

Oper Orthop Traumatol 2013 · 25:350–360  
 DOI 10.1007/s00064-012-0205-4  
 Eingegangen: 16. Januar 2013  
 Überarbeitet: 14. April 2013  
 Angenommen: 6. Mai 2013  
 Online publiziert: 11. August 2013  
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

**Redaktion**

O. Rühmann, Laatzen

**Zeichner**

R. Himmelhan, Heidelberg

**Vorbemerkungen**

Aufgrund der unterschiedlichen Innervation der für die Unterarmdrehung zuständigen Muskeln bewirkt ein isolierter peripherer Nervenausfall in der Regel keine Störung der Unterarmdrehbewegung. Anders verhält es sich bei Plexus-brachialis-Lähmungen oder spastischen Zerebralpareesen. Die Pronationsfehlhaltung mehr noch als die Supinationsfehlhaltung des Unterarms bringt eine starke funktionelle Einschränkung für bimanuelle Tätigkeiten mit sich. Dies kann durch Sehnenrepositionen kompensiert werden.

Als Beispiel sei die primär bereits von Grilli 1959 [7] beschriebene Desinsertion mit erneuter Reinsertion nach Umleitung der Bizepssehne erwähnt, wobei das heutige Rerouting des Bizeps auf Zancolli gründet, der 1967 [19] neben einer z-förmigen Tenotomie gleichzeitig ein Release der Membrana interossea, z. T. auch des distalen Radioulnargelenks und des M. supinator durchführte. Dies führt, unter Erhalt der Ellenbogenflexion, zu einer Schwächung der Supination, da der umgeleitete Bizeps nun als Pronator wirkt. Eine detaillierte Operationsbeschreibung wurde 2009 von Rühmann und Kollegen publiziert [14].

Daneben finden auch andere Weichteileingriffe sowie knöcherne Eingriffe Anwendung (■ **Tab. 1**).

Die für die Pronation zuständigen Muskeln M. pronator teres und M. pronator quadratus werden vom N. medianus innerviert (M. pronator teres C6, M. pronator quadratus C8–Th1); die für die Supination verantwortliche Muskulatur M. supinator und M. biceps brachii vom N. radialis (C5–6) bzw. vom N. musculocutaneus (C5–7). Der M. brachioradialis, dessen Ursprung an der lateralen Sei-

Y. Gugger · K.-H. Kalb · K.-J. Prommersberger · J. van Schoonhoven

Klinik für Handchirurgie, Herz- und Gefäß-Klinik GmbH, Bad Neustadt/Saale

# Rerouting des Musculus brachioradialis zur Verbesserung der Unterarmsupination oder -pronation

te des distalen Humerus sowie dem Septum intermusculare laterale liegt und der am Processus styloideus radii ansetzt, bewirkt eine Beugung im Ellenbogengelenk sowie eine „Semipronationsstellung“ am Unterarm. Er trägt nur aus der Neutralstellung zur Pronation und Supination bei und wird vom N. radialis (C5–7) innerviert. Sekundäre Pronatoren sind der M. flexor carpi radialis und palmaris longus. Der M. extensor carpi radialis sowie der M. extensor pollicis longus und extensor indicis fungieren als sekundäre Supinatoren [11, 15].

Zur Verbesserung der Pronation als auch der Supination beschrieb Özkan 2004 das Rerouting des M. brachioradialis [10, 11]. Cheema zeigte in einer Leichenpräparatstudie für das Rerouting des Brachioradialis eine Supination von 33° [4].

Das Besondere am Rerouting des M. brachioradialis ist, dass je nach Umlagerung sowohl eine Verbesserung der Supination als auch der Pronation erzielt werden kann.

**Operationsprinzip und -ziel**

**Der vom N. radialis innervierte M. brachioradialis wird nach vollständiger Mobilisierung ansatznah z-förmig durchtrennt und nach Umleitung des distalen Sehnenanteils durch die Membrana interossea wieder mit seinem proximalen Anteil vernäht. Zur Verbesserung der Supination erfolgt dies von dorsal nach palmar, zur Verbesserung der Pronation von palmar nach dorsal. Dies reduziert die lähmungsbedingte Einschränkung der Supination bzw. Pronation und verbessert hierdurch die Gebrauchsfähigkeit der Hand. Alternativ kann bei**

**Pronationskorrektur auch die Brachioradialissehne an die Flexor-pollicis-longus-Sehne genäht werden, um gleichzeitig die Verbesserung des Schlüsselgriffs zu ermöglichen [18]. Bei Operationen zur Verbesserung der Supination können gleichzeitig ein Release des M. pronator quadratus und eine z-förmige Verlängerung des M. pronator teres erfolgen, wobei eine postoperative Supinationsfehlstellung unbedingt vermieden werden muss. Bei passiv eingeschränkter Pronation sollte gleichzeitig ein Release der Membrana interossea erfolgen [11].**

**Vorteile**

- Wiederherstellung der aktiven Supination bzw. Pronation und verbesserte Handfunktion
- Es ist sowohl eine Verbesserung der Supination als auch Pronation möglich, wohingegen z. B. beim Bizeps-Rerouting nur eine Verbesserung der Pronation mit gleichzeitiger Schwächung der Supination möglich ist.
- Einfache Operationstechnik [12]
- Kein Verlust der Flexionsfunktion des M. brachioradialis am Ellenbogen
- Keine Beeinträchtigung der Ellenbogenfunktion [12]
- Im Rahmen der Pronationsverbesserung:
  - Im Gegensatz zum Bizeps-Rerouting auch möglich bei Lähmung des M. triceps und nach Radiuskopfresektion bei stabilem distalen Radioulnargelenk [11, 12]
  - Größeres Ausmaß aktiver Pronation [11]

**Tab. 1** Die Anwendung anderer Weichteileingriffe und knöcherner Eingriffe

Operationsziel	Weichteilrelease	Sehnentransfer	Ossäre Eingriffe
Verbesserung der Supination bei Pronationsfehlhaltung	Pronator-teres-Release [3]	Brachioradialis-Rerouting [10, 12]	
	Flexoren- und Pronatoren-Slide am Epicondylus humeri radialis nach Erlacher, Page, Scaglietti ([3, 6, 9]; PT, FCU, FDP, FPL)	FCU auf ECRB mit/ohne EDC oder auf ECRL [3, 6]	
	Pronator-teres-/quadratus-Release [9]	Pronator-teres-Rerouting [3]	
	FCU-Tenotomie	Pronator teres auf ECRB und ECRL nach Tubby [6]	
		ECU auf ERCB [6]	
Verbesserung der Pronation bei Supinationsfehlhaltung	Membrana-interossea-Release [17]	Brachioradialis-Rerouting [5, 11, 12]	Radiusosteotomie [5, 17]
	Supinator-Release [9]	Bizeps-Rerouting nach Zancolli [1, 9, 16, 17]	Radioulnare Fusion [17]
		Brachialis-Rerouting [13]	

ECU Extensor carpi ulnaris, EDC Extensor digitorum communis, ECRB Extensor carpi radialis brevis, ECRL Extensor carpi radialis longus, FCU Flexor carpi ulnaris, FDP Flexor digitorum profundus, FPL Flexor pollicis longus, PT Pronator teres

- Gleichzeitige Verbesserung des Schlüsselgriffs bei Transfer zum M. flexor pollicis longus [18]

## Nachteile

- Ruhigstellung für 4 Wochen mit anschließend intensiver und langwieriger krankengymnastischer Nachbehandlung zum Erlernen der neuen Muskelfunktion des M. brachioradialis und zum Erhalt der passiven Funktion
- Trotz ausgiebiger präoperativer Übung der Supination bzw. Pronation keine vollständige Wiederherstellung der Unterarmdrehung möglich

## Indikationen

- Ausreichend passive Supination bzw. Pronation. Wenn diese nicht bis zur Neutralposition möglich ist, muss zusätzlich ein Release des M. pronator quadratus und eine z-förmige Verlängerung des M. pronator teres (bei Wiederherstellung der Supination, [10]) bzw. ein Release der Membrana interossea (bei Wiederherstellung der Pronation, [11]) erfolgen.
- Verbesserung der aktiven Supination oder Pronation bei Pronations- bzw. Supinationsfehlhaltung bei spastischer Zerebralparese, geburtstraumatischer oder unfallbedingter Plexus-brachialis-Läsion, Tetraplegie und anderen Lähmungen
- Möglichst frühzeitige Operation mit besseren funktionellen Ergebnissen

und Vermeidung von wachstumsbedingten Sekundärschäden [11]

## Kontraindikationen

- Gelenkkontraktur bzw. unzureichende passive Beweglichkeit der Supination oder Pronation. Das postoperative Resultat ist abhängig von der passiven Beweglichkeit.
- Kraftgrad des M. brachioradialis <M4
- Unvollständige Rehabilitation nach konservativer Behandlung oder neurochirurgischem Eingriff mit noch möglicher Besserung der Supination oder Pronation
- Nicht kooperationsbereiter oder kooperationsfähiger Patient

## Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken wie Gefäßverletzung mit Blutung (speziell A. radialis), Nervenverletzung (speziell Ramus superficialis nervi radialis), Infektion und Wundheilungsstörung
- Operationsnarbe am Unterarm radial
- Ruhigstellung in einer Oberarmgipschiene in 70°-Beugstellung des Ellenbogens für 4 Wochen, ggf. dynamische Schienenbehandlung nötig
- Krankengymnastische Übungsbehandlung für mindestens 12–18 Monate. Diese ist essentiell für das funktionelle Ergebnis.
- Ggf. Schwächung der jeweils gegenläufigen Drehbewegung

- Nichtverheilen der Sehnennähte, unzureichende Sehnenspannung, Verklebungen der Sehnen können Reoperationen notwendig machen
- Je nach Ausmaß keine vollständige Beseitigung der Supinations- bzw. Pronationskontraktur möglich

## Operationsvorbereitungen

- Klinische Überprüfung der aktiven und passiven Beweglichkeit des Schulter-, Ellenbogen-, und Handgelenks sowie der Unterarmdrehbewegung. Falls eine Verbesserung der passiven Supination bzw. Pronation möglich scheint, sollte zunächst eine konservative Therapie mit dynamischem Drehquengel erfolgen.
- Möglichst freie passive Pronation bzw. Supination
- Röntgenaufnahmen des Unterarms mit Handgelenk und Ellenbogengelenk in 2 Ebenen
- Kritische Überprüfung des Kraftgrads des M. brachioradialis
- Unmittelbar präoperativ Rasur des Operationsgebiets

## Instrumentarium

- Grundinstrumentarium für handchirurgische Eingriffe
- Langfristig resorbierbares Nahtmaterial PDS (Fa. Ethicon) der Stärke 3-0
- Bipolarer Koagulator
- Armtische, pneumatische Oberarmblutsporre

Y. Guggler · K.-H. Kalb · K.-J. Prommersberger · J. van Schoonhoven

## Rerouting des Musculus brachioradialis zur Verbesserung der Unterarmsupination oder -pronation

### Zusammenfassung

**Operationsziel.** Verbesserung der aktiven Supination bzw. Pronation des Unterarms. Reduktion der lähmungsbedingten Pronations- oder Supinationsfehlhaltung.

**Indikationen.** Unfähigkeit oder Verminderung der aktiven Supination oder Pronation bei spastischer Zerebralparese, geburtstraumatischer oder unfallbedingter Plexus-brachialis-Lähmung, Tetraplegie oder anderen Lähmungen.

**Kontraindikationen.** Unzureichende passive Beweglichkeit der Supination oder Pronation. Kraftgrad des M. brachioradialis <M4. Unvollständige Rehabilitation nach konservativer Behandlung oder neurochirurgischem Eingriff mit noch möglicher Besserung der Supination oder Pronation. Nicht kooperationsbereiter oder kooperationsfähiger Patient.

**Operationstechnik.** Darstellung und Mobilisierung des M. brachioradialis. Z-förmige Durchtrennung der Brachioradialissehne distal unter Erhalt des Sehnenansatzes. Durchziehen des distal gestielten Sehnenanteils durch die Membrana interossea von dorsal

nach palmar zur Verbesserung der Supination bzw. von palmar nach dorsal zur Verbesserung der Pronation. Vernähen beider Sehnenenden.

**Weiterbehandlung.** Ruhigstellung in einem gespaltenen Oberarmgipsverband in 70°-Flexionsstellung des Ellenbogens für 4 Wochen. Anschließend aktive Krankengymnastik zum Erlernen der neuen Brachioradialisfunktion zur Supination bzw. Pronation über 1–1,5 Jahre. Ggf. zusätzlich dynamische Schienenbehandlung.

**Ergebnisse.** Özkan et al. führten bei 5 Kindern im Alter zwischen 4 und 14 Jahren mit einer Pronationsdeformität und bei 4 Kindern im Alter zwischen 5 und 9 Jahren mit einer Supinationsfehlstellung ein Rerouting des Brachioradialis zur Verbesserung der Supination bzw. Pronation durch. Die durchschnittliche Zunahme der aktiven Supination betrug 81° (40–140°). Die aktive Pronation verbesserte sich von 28° auf 49° (30–75°; Özkan et al., J Hand Surg Br 29:263–268, 2004; Özkan et al., J Hand Surg Am 29:22–27, 2004). Von April 2006 bis Januar 2011 operierten

wir 4 Patienten zwischen 7 und 26 Jahren (Median 14 Jahre) mit der beschriebenen Methode. Von diesen konnten 3 nachuntersucht werden. Ein Patient hatte präoperativ eine fixierte Pronationsfehlstellung des Unterarmes in 80°-Pronation. Die Unterarmdrehung konnte bei ihm auf 80/30/0° Pronation/Supination verbessert werden. Bei einem Patienten konnte eine Verbesserung der aktiven Pronation von präoperativ 0/0/90° Pronation/Supination auf 30/0/90° erzielt werden. In einem Fall wurde im Langzeitverlauf keine wesentliche Änderung des Bewegungsumfanges erreicht. Es kam zu keiner Verschlechterung der jeweils gegenläufigen Drehbewegung sowie der Ellenbogenfunktion. Die Nachuntersuchungszeit betrug 21–77 Monate (Median 51 Monate).

### Schlüsselwörter

Plexus-brachialis-Lähmung · Geburtstraumatische Plexusläsion · Spastische Zerebralparese · Obstetrische Paralyse · Neurologische Manifestation

## Brachioradialis rerouting for restoration of forearm supination or pronation

### Abstract

**Objective.** Improvement of active forearm supination or pronation. Reduction of paralytic pronation or supination posture.

**Indications.** Disability or impairment of active supination or pronation due to cerebral palsy, obstetric palsy or traumatic brachial plexus palsy, quadriplegia or paralysis from other causes.

**Contraindications.** Inadequate passive range of motion of forearm supination or pronation. Insufficient power of brachioradialis muscle < M4. Insufficient rehabilitation after conservative treatment or neurosurgical intervention with possible improvement of supination or pronation. Lack of patient's cooperation and compliance.

**Surgical technique.** Exposure and mobilization of brachioradialis muscle. Division of brachioradialis tendon distally with Z-plasty. Passing distal tendon through the interos-

seus space in dorsal to palmar direction for restoration of supination respectively in palmar to dorsal direction for restoration of pronation. Suturing both tendon ends.

**Postoperative management.** Management includes an above elbow cast with the elbow in 70° flexion for 4 weeks. Then active physiotherapy to learn new brachioradialis muscle function for supination or pronation over 1–1.5 years. If needed dynamic orthosis.

**Results.** Özkan et al. performed brachioradialis rerouting to restore supination in 5 children between 4 and 14 years with pronation deformity and to restore pronation in 4 children aged 5–9 years with supination deformity. Mean active gain for supination was 81° (40–140°). Active pronation improved from 28 to 49° (30–75°; Özkan et al., J Hand Surg Br 29:263–268, 2004; Özkan et al., J Hand Surg Am 29:22–27, 2004). Between April 2006 and

January 2011 we used this technique in 4 patients aged 7–26 years (mean 14 years). Three patients could be followed up. One patient had preoperative a fixed pronation deformity of the forearm in 80° pronation. In this case active range of motion could be improved to 80/30/0° pronation/supination. One patient improved from preoperative 0/0/90° pronation/supination to 30/0/90° postoperatively. In one case no functional improvement of forearm rotation could be achieved in long-term follow-up. No functional loss in forearm rotation to the opposite direction or of the elbow function was observed. Mean follow-up time was 51 months (21–77 months).

### Keywords

Brachial plexus palsy · Obstetric palsy · Cerebral palsy · Paralysis, obstetric · Neurological manifestations

## Anästhesie und Lagerung

— Plexusanästhesie. Bei Zustand nach Eingriffen am Plexus brachialis Vollnarkose. Nur in Ausnahmefällen Ple-

xusanästhesie bei Zustand nach mikrochirurgischen Eingriffen am Plexus brachialis

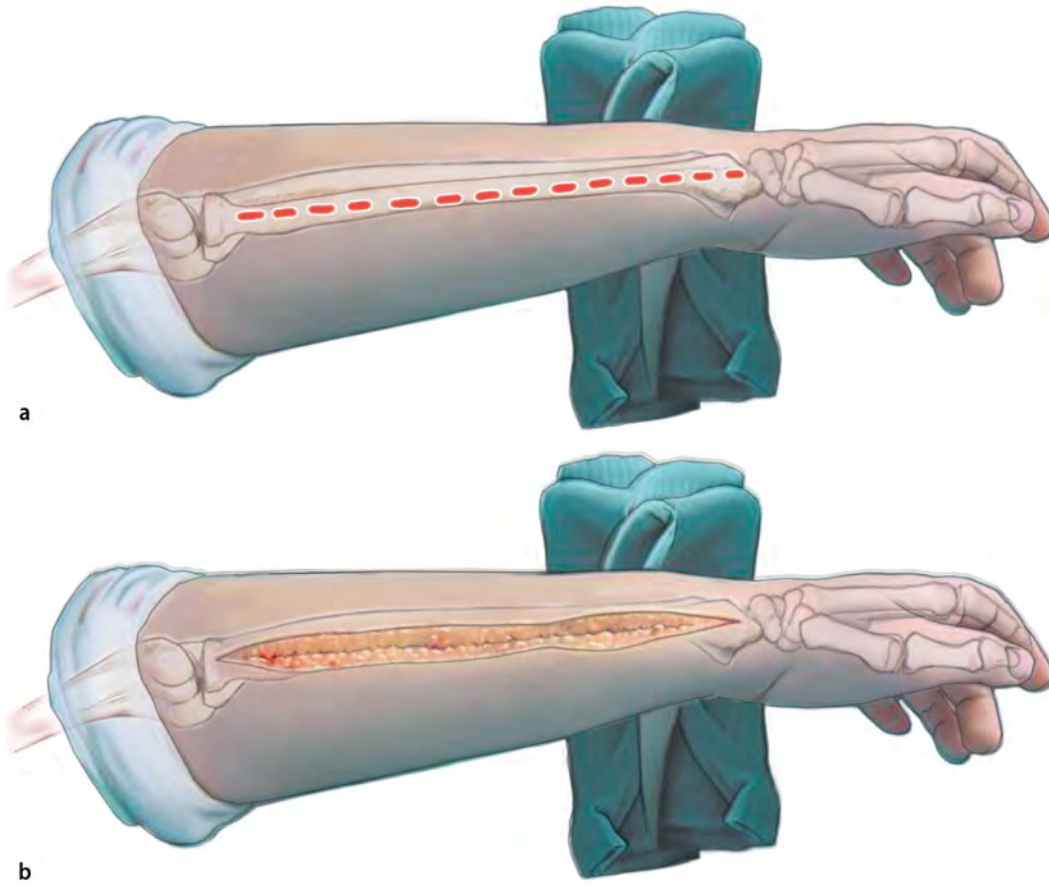
— Rückenlagerung mit Armtisch

— Nichtsterile pneumatische Oberarmblutsperr

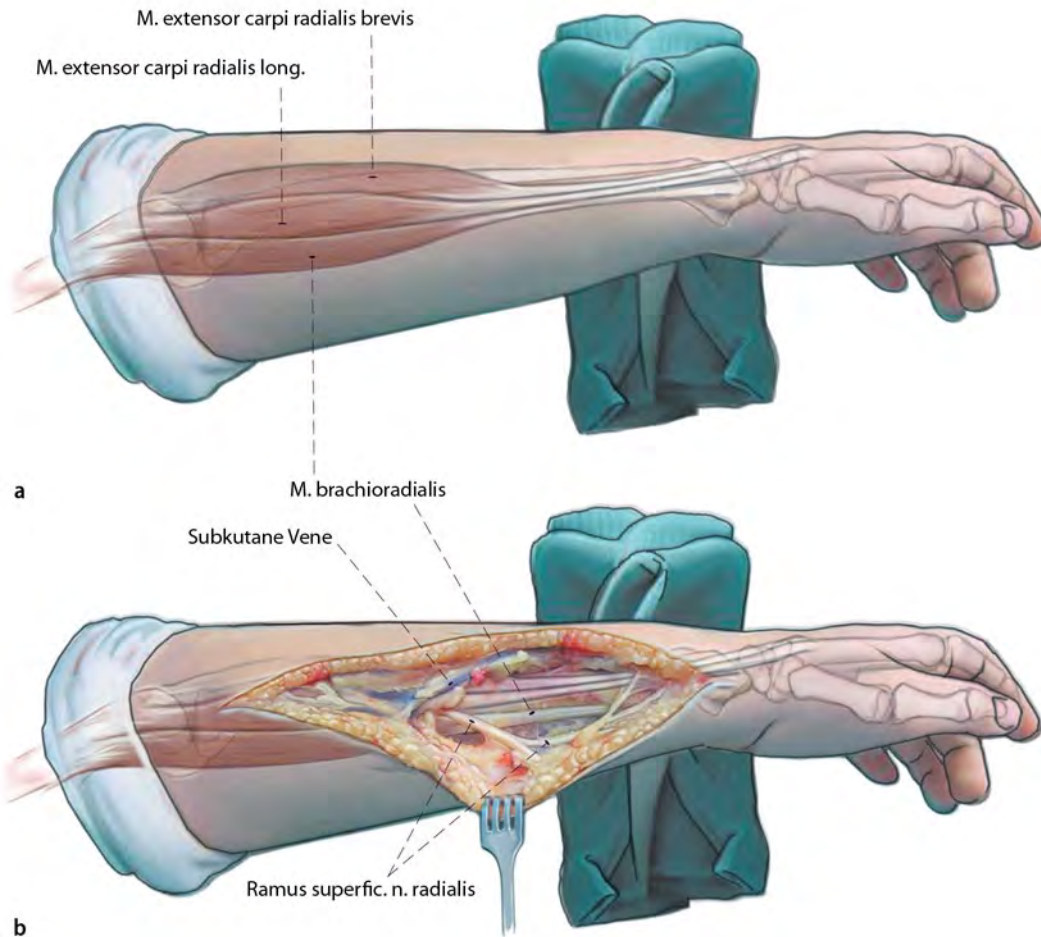
— Frei beweglicher, steril abgedeckter Arm

## Operationstechnik

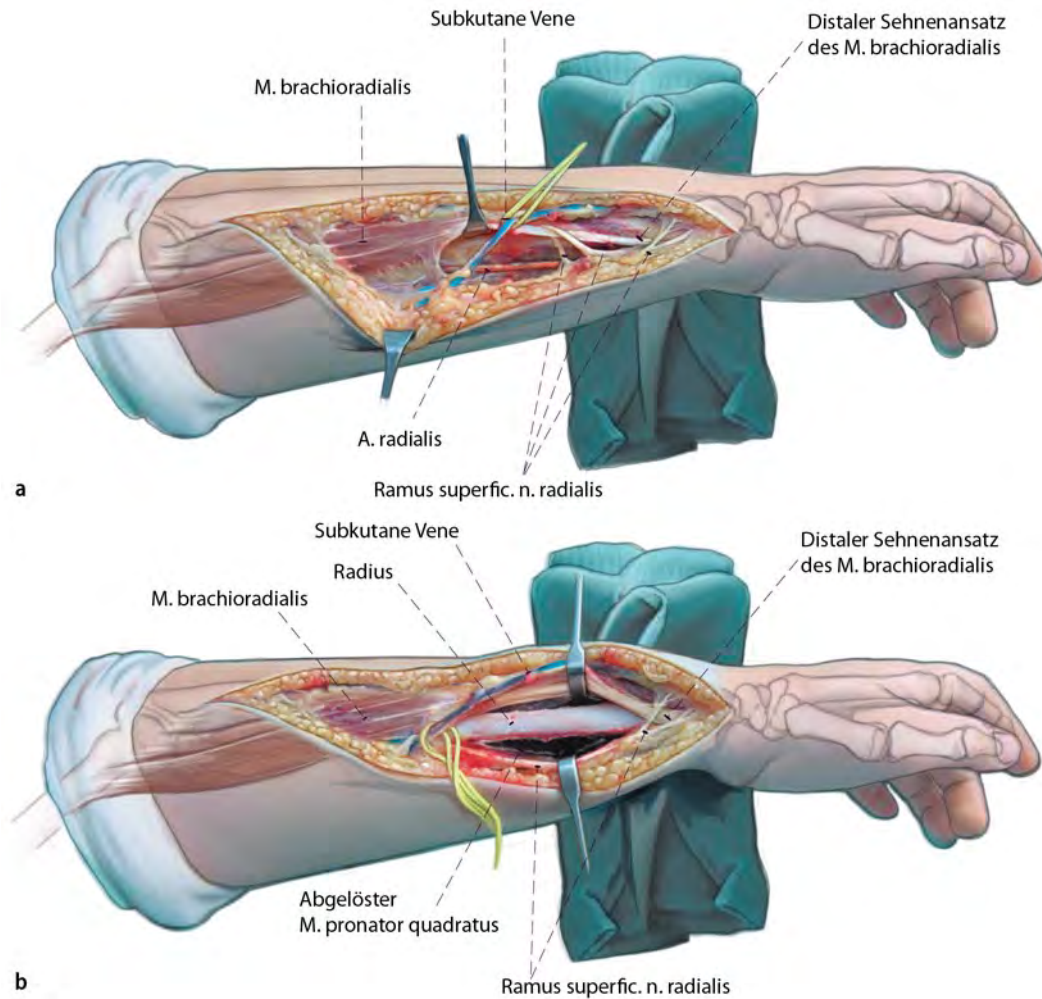
(■ Abb. 1, 2, 3, 4, 5)



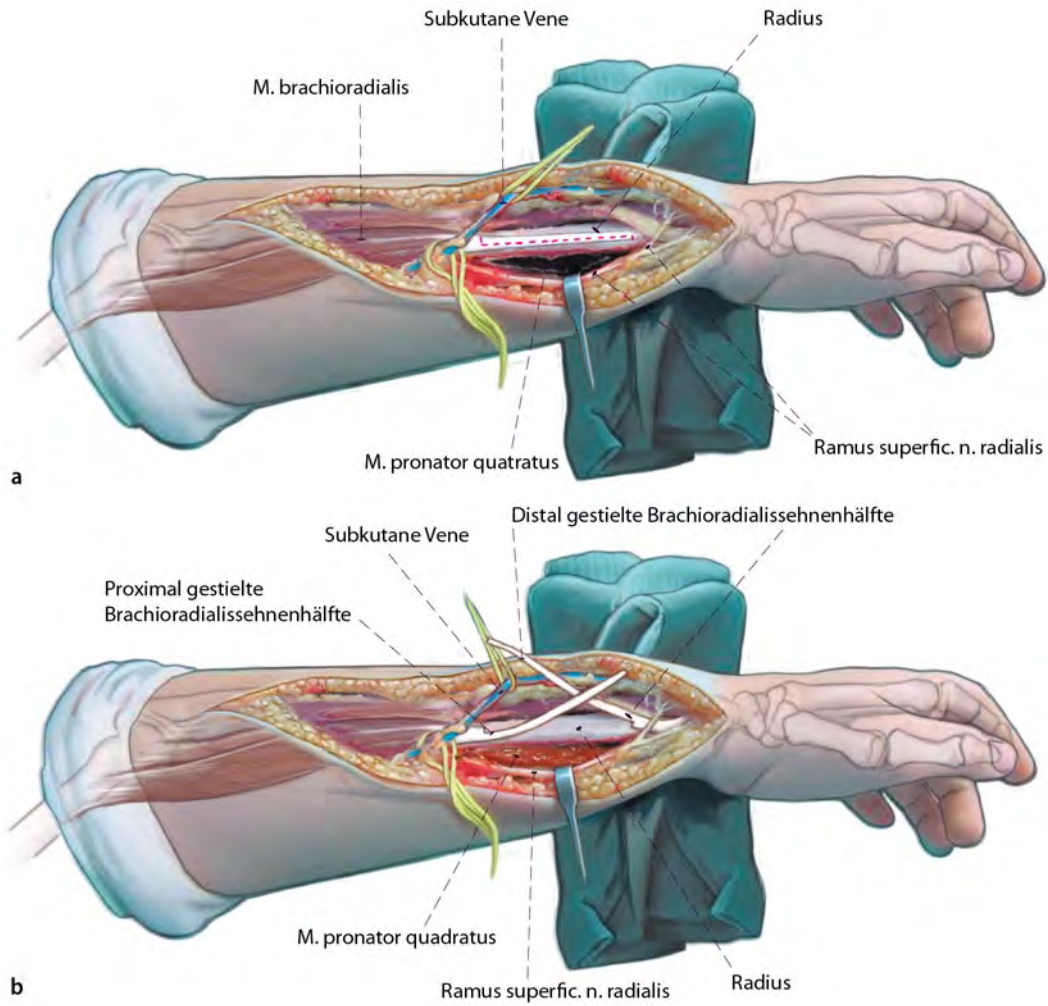
**Abb. 1** ◀ **a, b** Die beschriebene Operation bezieht sich auf eine Umlagerung der Brachioradialissehne zur Verbesserung der Supination und zeigt den linken Arm. Am narkotisierten Patienten wird nochmals die passive Supination bzw. Pronation überprüft. Ist diese mindestens bis zur Neutralposition möglich, reicht die alleinige Umlagerung der Brachioradialissehne aus. Ansonsten sollte gleichzeitig ein Release der Membrana interossea bzw. des M. pronator quadratus und M. pronator teres erfolgen. Darstellung des M. brachioradialis über eine Längsinzision entlang der radiopalmaren Kante des Unterarms vom Processus styloideus radii bis in Höhe des Bizepssehnenansatzes



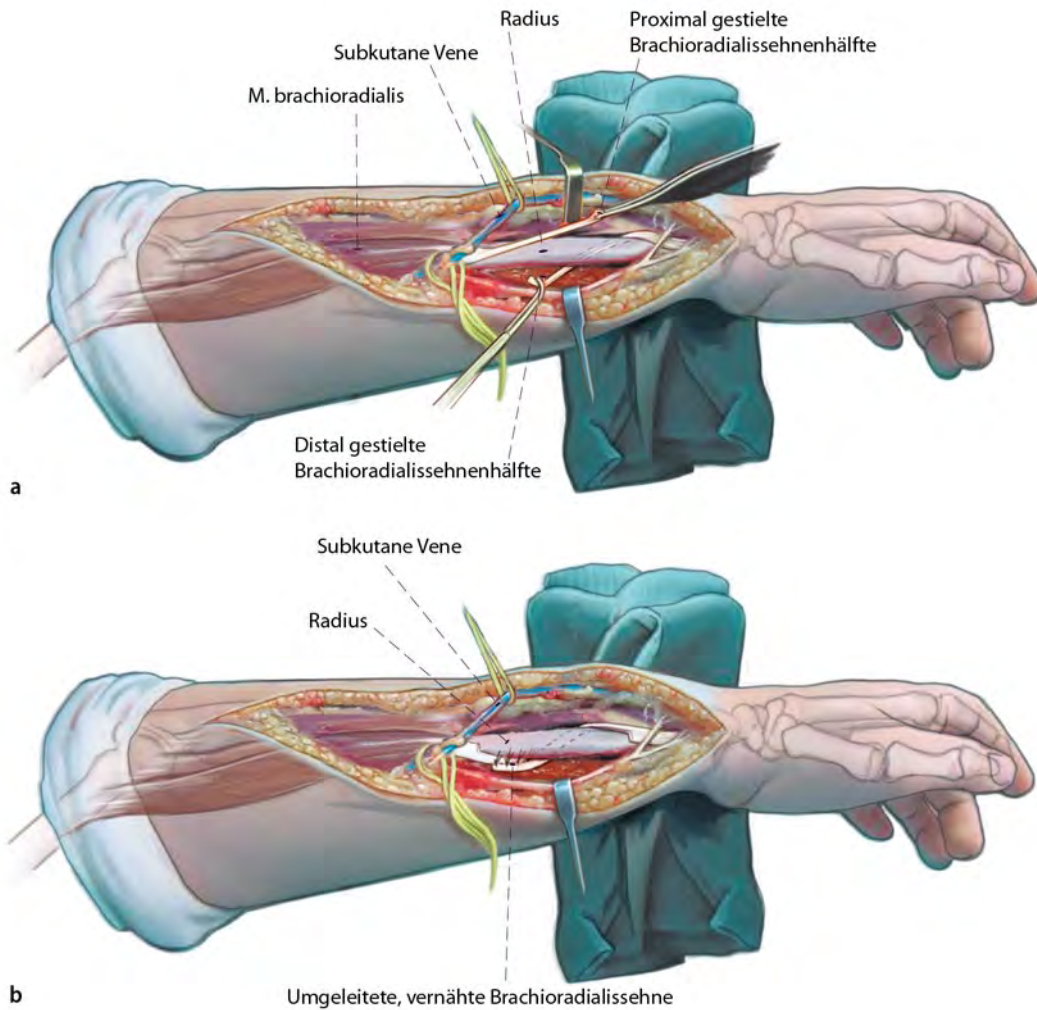
**Abb. 2** ◀ **a, b** Identifikation und Darstellung des Ramus superficialis nervi radialis und der A. radialis am distalen Unterarm. Die A. radialis befindet sich direkt ulnar des M. brachioradialis. Die sensiblen Äste des N. radialis treten auf der Höhe des mittleren Unterarms ca. 8–10 cm proximal des Radiusstyloids hervor und verlaufen distal neben der Sehne



**Abb. 3** ▲ **a, b** Sehne und Muskel des Brachioradialis werden unter Erhalt des distalen Ansatzes vom Processus styloideus radii bis weit nach proximal mobilisiert. Distal müssen hierfür von der A. radialis abgehende Muskeläste zum M. brachioradialis ligiert oder elektrisch koaguliert werden. **a** Teilweise mobilisierter M. brachioradialis mit angeschlungener subkutaner Vene und Ramus superficialis nervi radialis. **b** Komplett mobilisierter M. brachioradialis mit angeschlungener subkutaner Vene, geschontem Ramus superficialis nervi radialis und freiliegendem Radius. Die Membrana interossea wurde für den späteren Durchzug der Sehne auf einer Länge von ca. 5 cm gefensternt (nicht zu sehen) und der M. pronator quadratus vom Radius abgelöst. *Hinweis:* Bei eingeschränkter passiver Supination erfolgt nun das Release des M. pronator quadratus sowie ggf. die z-förmige Durchtrennung der Sehne des M. pronator teres für deren Verlängerung. Der M. pronator quadratus wird radial mit dem Skalpell oder dem Elektrokauter vom Radius abgelöst. Proximal wird die Sehne des M. pronator teres z-förmig durchtrennt, um dann die beiden Sehnenenden wieder in Neutralstellung des Unterarms miteinander zu vernähen. Hierbei ist auf eine spannungsfreie Sehnennaht (PDS 3-0) zu achten. Es ist wichtig, die Sehnenverlängerung nicht zu lang zu wählen, um die Pronationsfunktion zu erhalten. Bei eingeschränkter passiver Pronation wird ein Release der Membrana interossea durchgeführt. Unter Schonung der A. radialis wird die Membrana interossea dargestellt. Hierfür wird zwischen dem M. brachioradialis und dem M. flexor carpi radialis eingegangen. Durch Abschieben des nach ulnar ziehenden M. pronator teres und des M. flexor digitorum superficialis ellenwärts kann das mittlere und distale Drittel des Radius freigelegt werden. Im distalen Drittel müssen der M. pronator quadratus und der M. flexor pollicis longus vom Radius abgelöst werden. Die Membrana interossea kann nun radial inzidiert und ggf. ein schmaler Streifen exzidiert werden. Alternativ kann die Membrana interossea auch von dorsal dargestellt werden. Hierfür erfolgt dorsal eine Inzision der Haut 4–5 cm proximal des Radiuskopfs bis 2–3 cm proximal des distalen Radioulnargelenks über dem ulnaren Rand des Radius. Anschließend wird zwischen dem M. extensor carpi ulnaris und M. extensor digiti minimi eingegangen. Hier muss auf den N. interosseus posterior geachtet werden. Das mittlere und distale Drittel der Membrana interossea wird dargestellt und ulnar reseziert. Falls die passive Pronation noch nicht frei sein sollte, werden die dorsalen Ligamente des distalen Radioulnargelenks reseziert



**Abb. 4** ◀ **a** Markierte Schnittführung zur z-förmigen Verlängerung der Brachioradialsehne ca. 2–3 cm proximal des Ansatzes beginnend über eine Länge von 5 cm. **b** Vervollständigte z-förmige Tenotomie der Brachioradialsehne. Es ist auf eine ausreichende Länge für das Rerouting zu achten



**Abb. 5** ◀ **a** Durchzug des distal gestielten Sehnenanteils des M. brachioradialis durch die Membrana interossea von dorsal nach palmar unmittelbar proximal des M. pronator quadratus (umgekehrt von palmar nach dorsal für eine Verbesserung der Pronation). **b** Proximales und distales Ende werden unter Verwendung einer Standardsehnennahttechnik (z. B. Einflechtnaht nach Pulvertaft) mit einem PDS-3-0-Faden vernäht. Die Einstellung der Spannung ist entscheidend, wobei der Unterarm während der Naht in Neutralposition oder leichter Supination (bei Operation zur Verbesserung der Supination) und in ca. 45°-Ellenbogenflexion gehalten wird

## Bemerkungen

Alternativ wurde von Özkan vorgeschlagen, statt einer Z-Plastik eine Desinsertion der Sehne des Brachioradialis vorzunehmen und diese dann wieder mit Mitek-Ankern zu reinsерieren, da zum Teil ungenügend kräftige Sehnen für eine Aufteilung und auch Adhäsionen vorlagen [12].

Von Ward ist eine gleichzeitige Rekonstruktion der Pronation mit dem Schlüsselgriff durch einen Transfer der Brachioradialissehne an die Flexor-pollicis-longus-Sehne beschrieben [18].

Einlage einer 10er-Redondrainage (bei 2 Inzisionen Einlage von 2 Drainagen). Subkutannaht mit Vicryl. Verschluss der Haut mit Prolene 4-0.

Es folgt die Anlage eines gespaltenen Oberarmgipsverbands in 70°-Beugstellung des Ellenbogens sowie maximal möglicher Supination (bei Operation zur

Verbesserung der Supination). Zur postoperativen Hochlagerung wird der Arm auf ein Kissen gebettet.

## Postoperative Behandlung

- Ruhigstellung des Arms noch in Narkose in einer Oberarmgipsschiene
- Drainagenentfernung je nach Fördermenge nach 24–48 h
- Gegen die Schwellneigung Hochlagerung über Herzniveau
- Fadenentfernung 2 Wochen postoperativ
- Ruhigstellung in Oberarmgipsverband in 70°-Flexionsstellung im Ellenbogengelenk für 4 Wochen
- Anschließend Beginn mit aktiver Krankengymnastik sowie bei Bedarf weitere dynamische Schienenbehandlung
- Kontrolluntersuchung nach 4 Wochen sowie je nach weiterem Verlauf

## Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Allgemeine Operationskomplikationen wie Gefäßverletzung mit Blutung, Infektion und Wundheilungsstörung; Behandlung mit herkömmlichen Verfahren
- Intraoperative Verletzung des Ramus superficialis nervi radialis, N. interosseus posterior: Mikrochirurgische Naht des Nerven
- Insuffiziente Sehnennaht: Verlust der Supination bzw. Pronation, die eine Revision erfordert
- Postoperative Sehnenadhäsionen: Einschränkungen des Bewegungsumfangs, die eine Tenolyse nach 3–6 Monaten erfordern können
- Überkorrektur mit Supinations- oder Pronationskontraktur: Operationstechniken zur Korrektur der Kontrakturen





**Abb. 6** ▲ Beispiel Fall 3: Patient mit präoperativ in 80° fixierter Pronationskontraktur *rechts* (80/80/0°). Bei der Nachuntersuchung nach 21 Monaten fand sich *rechts* eine aktive Unterarmsupination von –30° (a), also eine Verbesserung um 50°, mit einer aktiven Pronation von 80° (b), bei freier Supination/Pronation *links* (b und c). Dies bedeutet trotz Fehlen von 30° zur Neutralstellung einen deutlichen funktionellen Gewinn, insbesondere bei beidhändiger Manipulation von Objekten. a Neutralstellung *links* sowie fehlende 30° zur Neutralstellung *rechts*. b Pronationsstellung. Maximale seitengleiche Pronation. c Supinationsstellung. Freie Supination *links*. 50° gewonnene Supination *rechts*

Tab. 2 Zusammenfassung der Ergebnisse							
Fall	Alter (Jahre)	Ursache	Präoperativ P/S	Operation	Postoperativ P/S	Follow-up (Monate)	Besonderheiten, Bemerkungen
1	7	Geburtstraumatische Armplexusläsion	15/0/30°	Rerouting BR	20/0/30°	77	Supra- und infraklavikuläre Neurolyse des Plexus brachialis (6 J, 8 M zuvor) Transposition M. latissimus dorsi nach L'Episcopo (3 J, 5 M zuvor)
2	26	Posttraumatische, hohe Medianusläsion	0/0/90°	Rerouting BR	30/0/90°	55	Zusätzlich Opponensersatzplastik mittels EI-Transfer
3	12	Geburtstraumatische Armplexusläsion	80/80/0°	Rerouting BR Augmentation ECRL	80/30/0°	21	Dekompression N. radialis, Radiusverkürzungsosteotomie, Bizepssehnenverlängerung (2 J, 8 M zuvor) Verkürzung BR, Augmentation Palmaris longus 9 M postoperativ bei unzureichender BR-Sehnnenspannung
4	10	Geburtstraumatische Armplexusläsion	n. d.	Rerouting BR Transfixation Radius-Ulna 6 Wo	–	–	Keine Nachuntersuchung

BR Brachioradialis, EI Extensor indicis, ECRL Extensor carpi radialis longus, J Jahre, M Monate, n. d. nicht dokumentiert, P/S Pronation/Supination, Wo Wochen

## Ergebnisse

Von April 2006 bis Januar 2011 operierten wir 4 Patienten, davon 3 männliche. Dreimal erfolgte der Eingriff zur Verbesserung der Supination bei geburtstraumatischer Läsion des Plexus brachialis und in einem Fall zur Verbesserung der Pronation bei hoher Medianusläsion nach suprakondylärer Humerusfraktur. Das Durchschnittsalter lag bei 14 Jahren (7–26 Jahre).

Drei Patienten konnten nachuntersucht werden, wobei der Nachuntersuchungszeitraum zwischen 21 und 77 Monaten (Median 51 Monate) lag. Ein Patient litt unter einer in 80° fixierten Pronationskontraktur. Der aktive Bewegungsumfang verbesserte sich von präoperativ

80/80/0° auf 80/30/0° Pronation/Supination. In einem anderen Fall konnte eine Verbesserung der aktiven Pronation von präoperativ 0/0/90° Pronation/Supination auf 30/0/90° erzielt werden. Einmal konnte im Langzeitverlauf keine wesentliche Änderung des Bewegungsumfanges erzielt werden.

Die jeweils gegenläufige Drehbewegung wurde nicht beeinträchtigt. Ebenso entstand kein Funktionsverlust der Ellenbogenfunktion. Von den 3 Patienten würden 2 die Operation erneut durchführen lassen. Der DASH-Score lag zwischen 17 und 45 (Median 27).

Als Komplikation trat bei einem Patienten eine ungenügende Sehnnenspannung auf, die 9 Monate postoperativ

durch eine operative Revision mit Verkürzung der Brachioradialissehne und Augmentation der Palmaris-longus-Sehne behoben wurde. Bereits primär zeigte sich eine sehr zarte Brachioradialissehne, die mittels Extensor carpi radialis longus verstärkt worden war. Andere Komplikationen traten nicht auf (■ Tab. 2, ■ Abb. 6).

Özkan führte von Mai 2002 bis Februar 2003 bei 5 Kindern (4–14 Jahre, mittleres Alter 7 Jahre) mit spastischer Zerebralparese und Pronationsdeformität ein Rerouting des Brachioradialis zur Verbesserung der Supination durch. Bei passiv erschwerter Supination nahm er in allen Fällen eine gleichzeitige Ablösung des M. pronator quadratus und eine Z-Verlängerung des M. pronator teres vor. Hier

durch kam es zu einem Verlust der aktiven Pronation von 10–30° ohne funktionelle Einschränkung. Er verzeichnet keine Supinationskontrakturen. Die durchschnittliche Zunahme der aktiven Supination betrug 81° (40–140°; [10]).

Ebenfalls berichtete er über die operative Wiederherstellung der aktiven Pronation durch die Umlagerung des Brachioradialis bei 4 Kindern (5–9 Jahre) mit geburtstraumatischer Plexusparese und Supinationsfehlstellung. Gleichzeitig fand jeweils eine Durchtrennung der Membrana interossea statt. Es resultierte eine Verbesserung der aktiven Pronation von 28° auf 49° (30–75°). Innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums von minimal 12 Monaten (12–40 Monate) traten keine Ellenbogenkontrakturen auf [11].

Cheema verglich 3 verschiedene Sehnentransfers (Flexor carpi ulnaris auf Extensor carpi radialis brevis, Pronator-teres-Rerouting und Brachioradialis-Rerouting) zur Wiederherstellung der Supination anhand von 10 Leichenarmpräparaten. Hierbei wies er für den Flexor-carpi-ulnaris-Transfer eine Supination von 84° und für das Rerouting des M. brachioradialis eine Supination von 33° nach. Beim Pronator-teres-Rerouting konnte keine Neutralposition erreicht werden [4].

## Korrespondenzadresse

### Dr. Y. Gugger

Klinik für Handchirurgie, Herz- und Gefäß-Klinik GmbH  
Salzburger Leite 1,  
97616 Bad Neustadt/Saale  
yoko.gugger@handchirurgie.de

## Einhaltung der ethischen Richtlinien

**Interessenkonflikt.** Y. Gugger, K.-H. Kalb, K.-J. Pommersberger und J. van Schoonhoven geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle Patienten, die über Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts zu identifizieren sind, haben hierzu ihre schriftliche Einwilligung gegeben. Im Falle von nicht mündigen Patienten liegt die Einwilligung eines Erziehungsberechtigten oder des gesetzlich bestellten Betreuers vor.

## Literatur

- Berger A, Hierner R (2011) Geburtstraumatische Läsionen des Plexus brachialis beim Neugeborenen. In: Towfigh H et al (Hrsg) Handchirurgie. Springer, Berlin, S 1506
- Bertelli JA, Ghizoni MF (2006) Brachialis muscle transfer to the forearm muscles in obstetric brachial plexus palsy. J Hand Surg Br 31:261–265
- Carlson MG (2011) Cerebral palsy. In: Wolfe SW et al (Hrsg) Green's operative hand surgery, 6. Aufl. Churchill Livingstone, Philadelphia, S 1150–1151
- Cheema TA, Firozabakhsh K, De Carvalho AF et al (2006) Biomechanical comparison of 3 tendon transfers for supination of the forearm. J Hand Surg Am 31:1640–1644
- Gohritz A, Turcsányi I, Fridén J (2011) Handchirurgie bei Rückenmarkverletzungen (Tetraplegie). In: Towfigh H et al (Hrsg) Handchirurgie. Springer, Berlin, S 1687–1688
- Gohritz A, Fridén J, Vogt PM (2011) Handchirurgie bei zerebraler Schädigung und Dysfunktion des oberen Motoneurons. In: Towfigh H et al (Hrsg) Handchirurgie. Springer, Berlin, S 1711–1712
- Grilli FP (1959) Il trapianto del bicipite brachiale in funzione pronatoria. Arch Putti Chir Organi Mov 12:359–371
- Gschwind CR (2003) Surgical management of forearm pronation. Hand Clin 19:649–655
- Keenan MAE, Matzan JL (2011) Upper extremity dysfunction after stroke of brain injury. In: Wolfe SW et al (Hrsg) Green's operative hand surgery, 6. Aufl. Churchill Livingstone, Philadelphia, S 1195–1197
- Özkan T, Tuncer S, Aydin A et al (2004) Brachioradialis rerouting for the restoration of active supination and correction of forearm pronation deformity in cerebral palsy. J Hand Surg Br 29:263–268
- Özkan T, Aydin A, Ozer K et al (2004) A surgical technique for pediatric forearm pronation: brachioradialis rerouting with interosseus membrane release. J Hand Surg Am 29:22–27
- Özkan T, Tuner S (2012) Restoration of pronation and supination in upper extremity paralyses. In: De Smet L, Schuind F (Hrsg) Difficult problems and complications at the forearm. FESSH 2012 – Instructional Course Book, Montpellier, Sauramps Medical, S 289–298
- Özkan T, Bicer A, Aydin HU et al (2013) Brachialis muscle transfer to the forearm for the treatment of deformities in spastic cerebral palsy. J Hand Surg Eur Vol 38:14–21
- Rühmann O, Hierner R et al (2009) Z-Plastik und Umleitung der Bizepssehne mit Release der Membrana interossea zur Wiederherstellung der Pronation bei lähmungsbedingten Supinationsfehlhaltungen und -kontrakturen. Oper Orthop Traumatol 21:157–169
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al (2005) Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Prometheus Lernatlas der Anatomie, Thieme, Stuttgart, S 270, 274, 276, 278
- Van Heest AE (2011) Tetraplegia. In: Wolfe SW et al (Hrsg) Green's operative hand surgery, 6. Aufl. Churchill Livingstone, Philadelphia, S 1217
- Waters PM (2011) Pediatric brachial plexus palsy. In: Wolfe SW et al (2011) Green's operative hand surgery, 6. Aufl. Churchill Livingstone, Philadelphia, S 1478–1479
- Ward SR, Peace WJ, Fridén J et al (2006) Dorsal transfer of the brachioradialis to flexor pollicis longus enables simultaneous powering of key pinch and forearm pronation. J Hand Surg 31:993–997
- Zancolli EA (1967) Paralytic pronation contracture of the forearm. J Bone Joint Surg Am 49:1275–1284

## Periprothetische Frakturen

Mit steigender Zahl an Implantationen von insbesondere Hüft- und Knieendoprothesen nimmt naturgemäß auch die Anzahl



der periprothetischen Frakturen zu. Häufig genügt hierfür bereits ein Bagateltrauma, da in über der Hälfte der Fälle schon eine Lockerung der Endoprothese be-

steht. Dies ist auch die Hauptfrage bei der Entscheidung für eine adäquate Therapie. In der Ausgabe 03/2012 der Zeitschrift *Trauma und Berufskrankheit* stellen Experten detailliert ihre Vorgehensweisen bei periprothetischen Frakturen dar.

Das Heft beinhaltet folgende Schwerpunkte:

- Periprothetische Frakturen bei einliegender Hüfttotalendoprothese. Indikation, Technik und Ergebnisse der Osteosynthese
- Periprothetische Frakturen bei Hüfttotalendoprothese
- Periprothetische Frakturen bei Knieendoprothese
- Knieendoprothesenwechsel bei periprothetischen Frakturen
- Interprothetische Frakturen am Femur
- Periprothetische Frakturen bei Schulterendoprothese

Bestellen Sie diese Ausgabe zum Preis von EUR 45,- zzgl. Versandkosten bei:

Springer Customer Service Center GmbH  
Kundenservice Zeitschriften

Haberstr. 7

69126 Heidelberg

Tel.: +49 6221-345-4303

Fax: +49 6221-345-4229

E-Mail: [leserservice@springer.com](mailto:leserservice@springer.com)

Suchen Sie noch mehr zum Thema? Mit e.Med, dem Online-Paket von Springer Medizin, können Sie schnell und komfortabel in über 500 medizinischen Fachzeitschriften recherchieren.

Weitere Infos unter

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

Hier steht eine Anzeige.

