

Talusfrakturen

■ Fabian Krause

Zusammenfassung

Talusfrakturen sind seltene, aber in der Regel schwerwiegende Frakturen. Eine Einteilung erfolgt in Taluskopf-, Talushals- und Taluskorpusfrakturen, welche meist Folge von Hochenergie-traumata sind. Davon unterschieden werden randständige Frakturen (z. B. Fraktur des Processus lateralis tali, „snowboarder's fracture“), die schon bei wenig Energie auftreten können. Talusfrakturen betreffen in der großen Mehrzahl wichtige Gelenkflächen und werden grundsätzlich operativ versorgt, es sei denn, sie sind absolut undisloziert. Die Besonderheit des Talus ist seine überwiegend aus Gelenkflächen bestehende Oberfläche und die damit verbundene generell prekäre Durchblutung bei Frakturen und Luxationen mit hoher Rate an Osteonekrosen und Pseudarthrosen.

Einleitung

Talusfrakturen sind selten und machen weniger als 0,5% aller Frakturen bzw. 3–4% aller Fußfrakturen aus. Bei ausgesprochen kräftigem subchondralem Kortex und dichter Spongiosa sind erhebliche Kräfte unerlässlich, um den Talus zu frakturieren. Ganz überwiegend sind Talusfrakturen Folge eines Hochrasanztraumas, etwa eines Motorradunfalls oder Sturzes aus großer Höhe. Weil der Talus die entscheidende Verbindung zwischen Unterschenkel und Rückfuß, aber auch Rückfuß und Mittelfuß ist, kommt den Talusfrakturen eine große Bedeutung zu [1]. Eine Verletzung des Talus führt in der Mehrzahl zu schwerwiegenden Bewegungseinschrän-

Fractures of the Talus

Fractures of the talus are rare but usually serious injuries. They are classified into fractures of the talar head, the talar neck, and the talar body; these fractures mostly arise from high-energy trauma. Apart from the high-energy fractures, low-energy peripheral talar fractures are also distinguished, i. e., fractures of the lateral process or "snowboarder's fractures". In the majority of cases, fractures of the talus affect important articular surfaces and are treated operatively, unless they are absolutely undisplaced. A special feature of the talus is its surface that mainly consists of articular surfaces, and, coupled to this, its generally susceptible perfusion with a high rate of osteonecrosis and non-unions after fractures.

kungen mit Arthrose im Rück- und Mittelfuß begleitet von vornehmlich belastungsabhängigen Schmerzen, Verschlechterung des Gangbilds und letztendlich auch zu einer Einschränkung der Lebensqualität.

Talusfrakturen sind seltene, aber i. d. R. schwerwiegende Frakturen. Eine Einteilung erfolgt in Taluskopf-, Talushals- und Taluskorpusfrakturen, welche meist Folge von Hochenergie-traumata sind; davon werden randständige Frakturen unterschieden (z. B. Fraktur des Processus lateralis tali, „snowboarder's fracture“), die schon bei wenig Energie auftreten.

Anatomie

Der Talus ist aus 3 Teilen aufgebaut, dem Kopf, dem Hals und dem Körper. Er hat 5 Gelenkflächen, daher besteht seine Oberfläche zu zwei Dritteln aus Gelenkknorpel. Weder Sehnen noch Muskeln

insinieren am Talus. Der Taluskopf bildet hauptsächlich die Gelenkfläche zum Os naviculare, aber auch die mittlere und vordere Gelenkfläche des unteren Sprunggelenks (USG). Der Taluskörper umfasst oben den Talusdom als Teil des oberen Sprunggelenks (OSG) und unten die hintere (posteriore) Gelenkfacette als Teil des USG. Zwischen Kopf und Körper befindet sich der Talushals über dem Sulcus tarsi. Der Sulcus bildet lateral den breiteren Sinus tarsi und medial den schmaleren Canalis tarsi aus. Im Sulcus befinden sich sowohl das kräftige Lig. interosseum zwischen Talus und Kalkaneus als auch die Aa. sinus tarsi und canalis tarsi. Der Hals ist einer der wenigen Anteile des Talus, der keine Gelenkfläche besitzt. Um jeweils ca. 24° ist er nach unten und medial gegenüber dem Korpus orientiert.

Gerade weil der Talus überwiegend mit Gelenkfläche überzogen ist, steht dem Eintritt von Gefäßen nur wenig Oberfläche zur Verfügung. Frakturen oder Luxationen des Talus sind i. d. R. mit Verletzungen der prekären Blutversorgung vergesellschaftet, was ein Problem für die Frakturheilung darstellt und je nach Ausmaß der Verletzung zu avaskulären Osteonekrosen des Talus führt.

Die Aa. sinus tarsi (aus A. peronea) und canalis tarsi (aus A. tibialis posterior) bilden in mehr als 60% Anastomosen aus und versorgen etwa zwei Drittel des Taluskorpus (**Abb. 1**) [1]. Zudem erfolgt die Blutversorgung des Taluskorpus über Äste der A. tibialis posterior, welche im Lig. deltoideum (Rami deltoidei) verlaufen. Diese Äste sind vielfach die letzte Blutversorgung des Taluskorpus bei dislozierten Talushals- und -korpusfrakturen. Wenn der Talushals oder -korpus für die Frakturversorgung dargestellt wird, muss daher das Lig. deltoideum unbedingt geschont werden. Bis vor Kurzem ging man davon aus, dass die A. tibialis anterior den größten Anteil des Talus mit Blut versorgt. Miller et al.

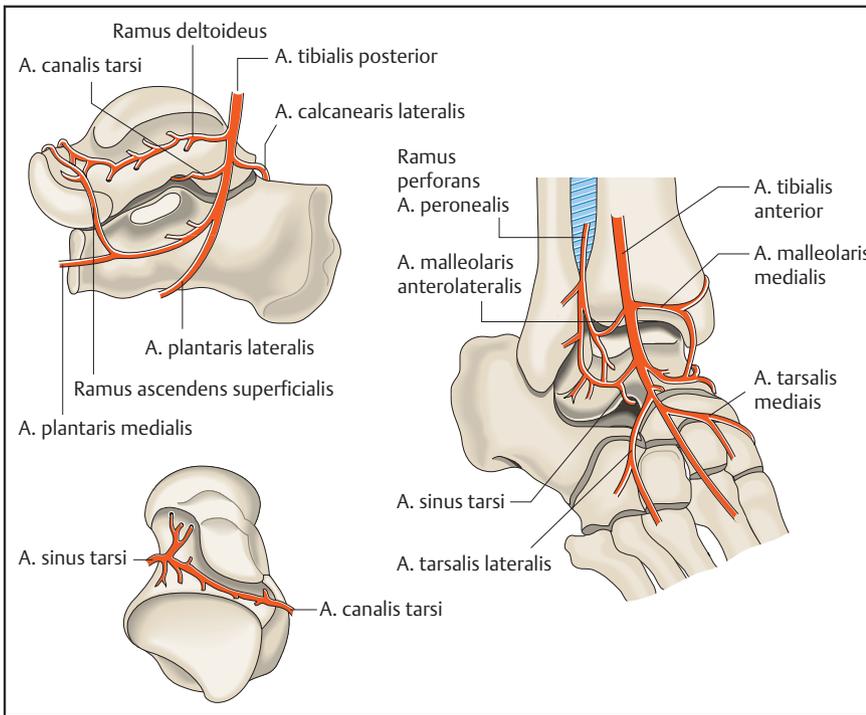


Abb. 1 Die Blutversorgung des Talushalses und -korpus von lateral, medial und plantar mit Darstellung der Anastomosen zwischen den Aa. sinus tarsi und canalis tarsi.

zeigten nun jedoch in einer MRT-Studie mit Gadolinium-Kontrastierung, dass die A. tibialis posterior bis zu 47% der Blutversorgung des Talus ausmacht [2].

Die Blutversorgung des Taluskopfs und -halses erfolgt über periostale Äste der A. dorsalis pedis und A. peronea und sind daher weniger anfällig hinsichtlich avaskulärer Osteonekrosen [3]. Die intraossäre Blutversorgung des Talus besteht aus einem dichten Anastomosengeflecht, sodass bei Verletzung eines Gefäßes eine ausreichende Versorgung für die meisten Anteile des Talus aufrechterhalten werden kann. In den Arealen, in denen dieses Geflecht nicht vorhanden ist, können jedoch Partialnekrosen posttraumatisch auftreten.

Frakturen des Taluskopfs

Die Inzidenz der Frakturen des Taluskopfs beträgt weniger als 10% aller Talusfrakturen [4]. Oftmals treten sie zusammen mit komplexen Talushals- oder -korpusfrakturen oder mit Chopart-Dislokationsfrakturen auf. Ursächlich sind zumeist Stürze aus großer Höhe oder Verkehrsunfälle. Es werden Impressions- und Abscherfrakturen unterschieden. Bei den Impressionsfrakturen erfolgt die Energievernichtung entlang der longitudinalen Achse über die Ossa metatarsalia, cuneiformia und naviculare bis zum Taluskopf bei meist

plantarflektiertem Fuß. Bei den Abscherfrakturen verursacht ein Inversionstrauma eine Mittelfußadduktion, durch die das Os naviculare einen (i. d. R. medialen) Teil des Kopfes abschert.

Röntgendiagnostik

Konventionelle Röntgenbilder des Fußes dorsoplantar, seitlich und schräg sind nicht immer ausreichend, um das Ausmaß der Verletzung und allfälliger Begleitverletzungen abschätzen zu können. Daher sollte bei Unklarheiten eine Indikation zur CT großzügig gestellt werden. Im postoperativen Verlauf dienen Röntgenkontrollen der Kontrolle eines sekundären Stellungsverlusts und der Sicherstellung der Konsolidation.

Therapie

Nur in der CT vollständig undislozierte Taluskopffrakturen können konservativ in einem Unterschenkelgips mit 4 Wochen Entlastung und anschließend progressivem Belastungsaufbau über 2–4 Wochen behandelt werden [5]. Generell gelten bei allen Talusfrakturen eine Weichteilinfektion, fortgeschrittene pAVK, systemische Immunschwächen und Incompliance als Kontraindikation für eine operative Behandlung. Dislozierte Frakturen werden ansonsten mit einer offenen Reposition und Osteosynthese

versorgt. Das Ziel der operativen Therapie ist, die Gelenkkongruenz und die Länge der medialen und lateralen Säulen des Fußes anatomisch wiederherzustellen. Für eher medial gelegene Frakturen kann ein anteromedialer Zugang zum Talus medial der Tibialis-anterior-Sehne gewählt werden. Für zentrale oder lateral gelegene Frakturen empfiehlt sich der anterior-zentrale Zugang zwischen Tibialis-anterior- und Extensor-hallucis-longus-Sehne. Kleinere Gelenkfragmente, die nicht stabil eingepasst werden können, sollten entnommen werden, da sie das Gelenkspiel blockieren können. Zur besseren Einsicht in das Talonavikulargelenk sowie zur Reposition und Desimpaktion der Gelenkfragmente eignet sich die Anlage eines Fußdistraktors.

Die Osteosynthese erfolgt mit Mini- oder Kleinfragmentschrauben (1,5, 2,0 oder 2,7 mm), die bei intraartikulärer Lage mit der Kopfraumfräse versenkt werden müssen. Alternativ können kopflose Schrauben verwendet werden. Bei großen Impressions werden die Hohlräume nach Desimpaktion mit einer Spongiosaplastik aufgefüllt und das rekonstruierte Gelenk mit einer temporären überbrückenden Arthrorese vom Talushals auf das Os cuneiforme oder metatarsale für ca. 3 Monate vor erneuter Impression geschützt. Die Stabilität des Talonavikulargelenks wird am Ende der Operation überprüft und bei persistierender Instabilität entweder mittels Kapselrekonstruktion oder temporärer 1,6-mm-Kirschner-Draht-Arthrorese für 4–6 Wochen stabilisiert. Selten ist bei ausgeprägter Destruktion des Taluskopfs eine definitive, primäre talonavikuläre Arthrorese erforderlich. Diese wird nur in den Fällen durchgeführt, bei denen die Gelenkflächen hoffnungslos zerstört sind und der Rekonstruktionsversuch nur die Rehabilitation des Patienten verzögert, da eine spätere Arthrorese unausweichlich erscheint.

Talusfrakturen betreffen in der großen Mehrzahl wichtige Gelenkflächen und werden grundsätzlich operativ versorgt, es sei denn, sie sind absolut undisloziert.

Nachbehandlung

Nach der Wundheilung ist eine Teilbelastung von 10–20 kg im Unterschenkelgips für 6–8 Wochen erlaubt. Bewegungsübungen werden bei ausreichender Stabilität für das OSG, USG und Chopart-Gelenk frühzeitig begonnen.

Ergebnisse

Da die isolierte Taluskopffraktur ausgesprochen selten ist, liegen in der Literatur nur Ergebnisse zu kombinierten Verletzungen vor.

Frakturen des Talushalses

Die Frakturen des Talushalses machen ca. 50% aller Talusfrakturen aus und gehen häufig mit weiteren Verletzungen im Fuß oder oberen Sprunggelenk sowie Wirbelsäulenverletzungen einher [6]. Männer sind 3-mal häufiger betroffen. Der Talushals ist der schwächste Anteil des gesamten Talus, da er einerseits den kleinsten Querschnitt und andererseits die größte Porosität infolge der eintretenden Gefäße aufweist. Zwischen 20 und 30% der Talushalsfrakturen sind offene Frakturen. Neben der Osteonekrose sind die prognostisch schlechten Talushalsfrakturen aber auch mit Pseudarthrose, posttraumatischen Fehlstellungen, Infekten, späterer Arthrose im unteren und oberen Sprunggelenk sowie im Talonavikulargelenk assoziiert. Dem Verletzungsmechanismus dieses Frakturtyps liegt zunächst eine Hyperdorsalflexion des Fußes zugrunde, welche den Talushals gegen die Vorderkante der Tibia presst. Muss weitere Gewalt absorbiert werden, disloziert der Taluskopf nach oben und der Korpus nach Ruptur der kapsuloligamentären Strukturen nach posterior. Auch ein schweres Supinationstrauma kann zu einer Talushalsfraktur führen [7].

Klassifikation

Die Einteilung der Talushalsfrakturen in 3 Gruppen, basierend auf dem radiologischen Erscheinungsbild, erfolgte 1970 durch Hawkins (**Abb. 2**) [6]. Die Klassifikation hat eine hohe prognostische Aussagekraft hinsichtlich der Entwicklung avaskulärer Osteonekrosen.

Typ I: undislozierte Fraktur des Talushalses. Die Fraktur verläuft quer zur Halsachse, inferior zwischen anteriorer und mittlerer Gelenkfacetten und wird leicht übersehen, da sie in der Ebene des Röntgenstrahls liegt. In der Regel ist 1 der 3 Hauptgefäßversorgungen, nämlich die Äste aus der A. dorsalis pedis, unterbrochen.

Typ II: Fraktur des Talushalses mit Subluxation oder Luxation des USG. Die Luxation erfolgt häufiger nach medial als nach lateral. Komplette Luxationen füh-

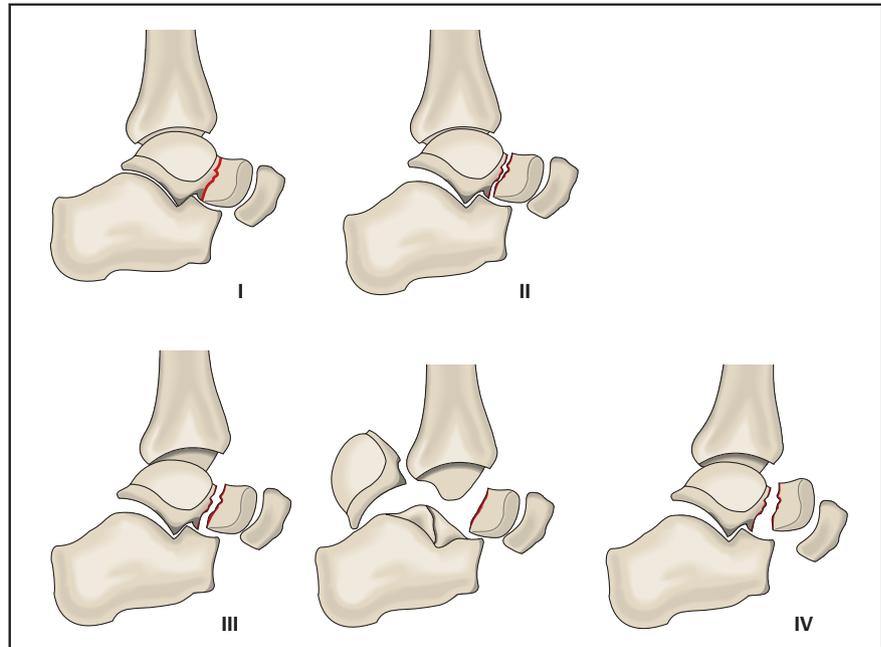


Abb. 2 Die Klassifikation der Frakturen des Talushalses Typ I–III nach Hawkins [6] und Typ IV nach Canale und Kelly [8].

ren oft zu offenen Verletzungen. Wenigstens 2 der 3 Hauptgefäßversorgungen sind verletzt: die Äste aus der A. dorsalis pedis und die Gefäße im Sinus tarsi.

Typ III: Dislozierte Frakturen des Talushalses mit Luxation des Taluskopfs aus dem OSG und USG. Der Korpus ist meist nach posteromedial zwischen posteriorer Tibia und Achillessehne luxiert und kann das neurovaskuläre Bündel kompromittieren. Mehr als 50% dieses Frakturtyps sind offene Frakturverläufe und i. d. R. sind auch die Äste aus der A. tibialis posterior und somit die letzte der 3 Hauptgefäßversorgungen des Talus verletzt. Der Taluskopf verbleibt im Talonavikulargelenk.

Typ IV: Dislozierte Frakturen des Talushalses mit Luxation des Taluskopfs aus dem OSG und USG und Luxation des Taluskopfs im Talonavikulargelenk. Dieser Frakturtyp wurde von Canale und Kelly ergänzt [8].

Eine Abgrenzung der Talushalsfrakturen von Abscherfrakturen des Taluskopfs ist nicht immer einfach vorzunehmen. Dies geschieht am besten durch eine Analyse des inferioren Frakturverlaufs in der CT [9]. Verläuft die Fraktur durch den Sulcus tarsi, handelt es sich um eine Talushalsfraktur, verläuft sie durch den Processus lateralis tali, spricht man von einer intraartikulären Taluskopffraktur.

Röntgendiagnostik

Die Standardröntgendiagnostik umfasst konventionelle Bilder des OSG anteroposterior und seitlich sowie des Fußes dorsoplantar, seitlich und schräg. Ein axiales Malalignment des Talushalses kann mit der Röntgenaufnahme nach Canale und Kelly evaluiert werden [8]. Dabei wird der Fuß 15° proniert und die Röntgenröhre 45° nach kaudal geschwenkt. Wiederum wird die Indikation zum CT großzügig gestellt, um das genaue Ausmaß sowie Begleitverletzungen zu evaluieren. Bei Luxationen sollte die CT nach der geschlossenen Reposition erfolgen, wenn dies möglich ist. In der Akutphase ist das MRT nicht indiziert. Jedoch kann es zur späteren Diagnostik osteochondraler Läsionen oder bei persistierenden Beschwerden infolge verpasster oder als Supinationstrauma interpretierter Typ-I-Fraktur hilfreich sein. Nach ca. 6–8 Wochen weist das sog. Hawkins-Zeichen, ein subchondraler osteopener Saum des Talusdoms infolge Inaktivität, recht verlässlich auf eine intakte Durchblutung des Knochens hin [6]. Wenn es fehlt bedeutet dies jedoch nicht zwingend das Auftreten einer Osteonekrose [10].

Therapie

Das Ziel der Therapie ist eine anatomische Reposition, gute Beweglichkeit im OSG und USG, Gelenkstabilität und



Abb. 3 Männlicher Patient, 33 Jahre, mit einer Talushalsfraktur Typ II links nach Verkehrsunfall. Die Unfallbilder des OSG anteroposterior und seitlich in der oberen Reihe zeigen die Subluxation des Taluskorpus im USG nach posterior. In der unteren Reihe die analogen Bilder der Jahreskontrolle nach Osteosynthese mittels kanülierter 4,0-mm-Schrauben von posterior nach offener Reposition über einen anterior-zentralen Zugang ohne Hinweis auf OSG-Arthrose oder Osteonekrose des Taluskorpus.

eine Begrenzung allfälliger Komplikationen wie Hautnekrosen, Infektion, Osteitis und avaskuläre Osteonekrosen. Die Luxationsfrakturen des Talushalses verursachen nicht nur Druck auf die Weichteile des Rückfußes, sondern auch ausgeprägte Hämatome und Venenthrombosen [11]. Da dies schnell zu Hautnekrosen führen kann, muss der luxierte Anteil notfallmäßig reponiert werden. Ist der Taluskorpus hinter den Beugesehen und dem posteromedialen Gefäß-Nerven-Bündel verhaftet, ist die Reposition offen vorzunehmen. Mehrere Studien konnten zeigen, dass der Zeitpunkt der definitiven Osteosynthese hinsichtlich späterem Ergebnis keine Rolle spielt [12–14]. Die Patienten können daher ohne negative Folgen nach Reposition allfälliger Luxationen in spezialisierte Traumazentren mit ausreichend großer Fallzahl transferiert werden.

Typ-I-Talushalsfrakturen

Nur absolut undislozierte Talushalsfrakturen werden als Typ I interpretiert. Jede minimale Dislokation ist ein Typ II und

damit anders zu behandeln. Typ-I-Frakturen können konservativ im Unterschenkelgips ohne Belastung für 6–8 Wochen ausbehandelt werden, sofern das anatomische Alignment gesichert ist. Gelegentlich kann diese Behandlung bis zum Eintreten radiologischer Konsolidationszeichen bis 16 Wochen andauern. Um einer Gelenksteife nach der Ruhigstellung vorzubeugen, können verlässliche Patienten nach 4–6 Wochen mit Bewegungsübungen beginnen. Einige Autoren empfehlen auch bei den undislozierten Frakturen eine operative Stabilisierung über Stichinzisionen, um noch früher mit den Übungen beginnen zu können. Dabei wird die Fraktur vor der eigentlichen Osteosynthese provisorisch mit Kirschner-Drähten stabilisiert, damit es nicht beim Bohren für die Schrauben zu einer Dislokation kommt.

Ergebnisse

In den meisten Serien beträgt die Rate avaskulärer Osteonekrosen 0%, einzelne Studien berichten jedoch Raten bis 25%. Gelegentlich kann eine initiale Typ-II-

Fraktur spontan reponieren und erklärt das Auftreten der Osteonekrosen. Ein großer Anteil Patienten entwickelt eine Einschränkung der USG-Beweglichkeit.

Typ-II-Talushalsfrakturen

Eine konservative Therapie ist dann möglich, wenn die geschlossene Reposition in der CT absolut anatomisch gelingt. Dabei wird der Mittelfuß kraftvoll plantarflektiert bei gleichzeitiger Manipulation des USG durch axialen Zug am Kalkaneus. Der Einsatz einer Schanz-Schraube erleichtert dieses Manöver. Die konservative Behandlung entspricht dann der der Typ-I-Frakturen. Zur Retention des Repositionsergebnisses empfehlen einige Autoren eine Ruhigstellung des Fußes in Plantarflexion und Rückfußversion oder -inversion, je nach Lokalisation der Luxation [15]. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nach der Ruhigstellung eine nur schwer mobilisierbare Spitzfußkontraktur eintreten kann. Auch eine temporäre Kirschner-Draht-Spikung wird zur Retention empfohlen.

In etwa der Hälfte aller Talushalsfrakturen Typ II kann keine anatomische Reposition geschlossen erzielt werden, sodass die offene Reposition erforderlich wird [8]. Die meisten Autoren empfehlen heute die offene Reposition und Osteosynthese aller Typ-II-Frakturen, um die anatomische Reposition zu erlangen, sekundären Dislokationen vorzubeugen und bei ausreichender Stabilität frühe Bewegungsübungen zu ermöglichen [12, 16].

Um das Risiko von avaskulären Osteonekrosen zu minimieren, wurde früher eine unmittelbare operative Stabilisierung der Talushalsfrakturen Typ II als notwendig erachtet. Neuere Arbeiten konnten jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Osteosynthese und dem Auftreten von Osteonekrosen nachweisen [17].

Die operative Therapie kann bei wenig dislozierten Talushalsfrakturen Typ II mit einer geschlossenen Reposition und perkutaner Schraubenosteosynthese erfolgen. Dabei ist auf eine genaue anatomische Reposition zu achten. Die 3,5- oder 4,5-mm-Schrauben können von anterior nach posterior oder umgekehrt über Stichinzisionen entweder über Kirschner-Drähte und kanülierte Schrauben oder direkt appliziert werden. Da die von posterior eingebrachten Schrauben oftmals den Frakturverlauf in einem mechanisch günstigeren, großen Winkel

kreuzen, weisen sie eine höhere Stabilität auf (**Abb. 3**). Eine Stabilisierung nur über Kirschner-Drähte ist insuffizient und führt vielfach zu sekundären Dislokationen.

Talushalsfrakturen mit größerer Dislokation werden offen reponiert. Wiederrum eignen sich entweder ein größerer anterior-zentraler Zugang oder 2 kleinere Zugänge anteromedial und anterolateral, je nach Ausmaß und Lokalisation der Fraktur. Vorteile der von anterior applizierten 3,5- oder 4,5-mm-Schrauben sind die direkte Visualisierung der eingepassten Fragmente und das Vermeiden von Verletzungen der posterior in den Talus eintretenden Gefäße. Schraubenköpfe durch die Gelenkfläche müssen unter Knorpelniveau versenkt werden. Um die Stabilität zu erhöhen, wird die Zugschraubentechnik angewandt und versucht, die Schrauben möglichst parallel auszurichten. Wenn jedoch, wie häufig, eine Trümmerzone (meist medial) vorhanden ist, sollte die entsprechende Schraube lediglich als Stellschraube fungieren, um keine Verkürzung einer Seite des Talushalses und damit eine Fehlstellung zu verursachen. Alternativ kann bei Zertrümmerung die Osteosynthese mit leicht konturierbaren 2,0- oder 2,4-mm-Platten erfolgen. Obwohl die Platten keinen mechanischen Vorteil bieten, ist die Kontrolle der Reposition häufig einfacher zu erreichen. Eine Spongiosaplastik von der proximalen Tibia oder dem Beckenkamm trägt zur Stabilität bei.

Von posterior applizierte 3,5- oder 4,5-mm-Schrauben werden vom Processus posterior tali ausgehend medial-inferior ausgerichtet, um eine intraartikuläre Lage im USG oder ein Austreten dorsal aus dem Talushals zu vermeiden.

Nachbehandlung

Die meisten Autoren empfehlen eine Teilbelastung von 10–20 kg im Unterschenkelgips für 8–12 Wochen mit frühen Bewegungsübungen für das OSG und USG, wenn eine ausreichende Stabilität erzielt werden konnte. Erst bei Auftreten von radiologischen Konsolidationszeichen wird mit der Belastungssteigerung begonnen, was bei unkomplizierten Frakturen i. d. R. zwischen 8 und 12 Wochen der Fall ist, aber auch bis 4 Monate andauern kann [18].

Ergebnisse

Gegenüber Typ-I- und -III-Talushalsfrakturen sind die Ergebnisse der Typ-II-Frakturen nur schwer vorhersagbar [16]. Die häufigsten Komplikationen sind: die avaskuläre Osteonekrose zwischen 0 und 50%, je nach Studie, die zur verzögerten Knochenheilung und Pseudarthrose führen kann, und die posttraumatische USG- seltener auch OSG-Arthrose in bis zu 90% in einigen Studien [19]. Offene Frakturen und Frakturen mit ausgeprägter Zertrümmerung haben eine schlechtere Prognose.

Typ-III-Talushalsfrakturen

Eine geschlossene Reposition der luxierten Fragmente ist indiziert, um Weichteile und Haut initial notfallmäßig zu entlasten, bei vollständiger Luxation des Taluskorpus ist jedoch eine offene Reposition meist unumgänglich und schonender. Evidenz für eine definitive konservative Therapie liegt nicht vor. Für die offene Reposition des luxierten Taluskorpus wird der mediale Zugang nach proximal über den medialen Malleolus erweitert. Eine begleitende mediale Malleolarfraktur kann bei der Reposition hilfreich sein, alternativ kann eine Malleolarosteotomie chevronartig durchgeführt werden [12]. Das Lig. deltoideum muss dabei äußerst sorgfältig behandelt werden, da es vielfach die letzte intakte Blutversorgung darstellt. Für die Reposition eines hinter dem medialen Malleolus verklebten Taluskörpers wird ein Fußdistraktor mit je einer Schanz-Schraube in der Tibia und im Kalkaneus eingesetzt. Gelegentlich muss zusätzlich zum Distraktor eine Malleolarosteotomie durchgeführt werden, um den Taluskorpus reponieren zu können. Die Osteosynthese folgt den Prinzipien, die für die Typ-II-Frakturen beschrieben wurden.

Nachbehandlung

Auch die Nachbehandlung entspricht derjenigen der Typ-II-Frakturen, wobei aufgrund der komplexeren Fälle mit mehr Zeit bis zur Konsolidierung gerechnet werden muss. Die Angaben in der Literatur erstrecken sich von 5 bis zu 8 Monaten, bis die Frakturen vollständig konsolidiert sind [18].

Ergebnisse

Die funktionellen Ergebnisse nach Talushalsfrakturen Typ III sind durchweg schlecht und häufig sind Folgeoperation

für Pseudarthrosen, Fehlstellungen und Arthrose im Verlauf notwendig. Die Rate der avaskulären Osteonekrosen der Typ-III-Talushalsfrakturen beträgt zwischen 75 und 100% [18]. Pseudarthrosen treten in ca. 30%, eine posttraumatische Arthrose von OSG und USG in bis zu 90% der Fälle auf [19].

Typ-IV-Talushalsfrakturen

Gegenüber den Typ-III-Talushalsfrakturen unterscheiden sich die Typ-IV-Frakturen durch eine zusätzliche Luxation des Taluskopfs im Talonavikulargelenk. Daher sollte neben den für die Typ-II- und -III-Frakturen geltenden Therapieprinzipien eine temporäre Transfixation des Talonavikulargelenks mit 1,6-mm-Kirschner-Drähten für 4–6 Wochen erfolgen. Die zusätzliche Luxation des Taluskopfs ist insofern bedeutsam, da bei den Typ-IV-Frakturen sowohl avaskuläre Nekrosen des Korpus als auch des Kopfes auftreten können.

Frakturen des Taluskorpus

Frakturen des Taluskorpus machen etwa 13–20% aller Talusfrakturen aus und sind im Frakturmuster variabler als die des Talushalses. Weil sie intraartikulär lokalisiert sind, würde eine Inkongruenz oder größere Stufe der Gelenkfläche zu Blockierungen der Dorsalflexion oder posttraumatischer Arthrose führen. Häufig sind sie mit anderen Frakturen des Talus, Luxationen oder Malleolarfrakturen vergesellschaftet. Der typische Unfallmechanismus ist ein Sturz aus großer Höhe oder ein Verkehrsunfall, wobei sich der Fuß zum Zeitpunkt der axialen Gewalteinwirkung weiter in Plantarflexion als bei den Talushalsfrakturen befindet. Abscherfrakturen, vom Mechanismus her dem der Talushalsfrakturen gleichend, können auch weiter posterior durch den Taluskorpus verlaufen.

Klassifikation

Grundsätzlich werden die Taluskorpusfrakturen in Abscherfrakturen und Trümmerfrakturen unterteilt. Eine weitere Klassifikation der Abscherfrakturen nach Boyd und Knight erfolgt anhand des Frakturverlaufs, die aber klinisch wenig relevant ist [20].

Typ-I-Taluskorpusfrakturen

Sagittaler oder koronarer Frakturverlauf, undisloziert (Typ I A), nur Dislokation der Trochleagelenkfläche (Typ I B), Dis-



Abb. 4 Männlicher Patient, 36 Jahre, mit einer Taluskorpusfraktur Typ I C nach Gleitschirmsturz. Die Unfallbilder des OSG anteroposterior und seitlich in der oberen Reihe zeigen wiederum eine Subluxation des Taluskorpus im USG nach posterior. In der unteren Reihe die analogen Bilder der Jahreskontrolle nach Osteosynthese mit 3,5- und 2,0-mm-Schrauben sowie einem „lost K-wire“ über einen anteromedialen und -lateralen Zugang ohne Hinweis auf OSG-Arthrose oder Osteonekrose des Taluskorpus. Die präoperative CT verdeutlicht das Ausmaß der Schädigung sowie den posterior verhakten Taluskorpus.

lokation der Trochleagelenkfläche und Dislokation im USG (Typ I C, **Abb. 4**).

Typ-II-Taluskorpusfrakturen

Horizontaler Frakturverlauf, undisloziert (Typ II A), mehr als 3 mm disloziert (Typ II B).

Röntgendiagnostik

Die Röntgendiagnostik entspricht derjenigen der Talushalsfrakturen. Ein Malalignment im USG und Frakturen des Processus lateralis werden mit der Brodén-Aufnahme evaluiert, einer stark innenrotierten, anteroposterioren OSG-Aufnahme mit variabler Plantarflexion [21].

Therapie

Das Ziel der Therapie ist die anatomische Gelenkkongruenz und die Vermeidung einer avaskulären Osteonekrose oder Infektion. Die konservative Therapie hat einen Stellenwert bei undislozierten Taluskorpusfrakturen und umfasst eine Entlastung im Unterschenkelgips für 6–8 Wochen, gelegentlich auch länger, bis radiologisch eine Konsolidation eingetreten ist. Bei einer Luxation des Taluskorpus kann notfallmäßig eine geschlossene Reposition versucht werden. Sollte dies jedoch misslingen, wird die Indikation zur offenen und zügigen Reposition gestellt, um die Kompromittierung der Weichteile und des Gefäß-Nerven-Bündels in Grenzen zu halten. Die große Mehrheit der Taluskorpusfrakturen ist jedoch intraartikulär disloziert und bedarf einer operativen Therapie für eine anatomische Reposition der Gelenkflächen und eine ausreichende Stabilität für frühzeitige Bewegungsübungen.

Für die Wahl des chirurgischen Zugangs wird die CT genau evaluiert. Die Versorgung komplexerer Frakturen wird meist über 2 Zugänge erleichtert. Kombinierte anteromediale und -laterale Zugänge ermöglichen die Reposition sowohl im OSG als auch im USG. Gelegentlich ist die Osteotomie des medialen Malleolus, seltener des lateralen Malleolus hilfreich. Großzügig sollte der Fußdistraktor zum Einsatz kommen. Isolierte posteriore Frakturen des Taluskorpus werden über einen posteromedialen oder -lateralen Zugang in Bauchlage gut dargestellt.

Die Osteosynthese erfolgt mit 2,0-, 2,7- und 3,5-mm-Schrauben, deren Köpfe unter Knorpelniveau versenkt werden

oder mit entsprechenden kopflosen Schrauben. Da der Korpus fast ausschließlich mit Knorpel überzogen ist, kommen Minifragmentplatten kaum infrage. Kleine osteochondrale Fragmente werden mit Minischrauben oder absorbierbaren Stiften stabilisiert. Die „lost-K-wire“-Technik birgt ein hohes Risiko für Implantatmigration. Eine intraartikuläre Schraubenlage muss am Ende der Operation radiologisch ausgeschlossen sein. Ist keine ausreichende Stabilität mit der Osteosynthese zu erzielen, kann ein gelenkübergreifender Fixateur externe oder eine temporäre Kirschner-Draht-Spickung die Stabilität erhöhen. In den seltenen Fällen, in denen keine akzeptable Reposition und Stabilität mit der Osteosynthese gelingt, ist ein Belassen des partiellen rekonstruierten Taluskorpus mit sekundärer tibiotalarer Arthrodeese wahrscheinlich einer Talektomie mit primärer oder sekundärer tibiokalkaneare Arthrodeese vorzuziehen. Eine primäre Arthrodeese des USG wird nur in den Fällen durchgeführt, bei denen die Gelenkflächen hoffnungslos zerstört sind und der Rekonstruktionsversuch nur die Rehabilitation des Patienten verzögert, da eine spätere Arthrodeese unausweichlich erscheint.

Nachbehandlung

Wie bei den Talushalsfrakturen erfolgt postoperativ eine Teilbelastung von 10–20 kg im Unterschenkelgips für 8–12 Wochen, gelegentlich auch länger, bis eine radiologische Konsolidation eingetreten ist. Frühzeitige Bewegungsübungen sind bei ausreichender Stabilität erlaubt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse korrelieren eng mit dem initialen Ausmaß der Verletzung, wobei Subluxationen, Luxationen und relevante Knorpelschäden zu schlechten Ergebnissen führen. Avaskuläre Osteonekrosen werden in 38–50% und posttraumatische Arthrosen in 65–100% bereits nach 1–2 Jahren gefunden [13, 14]. Wiederum scheint eine unmittelbare Osteosynthese, entgegen der langjährigen Lehrmeinung, keinen Einfluss auf das Langzeitergebnis zu haben.

Offene Talushalsfrakturen

Die offenen Talushalsfrakturen werden nach Gustilo und Anderson eingeteilt [22]. Wenn es durch die Luxation des Taluskorpus oder -kopfs zum Aufreißen der Haut und der darunterliegenden Weich-

teile kommt, ist frühzeitig innerhalb der ersten 24 Stunden ein sehr gründliches Débridement mit ausgiebiger Spülung vor der Osteosynthese vorzunehmen. In der Regel handelt es sich bei den offenen Frakturen um komplexe Verletzungen, die mit einer höheren Rate an Infektionen, avaskulären Osteonekrosen und posttraumatischen Arthrosen einhergehen. Um eine weitere Schädigung der bereits kompromittierten Weichteile, Wundheilungsstörungen und Infektionen zu umgehen, sollte nach der Reposition luxierter Fragmente die definitive operative Stabilisation entweder unmittelbar innerhalb der ersten 12–24 Stunden oder nach Anlage eines Fixateur externe und Abklingen der Entzündungsphase nach 8–10 Tagen erfolgen. Große Weichteildefekte werden möglichst in den ersten 48 Stunden mit einer gestielten oder freien Lappenplastik gedeckt, eine längere Behandlung mit Kunsthaut oder Vakuumverband führt zur Kontamination und erhöht das Infektrisiko.

Solange der luxierte Taluskorpus noch weichteilgestielt ist, wird die Reposition und Osteosynthese empfohlen [23]. Die theoretische Vorstellung, durch eine primäre tibiotalar oder subtalare Arthrodeese die Blutversorgung des Taluskorpus zu optimieren und eine allfällige Osteonekrose zu verhindern, ließ sich bisher klinisch nicht nachvollziehen [6].

Bei den offenen Talushalsfrakturen, bei denen der luxierte Taluskorpus nicht mehr weichteilgestielt ist, gehen die Meinungen hinsichtlich Reposition oder primärer, verkürzender Arthrodeese auseinander. Solange der Taluskorpus nicht hoffnungslos zertrümmert oder stark kontaminiert ist, ist die Reposition und Osteosynthese wahrscheinlich vorteilhaft. Ist dies jedoch der Fall, wird eine primäre oder, bei starker Verschmutzung nach einer angemessenen Antibiotikatherapie, eine sekundäre tibiokalkaneare Arthrodeese durchgeführt [8]. Zum Erhalt der Rückfußhöhe können bei keimfreien Weichteilen 1 oder 2 Beckenkammspäne zwischen Tibia und Kalkaneus interponiert werden. Die Ergebnisse nach der tibiokalkanearen Arthrodeese sind bei allerdings geringen Fallzahlen akzeptabel [24]. Ein Entfernen des Korpus ohne tibiokalkaneare Arthrodeese führt zu einer erheblichen Behinderung mit Instabilität, Schmerzen und Verkürzung der Extremität [4, 25].

Frakturen des Processus lateralis tali (Snowboarder's Fracture)

Die Frakturen des Processus lateralis machen 24% aller Taluskorpusfrakturen aus. Sie betreffen sowohl die laterale talofibulare Gelenkfläche des OSG als auch den lateralen Anteil der posterioren USG-Facette. Die knöcherne Architektur des Processus lateralis und die anhaftenden Ligamente tragen erheblich zur Stabilität des OSG bei. Der Unfallmechanismus wurde bis vor Kurzem in einer starken Dorsalflexion des invertierten Rückfußes gesehen. Biomechanische Experimente sprechen jedoch für eine kombinierte Dorsalflexion und Eversion oder Außenrotation unter axialer Last, welche zu diesem Frakturtyp führt [26].

Röntgendiagnostik

Die konventionelle Diagnostik umfasst eine anteroposteriore und seitliche OSG-Aufnahme. Eine Brodén-Aufnahme trägt zur Diagnosesicherung bei. Eine CT hilft, das Ausmaß der Verletzung besser einschätzen zu können und sollte vor einer operativen Therapie nicht fehlen. Die Frakturen des Processus lateralis werden im konventionellen Bild vielfach übersehen.

Klassifikation

Die Frakturen des Processus lateralis werden wiederum nach Hawkins eingeteilt [27].

Typ I: eine einfache Frakturlinie mit einem großen Fragment, sowohl das talofibulare Gelenk als auch das USG betreffend (**Abb. 5**).

Typ II: Trümmerfraktur des gesamten Processus lateralis.

Typ III: kleine Abscherfraktur der Spitze des Processus lateralis, die nur das USG involviert.

Therapie

Die Therapie richtet sich nach der Größe des Fragments und dem Ausmaß der Zertrümmerung. Kleine und nicht dislozierte Frakturen (Typ III) werden konservativ mit einer Ruhigstellung im Unterschenkelgips mit Rückfußinversion und einer Teilbelastung von maximal 10 kg über 4–6 Wochen behandelt. Größere Fragmente (Typ I) werden offen reponiert und mit 2,0-mm-Schrauben fixiert. Stark zertrümmerte Fragmente



Abb. 5 Weibliche Patientin, 29 Jahre, mit einer Fraktur des Processus lateralis tali Typ I nach Klettersturz. Die Unfall-CT-Rekonstruktionen des OSG koronar und sagittal in der oberen Reihe zeigen ein einfaches, großes Fragment. In der unteren Reihe die konventionellen Bilder mit Brodén-View und seitlichem Strahlengang der Jahreskontrolle nach Osteosynthese mit 2,0-mm-Schrauben über einen Subtalarzugang ohne Hinweis auf OSG-Arthrose.

werden besser exzidiert (Typ II). Die Frakturen werden über einen lateralen Subtalarzugang versorgt.

Nachbehandlung

Die operativ stabilisierten Frakturen des Processus lateralis werden im Unterschenkelgips mit leichter Rückfußinversion und einer Teilbelastung von maximal 10 kg über 6–8 Wochen ruhiggestellt.

Ergebnisse

Nach der operativen Therapie der Frakturen des Processus lateralis darf in der großen Mehrheit mit guten und sehr guten Ergebnissen gerechnet werden. Die besten Ergebnisse zeigen dabei die Typ-I-Frakturen [28]. Es kehren aber nur ca. 20% zum vorherigen Aktivitätsniveau zurück und eine USG-Arthrose entwickelt sich in 15–25% der Fälle. Pseudarthrosen werden v.a. bei konservativ behandelten Patienten gesehen. Bei symptomatischer USG-Arthrose ist eine

Arthrodesis ohne wesentlichen Funktionsverlust empfehlenswert.

Komplikationen der Talusfrakturen

Die Infektrate der Talusfrakturen liegt zwischen 3 und 8%, davon bis zu 3% tiefe Infekte. Während die oberflächlichen Infekte und Wundrandnekrosen durch Ruhigstellung und antiseptische Verbände normalerweise folgenlos ausheilen, erfordern tiefe Infekte ein radikales Débridement von infiziertem und nekrotischem Gewebe mit ausgiebiger Spülung, gelegentlich zumindest partieller Metallentfernung und äußerer Fixation. Weichteildefekte werden vorübergehend mit einem Vakuumverband geschlossen, sollten aber frühzeitig nach Infektsanierung plastisch gedeckt werden. Die septische Nekrose des Talus ist eine schwerwiegende Komplikation und bedarf einer partiellen oder kompletten Talektomie, temporären Auffüllung des Knochendefekts mit antibiotikahaltigem PMMA und letztlich einer sekundären tibiokalkanearen Arthrodesis [29].

Die avaskuläre Osteonekrose des Talus kann auf konventionellen Röntgenbildern nach 4–6 Monaten an dem strahlenundurchlässigen, weißlichen Erscheinungsbild des Knochens erkannt werden. Das Ausmaß der Osteonekrose wird mit dem MRT diagnostiziert. Eine vollständige Revaskularisation des Talus in 21% der Osteonekrosen innerhalb von 2 Jahren ist in einer Fallserie beschrieben, während 42% persistierende, aber asymptomatische Osteonekrosen aufwiesen und 37% einen Kollaps des Talusdoms entwickelten [30]. Über 2–3 Jahre hinweg kann der nekrotische Knochen wieder aufgebaut werden („creeping substitution“) [31]. Eine Entlastung oder Ruhigstellung währenddessen ist nicht erforderlich und kann sogar die Remineralisation verzögern. Kommt es letztlich zum Kollaps des Talusdoms, ist eine Nekrosektomie, Knochentransplantation und eine Arthrodesis tibiotalar und/oder des USG zumeist unausweichlich.

Eine Osteonekrose begünstigt sicher das Auftreten von Pseudarthrosen, gleichwohl ist eine Pseudarthrosenrate von nur 12% bei Talushalsfrakturen Typ III beschrieben [6]. Weitere Ursachen einer Pseudarthrose werden in einer unzureichenden Reposition und Stabilisation gesehen.

Die Besonderheit des Talus ist seine überwiegend aus Gelenkflächen bestehende Oberfläche und die damit verbundene, generell prekäre Durchblutung bei Frakturen und Luxationen mit hoher Rate an Osteonekrosen und Pseudarthrosen.

Angaben zur Entwicklung posttraumatischer Arthrose nach den Talusfrakturen variieren in der Literatur erheblich. Wie zu erwarten, nimmt die Arthroserate in Relation mit der Zeit nach der Fraktur zu, die Patienten werden aber nicht alle symptomatisch. Ein in relevanter Fehlstellung verheilte Talus und Gelenkstufen führen zur Überlastung der Gelenkpartner und sind als präarthrotische Deformität zu werten. Die symptomatische endgradige Arthrose kann mit einer OSG-Prothese behandelt werden, sofern keine ausgeprägte avaskuläre Osteonekrose die Implantation verbietet. In diesem Fall ist der OSG-Prothese eine OSG-Arthrodeese mit Knochentransplantation vorzuziehen.

Eine Fehlstellung mit Achsabweichung oder inkongruenter Gelenkfläche tritt in bis zu 32% nach Talusfrakturen auf und ist durchweg mit schlechten Ergebnissen assoziiert [32]. Übersehene Frakturen, konservative Behandlung von dislozierten Frakturen und eine unzureichende Reposition werden als Ursachen angeführt. Die häufigste Fehlstellung ist eine Abweichung des Taluskopfs nach medial als Folge der medialen Trümmerzone, was zu einer reduzierten Beweglichkeit mit relevanten Druckveränderungen im USG und im Chopart-Gelenk führt. Gelenkerhaltende operative Korrekturen zur Wiederherstellung der Anatomie sind sinnvoll, solange der Gelenkknorpel noch nicht übermäßig geschädigt ist und bedürfen zur exakten Planung einer umfangreichen präoperativen Abklärung mit konventionellem Röntgen, CT und MRT.

Literatur

- 1 Wildenauer E. Die Blutversorgung der Talus. *Z Anat* 1950; 115: 32
- 2 Miller AN, Prasarn ML, Dyke JP et al. Quantitative assessment of the vascularity of the talus with gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93: 1116–1121
- 3 Kelly PJ, Sullivan CR. Blood supply of the talus. *Clin Orthop Relat Res* 1963; 30: 37–44
- 4 Coltart WD. Aviator's astragalus. *J Bone Joint Surg Br* 1952; 34: 545–566
- 5 Dunn AR, Jacobs B, Campbell RD jr. Fractures of the talus. *J Trauma* 1966; 6: 443–468
- 6 Hawkins LG. Fractures of the neck of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 991–1002
- 7 Sneppen O, Buhl O. Fracture of the talus. A study of its genesis and morphology based upon cases with associated ankle fracture. *Acta Orthop Scand* 1974; 45: 307–320
- 8 Canale ST, Kelly FB jr. Fractures of the neck of the talus. Long-term evaluation of seventy-one cases. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 143–156
- 9 Inokuchi S, Ogawa K, Usami N. Classification of fractures of the talus: clear differentiation between neck and body fractures. *Foot Ankle Int* 1996; 17: 748–750
- 10 Tezval M, Dumont C, Stürmer KM. Prognostic reliability of the Hawkins sign in fractures of the talus. *J Orthop Trauma* 2007; 21: 538–543
- 11 McKeever F. Fractures of tarsal and metatarsal bones. *Surg Gynecol Obstet* 1950; 90: 735–745
- 12 Comfort TH, Behrens F, Gaither DW et al. Long-term results of displaced talar neck fractures. *Clin Orthop* 1985; 199: 81–87
- 13 Kundel K, Braun W, Scherer A. Spätergebnisse nach zentralen Talusfrakturen. *Unfallchirurg* 1995; 98: 124–129
- 14 Lindvall E, Haidukewych G, DiPasquale T et al. Open reduction and stable fixation of isolated, displaced talar neck and body fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 2229–2234
- 15 Pantazopoulos T, Galanos P, Vayanos E et al. Fractures of the neck of the talus. *Acta Orthop Scand* 1974; 45: 296–306
- 16 Grob D, Simpson LA, Weber BG et al. Operative treatment of displaced talus fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1985; 199: 88–96
- 17 Bellamy JL, Keeling JJ, Wenke J et al. Does a longer delay in fixation of talus fractures cause osteonecrosis? *J Surg Orthop Adv* 2011; 20: 34–37
- 18 Kenwright J, Taylor RG. Major injuries of the talus. *J Bone Joint Surg Br* 1970; 52: 36–48
- 19 Frawley PA, Hart JA, Young DA. Treatment outcome of major fractures of the talus. *Foot Ankle Int* 1995; 16: 339–345
- 20 Boyd HB, Knight RA. Fractures of the astragalus. *South Med J* 1942; 35: 160–167
- 21 Brodén B. Roentgen examination of the subtalar joint in fractures of the calcaneus. *Acta Radiol* 1949; 31: 85–88
- 22 Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 453–458
- 23 Marsh JL, Saltzman CL, Iverson M et al. Major open injuries of the talus. *J Orthop Trauma* 1995; 9: 371–376
- 24 Reckling FW. Early tibiocalcaneal fusion in the treatment of severe injuries of the talus. *J Trauma* 1972; 12: 390–396
- 25 Böhler L. *The Treatment of Fractures*. New York: Grune & Stratton; 1958
- 26 Funk JR, Srinivasan SC, Crandall JR. Snowboarder's talus fractures experimentally produced by eversion and dorsiflexion. *Am J Sports Med* 2003; 31: 921–928
- 27 Hawkins LG. Fracture of the lateral process of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 1965; 47: 1170–1175
- 28 Valderrabano V, Perren T, Ryf C et al. Snowboarder's talus fracture: treatment outcome of 20 cases after 3.5 years. *Am J Sports Med* 2005; 33: 871–880
- 29 Rammelt S, Grass R, Brenner P et al. Septic necrosis after third-degree open talus fracture in conjunction with complex trauma of the foot (floating talus). *Trauma Berufskr* 2001; 3 (Suppl. 2): S230–S235
- 30 Schuind F, Andrianne Y, Burny F et al. Fractures et luxations de l'astragale. *Revue de 359 cas*. *Acta Orthop Belg* 1983; 49: 652–689
- 31 Rammelt S, Zwipp H, Gavlik JM. Avascular necrosis after minimally displaced talus fracture in a child. *Foot Ankle Int* 2000; 21: 1030–1036
- 32 Peterson L, Goldie IF, Irstam L. Fracture of the neck of the talus. A clinical study. *Acta Orthop Scand* 1977; 48: 696–706

PD Dr. med. Fabian Krause
Leitender Arzt Fuss- und Sprunggelenkschirurgie

Klinik für Orthopädische Chirurgie
Inselspital, Universität Bern
Freiburgstr.
3010 Bern
Schweiz

fabian.krause@insel.ch