

Originalien

Unfallchirurg 2014 · 117:614–623
 DOI 10.1007/s00113-013-2389-y
 Online publiziert: 12. Juni 2013
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Redaktion

W. Mutschler, München
 V. Braunstein, München
 H. Polzer, München

M. Uhlmann¹ · A. Barg¹ · V. Valderrabano¹ · O. Weber² · D.C. Wirtz² · G. Pagenstert¹

¹ Klinik für Orthopädie, Universitätsklinikum Basel

² Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Bonn

Behandlung von isolierten Olekranonfrakturen

Perkutane Doppelschraubenosteosynthese vs. konventionelle Zuggurtung

Hintergrund und Fragestellung

Frakturen des Olekranons können isoliert aber auch in Kombination mit Läsionen des distalen Humerus und/oder des proximalen Radius vorkommen [25]. Die Olekranonfrakturen beim Erwachsenen gehören mit 7–10% aller Brüche zu den mittelhäufigen Brüchen des erwachsenen Alters [10, 11, 23, 24, 39]. Bei etwas mehr als einem Drittel aller Olekranonfrakturen ist dieses isoliert betroffen [10, 24]. Olekranonfrakturen können sowohl als Folge direkter als auch indirekter Krafteinwirkung entstehen [23]. Am häufigsten kommt es zur isolierten Olekranonfraktur nach einem Sturz auf den 90° flektierten Ellenbogen [10, 11, 28, 29]. Die Fraktur entsteht dabei durch die direkte Gewalt einwirkung auf das Olekranon. Der Zug des M. triceps brachii bewirkt die Dislokation der Fragmente nach proximal [10].

Olekranonfrakturen können konservativ oder operativ behandelt werden. Bei Patienten mit nicht dislozierter Fraktur oder kleinen Ausrissfrakturen an der Olekranonspitze kann die konservative Behandlung erwogen werden [10, 15, 28, 29, 34]. Auch bei geringfügiger Dislokation <2 mm sowie bei älteren inaktiven Patienten kann die Indikation zur konservativen Therapie großzügig gestellt werden [10, 34, 35]. Es erfolgt dann für 1–2 Wochen die Ruhigstellung in einer Oberarmgipschiene mit anschließender physiotherapeutischer Behandlung zwecks Mobilisation des verletzten Gelenks [10].

Frakturen mit einer Dislokation >2 mm sollten operativ versorgt werden [10, 11]. Die Indikation zur operativen Behandlung sollte zudem auch bei jüngeren sowie aktiven Patienten gestellt werden, um die oben erwähnte Ruhigstellung zu vermeiden und eine frühfunktionelle Behandlung einleiten zu können. Ziele der operativen Versorgung entsprechen den allgemeinen Prinzipien der operativen Frakturtherapie: 1) Stabilisierung des Gelenks und 2) Wiederherstellung der Gelenkfläche, um das Risiko der Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose zu eliminieren oder zumindest zu minimieren [7, 10, 11]. Die ausreichende initiale Stabilität des Gelenks nach der operativen Versorgung ist eine der Voraussetzungen für die frühfunktionelle Nachbehandlung, um mittel- oder langfristige funktionelle Defizite zu vermeiden.

In der Literatur werden unterschiedliche Osteosyntheseverfahren zur operativen Behandlung einer isolierten Olekra-

nonfraktur beschrieben [10, 11]. Das am meisten etablierte Osteosyntheseverfahren ist die Zuggurtungsosteosynthese [5, 10, 11, 12, 15, 24, 28, 29], welche zum ersten Mal von Weber u. Vasey [37] beschrieben wurde. Diese operative Technik wird als sicher beschrieben und liefert zufriedenstellende postoperative Ergebnisse. Allerdings werden in der Literatur unterschiedliche Komplikationen beschrieben, wie z. B. die Migration der Kirschner-Drähte mit konsekutiver Irritation oder Perforation der Haut und Gefahr einer Weichteilinfektion [9, 20, 22, 38], eine Ischämie des Unterarms und der Hand [31], die Verletzung des N. interosseus anterior [27], proximale radioulnare Synostosen [6, 36], Bewegungseinschränkungen [2, 24] und Pseudarthrosen [24]. Die schmerzhafte Prominenz der Kirschner-Drähte gehört dabei zu den häufigsten postoperativen Komplikationen und hat in etwa 80% aller Fälle eine Entfernung des osteosynthetischen Materials zur Folge [9, 16, 20].

Tab. 1 Klinische Details und demographische Daten der beiden Patientengruppen (alle Angaben als Mittelwert ± Standardabweichung und Range)

	Perkutane Doppelschraubenosteosynthese	Konventionelle Zuggurtung	p
Patienten (n)	13	26	–
Mittleres Alter [Jahre (Range)]	43,6±11,0 (27,3–67,1)	50,5±20,9 (21,6–82,1)	0,439 ^a
Geschlecht (weiblich:männlich)	4:9	9:17	1,000 ^b
Präoperative ASA	1 (n=7)	1 (n=15)	0,592 ^b
Klassifizierung	2 (n=6)	2 (n=11)	
Mittlere Nachbeobachtungszeit [Monate (Range)]	38,2±11,5 (24–58)	37,4±14,5 (24–71)	0,621 ^a

^aMann-Whitney-U-Test. ^bFisher-Test.

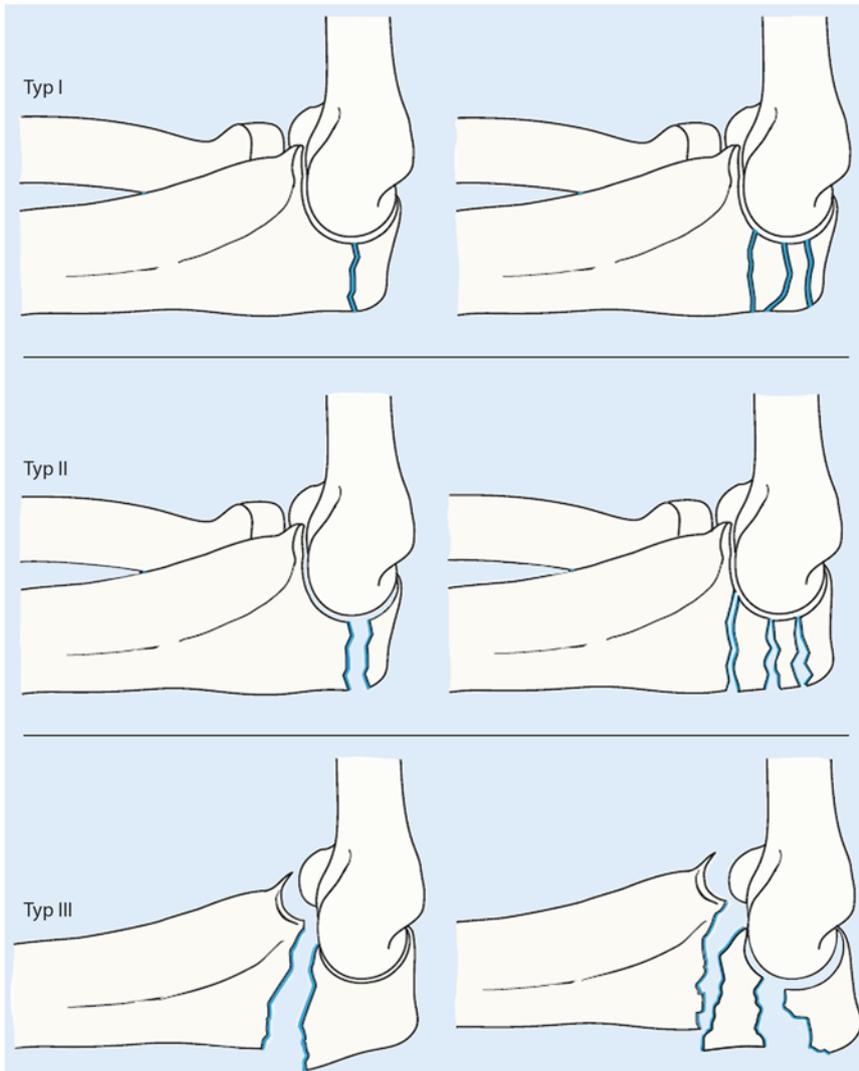


Abb. 1 ▲ Schatzker-Schmelling-Klassifikation der Olekranonfrakturen nach Verlauf der Frakturlinie und Fragmentzahl (Typ I–III). (Adaptiert nach [33])

Die relativ hohe postoperative Komplikationsrate der Zuggurtungsosteosynthese erklärt das Bestreben nach einer alternativen operativen Technik zur Versorgung einer Olekranonfraktur [18, 24, 26, 30]. Zu den möglichen Therapieoptionen gehört u. a. die bikortikale Schraubenosteosynthese [10, 11]. Im Gegensatz zu der konventionellen Zuggurtungsosteosynthese gibt es jedoch in der aktuellen Literatur kaum Studien, welche die funktionellen Ergebnisse nach einer Schraubenosteosynthese adressieren.

Aus diesem Grund haben wir eine prospektive Studie mit 13 konsekutiven Patienten durchgeführt, die sich eine Olekranonfraktur zugezogen haben und welche wir mit einer perkutanen Doppel-

schraubenosteosynthese behandelt haben. Für den Vergleich der funktionellen Ergebnisse wurde retrospektiv eine Kontrollgruppe mit 26 Patienten gebildet, deren Verletzung mit einer Zuggurtungsosteosynthese behandelt wurde.

Patienten und Methoden

Im Zeitraum von August 2008 bis Dezember 2009 wurden insgesamt 13 Patienten mit einer isolierten Olekranonfraktur mit der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese behandelt. Diese Eingriffe wurden vom Seniorautor (GP) durchgeführt. Bei allen Patienten lag die Fraktur vom Typ A nach Schatzker-Schmelling [33] vor. Es waren 4 Frauen (30,8%) und 9 Männer (69,2%). Das

Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs betrug $43,6 \pm 11,0$ (27,3–67,1) Jahre.

Für den Vergleich wurde eine Kontrollgruppe mit 26 Patienten gebildet. Alle Patienten wurden im gleichen Zeitraum (von August 2008 bis Dezember 2009) mit einer konventionellen Zuggurtung behandelt. Die Eingriffe wurden sowohl vom Seniorautor (GP) als auch von jüngeren Chirurgen durchgeführt. Alle Eingriffe erfolgten jedoch unter Aufsicht von erfahrenen Chirurgen. Beide Gruppen waren bezüglich der demographischen Daten (Geschlecht, Alter), des Typs der Fraktur, der präoperativen ASA-Klassifizierung (American Society of Anesthesiologists, [4]) und der mittleren Nachbeobachtungszeit gleich (■ Tab. 1).

Diese Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Basel genehmigt. Alle Patienten wurden über die Teilnahme an dieser Studie informiert, eine Einverständniserklärung über die Verwendung der Patientendaten in der anonymisierten Form liegt vor.

Klassifikation der Olekranonfrakturen

Zur Einteilung der Olekranonfrakturen existieren mehrere Klassifikationssysteme [10, 30, 34]. Im deutschsprachigen Raum hat sich in der Praxis und Literatur die Klassifikation nach Schatzker-Schmelling etabliert (■ Abb. 1, [33]). Die Schatzker-Schmelling-Klassifikation der Olekranonfrakturen unterteilt nach Verlauf der Fraktur und Anzahl der Fragmente 6 Subtypen (A–F). Es werden Quer- von Schrägfrakturen sowie einfache von komplexen Brüchen unterschieden. Die Klassifikation der Olekranonfrakturen nach Colton [5] beschreibt 4 Frakturtypen (■ Abb. 2):

- Typ A: Avulsionsfrakturen (entstehen v. a. bei älteren Menschen),
- Typ B: schräg verlaufend intraartikuläre Frakturen (z. T. mehrfragmentär),
- Typ C: Dislokationsfrakturen und
- Typ D: mehrfragmentäre Frakturen aufgrund eines Hochenergetraumas.

Eine weitere klinisch anerkannte Klassifikation der Olekranonfrakturen stellt die Mayo- oder Morrey-Klassifikation dar

M. Uhlmann · A. Barg · V. Valderrabano · O. Weber · D.C. Wirtz · G. Pagenstert

Behandlung von isolierten Olekranonfrakturen. Perkutane Doppelschraubenosteosynthese vs. konventionelle Zuggurtung

Zusammenfassung

Hintergrund. Olekranonfrakturen gehören mit 7–10% zu den mittelhäufigen Brüchen des Erwachsenen. In der Regel werden diese Frakturen operativ mittels konventioneller Zuggurtungsosteosynthese behandelt. Eine perkutane minimal-invasive Doppelschraubenosteosynthese ist eine alternative Technik bei einfacher Zwei-Fragment-Fraktur mit möglichen Vorteilen für diese selektierten Patienten. **Patienten und Methode.** Es wurden 13 Patienten mit einer isolierten Olekranonfraktur vom Typ A nach Schatzker-Schmelling mittels perkutaner Doppelschraubenosteosynthese behandelt und in diese prospektive Studie eingeschlossen. Das Durchschnittsalter betrug 43,6±11,0 Jahre. Die intra- und postoperativen Komplikationen wurden erfasst. Die funktionellen Ergebnisse wurden nach einer mittleren Nachuntersuchungszeit von

38,2±11,5 Monaten mittels Quick-DASH („disability of shoulder, arms and hand questionnaire“) erfasst. Die Ergebnisse wurden mit einer Kontrollgruppe verglichen, bestehend aus 26 Patienten, welche beim gleichen Frakturtyp mit der konventionellen Zuggurtungsosteosynthese behandelt wurden. **Ergebnisse.** In beiden Gruppen kam es zu keinen intraoperativen Komplikationen. In der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese war die Narbe signifikant kürzer (2,4±0,4 vs. 11,0±1,8 cm; p<0,001), das Osteosynthesematerial musste signifikant weniger häufig entfernt werden (38,5% vs. 73,1%). Nach einer Mindestnachbeobachtungszeit von 2 (Mittelwert 3,2) Jahren wurden in beiden Gruppen vergleichbare funktionelle Ergebnisse erzielt (Quick-DASH-Score: 2,3 vs. 0,0 Punkte; p=0,155), wobei der

Bewegungsumfang in der Gruppe der Doppelschraubenosteosynthese signifikant größer für Extension/Flexion (145° vs. 130°; p<0,001) und Pro-/Supination (165° vs. 155°; p<0,001) war als in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung.

Schlussfolgerung. Bei Patienten mit einer einfachen Olekranonfraktur vom Typ A nach Schatzker-Schmelling liefert die perkutane Doppelschraubenosteosynthese vergleichbare Ergebnisse im DASH-Score im Vergleich zum Goldstandard, hat jedoch den Vorteil einer geringeren Revisionsrate mit besserer Beweglichkeit und Kosmetik.

Schlüsselwörter

Zwei-Fragment-Fraktur · Olekranon · Klassifikation nach Schatzker-Schmelling · Quick-DASH-Score · Minimal-invasive Technik

Treatment of isolated fractures of the olecranon. Percutaneous double-screw fixation versus conventional tension band wiring

Abstract

Background. Isolated fractures of the olecranon account for 7–10% of all osseous injuries in adults. These fractures are usually treated surgically by conventional tension band wiring. The percutaneous double-screw fixation is an optional treatment in patients with two fragment olecranon fractures with some postoperative advantages. **Patients and methods.** A total of 13 patients with isolated fractures of the olecranon (Schatzker-Schmelling type A) treated by percutaneous double-screw fixation were included in this prospective study. The mean age of patients was 43.6 ± 11.0 years. Intraoperative and postoperative complications were recorded. Functional results were assessed after a mean follow-up of 38.2 ± 11.5 months using the Quick-DASH score. The results were compared with those obtained

in the control group including 26 patients treated by conventional tension band wiring. **Results.** No intraoperative complications were observed in both groups. In the group with percutaneous double-screw fixation the scar length was significantly shorter (2.4 ± 0.4 cm vs. 11.0 ± 1.8 cm, p < 0.001) and the hardware removal was substantially less frequent than in the group with conventional tension band wiring with 38.5 % and 73.1 %, respectively. At the minimum follow-up of 2 years comparable functional results were obtained in both groups (Quick-DASH score 2.3 vs. 0.0 points, respectively, p = 0.155); however, the range of elbow motion was significantly higher in the group with percutaneous double-screw fixation (extension/flexion 145° vs. 130°, p < 0.001; pronation/supination 165° vs. 155°, p < 0.001).

Conclusions. The percutaneous double-screw fixation is a safe and viable treatment option in patients with isolated fractures of the olecranon (Schatzker-Schmelling type A). The functional results regarding DASH scores obtained using this technique were comparable with those observed in patients with conventional tension band wiring; however, range of elbow motion and cosmetic results were significantly better in the patient group with percutaneous double-screw fixation.

Keywords

Two fragment fracture · Olecranon · Schatzker-Schmelling classification · Conventional tension band wiring · Quick-DASH score · Minimally invasive technique

(▣ **Abb. 3**, [1]). Es werden 3 Haupttypen der Fraktur unterschieden, welche jeweils nach Anzahl der Fragmente in 2 Untergruppen unterteilt sind. Die 3 Haupttypen sind:

- Typ I: nicht dislozierte Frakturen,
- Typ II: dislozierte, jedoch stabile Frakturen und
- Typ III: instabile Frakturen.

Die AO- (Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese-)Klassifikation fasst die Olekranonfrakturen als Teil der Gesamtklassifikation der proximalen Unterarmfrakturen zusammen (▣ **Abb. 4**). Die AO-Klassifikation erlaubt keine Unterscheidung zwischen Frakturen des Processus coronoideus und des Olekranons. Daher ist diese Klassifikation weniger aussagekräf-

tig als die Schatzker-Schmelling-Klassifikation [10].

Operative Technik

Perkutane Doppelschraubenosteosynthese

Der Eingriff kann sowohl in Vollnarkose als auch unter Leitungsanästhesie (z. B.

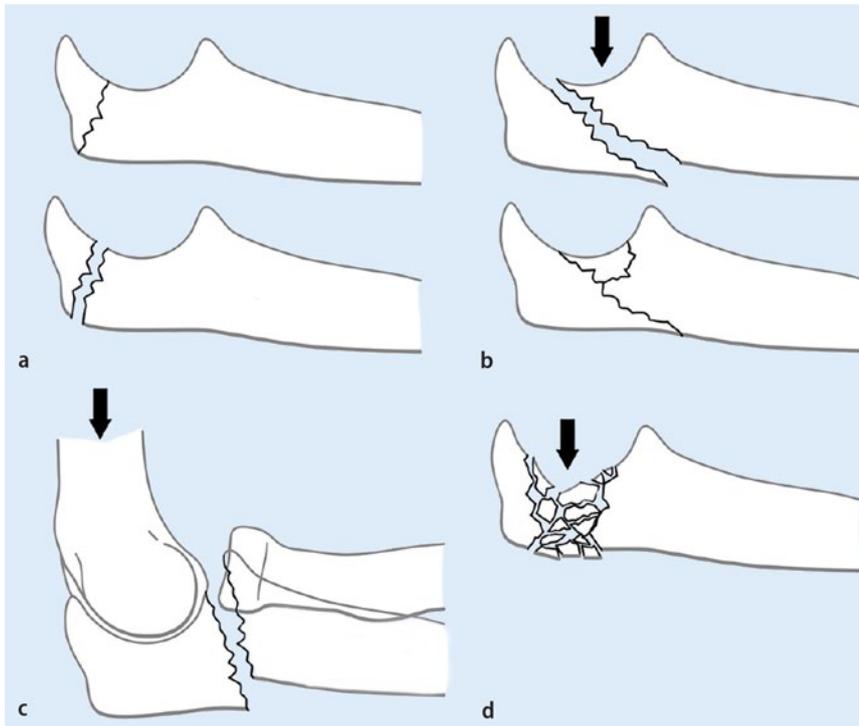


Abb. 2 ▲ a–d Colton-Klassifikation der Olekranonfrakturen in 4 Typen. (Adaptiert nach [5])

Tab. 2 Klinischer Bewegungsumfang des operierten Ellenbogens vor und nach der Entfernung des osteosynthetischen Materials [Median (Zentralwert) und Range]

Gruppe		Vor Entfernung des osteosynthetischen Materials	Nach Entfernung des osteosynthetischen Materials	p
Perkutane Doppelschrauben-osteosynthese (n=5)	Flexion	140° (130–145°)	140° (130–150°)	1,000 ^a
	Extension	0° (–10°–10°)	0° (–10°–10°)	0,374 ^b
	Gesamt	135° (120–150°)	145° (120–150°)	0,242 ^b
	Pronation	80° (80–85°)	85° (80–85°)	0,500 ^a
	Supination	85° (75–85°)	80° (75–85°)	1,000 ^a
	Gesamt	165° (155–165°)	165° (155–170°)	1,000 ^a
Konventionelle Zuggurtung (n=19)	Flexion	125° (110–140°)	130° (115–145°)	0,001 ^a
	Extension	–10° (–35–0°)	0° (–20–10°)	<0,001 ^a
	Gesamt	115° (90–130°)	130° (110–145°)	<0,001 ^a
	Pronation	60° (50–75°)	75° (70–85°)	<0,001 ^b
	Supination	65° (55–75°)	80° (70–85°)	<0,001 ^b
	Gesamt	125° (115–140°)	155° (145–165°)	<0,001 ^b

^aGepaarter Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. ^bGepaarter Student-t-Test.

Armplexus) durchgeführt werden. Der Patient wird auf dem Rücken gelagert, der betroffene Arm wird im Ellenbogen 90° gebeugt, auf einer Beinschale gelagert und hier mittels Tuchklemme fixiert.

Es wird ein ca. 1,5–2,0 cm langer axialer Hautschnitt über der Olekranonspitze durchgeführt. Die eingeblutete, rupturierte Bursa olecrani wird teilweise (falls nötig) reseziert. Nun wird das proximale Frakturfragment mit dem Raspato-

rium ertastet und die anatomiegerechte Reposition der Fraktur durch die axiale Kompression mittels Repositionszange vorgenommen (■ Abb. 5). Vorgängig wird ein 2,0-mm-Loch im Bereich der Ulna gebohrt, um das Einhacken der Repositionszange zu erleichtern. Die Reposition wird mittels Bildwandler (BV) überprüft. Mit den üblichen Instrumentarien werden nun 2 bikortikale, gelenkflächen- nahe, subchondral laufende parallele Kir-

schner-Drähte platziert (■ Abb. 6). Anschließend werden zwei 3,5 mm kanülierte Schrauben mit einem kurzen Gewinde bikortikal eingebracht (■ Abb. 7). Nach abschließender BV-Kontrolle erfolgte der Hautverschluss und die Anlage eines sterilen Verbands.

Konventionelle Zuggurtung

Der Eingriff kann sowohl in Vollnarkose als auch unter Leitungsanästhesie (z. B. Armplexus) durchgeführt werden. Der Patient wird auf dem Rücken gelagert, der betroffene Arm wird im Ellenbogen 90° gebeugt, auf einer Beinschale gelagert und hier mittels Tuchklemme fixiert.

Vom Olekranon bis über den proximalen Ulnaschaft wird ein ca. 8–10 cm langer axialer Hautschnitt vorgenommen. Die eingeblutete, rupturierte Bursa olecrani wird reseziert. Es folgt die weitere schichtweise Präparation auf das Olekranon und den proximalen Ulnaschaft und die Darstellung der Fraktur, die anatomiegerechte Reposition der Fraktur und die preliminäre Fixierung mittels Repositionszange (Überprüfung der Reposition mittels BV). Mit den üblichen Instrumentarien werden nun 2 bikortikale, gelenkflächen- nah subchondral laufende parallele 1,5er Kirschner-Drähte platziert. Setzen des queren Bohrlochs durch die Ulna für den Zuggurtungsdraht. Dieser (1,25 mm) wird achtertourig um die Kirschner-Drähte und durch das Bohrloch gezogen und bilateral angezogen. Nach abschließender BV-Kontrolle erfolgt der schichtweise Wundverschluss und die Anlage eines sterilen Verbands.

Nachuntersuchung

Alle Patienten wurden in der Ambulanz 4 Monate, 1 Jahr und dann jährlich postoperativ klinisch und radiologisch untersucht. Es wurden konventionelle Röntgenaufnahmen vom Ellenbogen mit a.-p.- und seitlichem Strahlengang angefertigt. Die klinische Untersuchung umfasste eine goniometrische Messung des Bewegungsumfangs des Ellenbogens [3]. Zusätzlich wurde der Quick-DASH-Score erhoben und die Narbenlänge gemessen [8, 13]. Das postoperative Schmerzniveau wurde mit Hilfe der visuellen Analogskala (VAS) gemessen [14]. Alle klinischen

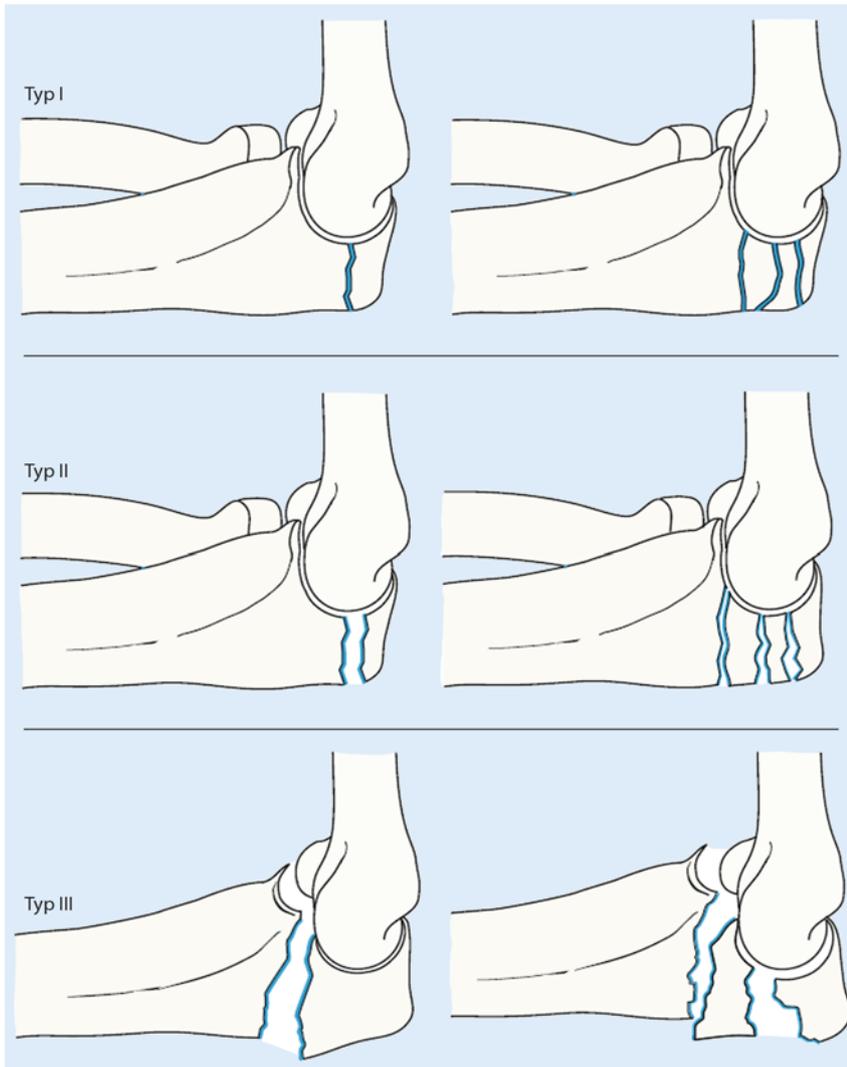


Abb. 3 ▲ Mayo-Klassifikation (auch als Morrey-Klassifikation bekannt, Typ I-III) der Olekranonfrakturen mit 6 Untertypen der Olekranonfrakturen. (Adaptiert nach [1])

Untersuchungen wurden von 2 Personen durchgeführt (M.U., A.B.), die nicht an den Operationen beteiligt waren.

Statistik

A priori wurde eine Analyse der Stichprobengröße durchgeführt. Für die Erfassung der Bewegungsunterschiede von $10^{\circ} \pm 7,5^{\circ}$ für Flexion/Extension und von $10^{\circ} \pm 5^{\circ}$ für Pronation/Supination zwischen zwei Gruppen mit $\alpha=0,05$ und einer Power von 0,80 wurde die Stichprobengröße von 10 bzw. 6 Patienten errechnet. Sämtliche Datensätze wurden vorrangig auf die Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Für die statistische Beurteilung der Vergleiche zwischen den beiden Therapiegruppen wur-

den parametrische und nicht-parametrische Tests verwendet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ gesetzt.

Ergebnisse

In den beiden Gruppen gab es keine intraoperative Komplikationen. Die mittlere Dauer des operativen Eingriffs betrug 34 ± 4 (28–43) min in der Gruppe mit der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und 35 ± 5 (28–45) min in der Gruppe mit der konventionellen Zuggurtung. Somit war die durchschnittliche Dauer der beiden operativen Techniken miteinander vergleichbar ($p=0,505$).

Postoperativ kam es in 2 Fällen in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung zu einer verzögerten Wundheilung, wel-

che durch i.v.-Antibiotikumgabe behandelt wurde (Augmentin 2,2 g i.v., 3-mal täglich für 5 Tage). Eine chirurgische Revision im Sinne eines Débridements war nicht notwendig. In der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese kam es zu keinen Wundheilungsstörungen.

Im weiteren Verlauf wurde bei 5 Patienten (38,5%) in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und bei 19 Patienten (73,1%) in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung die Entfernung des Osteosynthesenmaterials durchgeführt. Im Durchschnitt erfolgte dieser Eingriff nach $12,2 \pm 2,5$ (10–16) Monaten in der 1. Gruppe bzw. nach $9,2 \pm 2,4$ (6–12) Monaten in der 2. Gruppe. In den beiden Gruppen kam es zu keinen intraoperativen Komplikationen. Postoperativ kam es in einem Fall in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung zu einer verzögerten Wundheilung, welche ebenfalls durch i.v.-Antibiotikumgabe (s. oben) behandelt wurde. Der Bewegungsumfang des operierten Ellenbogens vor und nach der Entfernung des Osteosynthesenmaterials ist in **Tab. 2** beschrieben.

Alle Patienten in den beiden Gruppen konnten nachuntersucht werden. Die mittlere Nachuntersuchungszeit betrug $38,2 \pm 11,5$ (24–58) Monate in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und $37,4 \pm 14,5$ (24–71) Monate in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung (**Tab. 1**). In den beiden Gruppen wurde keine verzögerte ossäre Heilung beobachtet (**Abb. 8**).

Die Narbenlänge betrug in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese 24 ± 4 (18–32) mm (**Abb. 9**). Diese war statistisch signifikant kürzer als die Narbenlänge gemessen in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung mit 110 ± 18 (80–150 mm; $p < 0,001$).

Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung waren 10 Patienten (76,9%) in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und 18 Patienten (69,2%) in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung absolut schmerzfrei („0“ auf der visuellen Analogskala). Insgesamt wurde das Schmerzniveau mit $0,5 \pm 1,0$ (0–3) in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und mit $0,6 \pm 1,0$ (0–3) in der Gruppe der konventionellen

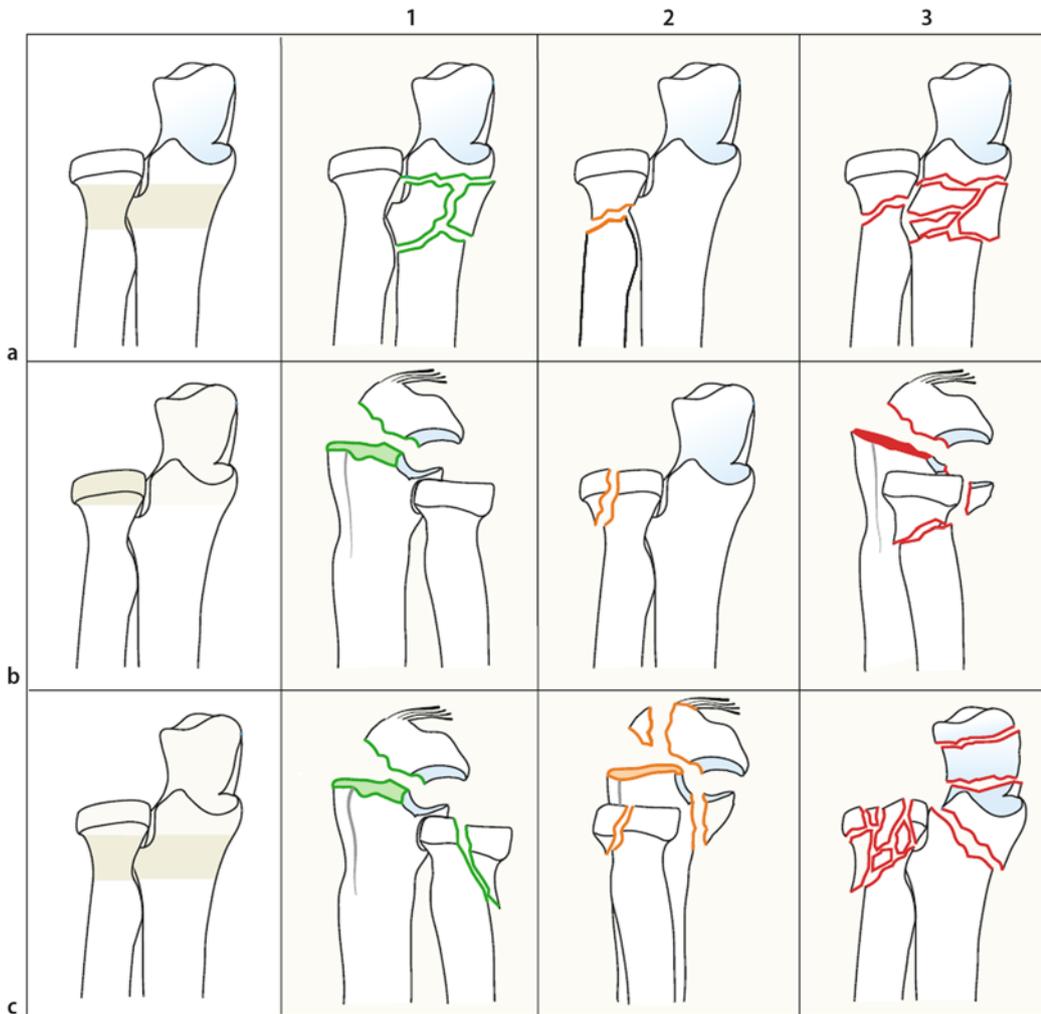


Abb. 4 ◀ AO-Klassifikation der proximalen Unterarmfrakturen mit 3 Haupttypen: **a** extraartikuläre Frakturen, proximaler Unterarm, **b** und **c** intraartikuläre Frakturen



Abb. 5 ▲ Anatomiegerechte Reposition der Fraktur durch die axiale Kompression mittels Repositionszange

Zuggurtung angegeben. Der Unterschied zwischen den beiden Therapiegruppen war statistisch nicht signifikant ($p=0,665$).

Die funktionellen Ergebnisse in den beiden Gruppen sind in **Tab. 3** dargestellt. Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung betrug der Bewegungsumfang (Flexion/Extension) des operierten Ellenbogens in der Gruppe der

perkutane Doppelschraubenosteosynthese mit 145° statistisch signifikant mehr als der Bewegungsumfang in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung mit 130° ($p<0,001$; **Abb. 10**). Bei 2 Patienten (15,4%) in der Gruppe der perkutane Doppelschraubenosteosynthese und bei 6 Patienten (23,1%) in der Gruppe der konventionellen Zuggur-

tung wurde ein Extensionsdefizit zwischen -5° und -20° festgestellt. Auch der Umfang der Pronations- und Supinationsbewegungen war in der Gruppe der perkutane Doppelschraubenosteosynthese mit 165° statistisch signifikant größer als der Bewegungsumfang in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung mit 155° ($p<0,001$).

In der Gruppe der perkutane Doppelschraubenosteosynthese war der Bewegungsumfang der Patienten mit Osteosynthesematerial in situ und der Patienten nach der Entfernung des Osteosynthesematerials vergleichbar (**Tab. 4**). In der Gruppe der konventionellen Zuggurtung war der Bewegungsumfang der Flexions- und Extensionsbewegungen ebenfalls gleich als bei den Patienten mit und ohne Osteosynthesematerial in situ. Der Bewegungsumfang der Pronations- und Supinationsbewegungen war jedoch bei den Patienten

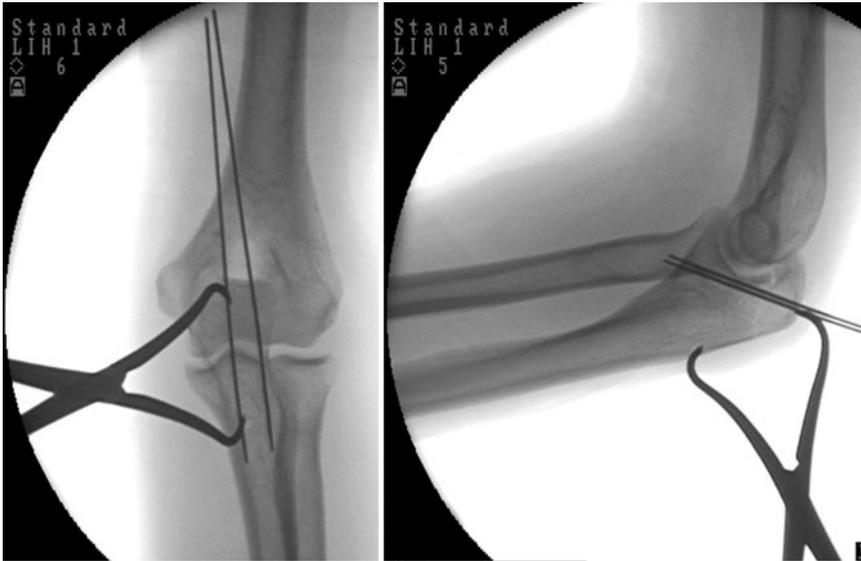


Abb. 6 ▲ Platzierung von zwei bikortikalen, gelenkflächennahen, subchondral verlaufenden parallelen 1,5er Kirschner-Drähten unter axialer Kompression mittels Repositionszange

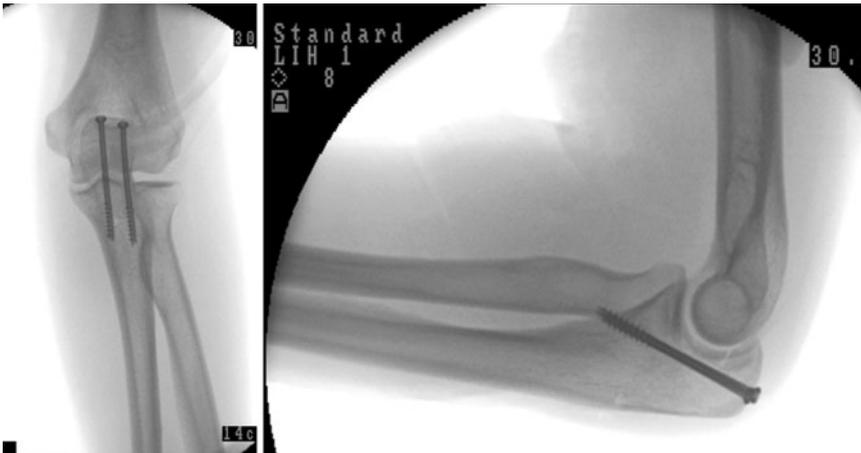


Abb. 7 ▲ Finale Fixierung der Fraktur mittels zweier 3,5 mm bikortikaler, kanülierter Schrauben mit einem kurzen Gewinde



Abb. 8 ▲ Konventionelle Röntgenaufnahme des rechten Ellenbogens einer 29-jährigen Patientin (gleiche Patientin wie in [Abb. 5, 6, 7](#)). Es zeigt sich eine abgeschlossene ossäre Konsolidierung der Fraktur und die unauffällige und regelrechte Lage des Osteosynthesematerials

mit Osteosynthesematerial in situ geringer als bei den Patienten, bei denen die Entfernung des Osteosynthesematerials durchgeführt wurde.

Die Subgruppen des Quick-DASH-Scores waren in den beiden Therapiegruppen vergleichbar ([Tab. 3](#), [Abb. 11](#)). Auch die Gesamtwerte des Quick-DASH-Scores zeigten keine statistisch signifikante Differenz und lagen in beiden Gruppen im oberen funktionellen Bereich ([Tab. 3](#)).

Diskussion

Die vorliegende prospektive Studie wurde durchgeführt, um die postoperativen Ergebnisse inklusive funktioneller Resultate (u. a. Bewegungsumfang des operierten Ellbogengelenks, Quick-DASH-Score und Schmerniveau) sowie die postoperative Häufigkeit der sekundären Eingriffe (Entfernung des osteosynthetischen Materials) beschreiben zu können. Retrospektiv wurde eine Kontrollgruppe aus 26 Patienten gebildet, welche bei identischem Frakturtyp mittels konventioneller Zuggurtungsosteosynthese behandelt wurden, um den Vergleich zwischen den beiden operativen Techniken zu ermöglichen.

Die Zuggurtungsosteosynthese ist die am häufigsten durchgeführte operative Technik bei Patienten mit isolierter Olekranonfraktur vom Typ A nach Schatzker-Schmelling und gehört daher zum „Goldstandard“. Die Dauer des operativen Eingriffs (Schnitt-Naht-Zeit) war in beiden Gruppen vergleichbar, wobei bei der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese die Frakturreposition etwas länger gedauert hat, während in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung die eigentliche Osteosynthese etwas mehr Zeit in Anspruch nahm.

Macko u. Szabo [20] untersuchten 20 konsekutive Patienten mit einer Olekranonfraktur, welche durch eine Zuggurtungsosteosynthese behandelt wurden. Die häufigste Komplikation war bei 16 Patienten die schmerzhafte Prominenz der Kirschner-Drähte. Bei 4 Patienten kam es zur Hautperforation und bei einem Patienten zu einer konsekutiven Infektion mit *Staphylococcus aureus*. Aus diesem Grund empfehlen die Autoren bei

Tab. 3 Funktionelle Ergebnisse nach der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und nach der konventionellen Zuggurtung

	Perkutane Doppelschraubenosteosynthese	Konventionelle Zuggurtung	p
Patienten (n)	13	26	–
Mittlere Nachbeobachtungszeit [Monate (Range)]	38,2±11,5 (24–58)	37,4±14,5 (24–71)	0,621 ^a
Bewegungsumfang^c			
Flexion	140° (130–155°)	130° (115–145°)	<0,001 ^b
Extension	0° (–10–10°)	0° (–20–10°)	0,047 ^a
Gesamt	145° (120–160°)	130° (105–145°)	<0,001 ^a
Pronation	85° (80–90°)	75° (70–85°)	<0,001 ^a
Supination	85° (75–90°)	80° (70–85°)	0,001 ^a
Total	165° (155–180°)	155° (140–165°)	<0,001 ^a
Quick-DASH-Subgruppen^c			
Marmeladenglas öffnen	1 (1–1)	1 (1–2)	0,220 ^a
Hausarbeit	1 (1–2)	1 (1–3)	0,692 ^a
Tasche tragen	1 (1–2)	1 (1–1)	0,734 ^a
Rücken waschen	1 (1–2)	1 (1–3)	0,211 ^a
Messer benutzen	1 (1–1)	1 (1–2)	0,330 ^a
Freizeitaktivitäten	1 (1–2)	1 (1–3)	1,000 ^a
Soziale Kontakte	1 (1–1)	1 (1–2)	0,148 ^a
Arbeit/andere tägliche Aktivitäten	1 (1–2)	1 (1–3)	0,405 ^a
Schlafstörungen	1 (1–2)	1 (1–3)	0,905 ^a
Schmerzen	1 (1–2)	1 (1–3)	0,291 ^a
Kribbeln (Nadelstiche)	1 (1–2)	1 (1–2)	0,520 ^a
Quick-DASH-Score gesamt	2,3 (0–9,1)	0 (0–38,6)	0,155 ^a

^aMann-Whitney-U-Test. ^bStudent's t-Test. ^cAngaben als Median (Zentralwert) und Range.

Tab. 4 Bewegungsumfang des operierten Ellenbogengelenks bei Patienten mit dem Osteosynthesematerial in situ und bei Patienten mit St.n. Entfernung des Osteosynthesematerials

	Patienten mit perkutaner Doppelschraubenosteosynthese		p
	Osteosynthesematerial in situ	St.n. Entfernung des Osteosynthesematerials	
Patienten (n)	8	5	–
Bewegungsumfang^c			
Flexion	140° (130–150°)	140° (135–155°)	0,373 ^a
Extension	0° (–10–10°)	0° (–10–10°)	0,827 ^a
Gesamt	145° (120–150°)	145° (125–160°)	0,445 ^a
Pronation	85° (80–85°)	85° (80–90°)	0,241 ^a
Supination	80° (75–85°)	87,5° (80–90°)	0,093 ^b
Total	165° (155–170°)	170° (165–180°)	0,171 ^b
Patienten (n)	7	19	–
Bewegungsumfang^c			
Flexion	130° (120–140°)	130° (115–145°)	0,820 ^a
Extension	0° (–15–0°)	0° (–20–10°)	0,138 ^b
Gesamt	130° (105–140°)	130° (110–145°)	0,572 ^a
Pronation	70° (70–75°)	75° (70–85°)	0,004 ^b
Supination	75° (70–80°)	80° (70–85°)	0,013 ^b
Total	145° (140–150°)	155° (145–165°)	<0,001

^aStudent's t-Test. ^bMann-Whitney-U-Test. ^cAngaben als Median (Zentralwert) und Range.

allen Patienten die Entfernung des osteosynthetischen Materials, sobald die ossäre Heilung radiologisch bestätigt wurde [20].

Die schmerzhafte Prominenz der Kirschner-Drähte gehört zu den häufigsten postoperativen Komplikation der Zug-

gurtungsosteosynthese [20, 38]. Die Prominenz der Kirschner-Drähte kann durch inkorrekte intraoperative Technik und/oder durch die postoperative proximale Migration der Drähte verursacht werden [19, 20, 38]. Aus diesem Grund wird in etwa 80% der Fälle ein erneuter Eingriff im Sinne einer Entfernung des osteosynthetischen Materials notwendig [9, 20, 38]. In unserer Studie wurde bei 38,5% aller Patienten mit der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese und bei 73,1% aller Patienten mit der konventionellen Zuggurtungsosteosynthese die Entfernung des osteosynthetischen Materials durchgeführt. Bei keinem der Patienten musste der Eingriff notfallmäßig durchgeführt werden.

Zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung wurden in beiden Gruppen die gleichen Werte des Quick-DASH-Scores gemessen. Auch die Untersuchung der einzelnen Subgruppen ergab keine statistisch signifikante Differenz. Der Bewegungsumfang des operierten Ellenbogens war in der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese mit 145° im Durchschnitt 15° größer als in der Kontrollgruppe mit der perkutanen Zuggurtungsosteosynthese. Bis dato sprach man von einer relevanten hypomobilen Funktionsstörung, wenn bei Extension/Flexion keine Bewegungsausmaße von 0°/30°/130° erreicht wurden [17, 21]. Eine aktuelle Studie von Sardelli et al. [32] hat jedoch ergeben, dass für die alltäglichen Aufgaben ein größerer Bewegungsumfang als 100° benötigt wird. Für die Bewältigung der normalen Aufgaben im Alltag wurde hier ein mittlerer Bewegungsumfang (Flexion/Extension) von 130°±7° gemessen, mit Maximalwerten von 142°±3° bei der Benutzung eines Mobiltelefons [32]. Aus diesem Grund sind wir überzeugt, dass 15° Unterschied im Bewegungsausmaß durchaus eine klinische Bedeutung für den Patienten haben kann.

Weiterhin wurde in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung ein signifikanter Unterschied des Bewegungsumfangs der Pronations- und Supinationsbewegungen zwischen den Patienten mit und ohne Osteosynthesematerial in situ beobachtet. Dies kann u. a. durch die chirurgische Operationstechnik erklärt werden. Die Überlänge bei den Schrau-



Abb. 9 ▲ Operative Narbe nach der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese: in diesem Fall beträgt die Narbenlänge 17 mm (gleiche Patientin wie in ■ Abb. 5, 6, 7, 8)

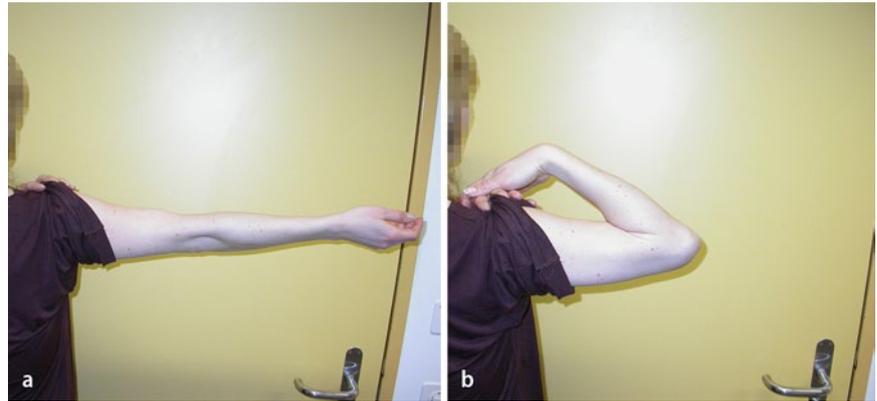


Abb. 10 ▲ Klinischer Bewegungsumfang des operierten Ellenbogengelenks einer 29-jährigen Patientin 2 Jahre nach der Operation (perkutaner Doppelschraubenosteosynthese; gleiche Patientin wie in ■ Abb. 5, 6, 7, 8): a Extension, b Flexion

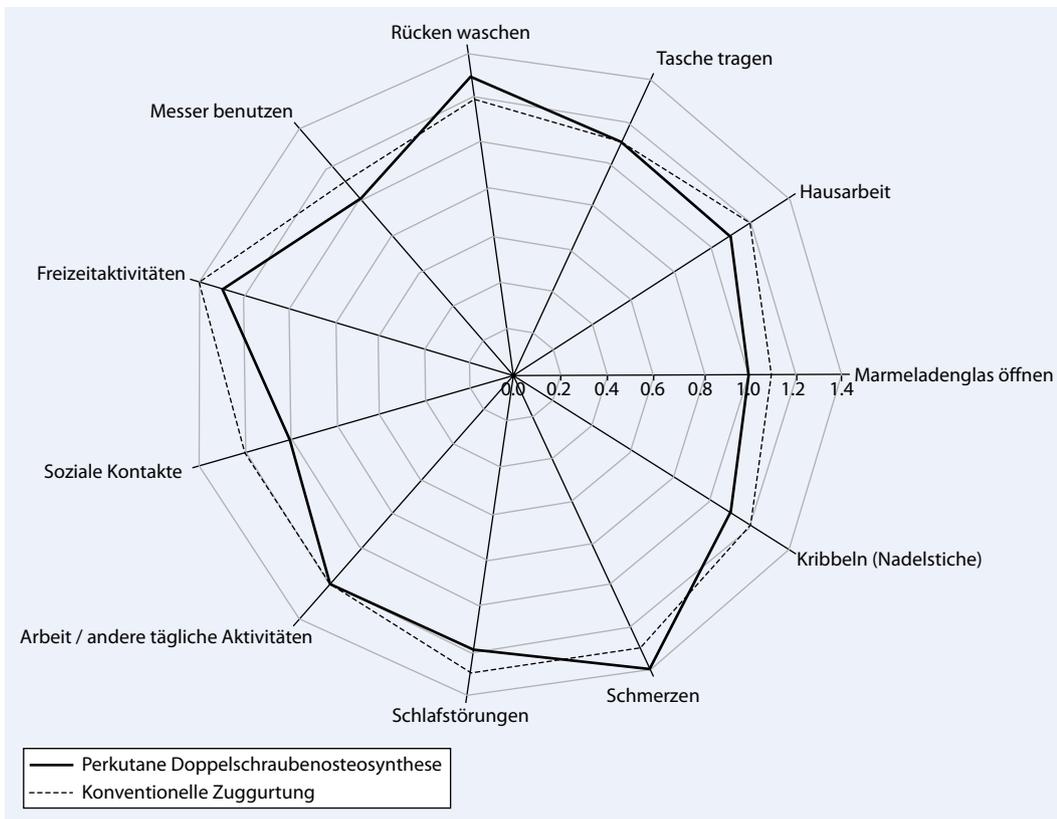


Abb. 11 ◀ Radardiagramm mit der Darstellung der Mittelwerte der Subgruppen des Quick-DASH-Scores in den beiden Therapiegruppen: durchgezogene Linie (perkutaner Doppelschraubenosteosynthese), gestrichelte Linie (konventionelle Zuggurtung)

ben beschränkt sich in der Regel auf ca. 2–3 mm, welche bei einer Gewindehöhe von 1,5 mm ca. zwei Gewindehöhen jenseits der Kortikalis entspricht. Somit wird bei dieser Überlänge eine feste Verankerung garantiert. Da Kirschner-Drähte prinzipiell eine gewisse Gleitbewegung entlang der Drähte zulassen sollten, muss eine Überlänge von mindestens 5 mm angestrebt werden, insbesondere, weil die Kirschner-Drähte an den Enden über eine Strecke von 3 mm spitz zulau-

fen, was bei den Schrauben nicht der Fall ist. Selbst bei einer größeren Überlänge können Kirschner-Drähte wandern, was bei den Schrauben eher seltener zu beobachten ist. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass eine sogar noch größere Überlänge nötig wäre, um eine sichere knöcherne Verankerung zu erzielen.

Diese Studie hat mehrere Limitationen, welche erwähnt werden sollten.

- Erstens ist die Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese

mit 13 Patienten relativ klein. Wir haben jedoch post hoc eine Poweranalyse für die beobachteten Bewegungsunterschiede durchgeführt, welche eine Power von 0,818 für Flexion/Extension und eine Power von 1,000 für Pronation/Supination ergeben hat.

- Zweitens wurde die konventionelle Zuggurtung mit den Kirschner-Drähten durch mehrere Operateure durchgeführt, dadurch ergibt sich eine größere Varianz als bei der Gruppe der

perkutane Doppelschraubenosteosynthese, die nur von einem Chirurgen durchgeführt wurde. Allerdings wurden alle Eingriffe in der Kontrollgruppe unter Aufsicht von AO-Instrukteuren mit vergleichend hohem Erfahrungsniveau gemacht.

– Drittens konnte die Überlänge der Schrauben- und Kirschner-Drahtspitzen nicht gemessen und miteinander verglichen werden, weil die vorhandenen postoperativen Bilder keine genormte Referenzkugel haben.

Fazit für die Praxis

Olekranonfrakturen gehören mit 7–10% zu den mittelhäufigen Brüchen des Erwachsenen. Aus diesem Grund gehören sie zum Alltag der traumatologischen Chirurgie.

In der vorgestellten Arbeit wurden die Ergebnisse der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese in 13 konsekutiven Patienten beschrieben und mit der Kontrollgruppe aus 26 Patienten mit der konventionellen Zuggurtungsosteosynthese verglichen. In beiden Gruppen kam es zu keinen intraoperativen Komplikationen. In der Gruppe der perkutanen Doppelschraubenosteosynthese war die Narbe signifikant kürzer und das Osteosynthesematerial musste signifikant weniger häufig entfernt werden.

Nach einer Mindestnachbeobachtungszeit von 2 Jahren wurden in den beiden Gruppen vergleichbare funktionelle Ergebnisse erzielt, wobei der Bewegungsumfang in der Gruppe der Doppelschraubenosteosynthese signifikant besser als in der Gruppe der konventionellen Zuggurtung war.

Bei Patienten mit einer einfachen Olekranonfraktur vom Typ A nach Schatzker-Schmelling liefert die perkutane Doppelschraubenosteosynthese vergleichbare Ergebnisse im DASH-Score im Vergleich zum Goldstandard, hat jedoch den Vorteil einer geringeren Revisionsrate mit besserer Beweglichkeit und Kosmetik.

Korrespondenzadresse



PD Dr. G. Pagenstert
Klinik für Orthopädie,
Universitätsklinikum Basel
Spitalstraße 21, CH-4031 Basel
Schweiz
gpagenstert@uhbs.ch

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Cabanela ME, Morrey BF (1993) Fractures of the olecranon. In: Morrey BF (ed) *Morrey the elbow and its disorders*, 2. edn. Saunders, Philadelphia, pp 405–428
- Candal-Couto JJ, Williams JR, Sanderson PL (2005) Impaired forearm rotation after tension-band-wiring fixation of olecranon fractures: evaluation of the transcortical K-wire technique. *J Orthop Trauma* 19:480–482
- Chapleau J, Canet F, Petit Y et al (2011) Validity of goniometric elbow measurements: comparative study with a radiographic method. *Clin Orthop Relat Res* 469:3134–3140
- Cohen MM, Duncan PG (1988) Physical status score and trends in anesthetic complications. *J Clin Epidemiol* 41:83–90
- Colton CL (1973) Fractures of the olecranon in adults: classification and management. *Injury* 5:121–129
- De Carli P, Gallucci GL, Donndorff AG et al (2009) Proximal radio-ulnar synostosis and nonunion after olecranon fracture tension-band wiring: a case report. *J Shoulder Elbow Surg* 18:40–44
- Gautier E, Pesantez RF (2007) Surgical reduction. In: Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG (eds) *AO principles of fracture management: volume 1 – principles*, 2. edn. Thieme, Stuttgart, pp 165–188
- Gummesson C, Ward MM, Atroschi I (2006) The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord* 7:44
- Holdsworth BJ, Mossad MM (1984) Elbow function following tension band fixation of displaced fractures of the olecranon. *Injury* 16:182–187
- Hölzl A, Verheyden AP (2008) Isolierte Olekranonfrakturen. *Unfallchirurg* 111:727–734
- Hölzl A, Verheyden AP (2008) Operative Therapie der isolierten Olekranonfraktur. *Unfallchirurg* 111:735–739
- Huang TW, Wu CC, Fan KF et al (2010) Tension band wiring for olecranon fractures: relative stability of Kirschner wires in various configurations. *J Trauma* 68:173–176
- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C (1996) Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med* 29:602–608
- Huskisson EC (1974) Measurement of pain. *Lancet* 2:1127–1131
- Jung W, Schofer M, Kortmann HR (2003) Differenzierte Therapie bei Olekranonfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 5:13–20
- Karlsson MK, Hassserius R, Karlsson C et al (2002) Fractures of the olecranon: a 15- to 25-year follow-up of 73 patients. *Clin Orthop Relat Res* 403:205–212
- Kaysner R, Stahel PF (2006) Ellenbogenverletzungen und Relevanz funktioneller Defizite. *Man Med* 44:291–294
- Kozin SH, Berglund LJ, Cooney WP et al (1996) Bio-mechanical analysis of tension band fixation for olecranon fracture treatment. *J Shoulder Elbow Surg* 5:442–448
- Larsen E, Jensen CM (1991) Tension-band wiring of olecranon fractures with nonsliding pins. Report of 20 cases. *Acta Orthop Scand* 62:360–362
- Macko D, Szabo RM (1985) Complications of tension-band wiring of olecranon fractures. *J Bone Joint Surg Am* 67:1396–1401
- Morrey BF, Askew LJ, Chao EY (1981) A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am* 63:872–877
- Murphy DF, Greene WB, Dameron TB Jr (1987) Displaced olecranon fractures in adults. Clinical evaluation. *Clin Orthop Relat Res* 224:215–223
- Newman SD, Mauffrey C, Krikler S (2009) Olecranon fractures. *Injury* 40:575–581
- Nowak TE, Dietz SO, Burkhart KJ et al (2012) Frakturen des Ellenbogengelenkes. *Chirurg* 83:181–198
- Otto W (2002) Olekranonfraktur. Was ist Standard? *Trauma Berufskrankh* 4:81–86
- Paremain GP, Novak VP, Jinnah RH et al (1997) Bio-mechanical evaluation of tension band placement for the repair of olecranon fractures. *Clin Orthop Relat Res* 335:325–330
- Parker JR, Conroy J, Campbell DA (2005) Anterior interosseus nerve injury following tension band wiring of the olecranon. *Injury* 36:1252–1253
- Ring D, Jupiter JB (1997) Elbow fractures in the adult. *Curr Orthop* 11:242–248
- Ring D, Jupiter JB (1998) Fracture-dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 80:566–580
- Rommens PM, Kuchle R, Schneider RU et al (2004) Olecranon fractures in adults: factors influencing outcome. *Injury* 35:1149–1157
- Rompen JC, Vos GA, Verheyden CC (2010) Acute ischemia of the hand seven months after tension-band wiring of the olecranon. *J Shoulder Elbow Surg* 19:9–11
- Sardelli M, Tashjian RZ, MacWilliams BA (2011) Functional elbow range of motion for contemporary tasks. *J Bone Joint Surg Am* 93:471–477
- Schatzker J (1987) Fractures of the olecranon. In: Schatzker J, Tile M (eds) *The rationale of operative fracture care*, 1. edn. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 89–95
- Siebenlist S, Schmidt-Horlohè K, Hoffmann R et al (2011) Proximale Ulnafrakturen. *Z Orthop Unfall* 149:1–19
- Veillette CJ, Steinmann SP (2008) Olecranon fractures. *Orthop Clin North Am* 39:229–236
- Velkes S, Tytiun Y, Salai M (2005) Proximal radio-ulnar synostosis complicating tension band wiring of the fractured olecranon. *Injury* 36:1254–1256
- Weber BG, Vasey H (1963) Osteosynthesis in olecranon fractures. *Z Unfallmed Berufskr* 56:90–96
- Wolfgang G, Burke F, Bush D et al (1987) Surgical treatment of displaced olecranon fractures by tension band wiring technique. *Clin Orthop Relat Res* 224:192–204
- Zimmermann G, Wagner C, Wentzensen A (2004) Olekranonfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 6:225–231