

René Grass · Achim Biewener · Stefan Rammelt · Hans Zwipp

Klinik und Poliklinik für Unfall und Wiederherstellungschirurgie,
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, TU Dresden

Frakturen des oberen Sprunggelenks

Klassifikation und operative Standardversorgung

Zusammenfassung

Die erfolgreiche operative Versorgung der oberen Sprunggelenksfraktur basiert auf einem fundierten Verständnis sowohl der Fraktur als auch der Biomechanik des oberen Sprunggelenks. Das Wissen über die Fraktur, das sich über eine pathogenetische Klassifikation der Verletzung erschließt, in Verbindung mit einem profunden biomechanischen Verständnis, sollte dabei idealerweise den Chirurgen in die Lage versetzen, ein Behandlungskonzept zu entwerfen, das gleichermaßen der operativen Versorgung der knöchernen sowie ligamentären Verletzung Rechnung trägt.

Schlüsselwörter

Obere Sprunggelenksfraktur · Biomechanik ·
Behandlungskonzept

Aufgrund der besonderen anatomischen Konfiguration der Trochlea tali, mit ihrer medialseitig elliptoiden und lateralseitig kreisförmigen Gelenkfläche [2], vollführt das Sprungbein während der Dorsal- und Plantarflexion des Fußes eine komplexe dreidimensionale Bewegung: Bei Dorsalflexion dreht der Talus durchschnittlich $4,2^\circ$ nach außen und bei Plantarflexion im Mittel $1,4^\circ$ nach innen [2, 7]. Das obere Sprunggelenk entspricht somit mitnichten einem einfachen Scharniergelenk.

Da der Innenknöchel als medialer Part der Malleolengabel „feststeht“, muss der Außenknöchel, als ihr lateraler Anteil, Ausweichbewegungen ausführen, um dieser physiologischen Rotation sowie einer weiteren anatomischen Besonderheit der Trochlea tali, deren Gelenkfläche im ventralen Anteil breiter ist als in ihrem dorsalen, Rechnung zu tragen. Neben einer Rotation um ihre Längsachse nach außen werden dabei eine vertikale und sagittale Bewegung der Fibula sowie, beim Übergang von der Plantar- in die Dorsalflexion, eine Zunahme der intermalleolären Distanz von etwa 1,3 mm beschrieben [6].

Für die Führung und Limitierung dieser Bewegung des Außenknöchels und damit für das präzise Funktionieren der Gelenkverbindung des oberen Sprunggelenks ist ohne Frage der untere Anteil der Syndesmosis tibiofibularis von entscheidender Bedeutung. So wird bei einem insuffizienten Bandkomplex und unter dynamischer Belastung (Ever-

sionsstress oder Dorsalflexion des Fußes) eine pathologische Rotation des Talus außen möglich, weil die unzureichend gezügelte Fibula in sagittaler Richtung nach dorsal sowie nach lateral abweichen kann [1, 9] (Abb. 1, 2).

Dass es im Rahmen von Sprunggelenksfrakturen zu Diastasen der Knöchelgabel kommen kann, wurde schon 1840 von Maisonneuve erkannt [3]. Lauge-Hansen [4] zeigte die Genese der Ruptur des gesamten syndesmalen Bandkomplexes als Resultat einer Kraft, die auf das in der Knöchelgabel quer eingestellte und nach außen drehende Sprungbein einwirkt und bei Erreichen der Dehngrenze zur sequenziellen Ruptur führt.

Aus einer Durchtrennung des Lig. tibiofibulare anterius allein, wie es bei einer Supinations-Eversions-Fraktur regelhaft vorkommt, resultiert dabei noch keine biomechanisch relevante Instabilität der Knöchelgabel [1, 9]. Erst nach zusätzlicher Ruptur oder chronischer

© Springer-Verlag 2003

Dr. René Grass
Klinik und Poliklinik für Unfall
und Wiederherstellungschirurgie,
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus,
TU Dresden,
Fetscherstraße 74, 01307 Dresden,
Tel.: 0351-4582606,
Fax: 0351-803222,
E-Mail: rgrass@rcs.urz.tu-dresden.de

R. Grass · A. Biewener · S. Rammelt ·
H. Zwipp

Ankle fractures. Classification and standard operative treatment

Abstract

Successful treatment of an ankle fracture depends on a thorough understanding both of the fracture pattern and of the biomechanics of the ankle joint. Classification of the fracture with due consideration for its pathogenesis, as practised by Lauge-Hansen, combined with a sound understanding of ankle biomechanics should enable the surgeon to set up a treatment plan preoperatively in which equal importance is attached to the lesions of bone and of ligament(s).

Keywords

Ankle fracture · Ankle biomechanics ·
Treatment plan

Insuffizienz des Lig. tibiofibulare interosseum und des Lig. tibiofibulare posterius sowie der Membrana interossea zeigt sich das Vollbild der Gabelinstabilität mit pathologischer Talusrotation [9].

Wie eine experimentelle Arbeit von Thordarson et al. [8] belegt, bedingen ein Versatz des Talus nach lateral von 2 mm, wie er bei der chronischen Syndesmoseninsuffizienz regelhaft gesehen wird, eine Verkürzung von 5 mm oder eine Torsionsfehlstellung des Außenknöchels von 5° relevante Druckerhöhungen im lateralen Kompartiment des oberen Sprunggelenks. Es liegt nahe, diese Fehlstellungen als präarthrotische Deformität zu werten, wiewohl der klinische Beweis für diese These noch nicht erbracht ist.

Diese Beobachtungen unterstreichen die biomechanische Bedeutung der sequenziell eintretenden Ligamentverletzungen sowie die präzise Mechanik des oberen Sprunggelenks, denen es therapeutisch Rechnung zu tragen gilt.

Operative Standardversorgung von Frakturen des oberen Sprunggelenks

Als Ziel der operativen Versorgung von Frakturen des oberen Sprunggelenks gilt die *präzise* Wiederherstellung der Gelenkmechanik.

Das knöchernerne und ligamentäre Gesamtverletzungsausmaß müsste über ein detailliertes Verständnis der Mechanik des oberen Sprunggelenks und mit Hilfe der Analyse des Unfallhergangs und der radiologischen Standarddiagnostik genau bestimmt werden können.

Über ein präoperativ festzulegendes, auf der pathogenetischen Verletzungsanalyse fußendes Konzept der anatomischen Reposition und stabilen Retention der knöchernen Verletzungen sowie adäquater Therapie der Syndesmosenverletzung sollte eine Wiederherstellung ad integrum möglich sein.

Lauge-Hansen-Klassifikation von Frakturen des oberen Sprunggelenks [4]

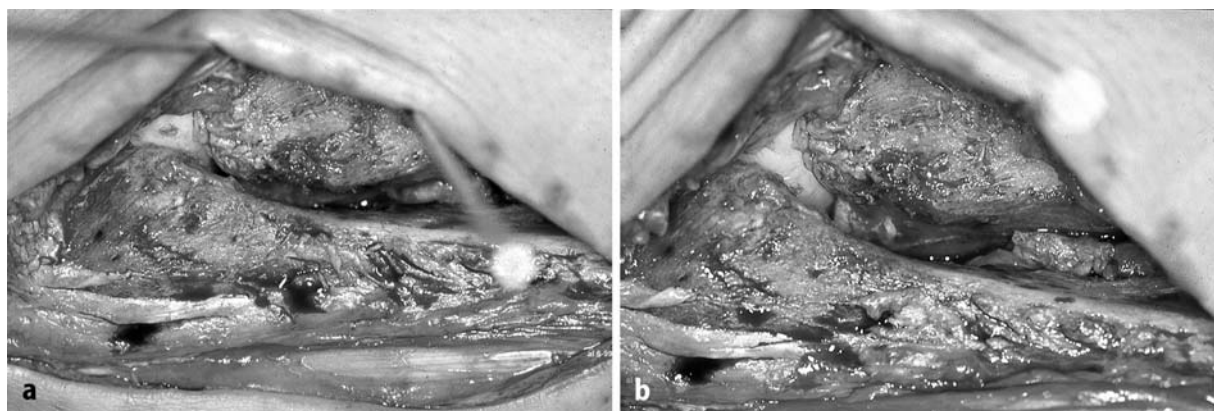
Paul et al. [5] fanden im Rahmen ihrer prospektiven Analyse von Frakturen des oberen Sprunggelenks aus dem Jahre 1968, die sie nach Lauge-Hansen klassifizierten bei 61,1% der Frakturen eine Supinations-Eversions-Fraktur. Gleich verteilt waren mit 15,8% die hochgradig instabilen Pronations-Abduktions- und mit 15,9% die Pronations-Eversions-Frakturen. 7,3% der Frakturen wurden als Supinations-Adduktions-Frakturen klassifiziert.

Supinations-Adduktions-Fraktur (SA)

Ursache der Verletzung ist eine axiale Gewalteinwirkung auf den in Supination und Adduktion stehenden Fuß (Abb. 3).

Im Rahmen der pathogenetischen Untersuchung dieser Verletzung definierte Lauge-Hansen [4] als erstes Stadium eine periphere, weit infrasyndesmale Fraktur des Außenknöchels (Weber-A-Fraktur). Interligamentäre Rupturen oder knöchernerne Ausrisse der Ligg. fibulotalare anterius, fibulotalare posterius und/oder fibulocalcaneara als äquivalente Verletzungen wurden ebenfalls beschrieben.

Abb. 1a,b ▼ Blick auf den vorderen Syndesmosenpalt (a), intraoperativer Eversionsstress (b): Diastase des Syndesmosenpalts und Bewegung der Fibula nach posterior



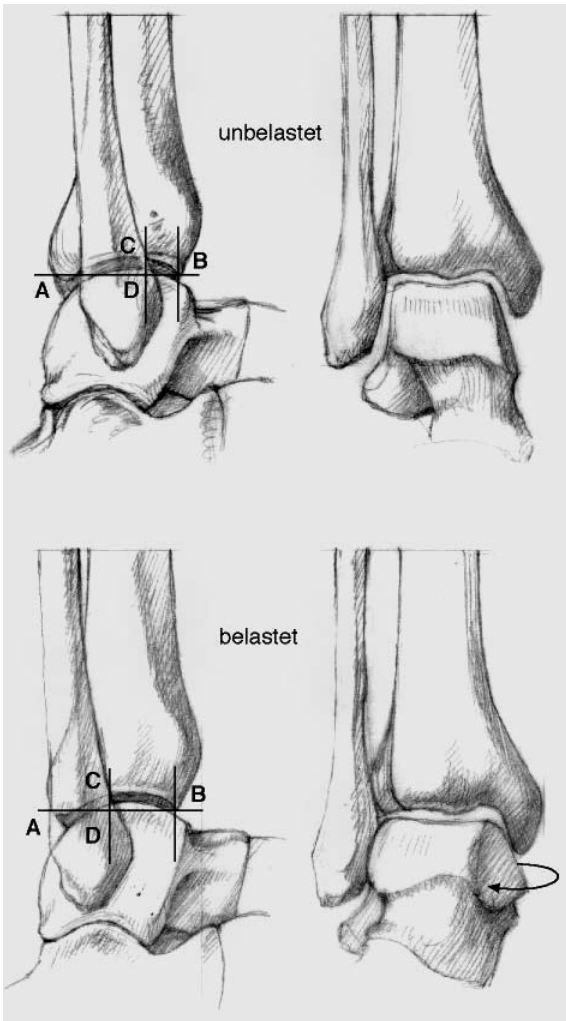


Abb. 2 ◀ Schematische Darstellung der postero-lateralen Dislokation der Fibula beim Eversionsstress (belastet)

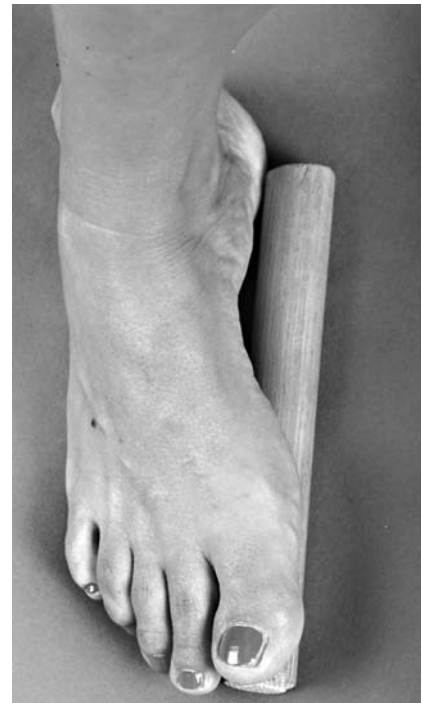


Abb. 3 ▲ Fußstellung bei der Supinations-Adduktions-Fraktur



Abb. 4 ▲ Fußstellung bei der Pronations-Abduktions-Fraktur

Im 2. Stadium der Verletzung kommt es, bei persistierender Supination, zu einer peripheren Schrägfraktur des Innenknöchels oder einer Ruptur des Lig. deltoideum, wobei Lauge-Hansen nicht präzisierete, welche Bestandteile des 5-schenkigen Innenbands rupturieren.

Pronations-Adduktions-Fraktur (PA)

Pathogenetisch entsteht diese Verletzung spiegelbildlich zur Erstgenannten: Unter axialer Gewalteinwirkung auf den in Pronation und Abduktion stehenden Fuß (Abb. 4) kommt es zunächst im Stadium I zu einer Abrissfraktur des Innenknöchels oder Ruptur des Deltabands. Im Stadium II werden eine Ruptur oder ein Ausriss des Lig. tibiofibulare anterius sowie ein Ausriss des Lig. tibiofibulare posterius oder eine Fraktur des Tuberculum posterius tibiae (Volkmann-Dreieck) gesehen, im Stadium III eine

Schräg- und Mehrfragmentfraktur der Fibula auf Höhe der Syndesmose.

Eine Ruptur des Lig. tibiofibulare interosseum wird bei diesem Verletzungstyp selten beschrieben, sodass bei der Pronations-Adduktions-Fraktur in der Regel keine biomechanisch relevante Diastase der Knöchelgabel zu erwarten ist.

Supinations-Eversions-Fraktur (SE)

Auch bei dieser Verletzung erfolgt die Gewalteinwirkung auf den supinierten Fuß. Allerdings kommt es unter axialer Krafteinwirkung, vermittelt über eine Außentorsion des Unterschenkels (Abb. 5), zu einer forcierten Torsion des Talus nach außen (Eversion). Die Trochlea tali stellt sich bei supiniertem, in der Regel dorsalflektiertem Fuß quer in der Knöchelgabel ein. Im Stadium I der Verletzung resultieren dabei eine interligamentäre Ruptur des Lig. tibiofibulare

anterius oder ein knöcherner Ausriss dieses Bands im Sinn einer Wagstaffe-(fibularseitig) bzw. Tubercule-de-Chaput-Fraktur (tibiaseitig).

Im Stadium II kommt es, vermittelt über die Eversion des Talus, zu einer



Abb. 5 ▲ Fußstellung bei der Supinations-Eversions-Fraktur

Schrägfraktur des Außenknöchels auf Höhe der Syndesmose. Die Fraktur steigt typischerweise von kaudal und anterior nach kranial und posterior an. Regelmäßig bleiben dabei das Lig. tibiofibulare interosseum sowie die Membrana interossea intakt.

Im Stadium III der Verletzung resultieren, bei persistierender Außentorsion des Talus, ein Ausriss des Volkmann-Dreiecks oder eine interligamentäre Ruptur des Lig. tibiofibulare posterius sowie im Stadium IV eine Schrägfraktur des Innenknöchels.

Pronations-Eversions-Fraktur (PE)

Die Entstehung dieses Frakturtyps setzt eine Gewalteinwirkung auf den pronierten und evertierten Fuß voraus. Unter axialer Gewalteinwirkung und gleichzeitiger Innentorsion des Unterschenkels stellt sich der in Pronation und Eversion stehende Talus quer in der Knöchelgabel ein (Abb. 6).

Im Stadium I der Verletzung wird es allerdings, bedingt durch die veränderte Ausgangsstellung des Fußes, zu einer Schrägfraktur des Innenknöchels oder einer kompletten Ruptur des Innenbands kommen. Der Talus, seiner medialen Aufhängung entledigt, kann unter diesen Bedingungen weiter nach außen drehen und sich valgisch unter das Tibiaplafond einstellen.

Im Stadium II der Verletzung resultiert eine Sprengung der ligamentären

Führung der Knöchelgabel mit Ruptur der Ligg. tibiofibulare anterius, interosseum et posterius sowie der Membrana interossea, was eine Zunahme der oben beschriebenen Fehlstellung des Talus nach sich zieht. Die resultierende Diastase der Knöchelgabel erlaubt eine Zunahme der Außenrotation und Valgusfehlstellung des Talus sowie einen Shift der Sprungbeinrolle nach lateral. Als Folge dieser Fehlstellung des Sprungbeins kommt es, falls die kinetische Energie persistiert, zu einer hohen suprasyndesmalem Spiralfraktur der Fibula, wobei die Membrana interossea bis auf Höhe der Fibulafraktur komplett durchreißt.

Im letzten Stadium (Stadium IV) der Verletzung rupturiert, nach Lauge-Hansen [4], als letzter Stabilisator der Knöchelgabel das Lig. tibiofibulare transversale, ein ganz kaudal liegender Bandzügel des hinteren Syndesmosenanteils. Die Folge ist eine völlige Dissoziation bzw. Instabilität des Talus, der in der Knöchelgabel weder ligamentär noch köchern in irgendeiner Weise geführt wird.

Die häufig unterschätzte Maisonneuve-Verletzung ist als eine Sonderform der Pronations-Eversions-Fraktur zu betrachten.

Algorithmus der operativen Standardversorgung

Die operative Versorgung von Frakturen des oberen Sprunggelenks sollte auf folgenden 3 Prinzipien fußen:

1. exakte Wiederherstellung und stabile Retention der ossären Knöchelgabel
2. adäquate, auf der Pathogenese der Verletzung fußende Therapie der ligamentären Verletzung
3. differenziertes, die Pathogenese berücksichtigendes Nachbehandlungskonzept

Knöcherner Rekonstruktion

Die Retention der knöchern rekonstruierten Fibula bzw. des Außenknöchels erfolgt in der Regel über eine Zugschrauben- und Plattenosteosynthese. Ziel ist eine korrekte Wiederherstellung der Fibulartorsion, -länge und -achse. Als Implantate kommen 1/3-Rohr-Platten, Rekonstruktionsplatten und in seltenen Fällen, bei ausreichend vorhandener Weichteildeckung, auch Kleinfragment-LCDC-Platten zur Anwendung.



Abb. 6 ▲ Fußstellung bei der Pronations-Eversions-Fraktur

Eine Zuggurtungsosteosynthese oder reine Schraubenosteosynthese können bei ganz peripheren Frakturen des Außenknöchels, wie sie im Rahmen von Supinations-Adduktions-Frakturen gesehen werden, zur Anwendung gelangen.

Knöcherner Ausriss des Lig. tibiofibulare anterius im Bereich der Fibula als Wagstaffe- und im Bereich der Tibia als Tubercule-de-Chaput-Fraktur beschrieben, sollten offen reponiert und durch Mini- oder KFI-Zugschrauben retiniert werden.

Die stabile Retention der in der Regel offen reponierten Innenknöchelfraktur gelingt meist über eine typische Zuggurtungs- oder 2-Schrauben-Osteosynthese (KFI-Schrauben).

Die Indikation zur Retention dislozierter Abrissfrakturen des Tuberculum posterius (Volkmann-Dreieck) wird noch kontrovers diskutiert. Nach eigener Erfahrung gelingt über die Retention der Tuberculum-posterius-Abrissfraktur, gerade bei hochgradig instabilen Frakturen, wie den Pronations-Eversions- und mit Abstrichen den Pronations-Abduktions-Frakturen, ein Stabilitätsgewinn. Nach Versorgung der Fibula- bzw. Außenknöchelfraktur sowie Innenknöchelfraktur wird dabei das „Volkmann-Dreieck“, falls es sich nicht spontan reponiert hat, über den gegebenen lateralen Zugang reponiert und mittels zweier perkutan eingebrachter KFI-Spongiosazugschrauben indirekt von ventral oder direkt von postero-lateral retiniert.

Ligamentäre Rekonstruktion

Die Indikation zur Stellschraubenplatzierung kann in der überwiegenden Anzahl der Fälle schon präoperativ gestellt werden. Bei Unsicherheit hinsichtlich der Frakturklassifikation kann die Stabilität der Malleolengabel durch einen intraoperativen Hakenzug an der osteosynthetisch versorgten Fibula nach postero-lateral überprüft werden.

Kommt es im Rahmen des Hakenzugs zu einer relevanten Subluxation des Talus mit Erweiterung des MCS (medial clear space) und Espace claire nach Chapat (total clear space, tcs), ist vom Vorliegen einer relevanten Diastase der Knöchelgabel auszugehen.

Bei alleiniger Ruptur des Lig. tibiofibulare anterius, wie sie bei allen Supinations-Eversions-Frakturen gesehen wird, ist eine biomechanisch relevante Instabilität nicht gegeben, infolgedessen muss keine Stellschraube platziert werden.

Liegt allerdings eine Mitverletzung des Lig. tibiofibulare interosseum vor, was in der Regel nur bei Pronations-Eversions-Frakturen zu erwarten ist, muss diese Therapieoption erwogen werden.

Im eigenen Vorgehen werden bei relevanten und zu therapierenden Diastasen der Knöchelgabel der ventrale Syndesmosenspalt dargestellt, das Verletzungsausmaß über eine Inspektion der Incisura tibiofibularis erfasst (Dokumentation der Ruptur des Lig. tibiofibulare interosseum) sowie die eingeschlagenen Bandzüge des Lig. tibiofibulare anterius reponiert. Eine Adaptation dieser Bandstümpfe über eine Naht kann fakultativ erfolgen. Nach Einpassen der Fibula in die Incisura tibiofibularis und temporärer Retention mit einem 2,0-mm-Kirschner-Draht wird 2–2,5 cm oberhalb und in der Frontalebene genau parallel zur Gelenkebene eine KFI-Kortikalschraube trikortikal als Stellschraube platziert. Die Schraube sollte dabei genau in die Rotationsebene des oberen Sprunggelenks, die von der Mitte der Fibula hin zur Mitte des Innenknöchels verläuft, platziert werden.

Die Lage der trikortikalen Syndesmosenstellschraube sowie die Positionierung der Fibula in Bezug zur Inzisur werden im eigenen Vorgehen postope-

rativ durch eine axiale Computertomographie mit frontaler Rekonstruktion evaluiert. Nur über diese diagnostische Maßnahme können die Stellung der Fibula in der Inzisur beurteilt und mögliche, durch eine inkorrekte Stellschraubenplatzierung verursachte Fehlpositionierungen der Fibula in der Inzisur, die denkbar zu Bandfehlheilungen Anlass geben können, erkannt und korrigiert werden. Zudem gestattet die CT-Untersuchung eine quantitative Beurteilung der Fibulalänge und -torsion sowie einer möglicherweise vorliegenden Subluxationsstellung des Talus.

Innenbandrupturen werden im eigenen Vorgehen nicht offen revidiert. Der infolge einer fehlenden medialen Aufhängung resultierenden leichten Valgusfehlstellung des Talus wird allerdings durch Gipsretention Rechnung getragen.

Nachbehandlung

Knöchern- und bandstabile Verletzungen können in der Regel funktionell behandelt werden, wobei entweder eine frühpostoperative Krankengymnastik unter Teilbelastung im eigenen Schuhwerk oder Vollbelastung im Variostabilschuh empfohlen werden.

Frakturen, die mit einer Trümmerzone der Fibula und/oder des Innenknöchels einhergehen (Pronations-Abduktions-Frakturen) sowie Frakturen, deren relevante Diastase der Knöchelgabel durch eine Stellschraubenosteosynthese versorgt wurden (Pronations-Eversions-Frakturen), werden im Unterschenkelgips unter Teilbelastung mit 20 kg für 6 Wochen behandelt. Nach Ablauf dieses Intervalls werden die Stellschraube auf ambulanter Basis entfernt und die Belastung des Beines freigegeben.

Eine funktionelle Behandlung dieser Verletzungen ist aus eigener Sicht nicht zu empfehlen, da unter dieser Bedingung mit einem Auslockern oder Bruch der Stellschraube gerechnet werden muss.

Schlussfolgerung

Das Gesamtverletzungsausmaß (knöchern und ligamentär) einer Fraktur des oberen Sprunggelenks sollte im Hinblick auf eine präzise Therapieplanung über eine exakte präoperative Analyse

(Lauge-Hansen-Klassifikation) erfasst werden. Die Forderung nach einer minutiösen und präzisen knöchernen Rekonstruktion der Knöchelgabel erhält unter Würdigung der Ergebnisse der experimentellen Arbeit von Thordarson et al. [8] eine wissenschaftlich fundierte Grundlage und prognostische Bedeutung.

Relevante ligamentär bedingte Diastasen der Knöchelgabel sollten schon präoperativ erfasst und entsprechend der oben genannten Vorgaben therapiert werden, um die Voraussetzungen der „Ad-integrum-Heilung“ einer begleitenden Syndesmosenverletzung zu schaffen.

In Ermangelung besserer Therapiekonzepte kann dabei, nach eigener Auffassung, auf die *richtig angewendete* Syndesmosenstellschraube derzeit nicht verzichtet werden.

Literatur

1. Grass R, Herzmann K, Biewener A, Zwipp H (2000) Verletzungen der unteren tibiofibularen Syndesmosen. Unfallchirurg 103: 520–532
2. Inman VT (1976) The joints of the ankle. Williams & Wilkins, Baltimore
3. Lauge 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
4. Lauge-Hansen N (1950) Fractures of the ankle. II. Combined surgical and roentgenologic exploration. Arch Surg 60: 957–985
5. Paul D, Eckhardt B, Kühnel K, Schuhmann HD (1968) Erfahrungen mit der konservativen Behandlung von Malleolarfrakturen. Arch Orthop Unfallchir 63: 273–287
6. Peter RE, Harrington RM, Henley MB, Tencer AF (1994) Biomechanical effects of internal fixation of the distal tibiofibular syndesmosis: comparison of two fixation techniques. J Orthop Trauma 8: 215–219
7. Sasse M, Nigg BM, Stefanyszyn DJ (1999) Tibiotalar motion. Effect of fibular displacement and deltoid transection: in vitro study. Foot Ankle Int 20: 733–737
8. Thordarson DB, Motamed S, Hedman T, Ebramzadeh E, Bakshian S (1997) The effect of fibular malreduction on contact pressures in an ankle fracture malunion model. J Bone Joint Surg Am 79: 1809–1815
9. 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