

Rupert Ketterl

Abteilung Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Kreiskrankenhaus Traunstein

Vorgehen bei Unterschenkelfrakturen mit schwerem Weichteilschaden

Zusammenfassung

Die Behandlung einer Unterschenkelfraktur mit Weichteilschaden richtet sich in erster Linie nach dem Ausmaß des Weichteilschadens. Der Wert eines konsequent durchgeführten Therapiekonzepts wird am Beispiel von drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen dargestellt. 256 Patienten (Gustillo-Klassifikation IIIA: 105, IIIB: 120, IIIC: 31) aus dem Behandlungszeitraum 1986–1996 wurden prospektiv nach einem Protokoll mit umfassendem aggressivem Débridement, programmiertem Débridement im 48-h-Intervall, einer Jet-Lavage und frühzeitiger Weichteildefektdeckung behandelt und untersucht. Diese Patientengruppe wurde in 104 (1986–1989) und in 152 Patienten (1990–1996) unterteilt, da in der letzten Behandlungsgruppe mit Einführung des Pinless-Fixateur externe und des UTN verbesserte Stabilisierungsmöglichkeiten des Knochens gegeben waren und zusätzlich der Segmenttransfer nach Ilizarov in mehreren Fällen erfolgte. Die Ergebnisse dieser beiden Untersuchungsgruppen wurden mit einer Patientengruppe von 93 Patienten (1980–1985) mit vergleichbarem Schweregrad der Fraktur (IIIA: 41, IIIB: 35, IIIC 17) verglichen, die nicht nach dem oben genannten Konzept behandelt wurden. Es zeigte sich eine signifikante Reduktion der Osteomyelithäufigkeit von 31% (1980–1985) auf <10% (1986–1989) und 7% (1990–1996). Gleichzeitig konnte die Amputationsrate signifikant von 18% auf 6% bzw. 4% reduziert werden. Die Pseudarthrosenhäufigkeit zeigte ebenfalls eine signifikante Reduktion von 16% auf 6% bzw. 4,3%. Parallel dazu ergab sich eine Verkürzung der Frakturheilung von 29 Wochen auf

23 bzw. auf 20 Wochen. Durch die konsequente Einhaltung des prospektiven Therapiekonzepts sind komplikationsbehaftete Verläufe nach drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen in wesentlich geringerer Häufigkeit vorzufinden. Bei fast allen, auch schwerst traumatisierten Unterschenkelverletzungen kann extremitätenerhaltend vorgegangen werden.

Schlüsselwörter

Tibiafraktur · Weichteilschaden · Débridement · Frühzeitige Weichteildefektdeckung

Bei Unterschenkelfrakturen ist ein begleitender Weichteilschaden wegen der Besonderheit der spärlichen anteromedialen Weichteilbedeckung der Tibia immer ernst zu nehmen. Die Behandlungsstrategie solcher Frakturen ist in erster Linie vom Ausmaß des Weichteilschadens geprägt.

Das primäre Trauma an sich bedingt einen Gewebeschaden, der zur Freisetzung von Mediatoren führt. Daraus resultiert, z. T. unterstützt durch die Ausbildung von Thrombozytenaggregaten und Mikrothromben sowie die Aktivierung des Komplementsystems und der Makrophagen, eine Hypoxie verbunden mit einer Azidose. Diese wiederum kann eine Permeabilitätsstörung auslösen, wodurch ein interstitielles Ödem begünstigt wird und eine Einschränkung der Perfusion resultiert.

Unterschenkelfrakturen mit Weichteilschaden sind immer in dieser Kaskade von Störanfälligkeiten einzuordnen. Es sind daher bereits als obligatorische Maßnahme eine sofortige Frakturreposition und Sicherstellung der lokalen Durchblutung am Unfallort zu fordern. Bei offenen Verletzungen ist eine sterile Wundabdeckung unerlässlich. Offene Verletzungen müssen ebenso wie höhergradige geschlossene Weichteilverletzungen mit einer Antibiotika- und Tetanusprophylaxe kombiniert werden.

Bei Unterschenkelfraktur in Kombination mit einem Weichteilschaden ist immer ein chirurgischer Notfall gegeben. Es gilt v. a., eine Knocheninfektion zu vermeiden und eine möglichst komplikationslose Abheilung und Rekonstruktion des Weichteilmantels zu erreichen.

Die bei Unterschenkelfrakturen mit begleitendem Weichteilschaden resultierenden Weichteil-Knochen-Defekte sind primär durch das Trauma selbst bedingt. Durch die Behandlungsstrategie bei Unterschenkelfrakturen mit Weichteilschaden können diese Defekte jedoch sekundär oft beträchtlich vergrößert werden:

- durch nekrotisierende Infekte kontusierter Gewebebezirke,

Prof. Dr. Rupert Ketterl
Unfallchirurgische Abteilung,
Kreiskrankenhaus Traunstein,
Cuno-Niggel-Straße 3, 82278 Traunstein
(Tel.: 0861-7050, Fax: 0861-7051472)

R. Ketterl

Management of tibial fractures with severe soft tissue damage

Abstract

The treatment of tibial fracture with soft tissue damage depends on the extent and severity of soft tissue damage. The value of a consistently applied treatment protocol is documented by a report of its use in patients with third-degree open tibial fractures. In the period 1986–1996 a total of 256 patients (Gustillo classification: IIIA in 105, IIIB in 120, IIIC in 31) were treated and examined prospectively according to a protocol involving extensive and aggressive debridement, repeated debridements at 48-h intervals, pulsating jet lavage and early soft tissue coverage. This patient group was divided into 104 patients treated from 1986 to 1989 and 152 patients treated from 1990 to 1996, because in the second of these periods better stabilisation equipment had become available with the advent of the pinless fixator and the unreamed tibial nail. In addition, we performed a segment transfer according to Ilizarov in some cases. The results in these treatment groups were compared with those obtained in 93 patients with fractures of similar severity (IIIA in 41, IIIB in 35, IIIC in 17) who had been treated in the period 1980–1985 when the before mentioned treatment protocol was not yet in use. The prospective regimen led to a significant reduction in the incidence of infection, from 31% (1980–1987) to 10% (1986–1989) and then to 7% (1990–1996). We also found a significant reduction in the Amputation rate, from 18% to 6% and 4%, respectively. The non-union rate was significantly reduced from 16% to 6% and then to 4.3%. In addition, we found that the time to fracture healing became shorter: from 29 weeks to 23 weeks and 20 weeks, respectively. In cases of third-degree open tibial fractures complications can be reduced by consistent use of a prospective treatment protocol. Even when trauma to the lower leg is extremely severe reconstruction is mostly possible.

Keywords

Tibial fracture · Soft tissue damage · Débridement · Early soft tissue coverage

Unterschenkelfraktur

- als direkte Folge eines Kompartment-syndroms oder
- durch rezidivierende Fistelungen mit entzündlicher Inflammation bei einer sich entwickelnden posttraumatischen Osteomyelitis [15, 16].

Gerade die zuletzt genannten Faktoren lassen sich durch ein adäquates Handeln unsererseits in ihrem weiteren Verlauf positiv beeinflussen. So können durch ein umfassendes Débridement eine Infektentstehung bzw. eine Infektausbreitung präventiert werden. Eine frühzeitige Weichteildefektdeckung bringt zudem eine verbesserte Vaskularisation in den traumatisierten Bereich des Unterschenkels, wodurch die körpereigene Immunabwehr ihre Wirkung verbessern kann. Zudem können systemisch verabreichte Antibiotika den gefährdeten Knochen in höherer Konzentration erreichen.

Die Behandlungsstrategie bei drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen ist immer durch die Beherrschung der Weichteil- und Knochenverletzungen gekennzeichnet [2, 15, 16, 20, 21]. Obwohl es in den letzten Jahren zu einer deutlichen Verbesserung der Methoden zur Stabilisierung offener Frakturen [12, 13, 17] und zu einer Weiterentwicklung in der Anwendung plastisch-chirurgischer Maßnahmen einschließlich des freien Gewebetransfers [20] gekommen ist, bleibt bei diesen Verletzungen die Erhaltung der Funktion ein schwer wiegendes Problem.

Die Erstellung eines adäquaten Behandlungskonzepts ist primäre Voraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung derartiger Verletzungen. Das Management von Unterschenkelfrakturen mit Weichteilschaden ist in verschiedene Phasen aufgeteilt:

1. Notfallambulanzphase
 - klinische Untersuchung
 - Frakturklassifikation
 - Beurteilung des Weichteilschadens
 - vaskulärer Status
 - neurologischer Status
 - Antibiotikaphylaxe
 - Tetanusprophylaxe
 - Heparinisierung
2. primäre operative Versorgung
 - ausgiebiges Débridement (Weichteile und Knochen)
 - Gefäßrekonstruktion

- ggf. Fasziotomie bei Kompartmentdruckerhöhung und Postischämiesyndrom
 - Frakturstabilisierung (ungebohrter Marknagel, Fixateur externe, Minimalosteosynthese)
 - Gelenktransfixation
3. Kontroll- und Erholungsphase
 - Stabilisierung der Vitalparameter
 - Ausgleich von funktionellen Störungen
 - Kontrolle der Extremitätenperfusion
 - Kontrolle des Muskellogendrucks
 - transkutane Sauerstoffpartialdruckmessung
 4. Stabilisierungsphase
 - programmiertes Débridement
 - Weichteildefektdeckung
 - Gelenkrekonstruktion
 5. Rekonstruktionsphase
 - Knochenrekonstruktion
 - Spongiosatransplantation
 - Segmenttransfer nach Ilizarov
 - Korrekturingriff
 - Weichteile
 - Gelenke
 - Knochen

Am Beispiel von drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen wird das an unserer Klinik konsequent durchgeführte Therapiekonzept dargestellt:

- umfassendes, aggressives Débridement (Knochen und Weichteile)
- programmiertes Débridement im 48-h-Intervall
- Jet-Lavage zur mechanischen Reinigung der Wunde und Reduktion der Keimzahlen im Gewebe
- temporäre Wundabdeckung mit Epigard oder Vacuseal
- Knochenstabilisierung mittels Fixateur externe (Pinlessfixateur externe), frühzeitiges Umsteigen auf ungebohrte Tibianagelung
- frühzeitige Weichteildefektdeckung (fasziokutaner Lappen, lokale und freie Muskellappen)
- Knochenaufbau (Spongiosaplastik, Segmenttransfer nach Ilizarov)
- notwendige Sekundäreingriffe (Sehnentransfer, Lappen- bzw. Narbenkorrektur, Bandrekonstruktion der benachbarten Gelenke, Korrekturosteotomie).

Die Analyse unserer Patienten, die nach dem oben dargestellten Management behandelt wurden, sollte den Stellenwert dieses Behandlungskonzepts bewerten.

Tabelle 1

Auflistung der Patienten in der Vergleichsgruppe, Zeitraum von 1980–1985, nach dem Schweregrad der Unterschenkelfraktur, klassifiziert nach Gustillo

Klassifikation nach Gustillo	n	%
IIIA	41	44,1
IIIB	35	37,6
IIIC	17	18,3
Gesamt	93	100

Patienten und Methode

256 Patienten mit drittgradig offenen Frakturen des Unterschenkels wurden im Zeitraum von 1986–1996 nach dem im Folgenden aufgeführten Behandlungskonzept versorgt. Es handelte sich dabei um 164 Männer und 88 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 29,4 Jahren (12–73 Jahre). Die Patienten wurden mit einer Gruppe aus dem Behandlungszeitraum von 1980–1985 verglichen. Dabei handelte es sich um 93 Patienten (70 Männer, 23 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 28,5 Jahren (14–57 Jahre). Beide Untersuchungsgruppen waren im Bezug auf Alter, Geschlechtsverteilung, Verletzungsmuster und Begleiterkrankungen vergleichbar. In den Tabellen 1 und 2 ist die Aufteilung der Patienten nach der Gustillo-Klassifikation [7] für drittgradig offene Unterschenkelfrakturen dargestellt. Es zeigt sich, dass zwischen den verschiedenen Behandlungsgruppen kein statistisch signifikanter Unterschied in der Aufteilung in die einzelnen Untergruppen besteht. Der Behandlungszeitraum von 1986–1996 wurde in 2 Behandlungsperioden aufgeteilt, da ab 1990 verbesserte Osteosyntheseverfahren in Form des ungebohrten Tibianagels sowie der Pinlessfixateur externe zur Verfügung standen. Weiterhin wurde ab 1990 bei bestehenden Knochensegmentdefekten der Segmenttransfer nach Ilizarov durchgeführt.

Behandlungskonzept

In Abhängigkeit vom Allgemeinzustand, den Begleitverletzungen sowie den Grunderkrankungen und dem Lokalbefund wurde gemäß dem Behandlungsprotokoll ein aggressives Débridement

durchgeführt. Dabei wurden alle avitalen und minderperfundierten Knochen- und Weichteilstrukturen radikal entfernt, ohne dabei auf den entstehenden Knochen- und Weichteildefekt Rücksicht zu nehmen. Das Débridement wurde als ausreichend betrachtet, wenn sowohl in den Knochen- als auch in den Weichteilanteilen makroskopisch eine ausreichende Durchblutung vorlag.

Eine effektive Wundreinigung wurde durch den Einsatz der Jet-Lavage erreicht. Hierbei wurde ein pulsierender Wasserstrahl erzeugt, der mit einem Fluss von 1 l/min und einem Gewebepressurdruck von 100 Pa/cm² in die Wunde eingebracht wurde [10]. Als Spüllösung wurde Ringer-Laktat ohne antimikrobielle, antiseptische oder enzymatische Zusätze verwendet. Wichtig war die Verwendung hoher Flüssigkeitsvolumina von bis zu 10 l Spüllösung.

Im 48-h-Intervall wurde die Unterschenkelwunde einer Inspektion, kombiniert mit einem Débridement sowie einer erneuten Jet-Lavage unterzogen. Dieses Vorgehen wurde so lange durchgeführt, bis keine neuerlichen Nekrosen erkennbar waren und eine frühzeitige

Weichteildeckung angestrebt werden konnte.

Zur Behandlung der Weichteildefekte wurden neben lokalen Verschiebetechniken lokale und freie Muskellappen- und Transplantate durchgeführt. Die Häufigkeit von plastisch-chirurgischen Maßnahmen betrug im Zeitraum von 1980–1985 etwa 60%, wobei vorwiegend Mesh-graft-Transplantate zur Anwendung kamen. Im Zeitraum von 1986–1989 waren nahezu 2/3 der Patienten mit plastisch-chirurgischen Maßnahmen behandelt worden, und zwar zu etwa gleichen Teilen mit Mesh-graft-Transplantaten, lokalen und freien Muskellappen- und Transplantaten. Im Behandlungszeitraum von 1990–1996 war die Durchführung von plastisch-chirurgischen Maßnahmen noch bei 43% der Patienten notwendig. Hier kündigte sich der Rückgang der Mesh-graft-Transplantate an, der v. a. nach Einführung der Vakuumversiegelungstechnik möglich war (Tabelle 3).

Zur Knochenstabilisierung erfolgte die Anlage eines Fixateur externe, ab 1990 die Verwendung des Pinlessfixateur externe. Ein frühzeitiges Umsteigen auf die ungebohrte Tibianagelung nach Weich-

Tabelle 2

Auflistung der Patienten aus den beiden Behandlungszeiträumen 1986–1989 und 1990–1996 nach dem Schweregrad der vorliegenden, drittgradig offenen Unterschenkelfraktur, klassifiziert nach Gustillo. Diese Patienten wurden nach dem standardisierten Behandlungsprotokoll prospektiv behandelt

Zeitraum	1986–1989		1990–1996	
	n	%	n	%
Klassifikation nach Gustillo				
IIIA	42	40,4	63	41,5
IIIB	49	47,1	71	46,7
IIIC	13	12,5	1	11,8
Gesamt	104	100	152	100

Tabelle 3

Anzahl plastisch-chirurgischer Maßnahmen in den verschiedenen Behandlungsphasen

Zeitraum	Mesh-graft		Lokale Lappen		Freie Lappen		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1980–1985	37	39,8	12	12,9	7	7,5	56	60,2
1986–1989	21	20,1	20	19,2	24	23,1	65	62,5
1990–1996	12	7,9	28	18,4	26	17,1	66	43,4

Tabelle 4

Durchschnittliche Anzahl operativer Eingriffe bis zur Frakturkonsolidierung bei den verschiedenen Behandlungsphasen

Zeitraum	Durchschnittliche Anzahl
1980–1985	5,5
1986–1989	6,7
1990–1996	6,1

teilkonsolidierung war im Behandlungszeitraum ab 1990 bei >80% der Patienten durchgeführt worden.

Knochentransplantate in Form von autologer oder gemischt autologer/allogener Spongiosa wurden im Zeitraum von 1980–1985 in 90% der Patienten, im Zeitraum von 1986–1989 bei 89% der Patienten durchgeführt. Dieses Behandlungskonzept wurde 1990 durch den Segmenttransfer nach Ilizarov ergänzt. In 9 Fällen erfolgte ein Segmentdefektaufbau durch eine Kallusdistraktion.

Die Häufigkeit an durchgeführten operativen Maßnahmen ist in Tabelle 4 aufgelistet. Es zeigt sich, dass in den Behandlungsperioden 1986–1989 und 1990–1996 im Durchschnitt häufiger operative Maßnahmen erforderlich waren. Dies ist v. a. darauf zurückzuführen, dass in diesen Behandlungsphasen programmierte Débridements erfolgten.

Die einzelnen Untersuchungsgruppen wurden hinsichtlich

- des Auftretens einer posttraumatischen Osteomyelitis,
- der Amputationsrate und Pseudarthrosenrate sowie
- der Dauer der Frakturheilung

ausgewertet. Eine statistische Auswertung erfolgte unter Zuhilfenahme des Student-t-Tests.

Ergebnisse

In der Patientenvergleichsgruppe im Zeitraum von 1980–1985 war eine Osteomyelitishäufigkeit >30% vorzufinden. Signifikant weniger hoch war die Osteomyelitissrate für den Behandlungszeitraum von 1986–1989 mit <10% und für den Zeitraum von 1990–1996 mit <7% (Abb. 1).

Abb. 1 ► Häufigkeit einer posttraumatischen Osteomyelitis bei Patienten mit drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen, aufgeteilt in die verschiedenen Behandlungsperioden

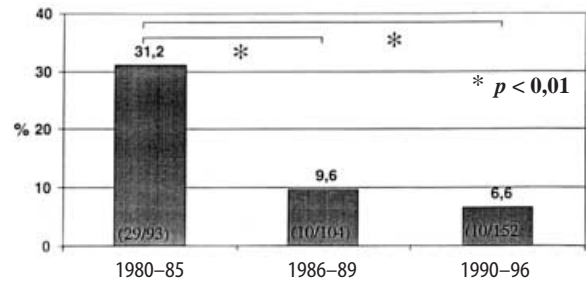


Abb. 2 ► Amputationsrate bei Patienten mit drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen, aufgeteilt auf die verschiedenen Behandlungsperioden. Es sind sowohl primäre als auch sekundäre Amputationen in die Bewertung aufgenommen

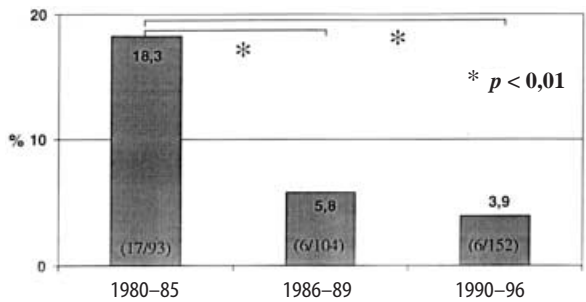


Abb. 3 ► Pseudarthrosenrate in den verschiedenen Behandlungsperioden bei Patienten mit drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen. Es sind sowohl infizierte als auch nicht infizierte Pseudarthrosen in die Bewertung aufgenommen

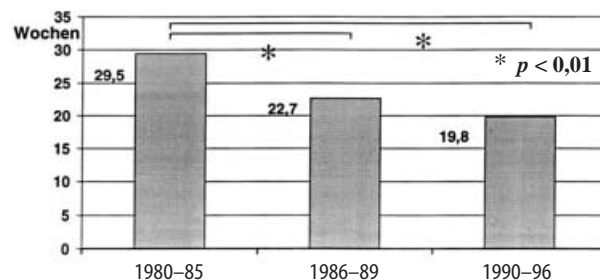
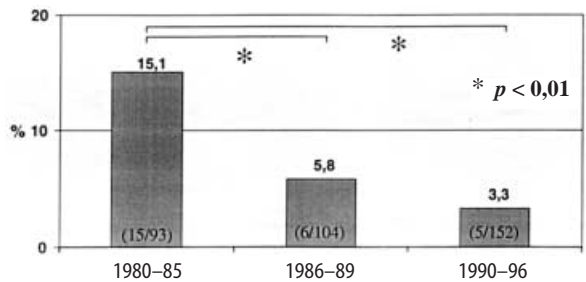


Abb. 4 ▲ Durchschnittliche Frakturheilungsdauer in den verschiedenen Behandlungsperioden bei Patienten mit drittgradig offenen Unterschenkelfrakturen. Eine knöchern konsolidierte Fraktur wurde anhand des Röntgenbefunds in Kombination mit dem klinischen Befund dokumentiert und festgelegt

In der Häufigkeit primärer und sekundärer Amputationen konnte in den Behandlungszeiträumen von 1986–1989 und von 1990–1996 eine signifikante Reduktion von 18% auf 6% bzw. 4% bei vergleichbaren Ausgangsverletzungen erzielt werden (Abb. 2).

Die Pseudarthrosenrate konnte durch das konsequent durchgeführte Behandlungskonzept von 15% aus dem Zeitraum von 1980–1985 auf 6% im Zeitraum von 1986–1989 und sogar auf 3,3% im Zeitraum von 1990–1996 gesenkt werden. Der Unterschied zeigte sich zwischen

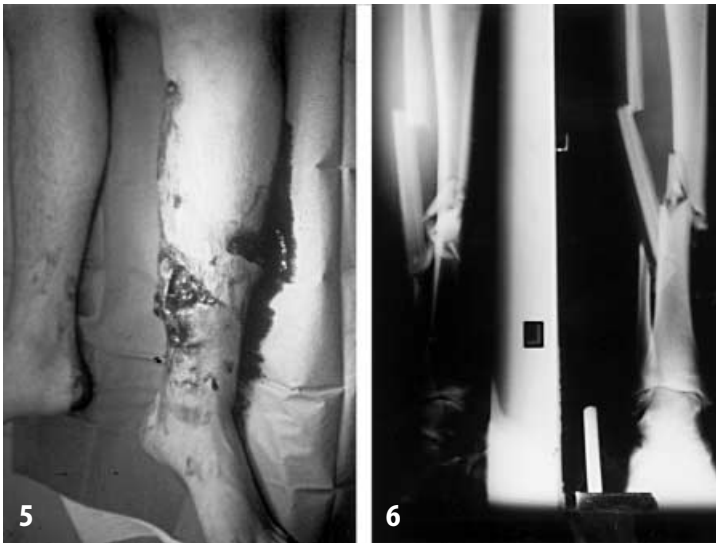


Abb. 5 ▲ 18-jähriger Patient mit Motorradunfall. Drittgradig offene Unterschenkelfraktur links. Unfallbild

Abb. 6 ▲ Patient aus Abb. 5, Röntgenbild mit Fraktur im Bereich des mittleren Tibiadrittels

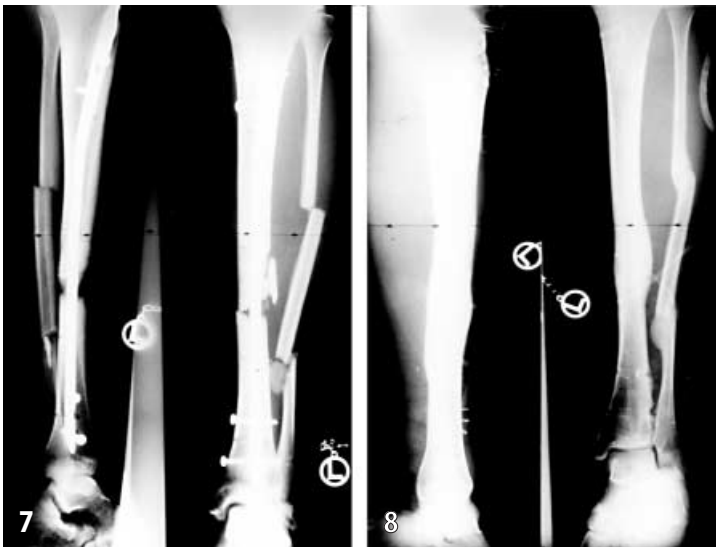


Abb. 7 ▲ Röntgenbild nach osteosynthetischer Versorgung der Fraktur mittels UTN. Primärstabilisierung mittels Fixateur externe, nach 10 Tagen einzeitiger Verfahrenswechsel vom Fixateur externe auf UTN

Abb. 8 ▲ Knöchernes Ausheilungsbild nach Materialentfernung (ME)

der Vergleichsgruppe und den jeweiligen Behandlungsgruppen signifikant (Abb. 3).

Die Frakturheilungsdauer war im Zeitraum von 1980–1985 mit 29 Wochen anzugeben. Es konnten eine Reduktion der Frakturheilungsdauer auf 22 Wochen im Zeitraum von 1986–1989 und eine Reduktion auf 20 Wochen im Zeitraum von 1990–1996 erzielt werden (Abb. 4).

Fallbeispiel

Der 18-jährige Patient hatte seinen Unterschenkel bei einem Motorradunfall zwischen Motorrad und Leitplanke eingeklemmt. Es bestand eine drittgradig offene Unterschenkelfraktur (oIIIB). Das klinische Unfallbild ist in Abb. 5, das Röntgenresultat dieser erlittenen Verletzung in Abb. 6 dargestellt. Noch am



Abb. 9 ▲ Klinisches Ausheilungsbild nach Materialentfernung. Der große Weichteildefekt wurde mittels freien M.-latissimus-dorsi-Lappen gedeckt. Die Funktion zeigte sich frei. Es konnte eine Vollbelastung durchgeführt werden. Die Beweglichkeit war lediglich im oberen Sprunggelenk endgradig eingeschränkt

Aufnahmetag erfolgte die ausgiebige Débridierung dieses Weichteildefektbereichs. Es wurde primär ein Fixateur externe zur Ruhigstellung angelegt. Im 2-tägigen Abstand erfolgte ein programmiertes Débridement, bis keine neuerlichen Nekrosen mehr nachweisbar waren. Nach 10 Tagen wurde die Weichteildefektdeckung mittels M.-latissimus-dorsi-Lappen vorgenommen. Gleichzeitig erfolgte ein einzeitiger Verfahrenswechsel vom Fixateur externe auf den UTN.

Das Röntgenbild nach Verfahrenswechsel auf den UTN zeigt Abb. 7. In Abb. 8 ist das Ausheilungsergebnis nach Einheilen des Lappentransplantats dargestellt, in Abb. 9 der Zustand nach konsolidierter Fraktur.

Diskussion

Durch ein primär umfassendes Débridement kann eine Senkung der posttraumatischen Osteomyelithäufigkeit, der Pseudarthrosenhäufigkeit sowie der Amputationsrate erzielt werden. Das für eine Infektionsprophylaxe notwendige Débridement muss ohne Rücksicht auf entstehende Weichteil- und Knochen-

Tabelle 5

Osteosyntheseverfahren bei Tibiafrakturen abhängig vom Weichteilschaden und Allgemeinbefund

Verletzung	Isolierte Verletzung		Mehrfachverletzung		
Kardiopulmonaler Zustand			Kardiopulmonal stabil		Kardiopulmonal instabil
Frakturtypen	G0, GI, GII, (GIII)	GIII	G0, GI, GII	GIII	Alle Frakturformen
Primärversorgung	OI, OII, OIIIA	OIIIB + C	OI	OII, OIII	
Verfahrenswechsel	UTN	Fixateur externe	UTN	Fixateur externe	Fixateur externe
	–	Auf UTN	–	Auf UTN	Auf UTN

fekte umfassend durchgeführt werden. Im Gegensatz zur Nekrosenbildung bei arterieller Verschlusskrankheit oder einer diabetischen Gangrän darf bei offenen Frakturen mit begleitendem Weichteilschaden nicht auf eine Demarkation mangelhaft perfundierter Gewebe oder auf die Ausbildung einer putriden Sekretion gewartet werden. Die klinischen Zeichen einer putriden Sekretion, Geruch, Fieber, lokale Inflammation sowie sichtbare Knochen- und Weichteilnekrosen, weisen auf eine insuffiziente, die Extremität bedrohende Behandlung hin. Auch hochdosierte Antibiotikaverabreichungen können im noch verbleibenden, minderperfundierten Restgewebe die Ausbildung einer phlegmonösen Entzündung oder eines Knocheninfekts nicht verhindern. Zudem besteht die Gefahr der Entwicklung eines sekundär septischen Zustandsbilds, das schließlich zur Amputation zwingen kann.

Zur Weichteildefektdeckung kann je nach Lokalisation und Ausdehnung des Gewebedefekts eine regionale Gewebeverlagerung, wie ein fasziokutaner Lappen, ein gestielter Muskellappen oder ein gefäßgestielter Lappen, durchgeführt werden. Die freie Lappenplastik wird angewendet, wenn die vorher erwähnten Methoden aus lokalen, anatomischen oder allgemeinen Gründen nicht mehr ausreichen [1]. Über den positiven Einfluss der frühzeitig erfolgten Weichteilrekonstruktion wurde von zahlreichen Autoren berichtet [2, 4, 20].

So konnten bei Patienten, die frühzeitig eine suffiziente Weichteildeckung erreichten, die Rate an posttraumatischen Osteitiden sowie die Häufigkeit infizierter und nicht infizierter Pseudarthrosen gesenkt werden. Experimentelle Arbeiten zeigten den Wert der Lappenplastiken im Hinblick auf eine effektivere Elimination definierter Bakterien-

mengen [3] sowie eine verbesserte Knochenrevaskularisation [5, 11].

Bezüglich der Frakturstabilisierung von Unterschenkelfrakturen mit begleitendem Weichteilschaden hat sich die in Tabelle 5 dargestellte Differenzierung bewährt. Isolierte Tibiafrakturen werden bis auf GIII-, oIIIB- und oIIIC-Frakturen mit einem UTN versorgt. Bei mehrfachverletzten Patienten mit kardiopulmonaler, stabiler Situation erfolgt die Versorgung der Unterschenkelfrakturen bei G0-, GI- und GII- sowie offenen oI-Frakturen mit dem UTN. Bei mehrfachverletzten Patienten mit kardiopulmonaler Instabilität werden alle Frakturformen primär mit dem Fixateur externe versorgt, ebenso GIII-, oII- und oIII-Frakturen bei mehrfachverletzten, kardiopulmonal stabilen Patienten sowie isolierte GIII-, oIIIB- und oIIIC-Frakturen. Bei Patienten mit primärer Fixateur-externe-Stabilisierung wird der Verfahrenswechsel auf ein intramedulläres Verfahren geplant.

Bei Unterschenkelfrakturen mit höhergradigem Weichteilschaden, insbesondere beim Schweregrad IIIB und IIIC nach Gustillo, ist primär zwischen Rekonstruktion oder primärer Amputation zu entscheiden. Als Entscheidungshilfe für den tätigen Chirurgen wurden diverse Scoresysteme entwickelt [8, 9, 14, 19]. In der Arbeit von Seekamp et al. [18] wurden die einzelnen Scoresysteme hinsichtlich ihrer Wertigkeit verglichen, wobei der MESS die höchste Spezifität von 0,97 bei einer Sensibilität von 0,59 aufwies.

Bei der Behandlung von Unterschenkelfrakturen mit begleitendem Weichteilschaden sind die Erhaltung einer funktionsfähigen Extremität und die Vermeidung der Entwicklung einer posttraumatischen Osteomyelitis mit lang anhaltenden und schmerzhaften Behand-

lungen sowie der nicht auszuschließenden Gefahr eines sekundären Verlusts der Extremität verbunden.

Literatur

1. Biemer E (1986) Indikationen für den freien Gewebetransfer zu alternativen Deckungsmethoden. *Chirurg* 57: 113–114
2. Caudle RJ, Stern PJ (1987) Severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 69: 801–807
3. Chang N, Mathes St (1982) Comparison of the effect of bacterial inoculation in musculocutaneous and random-pattern flaps. *Plast Reconstr Surg* 70: 1–6
4. Cierny G, Byrd HSt, Jones RE (1983) Primary versus delayed soft tissue coverage for seven open tibial fractures. *Clin Orthop* 178: 54–63
5. Fisher J, Wood M (1984) Quantitation of bone revascularisation by musculocutaneous and cutaneous flaps using a methyl-methacrylate bone cookie. *Plastic Research Council of the A.S.P.R.S., Detroit*
6. Godina M (1985) Leg reconstruction with microvascular tissue transfer. 31th Congress of the International Society of Surgery, Paris
7. Gustillo RB, Mendoza RM, Williams DN (1984) Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 24: 742–746
8. Helfet DLO, Howey T, Sanders R, Johansen K (1990) Lims salvage versus amputation. Preliminary results of the mangled extremity severity score. *Clin Orthop* 256: 80–86
9. Howe HR Jr, Poole GV Jr, Hansen KJ, Clark T, Plank GW, Koman LA, Pennell TC (1987) Salvage of lower extremities following combined orthopedic and vascular trauma. A predictive salvage index. *Ann Surg* 53: 205–208
10. Ketterl R, Jessberger J, Machka K, Geissdörfer K, Stübinger B, Blümel G (1990) Effektivität des ösierenden Wasserstrahles (Jet-Lavage) zur Reinigung kontaminierter und infizierter Wunden – histologische und bakteriologische Untersuchungen. In: Rahmzadeh R, Breyer HG (Hrsg) *Das infizierte Implantat*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 115–121

11. Ketterl R, Ascherl R, Feller AM, Steinau HU, Stübinger B, Blümel G (1991) Vascularisation durch Muskellappen bei avasculärem und infizierten Knochen. In: Hartel W, et al (Hrsg) Chirurgisches Forum 1991. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 1–7
12. Ketterl R, Leitner A, Wittwer W (1994) Reduktion des Infektionsrisikos durch Einsatz des unaufgebohrten Marknagels bei offenen Unterschenkelfrakturen. Zentralbl Chir 119: 549–555
13. Krettek C, Schandelmaier P, Tscherne JR, Tscherne H (1994) Tibiaschaftfrakturen mit dem UTN. Aktueller Stand der operativen Technik für die unaufgebohrte Nagelung von Tibiaschaftfrakturen mit dem UTN. Unfallchirurg 97: 575–599
14. McNamara MG, Heckman JD, Corley FG (1994) Severe open fractures of the lower extremity: a retrospective evaluation of the mangled extremity severity score (MESS). J Orthop Trauma 8: 992–996
15. Muhr G (1983) Frühkomplikationen nach Frakturen mit Weichteilschaden. Hefte Unfallheilkd 162: 125–132
16. Patzakis MJ, Wilkins J, Moore TM (1983) Considerations in reducing the infection rate in open tibial fractures. Clin Orthop 178: 36–41
17. Raschke MJ, Hoffmann R, Khodadadyan C, Fournier C von, Südkamp NP, Haas NP (1995) Kombination des Ilizarow-Ringfixateurs mit dem unilateralen AO-Rohrfixateur. Erste klinische Erfahrungen mit dem Hybridsystem. Unfallchirurg 98: 627–632
18. Seekamp A, Regel G, Ruffert S, Ziegler M, Tscherne H (1998) Amputation oder Rekonstruktion bei der IIIB und IIIC offenen Unterschenkelfraktur. Unfallchirurg 101: 360–369
19. Südkamp N, Haas N, Flory PJ, Tscherne H, Berger A (1989) Kriterien der Amputation, Rekonstruktion und Replantation von Extremitäten bei Mehrfachverletzten. Chirurg 60: 774–781
20. Steinau HU (1986) Der mikrovasculäre Latissimus-dorsi-Transfer. Chirurg 57: 126–133
21. Tscherne H (1983) Management offener Frakturen. Hefte Unfallheilkd 162: 10–12