

Oper Orthop Traumatol 2017 · 29:125–137
 DOI 10.1007/s00064-017-0489-5
 Eingegangen: 1. Juni 2016
 Überarbeitet: 13. Oktober 2016
 Angenommen: 14. Oktober 2016
 Online publiziert: 17. März 2017
 © Springer Medizin Verlag GmbH 2017

Redaktion
 T. Mittlmeier, Rostock
Zeichner
 R. Himmelhan, Mannheim



Vorbemerkungen

Eine posteriore oder posterolaterale Ellenbogenluxation mit Fraktur des Koronoids und mit einer Fraktur des Radiuskopfs wird als sog. Terrible Triad bezeichnet [1]. Dieses osteoligamentäre Verletzungsmuster resultiert entsprechend neuer Videoanalysen [2] aus einem Sturz auf die ausgestreckte Hand in Pronationsstellung, meist mit einem initialen Valgusmoment bei extendiertem Ellenbogen, abduzierter Schulter und externer Rotation des Vorderarms relativ zum Humerus. Durch das Valgusmoment wird eine initiale Läsion des vorderen medialen kollateralen Bandapparats (MCL) postuliert, welche die Voraussetzung für die posterolaterale Luxation mit ihren osteoligamentären Verletzungen sein soll. Auch eine neuere Magnetresonananz-(MRT-)Studie unterstützt diese Hypothese [3]. Diese In-vivo-Beobachtungen stellen die klassische Theorie der lateral beginnenden Läsionssequenz [4] infrage und lassen eine häufigere Verletzung von Anteilen des MCL vermuten.

Die auftretenden axialen Kräfte bewirken Kompressions- und Abschererletzungen am anterolateralen Radiuskopf mit oder ohne Radiushalsbeteiligung und am Koronoid. Typische klinische Zeichen sind Schmerzen und Schwellung mit eingeschränkter Beweglichkeit. Bei einer Luxation findet sich zudem die entsprechende Deformation des Ellenbogens. Neurovaskuläre Begleitverletzungen sind die Ausnahme. Im luxierten Zustand kann dieses Verletzungsmuster vermutet werden. Erst die Reposition mit anschlie-

R. Babst · C. Schraner · F. J. P. Beeres

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Luzerner Kantonsspital, Luzern, Schweiz

Operative Therapie der Terrible-Triad-Verletzung des Ellenbogens

Offene Reposition und interne Fixation

ßender konventioneller Bildgebung ermöglicht die Diagnosesicherung, insbesondere auch hinsichtlich einer persistierenden Subluxationsstellung als Hinweis für die zusätzliche ligamentäre Instabilität, welche nicht nur den anterioren und lateralen, sondern auch den medialen Gelenkkomplex (MCL) betreffen kann. Zur Beurteilung der ossären Verletzung, insbesondere um das Ausmaß der Koronoidverletzung zu evaluieren, hat sich die Schnittbildgebung mit 2-D- und 3-D-Rekonstruktion etabliert. Zudem erlaubt sie eine Abschätzung der Rekonstruierbarkeit der Radiuskopffraktur. Inwieweit der Einsatz des MRT die Versorgungstaktik bei dieser Pathologie beeinflusst, ist noch nicht geklärt.

Das Koronoid ist im Rahmen einer Terrible Triad typischerweise nur an

seiner Spitze abgebrochen (O'Driscoll Typ I, Regan I; **Abb. 1**; [5–8]) und sofern das Ausmaß weniger als 50 % des Koronoids (Regan Typ II; **Abb. 1**) einnimmt bzw. die Frakturausdehnung die anteromediale Facette des Koronoids nicht involviert (O'Driscoll Typ II; **Abb. 1**), besteht keine ossäre Instabilität aufgrund der Koronoidfraktur. Hingegen sind die vordere Gelenkkapsel und vor allem ein eventuell rupturierter MCL-Komplex relevante Weichteilstabilisatoren, welche im Behandlungsplan berücksichtigt werden müssen.

Neben den ligamentären Stabilisatoren des lateralen kollateralen Ligamentkomplexes (LCL) und des oft in unterschiedlichem Ausmaß betroffenen MCL, ist der frakturierte Radiuskopf bei einer Terrible Triad der relevante ossäre Stabili-

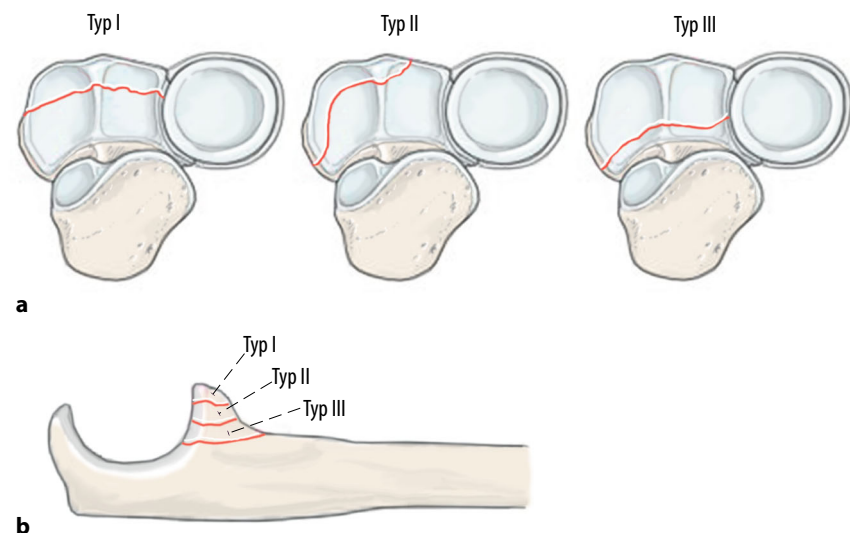


Abb. 1 ▲ Klassifikation der Koronoidfraktur. **a** O'Driscoll-Klassifikation [2]. **b** Regan-Klassifikation [1]

R. Babst · C. Schraner · F. J. P. Beeres

Operative Therapie der Terrible-Triad-Verletzung des Ellenbogens. Offene Reposition und interne Fixation

Zusammenfassung

Operationsziel. Rekonstruktion der wichtigsten ligamentären und ossären Ellenbogenstrukturen nach Terrible Triad über den Radiuskopf zum lateralen kollateralen Ligamentkomplex (LCL), falls nötig am Koronoid beginnend. Ziel ist ein stabiler konzentrisch geführter Ellenbogen mit frühfunktioneller Nachbehandlung. Die Adressierung hängt von der intraoperativ getesteten Stabilität ab.

Indikationen. Osteoligamentäres Terrible-Triad-Verletzungsmuster mit/ohne Subluxationsstellung nach Reposition und temporärer Ruhigstellung.

Kontraindikationen. Inoperabel aufgrund von Begleiterkrankungen. Konzentrischer Ellenbogen mit Radiuskopffraktur ohne Behinderung der Pro-/Supination, Koronoidfragment <50 % und stabiler Bewegungsbogen bis 30°.

Operationstechnik. Lateraler Zugang nach Kaplan oder Kocher, um vordere Kapsel/Koronoidspitze zu adressieren. Stabilisierung des Radiuskopfs mit Minifragmentschrauben/-platten oder Radiuskopfprothese. Reinsieren des LCL ossär an seinem Ursprung mit transossären Nähten/Knochenankern am Epicondylus humeri radialis. Bei persistierender Instabilität (Hanging-arm-Test) Versorgung mit lateralem Bewegungsfixateur und/oder des medialen kollateralen Bandapparats von medial.

Weiterbehandlung. Ruhigstellung in Oberarmgippschiene in den ersten postoperativen Tagen; ab 1. postoperativem Tag aktiv assistive schmerzadaptierte Bewegungstherapie aus der Schiene; nach 6–8 Wochen resistiv im gesamten Bewegungsbogen.

Ergebnisse. Kontrolle von 15 Terrible-Triad-Patienten (Durchschnittsalter 45,9 Jahre; Spanne 20–87 Jahre) nach 9,6 Monaten (Spanne 2,6–31,6 Monate): Bewegungsausmaß Flexion/Extension 131/14/0°, Pronation/Supination 78/0/67°. Arthrolyse nach durchschnittlich 38 Wochen bei 4, Anzeichen einer Gelenkarthrose bei 8, heterotope Ossifikationen bei 7 und neuropathische Beschwerden im Gebiet des N. ulnaris bei 1 Patienten. Frühfunktionelle Therapie mit reproduzierbaren Resultaten durch Stabilisierung osteoligamentärer Strukturen.

Schlüsselwörter

Ellenbogenluxationsfrakturen · Pathomechanismus · Terrible Triad · Operative und konservative Therapie

Operative treatment of terrible triad injury of the elbow. Open reduction and internal fixation

Abstract

Aim of surgery. Reconstruction of the most important ligamentous and osseous structures of the elbow after terrible triad injury via the radial head to the lateral collateral ligament complex (LCL) and if necessary beginning at the coronoid process. The aim is a stable concentrically guided elbow with early functional follow-up treatment. The approach depends on the intraoperatively tested stability.

Indications. Osteoligamentous terrible triad injury pattern with or without subluxation position following reduction and temporary immobilization.

Contraindications. Inoperable due to comorbidities. Concentric elbow with radial head fracture without impairment of pronation/supination, coronoid fragment <50% and stable range of motion up to 30°.

Operative technique. Lateral access according to Kaplan or Kocher in order to address the anterior capsule/coronoid tip. Stabilization of the radial head with mini fragment screws and plates or radial head prosthesis. Osseous reinsertion of the LCL at its origin with transosseous sutures/bone anchors on the radial epicondyle of the humerus. In cases of persisting instability (hanging arm test) treatment with lateral movement fixation and/or the medial collateral ligaments from medial.

Follow-up treatment. Immobilization in upper arm plaster cast in the first postoperative days, active assistive pain-adapted movement therapy in the cast from postoperative day 1 and after 6–8 weeks resistive therapy in the whole elbow.

Results. Control of 15 terrible triad patients (mean age 45.9 years, range 20–87 years) after 9.6 months (range 2.6–31.6 months), extent of movement flexion/extension 131/14/0°, pronation/supination 78/0/67°. Arthrolisis after an average of 38 weeks in 4 patients, signs of joint arthrosis in 8, heterotopic ossification in 7 and neuropathic complaints in the region of the ulnar nerve in 1 patient. Early functional therapy with reproducible results by stabilization of osteoligamentous structures.

Keywords

Elbow dislocation fractures · Pathomechanism · Terrible triad · Surgical and conservative therapy

sator, falls das Koronoid zu weniger als 50 % betroffen ist [5].

Bei einem kongruenten Ellenbogengelenk nach geschlossener Reposition einer Terrible Triad können die erwähnten ligamentären Strukturen auch durch eine konservative Therapie verheilen. Dazu müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: Gelenkkongruenz, kein Bewe-

gungsblock durch die Radiusfraktur hinsichtlich Rotation, kleine Koronoidfraktur Regan-Morrey Typ 1 oder 2 (Abb. 1) sowie stabiler aktiver Bewegungsumfang bis mindestens 30°-Streckung [9].

Inwieweit alle betroffenen Elemente rekonstruiert und repariert werden müssen, wird immer noch kontrovers diskutiert. Einigkeit besteht über die Rekon-

struktions-/Ersatznotwendigkeit des Radiuskopfs und die Naht des LCL [10]. Inwieweit die Koronoidspitze und damit die vordere Gelenkkapsel readaptiert werden soll [11], ob das MCL bei persistierender Instabilität direkt vernäht oder ob eine Sicherung der Gelenkführung durch einen Bewegungsfixateur genügt, um den medialen Eingriff zu ersparen,

wird basierend auf retrospektiven Studien und biomechanischen Arbeiten unterschiedlich postuliert [12–14].

Operationsprinzip und -ziel

Die operative Therapie zielt auf eine Rekonstruktion der wichtigsten ligamentären und ossären Stabilisatoren des Ellenbogens ab. Ziel ist dabei die Wiederherstellung eines stabilen konzentrisch geführten Ellenbogengelenks. Dies wird in den meisten Fällen durch eine von lateral durchgeführte sequenzielle Readaptation der vorderen Gelenkkapsel/Koronoidspitze, durch Rekonstruktion/Ersatz des Radiuskopfs und durch eine Readaptation des LCL erreicht. Bei persistierender intraoperativ evaluierter Instabilität sollte der MCL direkt vernäht oder dessen Heilung mit einem Bewegungsfixateur ermöglicht werden. Um eine posttraumatische Ellenbogensteife oder eine frühe Reluxation, die in einer chronische Subluxation mündet, zu verhindern, müssen alle operativen Maßnahmen in einem stabilen Ellenbogen münden, der einer frühfunktionellen Nachbehandlung zugeführt werden kann.

Vorteile

- Wiederherstellung der osteoligamentären Gelenkintegrität und Funktion
- Verminderung von Folgeschäden, wie Instabilität, posttraumatischer Gelenkarthrose und Gelenksteife

Nachteile

- Sequenzieller Zugang von lateral erfordert Stabilisierung aller 3 Elemente (vordere Gelenkkapsel/Koronoid, Radiuskopf, LCL), auch wenn die Fixation des mittleren Pfeifers nicht unbedingt nötig wäre, da nach Fixation der lateralen Elemente (Radiuskopf und LCL) der Zugang zur ventralen Kapsel/Koronoidspitze schlecht möglich ist.
- Falls die ventrale Kapsel/Koronoidspitze nicht primär readaptiert wird und das Ellenbogengelenk trotzdem instabil

bleibt, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, wie MCL-Reparatur und/oder die Applikation eines Bewegungsfixateurs.

- Stabile Fixation kleiner Koronoidfrakturfragmente ist schwierig.
- Vorhaltung verschiedener Implantate/Prothesen/Bewegungsfixateure

Indikationen

- Ossäres Verletzungsmuster einer Terrible Triad mit/ohne Subluxationsstellung nach der Reposition und temporären Ruhigstellung

Kontraindikationen

- Aufgrund von Begleiterkrankungen inoperabler Patient und/oder Begleitverletzungen
- Lokaler Infekt

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken
- Postoperativ eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit, speziell. Extensionsdefizit mit Möglichkeit sekundärer Arthrolyse
- Persistierende Instabilität
- Postoperative Arthrose
- Ggf. Radialis-ramus-profundus- bzw. Ulnarisneuropathie
- Heterotope Ossifikationen
- Ggf. Radiuskopfersatz, Bewegungsfixateur oder Osteosynthesematerialentfernung
- Intensives physiotherapeutisches Nachsorgeprogramm über mehrere Monate

Operationsvorbereitungen

- Standarddiagnostik mittels konventionellem Röntgen in zwei Ebenen (a.-p./seitlich) nach Reposition
- Computertomographie (CT), ggf. MRT
- Überprüfung der Hautverhältnisse im Zugangsbereich
- Überprüfen der Neurologie

Instrumentarium

- Standard-Knocheninstrumentarium
- Blutsperrung fakultativ
- Kleinfragmentinstrumentarium, Minischrauben (2,7, 2,0 und 1,5 mm), kopffreie Kompressionsschrauben (2,7 und 2,4 mm)
- Kirschner-Drähte
- Knochenanker
- Radiuskopfprothese
- Bewegungsfixateur
- Bildverstärker

Anästhesie und Lagerung

- Allgemein- oder axilläre Plexusanästhesie
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe mit einem Cephalosporin der 2. Generation
- Postoperative Thromboembolieprophylaxe während der Hospitalisation

Operationstechnik

(**Abb. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14**)

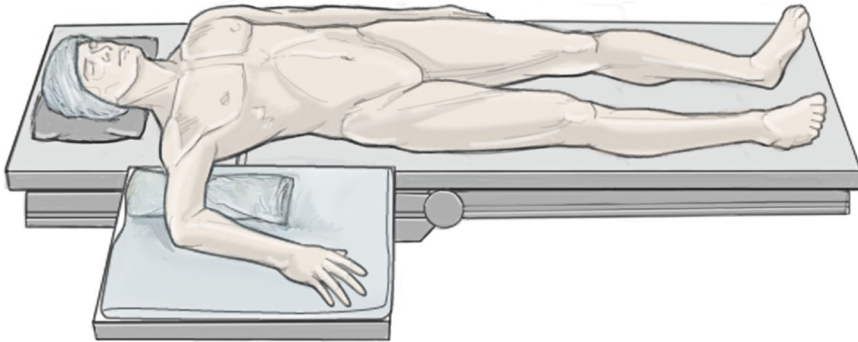


Abb. 2 ▲ Die Stabilisierung von posterolateralen Luxationsfrakturen (Terrible Triad) erfolgt in Rückenlage. Die betroffene Extremität wird auf einem Armtisch gelagert, der um 45–80° in der Schulter abduziert wird. Der Ellenbogen ist frei beweglich und wird ggf. durch eine Tuchrolle am Oberarm unterstützt. Eine Blutsperre ist fakultativ

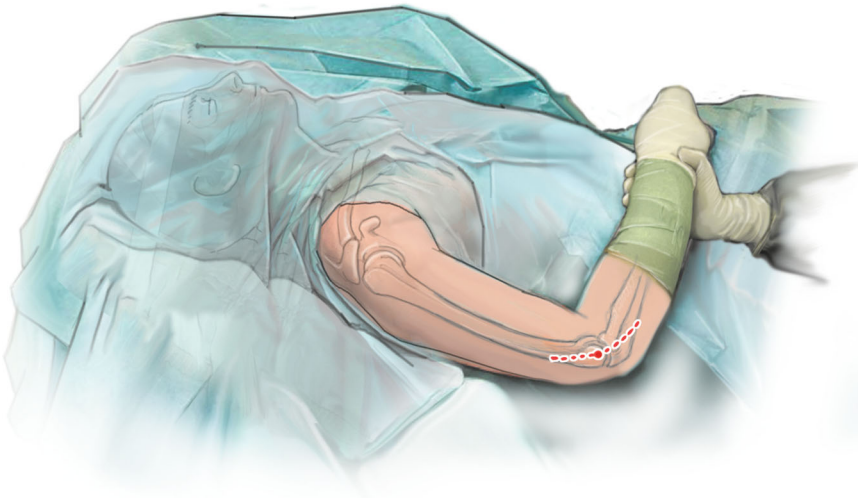


Abb. 3 ▲ Der Hautschnitt (*rote Linie*) ist über dem Epicondylus radialis zentriert. Er verläuft auf 6–8 cm entlang der Kante der lateralen Säule des distalen Humerus nach distal auf die Ulnakante zielend. Ein separater medialer Zugang ist bei dieser Lagerung ebenfalls möglich. Bei Notwendigkeit einer lateralen und medialen Versorgung kann auch eine dorsale Inzision in der Mittellinie gewählt werden. Dafür wird jedoch die Seiten- oder Bauchlage bevorzugt

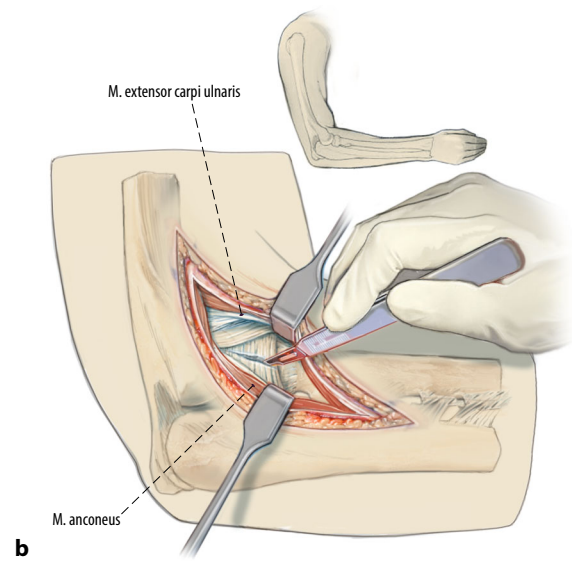
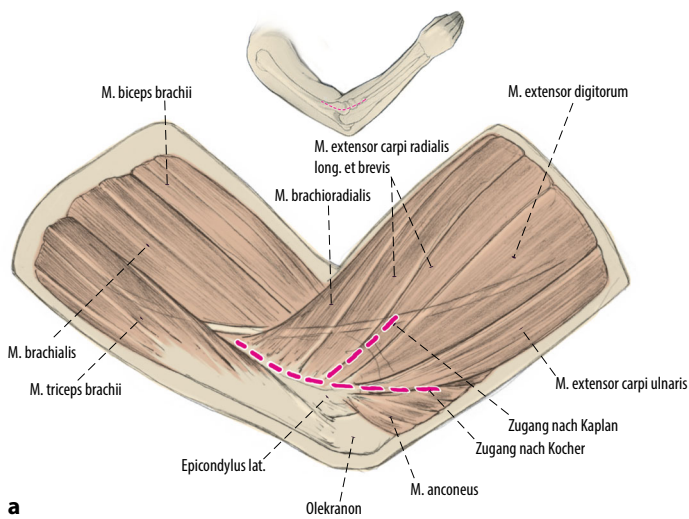
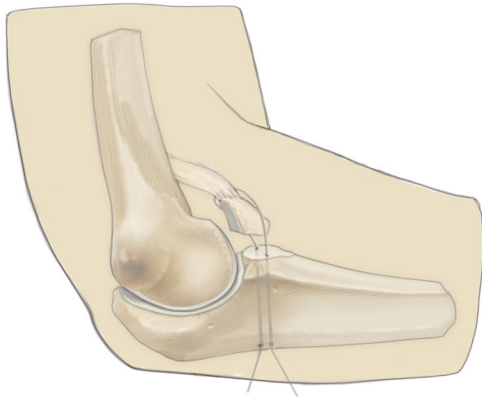
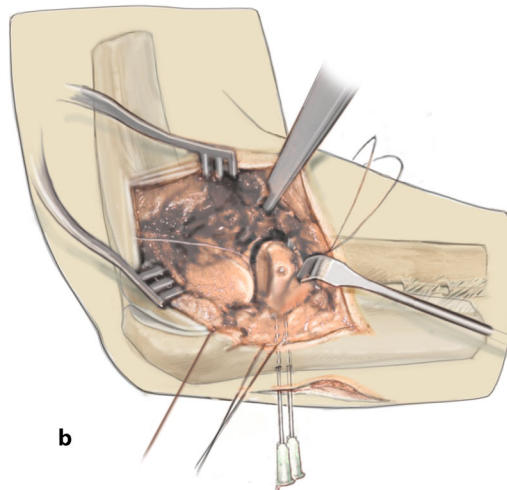


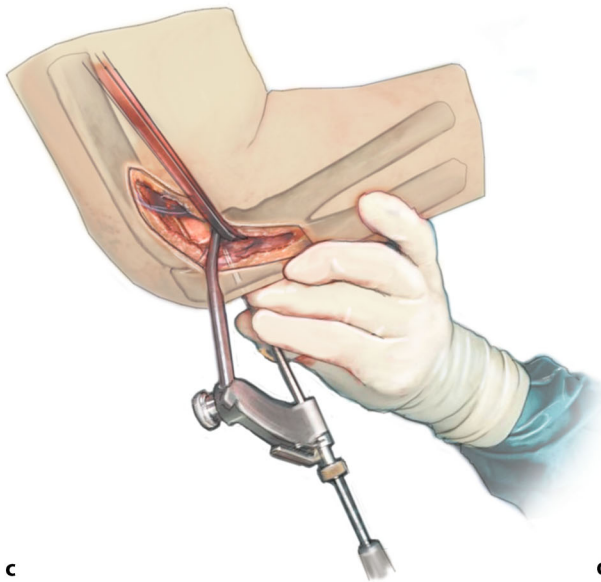
Abb. 4 ▲ Für die Rekonstruktion der vorderen Gelenkkapsel bzw. der Koronoidspitze ist der Zugang nach Kaplan, welcher zwischen dem Musculus extensor carpi radialis brevis und dem Musculus extensor digitorum communis erfolgt, besser geeignet als der dorsalere Zugang nach Kocher (a), welcher zwischen dem Musculus extensor carpi ulnaris und dem Musculus anconeus geführt wird. Hingegen ist beim Kaplan-Zugang das Risiko einer Verletzung des Ramus profundus des N. radialis durch Hackenzug größer. Durch Ablösung der langen Extensoren bzw. durch Osteotomie des Ansatzes der Letzteren wird die Einsicht auf die Koronoidspitze möglich (b)



a



b



c



d

Abb. 5 ◀ a–d Die Rekonstruktion der Koronoidspitze (O’Driscoll Typ I) oder die Reinsertion der ventralen Kapsel wird erleichtert, wenn der Radiuskopf bei einer Trümmerfraktur reseziert werden kann. Meist sind jedoch auch anterolaterale Gelenkfragmente disloziert, wodurch der Zugang zur Koronoidspitze etwas erleichtert wird. Dieser Zugang ist ausreichend, um die ventrale Kapsel oder die Koronoidspitze mit einer modifizierten Kessler-Naht (a) zu fassen und diese transossär über die Ulnakante durch eine separate Inzision auszuleiten (sog. transossäre Suture-Lasso™-Technik; b–d). Dieses Vorgehen wird durch die Verwendung eines Zielgeräts erleichtert, das in der Kreuzbandchirurgie Anwendung findet (c). Die SutureLasso™-Technik hat sich in der Literatur als signifikant zuverlässiger als eine Anker- oder Schraubenfixation erwiesen [15]. Bei größeren Fragmenten (O’Driscoll Typ II und III), die bei einer Terrible Triad jedoch selten angetroffen werden, muss u. U. ein medialer Zugang gewählt werden (vgl. ▣ Abb. 12)

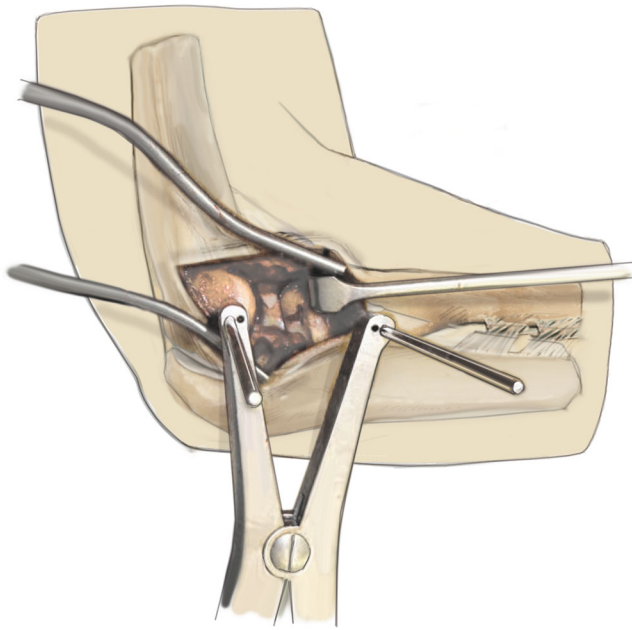
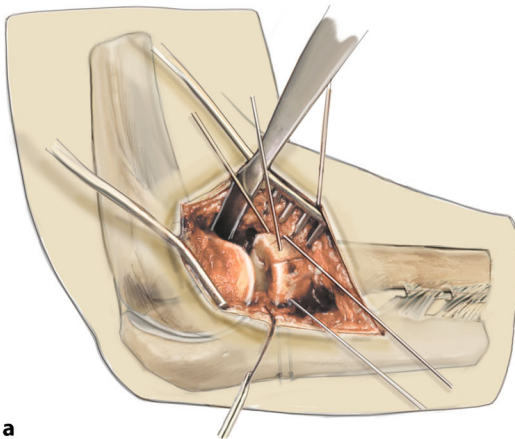
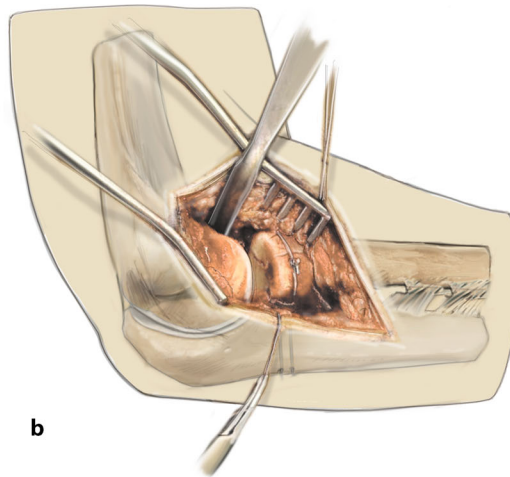


Abb. 6 ▲ Um die Rekonstruktion des Radiuskopfs nicht zu behindern, werden die vorgelegten Fäden in der Koronoidspitze bzw. der Gelenkkapsel bis zur intraoperativen Stabilitätsprüfung nach Rekonstruktion des Radiuskopfs und des LCL-Komplexes nicht angezogen. Bei diesem Operationsschritt kann ein Distraktionspreizer die Übersicht verbessern. Nach der LCL-Refixation prüfen wir die Stabilität (Abb. 11) und entscheiden dann bei positivem „Drop sign“ über die Notwendigkeit einer Fixation der ventralen Kapsel oder der Koronoidspitze mittels vorgelegtem Lasso zur Sicherung eines stabilen konzentrischen Gelenks



a



b



c

Abb. 7 ◀ Die einzelnen Fragmente des Radiuskopfs werden nach präliminärer Fixation mit Kirschner-Draht mit 2,0-mm- bzw. 1,5-mm-Minizugschrauben stabil verankert. Kleinere Fragmente, welche mit Schrauben nicht sicher stabilisiert werden können, profitieren von einer zusätzlichen zirkulären oder hemizirkulären Fadenzirkelklage (a, b) mit einem resorbierbaren 2,0er-Faden. Zusätzliche Stabilität können in den Radiuschaft gezielte Positionsschrauben erbringen (c). Damit kann die Anlage einer Platte oftmals vermieden werden

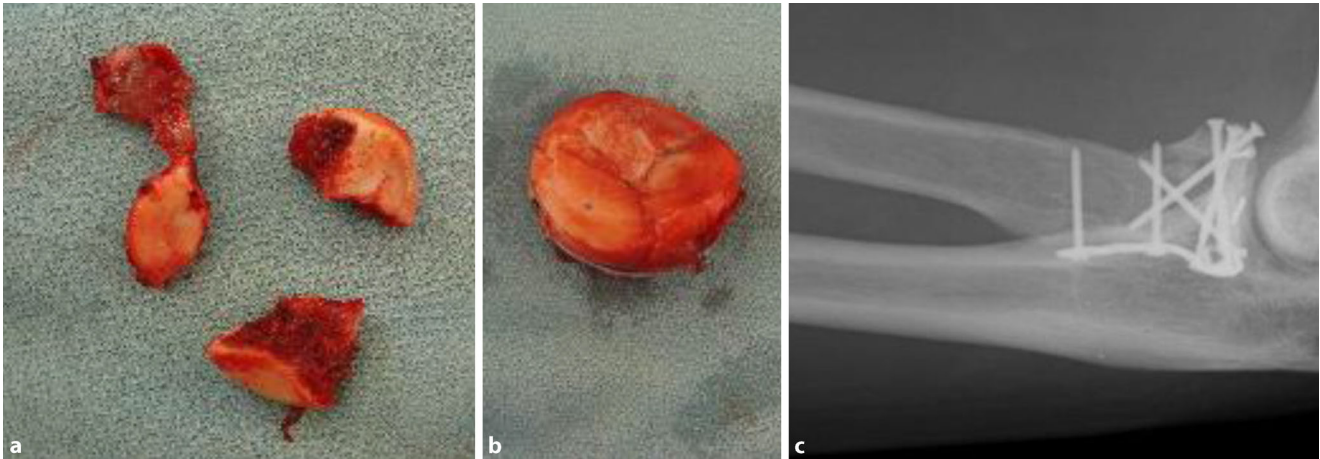


Abb. 8 ▲ Bei schwieriger Rekonstruktion kann gelegentlich auch eine „On-table“-Rekonstruktion mit nachfolgender Implantation des Radiuskopfs als Spacer bzw. Bioprothese mit Hilfe einer Platte erfolgen

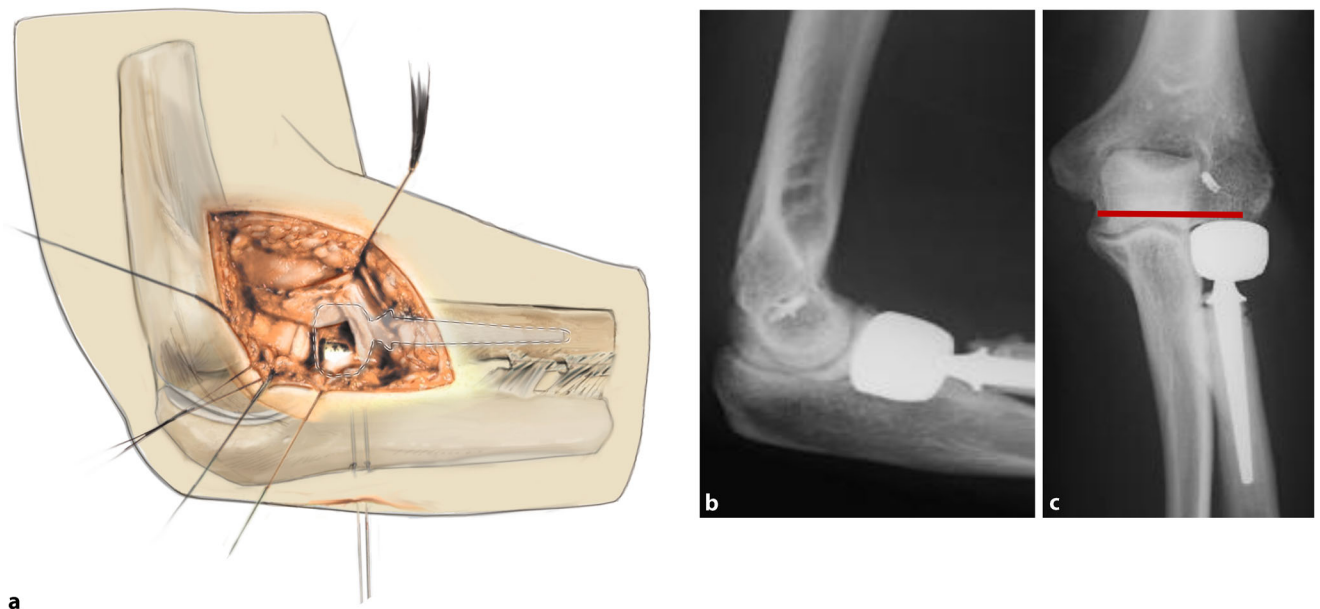


Abb. 9 ▲ Bei mehrfragmentären Radiuskopffrakturen, welche nicht bewegungsstabil versorgt werden können, ist der Gelenkersatz zur Erreichung einer genügenden Ellenbogenstabilität indiziert. Verschiedene Prothesentypen stehen zur Verfügung. Grundsätzlich wird zwischen monopolaren und bipolaren (a) sowie zementierten und unzementierten Implantaten unterschieden. In biomechanischen Tests haben sich die monopolaren Prothesentypen bei Terrible-Triad-Konfiguration als stabiler erwiesen [12]. Klinisch besteht dieser Unterschied nicht [13]. Die klinischen Resultate bezüglich Funktionalität scheinen nach Prothesenimplantation ähnlich zu denen nach osteosynthetischer Versorgung zu sein. In Anbetracht der kurzen Beobachtungszeit bei diesem meist jüngeren Patientenkollektiv gilt es jedoch, die Spätfolgen wie Prothesenlockerung und Arthrose in Betracht zu ziehen [14]. Die Schwierigkeit bei der Prothesenimplantation ist es, die korrekte Höhe der Prothese einzustellen, um einen Überdruck („Overstuffing“) auf das Capitulum humeri zu verhindern. Als intraoperative Referenz hat sich die Empfehlung von Doornberg [16], gewonnen anhand von 2-D- und 3-D-Analysen, als nützlich erwiesen. Dabei sollte bei der Inspektion die Radiusprothesengelenkebene gleichauf oder nicht mehr als ein 1 mm proximal der lateralen Koronoidgelenklinie sein (b, c). Das entspricht einer Prothesenhöhe von <1 mm in Relation zum zentralen Kamm der Processus-coronoideus-Gelenkfläche

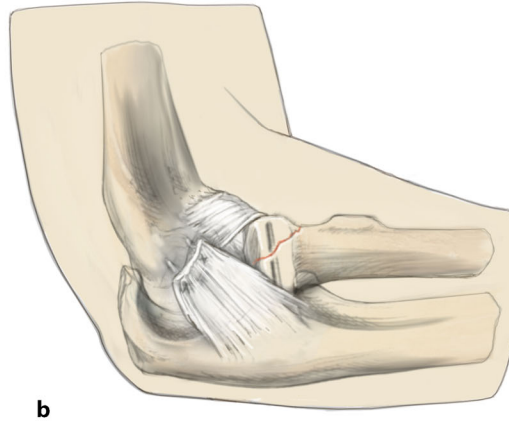
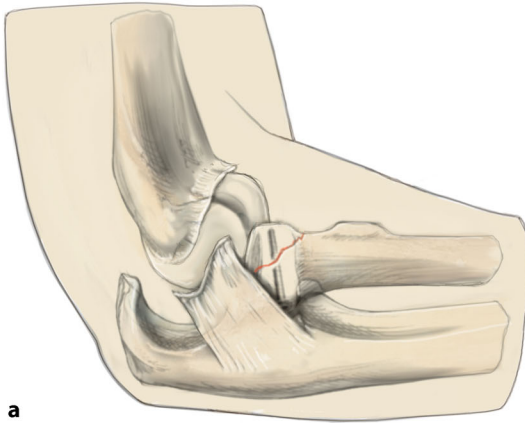
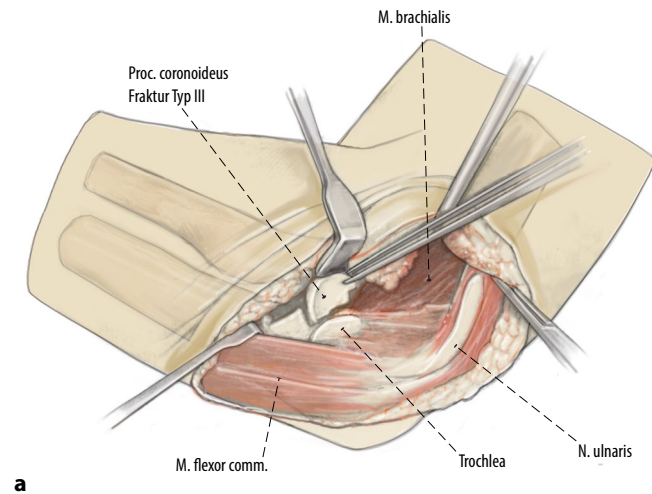


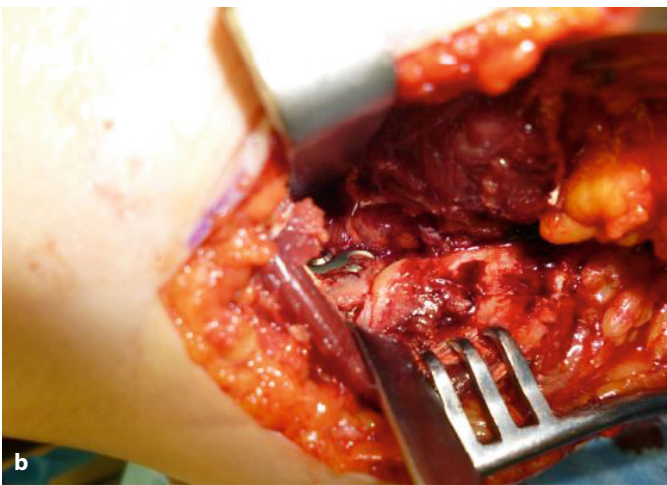
Abb. 10a,b ◀ Als nächster Schritt erfolgt die Rekonstruktion des zerrissenen LCL-Komplexes. Letzterer ist meist an seinem epikondylären Ursprung ausgerissen. Der Bandkomplex wird entweder transossär oder mit Fadenankern fixiert



Abb. 11a,b ▲ Nach LCL-Rekonstruktion werden die vorgelegten transossären Fäden durch die Ulna, welche die vordere Gelenkkapsel und die Koronoidspitze anschlingen, ebenfalls angezogen und die sagittale Ellenbogenstabilität wird durch den Extensionsstresstest (a) intraoperativ überprüft. Eine persistierende Instabilität lässt sich durch eine Gelenkinkongruenz im Seitenbild nachweisen („Drop sign“; b; [17]). (Aus [15], mit frendl. Genehmigung von Wolters Kluwer Health, Inc.)



a



b



c

Abb. 12 ◀ Bei persistierender Instabilität wird durch einen medialen Zugang nach Visualisierung des N. ulnaris der MCL-Komplex dargestellt und rekonstruiert (a) bzw. ein größeres nach medial auslaufendes Koronoidfragment direkt fixiert. Diese Fixation kann mit Schrauben oder einer Abstützplatte erfolgen (b, c)

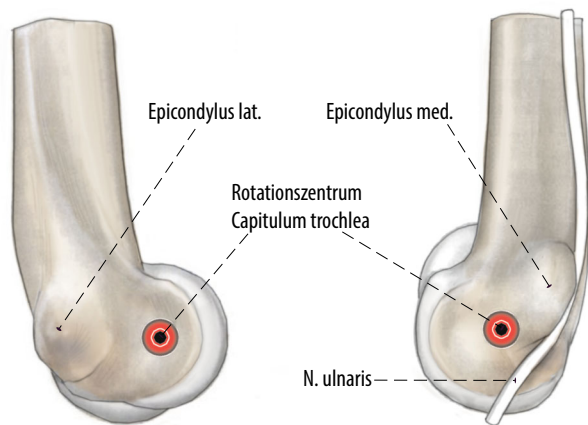


Abb. 13 ▲ Alternativ kann bei fehlender Notwendigkeit einer ossären Fixation von medial der MCL unangetastet bleiben. Bei intraoperativ manifester Instabilität empfiehlt sich jedoch, in dieser Situation zur stabilen Gelenkführung einen gelenküberbrückenden Fixateur externe zu applizieren, um so die isometrische Heilung der medialen Kollateralbänder zu ermöglichen. Das isometrische Zentrum des Bewegungsfixateurs wird auf das Zentrum des Capitulum humeri bzw. der Trochlea mit einem Kirschner-Draht aufgesucht. Dieser wird parallel zur Gelenkebene eingebracht

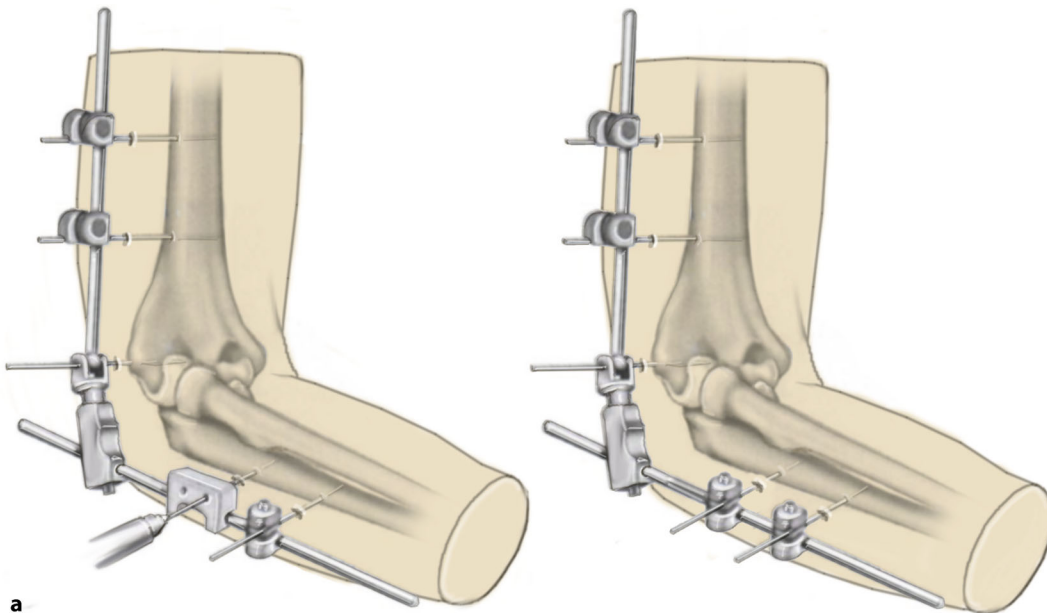


Abb. 14a,b ◀ Das Scharnier des Bewegungsfixateurs wird über den Führungsdraht und die Schanz-Schrauben werden mit Ziellehren in den distalen Humerus und die proximale Ulna eingebracht, wobei die Stangen des Bewegungsfixateurs parallel zur jeweiligen Schaftachse ausgerichtet werden müssen. Die Schanz-Schrauben werden durch Verbindungsbacken mit den Fixateurstangen verbunden und der Ellenbogen isometrisch durch den Bewegungsbogen geführt. Danach wird der Führungsdraht, der das isometrische Zentrum markiert hat, entfernt



Besonderheiten

- Bei hoher Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen ulnaren Versorgung können aus einem einzigen dorsalen Zugang sowohl die radiale als auch die ulnare Pathologie versorgt werden. Zur Vermeidung von postoperativen Nekrosen müssen beide Hautlappen als „full thickness flaps“ mobilisiert werden. Bei Unsicherheit bezüglich einer ulnaren Versorgung ist der direkte radiale Zugang üblich, welcher bei persistierender Instabilität durch einen direkten ulnaren Zugang ergänzt werden kann. In der Literatur finden beide Taktiken gleichermaßen Verwendung [18–20].
- Die Verwendung eines gelenküberbrückenden Fixateur externe

anstelle einer Rekonstruktion der medialen ulnaren kollateralen Bänder wird kontrovers diskutiert und nicht einheitlich gehandhabt [10, 19, 20]. Persistiert nach MCL-Rekonstruktion eine Instabilität, kann der Bewegungsfixateur zur Sicherung der konzentrischen Ellenbogenstabilität angezeigt sein.

Postoperative Behandlung

- Postoperativ wird der Ellenbogen in einer Mittelstellung zwischen 70–90° in einer dorsalen Oberarmgipsschiene für 3–4 Tage zur Förderung der Abschwellung und zur Schmerzbehandlung immobilisiert. Aus dieser Schiene heraus wird der Patient ab dem 1. postoperativen Tag physiothe-

rapeutisch aktiv-assistiv schmerzadaptiert und mit dem Vorderarm in Neutralstellung oder vorteilhaft in Pronation für die Extension gebeugt. Die Extension wird nicht über 30° forciert, insbesondere bei Anwendung der Loop-Technik. Die Flexion >90° erfolgt in Neutralstellung oder Supination.

- Eine Prophylaxe gegen heterotope Ossifikationen wird nicht routinemäßig verabreicht.
- Während der Hospitalisation erhalten die Patienten eine Thromboembolieprophylaxe.

Fehler, Gefahren und Komplikationen

- Eine postoperative Ruhigstellung zur Protektion einer ungenügend stabilen Osteosynthese oder zur Verhinderung einer Subluxationsstellung führt am Ellenbogen rasch zur Gelenksteife und kann eine Subluxationstendenz nicht verhindern. Alle operativen Maßnahmen zur Erzielung eines stabilen Ellenbogens – mit entsprechender intraoperativer Testung („Drop sign“) und Eskalation der Maßnahmen zur Stabilisierung – oder zur Sicherung aller notwendigen osteoligamentären Strukturen sind deshalb auszuschöpfen und können nicht durch eine Gipsruhigstellung kompensiert werden.
- Radiuskopfrümmfrakturen können in einer seltenen Radiuskopfnekrose oder in einer „Non Union“ resultieren. Der initiale Ersatz oder das bewusste Belassen einer Bioprothese als ossärer Stabilisator ist wichtig. Eine Radiuskopfresektion bei einer Terrible Triad verhindert einen bewegungsstabilen Ellenbogen. Eine Radiuskopfprothese sollte deshalb bei dieser Intervention zur Verfügung stehen.
- Die Verwendung von Hohmann-Haken um den ventralen Radius Hals kann durch Traktion den Ramus profundus des N. radialis gefährden.
- Fehlende Darstellung des N. ulnaris beim medialen Zugang birgt die Gefahr von unbeabsichtigter Läsion.
- Bei Verwendung von Radiuskopfprothesen ist die intraoperative Prothesenhöhenbestimmung entscheidend, um ein Over- oder Understuffing zu vermeiden. Die Relation der Prothese zum radialen Rand des proximalen Radioulnargelenks sollte intraoperativ kontrolliert werden und dieser Rand sollte um nicht mehr als 1 mm überschritten werden [16].
- Die frühe Redisllokation ist selten und wird im radiologischen Kontrollbild dargestellt.
- Die sekundäre Gelenksteife mit eingeschränktem Bewegungsbogen ist oft assoziiert mit der Ausbildung heterotoper Ossifikationen. Diese ist

durch Arthrolyse und Entfernung der Ossifikationen günstig zu beeinflussen, sodass ein funktioneller Bewegungsbogen oft wieder erreicht werden kann [18].

Ergebnisse

Von 2011–2015 wurden 15 Patienten (4 Frauen, 11 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 45,9 Jahren (Spanne 20–87 Jahre) mit einer Terrible Triad nach diesem Protokoll operiert. Insgesamt 7 Eingriffe betrafen den rechten, 8 den linken Arm: Koronoidfrakturen nach O’Driscoll 10-mal Typ I, 3-mal Typ II und 2-mal Typ III bzw. nach Regan 6-mal Typ I, 8-mal Typ II und 1-mal Typ III.

Reposition und Ruhigstellung im Gips oder mittels Fixateur externe. Bei sehr instabilem Ellenbogen erfolgte die Bilanzierung der ossären Läsionen anhand konventioneller Röntgenaufnahmen und mittels 2-D- und 3-D-CT. Keine Instrumentierung des Koronoids erfolgte aufgrund intraoperativer Stabilitätstestung in 4 Fällen bzw. mit der SutureLasso™-Technik in 4, durch Mitek-Anker in 3, durch separate Inzision mit Schrauben- oder Plattenfixation in weiteren 3 Fällen oder mit Schraubenfixation kombiniert mit SutureLasso™-Technik in einem Fall. Im eigenen Vorgehen wird der Zugang nach Kaplan gewählt und der Radiuskopf – wenn immer möglich – erhalten und primär durch Schraubenosteosynthese ($n = 13$), in Ausnahmefällen zusätzlich mit „On-table“-Rekonstruktion mit Platte ($n = 1$) und einmalig nur mittels Fadenzerklage ($n = 1$) rekonstruiert. Kein Fall wurde mit Prothese versorgt.

Die Patienten konnten durchschnittlich nach 9,6 Monaten (Spanne 2,6–31,6 Monate) nachkontrolliert werden. Es fanden sich keine Infekte. Das Bewegungsausmaß dieser Gruppe betrug zum Zeitpunkt der letzten Kontrolle betreffend Flexion/Extension $131^\circ/14^\circ/0^\circ$, entsprechend einem Bewegungsbogen von durchschnittlich 117° , und betreffend Pronation/Supination $78^\circ/0^\circ/67^\circ$, entsprechend einem Bewegungsbogen von 145° . Bei 4 Patienten war eine Arthrolyse nach durchschnittlich 38 Wochen notwendig. Bei einem Patienten

traten neuropathische Beschwerden im Ausbreitungsgebiet des N. ulnaris auf. In 8 Fällen fanden sich Zeichen einer Gelenkarthrose und bei 7 wurden heterotop Ossifikationen registriert.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. R. Babst

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,
Luzerner Kantonsspital
6000 Luzern, Schweiz
reto.babst@luks.ch

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Babst, C. Schraner und F.J.P. Beeres geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

Literatur

1. Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J (2001) Posterior dislocation of the elbow with fracture of the radial head and coronoid. *J Bone Joint Surg Am* 84-A:547–551
2. Schreiber JJ, Warren RF, Hotchkiss RN, Daluski A (2013) An online video investigation into the mechanism of elbow dislocation. *J Hand Surg* 38A:488–494
3. Rhyou IC, Kim YS (2012) New mechanism of the posterior elbow dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20:2535–2541
4. O’Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An K (1992) Elbow subluxation and dislocation: a spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res* 280:186–197
5. Doornberg JN, Ring D (2006) Coronoid fracture patterns. *J Hand Surg Am* 31:45–52
6. O’Driscoll SW, Jupiter JB, Cohen MS, McKee MD (2003) Difficult elbow fractures: pearls and pitfalls. *Instr Course Lect* 52:93–111
7. Doornberg JN, van Duijn J, Ring DJ (2006) Coronoid height in terrible triad injuries. *J Hand Surg Am* 31:794–797
8. Regan W, Morrey B (1989) Fractures of the coronoid process of the ulna. *J Bone Joint Surg Am* 71-A:1348–1354
9. Chan K, MacDermid JC, Faber KJ, King JW, Athwal GS (2014) Can we treat select terrible triad injuries nonoperatively? *Clin Orthop Relat Res* 472:2092–2099
10. Chen CN, Ring D (2015) Terrible triad injuries of the elbow. *J Hand Surg Am* 40:2293–2303
11. Papatheodorou L, Rubright JH, Heim KA, Weiser RW, Sotereanos DG (2014) Terrible Triad Injuries of the Elbow: Does the Coronoid Always Need to Be Fixed? *Clin Orthop Relat Res* 472:2084–2091
12. Schneeberger AG, Sadowski MM, Jacob HA (2004) Coronoid process and radial head as posterolateral rotatory stabilizers of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 86:975–982
13. Zunkiewicz MR, Clemente JS, Miller MC, Baratz ME, Wysoki RW, Cohen MS (2012) Radial head

- replacement with a bipolar system: a minimum of 2 years follow up. J Shoulder Elbow Surg 21:98–104
14. Watters TS, Garrigues GE, Ring D (2014) Fixation versus replacement of radial head in terrible triad. Clin Orthop Relat Res 472:2128–2135
 15. Garrigues GE, Wray WH III, Lindenhovius AL, Ring DC, Ruch DS (2011) Fixation of the coronoid process in elbow fracture dislocations. J Bone Joint Surg Am 93:1873–1881
 16. Dornberg JN, Linzel DS, Zurakowski D, Ring D (2006) Reference points for radial head prosthesis size. J Hand Surg Am 31:53–57
 17. Coonrad RW, Roush TF, Major NM, Basamania CJ (2005) The drop sign, a radiographic warning sign of elbow instability. J Shoulder Elbow Surg 14(3):312–317
 18. Rodríguez-Martin J, Pertell-Mazzini J, Andres-Esteban EM, Larrainzar-Garjito R (2011) Outcomes after terrible triads of the elbow treated with the current surgical protocols. A review. Int Orthop 35:851–860
 19. Gupta A, Barei D, Khwaja A, Beinseggner D (2014) Single-staged treatment using a standardized protocol results in functional motion in the majority of patients with a terrible triad elbow injury. Clin Orthop Relat Res 472:2075–2085
 20. Forthman C, Henket M, Ring D (2007) Elbow dislocation with intra-articular fracture: results of operative treatment without repair of the medial collateral ligament. J Hand Surg 32:1200–1209

S. Kluge (Hrsg.)
Ultraschalldiagnostik der Hand

**Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
 2015, 1, 772 Abb., (ISBN: 978-3-642-44939-0), über 50 Online-Videos
 149.99 EUR**



Mit zahlreichen Abbildungen und über 50 Online-Videos

Das Buch verfügt über eine begeisternde Verschmelzung von diagnostischen und klinischen bzw. intraoperativen Befunden. Auf diese Weise werden dem sonographisch unerfahrenen Handchirurgen die Möglichkeiten, Techniken und Vorteile der Ultraschall-diagnostik in den jeweiligen Kapiteln aus allen Blickwinkeln näher gebracht. Das Buch gibt einen großen Überblick über das noch neue Gebiet der Ultraschall-diagnostik der Hand. Auch für den nicht handchirurgisch tätigen Ultraschall-diagnostiker gibt dieses Werk Einblicke in die handchirurgischen Therapieoptionen und liefert eine sehr gut bebilderte Darstellung der intraoperativen Befunde.

Das hier vorliegende Buch von Kluge „Ultraschall-diagnostik der Hand“ sollte in keiner handchirurgischen Bibliothek fehlen und kann jedem Handchirurgen uneingeschränkt empfohlen werden.

F. Unglaub (Bad Rappenau)

Die Sonografie ist in zahlreichen Gebieten der Medizin ein etabliertes Untersuchungsverfahren. In der Handchirurgie wird die Sonographie, im Vergleich zu anderen chirurgischen Gebieten, jedoch noch immer mit großer Zurückhaltung eingesetzt. Das hier vorliegende Buch ist eine hervorragende Anleitung zur sicheren Anwendung der Ultraschall-diagnostik an der Hand und kann somit zu einer deutlichen Verbreitung der Sonographie in der Handchirurgie beitragen.

Das Buch gliedert sich zunächst in technische Grundlagen und Untersuchungsgrundlagen und startet dann mit der Sonographie des normalen Gewebes. Hier werden alle wichtigen Gewebearten wie Nerven, Gefäße, Sehnen, Gelenke und Knochen für den Handchirurgen in hervorragender Bepildung und mit zusätzlichen Videodateien anatomisch/sonographisch suffizient dargestellt. Im Anschluss wird speziell auf Erkrankungen der Hand eingegangen, wie degenerativ veränderte Gewebe, traumatische Läsionen oder neoplastische Veränderungen. Insbesondere die Implantat bedingten Komplikationen spielen mittlerweile in der Handchirurgie eine große Rolle und werden ebenfalls mit beeindruckendem Bildmaterial und intraoperativen Abbildungen sowie Videos erläutert.