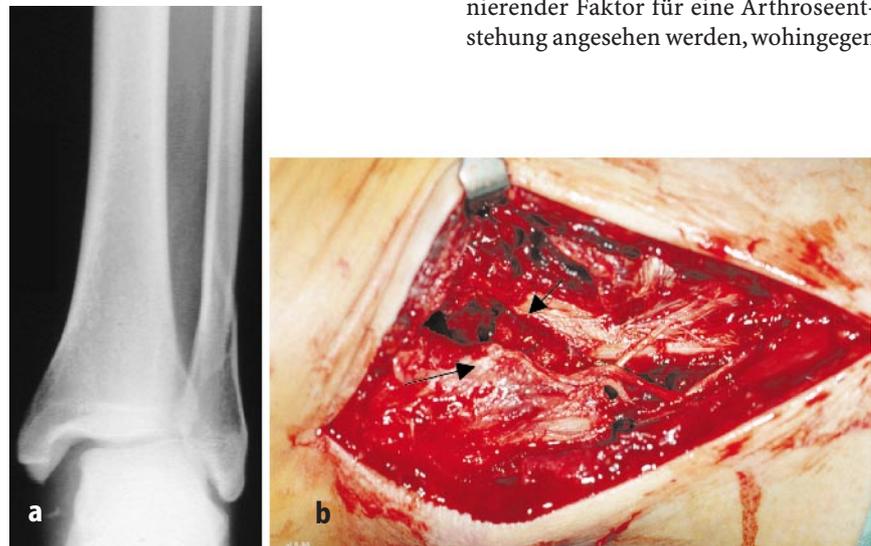


Abb. 12 ▲ a Supinations-Eversions-Fraktur III mit Innenbandruptur. Intraoperativ klaffender ventraler Syndesmosenspalt (b) (Pfeile)

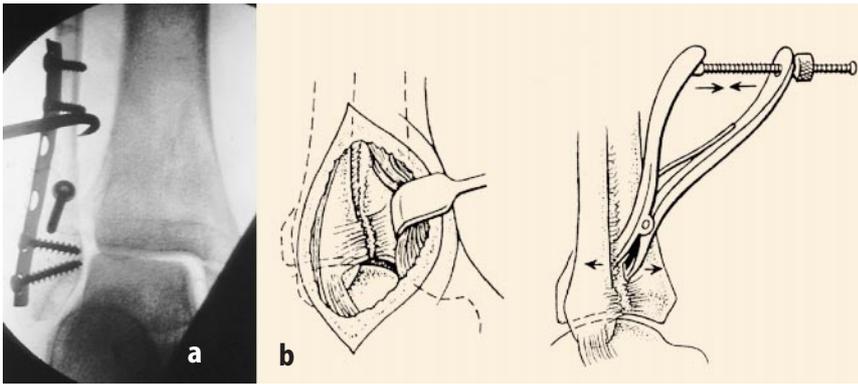


Abb. 13 a, b ▲ Intraoperative Überprüfung der Syndesmosenstabilität. a Bild durch Zug mit dem Einzinkerhaken Zunahme des MCS und TCS. b Schematische Darstellung des Tests mit Abweichung der Fibula nach dorso-lateral. (Mod. nach [17])

eine Einschränkung der dorsoventralen Beweglichkeit keinen negativen Einfluss zu haben scheint.

Wie Riegels-Nielsen et al. [50] zeigen konnten, behindert die Stellschraube nicht die im Rahmen der Dorsalflexion auftretende posteriore und laterale Ausweichbewegung sowie Rotation der Fibula, sondern limitiert bei einer Plantarflexion über 15° die Bewegung der Fibula nach medial. An dieser Problematik wird auch die unlängst vorgeschlagene Fixierung der Syndesmose mit biodegradabler Stellschraube nichts [27] ändern.

Ramsey et al. [47] sowie Peter et al. [46] zeigten, dass im gesunden Sprunggelenk die Lasteinleitung auf den Talus zentrisch erfolgt, nach Stellschraubenplatzierung diese jedoch nach lateral versetzt ist. Kaye [25] weist auf Osteolysen im Bereich der Stellschraube bei 2/3 seiner Patienten und auf Ossifikationen der interossären Region bei weiteren 23% hin. Lokale Beschwerden, Schmerz oder Implantatbruch werden von Miller et al. [37] angeführt. Deshalb fordern diese Autoren eine übungsstabile, dynamische Syndesmosenretention, um die Vitalität und Funktion dieses wichtigen Bandkomplexes auf Dauer garantieren zu können.

### Akute isolierte Ruptur des LTFA

Bei klinisch, arthrographisch oder im MRT nachgewiesener isolierter Ruptur des LTFA wird eine konservativ-funktionelle Therapie empfohlen [5,66].

### Akute Ruptur des distalen Syndesmosenkomplexes bei OSG-Luxationsfrakturen

Wird bei intraoperativer Revision nur eine Verletzung des vorderen Syndesmosenbandes nachgewiesen und lässt sich nach Stabilisierung der Fibulafraktur, bei Inspektion des vorderen Anteils

der Inzisur, weder durch das von Heim vorgeschlagene Manöver des Hakenzuges der Fibula nach hinten (Abb. 12, 13), noch durch einen Frick-Test (s. Abb. 9, 19) ein Aufklaffen nachweisen, so kann auf eine Stellschraubenplatzierung verzichtet werden.

Zeigt die intraoperative a.-p.-Röntgenaufnahme (20°IR) einen erweiterten "espace claire" bereits ohne Stress bzw. klappt die Syndesmose (s. Abb. 12) während dieses Stresstests klinisch oder unter Durchleuchtung bei seitlichem Hakenzug der Fibula (s. Abb. 13) mit dem Einzinkerhaken, was für eine zusätzliche Verletzung des LTFI spricht, so sollte immer eine Stellschraube in der oben genannten Technik platziert werden.

Im Falle einer kompletten Ruptur des gesamten distalen Syndesmosenkomplexes sollten, falls eine im Rahmen einer Maisonneuve-Verletzung aufgetretene weit proximale Fibulafraktur nicht osteosynthetisch versorgt wird, in jedem Falle 2 Stellschrauben platziert werden. Durch nur eine Stellschraube kann die Fibula nicht rotationsstabil retiniert werden.



Abb. 14 a-d ► Pronations-Eversions-Fraktur IV mit kompletter Zerreißung des gesamten unteren Syndesmosenkomplexes (a, b) präoperativ und nach operativer Standardversorgung (c, d)

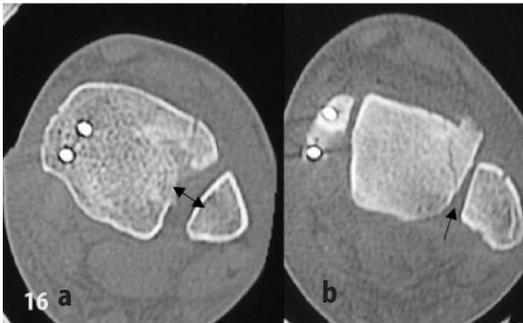


Abb. 15 ▲ Pronations-Eversions-Fraktur IV, mit kompletter Zerreißung des Syndesmosenkomplexes

Abb. 16a, b ▲ Postoperative axiale CT-Kontrolle. a Im Bild zeigt sich ein pathologisch weiter Syndesmosenspalt (*Doppelpfeil*). b Innentorsion der Fibula. Man beachte die nur gering konkave Konfiguration der Inzisur

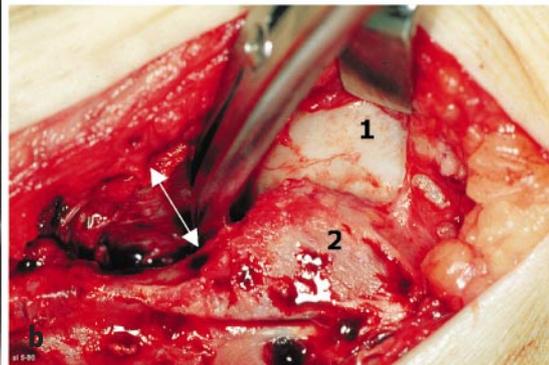


Abb. 17a, b ▲ Chronische Syndesmoseninsuffizienz nach operativ versorgter Weber-C-Fraktur (8. postoperativer Monat). a Pathologischer "espace claire" nach Chaput beim intraoperativen Stresstest mit dem kleinen Arthrodesenspreizer (Pfeil). b Die intraoperative Aufnahme von schräg oben gesehen zeigt den weiten vorderen Syndesmosenspalt (*Doppelpfeil*), (1 seitliche fibuläre Gelenkfacette des Talus, 2 Fibula)

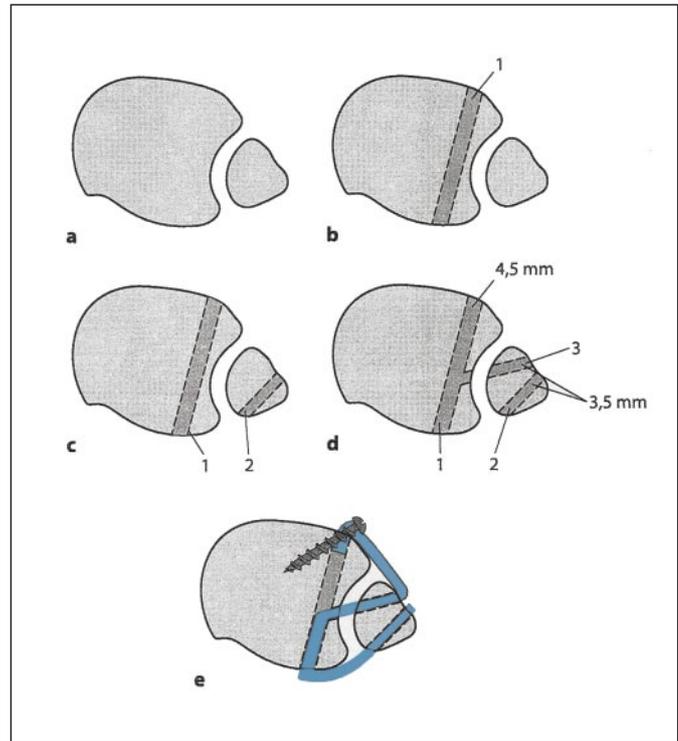


Abb. 18 ▲ a Schematische Darstellung des Bandverlaufs und der Bohrkanäle. b tibialer Bohrkanal (1), c erster fibulärer Bohrkanal (2), d, e 2. fibulärer Bohrkanal (3)

Bei Pronations-Eversions-Frakturen (Abb. 14, 15), die in der Regel mit einer kompletten Ruptur der distalen Syndesmosen einhergehen, muss nach korrekter Reposition der Fibula in die Inzisur eine Stellschraube platziert werden, um eine sichere Ausheilung des Syndesmosenkomplexes zu gewährleisten. Bei sehr flacher Inzisur (Abb. 16) gestaltet sich die Reposition der Fibula mitunter als technisch schwierig, weil sie nicht wie üblicherweise beschrieben "einrastet". In diesen Situationen und bei hochgradig instabilen Verletzungen empfiehlt es sich, das Repositionsergebnis postoperativ computertomographisch (s. Abb. 15, 16) zu überprüfen.

### Chronische Syndesmoseninsuffizienz

Durch den distalen syndesmalen Bandkomplex wird die Fibula in der Incisura fibularis tibiae dreipunktfixiert. Die schräge Anordnung der Bandzüge erlaubt ihr dabei eine Bewegung in alle Richtungen. Die von Castaing [7] vorgeschlagene Syndesmosenplastik mit Peroneus-brevis-Span realisiert durch

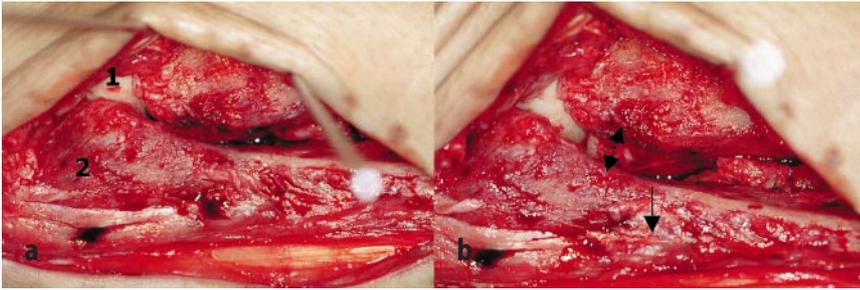


Abb. 19a, b ▲ Intraoperativer Frick-Test linkes OSG. a Vor und b bei Eversionsstress des Fußes. Man beachte die Dorsalbewegung der Fibula (Pfeil) und zunehmende Diastase des Syndesmosenspaltes (Doppelpfeil), (1 seitliche fibulare Gelenkfacette des Talus, 2 Fibula)

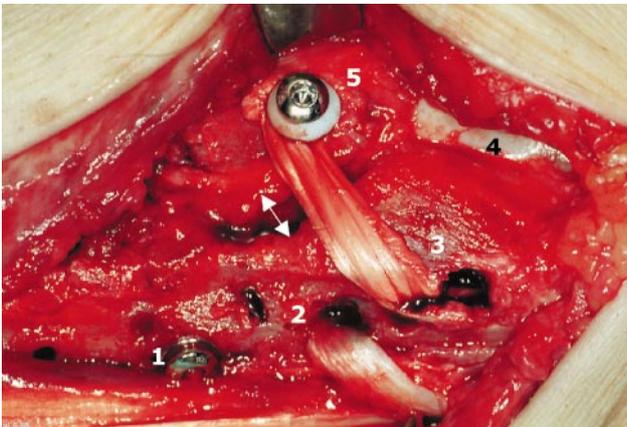


Abb. 20 ◀ Intraoperative Darstellung der modifizierten Syndesmosenplastik bei Ansicht von lateral (1 Stellschraube, 2 nach posterior zum Tuberculum posterius gehender fibularer Bohrkanal und Peroneus-longus-Span, 3 anteriorer Zügel des Spans, 4 Talus, 5 Spongiosa-schraube im tibialen Bohrkanal, Syndesmosenspalz (Doppelpfeil))

Rekonstruktion des vorderen und hinteren Syndesmosenbandes allerdings nur eine 2-Punkt-Fixierung der Fibula in der Inzisur (Abb. 17, 18, 19, 20, 21, 22).

Biomechanische Untersuchungen zur Validisierung dieses Verfahrens liegen noch nicht vor; es ist jedoch evident, dass diese Plastik einer 3-Punkt-Fixierung deutlich unterlegen sein muss.

Eine dauerhafte Bandrekonstruktion des distalen Syndesmosenkomplexes muss zum einen die komplexen Bewegungsabläufe der Fibula ermöglichen und zum anderen auch limitieren. Es erschien daher sinnvoll eine Bandplastik zu entwickeln, welche die 3 wesentlichen Bandzüge des unteren Syndesmosenkomplexes (LTFA, LTFI,

LTFP) ersetzt. Aus diesem Grunde wurde im eigenen Vorgehen bei symptomatischer chronischer Syndesmoseninsuffizienz (s. Abb. 17) das von Castaing entwickelte Verfahren dadurch modifiziert, dass neben dem Ersatz der LTFA und LTFP auch das LTFI rekonstruiert wird.

### Operative Technik der distalen Syndesmosenplastik

In Oberschenkelblutsperre wird über einen bogenförmigen lateralen Hautschnitt die vordere und hintere Syndesmosenregion sowie der Peronealsehnenverlauf dargestellt. Narben- und Pannusgewebe in der Incisur werden reseziert und die Reposition der Fibula in der Inzisur mit dem Bildwandler überprüft. Danach wird die M.-peroneus-longus-Sehne von proximal zur Hälfte bis auf Syndesmosenhöhe gespalten und mit 2.0-PDS am freien Ende intratendinös angeschlossen.

Anlegen eines a.-p. 4,5-mm-Bohrkanals, der 2,5 cm oberhalb der tibiotalaren Gelenkfläche und etwa 1,5 cm medial des tibialen Randes der Inzisur, vom Tuberculum anterius zum Tuberculum posterius tibiae, gelegt wird (s. Abb. 18b).

Der 2. 3,5 mm dicke Kanal wird auf Höhe des Tuberculum posterior fibulae schräg nach dorsal, kranial und medial gebohrt (s. Abb. 18c). Der 3. 3,5-mm-Bohrkanal wird etwas kranialer, von der Mitte des lateralen Aspektes der Fibula, auf die Mitte der Inzisur und den ersten Bohrkanal gerichtet (s. Abb. 18c).

Der an seinem freien Ende mit einem PDS-Faden armierte, halbe Peroneus-longus-Span wird zunächst in den sagittal verlaufenden tibialen Bohrkanal auf Höhe des Tuberculum posterior fibulae eingebracht und der aus dem Tuberculum anterius tibiae ausgeleitet. Mit einer Öse wird dieser im tibialen Bohrkanal liegende Armierungsfaden vom 3. Bohrkanal aus gefasst und mitsamt Span, der zwischenzeitlich ins Tuberculum posterius tibiae eingeleitet wurde, aus dem 3. Bohrloch herausgezogen.

Von lateral nach medial ansteigend wird der Span dann über den Vorderrand der Facies articularis malleolaris lateralis, Vorderfläche des Außenknöchels und Vorderrand der Incisura fibularis tibiae, zum Bohrkanal im

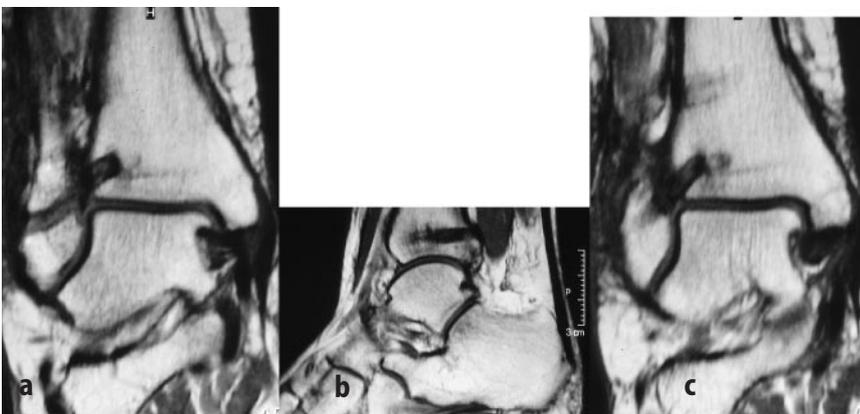


Abb. 21a–c ▲ Gleicher Patient, wie in Abb. 21. Die MRT-Kontrolle nach Entfernen der Stellschraube zeigt 8 Monate nach Syndesmosenplastik den stabilen Gabelschluss und den Verlauf des halben Peroneus-longus-Spans. a 3. Bohrkanal und Span (s. Abb. 18d), b dorsaler Anteil des tibialen Bohrkanals mit Span (s. Abb. 18b), c über den Vorderrand der Facies articularis malleolaris lateralis, Vorderfläche des Außenknöchels und Vorderrand der Incisura fibularis tibiae, zum Bohrkanal im Bereich des Tubercule de Chaput ziehender Spananteil (s. Abb. 18e)

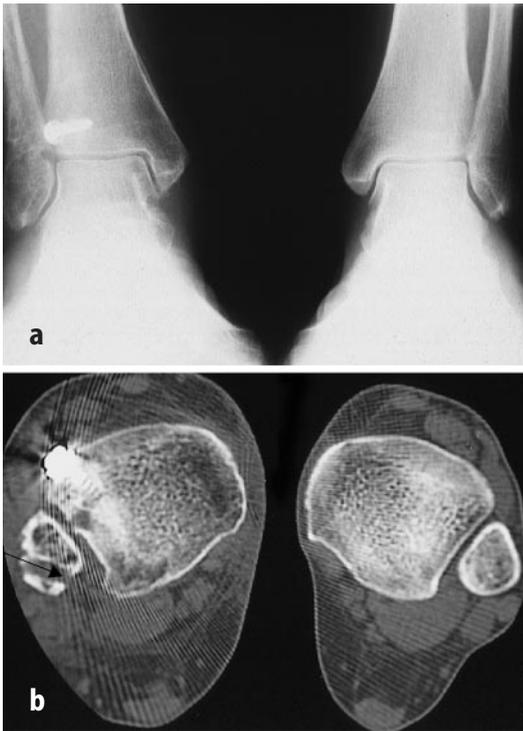


Abb. 22a, b ◀  
**Gleicher Patient wie in Abb. 21. Postoperative Belastungsaufnahme in 20°IR sowie CT-Kontrolle. Korrekte Gabelstellung in der a.-p.-20°-Innenrotationsbelastungsaufnahme des OSG (a) und korrekte Syndesmosenweite in der axialen CT-Schicht (b). Der Pfeil in der axialen Schicht links liegt im nach dorsal verlaufenden ersten fibularen Bohrkanal (s. Abb. 18c)**

mm-Bohrkanal im Bereich des “Tubercule de Chaput” geführt. Unter Straffung des vollständig durchgezogenen Sehnenstrangs wird nun die Beweglichkeit der Fibula in der Inzisur mittels Frick-Test überprüft und der Span unter Spannung mittels einer 3,5 mm Spongiosa-schraube mit Zackenkranzunterleg-scheibe, die in den anterioren Bohrkanal schräg eingebracht wird, fixiert (s. Abb. 18e, 20).

Zur Sicherung der Sehnenplastik wird eine temporäre Stellschraube platziert. Die Nachbehandlung erfolgt im Gehgips unter Teilbelastung des Beins. Die Stellschraube wird in der 8. postoperativen Woche ambulant entfernt.

## Fazit für die Praxis

Die Pathomechanik von Rupturen der distalen Syndesmosen im Rahmen von Malleolarfrakturen ist bekannt und wurde systematisch beschrieben. Klare Richtlinien zur Versorgung der begleitenden Fibulafrakturen, deren knöcherner Heilverlauf meist unproblematisch ist, liegen vor. Klare Regeln jedoch, wann die häufig unterschätzte und komplexe Verletzung des distalen Syndesmosenkomplexes einer operativen Therapie bedarf, um auch eine

funktionsgerechte Wiederherstellung der distalen Syndesmosen zu erreichen, deren eminente Bedeutung bei der dynamischen Führung des Talus unter Lastbedingungen aufgezeigt wurde, liegen allerdings bislang nicht vor.

Bei einem nicht unerheblichen Prozentsatz von Arthrosen des OSG, die ursächlich auf eine Inkongruenz der Articulatio talocruralis bei Syndesmoseninstabilität zurückgehen, ist es unverständlich, warum bei der Verlaufsbeurteilung nach Malleolarfrakturen dieser Problematik kein spezielles Augenmerk geschenkt wird.

Nach eigener Meinung sollte nach operativer Versorgung von Pronations-Eversions-Frakturen “de principe” ein axiales CT veranlasst werden, um eine korrekte Stellung der Fibula in der Inzisur zu überprüfen und ggf. auch Drehfehler der Fibula auszuschließen. Im Rahmen der Versorgung von Luxationsfrakturen des OSG scheint aus diesem Grunde eine subtilere intraoperative Diagnostik und Therapie der begleitenden Syndesmosenverletzung unabdingbar. Außerdem sollte eine chronische Syndesmoseninsuffizienz frühzeitig erfasst werden, um sie rechtzeitig zur Vermeidung einer Inkongruenzarthrose einer möglichst 3-Punkt-fixierten Bandrekonstruktion zuführen zu können.

## Literatur

- Alonso A, Khoury L, Adams R (1998) Clinical tests for ankle syndesmosis injury. Reliability and prediction of return to function. *J Orthop Sports Phys Ther* 27: 276–284
- Barnett Ch, Napier JR (1952) The axis of rotation at the ankle joint in man. Its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. *J Anat* 86: 1–9
- Bostmann OM (1993) Distal tibiofibular synostosis after malleolar fractures treated using absorbable implants. *Foot Ankle Int* 14: 38–43
- Brage ME, Bennett CR, Whitehurst JB, Getty PJ, Toledano A (1997) Observer reliability in ankle radiographic measurements. *Foot Ankle Int* 18
- Brosky T, Nyland J, Nitz A, Caborn DNM (1995) The ankle ligaments: Consideration of syndesmotom injury and implications for rehabilitation. *JOSPT* 21
- Burns WC, Prakash K, Adelaar R, Beaudoin A, Krause W (1993) Tibiotalar joint dynamics: indications for the syndesmotom screw. A cadaver study. *Foot Ankle Int* 14: 153–158
- Castaing J, Le Chevallier PL, Meunier M (1961) Entorse à répétition ou subluxation récidivante de la tibio-tarsienne. Une technique simple de ligamentoplastie externe. *Rev Chir Orthop* 47
- Cedell CA (1993) Supination-outward rotation injuries of the ankle. *Acta Orthop Scand* 110 [Suppl]
- Close JR (1956) Some applications of the functional anatomy of the ankle joint. *J Bone Joint Surg Am* 38: 761–781
- Ebraheim NA, Lu J, Yang H, Mekhail AO, Yeasting RA (1997) Radiographic and CT evaluation of tibiofibular syndesmotom diastasis: a cadaver study. *Foot Ankle Int* 18
- Fallat L, Grimm DJ, Saracco JA (1998) Sprained ankle syndrome: Prevalence and analysis of 639 acute injuries. *J Foot Ankle Surg* 37: 280–285
- Frick H (1978) Zur Entstehung. Klinik, Diagnostik und Therapie der isolierten Verletzung der tibiofibularen Syndesmosen. *Unfallheilkunde* 81: 542–545
- Gray H (1984) *Gray's anatomy*. Running Press, Philadelphia, PA
- Hackenbroch M, Refior HJ, Jäger M, Plitz W (1984) Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Sprunggelenkes. Thieme, Stuttgart
- Harper MC, Keller TS (1989) A radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int* 10: 156–160
- Harper MC (1993) An anatomic and radiologic investigation of the tibiofibular clear space. *Foot Ankle Int* 14: 455–458
- Heim U (1983) Malleolarfrakturen. *Unfallheilkunde* 86: 248
- Henkemeyer H, Püschel R, Burri C (1975) Experimentelle Untersuchungen zur Biomechanik der Syndesmosen. *Langenbecks Arch Chir* 369 [Suppl]
- Höcker K, Pachucki A (1989) Die Incisura fibularis tibiae. Die Stellung der Fibula in der distalen Syndesmosen am Querschnitt. *Unfallchirurg* 92: 401–406

20. Hoffmann E (1877) Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bd 1. Besold, Erlangen
21. Inman VT (1976) The joints of the ankle. Williams & Wilkins, Baltimore
22. Jend H-H, Ney R, Heller M (1985) Evaluation of tibiofibular motion under load conditions by computed tomography. *J Orthop Res* 3: 418–423
23. Johnson EE, Markolf KL (1983) The contribution of the anterior talofibular ligament to ankle laxity. *J Bone Joint Surg Am* 65: 81–89
24. Karl EL, Wrazidlo W (1987) Die frische Syndesmosenruptur am oberen Sprunggelenk. *Unfallchirurg* 90: 92
25. Kaye RA (1989) Stabilization of ankle syndesmosis injuries with a syndesmosis screw. *Foot Ankle Int* 9: 290–293
26. Kelikian H (1985) Disorders of the ankle. Saunders, Philadelphia
27. Korkala O, Kiljunen V, Salminen S, Kuokkanen H, Niskanen R (1999) Biodegradable screw fixation of the syndesmosis together with metallic osteosynthesis. Preliminary experience of 7 ankles. *Ann Chir Gynaecol* 88: 295–297
28. Koslowsky L (1965) Biomechanik und Biochemie der Gelenkfrakturen. *Langenbecks Arch Chi.* 313: 480–489
29. Lanz T, Wachsmuth W (1972) Praktische Anatomie, Bd 1, Teil 4: Bein und Statik. Springer, Berlin Heidelberg New York
30. Lauge-Hansen N (1948) Fractures of the ankle: analytic historic survey as the basis of a new experimental, roentgenologic and clinical investigation. *Arch Surg* 56: 259–317
31. Lauge-Hansen N (1950) Fractures of the ankle-II. Combined surgical and roentgenologic exploration. *Arch Surg* 60: 957–985
32. Lauge-Hansen N (1952) Fractures of the ankle-IV. Clinical use of a genetic roentgenic diagnosis and genetic reduction. *Arch Surg* 64: 488–500
33. Leeds HC, Ehrlich MG (1984) Instability of the distal tibiofibular syndesmosis after bimalleolar and trimalleolar ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am* 66: 490–503
34. Lutz W (1942) Zur Struktur der unteren Tibiofibularverbindung und der Membrana interossea cruris. *Anat Entwicklungsgesch* 111: 315
35. McBryde A, Chiasson B, Wilhelm A, Donovan F, Ray T, Bacilla P (1997) Syndesmosis screw placement: a biomechanical analysis. *Foot Ankle Int* 18: 262–266
36. Michelson JD, Waldmann B (1996) An axially loaded model of the ankle after pronation external rotation injury. *Clin Orthop* 328: 285–293
37. Miller RS, Weinhold PS, Dahners LE (1999) Comparison of tricortical screw fixation versus a modified suture construct for fixation of ankle syndesmosis injury: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 13: 39–42
38. Muhle C, Frank LR, Rand T et al. (1998) Tibiofibular syndesmosis: high-resolution MRI using a local gradient coil. *J Comput Assist Tomogr* 22: 938–944
39. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1991) Manual of internal fixation. Springer, Berlin Heidelberg New York
40. Ney R, Jend H-H, Schöntag H (1987) Tibiofibulare Beweglichkeit und Arthrose bei Patienten mit postoperativen Ossifikationen im Syndesmosenbereich des oberen Sprunggelenkes. *Unfallchirurgie* 13: 274–277
41. Ogilvie-Harris D, Reed SC (1994) Disruption of the ankle syndesmosis: diagnosis and treatment by arthroscopic surgery. *J Arthroscop Rel Surg* 10: 561–568
42. Olerud C (1985) The effect of the syndesmosis screw on the extension capacity of the ankle joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 104: 299–302
43. Ostrum RF, DeMeo P, Subramanian R (1995) A critical analysis of the anterior-posterior radiographic anatomy of the ankle syndesmosis. *Foot Ankle Int* 16: 128–131
44. Pankovich AM (1976) Maisonneuve fracture of the fibula. *J Bone Joint Surg Am* 58: 337–342
45. Pereira DS, Koval KJ, Resnick RB, Sheskiev SC, Kummer F, Zuckermann JD (1996) Tibiotalar contact area and pressure distribution: the effect of mortise widening and syndesmosis fixation. *Foot Ankle Int* 17: 269–274
46. Peter RE, Harrington RM, Henley MB, Tencer AF (1994) Biomechanical effects of internal fixation of the distal tibiofibular syndesmosis joint: comparison of two fixation techniques. *J Orthop Trauma* 8: 215–219
47. Ramsey PL, Hamilton W (1976) Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am* 58: 356–357
48. Rassmussen O, Tovborg-Jensen I, Boe S (1982) Distal tibiofibular ligaments. Analysis of function. *Acta Orthop Scand* 53: 681–686
49. Reimann R, Anderhuber F (1980) Kompensationsbewegungen der Fibula, die durch die Keilform der Trochlea tali erzwungen werden. *Acta Anat* 108: 60–67
50. Riegels-Nielsen P, Christensen J, Greiff J (1983) The stability of the tibio-fibular syndesmosis following rigid internal fixation for type C malleolar fractures: an experimental and clinical study. *Injury* 14: 357–360
51. Sarsam IM, Hughes SP (1988) The role of the anterior tibiofibular ligament in talar rotation: an anatomical study. *Injury* 19: 62–64
52. Sauer HD, Jungfer E, Jungbluth KH (1978) Experimentelle Untersuchungen zur Reißfestigkeit des Bandapparates am menschlichen Sprunggelenk. *Hefte Unfallheilkd* 131
53. Schenk R (1978) Anatomie des oberen Sprunggelenkes. *Hefte Unfallheilkd* 131
54. Sclafani SJ (1985) Ligamentous injury of the lower tibiofibular syndesmosis: radiographic evidence. *Radiology* 156: 21–27
55. Stricker PR, Spindler KP, Gautier KB (1998) Prospective evaluation of history and physical examination: variables to determine radiography in acute ankle injuries. *Clin J Sport Med* 8: 209–214
56. Takebe K, Nakagawa A, Minami H, Kanazawa H, Hirohata K (1984) Role of the fibula in weight-bearing. *Clin Orthop* 184: 289–292
57. Taylor DC, Engelhardt DL, Bassett FH (1992) Syndesmosis sprains of the ankle. The influence of heterotopic ossification. *Am J Sports Med* 20: 146–150
58. Vogl TJ, Hochmuth K, Diebold T et al. (1997) Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute injured distal tibiofibular syndesmosis. *Investig Radiol* 32: 401–409
59. Weber BG (1966) Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes. Aktuelle Probleme der Chirurgie, Bd 3. Huber, Bern
60. Willenegger H (1961) Die Behandlung der Luxationsfrakturen des oberen Sprunggelenkes nach biomechanischen Gesichtspunkten. *Helv Chir Acta* 15: 225–239
61. Wilson MJ, Michele AA, Jacobsen EW (1939) Ankle dislocations without fracture. *J Bone Joint Surg Am* 21: 198–204
62. Wirth CJ, Küsswetter W, Jäger M (1978) Biomechanik und Pathomechanik des oberen Sprunggelenkes. *Hefte Unfallheilkd* 131: 10
63. Wrazidlo W, Karl EL, Koch K (1988) Arthrographic diagnosis of rupture of the anterior syndesmosis of the upper ankle joint. *Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearmed* 148: 492–497
64. Wruhs O, Habernek H, Franek F (1978) Zur statischen Belastung der Syndesmosis tibiofibularis. *Unfallchirurgie* 13: 129–134
65. Xenos JS, Hopkinson WJ, Mulligan ME, Olson EJ, Popovic DM (1995) The tibiofibular syndesmosis. Evaluation of the ligamentous structures. Methods of fixation, and radiographic assessment. *J Bone Joint Surg Am* 77: 847–856
66. Zwipp H (1994) Chirurgie des Fußes. Springer, Wien New York