

W. Strecker¹ · L. Kinzl² · V. Schöffl¹ · P. Keppler²

¹Chirurgie II, Klinikum Bamberg

²Chirurgie III, Chirurgische Universitätsklinik Ulm

Rekonstruktion nach Unterschenkelfehlheilung

Zusammenfassung

Fehlheilungen am diaphysären Unterschenkel lassen sich im Einzelnen folgendermaßen charakterisieren:

- Infekt, oberflächlich/tief,
- Pseudarthrose,
- Defekt,
- Deformität.

Auf die einzelnen Pathologien, deren Genese und auf entsprechende Therapieoptionen wird exemplarisch eingegangen. Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei der Korrektur diaphysärer Unterschenkeldeformitäten werden anhand eigener Ergebnisse aufgezeigt. Hierzu wurden 50 Korrekturosteotomien prospektiv analysiert. Infekte traten nicht auf, 2 Korrekturosteotomien waren unbefriedigend bzgl. der Achsausgradung und in 6 Fällen erforderten Pseudarthrosen eine erneute operative Revision mit autogener Spongiosoplastik. Auf Probleme der intraoperativen Korrekturkontrolle wird ebenso eingegangen wie auf verschiedene Techniken der Knochendurchtrennung und die Bedeutung einer stabilen Osteosynthese. Typische Fallstricke und Fehler, die derartige Korrekturtechniken belasten können, werden beschrieben. Besondere Aufmerksamkeit verlangen hierbei Verfahrenswechsel von einer ursprünglich externen auf eine interne Osteosynthese, infratuberositäre Osteotomien, Varisations- und Innentorsionskorrekturen am proximalen Unterschenkel, instabile Implantate sowie inadäquates Material. Von besonderer Bedeutung sind darüber hinaus die individuelle Compli-

ance und Kooperationsbereitschaft des betroffenen Patienten. Sonderfälle wie bilaterale Unterschenkeldeformitäten, die Kombination von Unterschenkeldeformitäten und Arthrosen der Nachbargelenke sowie ipsilaterale Oberschenkel- und Unterschenkeldeformitäten werden dargestellt.

Schlüsselwörter

Unterschenkel · Infekt · Pseudarthrose · Defekt · Deformität

Aus Gründen einer thematischen Eingrenzung beschränkt sich die folgende Darstellung auf Fehlheilungen des diaphysären Unterschenkels, entsprechend dem Abschnitt 42 der AO-Klassifikation [5].

Fehlheilung

Unter diesem Begriff werden folgende posttraumatische Pathologien zusammengefasst:

- Tiefer Infekt,
- Pseudarthrose,
- Defekt,
- Deformität.

Tiefer Infekt

Ursachen

Tiefe Infekte werden durch lokale und allgemeine Störungen der Biologie be-

günstigt. Diese Störungen können durch einen traumatischen Gewebeschaden, inadäquate chirurgische Maßnahmen und allgemeine Faktoren bedingt sein, die Heilungsvorgänge kompromittieren. Hierzu zählen u. a. metabolische Störungen wie Diabetes mellitus sowie Durchblutungsstörungen, primär induziert durch Rauchen [2].

Dementsprechend müssen alle Maßnahmen auf eine Verbesserung der lokalen Biologie hinwirken:

- situationsadaptiertes Débridement von Knochen- und Weichteilgewebe,
- knöcherner Stabilisierung,
- Weichteildeckung,
- Ausschaltung allgemeiner Negativfaktoren.

Débridement

Das *Débridement* ist in seiner Radikalität von Dauer, Ausmaß und Virulenz des Infektes abhängig zu machen. Bei frischen Infekten mit adäquater lokaler Durchblutungssituation kann situations-

© Springer-Verlag 2003

Priv.-Doz. Dr. Wolf Strecker
Klinik für Unfall, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
Klinikum Bamberg,
Buger Straße 80, 96049 Bamberg,
E-Mail: chirurgie2@klinikum.bamberg.de,
Phone: 0951/503-2200, Fax: 0951/503-2205

W. Strecker · L. Kinzl · V. Schöffl · P. Keppler

Reconstruction after healing problems of the lower leg

Abstract

Healing problems after lower leg injuries can be due to

- infection (superficial/deep),
- nonunion,
- a defect,
- a deformity.

The different pathologies and pathways are presented, as are appropriate therapeutic approaches.

The results of a prospective study in 50 nonselected patients who underwent corrective osteotomies after post-traumatic deformities revealed good results in terms of bony geometry. There were no additional infections. Nonunions in 6 patients demanded revision with cancellous bone grafting. An analysis of pitfalls allows diverse recommendations about planning, realization and type of corrective osteotomy and on the material to be used and whether internal or external fixation should be performed.

Keywords

Lower leg · Infection · Nonunion · Defect · Deformity

adaptiert sparsamer débridiert werden. Dahingegen erfordern chronische Infektsituationen mit avitalen Narbenplatten und osteitischen Knochenabschnitten ein radikales Vorgehen, das sich an den Prinzipien der Tumorchirurgie orientiert.

Jeder tiefe knöchernen Infekt bedarf nach dem entsprechenden Débridement in jedem Fall einer *knöchernen Stabilisierung*, bevorzugt durch externe Fixation. In Abhängigkeit von der Ausdehnung des Infekts, einer möglichen Defektsituation und den geplanten rekonstruktiven Maßnahmen der Defektaufüllung empfiehlt sich hierbei in erster Linie ein Ringfixateur nach Ilizarov (Abb. 1h) [3].

Weichteildeckung

Eine definitive *Weichteildeckung* ist erst nach zuverlässiger Infektsanierung anzustreben. Die Technik der Vakuumversiegelung [1] erlaubt eine elegante und hygienisch zuverlässige temporäre Weichteildeckung. Diese Methode erlaubt nicht nur ein gezieltes stadiengerechtes Débridement, sondern bietet auch über die Wundkonditionierung günstige Voraussetzungen für weiterführende weichteilrekonstruktive Maßnahmen. Durch den Einsatz der Vakuumversiegelung ist die Indikation zu lokalen oder mikrovaskulär-gestielten Fernlappenplastiken deutlich zurückgegangen. Die Vakuumversiegelung markiert daher einen der großen Fortschritte bei der Therapie offener Frakturen und von Infektsituationen, speziell am Unterschenkel. Wenn auch die zahlenmäßige Bedeutung der Lappenplastiken dadurch zurückgegangen sein mag, bleibt deren grundsätzlicher Stellenwert für die Verbesserung der lokalen Biologie und für die Deckung großer Weichteildefekte ungeschmälert (Abb. 1j).

Ausschaltung allgemeiner Negativfaktoren

Neben den lokalen Maßnahmen der Weichteil- und Knochensanierung müssen *allgemeine Negativfaktoren* ausgeschaltet werden. Die nachteiligen Effekte des Rauchens auf die Heilung von Knochen und Weichteilen sind mittlerweile gut belegt. Sowohl in klinischen als auch in experimentellen Studien wurde deutlich, dass bei Rauchern die klinische

Frakturheilung länger dauert als bei Nichtrauchern und dass die Inzidenz der Pseudarthrosen höher liegt. Die pathophysiologischen Nebenwirkungen des Rauchens wie Vasokonstriktion der Arteriolen, zelluläre Hypoxie, Knochen demineralisation und verzögerte Revascularisation beeinträchtigen nicht nur die primären Heilungsvorgänge nach einem Trauma, sondern sind mit einer erheblich höheren Rate von Komplikationen bei entsprechenden rekonstruktiven Maßnahmen verbunden. Dies betrifft nicht nur die Rate von Wundinfekten, sondern auch Nekrosen von Hauttransplantationen und Lappenplastiken [2].

Pseudarthrose

Ursache von aseptischen Pseudarthrosen im Bereich des diaphysären Unterschenkels können inadäquate Osteosynthesen sein (Abb. 2a), die der knöchernen Heilung entgegenstehen (Abb. 2b). Hierbei sollten die Frakturform und die jeweilige Weichteilsituation die Auswahl der entsprechenden Osteosynthesetechnik bestimmen. Kurzstreckige Quer- und Schrägfrakturen sind generell für die Marknagelung geeignet. Langstreckige Schräg- und Spiralfrakturen hingegen können sich durchaus für eine Platten- oder gar Schraubenosteosynthese anbieten. In Abhängigkeit von der lokalen Situation, der vorbestehenden Osteosynthese, der Compliance des Patienten u. a. empfehlen sich entweder

- eine lokale Revision mit autogener Spongiosaplastik oder
- eine Kompression der Pseudarthrose mit oder ohne Segmenttransport (Abb. 2c, d).

Defekt

Aseptische Knochendefekte können traumatisch oder iatrogen bedingt sein. Während sich kurzstreckige Defekte von weniger als 1 cm Länge bei guter lokaler Biologie ggf. durch lokale Spongiosaplastiken bei entsprechender knöcherner Stabilisierung beherrschen lassen, sollten längerstreckige Defekte durch einen Segmenttransport in den Defekt hinein und anschließender Defektkompression saniert werden (Abb. 3).



Abb. 1 ▲ 38-jähriger Patient (K.B.) mit distaler Unterschenkelfraktur AO-42 C3.3, 0 II (a), die primär mit Fibulaplattenosteosynthese und Fixateur externe tibial versorgt wurde (b). Nach Pin-Track-Infekt und tiefem Wundinfekt Demontage des Fixateurs und Stabilisierung durch Oberschenkelgips (c). Nach Infektberuhigung und Weichteildeckung Schienung der Tibia durch Verriegelungsmarknagel 12 Wochen post trauma (d). Bruch des Marknagels mit Varusdeformität am distalen Unterschenkel bei offenkundiger Infekt-Defekt-Pseudarthrose (e). Metallentfernung, konservative Achsausgrudung und autogene Spongiosaplastik mit nachfolgender Gipsstabilisierung (f). Der Patient verweigerte eine erneute externe Fixierung. Erneuter sekundärer Korrekturverlust mit instabiler Varusdeformität (g). Revision der Infekt-pseudarthrose und akute Achsausgrudung mit Ringfixateur nach Ilisarov (h). Knöcherner Ausheilung (i) und sekundäre Weichteildeckung durch Radialislappen bei instabiler lokaler Narbe 2 Jahre post trauma (j)

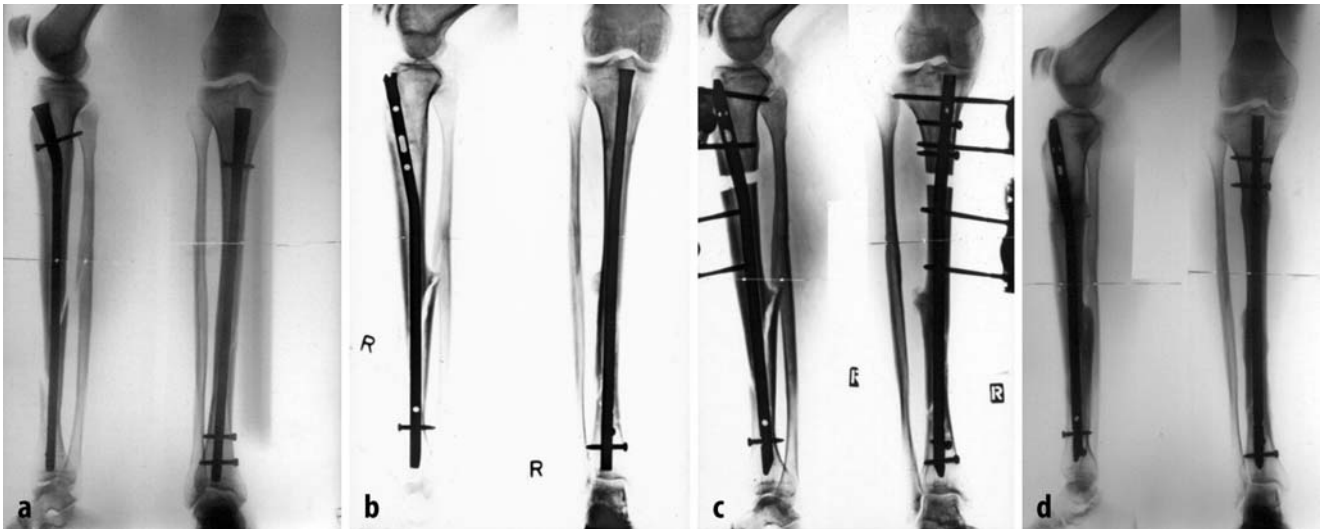


Abb. 2a–d ▲ 41-jährige Patientin (B.H.) mit langstreckiger Schrägfraktur der distalen Unterschenkdiphyse AO 42-B1.2, G I. Nach primärer Kalkaneus-Drahtextension erfolgte 4 Tage post trauma eine Stabilisierung mittels Verriegelungsmarknagel (a). 12 Wochen später Markraumplegmone, die mit Markraumböhrung, Spülung und Nagelwechsel therapiert wurde. Trotz proximaler Dynamisierung Entwicklung einer Pseudarthrose (b). Nach Gigli-Osteotomie am proximalen Unterschenkel kontinuierlicher Segmenttransport in den pseudarthrotischen Defekt und Kompression desselben (c). Ausheilungsbild mit knöcherner Überbrückung der Pseudarthrose und stabilem Distraktionskallus 4 Monate später (d)

Deformität

Da in der Literatur keine aussagekräftigen Daten zu Korrekturosteotomien des diaphysären Unterschenkels vorliegen, wurden die eigenen Ergebnisse der letzten Jahre einer Analyse unterzogen.

Behandlungen

Im Sechsjahreszeitraum 1996–2001 wurden 229 Korrekturosteotomien bei posttraumatischen Beindeformitäten an der Chirurgischen Universitätsklinik Ulm und am Klinikum Bamberg durchgeführt. Davon waren allein 50 indiziert bei Deformitäten des diaphysären Unterschenkels (Tabelle 1). Die Seitenverteilung war gleich mit jeweils 25 Frakturen links und rechts. Soweit nachträglich eine Frakturklassifikation möglich war, lagen entsprechend der AO-Klassifikation in 12 Fällen A-Frakturen vor, in 13 Fällen B-Frakturen und in 10 Fällen C-Frakturen, davon waren 13 geschlossen und 17 offen. Die primäre Frakturstabilisierung erfolgte 14-mal durch Fixateur externe, 20-mal durch Marknagel, 7-mal durch Platte und 9-mal durch Gips- oder Extensionsbehandlung. An Sekundäreingriffen wurden an 10 Patienten Verfahrenswechsel durchgeführt, an 5 Patien-

ten weichteildeckende Maßnahmen, und bei 10 weiteren Patienten waren bereits Korrekturosteotomien erfolgt.

Diejenigen Deformitäten, die einzeln oder in Kombination letztlich eine Korrekturosteotomie indizierten, sind in Tabelle 2 zusammengefasst. In der Frontalebene lagen in 27 Fällen Abweichungen vor, davon 19 Varusdeformitäten zwischen 2 und 22° und 8 Valgusdeformitäten bis zu 15°. Ein Streckdefizit bestand bei 11 Patienten in einer Größenordnung zwischen 5 und 20°. Translationen geringeren Ausmaßes bestanden bei 7 Patienten. Bei 46 Patienten lagen Längendifferenzen im Vergleich zur gesunden unverletzten Seite in einer Größenordnung von –6,5– +2,6 cm vor sowie bei 47 Patienten pathologische Torsionsdifferenzen von –24°-Innentorsions- bis +35°-Außentorsionsabweichung. Neben diesen Deformitäten bestanden bei 6 Patienten zudem Pseudarthrosen.

Die Knochendurchtrennung erfolgte bei den 50 Korrekturosteotomien 16-mal durch Osteoklasie, 14-mal durch Gigli-Osteotomie, 13-mal durch oszillierende Säge, einmal durch Domosteotomie, und 6-mal wurde in der noch plastischen Fraktursituation oder in der Pseudarthrose ohne weitere Knochendurchtrennung akut korrigiert. Die jeweiligen Osteosynthesen

nach Korrektur erfolgten 33-mal durch Marknägel, meist Kompressionsmarknägel, 12-mal durch Plattenosteosynthese, 9-mal durch Fixateur, davon in 7 Fällen durch unilateralen Fixateur, und 2-mal durch Ringfixateur. In 4 Fällen erfolgten die Osteosynthesen in einer Kombination von Marknagel und Fixateur externe. Dies entspricht den Fällen mit Segmenttransport (Tabelle 3).

Ergebnisse

Die Analyse der Beingeometrie röntgenologisch, computertomographisch oder sonographisch ergab in allen Fällen physiologische Längen- und Torsionsdifferenzen im Links-Rechts-Seitenvergleich [10]. In je einem Fall lag die maximale Valgusabweichung bei 5° und die maximale Varusabweichung bei 3°. Insgesamt waren die Korrekturergebnisse bzgl. der Beingeometrie befriedigend. Postoperative Infekte traten nicht auf. Dagegen wurden 6 Pseudarthrosen beobachtet, die alle nach einer erneuten Revisionsoperation mit autogener Spongiosaplastik und ggf. zusätzlicher osteosynthetischer Stabilisierung ausheilten. Von diesen 6 Pseudarthrosen waren 5 intratuberositär und eine supramalleolär angesiedelt (Tabelle 4).



Abb. 3 ▲ 32-jährige Patientin (KH.R.) mit Spiralfraktur AO 42-A1.2, GO des linken Unterschenkels beim Inlineskaten (a). Hochgradige Ausdünnung der diaphysären Tibiakortikalis nach gebohrter Marknagelosteosynthese (b). Entwicklung einer Infekt-Defekt-Pseudarthrose. Daraufhin Nekrektomie des avitalen Knochenabschnitts, intramedulläre Einlage einer Septopal-Kette und Stabilisierung der Tibia durch Fixateur externe (c). Nach Infektbeherrschung statische Marknagelosteosynthese (d). Bei persistierender Defektsituation kontinuierlicher Transport des proximalen Tibiasegments in den distalen Defekt nach vorangegangener Gigli-Osteotomie (e, f, g, h). Nach Segmenttransport über 8,5 cm Länge distales Andocken (i) und knöcherne Ausheilung der Pseudarthrose sowie des Distractionskallus (j)

Tabelle 1

Unterschenkeldeformitäten post trauma bei 50 Patienten (39 Männer, 11 Frauen) in einem Sechsjahreszeitraum

US-Deformität post trauma: Verletzung
50 Pat.: 39 m, 11 w, Altersmedian 35 (14–57)

Fraktur AO 42	1	2	3
A	3	6	3
B	2	5	6
C	2	4	4
G	6	2	5
O	5	7	3

Seite: 25 L, 25 R

OP prim. 14 FE 20 MN 7 Platte
OP sek. 10 VW 5 WT 10 Korr

Angegeben sind die Frakturklassifikation nach AO [5], der Weichteilschaden (WTS) geschlossen (G) oder offen (O) nach Tscherne u. Oestern [12], die Seitenverteilung links (L) und rechts (R), die primären und sekundären Operationen (FE Fixateur externe; MN Marknagel; VW Verfahrenswechsel; WT Meshgraft/Lappenplastik; Korr Korrekturosteotomie)

► **Analyse der Deformität** • Vor der Durchführung einer Korrekturosteotomie ist immer die *Analyse der Deformität* frontal, sagittal und longitudinal durchzuführen. Ebenfalls müssen die Längen- und Torsionsverhältnisse klinisch untersucht werden, ergänzt durch ein valides computertomographisches oder sonographisches Messsystem [4, 13].

Nur auf der Grundlage dieser Daten ist eine Planung der Korrektur möglich. Diese hat durch den Operateur selbst zu erfolgen und kann nicht delegiert werden. „Präoperative Planungszeichnungen sind bei Korrekturingriffen.....

Tabelle 2

Ausmaß der 50 posttraumatischen Unterschenkeldeformitäten in den verschiedenen räumlichen Dimensionen

US-Deformität post trauma: Problem

8 valgus (5/15°)	19 varus (2/22°)
11 ante (5/20°)	5 recurv. (3/13°)
7 ad latus (0,5/1,0 cm)	
46 ΔL (-0,4// -6,5/+2,6 cm)	
47 ΔT (+3// -24/+35°)	

ΔL Längendifferenz im Seitenvergleich;
ΔT Torsionsdifferenz im Seitenvergleich;
NU: Pseudarthrose

Tabelle 3

Techniken der Knochendurchtrennung bei den 50 Unterschenkelkorrekturen, der nachfolgenden Osteosynthese und der Weichteildeckung

US-Deformität post trauma: Korrektur

Osteotomie	1 Dom	14 Gigli
	16 Klasie	13 osz. Säge
Osteosynthese	33 MN	12 Platte
	9 FE, 7 unilat.	2 Ring
Sonstiges	2 VVS	2 Lappen

Dom Domosteotomie; Gigli Gigli-Osteotomie; Klasie Osteoklasie; OS oszillierende Säge; MN Marknagel; FE Fixateur externe; VVS Vakuumversiegelung; Lappen Lappenplastiken

Tabelle 4

Ergebnisse der Beingeometrie nach Korrekturosteotomie (Abkürzungen s. Tabelle 2)

US-Deformität post trauma: Ergebnisse

3 valgus (3/5°)	3 varus (1/3°)
2 ante (0/5°)	0 recurvatum
1 ad latus (0/0,6 cm)	
38 ΔL (-0,4// -0,7/+0,4 cm)	
36 ΔT (0// -10/+12°)	
0 Infekte	6 NU

unerlässlich. Sie beanspruchen oft bedeutend mehr Zeit als der Eingriff selbst, zwingen jedoch den Chirurgen, über klinische und röntgenologische Diagnose, Zielsetzungen, Winkelkorrekturen und Achsenverschiebungen nachzudenken und erlauben ihm, eine klare Vorstellung von Taktik und Technik der

Operation zu gewinnen“. Diese Äußerungen von M.E. Müller aus dem Jahre 1984 [6] haben nach wie vor Gültigkeit.

Bezüglich der Analyse der Beingeometrie und der Planung und Durchführung von Korrekturosteotomien sei auf Standardwerke verwiesen [7, 9].

Besonderheiten und Probleme bei Korrekturosteotomien des diaphysären Unterschenkels können nur exemplarisch aufgezeigt werden.

► Intraoperative Korrekturkontrolle

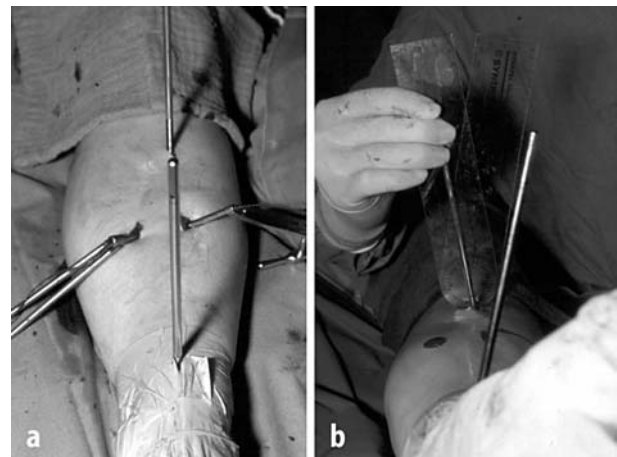
Nach Festlegung der Osteotomiehöhe empfiehlt sich insbesondere vor der Durchführung von Torsionskorrekturen das Einbringen von je einer Schanz-Schraube proximal und distal der geplanten Osteotomie [8]. Diese Schanz-Schrauben von ca. 2,5–4,0 mm Durchmesser dürfen nicht mit dem Osteosynthesematerial interferieren oder als Hebel missbraucht werden. Sie dienen lediglich als Zeiger für das Ausmaß der Korrektur (Abb. 4a, b).

► Techniken der Knochendurchtrennung.

Oszillierende Säge • Bei geplanter Keilosteotomie und nachfolgender Plattenosteosynthese empfiehlt sich die Verwendung einer oszillierenden Säge. Damit werden glatte Schnittflächen erreicht, die dann flächig unter Pressung gesetzt werden können. Es empfiehlt sich hierbei, als Leitschienen für das Sägeblatt Kirschner-Drähte im gewünschten Korrekturwinkel vorher einzubringen (Abb. 5a, b).

Gigli-Säge • Diese biologisch günstige Technik empfiehlt sich insbesondere für Torsionskorrekturen über einen Mark-

Abb. 4a,b ► **Außentorsionskorrektur des distalen Unterschenkels nach Gigli-Osteotomie über einen Kompressionsmarknagel. Die Schanz-Schrauben proximal und distal der queren Osteotomie (a) zeigen das Ausmaß der Außentorsionskorrektur von 25° an. Als Goniometer werden dabei gassterilisierte Plastikwinkelmesser verwendet (b)**



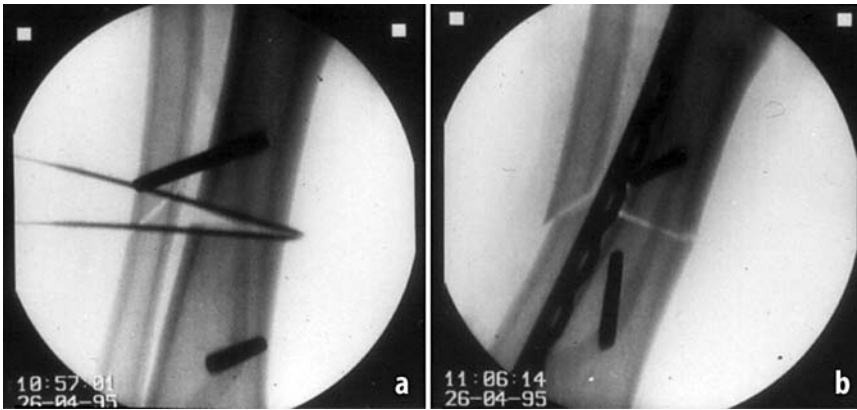


Abb. 5 ▲ Als Leitschienen für eine Osteotomie mit der oszillierenden Säge empfehlen sich Kirschner-Drähte im gewünschten Korrekturwinkel (a). In dem angeführten Beispiel wurde eine Valgisations-Außentorsions-Korrektur durchgeführt. Die beiden Schanz-Schrauben proximal und distal der Osteotomie dienen hierbei der Torsionskontrolle (b)

nagel. Wenn möglich, sollte der Säge- draht hierbei subperiostal um die Tibia herumgeführt werden (Abb. 3f). Zur Weichteilschonung sind Gewebeschutz- hüllen zu verwenden, die von einem Assistenten direkt auf den Knochen ge- drückt werden (Abb. 3g, 4a). Die Schnittführung sollte dabei rechtwinklig zur anatomischen Achse der Tibia verlaufen.

► **Bohrlochosteoklasie** • Bei geplanten Kallusdistraktionen empfiehlt sich als Knochendruchtrennung eine Bohrloch- osteoklasie. Dabei wird über eine kurz- streckige Hautinzision die ventrale Tibia-

kortikalis mit einem 4,5-mm-Bohrer un- ter Verwendung einer Gewebeschutz- hülle perforiert. Die dorsale Kortikalis kann fächerförmig mit einem 3,5-mm- Bohrler perforiert werden. Die mediale und laterale Kortikalis ist mit einem Bohrer und/oder Föhnchenmeißel zu schwächen und zu durchtrennen.

► **Osteosynthese** • Zur Stabilisierung des diaphysären Unterschenkels bietet sich primär aus anatomischen Gründen eine Marknagelosteosynthese an. Dies gilt insbesondere für Achs- und Torsions- korrekturen. Bei Achsdeformitäten nach vorangegangener Marknagelosteosyn-

these und damit präformierter Mark- höhle kann eine entsprechende Keil- osteotomie mit nachfolgender Platten- osteosynthese allerdings günstiger sein (Abb. 5a, b). Gelegentlich empfiehlt sich auch eine Kombination zwischen einem intramedullären Kraftträger und einer komplementären kurzstreckigen Platten- osteosynthese.

Die Kombination von Deformität und Infekt verlangt im Allgemeinen einen Fixateur externe, bevorzugt in Form eines Ringfixateurs (Abb. 1) [3].

► **Fallstricke und Fehler. Verfahrenswech- sel extern zu intern** • Deformitäten, die nach externer Fixation aufgetreten sind und geplante Verfahrenswechsel im Rahmen einer internen Deformitäten- korrektur erfordern besondere Wach- samkeit bzgl. der präoperativen Infekt- kontrolle. Hierbei empfiehlt es sich, je- des einzelne Pinloch im Röntgenbild zu überprüfen. Unrunde Löcher und loka- le Ausdünnungen der Kortikalis sind immer verdächtig auf infektbedingte Osteolysen bei vorbestehendem Pin- Track-Infekt (Abb. 6).

► **Ungünstige Osteotomiehöhe** • Wie ein- gangs bei der Analyse unserer eigenen Ergebnisse nach 50 Korrekturosteoto- mien am diaphysären Unterschenkel er- wähnt, empfehlen sich Korrekturen infra- patellar aufgrund einer eingeschränkten lokalen Biologie nicht. Ebenfalls kritisch

Abb. 6 ▼ Diaphysäre Deformität nach primärer Stabilisierung mit Fixateur externe (a). Korrektur und Stabilisierung mit Marknagelosteosynthese (b). Ausgang der Markraumphlegmone war ein Pin-Track-Infekt mit entsprechender Osteolyse (sog. „Triefauge“) (c) Wenige Tage postoperativ Auftreten einer Markraumphlegmone. Nach Entfernung des Nagels und Markraumdébridement durch Boh- rung Stabilisierung mittels Ringfixateur (d)



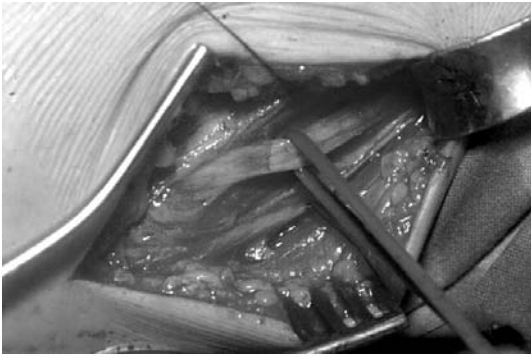


Abb. 7 ◀ Vor geplanter Varisations- und/oder Innentorsionskorrektur, insbesondere am proximalen Unterschenkel, empfiehlt sich eine Neurolyse des N. peroneus. Die Spannung des Nerven lässt sich während der Korrektur damit gut kontrollieren

letztlich zu einer Verlängerung der lateral gelegenen Strukturen am Unterschenkel. Dies betrifft insbesondere den N. peroneus und das Tibialis-anterior-Kompartiment. Bei geplanten Akutkorrekturen ist daher eine Neurolyse des N. peroneus vorzuschalten. Der Nerv ist während der Korrektur laufend auf seine Spannung zu kontrollieren. Im Zweifelsfall ist eine kontinuierliche Korrektur mittels Fixateur externe zu bevorzugen (Abb. 7).

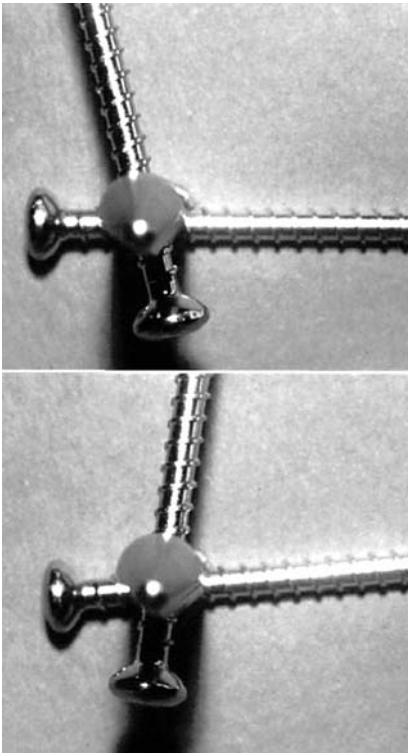


Abb. 8 ▲ Bei diesem soliden Marknagel von 8 mm Durchmesser beträgt das Spiel der Verriegelungsbolzen ca. 25°. Damit ist weder eine Torsions- noch eine Achsstabilität gegeben

sind Osteotomien am distalen Unterschenkel.

► **Varisation/Innentorsion** · Akute Varisationen sowie Innentorsionskorrekturen am proximalen Unterschenkel sind in zweierlei Hinsicht höchst bedenklich und gefährlich:

- Kompartmentsyndrom,
- Peronäusparese.

Jede Varisation und jede Innentorsion am proximalen Unterschenkel führt

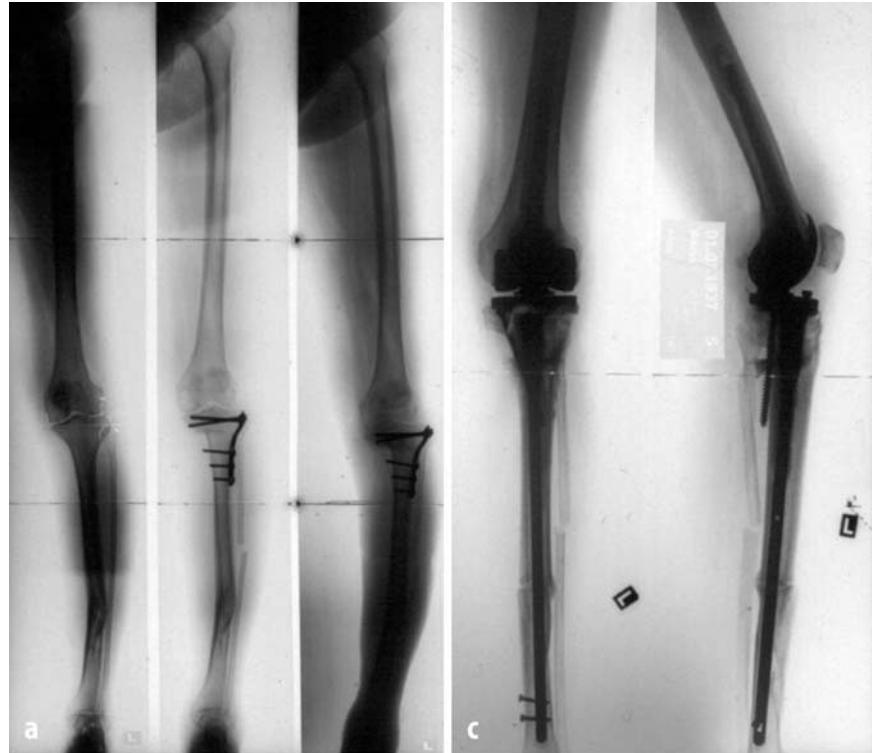


Abb. 9 ◀ 62-jährige Patientin (W.A.) ein Jahr nach frustranter Tibiakopf-Valgisations-Osteotomie bei gleichzeitig vorbestehender diaphysärer Unterschenkeldeformität (a, b). Die Kombination mit einer gleichzeitigen Pagonarthrose IV indiziert sowohl eine bifokale Unterschenkelkorrektur als auch die Implantation einer Knieendoprothese (c). Es resultiert eine ideale Achsausgradung (d) mit befriedigender Kniefunktion (Extension/Flexion 0-0-115°) und Schmerzfreiheit

► **Instabiles Implantat** • Marknägel mit übermäßigem Spiel der Verriegelungsbolzen in den Verriegelungslöchern eignen sich nicht zur Stabilisierung nach Korrekturosteotomie (Abb. 8). Als vorteilhaft für derartige Osteosynthesen haben sich Kompressionsmarknägel erwiesen.

► **Inadäquates Material** • Bei geplanten Kallusdistraktionen über einen Marknagel ist u. E. Stahl dem Titan vorzuziehen. Beim Stahl ist das Gleitverhalten der Transportsegmente erfahrungsgemäß wesentlich besser. Bei Titan kommt es gelegentlich zu Transportproblemen durch innigen Kontakt zwischen Metall und Knochen. Möglicherweise relativiert sich dieses Problem durch neue Methoden der Oberflächenbehandlung des Titans.

► **Inadäquater Patient** • Es muss nicht nur die lokale Machbarkeit einer Korrekturosteotomie gegeben sein. Ebenso wichtig ist das Patientenprofil, das der längerfristigen Belastung, die mit derartigen Korrekturen verbunden sein kann, gewachsen ist. Geplante Kallusdistraktionen sind beim Raucher kritisch zu hinterfragen. Im Zweifelsfall ist darauf zu verzichten. Ebenso kritisch zu hinterfragen ist die allgemeine Compliance des Patienten.

► **Sonderfälle. Unterschenkeldeformität beidseits** • Insbesondere bei bilateralen Torsionsdeformitäten fehlen die jeweiligen Referenzen zur Gegenseite. In diesem Fall sind die Normalwerte der Unterschenkelaußentorsion einer gesunden Normalbevölkerung zugrunde zu legen. Diese liegen nach unserer computertomographischen Messmethode bei $+34^\circ$ [10, 13].

► **Unterschenkeldeformität und Arthrosen der Nachbargelenke** • Unterschenkeldeformitäten mit gleichzeitig bestehender Gonarthrose IV können durchaus in einem operativen Akt angegangen werden. Dies erfordert im Allgemeinen die Kombination einer modularen teilkoppelten Prothese mit einem langen Schaft, der die Form eines Nagels haben kann. Dies ist mit den jeweiligen Herstellern vorher abzusprechen (Abb. 9).

Bei posttraumatischen Arthrosen des oberen Sprunggelenks ist an die Möglichkeit einer Deformitätenkorrek-

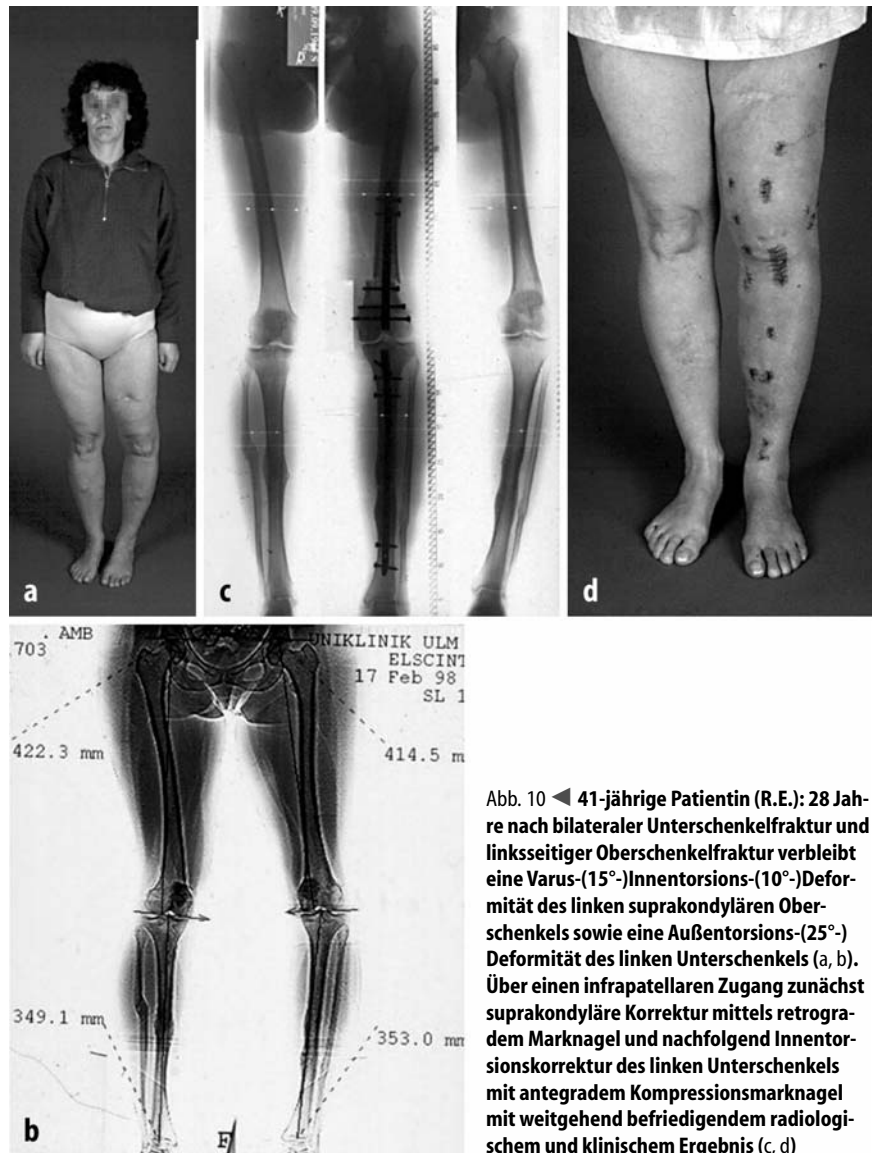


Abb. 10 ◀ 41-jährige Patientin (R.E.): 28 Jahre nach bilateraler Unterschenkelfraktur und linksseitiger Oberschenkelfraktur verbleibt eine Varus-(15° -)Innen-torsions-(10° -)Deformität des linken suprakondylären Oberschenkels sowie eine Außentorsions-(25° -)Deformität des linken Unterschenkels (a, b). Über einen infrapatellaren Zugang zunächst suprakondyläre Korrektur mittels retrogradem Marknagel und nachfolgend Innen-torsionskorrektur des linken Unterschenkels mit antegradem Kompressionsmarknagel mit weitgehend befriedigendem radiologischem und klinischem Ergebnis (c, d)

tur mit gleichzeitiger Arthrodesese des oberen Sprunggelenks zu denken. Derartige, häufig bifokale Korrekturen, lassen sich elegant über einen distalen Tibiakompressionsnagel stabilisieren.

► **Ipsilaterale Oberschenkel- und Unterschenkeldeformität** • In einigen ausgewählten Fällen können gleichzeitige Deformitäten von Ober- und Unterschenkel ggf. über einen retrograden Femur [11] und einen antegraden Tibiamarknagel korrigiert werden (Abb. 10).

Fazit für die Praxis

- Voraussetzungen für Korrekturen sind
 - eine valide und vollständige Analyse der Beingeometrie,
 - die präzise Planung der Korrektur,
 - eine kritische Überprüfung der Indikation
- Infratuberositäre Korrekturen meiden
- Restriktive Indikationsstellung zur Kallusdistraktion bei Rauchern
- Stabile Osteosynthesen anstreben

Literatur

1. Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, Kinzl L (1993) Vakuumversiegelung zur Behandlung des Weichteilschadens bei offenen Frakturen. Unfallchirurg 96:488–492
2. Hoogendorn JM, Simmermacher RKJ, Schellekens PPA, von der Werken C (2002) Rauchen ist nachteilig für die Heilung von Knochen und Weichteilen. Unfallchirurg 105:76–81
3. Ilisarov GA (1992) Transosseous osteosynthesis. Springer, Berlin Heidelberg New York
4. Keppler P, Strecker W, Kinzl L, Simnacher M, Claes L (1999) Die sonographische Bestimmung der Beingeometrie. Orthopäde 28: 1015–1022
5. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J (1991) The comprehensive classification of fractures of long bones. Springer, Berlin Heidelberg New York
6. Müller ME (1984) Indikation, Lokalisation und zeichnerische Planung hüftgelenknaher Femurosteotomien bei posttraumatischen Zuständen. In: Hierholzer G, Müller KH (Hrsg) Korrekturosteotomien nach Traumen an der unteren Extremität. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 69–76
7. Paley D (2002) Principles of deformity correction. Springer, Berlin Heidelberg New York
8. Strecker W, Hoellen J, Keppler P, Suger G, Kinzl L (1997) Torsionskorrekturen nach Marknagelosteosynthesen der unteren Extremität. Unfallchirurg 100:29–38
9. Strecker W, Keppler P, Kinzl L (1997) Posttraumatische Beindeformitäten – Analyse und Korrektur. Springer, Berlin Heidelberg New York
10. Strecker W, Keppler P, Gebhard F, Kinzl L (1997) Length and torsion of the lower limb. J Bone Joint Surg [Br] 79:1019–1023
11. Strecker W, Kinzl L, Keppler P (2001) Korrekturosteotomien des distalen Femur mit retrogradem Marknagel. Unfallchirurg 104:973–983
12. Tscherner H, Oestern HJ (1982) Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. Unfallheilkunde 85:111–115
13. Waidelich HA, Strecker W, Schneider E (1992) Computertomographische Torsionswinkel- und Längenmessung an der unteren Extremität – Methodik, Normalwerte und Strahlenbelastung. Fortschr Röntgenstr 157:245

D. Höntzsch
BG-Unfallklinik, Tübingen

Frakturen des Pilon tibiale. Algorithmus des operativen Vorgehens

Autor hat kein Manuskript eingereicht