



Wiederherstellungschirurgie von Knochen- und Weichteilschäden: Zwischen Synthese und Innovation

Charles Dumont^{a, c}, Gerhard Ulrich Exner^{b, c}

^a Orthopädische Klinik Ziegler, Spital Netz Bern, ^b Kinder/Tumor Team, Uniklinik Balgrist¹, Zürich, ^c Orthopädie Zentrum Zürich

Quintessenz

● Die orthopädische Wiederherstellungschirurgie hat die funktionelle Prognose von komplexen Weichteil- und Knochenbeeinträchtigungen an den Extremitäten verbessert. Techniken aus der orthopädischen und plastischen Chirurgie sowie der Gefässchirurgie werden kombiniert, um innovative und individuell angepasste Lösungen zu finden. Damit können Weichteil- und Knochendefekte nach einem schweren Unfall, bei Infekten oder bei Neubildung geheilt werden.

Summary

Reconstructive surgery for bone and soft tissue: between synthesis and innovation

● Reconstructive surgery plays a role in improving the functional outcome in patients with severe soft-tissue and bone lesions of the limbs. Surgical techniques derived from orthopaedic, plastic and vascular surgery are combined to develop innovative and customised surgical treatment. These techniques allow reconstruction of soft tissue and bone defects due to severe injury, infection or tumour.

Die Wiederherstellungschirurgie des Bewegungsapparates ist ein Grenzgebiet zwischen orthopädischer, plastischer, Gefäss- und peripherer Nerven Chirurgie, mit dem Grundprinzip, die Extremität als gesamtes Organ zu behandeln. Die orthopädische Wiederherstellungschirurgie hat in den letzten 20 Jahren die funktionelle Prognose von komplexen Weichteil- und Knochenbeeinträchtigungen der oberen und unteren Extremitäten deutlich verbessert. Nach einem schweren Unfall, bei Infekten oder bei Neubildung müssen manchmal Gefässe, Nerven, Muskeln, Haut und Knochen genäht, fixiert oder wiederhergestellt werden, um eine möglichst anatomische Rekonstruktion zu erreichen. Zum Beispiel bei einer tiefen Knocheninfektion nach einer Unterschenkelfraktur muss zuerst der infizierte oder nekrotische Knochen entfernt werden [1]. In einem zweiten Schritt wird die antibiotische Therapie umgestellt und der Defekt plastisch gedeckt. Die Wiederherstellung eines vitalen Weichteilmantels um den Knochen ist bei septischer Pseudoarthrose der sicherste Weg zum ossären Durchbau [2]. Je nach Grösse und Lokalisation des Defektes und Allgemeinzustand des Patienten kommen freie oder gestielte Lappen zum Einsatz. Bei älteren Patienten mit grossen Weichteil-

defekten ist der kombinierte gestielte Lappen eine gute Lösung [3]. Bei jungen Patienten mit grossen Weichteildefekten bleibt der freie Lappen das Standardprozedere. Nach vollständigem Knochen-Débridement, Auffüllen des Defektes mit antibiotikaimprägniertem Zementplatzhalter und Deckung mittels Muskellappen entsteht am Zement-Weichteil-Übergang eine Membran. Diese Membran enthält Zellen, die Wachstumsfaktoren wie *bone morphogenetic protein-2* (BMP-2) und *transforming growth factor β -1* (TGF β -1) produzieren [4, 5]. Nach mindestens sechs Wochen kann der Zementplatzhalter unter Belassung der induzierten Membran entfernt und der Knochen-defekt mit Spongiosa aus dem Beckenkamm überbrückt werden (Beispiel 1). Dabei wird auch bei Knochendefekten von über 5 cm ein zuverlässiger Durchbau erzielt, ohne dass ein vaskularisiertes Knochentransplantat benötigt wird [6]. Die Entwicklung im Bereich der Wiederherstellungschirurgie hat auch die Notwendigkeit der Amputationen bei bösartigen Neubildungen des Knochens in den letzten 15 Jahren deutlich reduziert und den Weg für die extremitätenerhaltende Chirurgie geebnet [7]. Ein Knochentumor, wie das Osteosarkom, muss mitsamt umliegenden Weichteilen «en bloc» entfernt und im Fall eines gelenkerhaltenden Eingriffs muss der dadurch entstandene riesige Knochendefekt mittels freien mikrovaskularisierten Fibulatransfers gefüllt werden. Die transferierte Fibula wird sich aufgrund des wiederhergestellten Blutkreislaufs integrieren und die Eigenschaften des Knochens an der Defektstelle entwickeln. (Beispiel 2). Die extremitätenerhaltende Chirurgie ist leider nicht in allen Situationen möglich. Ist zum Beispiel der Nervus ischiadicus vom Tumor betroffen, muss eine Amputation der Extremität durchgeführt werden. Selbst in diesen Fällen gibt es Möglichkeiten der Wiederherstellungschirurgie, die Funktionalität nach Amputation zu verbessern. Ein freier Lappen mitsamt Fusssohle und Calcaneus kann zur Verlängerung und Verbesserung der Belastbarkeit des Stumpfes benutzt werden [8]. Die Sensi-



¹ Alle Patienten wurden durch die beiden Autoren an der Universitätsklinik Balgrist operiert.

bilität des Lappens wird durch Nervenanschlüsse an den Nervus ischiadicus hergestellt; dies vermindert zusätzlich die Entwicklung von Phantom-schmerzen (Beispiel 3).

Da Gewebedefekte häufig individuelle Muster zeigen, erfordert dies auch einen individuellen Lösungsansatz. Falls keine bekannte Behandlung zur Verfügung steht, müssen neue Lappen oder Lappen-Varianten gefunden werden. Durch präzise Kenntnis von Anatomie, klare Strategie

und sorgfältige Technik können mit der Wiederherstellungschirurgie komplexe Probleme mit multiplen Gewebedefekten oder tiefen Infektionen behandelt werden. Insofern stellt die Wiederherstellungschirurgie, dank kombinierten Kenntnissen aus verschiedenen chirurgischen Fachgebieten, eine wertvolle und unverzichtbare Ergänzung zur orthopädischen Chirurgie dar.

Beispiel 1

– Eine 57-jährige Patientin mit infizierter Pseudarthrose nach auswärtiger chirurgischer Behandlung einer offenen Unterschenkelfraktur: Die Patientin wurde viermal ohne Heilungserfolg voroperiert. Es lag ein schwerer Weichteil- und Knocheninfekt mit Fistelung und Förderung von eitriger Flüssigkeit vor (Abb. 1A ). Ein 6 × 5 cm grosses Hautareal im Bereich des medialen Unterschenkels war komplett vernarbt (Abb. 1B ). Der Knochendefekt der Tibia nach Débridement war 6 cm lang. Die chirurgische Behandlung kombinierte ein ausgedehntes Weichteil- und Knochen-Débridement, Auffüllen des Knochen-



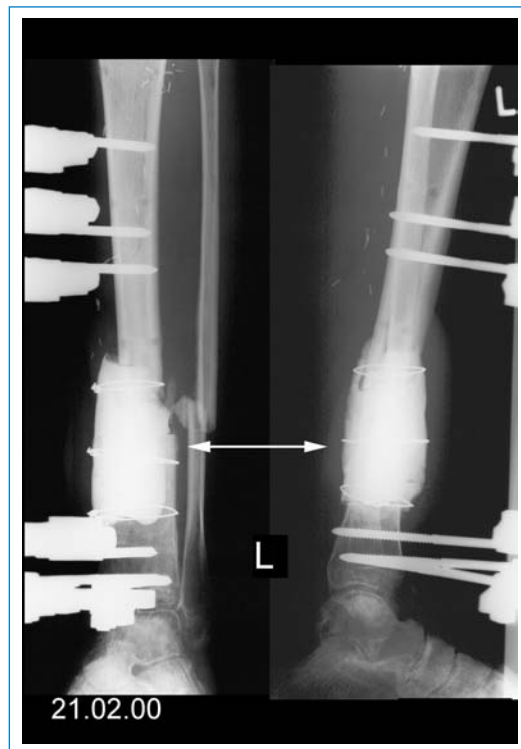
defektes mit antibiotikaimprägniertem Zementplatzhalter (Abb. 1C ), die Rekonstruktion des unfallbedingten Verschlusses der Arteria poplitea mittels Venen-Graft-Interponat und die Weichteilmantel-Herstellung mit einem freien Serratus-anterior-Lappen. Nach wochenlanger Antibiotikatherapie wurde der Zementplatzhalter entfernt und der Knochendefekt mit Spongiosa überbrückt. In der Folge kam es zu einem stabilen Durchbau ohne Infektrezidiv (Abb. 1D ). Die Patientin kann heute wieder reiten. Da die gesamte chirurgische Behandlung durch ein einziges Team durchgeführt wurde, konnten letztlich die Behandlungskosten deutlich reduziert werden.



Abbildung 1A
Pseudarthrose (Doppelpfeil) am mittleren distalen Unterschenkelübergang mit Osteolyse aufgrund des Knocheninfektes.



Abbildung 1B
Wunde mit Granulation (Pfeil) bei chronischer Fistelung mit Entleerung von eitriger Flüssigkeit.






**Abbildung 1C**

Knochenstabilisation mit Fixateur externe und Zementplombe (Doppelpfeil) nach Knochen-Debridement.

**Abbildung 1D**

Vollständiger Knochendurchbau sechs Monate nach Spongiosaplastik.

Beispiel 2

– Ein siebenjähriges Mädchen mit Osteosarkom des rechten Humerus (Abb. 2A ). Eine sorgfältige Distraction mittels Fixateur externe erlaubte eine einfache Darstellung der Wachstumsfuge (Abb. 2C ) , so dass der Tumor im Gesunden unter Schonung des Humeruskopfes «en bloc» entfernt werden konnte. Danach wurde die ipsilaterale Fibula in den Defekt transferiert und fixiert (Abb. 2D ). Entsprechend einem freien vaskularisierten Fibulatransfer wurden die Arteria und Vena fibularis mit den entsprechenden Gefässen des Oberarmes anastomosiert. Die Fibula heilte schnell ein und hatte sich mit der Zeit verdickt und verstärkt. Nach acht Jahren kann man radiologisch kaum erkennen, dass der transferierte Knochen eine Fibula war (Abb. 2E ). Durch diese biologische Rekonstruktion entstand trotz Verkürzung des Oberarmes infolge der Resektion der proximalen Humeruswachstumsfuge eine hervorragende Funktion (Abb. 2F ).

**Abbildung 2A**

Osteosarkom des proximalen Humerus (Stern).



Abbildung 2B
Die MRT-Untersuchung zeigt, dass die proximale Epiphyse (Pfeil) tumorfrei ist.

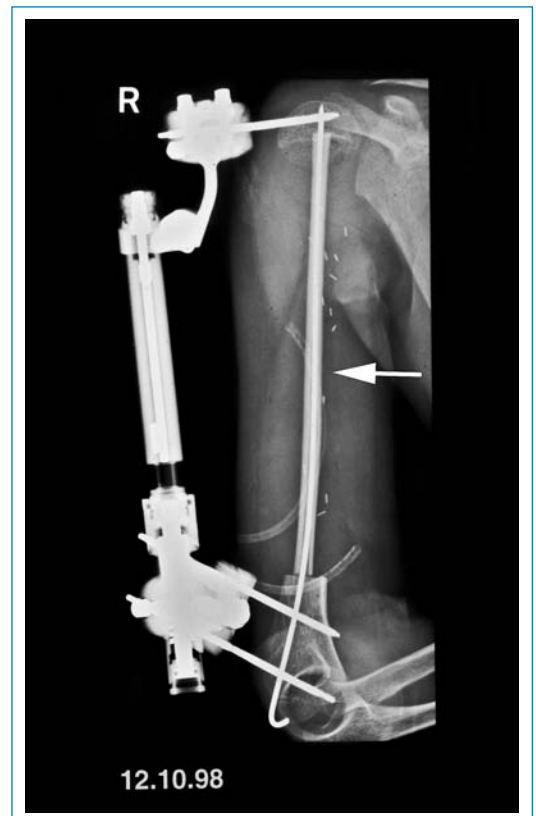


Abbildung 2D
Knochen-Rekonstruktion mit freier vaskularisierter Fibula (Pfeil) nach «en bloc»-Tumorresektion.



Abbildung 2C
Distraction der proximalen Wachstumsfuge mittels Fixateur externe. Ein Wachstumsfugen-Abbruch erfolgt. Die distrahierte Fuge (Pfeil) erlaubt die Darstellung der proximalen Epiphyse, ohne Risiko durch die Metaphyse zu gehen, so dass die Tumorgrenze respektiert wird.

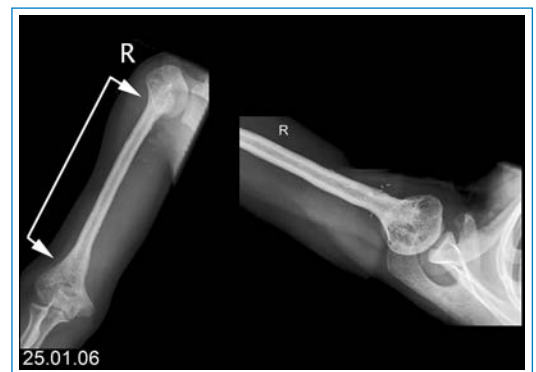


Abbildung 2E
Deutliche Verstärkung der Fibula acht Jahre nach Knochenrekonstruktion.

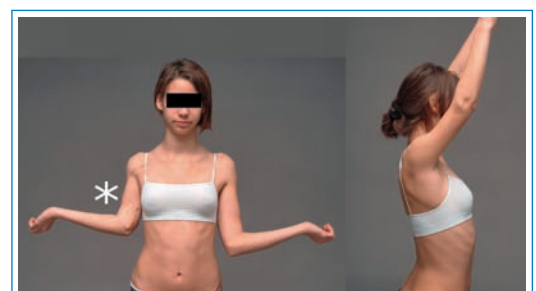


Abbildung 2F
Erfreuliche Schulterbeweglichkeit. Die Verkürzung des Armes (Stern) stört die Funktion der Extremität nicht.

Beispiel 3

- Ein 22-jähriger Patient mit fibroblastischem «high grade»-Osteosarkom der distalen Femurmetaphyse mit extraossärer Tumorausdehnung und Befall des Nervus ischiadicus (Abb. 3A [📷]):

Eine proximale Oberschenkelamputation war notwendig. Dies bedeutete, dass bei kurzem Amputationsstumpf das Gesäss zur Stabilisierung und Belastung bei einer Prothesenversorgung miteinbezogen werden müsste. Als Alternative diente der ipsilaterale Fuss als Gewebebank. Entnahme der Fusssohle mit Calcaneus und der Blutversorgung durch die Tibialis-posterior-Gefässe (Abb. 3B [📷]). Dieser kombinierte freie Lappen wurde an den Oberschenkelstumpf fixiert und die tibialen Gefässe mit den femoralen Gefässen und der Nervus tibia-

lis mit dem Nervus ischiadicus anastomosiert. Durch die Verpflanzung des Calcaneus wurde der Stumpf verlängert (Abb. 3C [📷]). Die Prothesenversorgung wurde vereinfacht und die sensible Fersenhaut bot eine optimale Endbelastbarkeit des Stumpfes (Abb. 3D [📷]). Nach sechs Monaten war der Lappen sensibel und die Belastbarkeit des Amputationsstumpfes so gut, dass eine kurze Oberschenkelprothese angepasst werden konnte (Abb. 3E [📷]).

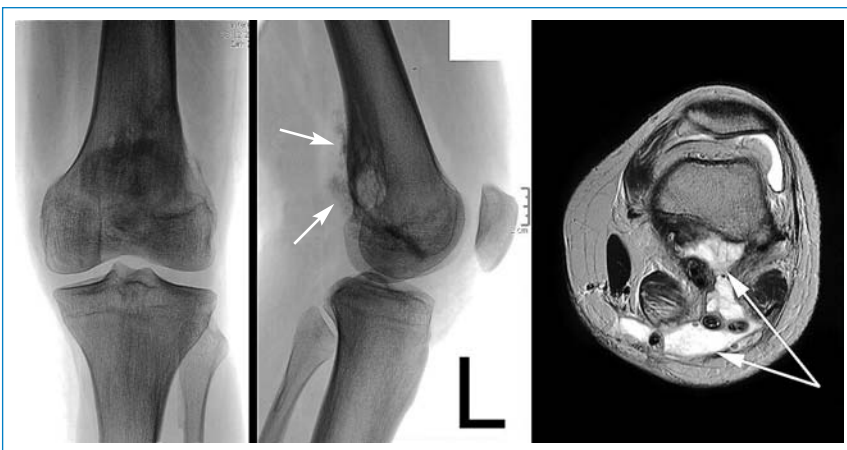


Abbildung 3A
Osteosarkom der distalen Femurmetaphyse (kurze Pfeile). Das MRT zeigt, dass die Gefässe und der N. ischiadicus mitbetroffen sind (lange Pfeile).

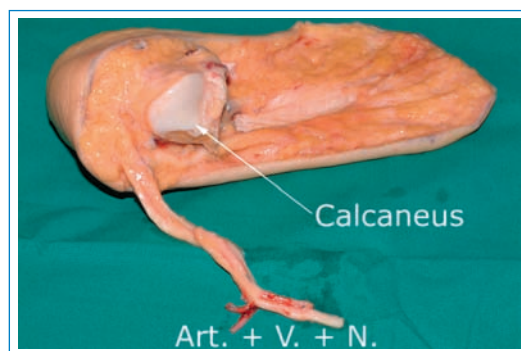


Abbildung 3B
Komposite freier Lappen mit Calcaneus und Fusssohle vom ipsilateralen Fuss. Blutversorgung durch Tibialis-posterior-Gefässe (Art. + V.), sensible Versorgung durch den Tibialis-nerv (N.).

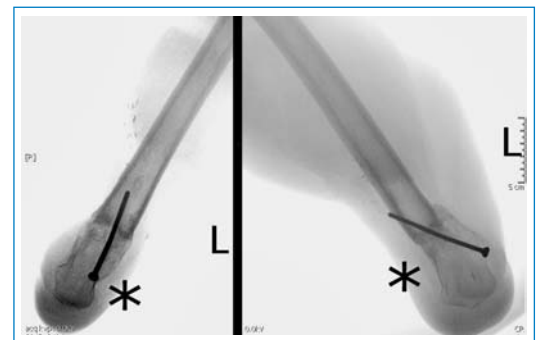


Abbildung 3C
Vollständiger Knochendurchbau zwischen Femur und Calcaneus (Stern), sechs Monate nach der Operation.



Abbildung 3D
Die transplantierte Fusssohle am distalen und hinteren Oberschenkel bietet eine optimale Belastbarkeit des Amputationsstumpfes.



Abbildung 3E
Kurze Oberschenkelprothese ohne Belastung des Tuber ischiadicum.

Literatur

- 1 Gordon L, Chiu EJ. Treatment of infected non-unions and segmental defects of the tibia with staged microvascular muscle transplantation and bone-grafting. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1988;70:377–86.
- 2 Musharafieh R, Osmani O, Musharafieh U, Saghie S, Atiyeh B. Efficacy of microsurgical free-tissue transfer in chronic osteomyelitis of the leg and foot: review of 22 cases. *J Reconstr Microsurg*. 1999;15:239–44.
- 3 Dumont CE, Neumann H, Lingenfelter EJ. Pedicled flap for lower extremity reconstruction in the elderly: a retrospective study of 16 cases. *Ann Plast Surg*. 2004;53:368–72.
- 4 Pelissier P, Martin D, Baudet J, Lepreux S, Masquelet AC. Behaviour of cancellous bone graft placed in induced membranes. *Br J Plast Surg*. 2002;55:596–8.
- 5 Pelissier P, Masquelet AC, Bareille R, Pelissier SM, Amedee J. Induced membranes secrete growth factors including vascular and osteoinductive factors and could stimulate bone regeneration. *J Orthop Res*. 2004;22:73–9.
- 6 Schottle PB, Werner CML, Dumont CE. Two-stage reconstruction with free vascularized soft tissue transfer and conventional bone graft for infected non-unions of the tibia. *Acta Orthop*. 2005;76:878–83.
- 7 El-Gammal TA, El-Sayed A, Kotb MM. Reconstruction of lower limb bone defects after sarcoma resection in children and adolescents using free vascularized fibular transfer. *J Pediatr Orthop B*. 2003;12:233–43.
- 8 Werner CML, Exner GU, Dumont CE. Free vascularised osteocutaneous filet flap for covering, that permitted sensitive weight-bearing by a tight stump after transfemoral amputation. *Scand J Plast reconstr Hand Surg*. 2006;40:315–7.

Korrespondenz:

Prof. Dr. med. G. Ulrich Exner
Orthopädie Zentrum Zürich
Seestrasse 259
CH-8038 Zürich
exner@orthopaedie-zurich.ch