

## Redaktion

W. Mutschler, München

A. Rübberdt<sup>1</sup> · C. Surke<sup>1</sup> · T. Fuchs<sup>1</sup> · U. Frerichmann<sup>1</sup> · L. Matuszewski<sup>2</sup> · V. Vieth<sup>2</sup> · M.-J. Raschke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- & Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Münster

<sup>2</sup> Institut für Klinische Radiologie, Universitätsklinikum Münster

## Das präformierte LCP®-Plattenfixateursystem bei distalen Humerusfrakturen AO-Typ 13C3

### Klinische Erfahrungen und Behandlungsergebnisse unter Berücksichtigung des Zugangsweges

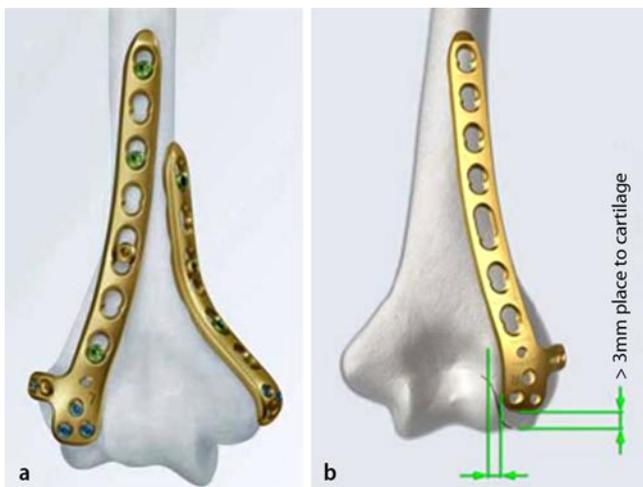
Frakturen des distalen Humerus des Erwachsenen vom AO-Typ 13C3 sind seltene, schwere Verletzungen einer komplexen biomechanischen Gelenkeinheit [11, 15, 17, 22, 24, 28]. Die Inzidenz von distalen Humerusfrakturen insgesamt (AO-Typ A–C) wird in der Literatur in einer Spanne von 1–6% angegeben [25]. Eine Analyse der Patientenkollektive neuerer Studien ergab, dass etwa 58% (29–84%) aller angeführten distalen Humerusfrakturen C-Frakturen waren, von denen durchschnittlich 24% (6–47%) dem AO-Subtyp 13C3 zugeordnet wurden [2, 6, 11, 12, 17, 26, 27, 28].

Als die Therapie der Wahl hat sich die offene Frakturreposition, anatomische Rekonstruktion und kombinierte Platten-

/Schraubenosteosynthese herauskristallisiert, wobei die Positionierung der Platten am radialen und ulnaren Pfeiler mitunter noch kontrovers diskutiert wird [2, 15, 26]. Ziel jeder osteosynthetischen Versorgung muss die übungsstabile Fixation der Fraktur sein als wesentliche Voraussetzung für eine frühfunktionelle Behandlung. Dies stellt hohe Anforderung an das operative Geschick des Operators und an sein dreidimensionales (3D-)Frakturverständnis. Doch auch nach sorgfältiger präoperativer Frakturanalyse und -klassifikation anhand der multiplanaren CT-Rekonstruktionen (inklusive der 3D-Animation) erhält der Operateur präoperativ nicht alle wesentlichen Informationen:

- Eigene Erfahrungen zeigen, dass sich die Frakturmorphologie im intraoperativen Situs häufig komplexer darstellt. Gering dislozierte und insbesondere nicht dislozierte osteochondrale Gelenkfragmente sind im CT mitunter schwer zu identifizieren. Multifragmentäre Situationen in Kombination mit osteochondralen Abscherfragmenten oder Capitulumabschlagsfrakturen sind zudem in keiner verfügbaren Klassifikation adäquat einstuftbar.
- Der Operateur hat präoperativ keine eindeutigen Informationen über die Knochenfestigkeit.

Mit allen Unwägbarkeiten wird der Operateur intraoperativ konfrontiert und muss die Situation dahingehend beherrschen, dass seine Frakturrekonstruktion anatomisch und übungsstabil fixiert ist. Das rückt neben der Indikationsstellung, dem Zugangsweg und den operativen Fertigkeiten des Operators ganz wesentlich die ihm zur Verfügung stehenden Osteosynthesematerialien in den Mittelpunkt. Eine große Palette von beschriebenen Osteosyntheseverfahren einschließlich von Salvageprozeduren, wie z. B. die primäre oder sekundäre endoprothetische Versorgung des Ellenbogengelenks, verdeutlichen diese Problematik [1, 9, 11, 13, 21, 26].



**Abb. 1** ◀ a LCP-Plattenfixateur Ellenbogen (Fa. Synthes®). b Empfohlener Abstand des radialen Plattenfixateurs zur Gelenkfläche des Capitulum

A. Rübberdt · C. Surke · T. Fuchs · U. Frerichmann · L. Matuszewski · V. Vieth · M.-J. Raschke  
**Das präformierte LCP®-Plattenfixateursystem bei distalen Humerusfrakturen AO-Typ 13C3. Klinische Erfahrungen und Behandlungsergebnisse unter Berücksichtigung des Zugangsweoges**

**Zusammenfassung**

Die übungsstabile osteosynthetische Versorgung von intraartikulären distalen Humerusfrakturen ist Voraussetzung für eine rasche Beübung des Ellenbogengelenks. Die Doppelplattenosteosynthese hat sich hierbei als effizientes Osteosyntheseverfahren etabliert, wobei die Positionierung der Platten am radialen und ulnaren Pfeiler mitunter noch kontrovers diskutiert wird. Die winkelstabile Verbindung von Platten und Schrauben zeigt hierbei biomechanische Vorteile hinsichtlich der Primärstabilität, insbesondere bei mehrfragmentären Gelenkfrakturen (AO-Typ 13C3) und bei älteren Patienten mit osteopener Knochenqualität. Der dorsale Zugangsweg mit Olecranonosteotomie bietet bei C3-Frak-

turen des distalen Humerus im Gegensatz zu anderen Zugängen dem Operateur eine umfassende Panoramasicht auf das zerstörte Gelenkmasiv.

Eine neue Entwicklung sind anatomisch präformierte Plattenfixateursysteme wie das LCP®-System für den distalen Humerus (Fa. Synthes®). Im vorliegenden Beitrag werden Behandlungsergebnisse mit diesem System bei der Osteosynthese von distalen Humerusfrakturen vom AO-Typ 13C3 anhand von 11 Fällen kritisch analysiert.

**Schlüsselwörter**

Distaler Humerus · Intraartikuläre Frakturen · LCP® · Winkelstabilität

**Preformed plate-fixation system for type AO 13C3 distal humerus fractures. Clinical experiences and treatment results taking access into account**

**Abstract**

In distal intraarticular humerus fractures primary stable osteosynthesis is essential for early mobilization of the elbow joint. Double-plate osteosynthesis techniques using different configurations are the gold standard. In the literature plate position is sometimes discussed controversially. In cases of distal humerus fractures (type AO 13C3) with metaphyseal comminution, as well as in elderly patients with poor bone quality, utilizing locking plates with angular stability was found to have increased structural properties with regard to primary fixation stability. The dorsal approach with osteotomy of the olecranon

seems to be very effective in open reduction and internal fixation of this type of fracture.

One new development is the anatomically preformed plate-fixation systems such as the LCP®-System for distal humerus (Synthes®). This study presents our first experience with this system in 11 cases of open reduction and internal fixation of type AO 13C3 distal humerus fractures. The system-specific features and intraoperative options were analyzed.

**Keywords**

Distal humerus · Intraarticular fractures · LCP® · Angular stability

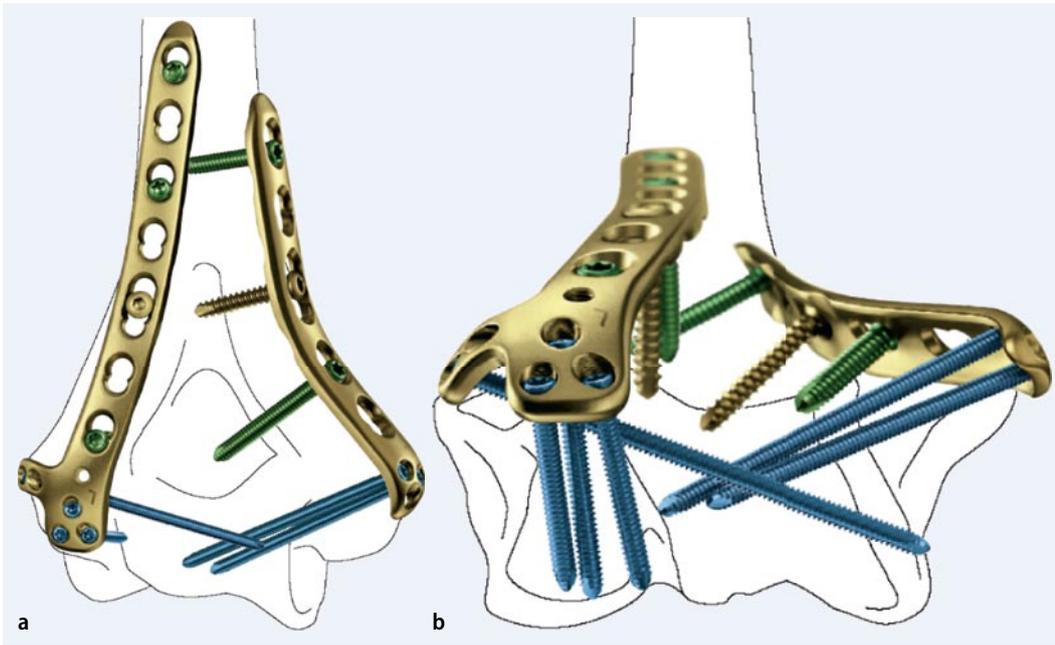
Die Doppelplattenosteosynthese hat sich mittlerweile als das Verfahren der Wahl etabliert [10, 15, 17, 25]. Ein oft beschriebenes Problem stellt hierbei die unbefriedigende Primärstabilität der Osteosynthese dar. Ursächlich wird die lediglich von einer dünnen Kortikalishaut ummantelte (bei älteren Patienten zudem osteopene) Knocheninnenstruktur und die multifragmentär zerstörte komplexe Gelenkgeometrie angeführt. Die Implantation einer Ellenbogengelenkprothese darf nur als letzte Rückzugsmöglichkeit nach Ausschöpfung aller gelenkerhaltenden Maßnahmen verstanden werden [16, 21]. Eine neue Generation von Osteosynthesematerialien könnte aufgrund des Schraubenverankerungsprinzips in der Lage sein, die Fixationsprobleme bei der distalen Humerusfraktur vom AO-Typ 13C3 (bzw. noch komplexer) zu lösen.

Die neuen anatomisch präformierten LCP®-Plattenfixateursysteme (Fa. Synthes®), speziell für diese Frakturart entwickelt, bieten aufgrund ihrer Konfiguration und Winkelstabilität neue Möglichkeiten der Frakturversorgung, insbesondere bei metaphysären Trümmer-/Defektsituationen und komplexer Gelenkerstörung [10, 11, 15, 22]. Die vorliegende klinisch-prospektive Untersuchung stellt die Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung von distalen Humerusfrakturen vom AO-Typ 13C3 mit dem LCP®-Plattenfixateur vor (▣ Abb. 1a, ▣ Abb. 2).

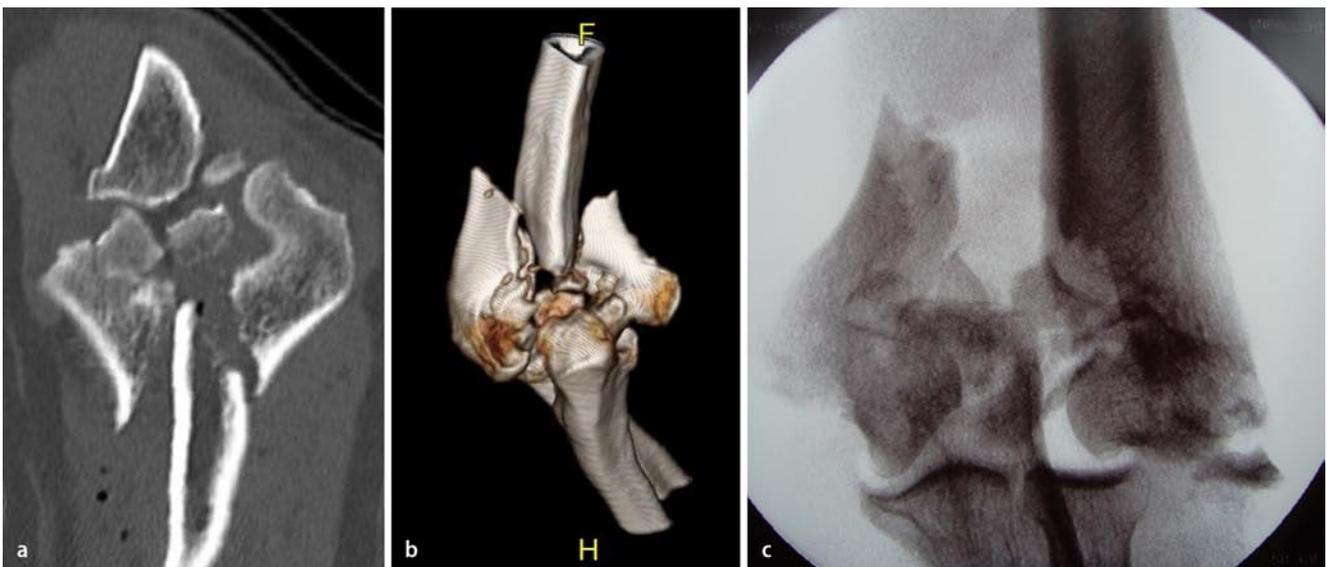
**Material und Methoden**

In der Zeit von 01/2004 bis 12/2006 wurden in der in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Münster 41 Patienten mit einer intraartikulären distalen Humerusfraktur operativ behandelt. Seit März 2005 werden sämtliche distalen Humerusfrakturen prospektiv erfasst und dokumentiert. Aus dem Gesamtkollektiv konnten 15 konsekutive Patienten mit einer nach AO klassifizierten Fraktur Typ 13C3 identifiziert werden.

Der in der Klinik seit März 2005 verfügbare LCP®-Plattenfixateur kam bei 12 Patienten mit diesem Frakturtyp zur Anwendung. Ein polytraumatisierter Patient dieses Kollektivs verstarb 4 Wochen postoperativ an einem protrahierten Leber-



**Abb. 2** ◀ Transparenzmodell mit Lage der Plattenfixateurschrauben in der **a** koronaren und **b** axialen Ansicht



**Abb. 3** ▲ Patient Nr. 3: **a** Präoperative CT-Schnittbildgebung koronare Schichtung, **b** 3D-CT-Animation, **c** intraoperative 2D-Durchleuchtung

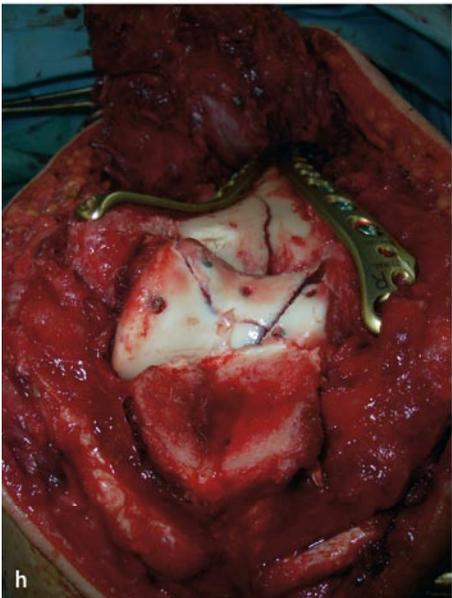
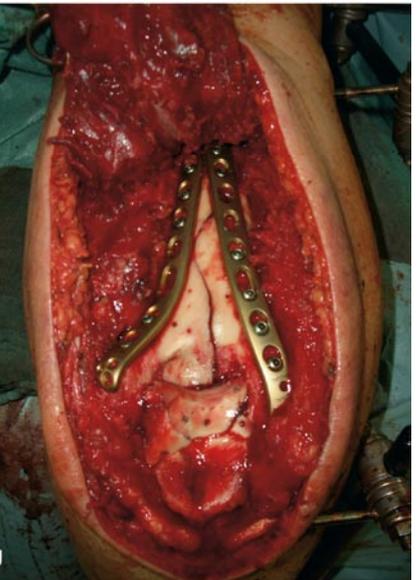
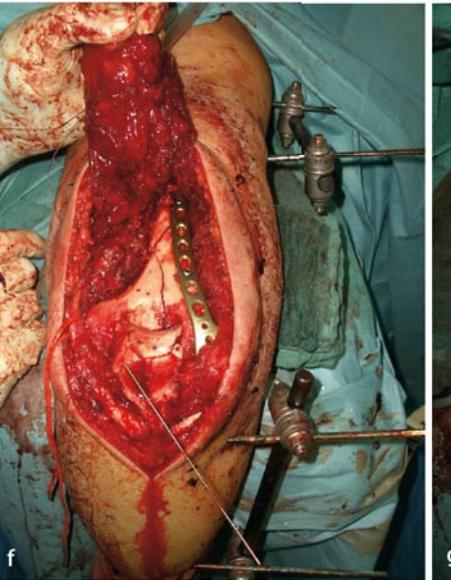
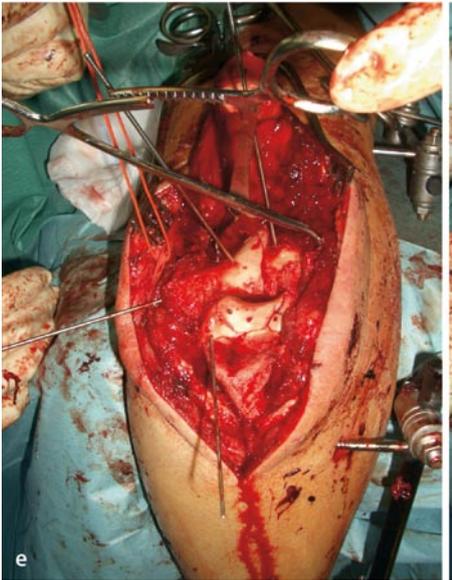
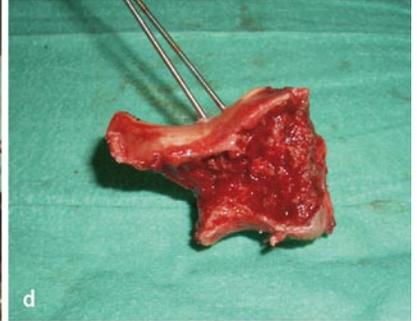
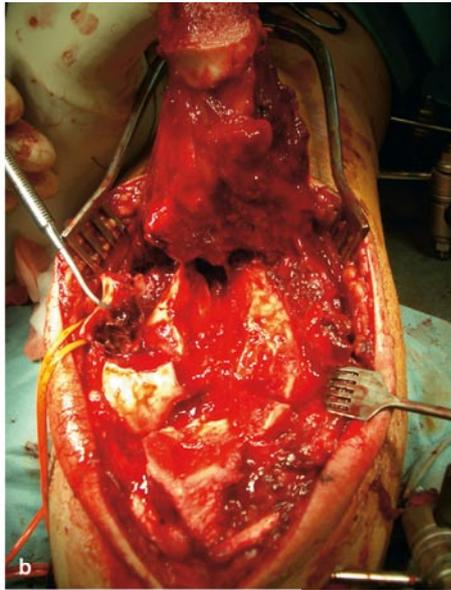
versagen und fand keinen Eingang in die vorliegende Studie. Die übrigen Patienten wurden vom Aufnahmetag an prospektiv begleitet und stehen im Mittelpunkt der vorliegenden Studie. Ein weiterer Patient wurde 3 Wochen nach der Operation heimatnah verlegt. Die klinischen

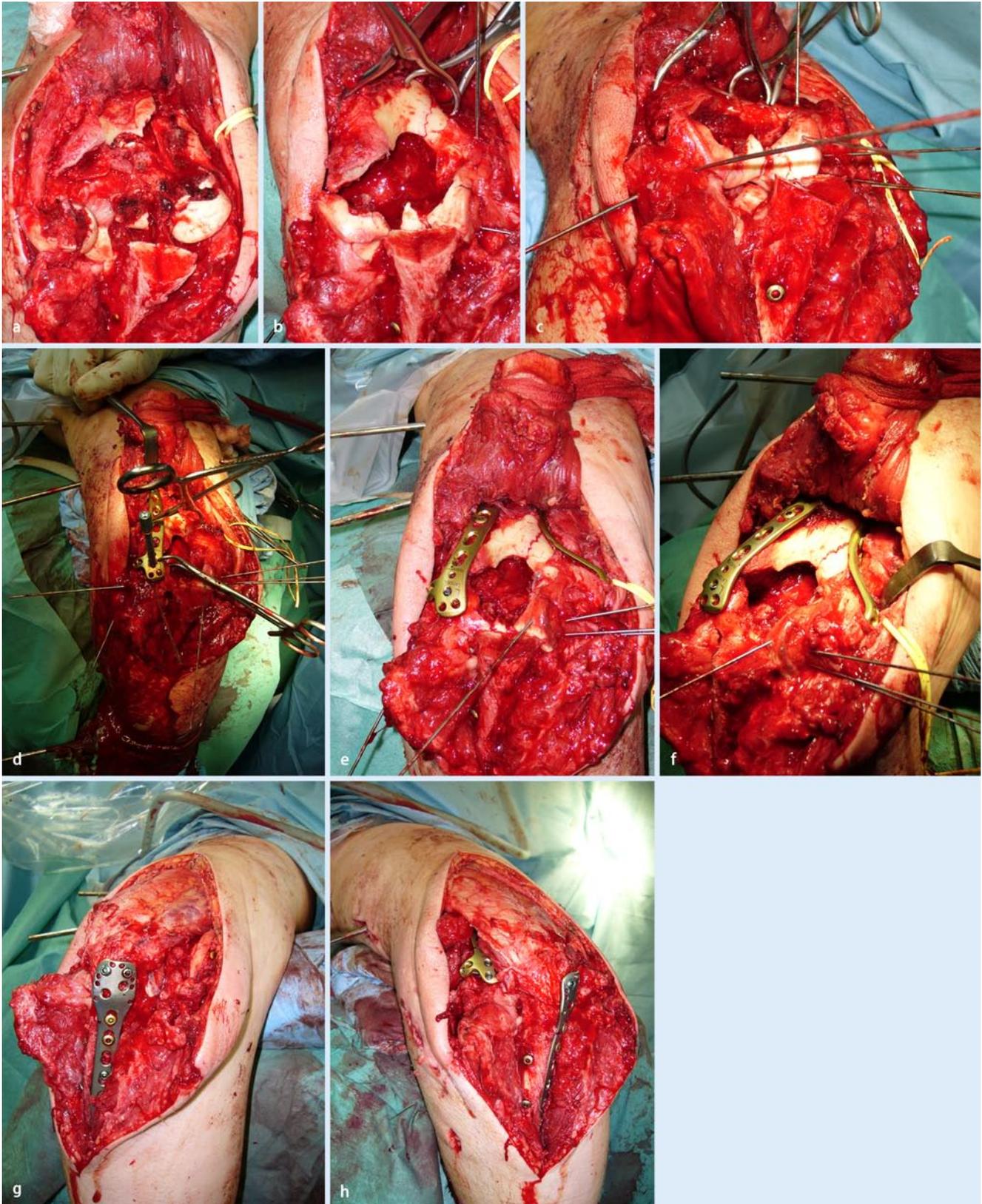
und radiologischen Verlaufskontrollen erfolgten durch die weiterbehandelnden Ärzte vor Ort. Die Behandlungsunterlagen und Röntgenbilder wurden uns zur Verfügung gestellt. Für das Scoring wurde der Patient telefonisch kontaktiert. Das Durchschnittsalter der 11 konsekutiven

Patienten betrug  $44,1 \pm 11,3$  Jahre (männlich  $n=8$ ). In 8 Fällen war das linke Ellenbogengelenk betroffen; 3 Patienten waren polytraumatisiert; bei 6 Patienten lag ein Arbeits- oder Wegeunfall vor.

Die präoperative Diagnostik umfasste eine konventionelle Röntgenuntersu-

**Abb. 4** ▶ Patient Nr. 4: **a** Präoperatives Röntgenbild koronare Ansicht, **b** korrespondierender intraoperativer Situs nach Chevron-Osteotomie und Neurolyse des N. ulnaris. **c,d** Ex-situ-Rekonstruktion der Trochlearolle mit 1,2-mm-Leibinger-Schrauben unter Verwendung von 0,8-mm-Kirschner-Drähten. **e** Temporäre Fixation des metaphysären Stiels mittels Repositionszange und Kirschner-Drähten. Bereits erfolgte transkondyläre Verschraubung des Gelenkblockes nach Einpassung der Trochleakomponente. **f** Definitive Fixation des radialen Pfeilers mittels radialen Plattenfixateur und additiver Verschraubung (3-mal 3,5-mm-Kortikalisschrauben). **g** Intraoperativer Situs in der Aufsicht nach Komplettierung der Osteosynthese. **h** Axiale Ansicht des rekonstruierten Trochleamassivs mit subchondral versenkten 1,2-mm-Leibinger-Schrauben. **i, j** Röntgenkontrolle 14 Monate postoperativ (koronare und sagittale Projektion)





**Abb. 5** ▲ Patient Nr. 3: **a** Intraoperativer Situs nach Chevron-Osteotomie, Neurolyse des N. ulnaris und Verschraubung der proximalen Ulnafraktur. **b** Aufbau des metaphysären Stiels. **c** Rekonstruktion des Trochleamassivs. **d** Reposition des radialen Pfeilers über den radialen Plattenfixateur. **e** Montage des ulnaren Plattenfixateurs. **f** Radial-metaphysärer Knochendefekt. **g, h** Intraoperativer Situs nach Osteosynthese der Chevron-Osteotomie bei koexistenter proximaler Ulnafraktur mittels proximaler Humerusplatte (PHP®, Fa. Synthes®)

chung des Ellenbogengelenks in 2 Ebenen sowie eine native Computertomographie (CT, **Abb. 3**). Bei den polytraumatisierten Patienten wurde im Rahmen des standardisierten Schockraummanagements auf die 2. Röntgenebene und auf eine separate Ellenbogen-CT verzichtet. Die Polytrauma-CT-Untersuchung wurde hier mit am Rumpf angelagertem Arm durchgeführt und das verletzte Ellenbogengelenk später separat herausrekonstruiert.

Bei einem Patienten mit einem G2-Weichteilschaden (Tscherne/Oestern) erfolgte am Unfalltag lediglich die Transfixation des Ellenbogengelenks ohne interne Osteosynthese. Das initiale Wundmanagement der Typ IIIb offenen distalen Humerusfraktur (Gustilo-Anderson) bestand in einem radialen Wunddébridement mit Jetlavagierung, temporärer alloplastischer Weichteildeckung und Transfixation des Ellenbogengelenks [8, 23]. Die Typ IIIa offene Fraktur wurde am Unfalltag definitiv osteosynthetisch versorgt.

Die definitive osteosynthetische Versorgung erfolgte durchschnittlich nach  $2,4 \pm 3,2$  (0–9) Tagen in Bauchlagerung (Thoraxkissen mit Lagerung des verletzten Arms in Unterarmhängeposition auf einem kleinen Armtischchen, das eine Beugung des Ellenbogengelenks bis  $100^\circ$  zuließ). Eine Blutsperre wurde in keinem Fall verwendet. Perioperativ erhielten alle Patienten eine i. v.-Antibiotikaphylaxe mit Cefuroxim® 1,5 g, die konsequent mindestens bis zum 3. postoperativen Tag weitergeführt wurde.

Der Zugangsweg lag streckseitig (dorsal) in der Mittellinie des distalen Oberarms und proximalen Unterarms mit Radialumschneidung des Olecranon. Die Bursa olecrani wurde dezidiert geschont (suffiziente Weichteildeckung des Zugurtungsosteosynthesematerials) und konnte letztendlich bei 8 Patienten erhalten werden. Aufgrund einer traumatischen Bursazerreißung (n=2) und freiliegender Bursa olecrani erfolgte in 3 Fällen die Bursektomie.

Die standardmäßig bei C3-Frakturen durchgeführte Chevron-Osteotomie des Olecranon ermöglichte eine adäquate Visualisierung des zerstörten Gelenkblockes. Der N. ulnaris wurde bei allen Patienten langstreckig dargestellt (proximal vom Austreten aus dem Trizeps-



**Abb. 6** ▲ Patient Nr. 3: Postoperative Röntgenkontrolle bei protektiver Ellenbogentransfixation des intensivpflichtigen Patienten in **a** koronarer (gelöster Fixateur) und **b** sagittaler Projektion

bauch bis distal zum Abgang des 1. Muskelastes).

Die Operationstaktik bestand klassischer Weise zunächst in der Rekonstruktion des Gelenkblockes, der im 2. Schritt mit dem distalen Humerusstiel verbunden wurde. Bei 2 Patienten wurde die Rekonstruktion eines Gelenkblockteils aufgrund der ausgeprägten Zertrümmerung der Trochlea mit zahlreichen Einzelfragmenten ex situ vorgenommen. Hierbei handelt es sich jedoch um ein situationsorientiertes Ausnahmeverfahren (**Abb. 4**). 1,2-mm- und 1,7-mm-kopfsenkende Minischrauben sicherten die kleinen (z. T. nur osteochondralen) Fragmente (**Abb. 4g, h**). Für die temporäre Fixation erwiesen sich 0,8–1,2 mm starke Kirschner-Drähte als sehr hilfreich, die zudem bei Verwendung von kanülierten Schrauben idealerweise gleich überbohrt werden konnten. Der Gelenkblock wurde nach Rekonstruktion mit einer, wahlweise mit 2 (meistens kanülierten) Merete®-Schrauben der Stärke 3,5 mm gesichert (**Abb. 4i, j**).

In einem Fall gelang die Gelenkrekonstruktion aufgrund einer mehrfragmentären Zerstörung der Trochlea mit traumatisch bedingtem Verlust von Gelenkstücken (ein Viertel der dorsalen Troch-

leazirkumferenz mit einer Dicke von ca. 1 mm) nur durch einen schichtweisen Aufbau an den radialen Pfeiler (**Abb. 5a–c**). Die Reposition des radialen Pfeilers konnte hingegen nur über den präformierten radialen Plattenfixateur mit Seitenausleger erreicht werden, da metaphysär zusätzlich ein traumatischer Knochendefekt bestand (**Abb. 5d, f**). Dementsprechend fehlten geeignete anatomische Bezugspunkte.

Bei dem gleichen Patienten bestand ipsilateral zusätzlich eine langgezogene proximale Ulnaschrägfraktur, die vor der geplanten Olecranonosteotomie zunächst mit 3,5-mm-Kortikalisschrauben stabilisiert wurde. Um eine ausreichende Stabilität zu erhalten, entschieden wir uns, die Chevron-Osteotomie und die proximale Ulnafraktur mit einer langen (7-Loch) winkelstabilen proximalen Humerusplatte (PHP®, Fa. Synthes®) zu versorgen (**Abb. 5g, h, Abb. 6**).

Ein Problem stellte in einem Fall die osteosynthetische Versorgung einer Kombination aus AO-Typ 13C3- und Humerusschaftfraktur dar. Da damals lediglich Plattenfixateure bis 7-Loch-Länge verfügbar waren, wurde zu Stabilisierung der Schaftfraktur eine konventionelle, gerade 3,5-mm-11-Loch-LC-Platte verwendet,

die aber aus technischen Gründen nicht auf den radialen Pfeiler moduliert werden konnte (Patient Nr. 11).

Bei einem Patienten wurde postoperativ der initial am Unfalltag angelegte Fixateur externe zur Weichteilkonsolidierung belassen. Nach 5 Tagen konnte dieser ohne erneute Narkose demontiert werden. Alle anderen Patienten erhielten noch im Operationssaal eine lateral angelegte Oberarmgipsschiene für die Dauer von 3–5 Tagen. Am 3. postoperativen Tag wurde bei diesen Patienten mit der assistierten (passiven) krankengymnastischen Bewegung aus der Schiene heraus begonnen, in 6 Fällen in Kombination mit einem Plexuskatheter.

Das Osteosynthesergebnis wurde am 2. postoperativen Tag nach Redon-Zug konventionell-radiographisch in 2 Ebenen dokumentiert. Zusätzlich erfolgte im Rahmen der Qualitätssicherung eine CT-Untersuchung des Ellenbogengelenks. Das funktionelle Outcome wurde mit dem „Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)-“ und „Mayo Elbow Performance- (MEP-)Score“ sowie dem „American Shoulder and Elbow Surgeons-elbow (ASES-e) scoring instrument“ bewertet [4, 14, 20]. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug  $14,7 \pm 4,8$  (8–22) Monate postoperativ.

## Ergebnisse

In **Tab. 1** sind neben den demographischen Daten Angaben aus dem präoperativen Zeitraum dargestellt. **Tab. 2** enthält Information über das operative Management und die aufgetretene Komplikationen. In **Tab. 3** sind die verschiedenen Scoreergebnisse sowie die zum Zeitpunkt der letzten klinischen Untersuchung gemessenen Bewegungsausmaße des jeweiligen Ellenbogengelenks wiedergegeben. Ein exzellentes und gutes (vorläufiges) Behandlungsergebnis wurde erzielt bei jeweils 36,4% (jeweils  $n=4$ ) aller Patienten (MEPS). Der mit dem DASH-Score ermittelte Durchschnittspunktwert betrug  $51,5 \pm 21,8$ .

Im unmittelbaren postoperativen Behandlungsverlauf klagte ein Patient weiterhin über (bereits präoperativ existente) Dysästhesien im IV. und V. Finger der operierten oberen Extremität, die aber be-

reits nach 5 Tagen rückläufig und 3 Wochen nach Entlassung nicht mehr vorhanden waren. Bei keinem Patienten kam es postoperativ zu einer kritischen Weichteilschwellung im Bereich der operierten Extremität, die durch lokale sowie medikamentöse antiphlogistische Maßnahmen beherrscht werden konnte. Wundheilungsstörungen oder Infektsituationen wurden auch im Falle der offenen Typ-IIIa- und -IIIb-Frakturen nicht beobachtet.

Bei unserem operativen Vorgehen wurde der Gelenkblock in der Regel in klassischer Weise als erstes rekonstruiert. Dies erforderte in 6 Fällen die Verwendung von Leibinger-Schrauben der Stärke 1,2–1,7 mm. Der Gelenkblock wurde dann mit 1 oder 2 kanülierten, transkondylären Schrauben stabilisiert. In 2 Fällen erfolgte eine Gelenkblockrekonstruktion erst nachdem einer der beiden Pfeiler am metaphysären Stil reponiert wurde, da eine traumatische Verkipfung der Trochlea zunächst nicht erkannt wurde und der Gelenkblock nicht zusammenpasste. Eine transkondyläre Verschraubung wurde hier erst im letzten Schritt vorgenommen.

Die postoperativen CT-Kontrollen zeigten in einem Fall eine Schraubenspitzenpenetration von  $<1$  mm im Bereich der Trochlea (Patient Nr. 7). Bei der Analyse der multiplanaren Rekonstruktionen (MPR) imponierte bei einem anderen Patienten eine Gelenkstufe im Bereich der dorsalen Trochleazirkumferenz über eine Breite von 2 mm und einer Tiefe von 0,5 mm. Hier handelte es sich nicht um eine verbliebene Stufe, sondern um die bereits beschriebene, traumatisch bedingte osteochondrale Defektsituation der Gelenkrolle.

Bei 2 intensivpflichtigen Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT Grad II und III) konnte eine favorisierte postoperative Radiatio nicht durchgeführt werden. Statt dessen erfolgte ausschließlich eine medikamentöse Ossifikationsprophylaxe mit Indometacin. Nichtsdestotrotz entwickelten sich über einen Zeitraum von 3(5) Wochen ausgedehnte multilokuläre periartikuläre Verkalkungsstrukturen mit in einem Fall nahezu vollständiger Ankylosierung des Ellenbogengelenks. Der DASH-Score erreichte hier 95 (87), der MEPS einen Wert von 60 (65) Punkten.

Sekundäre Dislokationen/Fragmentverschiebungen des Trochlea-/Capitu-

lumblocks wurden nicht beobachtet. In einem Fall kam es ohne adäquates Trauma zum Bruch eines radialen 5-Loch-Plattenfixateurs 12 Wochen nach Osteosynthese und konsekutiv zu einer verzögerten knöchernen Konsolidierung der Fraktur (Patient Nr. 7). Intraoperativ fand sich ein mit straffem Bindegewebe durchsetzter Frakturspalt (**Abb. 7**). Die nachträgliche Befragung des Operateurs ergab, dass der Plattenfixateur im Gleitloch mehrfach nachmoduliert wurde, was höchstwahrscheinlich zu einer iatrogenen Sollbruchstelle führte. Die kritische Analyse der Osteosynthese zeigte zudem, dass der Operateur abweichend von den Herstellerempfehlungen zwei gleich lange Plattenfixateure verwendet hat, die möglicherweise eine Stresskonzentration provozierten.

Das Zusammenspiel dieser Faktoren führte bei dem sehr aktiven Patienten mit hoher Wahrscheinlichkeit zum sekundären Implantatversagen. Das Komplikationsmanagement beinhaltete eine Reosteosynthese mit einem radialen 7-Loch-Plattenfixateur in Verbindung mit einer autologen Spongiosaplastik sowie Entfernung eines Knochenfragments ohne erneute Olecranonosteotomie (**Abb. 7c, d**). In gleicher Sitzung wurden die  $<1$  mm die Knorpelfläche des Capitulum übertragenden 2,7-mm-Kopfverriegelungsschrauben ausgetauscht.

In einem anderen Fall stellte sich ein Patient (Nr. 7) mit einem Körpergewicht von 143 kg 6 Wochen postoperativ mit Schmerzen nach einer Armdrehbewegung erneut vor. Bei der operativen Revision zeigte sich, dass eine direkt proximal und die 4 distal des Frakturspals gelegenen winkelstabilen Kopfverriegelungsschrauben der LC-Platte im Halsbereich abgebrochen waren. Die Reosteosynthese erfolgte mit einem (bei der Primäroperation nicht verfügbaren) radialen 14-Loch- und ulnaren 9-Loch-Plattenfixateur ohne additive autologe Spongiosaplastik (**Abb. 8**).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befinden sich noch 5 Patienten in ambulanter Behandlung bei einem Unfallchirurgen und absolvieren ein intensives krankengymnastisches/physiotherapeutisches Übungsprogramm.

Tab. 1 Demographische Daten und Klassifikation											
Patient	Alter [Jahre]	Geschlecht	Seite	Ursache	Präoperative Diagnostik	Klassifikation Fraktur (AO Müller)	Klassifikation Weichteilschaden (Gustilo/Anderson)	Traumatische Nervenläsion/Irritation	Zeitintervall Unfalltag bis Operationstag [Tage]	Zeitpunkt Untersuchung postoperativ [Monate]	
1. RL	36	M	Links	Sturz aus großer Höhe (10 m)	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3 + Capitulumabschlagfraktur	Geschlossen	Nein	7	18	
2. AR	29	W	Links	Fahrradsturz	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3	Geschlossen	Nein	4	18	
3. JA	60	M	Links	Autounfall	Konv. Rö in 1 Ebene Rekonstruktion aus Polytrauma-CT	AO 13C3 + proximale Ulnafraktur	III B° offen	Initial nicht prüfbar	3	17	
4. HK	48	M	Rechts	Sturz aus großer Höhe (7 m)	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3	Geschlossen	Dysästhesien D IV/V (temporär)	9	22	
5. MD	57	M	Rechts	Autounfall	Konv. Rö in 1 Ebene Rekonstruktion aus Polytrauma-CT	AO 13C3	Geschlossen	Initial nicht prüfbar	3	8	
6. GB	47	W	Links	Fahrradsturz	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13 C3 + Capitulumabschlagfraktur + nicht dislozierte Radiusköpfchenfraktur	Geschlossen	Nein	0	15	
7. MS	39	M	Links	Sturz aus großer Höhe (5m)	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3	Geschlossen	Nein	0	12	
8. DB	26	M	links	Motorradunfall	Konv. Rö in 1 Ebene Rekonstruktion aus Polytrauma-CT	AO 13C3	III A° offen	Initial nicht prüfbar	0	9	
9. IB	48	W	Links	Fahrradsturz	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3	Geschlossen	Nein	0	18	
10. WN	56	M	Rechts	Sturz aus geringer Höhe (1,5 m)	Konv. Rö in 2 Ebenen, CT	AO 13C3	Geschlossen	Nein	0	17	
11. MH	39	M	Rechts	Sturz beim Schlittschuhlaufen	Konv. Rö in 1 Ebene, CT	AO 13C3 mit Humerusschafffraktur	Geschlossen	Ja (temporär)	0	8	

Rö Röntgen, konv. konventionell.

## Diskussion

Distale intraartikuläre Humerusfrakturen vom AO-Typ 13C3 sind äußerst komplexe und seltene Gelenkverletzungen. Die Frakturmorphologie wird nach unserer Einschätzung durch die AO-Klassifikation nur bedingt wiedergegeben. Mehrfragmentäre Frakturen der Trochlea mit Beteiligung des Capitulum aber auch osteo-

chondrale Läsionen und Defektsituation sind hier nicht adäquat abgebildet [5, 24]. Möglich wäre eine weitere Subklassifikation in 13C3.1–13C3.3, die es aber noch mit Inhalten zu füllen gilt.

C3-Verletzungen des distalen Humerus bei Menschen <60 Jahren werden häufig beobachtet im Zusammenhang mit Rasantraumen durch direkte Gewalteinwirkung eines Gegenstands oder durch

einen Sturz aus größerer Höhe direkt auf das Ellenbogengelenk [7, 17, 24]. Die Einschätzung und Prognose des begleitenden Weichteilschadens, insbesondere bei Kontusionsverletzungen, ist schwierig, aber von Bedeutung für die Festlegung des optimalen Operationszeitpunktes. Nach einer traumatisch bedingten Schädigung der gelenknahen neurovaskulären Strukturen muss gefahndet werden [17]. Auf die

osteomorphologischen Besonderheiten dieses Frakturtyps und die sich daraus ergebenden Versorgungsstrategien bei Patienten >60 Jahren und insbesondere bei alten Menschen >80 Jahre soll in diesem Rahmen lediglich hingewiesen werden.

Eine exakte präoperative Planung der operativen Strategie und der Osteosynthese kann bei Typ-13C<sub>3</sub>-Frakturen nur als Anhalt verstanden werden. Die eigene operative Erfahrung und gute anatomische Kenntnisse sind wesentliche Vorbedingungen, um diesem Frakturtyp gerecht zu werden. Eine orientierende, präoperative Einschätzung der Zerstörung der komplexen Ellenbogengelenkgeometrie kann nur anhand einer multiplanaren CT-Schnittbildanalyse, gegebenenfalls in Verbindung mit einer 3D-Animation erfolgen (■ **Abb. 3a, b**). Erst der operative Situs offenbart dem Operateur aber das eigentliche Ausmaß der Gelenkdestruktion [24].

Bei C<sub>3</sub>-Verletzungen des distalen Humerus ermöglicht unserer Ansicht nach der dorsale Zugang mit Chevron-Osteotomie des Olecranon eine Panoramaaufsicht auf das zerstörte Gelenk (■ **Abb. 4b**, ■ **Abb. 5a**). Hierdurch wird zwar eine weitere (geplante) Gelenkfraktur produziert, diese steht aber in keinem Verhältnis zur gewonnenen Exposition und der nun möglichen Fragmentmanipulation [17, 27]. Der primären „Fragmentsichtung“ unter Belassung aller Weichteilbrücken (sofern vorhanden) kommt eine Schlüsselrolle bei der weiteren operativen Versorgung zu. Der dorsale Zugang mit Chevron-Osteotomie ist für diese Frakturtypen unser Standardzugang. Andere, vereinzelt durchgeführte Zugangstechniken wurden verlassen.

Insbesondere in der angloamerikanischen Literatur werden eine Vielzahl an Zugangswegen zur Versorgung von distalen (intraartikulären) Humerusfrakturen beschrieben. Da die Komplexität einer 13C<sub>3</sub>-Fraktur auch mit einer präoperativen CT-Diagnostik häufig nicht vollständig zu erfassen ist, spielen der Zugangsweg, die Frakturexposition und die intraoperative Frakturanalyse eine wichtige Rolle. Daher erscheint es uns wichtig, andere, in der Literatur häufig beschriebene, Zugangswege kurz auf ihre Praktikabilität zu beleuchten und dem Opera-

teur eine Entscheidungshilfe bei der Auswahl zu geben.

Der V-förmige evertierende Trizepssehnenflap ermöglicht ebenfalls eine akzeptable Gelenkaufsicht. Bei mehrfragmentärer Gelenkflächendestruktion (AO-Typ 13C<sub>3</sub>) überragt jedoch der Ellenhaken das Trochleamassiv substantiell [7]. Ähnlich verhält es sich mit dem „Bryan-Morrey triceps sparing approach“, der ein mediales Abpräparieren der Trizepssehne vom Olecranon und ein Release des M. anconeus vorsieht. Bedarfsweise kann hier die Olecranonspitze sekundär osteotomiert werden [3]. Limitierte Zugänge wie der uni- oder bilaterale Trizepssplit ohne Olecranonosteotomie sind bei Frakturen vom AO-Typ 13C<sub>3</sub> sichtbehindernd und erschweren das weitere Vorgehen. Elegant ist dieser Zugangsweg im Rahmen der Revisionschirurgie, um lediglich einen der beiden Pfeiler zu revidieren, wie z. B. beim einseitigen Platten(fixateur)bruch (■ **Abb. 7c, d**).

Der als „true triceps splitting approach“ beschriebene Zugang mit devastierender Ablösung des Olecranon und des (epi)kondylären Seitenbandapparats als Vorbereitung für eine Luxation des Humeroulnargelenks ist traumatisierend und erscheint wenig überzeugend [29]. Aufgrund der eigenen bisherigen Erfahrungen ist der aufwendige dorsale Zugang mit Olecranonosteotomie zwar technisch anspruchsvoll aber komplikationsarm.

In unserem Patientenkollektiv konnte bei keinem Patienten auf den postoperativen Röntgenaufnahmen eine Gelenkstufe identifiziert werden. Eine verzögerte oder ausbleibende knöcherne Konsolidierung der Osteotomie wurde nicht beobachtet. Dies korrespondiert mit den Ergebnissen von Gupta et al. [7], die über eine knöcherne Konsolidierungsrate von 100% ihrer Chevron-Osteotomien (n=13) berichten. Auf der anderen Seite kam es bei 4 (7,3%) seiner Patienten zu einer progredienten Migration der zur Zuggurtungsosteosynthese verwendeten Kirschner-Drähte und einer konsekutiven oberflächigen Wundinfektion, die eine operative Intervention erforderte.

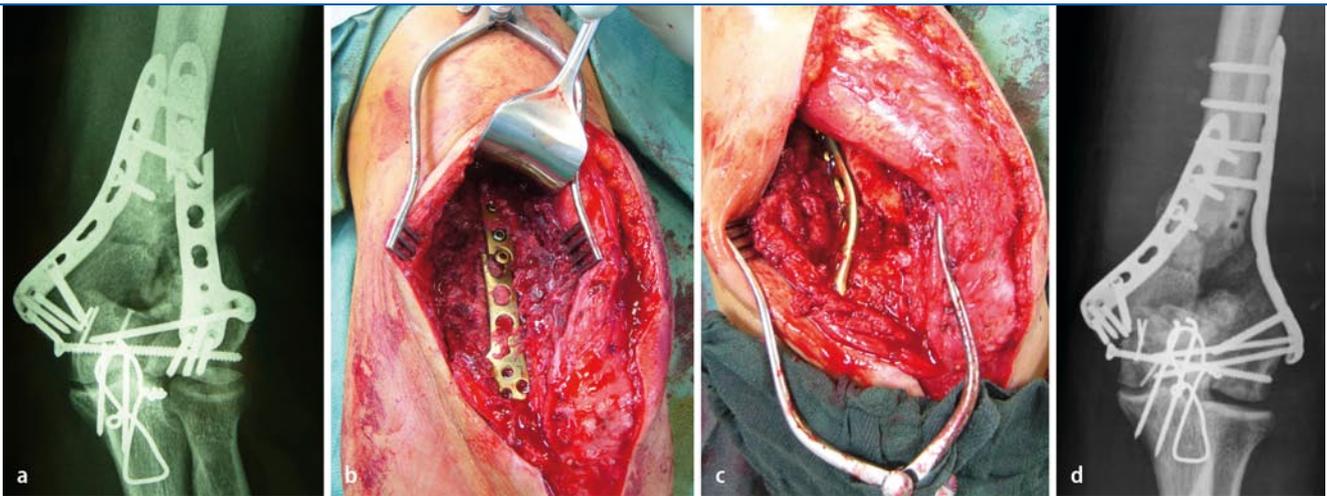
In einem Kollektiv von 77 Patienten mit einer distalen Humerusfraktur (n=47 AO-Typ 13C<sub>3</sub>) wurde in 55 Fällen eine Olecranonosteotomie und Refixation

mittels Zuggurtungsosteosynthese durchgeführt [17]. Hierbei kam es in 4 Fällen (7,3%) zur Ausbildung einer Olecranonpseudarthrose. Russel et al. [26] führte in 14 von 24 Fällen (n=6, AO-Typ 13C<sub>3</sub>) eine Olecranonosteotomie durch. Assoziierte Komplikationen traten nicht auf.

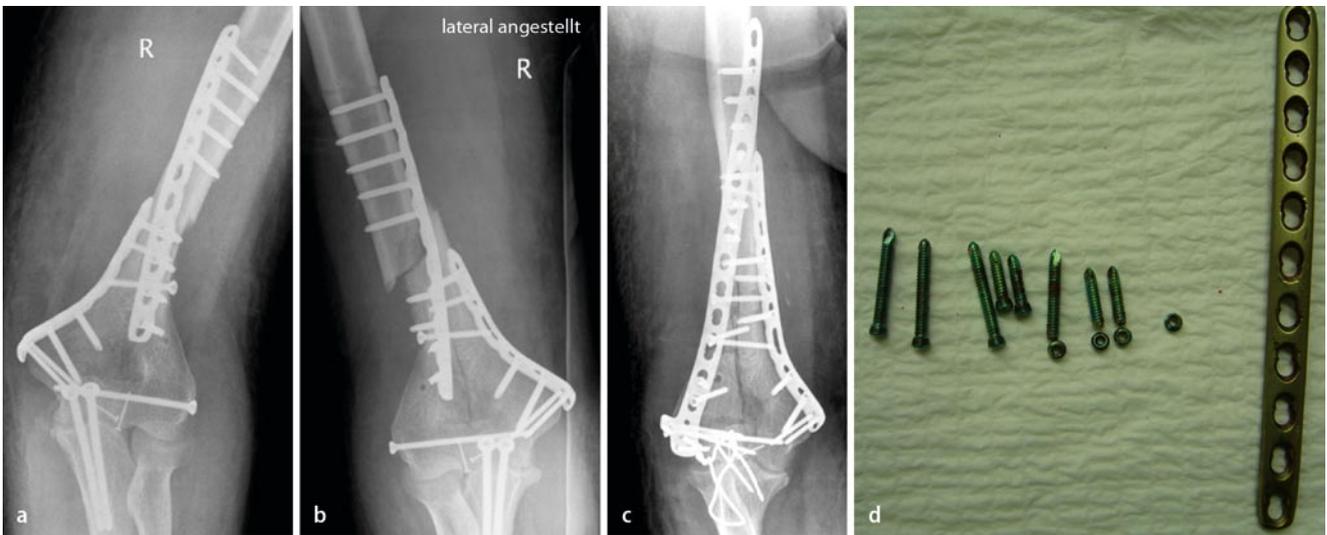
Der Operateur steht mitunter vor Situationen, bei der herkömmliche Osteosynthesetechniken versagen und nach Alternativwegen gesucht werden muss. In der Literatur sind zahlreiche Techniken beschrieben aber auch wieder verlassen worden [7, 9, 11, 15, 16, 19, 22, 26, 27]. Insbesondere bei jüngeren Patienten mit einer guten Knochenfestigkeit hat sich die 90° zueinander versetzte Doppelplattenosteosynthese von distalen intraartikulären Humerusfrakturen etabliert [15, 16, 25]. Weitgehender Konsens besteht darüber, dass Kirschner-Drähte nur zur temporären Fixation und nicht für die definitive Osteosynthese verwendet werden, da durch Implantatwanderungen oder Implantatversagen die neurovaskulären Strukturen potentiell gefährdet sein können [25]. Die Ellenbogengelenkprothese hat in der Akutversorgung bei Patienten <60 Jahren keinen Stellenwert [10].

Mit der Entwicklung und Einführung des Plattenfixateurs (locking compression plate, LCP®) wurde den neuen Erkenntnissen über die Biologie der Frakturheilung und den biomechanischen Anforderungen an das Osteosyntheseverfahren bei multifragmentären Gelenkdestruktionen Rechnung getragen [15, 16, 22]. Ziel dieses Osteosynthesekonzepts ist es, eine hohe primäre Fixationsstabilität durch die Osteosynthese zu erreichen, damit auch bei distalen Humerusfrakturen vom AO-Typ 13C<sub>3</sub> das Ellenbogengelenk unmittelbar postoperativ krankengymnastisch beherrschbar ist [7, 26].

Ein operativ-technischer Fehler führte in unserem Patientengut, bedingt durch mehrfaches Nachmodulieren des radialen Plattenfixateurs im Gleitloch, der außerdem zu kurz gewählt wurde, zu einem Implantatversagen im Sinne eines Plattenbruchs und verzögerter knöcherner Konsolidierung (Patient Nr. 7). Beim 2. geschilderten Fall kam es nicht zu einem Implantatversagen eines Plattenfixateurs, sondern einer LC-Platte bei der die Schrauben im Halsbereich abbrachen (Patient Nr. 11).



**Abb. 7** ▲ Patient Nr. 7: Bruch des radialen Plattenfixateurs, **a** präoperatives Röntgenbild und **b** intraoperativer Situs. Reosteosynthese mit 7-Loch-Plattenfixateur radial und autologer Spongiosaplastik. **c** Intraoperativer Situs und **d** postoperatives Röntgenbild



**Abb. 8** ▲ Patient Nr. 11: **a,b** Sekundäre Frakturdislokation nach Abbruch der winkelstabil verankerten Schraubenköpfe, **c** Röntgenbild nach Reosteosynthese in der koronaren Ansicht mit 14-Loch-Plattenfixateur radial und 9-Loch-Plattenfixateur ulnar, **d** explantiertes Osteosynthesematerial (11-Loch-LC-Platte) mit abgebrochenen Schraubenköpfen



**Abb. 9** ▲ **a-d** Patient Nr. 4: funktionelles Outcome 17 Monate nach operativer Versorgung (s. ■ Tab. 3)

Dies ist zwar als Komplikation einer Osteosynthese zu werten, spiegelt aber in erster Linie die Kräfte und Hebel wieder, die bei einem übergewichtigen Menschen am distalen Humerus wirken, eine initial fixa-

tionsstabile Osteosynthese an ihre Grenze bringt und sekundär versagen lässt.

Bei der Durchsicht der aktuellen Literatur findet sich eine Versagerrate des Osteosynthesematerials (ohne Zuggur-

tungsosteosynthese) bei Patienten <65. Lebensjahrs von 1,8–7,3% [7, 17, 19, 26, 27]. Nicht in allen Fällen war jedoch ein erneuter operativer Eingriff vonnöten.

In der aktuellen Literatur wird das Auftreten von heterotopen Ossifikationen nach osteosynthetischer Versorgung von distalen Humerusfrakturen mit einer Rate von 5,5–49,0% angegeben [7, 17, 26]. Diese Angaben sind bei genauer Analyse jedoch wenig aussagekräftig, da sie meistens deskriptiver Natur sind. Kundel [17] berichtet in seinem Kollektiv von 77 Patienten über eine Rate von 49% an heterotopen Ossifikationen und klassifiziert sie nach Brooker. Bei 8 Patienten (10%) entsprachen diese Grad III nach Brooker und wirkten sich bewegungslimitierend aus. In 19 Fällen (24,7%) wurde nach durchschnittlich 3–7 Monaten nach osteosynthetischer Versorgung eine Arthrolyseoperation des Ellenbogengelenks durchgeführt. Russell et al. [26] führten aufgrund von bewegungslimitierenden periartikulären Verkalkungsstrukturen bei 5 (20,8%) von 24 Patienten (n=6, AO-Typ 13C3) eine Arthrolyseoperation durch. Ein Scoring des funktionellen Outcomes erfolgte in dieser Studie nicht.

Verschiedene Autoren sehen neben einem koexistenten schweren SHT eine starke (unfallbedingte) Traumatisierung der umgebenden Weichteile sowie Schussverletzungen und offene Fraktursituationen (mit konsekutiver Infektsymptomatik) als ursächlich für das Auftreten von periartikulären Verkalkungen an. Kundel et al. [17] konnten zeigen, dass eine frühe osteosynthetische Versorgung innerhalb von 24 h zu signifikant weniger heterotopen Ossifikationen führte als bei einem späteren operativen Vorgehen.

Als schicksalhaft ist die Ausbildung periartikulärer Verkalkungen mit fortschreitender Ankylosierung des Ellenbogengelenks nach erlittenem SHT zu betrachten. Das gegenwärtig noch schlechte funktionelle Outcome von Patient Nr. 5 und 8 ist in diesem Zusammenhang zu betrachten. Eine postoperative Radiatio war bei diesen Patienten aufgrund der Intensivpflichtigkeit nicht möglich. Der DASH-Score erreichte hier 95 (87), der MEPS einen Wert von 60 (65) Punkten.

Die Scoringergebnisse der klinischen Studie müssen im Kontext zum frühen Nachuntersuchungszeitpunkt beleuchtet und bewertet werden. Im DASH-Score wurden durchschnittliche Punktwerte von

51,4±21,8 erreicht. Der MEP-Score zeigte in je 36,4% der Fälle exzellente und gute Ergebnisse (■ Tab. 3, ■ Abb. 9). Bleiben Patient Nr. 5 und 8 aufgrund der aufgetretenen periartikulären Verkalkungen und noch ausstehenden Arthrolyseoperationen unberücksichtigt, fällt das Scoring dementsprechend positiver aus.

Ein seriöser Vergleich der eigenen funktionellen Behandlungsergebnisse mit Patientenkollektiven anderer Studien führt erst dann zu verlässlichen Aussagen, wenn der Nachuntersuchungszeitpunkt ca. 2 Jahre nach dem letzten operativen Eingriff liegt und somit ein Endzustand eingetreten ist. Die Durchsicht der aktuellen nationalen und internationalen Literatur liefert gegenwärtig keine Informationen über klinischen Erfahrungen und funktionelle Ergebnisse speziell mit diesem LCP®-System für distale intraartikuläre Humerusfrakturen insbesondere vom C3-Typ.

Das von Kundel et al. (Nachuntersuchungszeitpunkt durchschnittlich 3,4 Jahre postoperativ [17]) vorgestellte Patientenkollektiv mit operativ versorgten intraartikulären Humerusfrakturen (n=77) wurde mit dem Cassebaum-Score nachuntersucht. Der Anteil an C3-Frakturen betrug 61% (n=47). In 19 Fällen (24,7%) erfolgte eine Arthrolyseoperation des Ellenbogengelenks. Die Pseudarthrose rate im Gelenkblockbereich betrug 10,4% (n=8). In einem Fall einer C3-Fraktur resultierte eine aseptische Gelenknekrose. Die Gesamtinfektionsrate wurde mit 10% beziffert und hinsichtlich einer geschlossenen (8%) bzw. offenen (14%) Fraktursituation unterschieden. Das funktionelle Outcome war in 26 Fällen (33%) exzellent und in 15 Fällen (19%) gut.

Soon et al. (Nachuntersuchungszeitpunkt durchschnittlich 12,3 Monate postoperativ [27]) berichten über ein exzellentes und gutes funktionelles Outcome (MEP-Score) in 7 (47%) bzw. 6 (40%) Fällen in einem Kollektiv von 15 Patienten. Der Anteil an AO-Typ-13C3-Frakturen betrug 26,7% (n=4), von den je 2 exzellente und gute funktionelle Ergebnisse erzielten. Einer dieser Patienten musste 2-mal nachoperiert werden. Ein anderer mit einer C3-Fraktur erreichte das exzellente funktionelle Outcome erst nach Implantation einer Ellenbogengelenktotaleendo-

prothese. Die Arthrolyse rate betrug 13,3% (n=2).

Gupta u. Khanchandani (Nachuntersuchungszeitpunkt durchschnittlich 4 Jahre postoperativ [7]) klassifizierten das funktionelle Outcome ihrer 55 Patienten nach Aitken u. Rorabeck. Exzellente Ergebnisse erreichen 41 (74,5%) und gute Ergebnisse 10 (5,5%) aller Patienten. Der Anteil an AO-Typ-13C3-Frakturen betrug 25,5% (n=14).

Die von McKee et al. [19] vorgestellte Studie (Nachuntersuchungszeitpunkt durchschnittlich 37 Monate postoperativ) umfasste eine Anzahl von 25 Patienten mit geschlossenen, distalen intraartikulären Humerusfrakturen. Eine Unterteilung der C-Frakturen in C1–C3 erfolgte nicht. Zur Evaluierung des funktionellen Outcomes verwendete McKee den DASH-Score, den „Short Form-36“ und eine reproduzierbare Muskelkrafttestung. Im DASH-Score wurden durchschnittlich 20 Punkte ermittelt. In 14 Fällen (56%) konnten die C-Frakturen lediglich über einen Trizpesssehnensplit versorgt werden, was wiederum die Frage aufwirft, ob es sich hier um komplexe C3-Frakturen handelte. Bei 2 Patienten (8%) war eine Arthrolyseoperation notwendig. An Hauptkomplikationen wurde genannt ein Cubitus varus von 25° in einem Fall und Kirschner-Draht-Wanderungen im Bereich der Zuggurtungsosteosynthese mit Weichteilproblematik in 3 Fällen (12%).

Die Anzahl der in die vorliegende Studie eingeschlossenen konsekutiven Patienten erscheint im ersten Moment verhältnismäßig gering. Dies sollte aber im Kontext zur niedrigen Inzidenz von 13C3-Frakturen betrachtet werden, die in der Literatur mit einer Spanne von 1–6% angegeben wird [15, 25]. Neuere Studien berichten über Fallzahlen von 15 bis maximal 77 Patienten, bei denen distale intraartikuläre Humerusfrakturen osteosynthetisch versorgt wurden [7, 17, 19, 26, 27]. Der Anteil an 13C3-Frakturen liegt hierbei zwischen 25,5% und 61% oder numerisch in einer Spanne von 4–47 Patienten [7, 17, 19, 26, 27]. Prinzipiell voneinander abzugrenzen sind zudem C3-Frakturen des distalen Humerus bei jungen (<60. Lebensjahr), älteren (≥60. und <80. Le-

Hier steht eine Anzeige.



Tab. 2 Operative Therapie und Komplikationsmanagement

Patient	Transfixation Ellenbogen	Fixateur postoperativ zur Weichteilkonsolidierung	Transposition N. ulnaris	Neurolyse N. radialis	Refixationstechnik der Olecranonosteotomie	Komplikationen	Reoperationen
1. RL	Ja	Nein	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Keine	Keine
2. AR	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Keine	Keine
3. JA	Ja	Ja	Nein	Ja	9-Loch-PHP (proximale Humerusplatte, Fa. Synthes)	Temporäre Ulnarisirritation	Keine
4. HK	Ja	Nein	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Keine	Keine
5. MD	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Periartikuläre Verkalkungen des Ellenbogengelenks	Arthrolyseoperation geplant
6. GB	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Keine	Keine
7. MS	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Bruch des radialen Plattenfixateurs, verzögerte knöcherne Konsolidierung	Reosteosynthese mit radialem 7-Loch-Plattenfixateur und autologer Spongiosaplastik ohne Olecranonreosteotomie
8. DB	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Ausgeprägte periartikuläre Verkalkungen mit fast vollständiger Ankylose des Ellenbogengelenkes	Arthrolyseoperation geplant
9. IB	Nein	Entfällt	Nein	Nein	Zuggurtungsosteosynthese	Keine	Keine
10. WN	Nein	Entfällt	Nein	Nein	1×7,3 mm Spongiosaschraube	Keine	Keine
11. MH	Nein	Entfällt	Nein	Ja	1. 2×6,5 mm Kortikalischrauben 2. Zuggurtungsosteosynthese	Schraubenbrüche und Dislokation der 3,5-mm-11-Loch-LC-Platte (gerade)	Reosteosynthese mit radialem 14-Loch-Plattenfixateur und ulnarem 9-Loch-Plattenfixateur mit Olecranonreosteotomie

bensjahr) und alten Patienten ( $\geq 80$ . Lebensjahr).

Korner et al. [15] konnten in einer biomechanischen Studie darlegen, welche fixationstechnischen Vorteile insbesondere die Verwendung von LC-Platten im Vergleich zu nicht winkelstabilen Implantaten am distalen Humerus aufweisen. Sie schlussfolgerten, dass die winkelstabile Fragmentfixation insbesondere bei ausgeprägter metaphysärer Zerstörung oder knöcherner Defektsituation am metaphysären Stiel fixationstechnische Vorteile gegenüber konventionellen Platten aufweisen könnte.

Aufgrund eigener Erfahrungen mit dem LCP®-Plattenfixateursystem konnten

wir einige Besonderheiten im Vergleich zu den bisher in unserer Klinik verwendeten konventionellen Plattentypen (LCDCP®, Rekonstruktionsplatten) feststellen, ohne dass hierzu ein vergleichbares Kontrollpatientenkollektiv analysiert und ausgewertet wurde:

Im Gegensatz zum bisherigen Plattenosteosyntheseverfahren erleichtert der radiale Plattenfixateur die gelenknahe Fixation des radialen Pfeilerfragments mit 3 (winkelstabilen) 2,7-mm-Kopfverriegelungsschrauben in p.-a.-Richtung. Ein Abstand des Fixateurendes von mindestens 3 mm zur Capitulumgelenkfläche und zur Fossa olecrani ist hier unbedingt einzuhalten, um in Streckstellung

ein Anstoßen des Radiusköpfchens/ein Impingement des Olecranon zu vermeiden (■ Abb. 1b). Bei zusätzlich vorliegenden sagittalen Abschlagsfrakturen des Capitulum, lässt sich dieses nach offener Reposition durch mindestens 2 winkelstabile Schrauben sicher (auch indirekt) fixieren (■ Abb. 6a, b). Die Fixation des radialen aber auch ulnaren Pfeilers ist bei der Verwendung von LCP®, LCDCP®- und Rekonstruktionsplatten hier häufig nur mit einer Plattenschraube möglich, wobei die gelenkbildende Gegenkortikalis nicht penetriert werden darf. Konventionelle Schrauben haben einen um 0,8 mm größeren Durchmesser, als die winkelstabilen 2,7-mm-

Kopfverriegelungsschrauben am gelenknahen Teil des Plattenfixateurs. Nicht selten werden hier sekundäre Auslockerungen gerade dieser distalen nicht winkelstabilen Schraube beobachtet. Zeigt sich schon intraoperativ eine Lockerung, kann die „rettende“ Alternative eine lange, schräg in die ulnaren Metaphysenkortikalis (im anderen Fall auch radiale Kortikalis) platzierte, 3,5-mm-Kortikalischraube sein.

Unsere Technik weicht von der Herstellerempfehlung ab, die eine additive Sicherung des Gelenkblocks mit einer transkondylären Schraube bei Anwendung des radialen Plattenfixateur mit Ausleger nicht standardmäßig vorsieht. Folgt man dieser Technik, wird die Fusion des Gelenkblocks über einen Ziel- oder Kompressionsbügel im Sinne einer temporären Fixation und nachfolgender Montage der beiden Plattenfixateure durchgeführt. Der Gelenkblock wird nach Entfernung des Bügels durch die bilateral in den Gelenkblock hineinreichenden 2,7-mm-Kopfverriegelungsschrauben fixiert (■ **Abb. 2a, b**, ■ **Abb. 6a, b**). Das eigene Vorgehen favorisiert zunächst die stabile Fixation des Gelenkmassivs als Block mit (mindestens) einer transkondylären Schraube und erst im 2. Schritt die Anlage der Plattenfixateure.

Der anatomisch präformierte Plattenfixateur kann als Repositionshilfe eingesetzt werden (■ **Abb. 5d**). In einem Fall waren die Trochlea und der ulnare Pfeiler so zerstört, dass jegliche anatomischen Bezugspunkte fehlten. Das operative Vorgehen fokussierte hier zunächst den Aufbau des radialen Pfeilers und Reposition an die metaphysäre Basis. Aufgrund einer Defektsituation am radialen Pfeiler gelang eine anatomische Reposition nicht. Der am Schaft temporär fixierte radiale Plattenfixateur mit lateralem Ausleger bot hier artifizielle anatomische Bezugspunkte und diente als Repositionshilfe.

Reicht die Fraktur weit nach proximal oder zeigt sich eine AO-Typ-13C3-Fraktur in Verbindung mit einer Schafffraktur sollten beide Plattenfixateure über das proximale Ende der Schafffraktur reichen, aber immer eine unterschiedliche Länge aufweisen (■ **Abb. 4i, j**, ■ **Abb. 6a, b**). Dies kompensiert die enormen Biege-

**Tab. 3 Funktionelles Outcome und Scoring**

Patient	ROM Ellenbogen (Ext/Flex), [°]	ROM Unterarm (Pro/Sup), [°]	DASH-Score [Punkte]	MEPS [Punkte]	ASES-e-Scale „Funktion“
1. RL	0/20/110	80/0/80	29,2	95	2,8
2. AR	0/20/110	80/0/90	38	85	3
3. JA	0/20/110	80/0/90	60,8	70	1,58
4. HK	0/10/120	70/0/80	39,2	100	3
5. MD	0/50/100	30/0/40	87	65	0,6
6. GB	0/20/100	60/0/80	36,6	85	2,4
7. MS	0/30/110	80/0/90	50,5	85	1,75
8. DB	0/60/70	90/90	95	60	0,2
9. IB	0/10/90	80/0/80	55,8	75	2,1
10. WN	0/20/110	80/0/90	37	90	2,1
11. MH	0/20/110	80/0/80	35,8	85	2,5
Mittelwert ± Standardabweichung	78,2±26,8 (Gesamt-ROM)	138,2±54,2 (Gesamt-ROM)	51,4±21,8	81,4±12,5	2±0,92

ROM range of movement (Bewegungsausmaße), DASH-Score Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand-Score, MEPS Mayo Elbow Performance Score, ASES-e-Scale American Shoulder and Elbow Surgeons scoring instrument (elbow).

kräfte des gelenktragenden, distalen Fragments und wirkt einem Implantatversagen entgegen. Hierfür stehen 9- und maximale 14-Loch-Plattenfixateure zur Verfügung. Dadurch dass der N. radialis von proximal kommend dorsal auf die radiale Humerusseite zieht und hier mehrere Muskeläste abgibt, empfiehlt sich eine sichere Darstellung des Nerven. Bei der dafür langstreckigen Auslösung des M. triceps brachii aus seinem Bett ist darauf zu achten, dass, neben der obligaten Darstellung des N. ulnaris, unbedingt das über das Caput breve in den Trizeps einstrahlende Gefäßbündel geschont werden muss. Eine iatrogen bedingte Muskelischämie oder Trizeps(partial)nekrose könnte die Folge sein.

### Fazit für die Praxis

Der anatomisch präformierte LCP®-Plattenfixateur (Fa. Synthes®) bietet nach unserer Einschätzung bei der Osteosynthese von AO-Typ-13C3-Frakturen im Vergleich zu den konventionellen sowie den nicht vorgeformten winkelstabilen Plattensystemen sinnvolle fixationstechnische Neuerungen: a) das anatomische Plattenfixateurdesign, das bei metaphysären Defektsituationen als Repositionshilfe dienen kann in Verbindung mit winkelstabil verriegelbaren Schrauben; b) die gelenknahe Positionierung

von kleinkalibrigen 2,7-mm-Kopfverriegelungsschrauben ermöglicht die sichere Fixation auch von kleinen Gelenkfragmenten, sowie von sagittalen Abschlagfragmenten des Capitulum; c) zusätzlich kann der Gelenkblock torsionsstabil fixiert werden. Abweichend von den Herstellerempfehlungen empfehlen wir aufgrund einer rein subjektiven Stabilitätseinschätzung unverändert, eine gelenkparallele, transkondyläre Verschraubung des Trochlea-/Capitulumblocks durchzuführen, die mehr eine Kompression des frakturierten Gelenkblocks bewirken soll und weniger als Torsionsschutz zu verstehen ist.

Der dorsale Zugangsweg mit Olecranonosteotomie hat sich bei diesem komplexen Frakturtyp als sehr hilfreich und übersichtlich erwiesen. Mit dem winkelstabilen LCP®-Plattenfixateur lässt sich auch bei sehr komplexen Fraktursituationen eine hohe Fixationsstabilität im Sinne einer primär übungstabilen Osteosynthese erreichen. Hierbei ist auf die Verwendung von unterschiedlich langen Plattenfixateuren zu achten, um eine Stresskonzentration proximal der Fraktur zu vermeiden. Mehrmaliges Nachmodulieren der präformierten Implantate ist obsolet. Die Voraussetzungen für eine frühfunktionelle Nachbehandlung von AO-Typ-13C3-Frakturen sind gegeben. Ob der präformierte LCP®-Plattenfixateur

**Vorteile gegenüber bisherigen Fixationstechniken bei AO-Typ-13C3-Frakturen hinsichtlich des funktionellen Outcomes aufweist, lässt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abschätzen.**

**Korrespondenzadresse**

**Dr. A. Rübberdt**



Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- & Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Waldeyerstraße 1  
48149 Münster  
dr.ruebberdt@gmx.de

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Literatur**

1. Ali A, Douglas H, Stanley D (2005) Revision Surgery for nonunion after early failure of fixation of fractures of the distal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 87: 1107–1110
2. Allende CA, Allende BT, Allende BL et al. (2004) Intercondylar distal humerus fractures surgical treatment and results. *Chir Main* 23: 85–95
3. Bryan RS, Morrey BF (1982) Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps-sparing approach. *Clin Orthop* 166: 188–192
4. DASH Outcome Measure (2007) DASH-Score. DASH Outcome Measure, Toronto, Ontario, Canada, <http://www.dash.iwh.on.ca/>
5. 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
6. Eralp L, Kocaoglu M, Sar C, Atalar AC (2001) Surgical treatment of distal intraarticular humeral fractures in adults. *Int Orthop* 25: 46–50
7. Gupta R, Khanchandani P (2002) Intercondylar fractures of the distal humerus in adults: a circular analysis of 55 cases. *Injury* 33: 511–515
8. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN (1984) Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 8: 742–746
9. Haasper C, Jagodzinski M, Krettek C, Zeichen J (2006) Hinged external fixation and closed reduction for distal humerus fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 126: 188–191
10. Hausmann M, Panozzo A (2004) Treatment of distal humerus fractures in the elderly. *Clin Orthop* 425: 55–63
11. Imatani J, Ogura T, Morito Y et al. (2005) Custom AO small T plate for transcondylar fractures of the distal humerus in the elderly. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 611–615
12. John H, Rosso R, Neff U et al. (1994) Operative treatment of distal humeral fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Br* 76: 793–796
13. Kamineni S, Morrey B (2004) Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am* 86: 940–947
14. King GJ, Richards RR, Zuckermann JD et al. (1999) A standardized method for assessment of elbow function. Research Committee, American Shoulder and Elbow Surgeons. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 351–354

15. Korner J, Lill H, Müller LP et al. (2003) The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures biological, biomechanical and surgical aspects. *Injury* 34(Suppl 2): 20–30
16. Korner J, Rommens PM, Hepp P et al. (2004) Spontaneous defect remodeling in a distal humerus fracture with extensive osseous loss. *J Orthop Trauma* 18: 700–705
17. Kundel K, Braun W, Wieberneit J, Rüter A (1996) Intraarticular distal humerus fractures. *Clin Orthop* 332: 200–208
18. Lob G, Burri C, Feil J (1984) Operative treatment of distal intra-articular humerus fractures: Results of 412 follow-up cases (AO-collected statistics). *Langenbecks Arch Chir* 364: 359–361
19. McKee MD, Wilson TL, Winston L et al. (2000) Functional outcome following surgical treatment of intra-articular distal humeral fractures through a posterior approach. *J Bone Joint Surg Am* 82: 1701–1707
20. Morrey BF (2000) Functional evaluation of the elbow. In: Morrey BF (Hrsg) *The Elbow and its Disorders*. Saunders, Philadelphia
21. Muller LP, Kamineni S, Rommens PM, Morrey BF (2005) Primary total elbow replacement for fractures of the distal humerus. *Oper Orthop Traumatol* 17: 119–142
22. O'Driscoll, SW (2005) Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 186–194
23. Oestern HJ, Tschernig H (1983) Pathophysiologie und Klassifikation des Weichteilschadens. *Hefte Unfallheilkd* 162: 1–10
24. Ring D, Jupiter JB, Gulotta L (2003) Articular fractures of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 85: 232–238
25. Rüger JM, Janssen A, Barvencik F, Briem D (2005) Distale Humerusfraktur. *Unfallchirurg* 108: 49–57
26. Russell GV Jr, Jarett CA, Jones CB et al. (2005) Management of distal humerus fractures with minimifragment fixation. *J Orthop Trauma* 19: 474–479
27. Soon JL, Chan BK, Low CO (2004) Surgical fixation of intra-articular fractures of the distal humerus in adults. *Injury* 35: 44–54
28. Srinivasan K, Agarwal M, Matthews SJE, Giannoudis PV (2005) Fractures of the distal humerus in the elderly. *Clin Orthop* 434: 222–230
29. Ziran BH, Smith WR, Balk ML et al. (2005) A true triceps-splitting approach for treatment of distal humerus fractures: a preliminary report. *J Trauma* 58: 70–75

**Aus Fehlern lernen**

**Aktionsbündnis Patientensicherheit stellt neue Broschüre vor**

Ungewollte Zwischenfälle und Fehler in der medizinischen Diagnostik und Behandlung sind ein gravierendes Problem in der Gesundheitsversorgung. In dem vom Bundesministerium für Gesundheit unterstützten Aktionsbündnis Patientensicherheit e.V. arbeiten seit seiner Gründung im Jahr 2005 die wesentlichen Akteure und Verantwortungsträger im Gesundheitswesen mit dem Ziel zusammen, die Sicherheit der Gesundheitsversorgung durch konkrete Maßnahmen zu erhöhen. Das Aktionsbündnis hat nun die Publikation „Aus Fehlern lernen“ herausgebracht. 17 Autorinnen und Autoren aus ärztlichen, pflegerischen und therapeutischen Berufen schildern Situationen, in denen ihnen Fehler unterlaufen sind. Sie legen dar, was sie selbst aus den Fehlern gelernt haben und inwieweit andere daraus lernen können. In einem Methodenteil werden Fälle von Behandlungsfehlern einer exemplarischen Ursachenanalyse unterzogen, der Serviceanhang enthält Adressen für Fehlerberichts- und Lernsysteme in Deutschland.

Die Broschüre „Aus Fehlern lernen“ steht zum kostenfreien Download unter [www.aktionsbuenndnis-patientensicherheit.de](http://www.aktionsbuenndnis-patientensicherheit.de) zur Verfügung oder kann im Original gegen einen mit 1,45 Euro frankierten DIN A4-Umschlag bestellt werden bei:

Geschäftsstelle des Aktionsbündnis Patientensicherheit e.V.  
c/o Private Universität Witten/Herdecke  
Alfred-Herrhausen-Straße 44  
58455 Witten.

**Quelle: Bundesministerium für Gesundheit, [www.bmg.bund.de](http://www.bmg.bund.de)**