

Freie Fibulatransplantation zur knöchernen Rekonstruktion an der oberen Extremität

Teil 2 – Postoperatives Monitoring, Komplikationen, Prognose und Begutachtung

Ariane Asmus, Simon Kim, Jens-Ingmar Höpfner, Arnulf Vogel, Karla Vogel, Frank Eichenauer, Andreas Eisenschank



Teil 2 dieses Beitrags beinhaltet neben dem postoperativen Management auch die Prognose und Ergebnisbeurteilung. Anhand des eigenen Patientengutes und in Anlehnung an die vorhandenen Bewertungskriterien soll hier ein Vorschlag zur Auswertung der Ergebnisse an der oberen Extremität, insbesondere der radiologischen Beurteilung auch im Vergleich zur aktuellen Literatur dargestellt werden.

Postoperatives Monitoring

Ein postoperatives Monitoring zum Nachweis der ungehinderten Durchblutung des vaskulären Transplantats ist sinnvoll, da histologisch nachgewiesen werden konnte, dass bei Versagen der mikrovaskulären Anastomose die nekrotische Muskulatur, welche um den Knochen verbleibt und zum Erhalt der periostalen Durchblutung notwendig ist, den schleichenden Umbau – die sog. „creeping substitution“ – sogar verhindert. Es fand sich beim Versagen eines vaskulären Knochenersatzes ein radiologisch vergleichsweise sogar langsamerer Umbau als bei einem nicht vaskularisierten Knochenspan [1,2].

Das Ziel des Monitorings sollte daher ein möglichst objektives, kontinuierlich durchführbares, zuverlässiges, günstiges, nicht invasives und für alle klinischen Mitarbeiter leicht zu interpretierendes Messergebnis sein. Wenn möglich sollte es sogar eine Differenzierung zwischen arteriellen und venösen Durchblutungsstörungen erlauben. Leider erfüllt bislang kein Monitoringsystem alle diese Qualitäten [3].

Multiple Verfahren des postoperativen Monitorings werden daher immer wieder diskutiert und reevaluiert.

Szintigrafie

Als eine Möglichkeit des Monitorings wurde lange die Knochenszintigrafie favorisiert und zwar zunächst zwischen der 3. postoperativen Woche und dem 8. postoperativen Monat. In Untersuchungen konnte allerdings gezeigt werden, dass auch avaskuläre Transplantate in den ersten 3 Wochen positive Signalbilder ausstrahlen können. Es musste dann postuliert werden, dass eine Transplantatdurchgängigkeit mittels Szinti-

grafie nur in der 1. Woche beweisend sei und zwar bevor Signale auch durch den Umbau avaskulärer Transplantate zu erwarten sind [4].

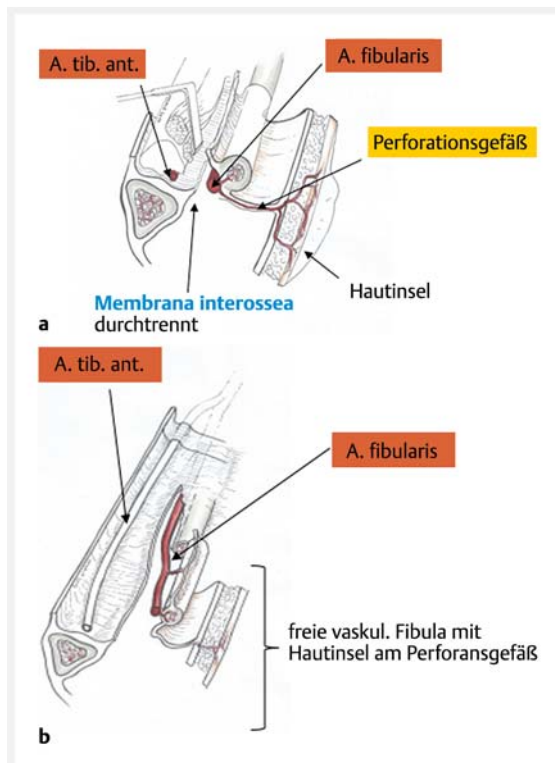
Um dieser These nachzugehen, sollte in der Arbeit von Schuind u. Mitarb. 1993 nachgewiesen werden, dass bei avaskulären Transplantaten kein Uptake in der postoperativen Szintigrafie in der 1. Woche vorliegt. Tatsächlich fand sich aber bei zwei Dritteln der avaskulären Knochen transplantationen ebenfalls ein Uptake im Szintigramm und das bereits innerhalb der ersten Tage, sodass dementsprechend keine ausreichende Differenzierung zwischen vaskulären und avaskulären Transplantaten mittels Szintigrafie möglich ist [4].

Angiografie

Die naheliegende Durchführung einer postoperativen Angiografie als sehr verlässliche Methode birgt neben den unmittelbaren Komplikationsrisiken auch das Risiko von Gefäßspasmen, welche sich ungünstig auf die Anastomosen und damit Durchblutung auswirken könnten. Falschnegative Ergebnisse können daher zu unnötigen Reoperationen führen.

Angio-MRT

Das Angio-MRT hat Limitierungen bezüglich der Interpretation durch Artefakte insbesondere aufgrund der Osteosynthesen und insbesondere aufgrund der Verwendung von Plattenosteosynthesen. Eine gute Beurteilbarkeit ist daher fraglich. Serielle Untersuchungen mit Angio-MRT liegen allerdings für die obere Extremität nicht vor. Ihr diagnostischer Wert ist dementsprechend noch nicht beurteilbar.



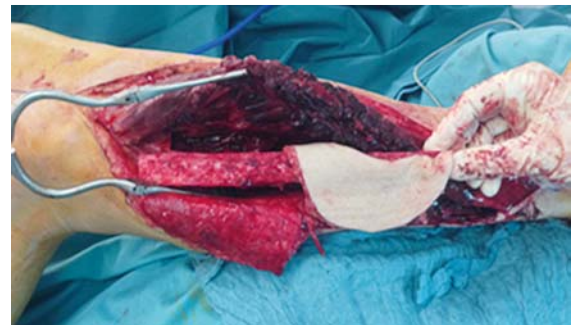
► **Abb. 1** Anatomische Zugangswege zur Entnahme eine zusätzlichen Hautinsel mit Präparation sowohl von ventral als auch dorsal. **a** Zugang von dorsal. **b** Zugang von ventral.

Merke

Die oben genannten Verfahren sind also wegen den falsch positiven (Szintigrafie) und falsch negativen (Gefäßspasmen in der Angiografie), zudem risikohaften Darstellungen für ein kontinuierliches, engmaschiges postoperatives Monitoring nicht geeignet.

Hautinsel

In der eigenen Klinik wird das postoperative Monitoring per Hautinsel favorisiert. Diese Methode gewährt eine kontinuierliche, zuverlässige, günstige, nicht invasive und für alle klinischen Mitarbeiter leicht zu interpretierende Verlaufskontrolle. Sie ist allerdings präparatorisch zeitaufwendig und anspruchsvoll (► **Abb. 1**, ► **Abb. 2**). Bei Umfragen im klinischen Alltag findet diese Methode jedoch den größten Zuspruch [3]. Leider kann es bei nur leichtem Zug auf die Hautinsel und insbesondere auch bei verstärktem Weichteilmantel zu deren Verlust kommen. Erst bei Revision der Anastomose und der Hautinsel kann dann eruiert werden, ob es lediglich ein Problem des Perforators oder tatsächlich der Gefäßanastomose ist. Gegebenenfalls besteht daher das Risiko einer unnötig durchgeführten operativen Revision als Konsequenz [5].



► **Abb. 2** Beispiel: Fibulaentnahme mit großer Hautinsel.

Doppler-Sonografie

Weitere Methoden, wie die Doppler-Sonografie – entweder perkutan oder mit implantierbaren Sonden – stellen eine sehr gute und zuverlässige Methode dar, wobei die perkutane Messung allerdings anfällig für falsche Ergebnisse aufgrund von Schwellungen und/oder Ödemen sein kann. Des Weiteren muss mit einem Versagen bei zu tief liegenden Gefäßen gerechnet werden und bei implantierbaren Sonden auch mit einer Dislokation. Gegebenenfalls sind daher Zweiteingriffe zur Entfernung notwendig.

Hölzle u. Mitarb. stellten 2005 ein nicht invasives Monitoring mit Laser-Doppler-Flussmessung und Gewebespektrometrie vor. Die Messung der Gewebepfusion und Gewebeatmung wurde mit dem Gerät O₂C („Oxygen to see“) durchgeführt. Die Messung erfolgte an 82 mikrochirurgischen Transplantaten: 61 faszikuläre Radialislappen und 21 osteokutane Fibulalappen mit einem Monitoring über die ersten 14 Tage. Im Ergebnis zeigten sich weder falsch positive noch falsch negative Ergebnisse. Perfusionsstörungen wurden in den ersten 3 Tagen bis auf 2 Ausnahmen (einmal intraoperativ und einmal nach 8 Tagen postoperativ) nicht festgestellt. Der Nachweis einer Störung konnte durchschnittlich 3 Stunden vor dem objektiven klinischen Nachweis durch Laser-Doppler-Flussmessung aufgezeigt werden [6].

Durch die Laser-Doppler-Flussmessung konnte zusätzlich eine Differenzierung in venöse und arterielle Komplikationen gezeigt werden. Nachteilig ist bei dem Verfahren die geringe Eindringtiefe des Lichtes, was demnach eine eingeschränkte Aussage im tiefer liegenden Gewebe bedeutet.

FAZIT

Nachweismethoden der Vitalität des Knochens

- Angiografie: risikohaft bei frischen Anastomosen durch Spasmen und/oder Thrombosen
- Biopsie des Knochens: Risiko eines erneuten Eingriffs
- Perforatorhautinsel: Risiko des Abscherens und intraoperativer Verletzung oder Torsion des Gefäßstiels
- Röntgen: langfristiger und nicht invasiver Nachweis von knöchernen Umbauvorgängen und Hypertrophie möglich

Die Ergebnisse sind dementsprechend von der Hautdicke und vom subkutanen Fettanteil abhängig und je nach Körperregion variabel. Messungen von muskulären und kombiniert ossären Lappenplastiken sind bislang nicht möglich. Individuelle Unterschiede und Messwerte machen präoperative vergleichende Messungen notwendig.

Komplikationen

Komplikationen am Spenderort

- Stressfraktur ipsilaterale Tibia in 8 % [7].
- Kontraktur des Flexor hallucis longus mit Krallenfehlstellung der Großzehe bei 12 % [8].
- Vorübergehende Lähmung des N. peroneus.
- Kompartmentsyndrom.
- Bei Kindern: Valgus-Deformität des Sprunggelenks. Dies kann durch primäre tibiofibulare Fusion proximal der Epiphyse präventiv beeinflusst werden. Durchführung der Langenskiöld-Prozedur bei Kindern: ursprünglich bei kongenitaler Pseudarthrose der Fibula, um einer Valgus-Deformität im OSG während des Wachstums entgegenzuwirken. Durchführung dieser distalen Fusion der Tibia und Fibula nach Entnahme des Fibulatransplantats zu empfehlen [9].

Komplikationen am Empfängerort

Transplantatfrakturen sind die häufigste Komplikation im Verlauf nach Fibulatransplantation und liegen bei 20–40 % [10, 11]. Diese heilen unter konservativer Behandlung bei ausreichender Vaskularisation meist unkompliziert aus.

Aufgrund der hohen Rate von Stressfrakturen gilt die Empfehlung zur Plattenosteosynthese zur Stabilisierung des Transplantats [11, 14]. Vor allem wird als Ursache bei jungem Alter der Patienten und höherer Aktivität eine zu geringe Ruhigstellungszeit angeschuldigt. Beispielsweise lag der zeitliche Abstand zwischen

knöcherner primärer Konsolidierung und Fraktur bei Minami 1993 zwischen 6 Wochen und 10 Monaten, im Schnitt bei 3,8 Monaten. Alle Frakturen entstanden weniger als 1 Jahr nach Konsolidierung, wobei die Transplantate lediglich mit Schrauben und Fixateur externe befestigt wurden [12].

Vor Planung einer Osteosynthese muss daher in Erwägung gezogen werden, dass zum einen mehr Belastungsstress durch eine sparsamere Osteosynthese vorliegt, aber zum anderen die Durchblutung des Knochens durch die geringe Beeinträchtigung des Periosts weitgehend geschont werden kann. Neben dem erhöhten Risiko einer Stressfraktur können aber bei einer weniger aufwendigen Osteosynthese auch die Hypertrophie des Knochens und damit die Heilung zügiger voranschreiten.

Bei einer stabilen Plattenosteosynthese hingegen kommt es in geringerem Ausmaß zu Ermüdungsfrakturen, jedoch erfolgt die Ausbildung der Hypertrophie zögerlicher [5, 15].

Weitere Empfängerortkomplikationen

- Verschluss der versorgenden Gefäße in 3–5 %, bei chronischen Infekten in bis zu 7 %.
- Verlust des Transplantats bei elektiven Eingriffen in 3 %.
- Thrombosen bei unzureichender Antikoagulation in ca. 10 % [16].
- Persistierende Infektionen und Osteomyelitis.
- Hämatom mit Druck auf die Gefäße.
- Verlust der Hautinsel mit und ohne Beeinträchtigung der knöchernen Durchblutung. Komplikationen der Hautinsel treten vorwiegend durch fehlerhafte Präparation des Septums und anatomisch nicht korrekte Platzierung auf [17].

Nachbehandlung

- Belastung der Extremität in Abhängigkeit von der knöchernen Konsolidierung im Rahmen von Verlaufs-Röntgenkontrollen.
- Haut-/Narbenpflege entsprechend der Wundsituation.
- Sofortige Mobilisation und schmerzadaptierte Belastung der Spenderextremität.
- An der oberen Extremität Freigabe in Abhängigkeit von der Osteosyntheseform nach den Richtlinien der Frakturbehandlung, wobei das vaskuläre Transplantat als Etagenfraktur anzusehen ist.

Prognose

Allgemein

Als eine der ersten größeren Untersuchungen veröffentlichten Wood u. Cooney et al 1985 eine Studie über insgesamt 60 Patienten mit vaskularisierten Knochentransplantaten und fanden eine primäre Konsolidierung in 67% und nach weiterer avaskulärer Knochenanlagerung letztendlich von insgesamt 77%. Die günstigsten Resultate zeigten sich beim Ersatz nach Tumorresektionen im Bereich des Unterarms und Unterkiefers, schlechtere Ergebnisse zeigten sich bei chronischer Osteomyelitis und Rekonstruktionen im Bereich des Schultergürtels. Die Defektlänge betrug 5–24 cm. Transplantate unter 8 cm wurden nur dann verwendet, wenn zuvor konventionelle, nicht vaskularisierte Verfahren versagt hatten [18].

Seit dieser Zeit verbesserten sich die Ergebnisse aufgrund der steigenden Erfahrung sukzessive. Taylor u. Mitarb. präsentierten in einer 2016 veröffentlichten Studie die bislang größte Zusammenfassung von 384 freien vaskularisierten Knochentransplantationen in 40 Jahren (1974–2014). Die Transplantate wurden 198-mal der Fibula, 180-mal dem Beckenkamm und 4-mal dem Radius entnommen. Weiterhin erfolgte je ein freier vaskularisierter Rippen- und Metatarsaltransfer. Die 267 Knochenrekonstruktionen erfolgen am gesamten Skelettsystem (Fuß bis Kopf) mit Schwerpunkten an der oberen und unteren Extremität. Die Indikationen waren Tumorablation, Trauma, Osteomyelitis und kongenitale Deformitäten. Die Erfolgsrate lag insgesamt bei 95%. Durchschnittlich heilten die Rekonstruktionen am Kiefer nach 6–8 Wochen, an der oberen Extremität nach 2–3 Monaten und an der unteren Extremität nach 3–4 Monaten. Am schnellsten heilten die freien vaskularisierten Beckenkammtransplantate. Die freien vaskularisierten Fibulae eigneten sich besonders für längere Defekte und zur Rekonstruktion im Mandibulabereich, während sich freie vaskularisierte Beckenkammtransplantate besonders im Bereich des Karpus und Metakarpus für Defekte von 6–8 cm eigneten. Als Monitoring dienten außer bei sehr kurzen Defektüberbrückungen Hautinseln. Die Defektüberbrückungen lagen dabei zwischen 6 und 22 cm [19].

Freie vaskularisierte Transplantate an der oberen Extremität

Wood u. Mitarb. berichteten 1987 weitere 21 Fälle mit freien vaskularisierten Fibulatransplantaten, wobei 11 für den Humerus, 5 zum Radius, 3 an der Ulna und 2 zur Rekonstruktion der Klavikula transplantiert wurden. Es zeigte sich eine primäre Konsolidierung von 71%. Bei weiteren 2 Patienten erfolgte eine sekundäre Spongiosaanlagerung und Plattenosteosynthese bei Pseudarthrose an einem Fibulaende, welche dann auch in einer vollständigen Konsolidierung ausheilten. Somit ergab

sich eine Einheilungsrate von 81%. Weitere 2 Patienten zeigten radiologisch eine schmerzfreie, stabile, fibrös überbrückte Pseudarthrose. Die beste Heilungsquote fand sich bei Patienten mit Rekonstruktion in Höhe des Unterarms von 100% und bei der Rekonstruktion der langen Röhrenknochen nach Tumorresektion von 83%. Die schlechteste Heilungsquote fand sich in Höhe des Schultergürtels mit nur 54%. Es fanden sich keine Korrelationen der Heilungsquoten mit der Länge des Transplantats oder der Fixationsart [20]. Funktionell zeigte sich insbesondere an der oberen Extremität nach Transplantation der proximalen Fibula zum Ersatz des proximalen Humerus eine schlechte Schulterfunktion, da eine suffiziente Anheftung der Rotatorenmanschette mit Erreichen einer Funktionalität nicht gelingt. Die aktive Beweglichkeit im Schultergelenk lag für die Abduktion und Elevation nur bei 10–30°, bei guter passiver Beweglichkeit von 45–90° [10, 13].

Noaman veröffentlichte in 2013 Ergebnisse einer heterogenen Gruppe von 16 Patienten mit Knochendefekten aufgrund von Pseudarthrosen, chronischen Infekten und Tumoren, die freie vaskularisierte Fibulatransplantate an der oberen Extremität erhielten. Bei einem durchschnittlichen Knochendefekt von 8 cm wurden die knöchernen Fixierungen mit kurzen Kompressionsplatten (DCP–dynamic compression plate) jeweils proximal und distal durchgeführt. Bei einem Follow-up von durchschnittliche 84 Monaten fanden sich eine durchschnittliche Konsolidierungszeit von 3,5 Monaten, keine Stressfrakturen und nur 1 Transplantatversagen [21].

Vergleich oberer gegenüber unterer Extremität

Höpfner untersuchte in 2003 im Langzeitverlauf eine Gruppe von 42 Patienten nach freien vaskularisierten Fibula- und Beckenkammtransplantationen, davon 14 mit Transplantaten der oberen Extremität und 28 an der unteren Extremität. Bei 16 (36,4%) Patienten fanden sich Komplikationen: Es zeigte sich die Entwicklung einer Pseudarthrose an der oberen Extremität in 7,1% gegenüber der unteren Extremität in 13,3%. Am Humerus und Radius lag die Rate bei 0%, an der Ulna hingegen 20%. Frakturen traten bei 7 Patienten insgesamt 12-mal auf, davon 4 traumatisch nach Sturz und 8 als Ermüdungsbrüche. Alle Frakturen traten nach freien vaskularisierten Fibulatransplantationen auf, keine nach freiem vaskularisiertem Beckenkammtransplantat. Allerdings kam es bei einem dieser Patienten nach Sturz zu einer Beckenfraktur im Bereich der Entnahmeregion. Die Frakturen wurden 9-mal mit Osteosynthesen zur Ausheilung gebracht, die übrigen konservativ. Es fand sich eine postoperative Läsion des N. peroneus durch Schwellung mit vollständiger Erholung und eine Teilläsion ohne Erholung [15].

Die klinisch-funktionellen Ergebnisse der oberen Extremität zeigten sich schlechter als an der unteren Extremität, da zur Stabilisierung u. a. Arthrodesen am Handgelenk durchgeführt werden mussten. Die sichere Knochenheilung am distalen Fibulaende lag durchschnittlich nach 7 Monaten vor, am proximalen Ende nach weniger als 6 Monaten. Der Nachweis einer suffizienten Durchblutung der Transplantate erfolgte entweder über eine Hautinsel und häufiger indirekt durch fortschreitende, radiologisch nachgewiesene Knochenheilung. In dieser Studie zeigt sich eine bessere Knochenheilung an der oberen Extremität gegenüber der unteren Extremität mit 93 % vs. 87 % sowie abschließend im Langzeitverlauf mit 100 % vs. 97 %.

In der Literatur finden sich vergleichbare Zahlen für die obere Extremität von 80–97 % gegenüber 74–92 % an der unteren Extremität [15]. Die etwas geringer ausfallende Rate der knöchernen Durchbauung an der oberen Extremität von Wood wurden zum Teil mit der ungünstigen postoperativen Ruhigstellungsmöglichkeit insbesondere im Bereich des Schultergürtels erklärt.

Im eigenen Patientengut wurde eine längere Ruhigstellungszeit eingehalten und vermehrt stabile Plattenosteosynthesen im Gegensatz zu reinen Schraubenosteosynthesen zur Rekonstruktion verwendet. Auch wurden in diesem Patientengut keine Rekonstruktionen am Schultergürtel vorgenommen. Kürzere Transplantate zeigten bei diesem Patientengut schlechtere Einheilungen als längere, im Gegensatz zur Beobachtung anderer Gruppen. Die Patienten mit Tumoren wiesen eine bessere Einheilung auf als die mit angeborenen Pseudarthrosen, Trauma oder Infektionen. Die besten Einheilungen fanden sich bei Plattenosteosynthesen gegenüber Schrauben und Fixateur. Besonders günstig zeigte sich die zusätzliche Spongiosaanlagerung, vor allem im distalen Bereich mit einer um 1 Monat schnelleren knöchernen Durchbauung [15].

In einer früheren Untersuchung von Eisenschenk aus dem Jahr 1998 zeigte sich bei 71 untersuchten Patienten mit freier vaskularisierter Fibulatransplantation eine Hypertrophierate von 27,5 % nach 1 Jahr und 86 % nach 2 Jahren. An der oberen Extremität fand sich nach 1 Jahr noch 0 %, hingegen an der unteren Extremität eine Hypertrophie bereits bei 43 %, eine Angleichung zeigte sich erst nach 2 Jahren. Des Weiteren fanden sich höhere Hypertrophieraten bei reiner Schraubenosteosynthese gegenüber Plattenosteosynthesen [5].

Freie vaskularisierte Transplantate nach chronischem Infekt

Han berichtet 1992 über 160 Patienten, die zwischen 1979–1989 behandelt wurden, davon 35 Patienten mit Knochendefekten an der oberen Extremität, und

fand eine primäre Knochenheilung bei 26 Patienten (74 %) und nach weiterer Spongiosaanlagerung bei 32 Patienten (91 %). Davon lag bei 5 Patienten ein chronischer Infekt vor. In der gesamten Patientengruppe von 160 Patienten fanden sich 60 Patienten mit chronischer Osteomyelitis, die eine primäre Einheilung von nur 48 % zeigten. Erst nach weiteren Eingriffen konnte die Rate der Konsolidierungen auf 77 % gesteigert werden. Weiterhin fanden sich bei der Rekonstruktion der oberen Extremität 2 persistierende Pseudarthrosen (Radius und Ulna) und einmal ein Versagen des Transplantats nach Rekonstruktion der Klavikula. Stressfrakturen traten an der oberen Extremität zweimal nach einer Radius- und einer Ulnarekonstruktion im Verlauf auf [22].

Hierner u. Mitarb. fanden als gute Indikationen für freie vaskularisierte Knochentransplantate Knochendefekte durch Trauma, Tumorresektion, kongenitale Pseudarthrose und Frakturheilungsstörungen mit einer Einheilungsquote von 78–100 %. Demgegenüber steht die Untersuchung einer septischen Patientengruppe mit chronischer Osteomyelitis und einer Einheilungsquote von nur 50–67 %. Insbesondere bei dieser Indikation wurde die Notwendigkeit der vollständigen Infekt-sanierung mittels mehrfachem Débridements und Spülungen bis zur Keimfreiheit in den Abstrichen betont. Im Gegensatz zu den Versorgungen mit freiem Fibulatransplantat konnte gezeigt werden, dass freie vaskularisierte Beckenkammtransplantate bis zu 10 cm Länge ein besseres Heilungspotenzial bei Osteomyelitis zeigten [23].

Freie vaskularisierte Transplantate nach onkologischen Resektionen

Houdek beurteilte 2017 56 Patienten mit freiem vaskularisierten Fibulatransplantat nach Tumorresektion (meist Osteosarkome), durchgeführt an der oberen und unteren Extremität mit Transplantatlängen von 7–30 cm (im Mittel 17 cm). Eine Re-Operation war bei 29 Patienten aufgrund einer verzögerten Heilung mit erneuter Knochenanlagerung notwendig. 75 % zeigten eine primäre Einheilung. Patienten mit adjuvanter Chemotherapie hatten dabei ein erhöhtes Risiko der schlechten primären Einheilung, ebenso bei begleitender Radiatio. Komplikation der Entnahmeregion waren Stressfraktur der Tibia, Kontraktur des M. flexor hallucis und temporäre Nervenlähmungen. Des Weiteren fand sich bei 30 % ein Wiederauftreten der Grunderkrankung, davon 76 % mit Metastasen. Im Scoring der MSTs – Musculoskeletal Tumor Society (s. a. Abschnitt Begutachtung) – für Tumorresektionen fand sich eine mittlere Einstufung aller Patienten auf 85 % (10–100 %), wobei sich keine Unterschiede zwischen der oberen und unteren Extremität zeigten [24].

Shammas u. Mitarb. veröffentlichten im Jahr 2017 eine klinische Nachuntersuchung von Kindern mit Low- und High-Grade-Osteosarkomen des proximalen Humerus mit kompletter Resektion des proximalen Humerus und Transplantation einer freien proximalen Fibula. Bei allen zeigte sich postoperativ zwischen 6 Wochen und 8 Jahren eine Fraktur im distalen Bereich der Refixation, welche regulär mit einer Plattenosteosynthese erfolgt war. Alle Frakturen heilten konservativ im Brace ohne weitere operative Eingriffe aus. Weiterhin fanden sich im Nachuntersuchungszeitraum keine Tumorrezidive, wobei alle Patienten präoperativ eine Chemotherapie, aber keine Radiatio erhalten hatten [13].

Giessler u. Mitarb. veröffentlichten in 2004 eine Arbeit über freie mikrovasculäre Fibularekonstruktionen nach Tumorresektion am Unterarm in 5 Fällen. Alle Transplantate heilten vollständig ein und es kam zu keiner Ermüdungsfraktur in 7 Jahren Nachbeobachtungszeit. Weiterhin zeigte sich nur in einem Fall ein Rezidiv, welches mit einer Unterarmamputation behandelt werden musste. Die Autoren empfehlen, falls onkologisch möglich, das Radiokarpalgelenk zu erhalten, da sowohl Teil- oder Vollarthrodese als auch die Gelenkrekonstruktion mit vaskularisiertem Fibulakopf hinsichtlich der Funktion und Kraft dem Radiokarpalgelenk unterlegen sind [25].

Begutachtung

Die Beurteilung der Einheilung und von Langzeitverläufen von freien vaskularisierten Transplantaten wird nach radiologischen Kriterien vorgenommen und nach der Funktionalität der Extremität entsprechend der Begutachtung nach Verletzungen.

Radiologische Beurteilung

1. Knochenheilungsrate und Zeitpunkt der sicheren Heilung in Monaten.
2. Grad der Knochenhypertrophie des freien, vaskularisierten Knochentransplantats.
3. Grad des Remodelings des transplantierten Knochens.
4. Beurteilung der Transplantate nach einem modifizierten Röntgenbeurteilungsschema nach Weiland [26].

Ad 1: Definition der sicheren knöchernen Heilung durch Verschwinden des Frakturspalts oder Kallusbildung.

Ad 2: Hypertrophie-Berechnung nach De Boer und Wood: In einer Untersuchung von 10 anatomischen Fibulapräparaten wurden in unterschiedlicher Rotation alle 10° von 0° bis 180° im konventionellen Röntgenbild dokumentiert. Begleitend wurde jeweils der Durchmesser radiologisch bestimmt. Dabei zeigte sich, dass alleine durch Rotation eine 20% Vergrößerung des

Durchmessers fälschlicherweise projektionsbedingt gemessen werden könnte. Daher wird empfohlen, eine Hypertrophie nach Fibulatransplantation erst anzunehmen, wenn der Durchmesser/Index über 20% liegt [27].

$$\text{Hypertrophie in \%} = \frac{\text{Index}^2 - \text{Index}^1}{\text{Index}^1} \times 100$$

Index¹ ist der Quotient aus Knochentransplantatdurchmesser unmittelbar postoperativ (dT1) und Empfänger-knochendurchmesser unmittelbar postoperativ (dE1).

Index² ist der Quotient zum jeweiligen postoperativ betrachteten Zeitpunkt (dT2/dE2).

Im zentralen Bereich des Knochens wird der Durchmesser des Empfängerknochens entweder aus einer vergleichbaren Höhe aus einer Projektion präoperativ verwendet oder, sollte dieser nicht zu Verfügung stehen, abgeschätzt.

Die Hypertrophierate zeigt sich altersabhängig, am höchsten ist sie bei den 1- bis 18-jährigen, dann folgen die 19- bis 34-jährigen und am geringsten ist die Hypertrophie bei den >35 Jahre alten Patienten. Längerer Transplantate hypertrophieren geringer als kurze sowie solche mit Schraubenosteosynthese vermehrt gegenüber denen mit Plattenosteosynthesen. Eine Annäherung der Werte zeigt sich im Durchschnitt nach 2 Jahren [5]. Die Hypertrophie der Transplantate ist aufgrund der höheren Belastung bei der unteren Extremität größer gegenüber der oberen Extremität. Eine geringere Hypertrophie findet sich beim Beckenkamm gegenüber der Fibula [15].

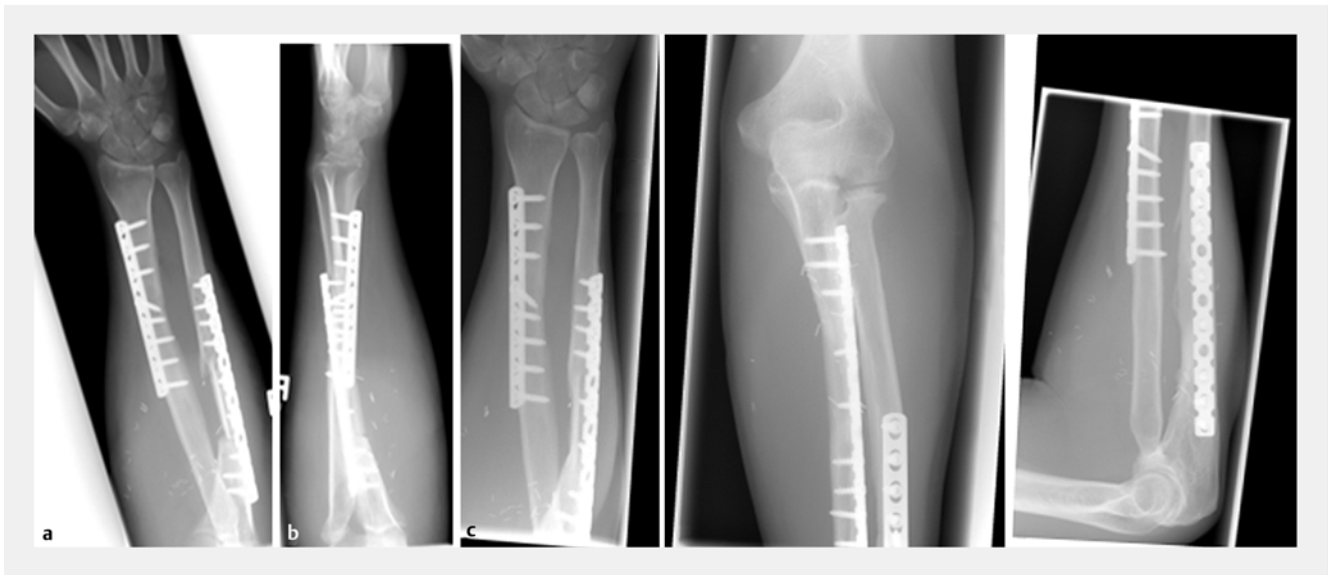
Ad 3: Remodeling: Quotient aus Gesamtdurchmesser der Transplantate proximal und distal zum Durchmesser des Empfängerknochens. Ideal = 1.

$$\frac{dT_{\text{prox}}}{dE} \text{ und } \frac{dT_{\text{dist}}}{dE}$$

Der Grad des Remodelings setzt sich aus der Hypertrophie des Transplantats und dem vollständigem Umbau unter Anpassung an den Empfängerknochen zusammen und ergibt das „vollständige Remodeling“ (► **Abb. 3**).

Ein komplett abgeschlossenes Remodeling definiert sich als Quotient des Gesamtdurchmessers des Transplantats zum Durchmesser des Empfängerknochens.

Ad 4: Modifiziertes Weilandschema – Punktbewertung: In das Schema nach Weiland gehen die radiologischen Faktoren der Knochenresorption, Knochenheilung und das vollständige Remodeling ein. Aufgrund der von De Boer und Wood festgestellten projektionsbedingten Fehlbeurteilungsraten wurde die Bewertung



► **Abb. 3** Beispiel einer Fibulatransplantation nach Ulnaschaftpseudarthrose, Darstellung unmittelbar postoperativ. **a** Dorsopalmar Aufnahme unmittelbar postoperativ. **b** Seitliche Aufnahme unmittelbar postoperativ. **c** Kontrolle nach 2 Jahren, sichtbares Remodeling der Ulna.

► **Tab. 1** Modifiziertes Weilandschema für die obere Extremität.

Proximaler Transplantatbereich	Punkte	Distaler Transplantatbereich	Punkte	Zentraler Transplantatbereich	Punkte
vollständige Resorption	0	vollständige Resorption	0	vollständige Resorption	0
schwere Resorption	1	schwere Resorption	1	schwere Resorption	1
geringe Resorption	2	geringe Resorption	2	geringe Resorption	2
entspricht postoperativer Situation	3	entspricht postoperativer Situation	3	entspricht postoperativer Situation	3
sichere Knochenheilung	4	sichere Knochenheilung	4	Kortikalisverdickung	4
Knochenhypertrophie 21–50 %	5	Knochenhypertrophie 21–50 %	5	Knochenhypertrophie 21–50 %	5
Knochenhypertrophie über 50 % oder Remodeling zur Größe des Empfängerknochens	6	Knochenhypertrophie über 50 % oder Remodeling zur Größe des Empfängerknochens	6	Knochenhypertrophie über 50 % oder Remodeling zur Größe des Empfängerknochens	6
maximaler Punktwert aller Transplantatbereiche Modifikation Ulna/Radius	18				
	Ulna: Bewertungsschema grün und orange = 14, grau und blau entfällt				
	Radius: Bewertungsschema grün und blau = 14, grau und orange entfällt				
prozentualer Anteil am maximal möglichen Punktwert	100				

des Grades der Knochenverdickung anhand der prozentualen Ausbildung der Knochenhypertrophie vorgenommen anstatt in numerischen Messungen (► **Tab. 1**) [26].

Eine weitere Modifikation wurde von Höpfner 2003 vorgeschlagen und in Bezug auf die Auswertung am Unterarm vorgenommen: Der Durchmesser der Fibula gleicht zentral und distal dem der Ulna sowie proximal und zentral dem des Radius. Das ursprüngliche Schema vergibt eine Höchstpunktzahl bei einer Knochenhypertrophie von >50% oder vollständigem Remodeling, wie es an der oberen Extremität und insbesondere am Unterarm aufgrund der geringeren Belastungssituation

kaum anzufinden ist. Die Maximalpunktzahl sollte daher bereits nach sicherer knöcherner Einheilung erreicht werden. Das Bewertungsschema ist dementsprechend wie oben beschrieben angepasst, sodass die Gesamtpunktzahl **14** und nicht **18** erreicht [15, 26].

Funktionelle Beurteilung

Wegen der Notwendigkeit, ein standardisiertes Verfahren zur Nachuntersuchung nach Rettungsoperation zum Extremitätenerhalt bei muskuloskeletalen Tumoren zu etablieren, wurde im Rahmen des 1. internationalen Symposiums zum Extremitätenerhalt (ISOLS-International Symposium on Limb Salvation) 1981 in Rochester (Minnesota) ein Score-System festgelegt. Diese

Situation entwickelte sich daraus, dass es in zunehmenden Maße möglich war, durch adjuvante Therapien und mehr Verständnis für die Tumorentwicklung Extremitäten-erhaltend zu operieren, im Gegensatz zu den ausgedehnten Amputationen in früheren Jahren. Hinzu kam die Überlegung, ob ein Extremitäten-erhaltendes Verfahren auch immer funktional günstiger als eine Amputation einzuschätzen ist. In diesem Zusammenhang wurde in den darauffolgenden Jahren eine Bewertung entwickelt, die von der MSTs bis 1989 ausgiebig getestet wurde. Dieses Testsystem wurde von der MSTs und ISOLS (Enneking-Score) für deren zukünftigen Studien übernommen. Es beinhaltet ein Score-System von 0–5 Punkten in den 6 Kategorien: Schmerz, Funktion, emotionale Akzeptanz der oberen und unteren Extremität. Zusätzlich für die untere Extremität: Hilfsmittel, die Fähigkeit zu laufen und Gangart. Zusätzlich für die obere Extremität: Positionieren der Hand, Fingerfertigkeit und Kraft zum Anheben. Weiterhin werden demografische Angaben und die Patientenzufriedenheit dokumentiert. Der Score wird sowohl numerisch als auch in Prozent angegeben [28].

Im Laufe der Zeit wurden die Abstufungen für die Untersucher genauer definiert, was Gradzahlen, Nutzung von Medikation und Hilfsmitteln sowie genauere Definition der Geschicklichkeit der Hand betrifft.

Zusammenfassend ergaben sich für die untere Extremität von der Originaldatenerhebung nach Auswertung von 133 Patienten durchschnittlich 73% und für die obere Extremität an 87 Patienten durchschnittlich 68% [28].

Bernd u. Mitarb. berichteten 2003 Ergebnisse von 31 Patienten, die 1988–2002 nach onkologischen Resektionen mit freier gefäßgestielter Fibularekonstruktion versorgt wurden. Die Bewertung erfolgte nach ISOLS und Enneking. Es zeigten sich im durchschnittlichen Enneking-Score für den Humerusersatz 66% und für die Radiusrekonstruktion 93%. Die Autoren stellten fest, dass sich eine schlechte Abbildung der oberen Extremität durch ISOLS und Enneking-Score aufgrund der nicht vorhandenen Hypertrophie widerspiegelte. Ebenfalls gab es im Score erhebliche Punktverluste durch die fehlende Rekonstruktionsmöglichkeit der Rotatormanchette, welche einen erheblichen Einfluss auf die Funktion hat, aber keine Beziehung zum Einheilungsergebnis aufweist [29].

Alternativ kann die Funktionalität nach den bewährten Begutachtungsschemata für die obere Extremität bewertet werden, wobei eine Trennung einerseits bezüglich der radiologischen Kriterien mit Beurteilung der knöchernen Einheilung und andererseits bezüglich der Bewegungsausmaße erfolgen sollte [15].

KERNAUSSAGEN

- Transplantatfrakturen sind die häufigste Komplikation im Verlauf nach Fibulatransplantation und liegen bei der oberen Extremität bei ca. 20%, am Humerus bei bis zu 40%.
- Bei einer stabilen Plattenosteosynthese kommt es in geringerem Ausmaß zu Ermüdungsfrakturen, jedoch erfolgt die Ausbildung der Hypertrophie zögerlicher.
- Ein Verlust der Hautinsel ist mit und ohne Beeinträchtigung der Knochendurchblutung möglich. Komplikationen der Hautinsel entstehen vorwiegend durch falsche Präparation des Septums und falsche Platzierung.
- Die Konsolidierungsraten nach freier Fibulatransplantation liegen in der Literatur unabhängig von der Ursache der Rekonstruktion für die obere Extremität bei 80–97%.
- Die schlechtesten Heilungsergebnisse Ergebnisse finden sich nach Osteomyelitis mit 50–81%.
- Radiologische Beurteilung erfolgt anhand:
 - Knochenheilungsrate und Zeitpunkt der sicheren Heilung,
 - Grad der Knochenhypertrophie des freien, vaskularisierten Knochen-Transplantats,
 - Grad des Remodelings des transplantierten Knochens,
 - Beurteilung der Transplantate nach einem modifizierten Röntgenbeurteilungsschema nach Weiland.

Schlüsselwörter

freie vaskularisierte Fibula, freies gefäßgestieltes Transplantat, gefäßgestieltes autogenes Transplantat, freies kortikales Transplantat, langstreckige Pseudarthrose, Extremitäten-erhalt bei Osteomyelitis, Trauma oder Tumorresektion, Rekonstruktion langstreckiger Knochen-defekte, Knochendefektüberbrückung

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autorinnen/Autoren



Dr. Ariane Asmus

Dr. med. 1990–1996 Studium Humanmedizin an der Freien Universität und Charité Berlin. 1997 Approbation. 2003 Facharztanerkennung Chirurgie. 2009 Schwerpunktbezeichnung Unfallchirurgie. 2013 Zusatzbezeichnung Handchirurgie. 2013 Promotion. 2014–2015 Oberärztin der Universitätsmedizin Greifswald, Abteilung für Hand- und funktionelle Mikrochirurgie. Seit 2015 Oberärztin im Unfallkrankenhaus Berlin, Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie. 2016 EBHS Diploma – European Board of Hand Surgery Examination.



Simon Kim

Dr. med. 2003–2011 Medizinstudium Charité Berlin, University of Aberdeen (Schottland), Seoul National University College of Medicine (Südkorea). 2016 Promotion. 2012–2013 Assistenzarzt in der Abteilung für Obere Extremität des Immanuel Krankenhauses Berlin. Seit 2013 Assistenzarzt an der Klinik für Unfallchirurgie der Universitätsmedizin Greifswald.



Jens-Ingmar Höpfner

Dr. med. 1985–1992 Studium an der FU Berlin, 1992 Approbation, 1998 FA Orthopädie, Oberarzt und stellvertr. Chefarzt im Unfallkrankenhaus Berlin Abt. Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie seit 2001, Promotion 2003, Zusatzbezeichnung Handchirurgie 2006



Arnulf Vogel

2000–2006 Studium Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2006–2008 Assistenzarzt Chirurgie Ev. Krankenhaus Mettmann (Dres. Kurpreusch/Nassar/Knaust), Unfallkrankenhaus Berlin: 2008–2010 Behandlungszentrum Rückenmarkverletzte (Dr. Niedeggen), 2010–2015 Klinik Orthopädie und Unfallchirurgie (Prof. Ekkernkamp), seit 2016 Abt. Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie (Prof. Eisenschenk), 2018 FA Orthopädie/Unfallchirurgie, 2018 Hand- und funktionelle Mikrochirurgie Universitätsmedizin Greifswald.



Karla Vogel

Dr. med., 2005–2012 Studium Humanmedizin Universität zu Köln, 2013 Promotion, 2013–2015 Assistenzärztin Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Handchirurgie Vivantes Klinikum am Urban Berlin (Prof. Hakimi), seit 2016 Assistenzärztin Abt. für Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie Unfallkrankenhaus Berlin (Prof. Eisenschenk), 2018 Klinik und Poliklinik für Unfall-, Wiederherstellungschirurgie und Rehabilitative Medizin Universitätsmedizin Greifswald (Prof. Ekkernkamp).



Frank Eichenauer

1993–1994 Ausbildung zum medizinisch-technischen Radiologie Assistenten. 1996 – 2003 Studium Humanmedizin in Berlin. 2011 Facharzt für Unfallchirurgie und Orthopädie. 2014 Zusatzbezeichnung Handchirurgie. Seit 2014 Abteilung für Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie des Unfallkrankenhauses Berlin, seit 2015 Oberarzt.



Andreas Eisenschenk

Prof. Dr. med. 1977–1984 Medizinstudium in Berlin. 1984 Approbation. 1985 Promotion. 1991 Facharzt für Orthopädie. 1992 Zusatzbezeichnung Sportmedizin. 1996 Weiterbildung zur Speziellen Orthopädischen Chirurgie. 1996 Zusatzbezeichnung Handchirurgie. 1997 Habilitation. 2007 Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. 2008 Zusatzbezeichnung Röntgendiagnostik. Seit 1997 Leiter der Abteilung für Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie, Unfallkrankenhaus Berlin.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Ariane Asmus
Abt. für Hand-, Replantations- und Mikrochirurgie
Unfallkrankenhaus Berlin
Warener Str. 7
12683 Berlin
E-Mail: ariane.asmus@ukb.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. Ariane Asmus, Berlin.

Literatur

- [1] Muramatsu K, Hashimoto T, Tominaga Y et al. Vascularized Bone Graft for Oncological Reconstruction of the Extremities: Review of the Biological Advantages. *Anticancer Res* 2014; 34: 2701 – 2708
- [2] Siegert JJ, Wood MB. Thrombosed Vascularized Bone Graft: Viability Compared With Conventional Bone Graft. *J Reconstr Microsurg* 1987; 3: 99 – 103
- [3] Pliefke J, Rademacher G, Zach A et al. Postoperative Monitoring of Free Vascularized Bone Grafts in Reconstruction of Bone Defects. *Microsurgery* 2009; 29: 401 – 407
- [4] Schuind FA, Schoutens A, Noorbergen M et al. Is Early Bone Scintigraphy A Reliable Method to Assess the Viability of Vascularized Bone Transplants? *J Reconstr Microsurg* 1993; 9: 399 – 403
- [5] Eisenschenk A, Lautenbach M, Rohlmann A. Freie, vaskularisierte Knochentransplantation im Bereich der Extremitäten. *Orthopäde* 1998; 27: 491 – 500

- [6] Hölzle F, Rau A, Swaid S et al. Simultanes nichtinvasives Monitoring mit Laser-Doppler-Flussmessung und Gewebespektrometrie bei fasziokutanen Radialislappen und osteokutanen Fibulatransplantaten. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2005; 9: 290–299
- [7] Wood MB. Upper Extremity Reconstruction by Vascularized Bone Transfers: Results and Complications. *J Hand Surg* 1987; 12-A: 422–501
- [8] Hierner R, Täger G, Nast-Kolb D. Die vaskularisierte Knochentransplantation. *Unfallchirurg* 2009; 112: 405–418
- [9] Bauer AS, Singh AK, Amanatullah D et al. Free Vascularized Fibular Transfer With Langenskiöld Procedure for the Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Forearm. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2013; 17: 144–150
- [10] Innocenti M, Delcroix L, Romano GF. Epiphyseal Transplant: Harvesting Technique of the Proximal Fibula Based on the Anterior Tibial Artery. *Microsurgery* 2005; 25: 284–292
- [11] Rose PS, Shin AY, Bishop AT et al. Vascularized Free Fibula Transfer for Oncologic Reconstruction of the Humerus. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 438: 80–84
- [12] Minami A, Kimura T, Matsumoto O et al. Fracture Through United Vascularized Bone Grafts. *J Reconstr Microsurg* 1993; 9: 227–232
- [13] Shammam RL, Avashia YJ, Farjat AE et al. Vascularized Fibula-Based Physis Transfer: A Follow-Up Study of Longitudinal Bone Growth and Complications. *Plast Reconstr Surg Global Open* 2017; 5: e1352
- [14] Taylor GI. The Current Status of Free Vascularized Bone Grafts. *Clin Plast Surg* 1983; 10: 185–209
- [15] Höpfner JI. Klinische und radiologische Langzeitergebnisse nach freier, vaskularisierter Knochentransplantation zur Überbrückung großer Defekte der langen Extremitätenknochen. Inaugural-Dissertation FU Berlin; 2003
- [16] Bayne CO, Bishop AT, Shin AY. Technique of Harvest of the Free Vascularized Fibula. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2014; 18: 181–188
- [17] Erdmann D, Giessler GA, Bergquist GEO et al. Freier Fibulatransfer – Analyse einer Serie von 76 konsekutiven mikrochirurgischen Operationen und Literaturübersicht. *Chirurg* 2004; 75: 799–809
- [18] Wolff KD, Hölzle F. Raising of Microvascular Flaps. A Systematic Approach 2nd ed. Berlin: Springer; 2005
- [19] Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Evolution of Free Vascularized Bone Transfer: A 40-Year Experience. *Plast Reconstr Surg* 2016; 137: 1292–1305
- [20] Wood MB, Cooney WP3rd, Irons JrGB. Skeletal Reconstruction by Vascularized Bone Transfer: Indications and Results. *Mayo Clin Proc* 1985; 60: 729–723
- [21] Noaman HH. Management of Upper Limb Bone Defects Using Free Vascularized Osteoseptocutaneous Fibular Bone Graft. *Ann Plast Surg* 2013; 71: 503–509
- [22] Han CS, Wood MB, Bishop AT et al. Vascularized Bone Transfer. *J Bone Joint Surg* 1992; 74-A: 1441–1449
- [23] Hierner R, Stock W, Wood MB et al. Der vaskularisierte Fibulatransfer. *Unfallchirurg* 1992; 95: 152–159
- [24] Houdek MT, Wagner ER, Bishop AT et al. Complications and Long-Term Outcomes of Free Fibula Reconstruction Following Resection of a Malignant Tumor in the Extremities. *Plast Reconstr Surg* 2017; 139: 510e–519e
- [25] Giessler GA, Bickert B, Sauerbier M et al. Das freie mikrovaskuläre Fibulatransplantat zur Skelettrekonstruktion nach Tumorresektionen am Unterarm – Erfahrungen aus fünf Fällen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2004; 36: 301–307
- [26] Weiland AJ, Phillips TW, Randolph MA. Bone Grafts: A radiologic, Histologic, and Biomechanical Model Comparing Autografts, Allografts, and Free Vascularized Bone Grafts. *Plast Reconstr Surg* 1984; 74: 368–379
- [27] De Boer HH, Wood MB. Bone Changes in the Vascularized Fibular Graft. *J Bone Joint Surg* 1989; 71-B: 374–378
- [28] Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC et al. A System for the Functional Evaluation of Reconstructive Procedures After Surgical Treatment of Tumors of the Musculoskeletal System. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 286: 241–246
- [29] Bernd L, Sabo D, Zahlten-Hinguranage A et al. Erfahrungen mit der gefäßgestielten Fibula in der Rekonstruktion von ossären Defekten bei primär malignen Knochentumoren. *Orthopäde* 2003; 32: 983–993

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0800-7869>
Handchirurgie Scan 2018; 07: 231–242
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 2194-8976

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <http://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/u2d003> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512018154651699



Frage 1

Welches ist die häufigste Komplikation nach Einheilung von Fibulatransplantaten?

- A Stress- oder Ermüdungsfrakturen
- B Osteomyelitis
- C Atrophie
- D Bewegungseinschränkung
- E Durchblutungsstörung

Frage 2

Bei welcher Indikation besteht am ehesten ein erhöhtes Risiko einer schlechten primären Einheilungsrate nach Fibulatransplantation?

- A Tumorresektion
- B Trauma
- C Osteomyelitis
- D Pseudarthrose
- E traumatischer Knochen- und Weichteildefekt

Frage 3

Welche Aussage trifft nicht zu? Zu den Komplikationen am Spenderort zählt ...

- A Stressfraktur ipsilaterale Tibia
- B bei Kindern: Varus-Deformität des Sprunggelenks
- C vorübergehende Lähmung des N. peroneus
- D Kontraktur des Flexor hallucis longus
- E Kompartmentsyndrom

Frage 4

Welches alternative Transplantat verbesserte die Rekonstruktion von Knochendefekten bei Osteomyelitis bis zu einer Länge von 10 cm?

- A vaskularisiertes Rippentransplantat
- B avaskuläres Beckenkammtransplantat
- C vaskularisiertes Fibulatransplantat
- D vaskularisiertes Beckenkammtransplantat
- E Kombination aus vaskularisiertem und avaskulärem Fibulatransplantat

Frage 5

Ab welchem Zeitpunkt kann durchschnittlich eine vermehrte Belastung des Fibulatransplantats erfolgen?

- A nach 3–6 Monaten
- B nach 6–9 Monaten
- C nach 12 Monaten
- D nach 18 Monaten
- E nach 2 Jahren

Frage 6

Welche Begutachungskriterien werden *nicht* zur Überprüfung der unkomplizierten Einheilung nach Fibulatransplantation herangezogen?

- A radiologische Zeichen der Hypertrophie und des Remodelings
- B Zeichen der sicheren Knochenheilung mit verschwinden des Frakturspalts
- C Dauer bis zur Einheilung und Anzahl der Komplikationen
- D Angiografie zum Begutachtungszeitpunkt
- E Funktion der betroffenen Extremität

Frage 7

Wann oder wo ist die Hypertrophie am stärksten ausgeprägt?

- A an der unteren Extremität
- B an der oberen Extremität
- C nach stabilen Plattenosteosynthesen
- D nach Orthesenbehandlung
- E bei Durchblutungsstörungen

Frage 8

Welche Aussage ist richtig? Ermüdungsbrüche ...

- A heilen im Allgemeinen nur nach erneuter Osteosynthese aus.
- B heilen meist unter konservativer Therapie gut aus, sofern eine ausreichende Vaskularisation vorliegt
- C bleiben klinisch niemals unbemerkt
- D heilen im Allgemeinen nur mit erneuter Fibulatransplantation aus.
- E heilen meist nur mit Anlagerung von Beckenkamm-spongiosa aus.

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

Frage 9

Welche Aussage ist richtig? Eine tibiofibuläre Fusion nach Fibulaentnahme sollte ...

- A bei Osteoporose durchgeführt werden.
- B nach Entnahme beider Fibula erfolgen.
- C vor Stressfrakturen der Tibia schützen.
- D routinemäßig erfolgen.
- E bei Kindern nach Fibulaentnahme durchgeführt werden.

Frage 10

Welche Aussage ist *nicht* richtig? Die radiologische Beurteilung erfolgt anhand ...

- A Knochenheilungsrate und Zeitpunkt der sicheren Heilung in Monaten.
- B Grad der Knochenhypertrophie des freien vaskularisierten Knochentransplantats.
- C MRT-Diagnostik.
- D Grad des Remodelings des transplantierten Knochens.
- E Beurteilung der Transplantate nach einem modifizierten Röntgenbeurteilungsschema nach Weiland.