

Redaktion

M. Betzler · Essen
H.-J. Oestern · Celle
P.M. Vogt · Hannover



3 Punkte sammeln auf...

[springermedizin.de/
eAkademie](http://springermedizin.de/eAkademie)

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt. *Der Chirurg* ist zudem durch die Schweizerische Gesellschaft für Chirurgie mit 1 Credit pro Modul anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

C. Krettek · S. Bachmann

Unfallchirurgische Klinik, Medizinische Hochschule Hannover (MHH), Hannover

Pilon-Frakturen

Teil 2: Repositions- und Stabilisierungstechnik, Komplikationsmanagement

Zusammenfassung

Die Behandlung von Pilon-Frakturen beinhaltet die mehr oder weniger offene Reposition und innere Osteosynthese mit Platten und Schrauben, die externe Fixation mit in der Regel gelenküberbrückenden Konstruktionen oder Kombinationen aus beiden. Die meisten Behandlungsprotokolle bestehen heute aus einem mehrschrittigen Vorgehen mit zunächst externer gelenküberbrückender Fixation, einer Abschwellphase und dem späteren Wechsel auf eine interne Osteosynthese. Damit konnte die Rate der Weichteilkomplikationen und Infektionen gesenkt werden. Die Zugangsplanung orientiert sich nach dem im 3-D-Datensatz analysierten Frakturmuster und an den daraus entwickelten Strategien zur Gelenkrekonstruktion. Ziel ist die anatomische Wiederherstellung der Gelenkflächen, aber der Grad der erforderlichen anatomischen Wiederherstellung der Gelenkfläche ist unklar. Das anatomisch-radiologische Ergebnis korreliert nicht immer mit dem klinischen Ergebnis.

Schlüsselwörter

Distale Tibia · Pilon-Fraktur · Osteosynthese · Repositionstechnik · Stabilisierungstechnik

Die präoperative Planung erfolgt durch dreidimensionale Analysen des CT-Datensatzes

Hilfreich ist die Verwendung eines „Viewers“

Lernziele

Frakturen des distalen Tibiaendes mit Beteiligung der Gelenkfläche sind schwierig zu behandeln und komplikationsreich. Zugangs- und Repositionsstrategie sind entscheidend für das Ergebnis. In einem vorausgegangenen Artikel wurde auf Diagnostik, Versorgungsstrategie und Zugänge eingegangen [1]. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ...

- die Operationsvorbereitung darzustellen,
- Repositions- und Stabilisierungstechniken zu vermitteln,
- das Komplikationsmanagement zu erläutern und
- die Ergebnisse und Prognose der Gelenkrekonstruktion zu diskutieren.

Operative Therapie

Operationsvorbereitung

Präoperative Planung

Die präoperative Planung ist einer der wesentlichen Voraussetzung für eine erfolgreiche Versorgung. Die zweidimensionale Analyse mit Papier und Bleistift [2, 3, 4] ist weitgehend durch dreidimensionale Analysen des Computertomographie(CT)-Datensatzes und die 3-D-Planung abgelöst worden.

Tip: Hilfreich ist die Verwendung des 3-D-Bilddatensatzes der Gegenseite, der häufig unbeachtet bleibt und aus Speicherplatzgründen in der Regel verworfen wird. Hilfreich ist auch die Verwendung eines „Viewers“ durch den Chirurgen selbst. Das ermöglicht die dreidimensionale Bildanalyse mit Definition von Schnittebenen und Blickwinkeln sowie Segmentierung und Freistellung entsprechend den chirurgischen Erfordernissen. Dies ermöglicht neben der Festlegung der **Zugangswege** und Entwicklung von Repositionsstrategien auch die Bewertung von **Frakturlinien**, Dislokationsgrad, Eintauchungszonen, diaphysären Frakturausläufern und schließlich auch das digitale Ablegen der mit individualisierten Kommentaren versehenen Planung und die Wiedergabe auf großen Monitoren während der Operation. Dazu müssen nicht immer kostenintensive Planungsprogramme verwendet werden. Für ein orientierendes Verständnis ist die nicht skalierte qualitative 3-D-Analyse sehr hilfreich, wir verwenden gängige Präsentationsprogramme wie MSPowerPoint®. Die Planung wird ergänzt durch eine Liste der benötigten Instrumente und Implantate.

Pilon fractures. Part 2: Repositioning and stabilization technique and complication management

Abstract

The management of complex pilon fractures with soft tissue injuries has seen many trends, with changes toward staged protocols of temporary external fixation followed by delayed open reduction and internal fixation (ORIF), minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) techniques and special implants, the benefits of negative pressure wound sealing and early „fix and flap“ efforts to reconstruct soft tissue defects. Reduction and fixation must involve cautious management and careful handling of soft tissue in order to minimize the well-known complications of this difficult fracture. With these changes, the rate of soft tissue complications, infections and non-unions has decreased. The target remains the anatomical reconstruction of the articular surface as well as the geometric integrity of the distal tibia and fibula. Currently it is still unclear how much articular anatomy and perfection in reduction is needed as the radiographic results do not always correlate with the clinical results.

Keywords

Distal tibia · Pilon fracture · Surgical approach · Osteosynthesis · Reduction technique

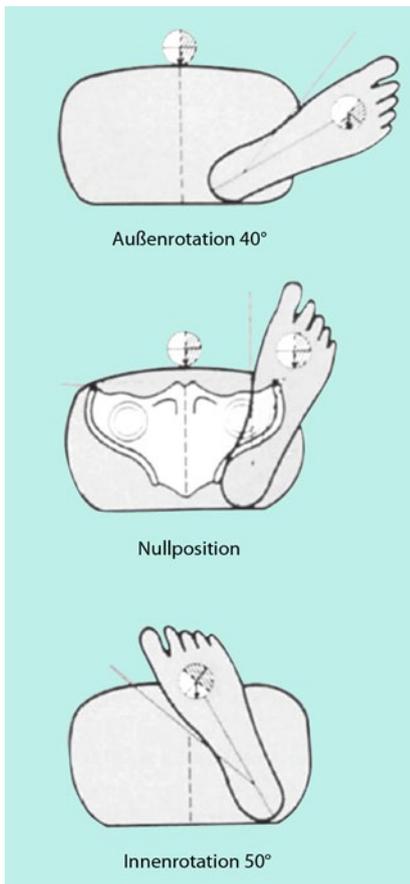


Abb. 1 ◀ Kontrolle der Tibiatorsion im Seitenvergleich. Die tibiale Torsion wird, soweit die Frakturmuster es nicht klar vorgeben, klinisch eingestellt. *Methode 1:* Dabei wird im Seitenvergleich unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen (proximale Osteosynthesen, Knieinstabilität, vorbestehende Kontrakturen) bei gestrecktem Knie- und Hüftgelenk der Rotationsumfang im Hüftgelenk mit dem der gesunden Gegenseite verglichen und ggf. korrigiert [6]. *Methode 2:* im Seitenvergleich wird unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen (proximale Osteosynthesen, Knieinstabilität, vorbestehende Kontrakturen) bei 90° gebeugtem Knie- und Hüftgelenk und dorsalexstendiertem Fuß von distal her die Fußposition evaluiert, mit der präoperativ analysierten Gegenseite verglichen und ggf. korrigiert

Lagerung

Bewährt haben sich ein **strahlentransparenter Operationstisch** (Karbontisch), absenkbare Beinplatten oder die Unterpolsterung der kontra- oder ipsilateralen Seite. Manche Autoren empfehlen die Lagerung des Fußes über den Tischrand hinaus, da die Tischrandbereiche häufig störende Überlagerungsartefakte verursachen. Wenn eine Knochenentnahme geplant ist, muss dies bei der Abdeckung berücksichtigt werden (Beckenkamm, proximale Tibia). In Abhängigkeit der geplanten Zugangsstrategie empfiehlt sich eine Abstützung oder Anhebung im Beckenbereich. (Postero-)laterale Strukturen sind häufig in Bauch- oder Seitenlage besser zugänglich (siehe „Zugänge“ in [5]).

Untersuchung der Gegenseite

Vor dem Abdecken muss der Chirurg bei 90° gebeugtem Hüft- und Kniegelenk die Fußposition (Torsion) der unverletzten Gegenseite in Fußneutralstellung/Dorsalexension untersuchen und mental „abspeichern“ oder mit einem digitalen Foto als Referenz für die Einstellung der frakturierten Seite festhalten (▣ **Abb. 1**).

In speziellen Fällen, z. B. bei ausgedehnten Trümmerzonen ist die Erfassung der Unterschenkel-länge der Gegenseite mit dem Röntgenbildverstärker und Lineal sinnvoll [6].

Intraoperative Bildgebung

Ein **Röntgenbildverstärker** (BV) zur intraoperativen Analyse von Teilschritten ist erforderlich. Große Bilddurchmesser sind vorteilhaft. Da es bei Röntgenbildverstärkern in den Randbereichen unbemerkt häufig zu Bildverzerrungen kommt, bevorzugen wir digitale Bildverstärker mit „Flat-panel-Technologie“ mit großen Bilddiagonalen.

Instrumente und Hilfsmittel

Kleine Knochenfragmente, Periost und Granulationsgewebe können die Reposition erheblich behindern. Eine Reihe von Instrumenten wie scharfe Löffel, Küretten und Frakturbürste erlaubt die Säuberung der Frakturzonen, die mit Knochenhaken oder Arthrodesenspreizer geöffnet und exponiert

(Postero-)laterale Strukturen sind häufig in Bauch- oder Seitenlage besser zugänglich

Bei 90° gebeugtem Hüft- und Kniegelenk ist die Fußposition der unverletzten Gegenseite in Neutralstellung festzustellen

Mit scharfem Löffel, Kürette und Frakturbürste werden die Frakturzonen gesäubert



Abb. 2 ▲ Instrumente zur Frakturspaltsäuberung und Fragmentmanipulation. **a** Schanz-Schraube mit T-Handgriff. **b** Knochenhaken. **c** Frakturbürste. **d** Scharfer Löffel. **e** Kürette. **f** Arthrodesenspreizer. **g** Präpariertupfer. **h** Pulsatiles Lavagesystem. **i** Spülspritze



Abb. 3 ▲ Repositionszangen. **a** „King-Tong“-Zange. **b, c** Repositionszange mit Spitzen (groß und klein). **d** Kollineare Klemme mit Aufsätzen in verschiedenen Größen

werden können, was die Darstellung und Reposition erheblich erleichtern kann. Anschließend wird die Fraktur mit **Repositionszangen** temporär adaptiert und fixiert (■ **Abb. 2, 3**).

Tibiokalkaneare oder tibiotolare Distraktoren sind hilfreich bei Verkürzungen im Bereich der fibularen und/oder tibialen Säule

Distraktor. Tibiokalkaneare oder tibiotolare Distraktoren können besonders hilfreich sein bei Verkürzungen im Bereich der fibularen und/oder tibialen Säule, aber auch bei intakter Fibula und metaphysärer tibialer Verkürzung. Uni- und bilaterale Applikationen sind möglich. Letztere erlauben eine seitengetrennte Distraction und Kontrolle der Achsen in der Frontalebene.

Die mehr oder weniger exzentrische Lage der tibialen oder kalkanearen Pins *vor* oder *hinter* der Tibiallängsachse erlaubt Achsenkorrekturen in der Sagittalebene und eine gezielte Öffnung von Gelenkräumen, die von anterior oder posterior besser einsehbar gemacht werden können.

Technik. Die Applikation der proximalen **Schanz-Schraube/Steinmann-Pins** erfolgt bikortikal senkrecht zur Längsachse und parallel zur „reponierten“ Achse der distalen Gelenkfläche. Im Talus wird die Schanz-Schraube unikortikal in den Talushals (unmittelbar vor dem Innenknöchel und



Abb. 4 ◀ Antegrade Plattenplatzierung. Pilon-Fraktur an einem rechten Unterschenkel, die über einen direkten vorderen Zugang reponiert und temporär stabilisiert worden ist. Antegrades statt retrogrades Einschleiben der Platte

proximal des neurovaskulären Bündels) eingebracht. Im Kalkaneus erfolgt die Einbringung bikortikal durch den Tuber calcanei [7, 8].

Gefahren. Es besteht die Gefahr der Verletzung **neurovaskulärer Strukturen** (medial: N. tibialis posterior, lateral: N. suralis). Proximale und distale Pins sollen nach Reposition in der gleichen Ebene liegen, da sonst die Gefahr von **Torsionsfehlern** besteht. Klinisch muss hierbei auf die Fußposition geachtet werden.

Antegrade Plattenplatzierung. Proximal sind die Weichteile in der Regel deutlich weniger kompromittiert. Daher hilft das Einschleiben der Osteosyntheseplatten von proximal nach distal, den iatrogenen Weichteilschaden zu reduzieren. Distal ist dann nur noch eine kurze Stichinzision über dem Plattenloch erforderlich (■ **Abb. 4**).

Repositions- und Stabilisierungstechnik (intern)

Rüedi und Allgöwer haben die Behandlung der distalen Tibiafrakturen systematisiert und mit vier Schritten definiert:

1. Längenerstellung,
2. Wiederherstellung der Gelenkfläche und des metaphysären Blocks,
3. Knochentransplantation und
4. Fixierung der Metaphyse an den Schaft [9].

Fibulastabilisierung

Die Fibula hat in einer Reihe von Publikationen als „Referenzstruktur“ und laterale Abstützsäule eine zentrale Rolle in der Wiederherstellung der Länge [10] und zur Valgusvermeidung. Sie wird oft als der notwendigerweise erste Schritt der Osteosynthese dargestellt [2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Bei der Reposition der Fibula sollte die korrekte Ausrichtung und Positionierung in der Frontal- und Sagittalebene – unter Berücksichtigung der korrekten Torsion – wiederhergestellt werden. Das Erreichen der ursprünglichen Fibulalänge wird angestrebt, kann aber nicht immer erreicht werden. Entscheidend ist die korrekte Wiederherstellung der Topographie in der Sprunggelenksgabel. Dies ist bei Trümmerzonen ohne intraoperative 3-D-Bildgebung nicht immer einfach, hier sind aber die drei **Landmarken nach Weber** hilfreich ([15], ■ **Abb. 5**).

Eine fehlende oder die Fixierung von Pilon-Frakturen mit verkürzter Fibula kann zu einer Valgusfehlstellung und posttraumatischer Arthrose führen. Umgekehrt führt die Fibulaosteosynthese zu einer geringeren Rate an Fehlstellungen und posttraumatischer Arthrose [16, 17]. Bandstrukturen wie das vordere und hintere Syndesmosenband und die fibulotalaren Bänder unterstützen die Fragmentausrichtung der benachbarten Knochenstrukturen („tubercule de chaput“) durch Ligamentotaxis [8, 18, 19].

Kontra Fibulastabilisierung. Die Fibulaosteosynthese wird durchaus kontrovers diskutiert, vor allem bei der Verwendung von **externen Fixationssystemen** (Varuskollaps), bei **Trümmerfrakturen**

Die Osteosyntheseplatte wird von proximal nach distal eingeschoben

Die Fibula hat als „Referenzstruktur“ und laterale Abstützsäule eine zentrale Rolle in der Wiederherstellung der Länge

Die Fibulaosteosynthese führt zu einer geringeren Rate an Fehlstellungen und posttraumatischer Arthrose

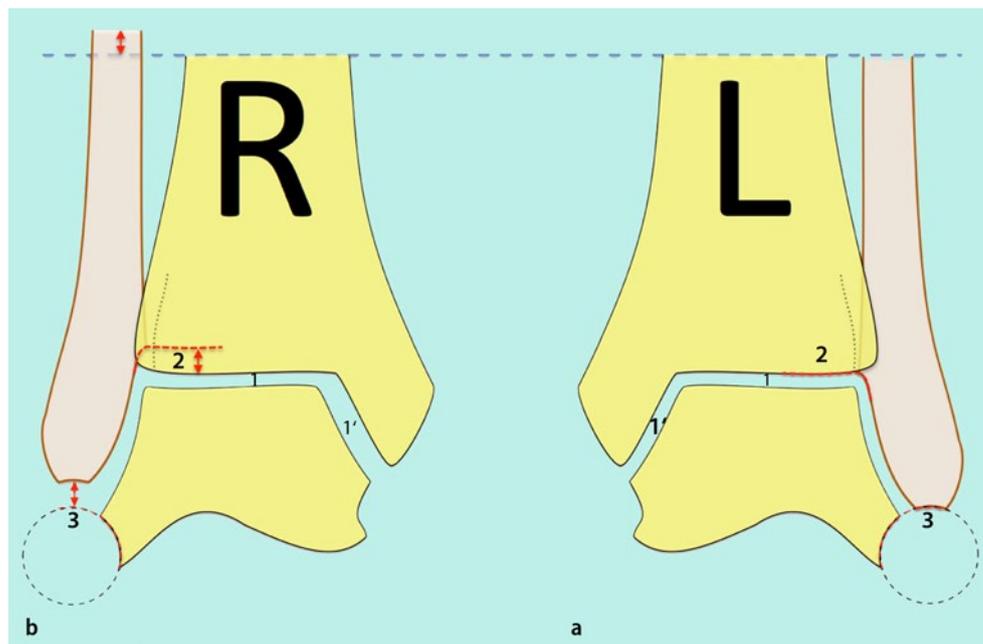


Abb. 5 ▲ Die drei radiologischen Zeichen nach Weber zur Einschätzung der korrekten Fibulalänge. **a** Die linke „Patienten“-Seite (L) repräsentiert ein gesundes Sprunggelenk. Die Weite des oberen Sprunggelenkspaltes (1) entspricht der Weite des medialen Sprunggelenkspaltes (1'). Die gestrichelte Linie (2) repräsentiert die gedachte/projizierte Verlängerung der artikulären Inzisierung der distalen Fibula („spike“ oder „Shenton-Linie“ des Sprunggelenks), die sich in der artikulären Kortikalis der distalen Tibia (*Gelenklinie*) harmonisch fortsetzt. (3) Ein ununterbrochener Kreisbogen setzt sich vom lateralen Teil des Talus harmonisch zur distalen Fibula fort. **b** Die rechte „Patienten“-Seite (R) zeigt die Fibula um die Länge des Doppelpfeils verkürzt. Die radiologische Weite des oberen Sprunggelenkspaltes (1) ist geringer als die Weite des medialen Gelenkspaltes (1') als Hinweis für eine Lateralisation des Talus. Die gestrichelte Linie (2) repräsentiert die gedachte/projizierte Verlängerung der artikulären Inzisierung der distalen Fibula („spike“ oder „Shenton-Linie“ des Sprunggelenks), die sich in der artikulären Kortikalis der distalen Tibia (*Gelenklinie*) fortsetzen sollte, hier aber (um den Betrag der Fibulaverkürzung) oberhalb verläuft. (3) Unterbrochener, unharmonischer Kreisbogen vom lateralen Teil des Talus und der distalen Fibula. (Mod. nach [15])

mit fehlender Möglichkeit der vollen anatomischen Rekonstruktion [8, 20, 21, 22] und bei Verletzung in eine tertiäre Versorgungsklinik (Fibulainzision führt zum Ausschluss bestimmter Zugangsoptionen z. B. anterolateraler Zugang).

Interessanterweise war die Fibulaosteosynthese auch bei Rüedi und Allgöwer nur in 60% der Fälle der erste Schritt [23]. Festzuhalten bleibt, dass dies sehr oft, aber eben nicht in jedem Falle sinnvoll ist. Mit der Längenwiederherstellung der Fibula steigt über die Syndesmosen- und tibiofibularen Bänder die Weichteilspannung auch in der tibialen Frakturzone. Das kann insbesondere in der frischen Fraktursituation im Sinne einer **Ligamentotaxis** strategisch genutzt werden.

Ausnahmen:

- In Fraktursituationen, in denen zuerst vordere und hintere Gelenkfragmente aneinander fixiert werden sollen, kann eine durchgeführte Fibulastabilisierung aufgrund der Weichteilspannung aber sogar störend sein.
- Bei frakturierter Fibula mit knöchernem Ausriss des hinteren Syndesmosenbandes ermöglicht ein posterolateraler Zugang durch Wegklappen der Fibula eine ausgezeichnete Einsicht in das distale Tibiagewölbe. In diesen Fällen ist dann ein Abweichen von der Regel „Fibula zuerst“ sinnvoll.

Das Implantat der Wahl ist bei einfachen Frakturformen und Zugbelastung die Drittelrohrplatte mit 2 bis 3 Schrauben pro Seite

Implantate. Das Implantat der Wahl bei einfachen Frakturformen und Zugbelastung ist die Drittelrohrplatte mit 2 bis 3 Schrauben auf jeder Seite. Bei komplexen Frakturformen und/oder schlechter Knochenqualität können (anatomisch vorgeformte) winkelstabile Implantate notwendig werden. Bei anatomisch selbstabstützenden „torsionsstabil verzahnten“ Frakturformen können auch intramedulläre Implantate (lange 3,5-mm-Schrauben, K-Drähte o. a.) verwendet werden, die weichteilschonend über kleine Inzisionen eingebracht werden können.

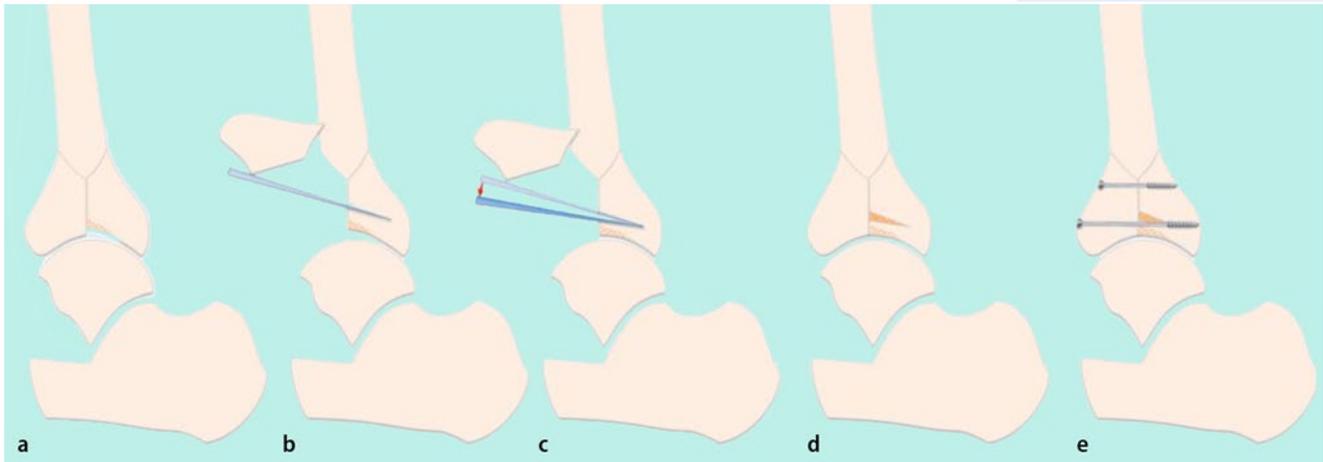


Abb. 6 ▲ Aufrihtung der Impressionszonen. **a** Nach der kortikalen Reposition zeigt sich, dass das posteriore Fragment an der Vorderkante imprimiert ist. **b** Eingehen mit dem Meißel etwa 7–10 mm kranial und parallel der Gelenkfläche. **c** Zurückbiegen des imprimierten Gelenkanteils. **d** Einfalzen eines leicht überdimensionierten kortikospongiosen Spans. **e** Zugschraubenfixierung des metaphysären Blocks

Rekonstruktion des tibialen Gelenkblocks und Defektauffüllung

Zugangsplanung. Die Zugangsplanung erfolgt anhand der 2-D- und 3-D-Rekonstruktionen. Der Zugang dient vor allem der Visualisierung und Reposition der Gelenkfläche und der extraartikulären Schlüsselbruchlinien, erst in zweiter Linie der Implantatplatzierung. Im Entscheidungskonflikt bekommen Visualisierung und Reposition die höhere Priorität.

Frakturreinigung. Vor Beginn der Reposition, insbesondere bei verzögerter Stabilisierung, müssen eine Reinigung der Frakturflächen von Débris, Knochenfragmenten und Bindegewebe mit scharfem Löffel, Kürretten, Frakturbürsten und Lavagesystemen erfolgen und die nicht artikulären Frakturänder von eingeschlagenem Periost befreit werden. Dazu müssen die Frakturspalten oft zusätzlich geöffnet (Knochenhaken) oder aufgeweitet (Arthrodesenspreizer) werden (▣ Abb. 2).

Epi-/metaphysäre Fixierung. In der Regel findet sich ein Y-förmiges Frakturgrundmuster mit drei Fragmenten:

1. vorderes „Tubercule-de-chaput-Fragment“,
2. posteriores „Volkman-Fragment“ und
3. Innenknöchelfragment.

Die Reposition des Gelenkblocks beginnt von lateral nach medial und von hinten nach vorne. Das „Tubercule-de-chaput-Fragment“ wird gegen das dorsale Volkman-Fragment reponiert und temporär fixiert. Anschließend wird das mediale Innenknöchelfragment „dazu“-reponiert und temporär fixiert. Nach visueller und BV-Kontrolle kann mit der definitiven Stabilisierung des Gelenkblocks begonnen werden. Als Implantate dienen 3,5-mm-Schrauben, K-Drähte, Abstützplättchen (konventionell oder winkelstabil).

Anhebung der Gelenkimpression. Schwierigkeiten können Impressionszonen am Frakturrand bereiten, die häufig erst nach der Reposition sichtbar werden und oft im CT nicht sicher zu identifizieren sind. Sie müssen angehoben und retiniert werden. Dazu wird mit dem Meißel ca. 7–10 mm oberhalb der Gelenkfläche eingegangen und die eingestauchte Frakturzone zurückgebogen. Das muss vorsichtig und wiederholt erfolgen, um eine Rückbiegung des deformierten Knochens herbeizuführen und eine Fraktur zu vermeiden. In den entstehenden Defekt wird ein vorzugsweise autologer, leicht überdimensionierter **kortikospongioser Span** eingefalzt, der der Rückstellendenz entgegen wirkt (▣ Abb. 6).

Der Zugang dient vor allem der Visualisierung und Reposition der Gelenkfläche

Die nicht artikulären Frakturänder werden von eingeschlagenem Periost befreit

Die Reposition des Gelenkblocks beginnt von lateral nach medial und von hinten nach vorne

Impressionszonen am Frakturrand werden häufig erst nach der Reposition sichtbar

Die Arthroskopie kann die Repositionskontrolle durch Visualisierung optimieren

Die Platzierung der winkelstabilen Osteosyntheseplatten erfolgt entsprechend den mechanischen Erfordernissen

Die Kontrolle der Achsen in der Frontal- und Sagittalebene erfolgt mit dem Röntgenbildverstärker

Der Wundverschluss muss spannungsfrei erfolgen

Der Fixateur kann zur initialen Stabilisierung, intraoperativen Reposition oder als Teil der definitiven Behandlung genutzt werden

Arthroskopie

Die Arthroskopie kann ergänzend zum Bildverstärker die Repositionskontrolle durch Visualisierung optimieren, wird aber relativ selten eingesetzt [24, 25, 26, 27]. Der Zugang erfolgt vorzugsweise über anteromediale und anterolaterale Portale. Kim et al. [24] nutzten die Arthroskopie in Ergänzung zum Bildverstärker beim Einsatz des Ilizarov-Fixateurs und erreichten „satisfactory results“ bei Rüedi-I-Frakturen in 100%, bei Rüedi-II-Frakturen in 71% und bei Rüedi-III-Frakturen in 60% der Fälle (Kriterien von Bone).

Diaphysäre Fixierung

Der Gelenkblock wird anschließend an die Diaphyse reponiert und mit Plattenimplantaten definitiv stabilisiert. Die Platzierung von individuell oder industriell vorgebogenen winkelstabilen Osteosyntheseplatten erfolgt entsprechend den mechanischen Erfordernissen, in der Regel medial [28]. Bei lateralen Impressionszonen, Perfusionsstörungen, kompromittierter Knochenqualität ist eine zusätzliche Abstützung ventrolateral im Bereich des „tubercule de chaput“ zu erwägen, da die laterale Tibiasäule nachgeben und eine Valgusfehlstellung zur Folge haben kann [29]. Die Ursache liegt in einer limitierten Längsstabilität der fibulotibialen Bänder (Syndesmose).

Osteosyntheseplatten. Wegen der geringen Dicke werden 3,5-mm-Implantate bevorzugt. Bei den dickeren 4,5-mm-Implantaten sind distal „ausgedünnte“ Implantate vorteilhaft, da sie weniger Druck auf die Weichteile ausüben. Individualisiert anformbare Plattenausläufer ermöglichen frakturspezifische Stabilisierungen. Für metaphysäre Abstützaufgaben eignen sich auch 1/3-Rohrplatten und T-Plättchen in winkelstabiler Ausführung.

Achsenkontrolle. Die Kontrolle der Achsen in der Frontal- und Sagittalebene erfolgt mit dem Röntgenbildverstärker. Die tibiale Torsion wird, soweit die Frakturmuster das nicht klar vorgeben, klinisch eingestellt (s. u.). Dabei wird im Seitenvergleich unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen (proximale Osteosynthesen, Knieinstabilität, vorbestehende Kontrakturen) bei gestrecktem Knie- und Hüftgelenk der Rotationsumfang im Hüftgelenk mit dem der gesunden Gegenseite verglichen [6]. Alternativ kann bei 90° gebeugtem Hüft- und Kniegelenk bei senkrecht positioniertem Oberschenkel die Fußposition seitenvergleichend analysiert und eingestellt werden. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass in 90° Kniebeugung (im Gegensatz zur Streckstellung) der Unterschenkel in gewissem Umfang rotiert werden kann ([6], **Abb. 1**).

Wundverschluss

Der Wundverschluss muss spannungsfrei erfolgen. Im Zweifelsfall erfolgt entweder eine **Dehnungslappenplastik** zur Hautentlastung oder ein temporärer Verschluss über einen Vakuumverband. Wir belassen den Fixateur in der Regel noch für einige Tage zur Spitzfußprophylaxe, öffnen ihn aber tagsüber zur krankengymnastischen Übungsbehandlung und Eigenbeübung.

Lassen sich die Wunden auch nach Abswellen der Weichteile nicht verschließen, muss eine Weichteildeckung mit Lappenplastik erfolgen.

Fixateur externe

Wenn bei schwererem Weichteilschaden oder **ausgedehnter Gelenkerstörung** eine Osteosynthese nur mit hohem Komplikationsrisiko möglich wäre, dann sollten externe Fixierungsmaßnahmen erwogen werden. Der Fixateur externe ist relativ einfach anzubringen, bietet gute Stabilität und kann durch Ligamentotaxis und indirekte Reposition Länge und Achse wiederherstellen, ohne Fragmente zu denudieren. Der Fixateur kann zur initialen Stabilisierung, zur intraoperativen Reposition oder als Teil der definitiven Behandlung eingesetzt werden. Bei Vergleichen zwischen innerer und externer Osteosynthese hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der externen Fixation in der Regel schlechter sind [30, 31], in einer Studie sogar schlechter als die Amputation [32]. Bei schlechten Weichteilen und/oder hochgradigem Weichteilschaden stellt sich die Situation anders dar. In diesen Situationen zeigt der Hybridfixateur mit minimal-invasiver Gelenkrekonstruktion deutlich geringere Komplikationen bezüglich Infektion, Pseudarthrose und Gelenkeinstellung als die zweizeitige Plattenosteosynthese [33].

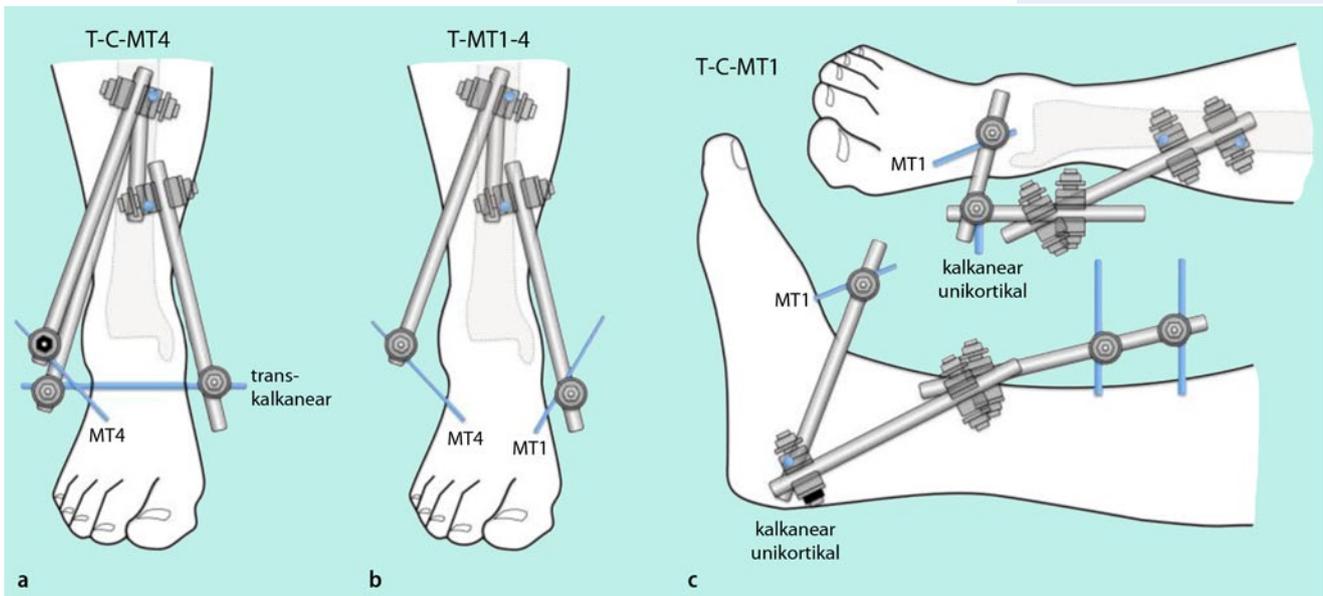


Abb. 7 ▲ Standardkonfiguration für gelenkübergreifenden Fixateur externe. **a** Tibio-kalkaneare-metatarsale-4-Konstruktion (T-C-MT4). Der gewindebehaftete Steinmann-Nagel wird transkalkaneär platziert. **b** Tibio-metatarsale-1-4-Konstruktion (T-MT1-4). Eine Fixierung im Kalkaneus erfolgt nicht. **c** Tibio-kalkaneare-metatarsale-1-Konstruktion (T-C-MT1). Die kalkaneäre Schanz-Schraube wird unikortikal von medial eingebracht

Drei verschiedene Fixateur-Formen stehen zur Verfügung:

- gelenkübergreifend statisch,
- gelenkübergreifend beweglich (mit Gelenk) und
- nicht gelenkübergreifend.

Die Konstruktionen können mit Schanz-Schrauben, gespannten Drähten (Ilizarov) oder in Kombination (Hybrid) ausgeführt werden. Der Vorteil des Fixateur externe ist auch die Möglichkeit zur akuten Verkürzung und wenig aufwendigen sekundären Verlängerung [34].

Gelenkübergreifende Konstruktionen haben große Vorteile gegenüber einer Steinmann-Nagel-Extension. Sie ermöglichen die Reposition der fibularen und metaphysären Frakturen durch Ligamentotaxis, halten Länge, Ausrichtung und Fußposition und stören wenig in der Bildgebung. Sie können als Tibiokalkaneare [19], Tibiometatarsale [35] oder als Kombination [7] der beiden angelegt werden. Einer Spitzfuß-Supinations-Fehlstellung kann durch dünne Pins im Metatarsale 1 und/oder 4 entgegengewirkt werden.

Eine einfache im eigenen Vorgehen bevorzugte Konfiguration besteht aus zwei tibialen Schanz-Schrauben, einem Steinmann-Nagel mit zentralem Gewinde im Tuber calcanei und klein-dimensionierten Schanz-Schrauben in der Metatarsale-1- und -4-Basis (■ **Abb. 7**).

Die Konstruktion kann in geeigneten Fällen auch zur definitiven knöchernen Ausheilung belassen werden (in der Regel 6 bis 9 Wochen). Wenn die Weichteile und die Gesamtsituation es geeignet erscheinen lassen, kann ein Verfahrenswechsel zur Platte oder Gipsverband erfolgen oder der Fixateur umgebaut werden zu einem nicht gelenkübergreifenden Konstrukt. Nicht gelenkübergreifende Konstruktionen in unterschiedlichen Ausführungen (Ilizarov- oder Hybrid-Fixateure) ermöglichen eine direkte Stabilisierung der distalen Tibia und Fibula. Sie ermöglichen eine **bessere Fragmentkontrolle** als gelenküberbrückende Konstruktionen und lassen eine Bewegung im oberen Sprunggelenk (OSG) zu. Nicht gelenküberbrückende Ringfixateure führen zu weniger Fehlstellungen (5,7% vs. 13,4%) und besserer Sprunggelenksbeweglichkeit (36,3° vs. 27,2°). Bezüglich Infektion, Pseudarthrosen und knöcherner Konsolidierung gibt es keine Unterschiede [36].

Nachbehandlung

In der frühen postoperativen Phase stehen **abschwellende Maßnahmen** im Vordergrund (Bettruhe, Kühlung, Hochlagerung) und Gabe von **Antiphlogistika** und ggf. Lymphdrainagen. Die Thrombose-

Gelenkübergreifende Konstruktionen ermöglichen die Reposition der fibularen und metaphysären Frakturen durch Ligamentotaxis

Nicht gelenkübergreifende Konstruktionen ermöglichen eine direkte Stabilisierung der distalen Tibia und Fibula

Die Mobilisierung erfolgt mit einer Teilbelastung von 15–20 kg (Sohlenkontakt)

Gering kontaminierte Wunden können in ausgewählten Fällen primär verschlossen werden

Frakturen im Bereich des Sprunggelenks sind bei Übergewichtigen häufiger

Diabetes mellitus ist ein unabhängiger Risikofaktor für die Ausbildung postoperativer Komplikationen

prophylaxe und Antibiose erfolgt nach den Leitlinien. Einengende Verbände sind zu vermeiden, im Zweifelsfall aufzuschneiden. Die Mobilisierung erfolgt nach Abschwellung, wenn die Wundverhältnisse es erlauben, mit einer Teilbelastung von 15–20 kg (Sohlenkontakt) und wird ergänzt durch Bewegungs-, Anspannungsübungen und Spitzfußprophylaxe. Die Übungsbehandlung wird später ergänzt durch Krafttraining und Koordinationsübungen.

Die konventionelle Projektionsradiographie unterliegt starken Einschränkungen, deshalb sollte in den Fällen, in denen auch eine Intervention infrage kommt, eine **postoperative Qualitätskontrolle** mittels CT erfolgen. Ansonsten werden konventionelle Röntgenbilder postoperativ sowie nach 6 und 12 Wochen angefertigt.

Die Vollbelastung erfolgt je nach Frakturtyp über 9 bis 12 Wochen. Die Übungsbehandlung wird nach knöcherner Konsolidierung in den Kategorien Krafttraining, Bewegungsübungen und Koordinationstraining weiter intensiviert.

Sondersituationen

Offene Frakturen

Offene Frakturen sind chirurgische Notfälle und werden nach bestehenden Standards, Prinzipien und Leitlinien behandelt [19, 20, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45]. Dies beinhaltet die Tetanusimmunisierung und Antibiotikaprophylaxe, ein sorgfältiges chirurgisches Débridement und die Frakturstabilisierung [39, 40, 45].

Wunderweiterung und Débridement. Für ein adäquates Débridement ist es erforderlich, die Wunde (in der Regel in Längsrichtung) adäquat (Herstellung von Übersicht) zu erweitern. Insbesondere bei Perforationswunden kann dies ein Mehrfaches der initialen Wundlänge sein.

Wundverschluss bei gering kontaminierten Wunden. Gering kontaminierte Wunden können in ausgewählten Fällen (geringe Weichteilschwellung, gesunder, nicht immunkompromittierter Patient etc.) primär verschlossen werden.

In diesem Zusammenhang ist eine jüngst publizierte „Propensity-score-matched“ (Alter, Geschlecht, Zeit bis Débridement, ASA-Score, Frakturklassifikation, Kontaminationsgrad und Frakturlokalisation Tibia) -Studie interessant, die 349 offene Frakturen mit einem Weichteilschaden von O3A oder geringer analysierte. Es zeigte sich bei sofortigem Wundverschluss eine geringere Infektionsrate (4,1%) als beim verzögerten Wundverschluss (17,8%; [40]).

Wundverschluss bei stark kontaminierten Wunden. Stark kontaminierte Wunden werden nach Débridement und **lokaler Antibiotikaträgereinlage** („bead-pouch“; [45]) zur weiteren Revision geplant und mit **Vakuumverbänden** verschlossen [20, 40, 41, 45, 46, 47, 48].

Während die Sinnhaftigkeit initialer Wundabstriche (Versagen des Nachweises der Keime, die später Infektionen verursachen) kontrovers diskutiert wird [45], kann die **mikrobiologische Testung** inkl. Antibiotogramm der bei der Revision nach dem Débridement entnommenen Probe die Wahl der geeigneten Antibiotika [45] unterstützen und bei der Planung weiterer Revisionen und des Wundverschlusses hilfreich sein [48].

Übergewicht und Diabetes

Frakturen im Bereich des Sprunggelenks sind bei Übergewichtigen häufiger und die Frakturformen höhergradig als bei normalgewichtigen Patienten [49]. Die Einschätzung von Übergewicht als eigener unabhängiger Risikofaktor mit mehr Wundproblemen und Infektionen ist kontrovers [48, 50, 51, 52]. Ungeachtet dieser Diskussion zeigt die Literatur, dass grundsätzlich ein Zusammenhang zwischen Übergewicht und Komplikationen beim Traumatpatienten bestehen [48]. Darüber hinaus ist das Management adipöser Patienten technisch schwieriger und besonders ressourcenintensiv (Lagerung, Größen- und Gewichtslimitierung von CT und Operationstischen, Zugangstechnik, Weichteilretraktion; [37]). Diabetes mellitus stellt aufgrund einer Beeinträchtigung des Immunsystems, der diabetischen Angiopathie und der peripheren Neuropathie einen unabhängigen Risikofaktor für die Ausbildung postoperativer Komplikationen dar (Fehlstellung, Pseudarthrosen, Infektionen; [48, 53, 54]). In einer retrospektiven Studie an 83 Patienten fand sich in der diabetischen Gruppe eine oberflächliche Infektionsrate von 73% vs. 19% bei den nicht diabetischen Patienten, die tiefe Infektions-

rate betrug 43% vs. 9% [52], sodass eine strenge Einstellung der Blutglukose trotz kontroverser Diskussion beim chirurgischen Patienten angezeigt erscheint [55].

Nichtrekonstruierbare Gelenkdestruktion

Wenngleich die Mehrzahl der Pilon-Frakturen heute mit den zu Verfügung stehenden Osteosyntheseverfahren und den Möglichkeiten der Weichteildeckung rekonstruiert werden können [56, 57, 58], gibt es nach wie vor Fälle, bei denen eine Rekonstruktion ungeeignet oder unmöglich erscheint. In diesen Fällen muss eine Arthrodesis oder Amputation erwogen werden [59]. Eine primäre Arthrodesis kann indiziert sein bei schwerer artikulärer oder metaphysärer Zerstörung und/oder Knochenverlust [58, 60, 61, 62, 63, 64].

Arthrodesen nach Pilon-Frakturen sind in der Frühphase technisch schwierig und mit hohen Komplikationsraten behaftet. Zwei Szenarien sind therapeutisch möglich:

- *Längenerhalt und Arthrodesis sekundär* nach knöcherner Konsolidierung, falls erforderlich. Vor allem wenn die Achsenverhältnisse regelrecht sind, kommen die Patienten mit dieser Situation manchmal ausreichend gut zurecht [23, 65, 66], sodass eine sekundäre Arthrodesis nicht erforderlich ist.
- *Primäre Verkürzung und sekundäre Verlängerung* mit früher (vor knöcherner Frakturkonsolidierung) durchgeführter Arthrodesis und sekundärer Verlängerung (Knochentransport) nach Konsolidierung der Arthrodesis.

In der Regel sind zahlreiche Eingriffe erforderlich bis Infektfreiheit, knöcherner Stabilität, Konsolidierung und Weichteilverschluss erreicht sind (in einer Analyse von Sanders mindestens 5, im Mittel 9 Eingriffe), einhergehend mit deutlichen **funktionalen Einschränkungen** [67]. Das funktionelle Ergebnis nach Extremitätenerhalt nach komplexen Verletzungen an der distalen Tibia ist unbefriedigend, insbesondere wenn weitere schwere Verletzungen im Fußbereich vorliegen [58, 59, 67, 68].

Da moderne Prothesen ein hohes Maß an Funktionalität erlauben und die Studie aus dem Lower-Extremity-Assessment (LEAP)-Projekt bezüglich Gliedmaßenerhalt und Amputation vergleichbare mäßig bis schlechte Outcome-Ergebnisse gezeigt hat, muss mit dem Patienten deshalb auch die Option Amputation intensiv diskutiert werden [69].

Komplikationen

Komplikationen bei der Behandlung von Pilon-Frakturen sind häufig [7, 20, 60, 70, 71]. Es werden Früh- und Spät komplikationen unterschieden.

Frühkomplikationen

Weichteilprobleme

Weichteilprobleme sind mit einer Inzidenz von bis zu 37% sehr häufig und korrelieren eng mit der Verletzungsschwere [14, 20, 37, 43, 56, 57, 62, 71, 72, 73, 74, 75]. Die hohe Rate an Weichteilproblemen hängt auch mit der kritischen Weichteildurchblutung der Haut am anteromedialen Unterschenkel zusammen („watershed effect“, **Wasserscheidenphänomen**), wo die Haut mangels darunterliegender Muskeln weniger Perforatorgefäße erhält [76]. Anteromediale und posterolaterale Inzisionen isolieren die Perforatorgefäße, die die Haut aus der A. tibialis posterior oder der A. peronea versorgen. Obwohl die Hautäste aus der A. tibialis anterior bei diesen Zugängen zwar erhalten bleiben, sind diese fragilen Strukturen auch durch das Trauma selbst erheblich geschädigt, sodass auch sie nur bedingt zur Durchblutung beitragen können [76]. Zusätzliche Weichteilablösung und Deperiostierung steigern die Risiken von Hämatombildung, Wunddehiszenz, Ödem, Lymphstau und Infektion [10, 11, 37, 72, 74, 76].

Infektion

Die Raten für oberflächliche Infektionen schwanken zwischen 5 und 20% [11, 20, 70, 74]. Die Rate an tiefen Infekten beträgt bis zu 55% [11, 14, 20, 38, 43, 56, 57, 70, 71, 74, 77, 78]. Als Einflussfaktoren gelten neben dem Weichteilschaden und dem Grad der Knochenzerstörung auch die Erfahrung des Operateurs [23, 78]. Protokolle mit **mehrzeitigem Vorgehen** haben die Infektionsraten ge-

Eine primäre Arthrodesis kann bei schwerer artikulärer oder metaphysärer Zerstörung und/oder Knochenverlust indiziert sein

Die Option Amputation muss mit dem Patienten intensiv diskutiert werden

Weichteilprobleme sind mit einer Inzidenz von bis zu 37% sehr häufig und korrelieren eng mit der Verletzungsschwere

Die Rate an tiefen Infekten beträgt bis zu 55%

Tab. 1 Kriterien für klinische Ergebnisse nach Pilon-Frakturen. (Nach [90])

Beurteilung	Schmerz	Beweglichkeit	Fehlstellung
Exzellent	Kein	Dorsalextension >5° Plantarflexion >40°	<3°
Gut	Gelegentlich, Ansprechen auf nichtsteroidale Antiphlogistika	Dorsalextension = 0–5° Plantarflexion = 30–40°	3–5° Valgus <3° Varus
Mittelmäßig	Schmerzen bei Aktivitäten des täglichen Lebens, Opiateinnahme	Dorsalextension = –5–0° Plantarflexion = 25–30°	5–8° Varus 3–5° Varus
Schlecht	Therapieresistent	Dorsalextension <–5° Plantarflexion <25°	>8° Valgus >5° Varus

senkt auf 3% bei den geschlossenen [7, 20, 21, 30, 65, 70] und 10,5% bei den offenen Frakturen [20, 37, 65, 66, 67].

Spätkomplikationen

Spätkomplikationen umfassen u. a. Pseudarthrose, Fehlstellung, posttraumatische Arthrose und chronische Osteomyelitis.

Pseudarthrose

Die Pseudarthroserate beträgt zwischen 4 und 36% [11, 30, 71, 79, 80]. Die Behandlung ist schwierig und muss häufig eine Reihe von Problemen wie Fehlstellung, Umgang mit vorhandenen Implantaten und Stabilisierung unter oft sehr erschwerten mechanischen Verankerungsbedingungen lösen. Nach externer Fixierung zu beobachtende Probleme sind neben der Pseudarthrose die Fehlstellung am diaphysären Übergang [14, 43, 75]. Bei hartnäckigen, behandlungsresistenten Pseudarthrosen nach schwerer Zertrümmerung, Knochennekrose oder posttraumatischer Arthrose muss auch darüber nachgedacht werden, ob ein Extremitätenerhalt weiterhin sinnvoll ist [37].

Extra- und intraartikuläre Fehlstellung

Die Rate an Fehlstellungen beträgt bis zu 58% [11, 21, 71, 74, 75, 80, 81]. Extraartikuläre Fehlstellungen können zu chronischen Schmerzen führen und eine Korrektur erforderlich machen. Intraartikuläre Fehlstellungen werden häufig erst spät erkannt, sie führen meist zu posttraumatischer Arthrose [3, 16, 37].

Posttraumatische Arthrose

Die Rate an posttraumatischer Arthrose liegt zwischen 13 und 54% [11, 71, 72, 74, 83]. Als Ursachen werden u. a. der irreversible Knorpelschaden als Folge der mechanischen Einwirkung beim Trauma, eine Osteonekrose des subchondralen Knochens, die Qualität der chirurgischen Reposition und das Ausmaß möglicher intra- und extraartikulärer Fehlstellung mit Überlastung und Abrieb diskutiert [84, 85].

Infektion

Die Rate an chronischer Osteitis/Osteomyelitis betrug in Zeiten des einzeitigen Vorgehens bei schweren Frakturen mit Weichteilschäden bis zu 50% [14, 74, 78]. Die Behandlung der Infektion ist schwierig, eine zufriedenstellende Funktion ist oft nicht erreichbar, am Ende stehen häufig Arthrodesen oder Amputation [37]. Die Behandlungsprinzipien erfordern ein umfassendes Débridement von nekrotischem und infiziertem Gewebe, die Implantatentfernung, eine antibiotische Therapie und die temporäre Defektfüllung. Der langfristige knöcherner Wiederaufbau richtet sich nach der Defektgröße und dem Zustand des Wirtslagers. Entscheidend für den Behandlungserfolg ist nicht zuletzt die **Qualität der Weichteildeckung**.

Ergebnisse und Prognose

Die große Bandbreite knöcherner und weichteiliger Verletzungsschwere macht den Behandlungsvergleich besonders schwierig. Für den Vergleich von klinischen und radiologischen Ergebnissen wurden verschiedene Werkzeuge und Scores entwickelt [78, 86, 87, 88, 89, 90]. Häufig wird der Sco-

Nach externer Fixierung zu beobachtende Probleme sind neben der Pseudarthrose die Fehlstellung am diaphysären Übergang

Die Rate an Fehlstellungen beträgt bis zu 58%

Ursachen der posttraumatischen Arthrose sind u. a. irreversibler Knorpelschaden, Osteonekrose und Fehlstellungen

Die Behandlungsprinzipien erfordern ein umfassendes Débridement von nekrotischem und infiziertem Gewebe

von Tornetta [90] verwendet (■ **Tab. 1**). Keiner der genannten Scores ist für Pilon-Frakturen validiert [37].

Zwischen 25 und 50% aller chirurgisch behandelten Pilon-Frakturen entwickeln Zeichen einer **posttraumatischen Arthrose**, häufig innerhalb weniger Jahre und auch ungeachtet anatomischer Reposition [59, 68, 84, 91]. Trotzdem kann auch bei den Hochrasanztraumen in etwa 70% der Fälle ein zufriedenstellendes Langzeitergebnis erwartet werden. Bei den Niedrigenergiestraumen liegt der Wert bei 80% [60]. Eine volle Wiederherstellung ist jedoch die Ausnahme [31, 60, 91].

Outcome-Untersuchungen

Marsh und Pollak haben Analysen mit dem SF-36 (Short-Form Health Survey) und „ankle scores“ durchgeführt [31, 83]. Auch 2 bis 5 Jahre nach Trauma haben Patienten mit Pilon-Frakturen schlechtere allgemeine Gesundheitswerte als die Vergleichsbevölkerung. Bis zu 30% waren behindert, 40% mussten die Tätigkeit wechseln und 10% hatten bereits eine Arthrodesse. Es zeigte sich aber, dass die Symptome sich bis zu 5 Jahre nach Trauma noch besserten, was für die Beurteilung von Serien mit kürzerer Nachuntersuchung wichtig erscheint.

Hauptinflussfaktoren

In allen Serien zeigte sich, dass die Hauptinflussfaktoren auf das Ergebnis die initiale knöcherne und weichteilige Verletzungsschwere sowie die **Qualität der Reposition** waren.

Soziale und finanzielle Auswirkungen

Volgas et al. untersuchten 2010 die Auswirkungen von Pilon-Frakturen auf die finanzielle Situation der Patienten sowie die Arbeitsfähigkeit und -tätigkeit in den USA [92]. Alle Büroangestellten („white collar“) kehrten innerhalb eines Jahres zu ihrer ursprünglichen Tätigkeit zurück, aber nur 14% der Arbeiter. 63% aller College-Absolventen nahmen ihre Arbeit wieder auf, aber nur 14% der Patienten ohne College-Abschluss. 42% nahmen Sozialleistungen („social assistance“) in Anspruch und 37% mussten Eigentum verkaufen, um ihre traumabedingten Finanzprobleme zu lösen und ihren finanziellen Verpflichtungen nachzukommen [92].

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. C. Krettek, FRACS, FRCSEd
Unfallchirurgische Klinik, Medizinische Hochschule Hannover (MHH),
Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover
Krettek.Christian@mh-hannover.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Krettek und S. Bachmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Krettek C, Bachmann S (2015) Pilon-Frakturen. Teil 1: Diagnostik – Versorgungsstrategie – Zugänge. *Chirurg* 86:87–103
2. Mast J, Jakob R, Ganz R (1989) Planning and reduction technique in fracture surgery. Springer-Verlag, New York
3. Mast JW, Spiegel PG, Pappas JN (1988) Fractures of the tibial pilon. *Clin Orthop Relat Res* 230:68–82
4. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1991) Manual of internal fixation. Springer, Heidelberg
5. Krettek C, Aschemann D (2005) Lagerungstechniken im Operationsbereich. Springer, Berlin
6. Krettek C, Miclau T, Grün O et al (1998) Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical Note. *Injury* 29(Suppl 3):C29–C39
7. Liporace FA, Yoon RS (2012) Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? *J Orthop Trauma* 26(8):488–498
8. Mehta S, Gardner MJ, Barei DP et al (2011) Reduction strategies through the anterolateral exposure for fixation of type B and C pilon fractures. *J Orthop Trauma* 25(2):116–122

Patienten mit Pilon-Frakturen haben noch nach Jahren schlechtere allgemeine Gesundheitswerte als die Vergleichsbevölkerung

9. Rüedi T (1973) Fractures of the lower end of the tibia into the ankle joint: results 9 years after open reduction and internal fixation. *Injury* 5(2):130–134
10. Tile M (1987) Fractures of the distal tibial metaphysis involving the ankle joint: the pilon fracture. In: Schatzker J, Tile M (Hrsg) *The rationale of operative fracture care*. Springer-Verlag, Berlin, S 343–369
11. Bourne RB, Rorabeck CH, Macnab J (1983) Intra-articular fractures of the distal tibia: the pilon fracture. *J Trauma* 23(7):591–596
12. Rüedi T, Matter P, Allgower M (1968) Intra-articular fractures of the distal tibial end. *Helv Chir Acta* 35(5):556–582
13. Rüedi T, Allgower M (1978) Late results after operative treatment of fractures of the distal tibia (pilon tibial fractures) (author's transl). *Unfallheilkunde* 81(4):319–323
14. Wyrsch B, McFerran MA, McAndrew M et al (1996) Operative treatment of fractures of the tibial plafond. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 78(11):1646–1657
15. Weber BG, Simpson LA (1985) Corrective lengthening osteotomy of the fibula. *Clin Orthop Relat Res* 199:61–67
16. Borrelli J Jr, Catalano L (1999) Open reduction and internal fixation of pilon fractures. *J Orthop Trauma* 13(8):573–582
17. Lee YS, Chen SW, Chen SH et al (2009) Stabilisation of the fractured fibula plays an important role in the treatment of pilon fractures: a retrospective comparison of fibular fixation methods. *Int Orthop* 33(3):695–699
18. Grose A, Gardner MJ, Hettrich C et al (2007) Open reduction and internal fixation of tibial pilon fractures using a lateral approach. *J Orthop Trauma* 21(8):530–537
19. Ketz J, Sanders R (2012) Staged posterior tibial plating for the treatment of Orthopaedic Trauma Association 43C2 and 43C3 tibial pilon fractures. *J Orthop Trauma* 26(6):341–347
20. Boraiah S, Kemp TJ, Erwtaman A et al (2010) Outcome following open reduction and internal fixation of open pilon fractures. *J Bone Joint Surg Am* 92(2):346–352
21. Davidovitch RI, Elkhechen RJ, Romo S et al (2011) Open reduction with internal fixation versus limited internal fixation and external fixation for high grade pilon fractures (OTA type 43C). *Foot Ankle Int* 32(10):955–961
22. Liporace FA, Mehta S, Rhorer AS et al (2012) Staged treatment and associated complications of pilon fractures. *Instr Course Lect* 61:53–70
23. Rüedi TP, Allgower M (1979) The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res* 138:105–110
24. Kim HS, Jahng JS, Kim SS et al (1997) Treatment of tibial pilon fractures using ring fixators and arthroscopy. *Clin Orthop Relat Res* 334:244–250
25. Kralinger F, Lutz M, Wambacher M et al (2003) Arthroscopically assisted reconstruction and percutaneous screw fixation of a Pilon tibial fracture. *Arthroscopy* 19(5):E45
26. Leonard M, Magill P, Khayyat G (2009) Minimally-invasive treatment of high velocity intra-articular fractures of the distal tibia. *Int Orthop* 33(4):1149–1153
27. Poyanli O, Esenkaya I, Ozkut AT et al (2012) Minimally invasive reduction technique in split depression type tibial pilon fractures. *J Foot Ankle Surg* 51(2):254–257
28. Muller TS, Sommer C (2012) Minimally invasive plate osteosynthesis of the distal tibia. *Oper Orthop Traumatol* 24(4–5):354–367
29. Krettek C, Bachmann S (2015) Pilon-Frakturen. Teil 2: Repositions- und Stabilisierungstechnik, Komplikationsmanagement. *Chirurg (im Druck)*
30. Anglen JO (1999) Early outcome of hybrid external fixation for fracture of the distal tibia. *J Orthop Trauma* 13(2):92–97
31. Pollak AN, McCarthy ML, Bess RS et al (2003) Outcomes after treatment of high-energy tibial plafond fractures. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(10):1893–1900
32. Webb LX, Bosse MJ, Castillo RC et al (2007) Analysis of surgeon-controlled variables in the treatment of limb-threatening type-III open tibial diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Am* 89(5):923–928
33. Endres T, Grass R, Biewener A et al (2004) Advantages of minimally-invasive reposition, retention, and Ilizarov-(hybrid)fixation for pilon-tibial-fractures fractures with particular emphasis on C2/C3 fractures. *Unfallchirurg* 107(4):273–284
34. Katsenis D, Triantafyllis V, Chatzicristos M, Dendrinis G (2013) The reconstruction of tibial metaphyseal comminution using hybrid fixation in severe tibial plafond fractures. *J Orthop Trauma* 27(3):153–157
35. Bone L, Stegemann P, McNamara K, Seibel R (1993) External fixation of severely comminuted and open tibial pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res* 292:101–117
36. Papadokostakis G, Kontakis G, Giannoudis P, Hadjipavlou A (2008) External fixation devices in the treatment of fractures of the tibial plafond. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg* 90(1):1–6
37. Bartlett CS III, Putnam RM, Endres NK (2009) Fractures of the tibial pilon. *Skeletal Trauma* 4th ed. Chapter 59
38. Conroy J, Agarwal M, Giannoudis PV, Matthews SJ (2003) Early internal fixation and soft tissue cover of severe open tibial pilon fractures. *Int Orthop* 27(6):343–347
39. Gustilo RB, Anderson JT (1976) 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* 58(4):453–458
40. Jenkinson RJ, Kiss A, Johnson S et al (2014) Delayed wound closure increases deep-infection rate associated with lower-grade open fractures: a propensity-matched cohort study. *J Bone Joint Surg Am* 96(5):380–386
41. Parrett BM, Matros E, Pribaz JJ, Orgill DP (2006) Lower extremity trauma: trends in the management of soft-tissue reconstruction of open tibia-fibula fractures. *Plast Reconstr Surg* 117(4):1315–1322 (discussion 23–24)
42. Sirkin M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici D Jr (1999) A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures. *J Orthop Trauma* 13(2):78–84
43. Watson JT, Moed BR, Karges DE, Cramer KE (2000) Pilon fractures. Treatment protocol based on severity of soft tissue injury. *Clin Orthop Relat Res* 375:78–90
44. Wood T, Sameem M, Avram R et al (2012) A systematic review of early versus delayed wound closure in patients with open fractures requiring flap coverage. *J Trauma Acute Care Surg* 72(4):1078–1085
45. Zalavras CG, Patzakis MJ (2003) Open fractures: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 11(3):212–219
46. Cannada LK (2010) The no-touch approach for operative treatment of pilon fractures to minimize soft tissue complications. *Orthopedics* 33(10):734–738
47. Gardner MJ, Mehta S, Barei DP, Nork SE (2008) Treatment protocol for open AO/OTA type C3 pilon fractures with segmental bone loss. *J Orthop Trauma* 22(7):451–457
48. Lenarz CJ, Watson JT, Moed BR et al (2010) Timing of wound closure in open fractures based on cultures obtained after debridement. *J Bone Joint Surg Am* 92(10):1921–1926
49. Strauss EJ, Frank JB, Walsh M et al (2007) Does obesity influence the outcome after the operative treatment of ankle fractures? *J Bone Joint Surg Br* 89(6):794–798
50. Graves ML, Porter SE, Fagan BC et al (2010) Is obesity protective against wound healing complications in pilon surgery? Soft tissue envelope and pilon fractures in the obese. *Orthopedics* 33(8). DOI 10.3928/01477447-20100625-27

51. Kerkhoffs GM, Servien E, Dunn W et al (2012) The influence of obesity on the complication rate and outcome of total knee arthroplasty: a meta-analysis and systematic literature review. *J Bone Joint Surg Am* 94(20):1839–1844
52. Kline AJ, Gruen GS, Pape HC et al (2009) Early complications following the operative treatment of pilon fractures with and without diabetes. *Foot Ankle Int* 30(11):1042–1047
53. Costigan W, Thordarson DB, Debnath UK (2007) Operative management of ankle fractures in patients with diabetes mellitus. *Foot Ankle Int* 28(1):32–37
54. Ovaska MT, Makinen TJ, Madanat R et al (2013) Risk factors for deep surgical site infection following operative treatment of ankle fractures. *J Bone Joint Surg Am* 95(4):348–353
55. Abdelmalak BB, Lansang MC (2013) Revisiting tight glycemic control in perioperative and critically ill patients: when one size may not fit all. *J Clin Anesth* 25(6):499–507
56. Cierny G III, Byrd HS, Jones RE (1983) Primary versus delayed soft tissue coverage for severe open tibial fractures. A comparison of results. *Clin Orthop Relat Res* 178:54–63
57. Cierny G III, Cook WG, Mader JT (1989) Ankle arthrodesis in the presence of ongoing sepsis. Indications, methods, and results. *Orthop Clin North Am* 20(4):709–721
58. Stasikelis PJ, Calhoun JH, Ledbetter BR et al (1993) Treatment of infected pilon nonunions with small pin fixators. *Foot Ankle* 14(7):373–379
59. Bartlett CS, DiFelice GS, Buly RL et al (1998) Cardiac arrest as a result of intraabdominal extravasation of fluid during arthroscopic removal of a loose body from the hip joint of a patient with an acetabular fracture. *J Orthop Trauma* 12(4):294–299
60. Calori GM, Tagliabue L, Mazza E et al (2010) Tibial pilon fractures: which method of treatment? *Injury* 41(11):1183–1190
61. Hulscher JB, Velde EA te, Schuurman AH et al (2001) Arthrodesis after osteosynthesis and infection of the ankle joint. *Injury* 32(2):145–152
62. Moore TJ, Prince R, Pochatko D et al (1995) Retrograde intramedullary nailing for ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 16(7):433–436
63. Morgan SJ, Thordarson DB, Shepherd LE (1999) Salvage of tibial pilon fractures using fusion of the ankle with a 90 degrees cannulated blade-plate: a preliminary report. *Foot Ankle Int* 20(6):375–378
64. Stiehl JB, Dollinger B (1988) Primary ankle arthrodesis in trauma: report of three cases. *J Orthop Trauma* 2(4):277–283
65. Blauth M, Bastian L, Krettek C et al (2001) Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma* 15(3):153–160
66. Patterson MJ, Cole JD (1999) Two-staged delayed open reduction and internal fixation of severe pilon fractures. *J Orthop Trauma* 13(2):85–91
67. Sanders R, Pappas J, Mast J, Helfet D (1992) The salvage of open grade II-III ankle and talus fractures. *J Orthop Trauma* 6(2):201–208
68. Marsh JL, Rattay RE, Dulaney T (1997) Results of ankle arthrodesis for treatment of supramalleolar nonunion and ankle arthrosis. *Foot Ankle Int* 18(3):138–143
69. MacKenzie EJ, Bosse MJ (2006) Factors influencing outcome following limb-threatening lower limb trauma: lessons learned from the Lower Extremity Assessment Project (LEAP). *J Am Acad Orthop Surg* 14(10):205–210
70. McCann PA, Jackson M, Mitchell ST, Atkins RM (2011) Complications of definitive open reduction and internal fixation of pilon fractures of the distal tibia. *Int Orthop* 35(3):413–418
71. White TO, Guy P, Cooke CJ et al (2010) The results of early primary open reduction and internal fixation for treatment of OTA 43.C-type tibial pilon fractures: a cohort study. *J Orthop Trauma* 24(12):757–763
72. Heim U (1995) The pilon tibial fracture: classification, surgical techniques, results. W.B. Saunders, Philadelphia
73. Leone VJ, Ruland RT, Meinhard BP (1993) The management of the soft tissues in pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res* 292:315–320
74. McFerran MA, Smith SW, Boulas HJ, Schwartz HS (1992) Complications encountered in the treatment of pilon fractures. *J Orthop Trauma* 6(2):195–200
75. Pugh KJ, Wolinsky PR, McAndrew MP, Johnson KD (1999) Tibial pilon fractures: a comparison of treatment methods. *J Trauma* 47(5):937–941
76. Trumble TE, Benirschke SK, Vedder NB (1992) Use of radial forearm flaps to treat complications of closed pilon fractures. *J Orthop Trauma* 6(3):358–365
77. Ovadia DN, Chess JL (1988) Intraoperative and postoperative subtrocchanteric fracture of the femur associated with removal of the Zickel nail. *J Bone Joint Surg Am* 70(2):239–243
78. Teeny SM, Wiss DA (1993) Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. *Clin Orthop Relat Res* 292:108–117
79. Flynn JM, Bashyal RK, Yeger-McKeever M et al (2011) Acute traumatic compartment syndrome of the leg in children: diagnosis and outcome. *J Bone Joint Surg Am* 93(10):937–941
80. Gupta RK, Rohilla RK, Sangwan K et al (2010) Locking plate fixation in distal metaphyseal tibial fractures: series of 79 patients. *Int Orthop* 34(8):1285–1290
81. Collinge C, Kuper M, Larson K, Protzman R (2007) Minimally invasive plating of high-energy metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma* 21(6):355–361
82. Babis GC, Vayanos ED, Papaioannou N, Pantazopoulos T (1997) Results of surgical treatment of tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1997(341):99–105
83. Marsh JL, Weigel DP, Dirschl DR (2003) Tibial plafond fractures. How do these ankles function over time? *J Bone Joint Surg Am* 85-A(2):287–295
84. Marsh JL, Buckwalter J, Gelberman R et al (2002) Articular fractures: does an anatomic reduction really change the result? *J Bone Joint Surg Am* 84-A(7):1259–1271
85. Tochigi Y, Buckwalter JA, Martin JA et al (2011) Distribution and progression of chondrocyte damage in a whole-organ model of human ankle intra-articular fracture. *J Bone Joint Surg Am* 93(6):533–539
86. Burwell HN, Charnley AD (1965) The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. *J Bone Joint Surg Br* 47(4):634–660
87. DeCoster TA (2005) The nomenclature for intra-articular vertical impact fractures of the tibial plafond: pilon versus pylon. *Foot Ankle Int* 26(8):667 (author reply -8)
88. Ovadia DN, Beals RK (1986) Fractures of the tibial plafond. *J Bone Joint Surg Am* 68(4):543–551
89. Raikin S, Froimson MI (1999) Combined limited internal fixation with circular frame external fixation of intra-articular tibial fractures. *Orthopedics* 22(11):1019–1025
90. Tornetta P III, Weiner L, Bergman M et al (1993) Pilon fractures: treatment with combined internal and external fixation. *J Orthop Trauma* 7(6):489–496
91. Jansen H, Fenwick A, Doht S et al (2013) Clinical outcome and changes in gait pattern after pilon fractures. *Int Orthop* 37(1):51–58
92. Volgas D, DeVries JG, Stannard JP (2010) Short-term financial outcomes of pilon fractures. *J Foot Ankle Surg* 49(1):47–51

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welche Aussage zu Diagnostik und Therapie der Pilon-Frakturen ist falsch?

- Standard in der präoperativen Diagnostik sind Röntgenaufnahmen des OSG und des Unterschenkels.
- Eine Computertomographie ist nur selten erforderlich.
- Die konservative Therapie ist selten indiziert.
- Die operative Therapie sollte innerhalb von 6–12 h oder nach Abschwellen der Weichteile erfolgen.
- Die operative Versorgung von Pilon-Frakturen ist ein komplexer Eingriff an den Extremitäten.

? Welche Aussage zur operativen Versorgung der Pilon-Fraktur ist nicht richtig?

- Die Länge der Fibula muss zwingend erhalten werden.
- Bei der Einschätzung der korrekten Fibulalänge helfen die Kriterien nach Weber.
- Der anterolaterale Zugang erlaubt die Reposition und Osteosynthese von bestimmten Tibia- und Fibulafrakturen über einen Zugang.
- Der posterolaterale Zugang erlaubt die Reposition und Osteosynthese von bestimmten Tibia- und Fibulafrakturen über einen Zugang.
- Die Fibulaosteosynthese erfolgt oft, muss aber nicht immer zuerst erfolgen.

? Welche Aussage zur operativen Versorgung der Pilon-Fraktur ist falsch?

- Die Weite des oberen Sprunggelenkspaltes entspricht der Weite des medialen Gelenkspaltes.
- Die Weite des medialen und lateralen Gelenkspaltes ist abhängig von der Fußstellung.
- Die „Shelton-Linie“ ist ein Hilfsmittel bei der Beurteilung des Repositionsergebnisses bei Pilon-Frakturen.
- Die „King-Tong“-Zange und die kollineare Klemme sind hilfreich bei der Fraktur-reposition über minimale Inzisionen.
- Die Position der Distraktionspins hat eine untergeordnete Bedeutung für die intraoperative Visualisierung.

? Welche Aussage bezüglich der operativen Versorgung der Pilon-Fraktur ist richtig?

- Offene Pilon-Frakturen sollten aufgrund der Komplexität nicht nachts operiert werden.
- Die initiale Versorgung im Fixateur externe hat keine Bedeutung.
- Die mikrobiologische Diagnostik hat bei der initialen Versorgung von offenen Pilon-Frakturen nur einen geringen Stellenwert.
- Auch gering kontaminierte Wunden sollten immer offen oder mit z. B. Vakuumverbänden behandelt werden.
- Der verzögerte Verschluss bei offenen Pilon-Frakturen ist, verglichen mit dem primären Verschluss, durch deutlich niedrigere Infektionsraten gekennzeichnet.

? Welche Aussage zum operativen Vorgehen bei Pilon-Frakturen trifft zu?

- Große Zugänge erleichtern die Fraktur-reposition und sollten daher favorisiert werden.
- MIPPO ist das Akronym für „maximal intelligente periartikuläre Plattenosteosynthese“.
- Die korrekte Fibulaosteosynthese ist der Garant für eine erfolgreiche operative Therapie.
- Rüedi und Allgöwer empfehlen die Längenrekonstruktion als ersten Schritt.
- Die Torsion der Tibia bereitet bei der Fraktur-reposition selten Probleme.

? Welche Aussage bezüglich der operativen Versorgung der Pilon-Fraktur ist richtig?

- Wundheilungsstörungen werden selten beobachtet.
- Achsfehlstellungen spielen eine untergeordnete Rolle.
- Die Fibulalänge lässt sich meistens ohne Probleme rekonstruieren.
- Winkelstabile Implantate sind auch bei einfachen Pilon-Frakturen Mittel der Wahl.
- Die Reposition des Gelenkblocks beginnt von lateral nach medial und von hinten nach vorn.

? Welche Aussage bezüglich der Fraktur-reposition ist falsch?

- Die Arthroskopie des Sprunggelenkes kann bei der Repositionskontrolle hilfreich sein.
- Eine Dehnungslappenplastik kann helfen, die Weichteilspannung zu reduzieren.



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei

- Der Fixateur externe stellt eine Möglichkeit der definitiven Behandlung bei schlechten Weichteilverhältnissen dar.
- Der Fixateur externe kann tibiokalkaneal, tibiometatarsal oder nicht gelenkübergreifend angelegt werden.
- Die Ligamentotaxis ist ein veraltetes Konzept.

? Welche Aussage zur Pilon-Fraktur ist falsch?

- Plastische Deckungen sind äußerst selten erforderlich.
- In der frühen postoperativen Phase stehen abschwellende Maßnahmen im Vordergrund.
- Unmittelbar postoperativ kann keine Vollbelastung erfolgen.
- Die konventionelle Röntgendiagnostik lässt nur eine eingeschränkte Beurteilung des Repositionsergebnisses zu.
- Lymphdrainage unterstützt die Wundheilung.

? Welche Aussage bezüglich des postoperativen Verlaufs bei Pilon-Frakturen ist falsch?

- Pseudarthrosen werden in bis zu 60 % der Fälle beobachtet.
- Die Beherrschung von (Infekt-)Pseudarthrosen stellt ein komplexes Problem dar.
- Sowohl intraartikuläre als auch extraartikuläre Fehlstellung werden beobachtet.
- Weichteilkomplikationen stellen einen relevanten Faktor für den postoperativen Verlauf dar.
- Büroangestellte kehren häufig in das ehemalige Arbeitsumfeld zurück.

? Welche Aussage zum Langzeitergebnis bei Pilon-Frakturen ist falsch?

- Das Langzeitergebnis wird wesentlich beeinflusst durch die Komplexität der Fraktur.
- Das Langzeitergebnis wird wesentlich beeinflusst durch die Schwere des Weichteilschadens.

- Die posttraumatische Arthrose wird wesentlich beeinflusst durch die Qualität der Reposition.
- Die Ergebnisse können sich noch bis zu 5 Jahre postoperativ verbessern.
- Das Bildungsniveau hat keinen Einfluss auf den weiteren Verlauf.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar. Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmechluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.



e.Akademie – mehr Service für alle!

Die e.Akademie macht es Ihnen noch einfacher, Ihre Fortbildung zu planen, Ihren Lernerfolg zu messen und zu dokumentieren:

➤ Die **Kursübersicht** umfasst alle Fortbildungen der e.Akademie. Hier können Sie die gewünschten Kurse starten, für die spätere Teilnahme vormerken und die Kursdetails einsehen. Auf Wunsch können Sie die Kursübersicht auch nach Zeitschriften oder Fachgebieten einschränken.

➤ **Mein Kursplaner** zeigt alle Kurse an, die Sie vorgemerkt oder bereits begonnen haben.

➤ **Mein Kursarchiv/Punktekonto** bietet Ihnen jederzeit einen Überblick über die Ergebnisse Ihrer Kursteilnahme und Ihr persönliches Punktekonto. Darüber hinaus haben Sie die

Möglichkeit, Ihre Teilnahmebescheinigungen einzusehen und Kurse zu Übungszwecken zu wiederholen.

➤ **e.Akademie aktuell** informiert Sie über aktuelle Fortbildungsthemen. Sie können diesen kostenlosen monatlichen Newsletter bestellen unter springermedizin.de/Newsletter

Teilnehmen und weitere Informationen unter:
springermedizin.de/eAkademie

Unser Tipp: Noch mehr Fortbildung bietet das e.Med-Komplettpaket. Hier stehen Ihnen in der e.Akademie alle Kurse der Fachzeitschriften von Springer Medizin zur Verfügung.

Testen Sie e.Med gratis und unverbindlich unter
springermedizin.de/eMed

Hier steht eine Anzeige.

