

Unfallchirurg 2007 · 110:70–74  
 DOI 10.1007/s00113-006-1183-5  
 Online publiziert: 24. Oktober 2006  
 © Springer Medizin Verlag 2006

Redaktion  
 L. Kinzl, Ulm

D. Wolfram<sup>1</sup> · C. Lottersberger<sup>2</sup> · M. Blauth<sup>3</sup> · H. Piza-Katzer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinik für Plastische und Wiederherstellungschirurgie, Innsbruck

<sup>2</sup> Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Innsbruck

<sup>3</sup> Universitätsklinik für Unfallchirurgie und Sporttraumatologie,  
 Medizinische Universität Innsbruck

# Mögliche Nervenverletzungen bei Sprunggelenk- luxationsverletzungen

## Trimalleoläre Fraktur mit Beteiligung der proximalen Fibula

Im Jahre 1840 beschrieb der französische Chirurg Jaques Gilles Maisonneuve erstmalig eine Verletzungskombination die aus einer proximalen Fibulafaktur, einer Zerreißung der Syndesmose, des Lig. deltoideum oder einer Fraktur des Malleolus medialis besteht [9]. Die Verletzung entsteht durch ein externes Pronations-Rotations-Trauma [5]. Durch die Verletzung oder die operativen Zugänge können verschiedene motorische und sensible Nerven am Unterschenkel und Fuß in Mitleidenschaft gezogen werden. Hierzu zählen die motorischen Äste des N. peroneus profundus beim Durchtritt durch das Septum intermusculare, der motorische Endast des N. peroneus profundus in Knöchelhöhe und der N. peroneus superficialis mit seinen Endästen.

### Pathomechanismus

Um die Ätiologie der möglichen Nervenläsionen bei der Maisonneuve-Fraktur zu verstehen, soll auf die 4 Stadien in der Entstehung dieser komplexen Verletzung hingewiesen werden: Das 1. Stadium stellt die Ruptur des Lig. deltoideum oder die Fraktur des Malleolus medialis dar. Im

Stadium II zerreißt das vordere Syndesmosenband und die Membrana interossea und diese Kräfte setzen sich dann auf die proximale Fibula fort, an der es zu einer Spiralfaktur kommt (Stadium III). Stadium IV beschreibt entweder die Ruptur des hinteren Syndesmosenbandes oder eine dorsale Fraktur der distalen Tibia, auch als Volkmann-Dreieck bezeichnet [4]. Eine zusätzliche Fraktur des Malleolus lateralis, im Sinne einer bimalleolären Fraktur, stellt eine äußerst seltene Sonderform der Maisonneuve-Verletzung dar.

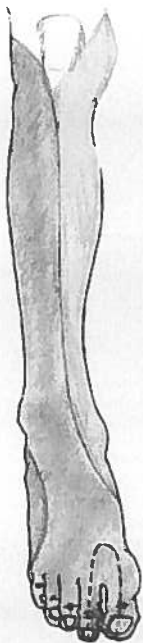
Durch das Rotationstrauma in Knöchelhöhe, können sowohl der N. peroneus superficialis mit seinen beiden Endästen, dem N. cutaneus dorsalis medialis und intermedius, als auch die Endäste des N. tibialis im Sinne eines Traktions-Überdehnungs-Traumas geschädigt werden. Gleichzeitig ist durch ein Hämatom in Knöchelhöhe durch Kompression der Endast des N. peroneus profundus gefährdet. Darüber hinaus besteht v. a. in Höhe des Fibulaköpfchens, das in enger Beziehung zum N. peroneus steht, die Möglichkeit einer Schädigung durch die Fraktur oder Frakturfragmente. Ebenso kann es durch eine Druckerhöhung in

der Peroneusloge – beispielsweise durch ein frakturassoziiertes Hämatom – zu einer Schädigung jener motorischen Äste des N. peroneus profundus kommen, die die Streckmuskulatur des Unterschenkels versorgen.

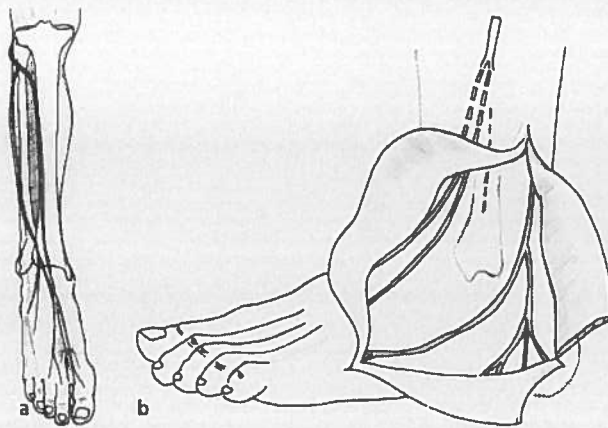
Beim lateralen Zugang zum Knöchel besteht zusätzlich die Gefahr einer iatrogenen Schädigung v. a. des N. peroneus superficialis und seiner beiden Endäste, wie auch des N. suralis [11]. Diese Schädigung kann nicht nur zu einem sehr störenden Sensibilitätsverlust am Vorfuß führen, sondern die Bildung eines äußerst schmerzhaften Neuroms nach sich ziehen. Iatrogene Schädigungen sind einmal durch den Hautschnitt selbst aber auch im Rahmen der Faszienerotomie am Ende der Operation denkbar.

### Anatomie und Zugangswege zum Außenknöchel

Der N. peroneus superficialis durchbricht die Faszie im distalen Drittel des Unterschenkels und teilt sich in den N. cutaneus dorsalis medialis et intermedius [12]. Die Endäste des N. peroneus superficialis versorgen den Großteil des Fußrückens, au-



**Abb. 1** ◀ Darstellung der sensiblen Versorgung an Unterschenkel und Fuß



**Abb. 2** ▲ **a** Eingezeichnet ist die mögliche Schädigung des N. peroneus profundus, der im proximalen Anteil in engem Kontakt zum Fibulaköpfchen steht. Ebenfalls dargestellt sind die sensiblen Endäste des N. peroneus superficialis (blau), als auch der sensible Endast des N. peroneus profundus (grün). Diese Nerven können direkt durch Überdehnung beim Trauma, durch ein frakturassoziiertes Hämatom am Knöchel oder auch beim operativen Zugang von lateral zum Außenknöchel in Mitleidenschaft gezogen werden. **b** Darstellung der Endäste des N. peroneus superficialis und des N. suralis beim lateralen operativen Zugang zum Außenknöchel. Iatrogene Schädigungen sind durch den Hautschnitt oder im Rahmen der Faszien-Periost-Naht am Ende der Operation denkbar (grüne Linie markiert den Hautschnitt)



**Abb. 3** ◀ Trimalleolärer Sprunggelenkverrenkungsbruch Typ B nach AO-Klassifikation (**a** a.-p.-Aufnahme und **b** seitliche Aufnahme). Postoperatives Röntgen nach Stabilisierung der Fibulafaktur mit Zugschraube und 5-Loch-1/3-Rohr-Platte, sowie Verschraubung des Innenknöchels mit zwei 40-mm-Spongiosazugschrauben (**c** a.-p.-Aufnahme und **d** seitliche Aufnahme)

lung im Gipsverband konnte die Patientin noch in der 1. Stunde nach dem Trauma operiert werden. Nach einem lateralen Zugang zum Außenknöchel zeigte sich ein gerissenes vorderes Syndesmosenband, der Gelenkbefund war unauffällig. Es folgte die Stabilisierung der Fibulafaktur mit Zugschraube und 5-Loch-1/3-Rohr-Platte sowie die Verschraubung des Innenknöchels mit zwei 40-mm-Spongiosazugschrauben (■ **Abb. 3c, d**). Nach der Osteosynthese verblieb bei der Prüfung mit dem Einzinkerhaken eine federnde

Instabilität der Knöchelgabel. Radiologisch war auch unter Lateralstress keine Subluxation des Talus nachweisbar.

Wegen anhaltender Beschwerden in der Mitte des Unterschenkels außenseitig wurde am 3. postoperativen Tag eine Aufnahme des Kniegelenks mit proximalem Unterschenkel angefertigt, die eine hohe Fibulafaktur nachwies. Trotzdem konnte bereits zu diesem Zeitpunkt mit einer teilbelastende Mobilisation unter Tragen des Aircastwalkers begonnen werden. Die Patientin klagte postoperativ über ein Taub-

heitsgefühl am Fußrücken mit Ausnahme der lateralen Fußkante. Weiters bestanden massive ausstrahlende Schmerzen am distalen Unterschenkel, einerseits medial der Wunde über dem Außenknöchel, andererseits distal des Retinaculum extensorum. An diesen beiden Stellen ließ sich ein bis in die Zehen ausstrahlendes Tinel-Hoffmann-Zeichen auslösen.

Durch intensive Frühmobilisierung, Schwimmen ab der 3. postoperativen Woche und Resensibilisierungsmaßnahmen (■ **Abb. 4**) nahmen die Schmerzen deut-

ber die 1. Zwischenzehenfurche, die sensibel vom Endast des N. peroneus profundus versorgt wird. Die sensible Versorgung des lateralen Anteils des Fußrückens und Knöchels wird einerseits vom N. cutaneus dorsalis intermedius andererseits vom N. cutaneus dorsalis lateralis – dem Endast des N. suralis – gewährleistet.

Der N. suralis wird bereits im proximalen Anteil des Fußes oberflächlich und verläuft an der lateralen Seite des Unterschenkels Richtung Malleolus lateralis [11, 12]. Dabei innerviert dieser Nerv sensibel die lateralen und posterioren Anteile des Unterschenkels. Im Bereich des Fußes versorgt dieser Nerv die lateralen Anteile des Fußrückens. Die Innervation des medialen Knöchels übernehmen die Endäste des N. tibialis (■ Abb. 1).

Besonders gefährdet einerseits durch das Trauma selbst, aber auch durch den lateralen Zugang zum Außenknöchel, sind der N. cutaneus dorsalis lateralis (Endast des N. suralis), der N. cutaneus dorsalis intermedius et medialis (Endäste des N. peroneus superficialis), wobei der N. cutaneus dorsalis intermedius auch fehlen kann. Ein posttraumatischer Sensibilitätsverlust am lateralen Fußrand bzw. am Fußrücken spricht somit für eine Schädigung dieser Nerven. Gleichzeitig kann auch der N. peroneus profundus und sein sensibler Endast auf eine Schädigung überprüft werden. Der Sensibilitätsverlust in der ersten Zwischenzehenfurche spricht für eine Verletzung des sensiblen Endastes des N. peroneus profundus und ein Defizit der Großzehen- und Zehenstreckung weist auf eine Schädigung des selben Nerven im proximalen Unterschenkel hin (■ Abb. 2).

### Fallbericht

Eine 63-jährige Patientin zog sich beim Sturz über eine Treppe eine geschlossene „trimalleoläre“ Luxationsfraktur des Sprunggelenks mit einer proximalen Fibulafaktur zu. Die Röntgenuntersuchung des rechten Sprunggelenks in 2 Ebenen zeigte einen trimalleolären Sprunggelenkverrenkungsbruch Typ B nach AO-Klassifikation mit einem Volkmann-Dreieck von weniger als einem Viertel der Gelenkfläche (■ Abb. 3a, b). Nach gedeckter Reposition und vorübergehender Ruhigstel-

## Zusammenfassung · Abstract

Unfallchirurg 2007 · 110:70–74 DOI 10.1007/s00113-006-1183-5  
© Springer Medizin Verlag 2006

### D. Wolfram · C. Lottersberger · M. Blauth · H. Piza-Katzer Mögliche Nervenverletzungen bei Sprunggelenkluxationsverletzungen. Trimalleoläre Fraktur mit Beteiligung der proximalen Fibula

#### Zusammenfassung

Anhand eines Falles wird ein ungewöhnlicher Frakturtyp – eine Maisonneuve-Fraktur mit zusätzlicher lateraler Knöchelfraktur – und deren Behandlung vorgestellt. Unter dem Begriff Maisonneuve-Fraktur wird die proximale Fibulafaktur in Kombination mit Zerreißung der medialen Knöchelstrukturen verstanden. Sowohl durch die Gewalteinwirkung beim Unfall selbst, als auch durch frakturassoziierte Komplikationen oder einen operativen Eingriff können verschiedene Nerven am Unterschenkel und am Fuß in Mitleidenschaft gezogen werden. Hierzu zählen der N. peroneus profundus, der durch Frakturfragmente, eine übermäßige Dehnung im Rahmen des Unfall-

geschehens, aber auch indirekt durch ein frakturassoziiertes Hämatom sowohl in Höhe des Fibulaköpfchens, als auch in Knöchelhöhe gefährdet ist, sowie die Endäste des N. peroneus superficialis und des N. suralis im distalen Unterschenkel. Es wird sowohl auf verletzungsbedingte, als auch iatrogene Nervenläsionen in Zusammenhang mit dieser seltenen Fraktur eingegangen.

#### Schlüsselwörter

Maisonneuve-Fraktur · Nervenverletzung · N. peroneus superficialis · N. peroneus profundus

### Possible nerve injuries in ankle dislocations. Trimalleolar fracture including the proximal fibula

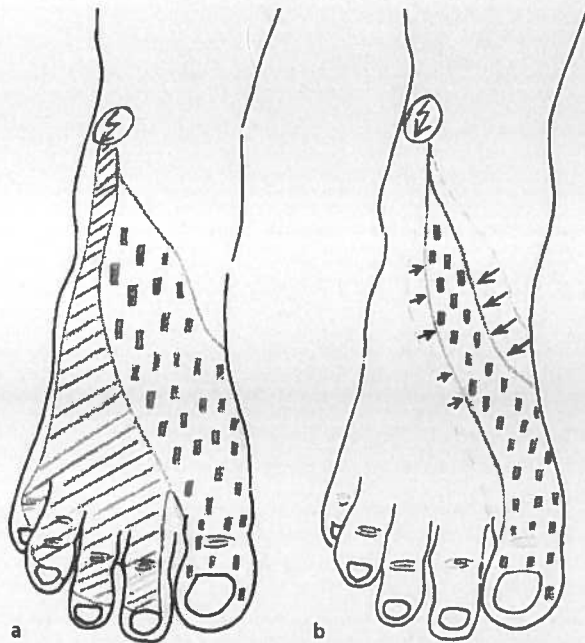
#### Abstract

We present a patient with an exceptional fracture type – a Maisonneuve fracture associated with a lateral ankle fracture – and the therapy of this injury. The Maisonneuve fracture consists of a proximal fibular fracture which is associated with failure of the deltoid ligament or medial malleolus and diastasis of the distal tibiofibular syndesmosis. Diverse nerves of the lower leg can be affected by severe trauma as well as by fracture-associated complications or an operation. Fracture fragments, an excessive distension caused by

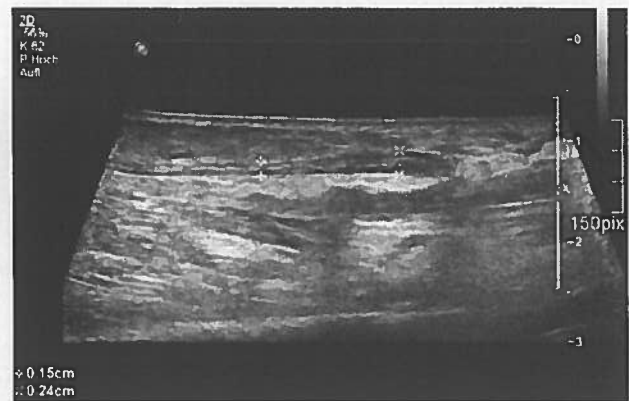
the trauma, or a fracture-associated hematoma can cause injury to the deep peroneal nerve or the branches of the superficial peroneal nerve at the level of the ankle. We want to point out the possibility of nerve lesions of the lower leg associated with this complex fracture. Additionally the operative access to the ankle in this context is discussed.

#### Keywords

Maisonneuve fracture · Nerve injury · Deep peroneal nerve · Superficial peroneal nerve



**Abb. 4 ▲ a** Mapping 3 Monate postoperativ (vor Durchführung des Sensibilisierungstrainings): *blau* Taubheitsgefühl, *grün* Dysästhesien und Parästhesien; *Blitz* Hoffmann-Tinel-Zeichen postoperativ. **b** Deutliche Verkleinerung des dysästhetischen/parästhetischen Areal (grün) durch das Sensibilisierungstraining, Taubheitsgefühl am Vorfuß und am lateralen Fuß durch Sensibilisierungstraining gebessert/normale Sensibilität



**Abb. 5 ▲** HR-Sonographie des distalen Unterschenkels: kurzstreckige Auftreibung des N. peroneus superficialis (von 1,5 auf 2,4 mm Durchmesser) auf Höhe der Überkreuzungsstelle mit der distalen Fibula als Zeichen einer frakturassoziierter Schädigung

lich ab. Allerdings hielt das Taubheitsgefühl an. Eine sonographische Untersuchung im 3. postoperativen Monat ergab eine kurzstreckige narbige Verdickung des N. cutaneus dorsalis intermedius (■ Abb. 5) und ein kleines intraneurales Neurom. Der knöcherne Heilungsverlauf war unauffällig.

## Diskussion

Sprunggelenkluxationsfrakturen müssen so schnell wie möglich reponiert werden, um sekundäre Schäden zu vermeiden. Vor Anlage einer Schiene oder eines Gipsverbandes muss orientierend neurologisch untersucht werden, um eine Schädigung des N. peroneus profundus (motorischer und sensibler Anteil), der Endäste des N. peroneus superficialis in Knöchelhöhe, und des N. suralis ausschließen zu können. Nur so kann eine Nervenschädigung durch die Gewalteinwirkung und Überdehnung im Rahmen des Unfallgeschehens oder sekundär durch ein Hämatom frühzeitig diagnostiziert und dokumen-

tiert werden. Dadurch kann eine Ursache für postoperativ fortbestehende Schmerzen am Unterschenkel identifiziert werden [11]. Gleichzeitig sichert sich der Erstuntersucher durch diese Dokumentation des neurologischen Befunds vor der definitiven Behandlung gegen etwaige Vorwürfe einer iatrogen bedingten Nervenschädigung ab. Weiters können postoperativ fortbestehende Schmerzen am Unterschenkel frühzeitig und effizient behandelt werden. Abgesehen von den unvermeidbaren Nervenläsionen durch die Verletzung selbst muss jedoch auch auf Nervenschädigungen im Rahmen der operativen Behandlung hingewiesen werden.

Gerade der variable Verlauf des N. peroneus superficialis und seiner beiden Endäste nach Durchtritt durch die Faszie am distalen Drittel des Unterschenkels stellt eine beträchtliche Gefahr für eine iatrogen bedingte Nervenschädigung beim lateralen Zugang zum Außenknöchel dar [8, 12]. Bereits im Jahre 1892 machte Kosinski [7] auf die Variabilität der Hautnerven am Fußrücken durch seine anatomische Stu-

die an 226 Füßen aufmerksam (Klassifikation nach Kosinski), wobei er 12 unterschiedliche Verteilungstypen der sensiblen Nerven am Fuß beschrieb.

Basierend auf diesen frühen Erkenntnissen analysierten Solomon et al. [12] das Risiko einer Schädigung des N. suralis und der Endäste des N. peroneus superficialis beim lateralen Zugang zum Außenknöchel. In einer Serie von 68 Unterschenkelpräparationen konnten sie aufzeigen, dass in 59% der Fälle Hautäste des N. cutaneus dorsalis intermedius die Inzisionslinie beim lateralen Zugang zum Knöchel kreuzen. Eine ebenso große Verletzungswahrscheinlichkeit (41%) wurde für die Hautäste des N. suralis bei diesem operativen Zugang angegeben. Natürlich ist es schwierig die Bedeutung einer Schädigung dieser oberflächlichen Nerven richtig einzuschätzen, v. a. da es im Bereich des Knöchels zahlreiche Verbindungen zwischen den versorgenden Nerven gibt.

Eine wichtige Arbeit in Hinblick auf die klinische Bedeutung von Verletzungen des N. peroneus superficialis nach Knöchel-

fraktur lieferten Redfern et al. [11]. Sie untersuchten in ihrer Arbeit die Inzidenz von Verletzungen des N. peroneus superficialis und seiner Endäste bei Patienten mit operierten Knöchelfrakturen, im Vergleich zu konservativ behandelten Patienten. 15% aller Patienten (280 Patienten) gaben chronische Schmerzen postoperativ in der Knöchelregion an. Der Anteil an Patienten mit chronischen Schmerzen war bei der operierten Gruppe doppelt so hoch wie bei der konservativ behandelten. Gleichzeitig wurde beschrieben, dass es beim posterolateralen Zugang zum Knöchel zu keinerlei Verletzung von Nerven kam [11].

Diese Studie zeigt, dass die Ursache für postoperativ fortbestehende Schmerzen eine Schädigung von sensiblen Nerven sein kann, und dass chronische Knöchelschmerzen bei annähernd jedem 6. Patient mit dieser Fraktur auftreten. Natürlich muss hierbei wiederum bedacht werden, dass sicher in der Mehrzahl der Fälle das Trauma selbst die Ursache für die Nervenverletzung darstellte. Jedoch fällt die Tatsache auf, dass es bei keinem Patienten, der über den posterolateralen Zugang operiert wurde, zu einer Verletzung des N. peroneus superficialis kam. Nähte der Faszie und des Periosts zur Bedeckung der Implantate sollten nur bei einwandfreier Identifikation des Nerven gemacht werden.

Im Rahmen des geschilderten Fallberichts konnte sonographisch ein intraneurales Neurom des N. cutaneus dorsalis intermedius nachgewiesen werden. Die intraneurale Lokalisation in diesem Fall spricht für einen primären Dehnungsschaden mit einem Abriss von einzelnen Faszikeln und Entwicklung eines intraneuralen Neuroms.

Bei postoperativ fortbestehenden Schmerzen und Sensibilitätsstörungen im Bereich des Fußes empfehlen wir ein Mapping zur Dokumentation des Sensibilitätsverlusts zu machen und sofort mit der Resensibilisierung zu beginnen. Das Prinzip dieses Trainings beruht auf der Tatsache, dass ab einem gewissen Stadium nach Verletzung eines peripheren Nerven der Patient trotz guter Regeneration ein bleibendes sensibles Defizit aufweist. Dieses Restdefizit an Sensibilität beruht darauf, dass der Patient die veränderten Impulse im Rahmen der Nervenregeneration nicht richtig umsetzen kann

[3]. Diese Veränderung der Sensibilitätswahrnehmung im Rahmen der Nervenverletzung und Regeneration spielt sich sowohl in der Peripherie als auch zentral ab [2, 6]. Das Ziel des Resensibilisierungstrainings besteht darin, dem Patienten zu helfen, die veränderten und neuen sensiblen Reize richtig zu interpretieren und eine strukturierte Methode zur „sensiblen Umschulung“ anzubieten [1].

Es gibt ganz unterschiedliche Konzepte des Resensibilisierungstrainings, jedoch kann man allgemein sagen, dass es in der 1. Phase des Resensibilisierungstrainings v. a. darum geht, Missempfindungen zu minimieren. Anschließend soll in der 2. Phase des Trainings das sensible Wahrnehmungsvermögen gesteigert (normalisiert) werden. Hierbei soll der Patient lernen, unterschiedliche Objekte in Größe, Form, Textur, Material zu identifizieren bzw. differenzieren [3, 10].

Der Erfolg des Resensibilisierungstrainings lässt sich klinisch wiederum sehr einfach durch das Mapping nachweisen. Hierbei werden die hypästhetischen oder asensiblen Areale, die der Patient bei Berührung angibt, auf der Haut angezeichnet und fotodokumentiert. Alle 3–4 Wochen während des Resensibilisierungstrainings wird das Mapping wiederholt. Eine Verkleinerung des sensibilitätsgestörten Areals spricht somit für die erfolgreiche Resensibilisierung.

### Fazit für die Praxis

**Dank der anatomiegerechten Rekonstruktion des für die Fortbewegung so wichtigen oberen Sprunggelenks nach Maisonneuve Grad 4 ist es heute möglich, in kurzer Zeit bei frühzeitiger Therapie die Patienten wieder rasch in den Arbeitsprozess zurückzubringen. Allerdings kann nach so einer schweren Verletzung durch Überdehnung, Druck, Abriss und Neuromentstehung im Verletzungsgebiet die Lebensqualität der Patienten durch die Schmerzen stark beeinträchtigt sein. Eine genaue Diagnostik mit Mappings, eine neurologische Untersuchung evtl. NLG und EMG, sowie eine Sonographie lassen den Grad der Nervenschädigung erkennen. Da es sich bei diesen Nerven v. a. um sensible Nerven handelt, stehen**

**neben einer intensiven physikalischen Therapie die aktive und passive Gelenkmobilisierung, eine abschwellende Therapie, intensive Narben- und Lymphmasage und ein intensives Resensibilisierungstraining im Vordergrund.**

### Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. H. Piza-Katzer**



Universitätsklinik für Plastische und Wiederherstellungschirurgie  
Anichstraße 35,  
A-6020 Innsbruck  
hildegunde.piza@uibk.ac.at

**Interessenkonflikt.** Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

### Literatur

- Callahan AD (1984) Methods of compensation and re-education for sensory dysfunction. In: Hunter JM, Schnelder LH, Macklin EJ, Callahan AD (eds) Rehabilitation of the hand, 2nd edn. CV Mosby, St. Louis, pp 432–442
- Dellon AL (1976) Reinnervation of denervated Meissner corpuscles: A sequential histological study in the monkey following fascicular nerve repair. *J Hand Surg* 1: 98–109
- Dellon AL (1988) Sensory rehabilitation after nerve injury. In: Mackinnon SE, Dellon AL (eds) Surgery of the peripheral nerves. Thieme, Stuttgart New York, S 521–533
- Duchesneau S, Fallat L (1995) The Maisonneuve fracture. *J Foot Ankle Surg* 34: 422–428
- Hensel KS, Harprite JK (2002) Maisonneuve fracture associated with a bimalleolar ankle fracture-dislocation: a case report. *J Orthop Trauma* 16(7): 525–528
- Kaas JH, Merzenich MM, Killackey HD (1983) The reorganization of somatosensory cortex following peripheral nerve damage in adult and developing mammals. *Ann Rev Neurosci* 6: 325–356
- Kosinski C (1926) The course, mutual relations and distribution of the cutaneous nerves of the metatarsal region of the leg and foot. *J Anat Physiol* 60: 274–297
- Lerman BI, Gornish LA, Bellin HJ (1984) Injury of the superficial peroneal nerve. *J Foot Surg* 23: 334–339
- Maisonneuve M (1840) Recherches sur la fracture perone. *Arch Gen Med* 7: 165–187
- Parry CBW, Salter M (1976) Sensory re-education after median nerve lesions. *Hand* 8: 250–257
- Redfern DJ, Sauve PS, Sakellariou A (2003) Investigation of incidence of superficial peroneal nerve injury following ankle fracture. *Foot Ankle Int* 24(10): 771–774
- Solomon LB, Ferris L, Tedman R, Henneberg M (2001) Surgical anatomy of the sural and superficial fibular nerves with an emphasis on the approach to the lateral malleolus. *J Anat* 199(6): 717–723