



# Ellenbogenendoprothetik

## Indikationen, Verfahren und Ergebnisse

**Die operative Wiederherstellung des Ellenbogengelenks nach Trauma stellt eine große Herausforderung für den Unfallchirurgen dar. Das Ellenbogengelenk besteht aus 3 verschiedenen Artikulationen in einer Kapsel. Gelingt keine operative Rekonstruktion der Gelenkflächen oder besteht eine hochgradige schmerzhafte Arthritis/Arthrose am Ellenbogengelenk, kann die Indikation zum endoprothetischen (Teil-)Ersatz des Ellenbogengelenks gestellt werden. Die prothetischen Versorgungsmöglichkeiten reichen dabei von der Radiuskopffprothese über den radiohumeralen Gelenkersatz bis hin zur Hemiprothese und der Totalendoprothese. Die entsprechende Präparation des Zugangs unter Berücksichtigung der anatomischen Besonderheiten, die korrekte Prothesenimplantation sowie eine intensive postoperative Nachbehandlung sind dabei essenziell, um den klinischen Erfolg dieses komplexen Gelenkersatzes sicherzustellen.**

### Ellenbogentotalendoprothese

#### Indikation

Die inflammatorische Gelenkerkrankung auf der Grundlage einer rheumatoïden Arthritis stellte einst die häufigste Indikation für die Implantation einer Ellenbogentotalendoprothese (EBTEP) dar [11, 19]. In den vergangenen Jahren findet die EBTEP vermehrt bei Traumapatienten ihre berechnete Indikation – v. a. bei komplexen, nichtrekonstruierbaren distalen Humerusfrakturen des geriatrischen Patienten [33]. Tiefkondyläre C3-Frakturen des distalen Humerus distal

der Fossa olecrani mit zusätzlicher B3-Komponente stellen dabei eine typische Indikation dar (Abb. 1; [10]). Nach Implantation einer primären EBTEP bei vorgenanntem Patientengut zeigen sich gute klinische Ergebnisse [26, 27]. Im Falle eines Osteosyntheseversuchs sollte man sich intraoperativ die Möglichkeit vorbehalten, auf die Implantation einer EBTEP umzusteigen, sofern der Osteosyntheseversuch misslingt [12]. Ist eine primäre osteosynthetische Versorgung absehbar nicht möglich, besteht zudem die Möglichkeit, einen konservativen Therapieversuch zu wagen und bei Beschwerdepersistenz sekundär eine EBTEP zu implantieren, ohne dass sich ein klinischer Unterschied zu einer primär implantierten EBTEP zeigt [30]. Weitere Indikationen für die Implantation einer EBTEP stellen primäre und sekundäre Arthrosen dar. Der Patient ist vor der Operation auf die Einschränkung der Belastbarkeit nach Implantation einer EBTEP hinzuweisen. Das Heben von Lasten über 5 kg sowie das repetitive Anheben von Lasten über 1 kg sind strikt zu unterlassen, um einer Prothesenlockerung vorzubeugen. Eine gute Patientencompliance ist somit essenziell. Die Domäne der Ellenbogenprothetik ist die Befreiung von Gelenkschmerz und die Wiederherstellung der achsgerechten Beweglichkeit.

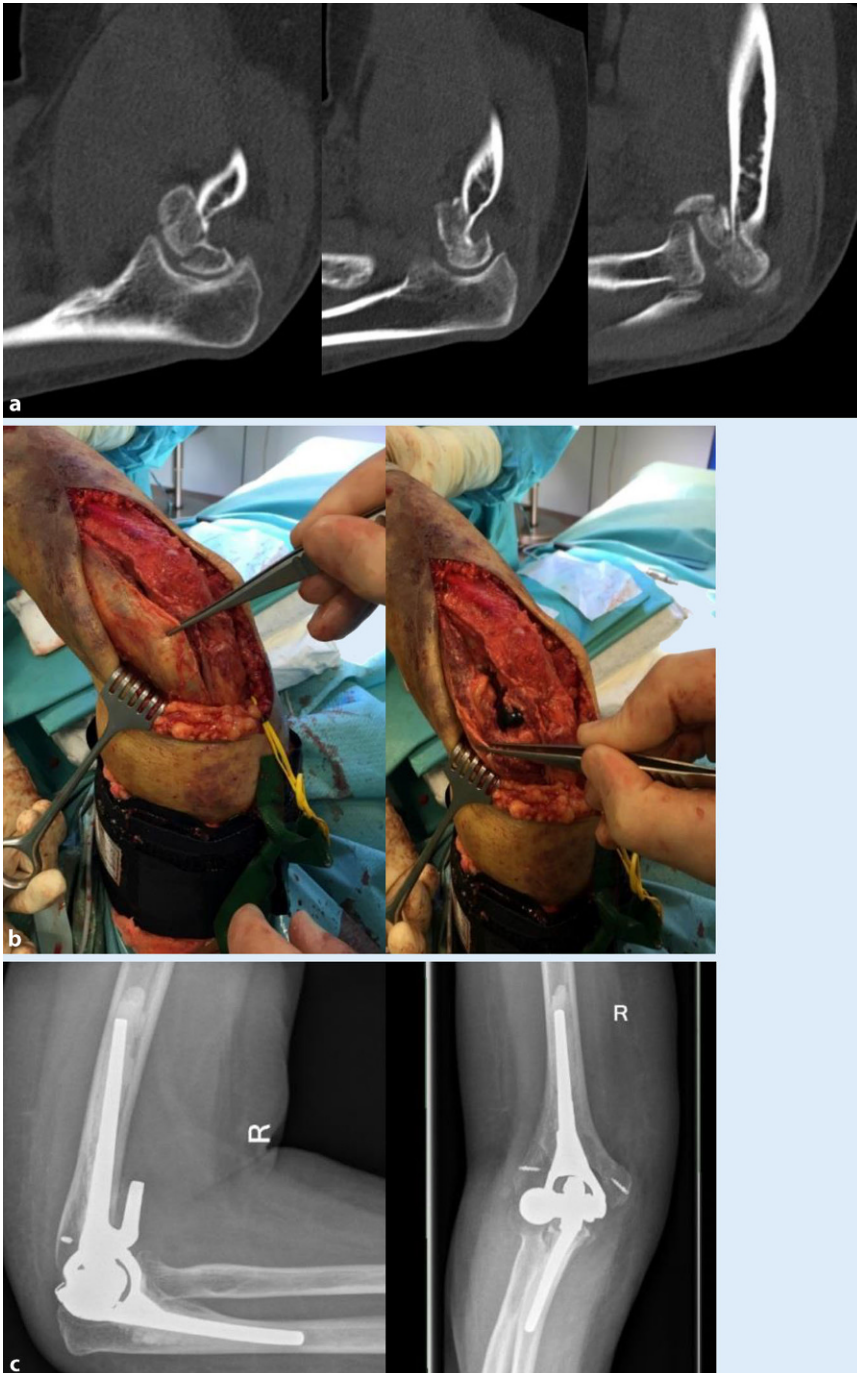
#### Epidemiologie

In einer Übersichtsarbeit des Nationwide Inpatient Sample der USA konnte herausgestellt werden, dass die Anzahl der Ellenbogenprothesenimplantationen zwischen 1993 und 2007 um 248 % gestiegen ist [7]. Neben diesem zu verzeichnen Anstieg stieg ebenfalls die Anzahl der Revisionseingriffe, was wiederum

unterstreicht, dass zwar die Implantationstechniken und die Prothesendesigns verbessert werden konnten, die Implantation einer EBTEP jedoch nach wie vor eine große Herausforderung für den behandelnden Chirurgen darstellt. Das Risiko für einen Revisionseingriff steigt an einem nicht spezialisierten Zentrum auf das 1,5-Fache [32].

#### Prothesentypen

Für den vollständigen Gelenkersatz stehen aktuell ungekoppelte („non-constrained“) oder gekoppelte („constrained“) Prothesen mit optionalem Radiuskopfersatz zur Verfügung. Die neueste Generation der gekoppelten Prothesen bezeichnet man als „semi-constrained“. Sie verfügen über einen Kopplungsmechanismus mit einer Varus-Valgus-Beweglichkeit von je etwa  $\pm 7^\circ$  (Sloppy-hinge-Prinzip). Die Kopplung greift bei diesen Modellen erst, wenn die isolierte Gelenkstabilität durch die umgebenden Weichteile des Gelenks versagt. Bis zu diesem Punkt funktionieren die Modelle als ungekoppelt. Die Überlegung dahinter ist, Stressspitzen auf das Knochen-Zement- und Zement-Implantat-Interface zu reduzieren. Gekoppelte Prothesenmodelle verfügen zwar über eine höhere Stabilität, das Risiko der aseptischen Lockerung ist aber aufgrund höherer Scherkräfte erhöht [8, 23]. Die Inzidenz der aseptischen Lockerung konnte mit dem Semi-constrained-Prinzip im Vergleich zur starr gekoppelten Prothese deutlich gesenkt werden [1]. Die Implantation einer ungekoppelten Prothese ist nur dann indiziert, wenn eine suffiziente Wiederherstellung der Muskel- und Bandführung möglich ist.



**Abb. 1** ▲ a Computertomographie des rechten Ellenbogens einer geriatrischen Patientin mit sagittaler Rekonstruktion einer B3/C3-Fraktur des distalen Humerus. b Intraoperativer Befund nach Prothesenimplantation über einen Lateral-Paraolekranon-Approach. c Postoperative Röntgenbilder in 2 Ebenen. Der Flexoren- und Extensorenursprung wurden mit Fadenankern rekonstruiert

Die Implantation zementierter Prothesen ist zu bevorzugen, da mithilfe dieses Verfahrens höhere Standzeiten erreicht werden konnten [11]. Die modernen Implantate haben ein konvertierbares Design. So ist der Wechsel von „constrained“ auf „non-constrained“ und vice

versa bzw. von Hemiendoprothese (HEP) auf EBTEP möglich.

### Operatives Verfahren

Der Patient wird in der Regel auf dem Rücken gelagert. Der zu operierende Arm

wird dabei frei beweglich über dem Brustkorb gelagert. Die Hautinzision erfolgt longitudinal über dem Olekranon. Im eigenen Vorgehen wird die Olekranonspitze radial umschnitten. Im nächsten Schritt werden nach medial und lateral epifasziale Full-Thickness-Flaps mobilisiert. Der N. ulnaris wird sodann dargestellt, langstreckig neurolysiert und in der Regel nach anterior transponiert.

Im eigenen Vorgehen werden 3 Zugänge angewendet:

- Lateral-Paraolekranon-Zugang (Triceps-on; [25]): Dieser von Graham King beschriebene Zugang erhält die Kontinuität des Streckapparats und wird daher im eigenen Vorgehen als primärer Zugang zur Implantation einer EBTEP verwendet. Der Trizeps wird hierzu radial des Olekranons gespalten, das Olekranon radial umschnitten und der M. anconeus subperiostal von seinem ulnaren Ansatz mobilisiert. Nach Ablösen der Kollateralländer, der Extensoren/Flexoren und der Gelenkkapsel vom Humerus kann das Gelenk so bei intaktem Streckapparat luxiert werden und so die Prothesenimplantation erfolgen.
- Trizeps-Split nach Gschwend (Triceps-off; [14]): Hierbei wird der Trizeps in der Medianlinie gespalten und unter Mitnahme eines Knochenflakes vom Olekranon nach medial und lateral abgelöst.
- Trizeps-Reflecting-Zugang nach Bryan-Morrey (Triceps-off; [24]): Bei diesem Zugang wird der Streckapparat von medial in Kontinuität mit dem Periost und der Unterarmfaszie nach lateral präpariert und eine knöcherne Schuppe vom Olekranon abgetragen, um die spätere Refixierung zu erleichtern.

Nach entsprechender Zugangspräparation kann das Gelenk luxiert werden und die Präparation der knöchernen Komponenten für die Implantation beginnen. Nach Einbringen der Probeimplantate wird das Gelenk auf die Beweglichkeit, die Stabilität und die Stellungsverhältnisse überprüft. Folgend können die definitiven Implantate zementiert unter Verwendung resorbierbarer Zementstopper ver-

ankert werden. Ein kortikales Knochengraft wird hinter dem ventralen Flanke der humeralen Komponente zur Verbesserung der Rotationsstabilität eingebracht. Anschließend werden die ligamentären Strukturen, soweit möglich, refixiert, und – bei Triceps-off-Zugängen – wird der Streckapparat über transossäre Nähte rekonstruiert. Nach schichtweisem Wundverschluss unter besonderer Berücksichtigung der suffizienten Fasziennaht wird der Arm schließlich in einer anterioren Gipsschiene in Streckstellung ruhiggestellt.

## Nachbehandlung

Es besteht postoperativ eine Übungsstabilität. Nach abgeschlossener primärer Wundheilung kann die Freigabe der aktiv assistierten Beübung des Ellenbogengelenks über den vollen Bewegungsumfang erfolgen. Bei Triceps-off-Zugängen muss die aktive Trizepsstreckung für 6 Wochen strikt unterbleiben. Bei ungekoppelten Prothesen mit erfolgter Bandrekonstruktion kann eine vorsichtiger Nachbehandlung nötig sein. Die Belastung des operierten Arms mit Lasten über 5 kg sollte vermieden werden. Repetitive Lasten über 1 kg sind ebenfalls zu vermeiden [31].

## Ergebnisse

Die Ellenbogenendoprothetik verhilft bei entsprechender Indikation zur Reduktion des kubitalen Bewegungsschmerzes und zur Verbesserung der Beweglichkeit und Stabilität im Gelenk. Studien zeigten, dass die Implantation einer solchen Prothese an spezifischen Zentren, die 10 oder mehr Implantationen pro Jahr durchführen, mit der besten klinischen Überlebensdauer behaftet ist (83 % vs. 89 % nach 18 Jahren; [19]). In einer Übersichtsarbeit von Little et al. [21] wird in 78 % von 1840 Fällen ein gutes bis exzellentes klinisches Ergebnis bei einem Follow-up von 60 Monaten dokumentiert.

Die Überlebenszeit einer primären EBTEP beim rheumatischen Patienten (Coonrad-Morrey-Prothese) wurde mit 92,4 % nach 10 bis 15 Jahren beschrieben [13], während die Überlebensraten von sekundären EBTEP bei Posttraumapa-

Trauma Berufskrankh 2018 · 20 (Suppl 1):S31–S37 DOI 10.1007/s10039-017-0283-5  
© Springer Medizin Verlag GmbH 2017

A. Harbrecht · M. Hackl · T. Leschinger · K. Wegmann · L. P. Müller

## Ellenbogenendoprothetik. Indikationen, Verfahren und Ergebnisse

### Zusammenfassung

Ellenbogentotalendoprothesen (EBTEP) finden ihren Einsatz sowohl beim schmerzhaften arthritisch/arthrotisch vorgeschädigten Ellbogengelenk als auch in der akuten Fraktursituation, insbesondere bei nichtrekonstruierbarer distaler Humerusfraktur des geriatrischen Patienten. Die neueren Prothesenmodelle setzen dabei auf einen Semi-constrained-Mechanismus mit Sloppy-hinge-Prinzip (Valgus-Varus-Beweglichkeit ca.  $\pm 7^\circ$ ). Die Verwendung trizepserhaltender Zugänge reduziert das Risiko einer postoperativen Trizepsinsuffizienz. Es werden aktuell 10-Jahres-Überlebensraten von 90 % erreicht. Die EBTEP führt zur Schmerzreduktion und zu zufriedenstellenden Bewegungsausmaßen. Die häufigsten Komplikationen sind Infektion, aseptische Lockerung, Gelenkinstabilität und Materialversagen. Radiuskopfprothesen finden ihren Einsatz insbesondere bei nichtrekonstruierbaren Radiuskopffrakturen und

seltener bei posttraumatischen Arthrosen des Radiuskopfes. Im eigenen Verfahren wird in der akuten Fraktursituation die monopolare, nicht zementierte Langschaftprothese bevorzugt. Der Kocher-Zugang bietet als Zugangsweg eine gute Exposition des lateralen Ellenbogens, um so die Höheneinstellung der Radiuskopfprothese korrekt durchführen zu können und ein Overstuffing zu vermeiden. In aktuellen Studien konnten mittelfristig in ca. 70–90 % der Fälle gute bis exzellente klinische Ergebnisse ermittelt werden. Die häufigsten Komplikationen sind Overstuffing, Infektion, Implantatversagen und die posttraumatische Arthrose.

### Schlüsselwörter

Ellenbogentotalendoprothese · Radiuskopfprothese · Prothesenmodelle · Ellenbogenfraktur · Operative Verfahren

## Total elbow arthroplasty. Indications, procedures and results

### Abstract

Total elbow arthroplasty (TEA) is a reliable choice in treating inflammatory and posttraumatic osteoarthritis as well as complex fractures of the elbow, especially in non-reconstructable distal humeral fractures of the elderly. Newer prosthesis designs use a semi-constrained mechanism that has in-built sloppy hinges (varus/valgus mobility  $\pm 7^\circ$ ). Triceps-on approaches should be preferred whenever possible to avoid postoperative triceps insufficiency. Current 10-year survival rates of 90% have been reported. A TEA leads to reduction of pain levels and to a satisfactory range of motion. The most common complications are infections, aseptic loosening, joint instability and implant failure. Radial head replacement is commonly used for treatment of non-reconstructable radial

head fractures but can also be performed in case of posttraumatic osteoarthritis. A monopolar, long stem, non-cemented prosthesis is preferred in the acute situation at our institution. The Kocher approach allows good exposure of the lateral elbow and can thereby help to avoid overstuffing. Recent studies have shown good to excellent clinical outcomes in 70–90% of cases. The most common complications are overstuffing, infections, implant failure and posttraumatic osteoarthritis.

### Keywords

Total elbow arthroplasty · Radial head replacement · Prosthesis models · Elbow fracture · Surgical procedures

tienten mit 65 % nach 10 bis 15 Jahren signifikant schlechter sind [5].

## Komplikationen

Die Gesamtkomplikationsrate der primären EBTEP liegt bei 24,3 % ( $\pm 5,8$  %,

maximales Follow-up 31 Jahre; [34]). Die Hauptkomplikationen sind [31]:

- aseptische Lockerung,
- Infektion,
- Trizepsinsuffizienz,
- Gelenkinstabilität,
- Materialversagen.



**Abb. 2** ▲ **a** Präoperative Computertomographie einer weiblichen Patientin mit Mason-III-Fraktur und O'Driscoll-II.2-Fraktur im Rahmen einer Terrible-Triad-Verletzung des linken Ellenbogens. **b** Röntgen des linken Ellenbogens in 2 Ebenen 12 Monate postoperativ nach Implantation einer Radiuskopfprothese, Zugschraubenosteosynthese des Koronoids und Rekonstruktion des lateralen Bandapparats mittels Fadenankern im Sinne eines Internal-Bracings

Die Häufigkeit der Trizepsinsuffizienz nach Triceps-off-Zugang ist mit 2,4 % angegeben [34]. Eine sorgfältige ossäre Refixation der Sehne ist essenziell. Wurde der Muskel-Kapsel-Bandapparat nicht suffizient refixiert, kann es zu einer Gelenkinstabilität mit der Folge der Lockerung oder – bei ungekoppelten Implantaten – zur Luxation kommen.

Eine weitere Komplikation stellt die aseptische Lockerung dar. Die Inzidenz hierfür liegt für Semi-constrained-Prothesen bei 13,7 % und für ungekoppelte Prothesen bei 10,7 %. Besonders junge Patienten mit einem entsprechend hohen Aktivitätsniveau weisen ein erhöhtes Risiko für eine revisionsbedürftige aseptische Lockerung auf [4].

In der aktuellen Literatur wird eine Infektionsrate von 3,3 % angegeben, die im Vergleich zu Vorstudien rückläufig ist

[34]. Das Ellenbogengelenk ist umgeben von einem vergleichsweise dünnen Weichteilmantel. Darüber hinaus haben rheumatische Patienten häufig durch jahrelange Medikamenteneinnahme eine geschwächte Immunabwehr und eine schlechte Hautqualität. Diese Faktoren führen zu einer erhöhten postoperativen Infektionsgefahr.

### Ellenbogenhemiendoprothese

Bei intakten Knochen- und Knorpelverhältnissen des proximalen Unterarms kann bei nichtrekonstruierbaren distalen Humerusfrakturen – insbesondere bei jungen und aktiven Patienten – die Implantation einer HEP erwogen werden. Es wird in diesem Verfahren der proximale Humerus mit seiner Gelenkbeteiligung ersetzt. Von Bedeutung ist v. a. ein suffi-

zienter Kapsel-Band-Apparat, damit die Prothesenkomponente komplikationslos mit der verbleibenden knöchernen Säule artikulieren kann. Frakturen des Typus B3 nach Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) mit erhaltenen Kondylen eignen sich für diese Art des Gelenkersatzes. Nestorson et al. [28] berichteten in einer retrospektiven Studie einen durchschnittlichen Mayo Elbow Performance Score (MEPS) von 90 Punkten nach HEP bei einem Nachbetrachtungszeitraum von 2 Jahren ( $n = 42$ ). Der mittlere Flexions-Extensions-Radius betrug dabei etwas mehr als 100°.

## Radiuskopfprothese

### Anatomie und Biomechanik

Der proximale Radius spielt eine zentrale Rolle in der Biomechanik des Ellenbogengelenks. Etwa 60 % der axialen Druckbelastung des Ellenbogengelenks verlaufen über die radiale Säule [17, 22]. Ferner stabilisiert der proximale Radius zusammen mit dem „medial collateral ligament“ (MCL) das Gelenk bei Valgusstress und umfasst mit seiner konkaven Fläche das Capitulum humeri. So trägt er zusammen mit dem „lateral ulnar collateral ligament“ (LUCL) zur posterolateralen Rotationsstabilität bei [31].

### Indikation

Die Implantation einer Radiuskopfprothese ist insbesondere bei akuten, nichtrekonstruierbaren Radiuskopffrakturen indiziert (■ **Abb. 2**). Generell sollte jedoch, da jede Radiuskopfprothese der Biomechanik des nativen Radiuskopfes unterlegen ist, primär eine Rekonstruktion des Radiuskopfes, falls möglich, angestrebt werden [29].

Seltener besteht die Indikation zur Radiuskopfprothese bei sekundären Arthrosen des Radiuskopfes ohne relevante Beteiligung des Capitulumknorpels.

### Prothesendesigns

Die üblichen Radiuskopfprothesen besitzen – anders als der native Radiuskopf – eine kreisrunde Oberfläche, was zu einer suboptimalen Druckverteilung auf den

**Tab. 1** Radiuskopfprothese. (Nach [16])

Parameter	Kennzeichen
Modularität	Flexibler, jedoch Gefahr der Dekonnection Monoblockprothese einfach in der Anwendung, häufig nicht passgerecht
Schaft	Kurzschafft: häufig Lysesäume, wenig invasiv Langschafft: stabile Verankerung, invasiver
Verankerung	„Intentionally loose“: häufig Osteolysen, selten symptomatisch Press-Fit: weniger Osteolysen, häufiger symptomatisch Zementiert: längste Standzeit in Verbindung mit Langschafft
Anatomie des Kopfes	Rund (nichtanatomisch): höhere Stressspitzen auf das Capitulum humeri Anatomisch: (in der Theorie) gleichmäßigere Verteilung der Kraft auf das Capitulum
Polarität	Monopolar: höhere Primärstabilität Bipolar: flexibler Kontakt zum Capitulum

Capitulumknorpel führt. Somit lässt sich der Radiuskopf endoprothetisch nur annähernd anatomisch wiederherstellen.

### Modularität

Modulare Prothesen tragen der individuellen Anatomie des proximalen Radius Rechnung und ermöglichen eine flexible Auswahl des Prothesenschafts, -halses und -kopfes, um so auf die jeweiligen anatomischen Verhältnisse möglichst genau einzugehen. Monoblockprothesen hingegen besitzen eine geringe Variabilität und führen so leichter zu einem Overstuffing.

### Schaftdesign

Zur Verfügung stehen Kurz- und Langschafftprothesen, die entweder Press-Fit, zementiert oder „intentionally loose“ verankert werden. Bei jüngeren Patienten kann auf eine Kurzschafftprothese zurückgegriffen werden, da sie die Option bietet, im Laufe der Zeit bei einem notwendigen Prothesenwechsel auf eine Langschafftprothese zu wechseln. Letztere bietet eine sehr gute Primärstabilität. Das Intentionally-loose-Verfahren sorgt regelhaft für Osteolysen an der Verankerungsstelle, die jedoch klinisch häufig stumm verlaufen. Im Gegensatz dazu sind Osteolysen bei Press-Fit-Verfahren in der Regel auch klinisch apparent [31].

### Polarität

Ist der Prothesenkopf beweglich zu seinem Hals, so spricht man von Bipolarität. Hierdurch kann sich der Radiuskopf an die Bewegungen des Capitulum humeri anpassen. Dies ist v. a. bei posttraumatischen Situationen mit knöcherner In-

kongruenz von Vorteil [29]. In der akuten Fraktursituation ist aufgrund der höheren Primärstabilität die monopolare Prothese mit starrem Hals zu favorisieren, da bei höhergradigen Radiuskopffrakturen sehr häufig osteoligamentäre Begleitverletzungen vorliegen [31].

### Anatomisch versus nichtanatomisch

Neueste Prothesen des Radiuskopfes tragen der eher ovalären Form der Fovea radii Rechnung und setzen dies in Form eines anatomisch vorgeformten Designs um. Hiermit sollen, wie bereits oben erwähnt, zusätzliche Stressspitzen auf den Capitulumknorpel vermieden werden, und die Bewegungsübertragung zwischen den Gelenkpartnern soll möglichst anatomisch ablaufen.

Die **Tab. 1** gibt eine Übersicht über Vor- und Nachteile zur Verfügung stehender Prothesendesigns.

### Operatives Verfahren

Der Patient befindet sich in der Regel in Rückenlage, und der Arm wird an einem Armtisch ausgelagert. Es erfolgt der radiale Zugang nach Kocher. Hierzu wird nach Eröffnung der Unterarmfaszie in das Intervall zwischen M. anconeus und M. extensor carpi ulnaris eingegangen, um so stumpf und atraumatisch auf den lateralen Kapsel-Band-Apparat zu gelangen. Die laterale Kapsel wird eröffnet und das Lig. anulare durchtrennt, um so Einsicht ins Gelenk zu erhalten. Zur besseren Exposition kann das laterale Kollateralband zusammen mit dem Extensorenursprung

(„common extensor origin“, CEO) humeral abgelöst werden. Nun kann die Resektion des Radiuskopfes mit dem entsprechenden Zielgerät erfolgen. Nach Präparation des Schafts können die Probekomponenten eingebracht werden. Ein Overstuffing oder Overlengthening, also eine zu proximale Positionierung der Prothese, ist zwingend zu vermeiden [35]. Orientierend sollte die Oberfläche der Radiuskopfprothese bündig mit oder knapp unterhalb der posterolateralen Kante des Koronoids abschließen [9]. Nach Implantation der definitiven Prothese werden das Lig. anulare und die laterale Kapsel wieder verschlossen. Sofern nötig, werden das laterale Kollateralband und der CEO refixiert. Im Anschluss ist die kräftige Faszie des Unterarms fest zu verschließen, da sie einerseits eine wichtige Keimbarriere darstellt und andererseits zur Stabilität des Gelenks beiträgt.

### Nachbehandlung

Es besteht postoperativ eine Übungsstabilität. In der Regel wird eine Orthese mit Varus-Valgus-Stabilität für 6 Wochen getragen. Ab dem ersten postoperativen Tag erfolgt bereits die aktiv assistierte Bewegung des Gelenks. Im eigenen Vorgehen wird bei begleitenden Seitenbandrekonstruktionen die Extension für 4 Wochen limitiert (z. B. 2 Wochen 40°, 2 Wochen 20°; [31]). Umwendbewegungen sollten in dieser Zeit nur in 90° Flexion erfolgen. Nach 6 Wochen kann der sorgsame Belastungsaufbau erfolgen. Schwere körperliche Belastungen sollten für mindestens 3 Monate vermieden werden.

### Ergebnisse

In neueren Studien konnten mittelfristig in ca. 70–90 % der Fälle gute bis exzellente Ergebnisse hinsichtlich des MEPS erreicht werden [2, 3, 20]. Die Ergebnisse einer Untersuchung über 11 Jahre hinsichtlich des MEPS lagen in einer Studie von Contreras-Joya et al. [6] bei 80,4 ± 19,3 Punkten (n = 82). In 71,6 % der Fälle konnten gute bis exzellente Ergebnisse dokumentiert werden.

## Komplikationen

Die wichtigste vermeidbare Komplikation stellt das Overstuffing dar. Die Folgen sind erhöhter Abrieb des Capitulumknorpels und der Prothesenoberfläche sowie eine Inkongruenz der Gelenkfläche mit Folgen für die ulnohumerale Komponente des Gelenks. Beim Understuffing kommt es zu einer Valgusinstabilität.

Modulare Prothesen können diskonnektieren. Postoperative Infektionen des Gelenks sind ebenso Komplikationen, die eine Revision notwendig machen. Weitere Komplikationen stellen die aseptische Prothesenlockerung, der Prothesenbruch, die periprothetische Fraktur und die posttraumatische Arthrofibrose dar.

Generell beläuft sich das Risiko für einen Revisionseingriff bei einer Radiuskopffprothese auf 5–30 % [3].

## Radiokapitellarersatz

Der Radiokapitellarersatz wurde in jüngerer Zeit als Therapieoption der isolierten primären oder posttraumatischen Arthrose der radialen Säule vorgestellt. Während erste Fallserien gute Ergebnisse dokumentieren [18], wurden auch bereits frühzeitige Komplikationen beobachtet [15]. Angesichts der begrenzten Datenlage bleibt der endoprothetische Ersatz der radialen Säule ein „salvage procedure“ in therapierefraktären Fällen symptomatischer Radiokapitellararthrosen.

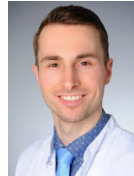
## Fazit für die Praxis

- Die Indikation für eine EBTEP kann bei nichtrekonstruierbaren Frakturen insbesondere des distalen Humerus (C3 + B3) bei geriatrischen Patienten und bei arthrotischen/arthritischen oder posttraumatischen Gelenkdegenerationen gestellt werden. Triceps-Zugänge sind zu bevorzugen.
- Bei jüngeren Patienten kann bei nichtrekonstruierbarer distaler Humerusfraktur die Implantation einer Hemiprothese durchgeführt werden, sofern die Kondylen rekonstruierbar sind.
- Ist eine Osteosynthese bei Radiuskopffraktur nicht möglich, besteht die Indikation zur Implantation

einer Radiuskopffprothese. Im eigenen Vorgehen werden modulare, monopolare und unzementierte Langschaftprothesen bevorzugt.

- Bei der Implantation einer Radiuskopffprothese ist auf die korrekte Höheneinstellung zu achten, um ein Overstuffing zu vermeiden.
- Der Radiokapitellarersatz stellt eine potenzielle Option bei isolierten Pathologien der radialen Säule dar, die Datenlage hierzu ist jedoch bisher sehr begrenzt. Daher ist dieses Verfahren als „salvage procedure“ anzusehen.

## Korrespondenzadresse



### A. Harbrecht

Schwerpunkt für Unfall-, Hand- und Ellenbogenchirurgie, Universität zu Köln  
Kerpener Str. 62, 50937 Köln, Deutschland  
andreas.harbrecht@uk-koeln.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** K. Wegmann und L.P. Müller geben Beraterstätigkeit und Unterstützung von Forschungsprojekten durch die Firma Arthrex und Beraterstätigkeit bei der Firma Wright/Tornier an. M. Hackl gibt Finanzierung eines Reisestipendiums durch die Firma Wright/Tornier, Forschungsstipendium und Unterstützung von Forschungsprojekten durch die Firma Arthrex an. T. Leschinger gibt Unterstützung von Forschungsprojekten durch die Firma Arthrex an. A. Harbrecht gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

## Literatur

1. Aldridge JM 3rd, Lightdale NR, Mallon WJ et al (2006) Total elbow arthroplasty with the Coonrad/Coonrad-Morrey prosthesis. A 10- to 31-year survival analysis. *J Bone Joint Surg Br* 88:509–514
2. Arbter D, Piatek S, Probst A et al (2012) Results after Judet radial head prosthesis for non-reconstructable radial head fractures. *Unfallchirurg* 115:1000–1008
3. Burkhart KJ, Mattyasovszky SG, Runkel M et al (2010) Mid- to long-term results after bipolar radial head arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 19:965–972

4. Celli A, Morrey BF (2009) Total elbow arthroplasty in patients forty years of age or less. *J Bone Joint Surg Am* 91:1414–1418
5. Cil A, Veillette CJ, Sanchez-Sotelo J et al (2008) Linked elbow replacement: a salvage procedure for distal humeral nonunion. *J Bone Joint Surg Am* 90:1939–1950
6. Contreras-Joya M, Jimenez-Martin A, Santos-Yubero FJ et al (2015) Radial head arthroplasty, 11 years experience: a series of 82 patients. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 59:307–317
7. Day JS, Lau E, Ong KL et al (2010) Prevalence and projections of total shoulder and elbow arthroplasty in the United States to 2015. *J Shoulder Elbow Surg* 19:1115–1120
8. Dee R (1973) Total replacement of the elbow joint. *Orthop Clin North Am* 4:415–433
9. Doornberg JN, Linzel DS, Zurakowski D et al (2006) Reference points for radial head prosthesis size. *J Hand Surg Am* 31:53–57
10. Dubberley JH, Faber KJ, Macdermid JC et al (2006) Outcome after open reduction and internal fixation of capitellar and trochlear fractures. *J Bone Joint Surg Am* 88:46–54
11. Fevang BT, Lie SA, Havelin LI et al (2009) Results after 562 total elbow replacements: a report from the Norwegian Arthroplasty Register. *J Shoulder Elbow Surg* 18:449–456
12. Frankle MA, Herscovici D Jr., Dipasquale TG et al (2003) A comparison of open reduction and internal fixation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intraarticular distal humerus fractures in women older than age 65. *J Orthop Trauma* 17:473–480
13. Gill DR, Morrey BF (1998) The Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty in patients who have rheumatoid arthritis. A ten to fifteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 80:1327–1335
14. Gschwend N, Simmen BR, Matejovsky Z (1996) Late complications in elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 5:86–96
15. Hackl M, Burkhart KJ, Wegmann K et al (2015) From radial head to radiocapitellar to total elbow replacement: a case report. *Int J Surg Case Rep* 15:35–38
16. Hackl M, Burkhart KJ, Wegmann K et al (2016) Radiuskopffendoprothetik. In: Müller LP, Hollinger B, Burkhart K (Hrsg) *Expertise Ellenbogen*. Thieme, Stuttgart, S417–425
17. Hackl M, Wegmann K, Kahmann SL et al (2017) Radial shortening osteotomy reduces radiocapitellar contact pressures while preserving valgus stability of the elbow. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25(7):2280–2288. doi:10.1007/s00167-017-4468-z
18. Heijink A, Morrey BF, Eygendaal D (2014) Radiocapitellar prosthetic arthroplasty: a report of 6 cases and review of the literature. *J Shoulder Elbow Surg* 23:843–849
19. Jenkins PJ, Watts AC, Norwood T et al (2013) Total elbow replacement: outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project. *Acta Orthop* 84:119–123
20. Kathagen JC, Jensen G, Lill H et al (2013) Monobloc radial head prostheses in complex elbow injuries: results after primary and secondary implantation. *Int Orthop* 37:631–639
21. Little CP, Graham AJ, Carr AJ (2005) Total elbow arthroplasty: a systematic review of the literature in the English language until the end of 2003. *J Bone Joint Surg Br* 87:437–444
22. Morrey BF, An KN, Stormont TJ (1988) Force transmission through the radial head. *J Bone Joint Surg Am* 70A:250–256

- 
23. Morrey BF, Bryan RS (1982) Complications of total elbow arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* doi:10.1097/00003086-198210000-00027
  24. Morrey BF, Bryan RS, Dobyns JH et al (1981) Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo Clinic. *J Bone Joint Surg Am* 63:1050–1063
  25. Morrey BF, Sanchez-Sotelo J (2011) Approaches for elbow arthroplasty: how to handle the triceps. *J Shoulder Elbow Surg* 20:590–96
  26. Muller LP, Kamineni S, Rommens PM et al (2005) Primary total elbow replacement for fractures of the distal humerus. *Oper Orthop Traumatol* 17:119–142
  27. Muller LP, Wegmann K, Burkhart KJ (2013) Fracture endoprosthesis of distal humerus fractures. *Unfallchirurg* 116:708–715
  28. Nestorson J, Ekholm C, Etzner M et al (2015) Hemiarthroplasty for irreparable distal humeral fractures: medium-term follow-up of 42 patients. *Bone Joint J* 97-B:1377–1384
  29. Pomianowski S, Morrey BF, Neale PG et al (2001) Contribution of monoblock and bipolar radial head prostheses to valgus stability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 83-A:1829–1834
  30. Prasad N, Dent C (2008) Outcome of total elbow replacement for distal humeral fractures in the elderly: a comparison of primary surgery and surgery after failed internal fixation or conservative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 90:343–348
  31. Ries C, Wegmann K, Burkhart KJ et al (2016) Endoprothetik der Ellenbogengelenkes. In: Müller LP, Hollinger B, Burkhart K (Hrsg) *Expertise Ellenbogen*. Thieme, Stuttgart, S 399–425
  32. Skytta ET, Eskelinen A, Paavolainen P et al (2009) Total elbow arthroplasty in rheumatoid arthritis: a population-based study from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop* 80:472–477
  33. Triplet JJ, Kurowicki J, Momoh E et al (2016) Trends in total elbow arthroplasty in the Medicare population: a nationwide study of records from 2005 to 2012. *J Shoulder Elbow Surg* 25:1848–1853
  34. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S et al (2011) Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 20:158–168
  35. Yian E, Steens W, Lingenfelter E et al (2008) Malpositioning of radial head prostheses: an in vitro study. *J Shoulder Elbow Surg* 17:663–670