

Redaktion

U. Bosch, Hannover

Zeichner

R. Himmelhan, Heidelberg



Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH

Springer Medizin Kundenservice

Tel. 0800 77 80 777

E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

T. Slongo

Paediatric Trauma and Orthopaedics, Dept. of Paediatric Surgery, University Children's Hospital, Bern

Radialer externer Fixateur zur geschlossenen Behandlung problematischer suprakondylärer Humerusfrakturen Typ III und IV bei Kindern und Jugendlichen

Eine neue chirurgische Technik

Zusammenfassung

Operationsziel. Geschlossene, anatomische Reposition und sichere Fixation von problematischen suprakondylären Typ-III- und Typ-IV-Humerusfrakturen, die mit den herkömmlichen Operationsmethoden nur schwierig geschlossen zu behandeln sind.

Indikationen. Gemäß der AO-Kinderklassifikation der suprakondylären Humerusfrakturen vom Typ III und IV: Frakturen, welche nicht geschlossen mittels üblicher Repositionsmethoden reponierbar sind sowie Frakturen, die nicht mittels der üblichen, gekreuzten perkutanen Kirschner-Draht-Technik zu fixieren sind. Bei schweren Schwellungszuständen, offener Fraktur oder initial neurologischen und/oder vaskulären Problemen („pulseless pink hand“) sowie bei mehrfachverletzten Kindern, welche eine optimale Rehabilitation benötigen und die Extremität gipsfrei sein sollte. Bei Kindern mit Komorbiditäten (z. B. Anfälle, Spastizität), die eine bessere Stabilität benötigen.

Kontraindikationen. Prinzipiell keine Kontraindikationen

Operationstechnik. Im nichtreponierten Zustand unter Durchleuchtungskontrolle Einbringen einer einzelnen Schanz-Schraube in den lateralen (radialen) Aspekt des distalen Fragments, welches sich in der streng seitlichen Röntgenprojektion als „Sand-Uhr“- bzw. Kreisform des Capitulum humeri darstellt. Je nach Größe dieses distalen Fragments kann die Schanz-Schraube rein epiphysär oder metaphysär liegen. Danach in absolut streng seitlicher Projektion des distalen Hume-

rus im Bereich des meta-diaphysären Übergangs Einbohren einer 2. Schanz-Schraube unabhängig von der Ersten, die möglichst rechtwinklig zur Längsachse des Humerus in der a.-p.-Ebene zu liegen kommen sollte, um spätere Manipulationen mittels „Joy-Stick“-Technik zu erleichtern. Sind die beiden Schanz-Schrauben mehr oder weniger in beiden Ebenen parallel, so ist die Fraktur praktisch anatomisch reponiert. Nach erreichter Reposition Feinjustierung aller Achskomponenten. Sicherung der Flexion/Extension mittels einem von radial, distal eingebrachten sog. Anti-Rotations-Kirschner-Drahts, der die Stabilität signifikant erhöht und eine Drehung des distalen Fragments um die einzelne Schanz-Schraube verhindert.

Postoperative Behandlung. Keine zusätzliche Gipsruhigstellung notwendig. Es sollte eine funktionelle Nachbehandlung erfolgen.

Ergebnisse. Gemäß unserer Langzeitstudien bewegen die meisten Kinder bereits zum Zeitpunkt der ambulanten Pin-Entfernung in der Frakturambulanz ihren Ellbogen weitgehend normal. Bei einer Follow-up-Zeit über 40 Monate hatten 30/31 Kindern eine seitengleiche Achse und Beweglichkeit.

Schlüsselwörter

Kinder · AO-Frakturklassifikation · Frakturfixierung · Armknochen · Radialer Kondylus

Radial external fixator for closed treatment of Type III and IV supracondylar humerus fractures in children. A new surgical technique

Abstract

Objective. Closed, anatomical reduction and reliable fixation of type III and IV supracondylar fractures that are either difficult or impossible to treat with conventional methods.

Indications. According to the Pediatric Comprehensive AO Classification for long bones this technique is preferred for type III and IV supracondylar fractures that cannot be reduced using closed standard manipulative techniques, where stable fixation using standard percutaneous wire configurations cannot be achieved, when severe swelling, open fracture, primary neurological or vascular problems (“pulseless pink hand”) or multiple injuries indicate that optimal management of the injured limb should be free from cast. In patients with comorbidities (e.g., seizures or spasticity) requiring more stable fixation.

Contraindications. In principle there are no contraindications.

Surgical technique. Prior to reduction of the fracture, fluoroscopically controlled insertion of a single Schanz screw into the lateral (radial) aspect of the distal fragment, which is defined by bulls eyeing the capitellum in the perfect lateral radiographic projection of the epiphysis, parallel to the physis. For very distal fractures this screw may be intra-epiphyseal, although usual placement is in the metaphysis just distal to the fracture line. After obtaining perfect lateral radiographic projection of the distal humeral metaphyseal–diaphyseal junction, a second Schanz screw is inserted independently into the proximal fracture fragment at the proximal end of the lateral supracondylar ridge in the sagittal plane perpendicular to the long axis of the humeral diaphysis. By bringing the screws parallel to each other in the coronal and transverse planes direct manipulations of the fragments and anatomical reduction using the so-called joystick technique is achieved. Fracture reduction can then be adjusted anatomically under fluoroscopic control and through clinical assessment. Once reduction is achieved the fragments have to be secured with a so-called “anti-rotation” K-wire. This wire significantly enhances stability and prevents pivoting of the fracture fragments around the Schanz screws in the sagittal plane and assists in prevention of medial collapse of the reduced fracture.

Postoperative management. No additional plaster cast fixation required; mobilization of the upper limb as comfort allows.

Results. The majority of children have a normal range of motion at the time of external fixator removal. At follow-up (40 months), 30 of 31 children had normal function and a normal, anatomical axis as judged against the contralateral upper limb.

Keywords

Children · AO fracture classification · Fracture fixation · Arm bones · Condyle

Lernziele

Nach dem Studium dieses Artikels

- kennen Sie die Indikationen für die Verwendung eines radialen Fixateurs.
- wissen Sie, welches Instrumentarium, welche Lagerung und Frakturmanipulationen zu einem guten Resultat beitragen.
- können Sie die einzelnen Schritte der Reposition und Applikation mit dem radialen externen Fixateur genau beschreiben.
- sind Sie in der Lage, den radialen Fixateur korrekt anzuwenden.

Vorbemerkungen

Prinzipiell haben suprakondyläre Humerusfrakturen ein relativ einheitliches Frakturmuster, vor allem wenn es sich um sog. **Extensionsfrakturen** handelt. Aber auch die sehr seltenen (ca. 5%) **Flexionsfrakturen** sind kaum unterschiedlich. Zudem gilt diese Fraktur als eine der häufigsten zu operierenden Frakturtypen [1, 2, 3]. Die Behandlung dieser Frakturen stellt für die meisten Chirurgen nach wie vor eine besondere Herausforderung dar [4, 5]. Dies beginnt schon mit der korrekten, adäquaten Diagnosestellung, Festlegung des Behandlungszeitpunkts, der richtigen Lagerung gefolgt von der problematischen Reposition bis hin zur sicheren Fixierung [6]. Bezüglich der Diagnostik bzw. der Typeinteilung möchten wir uns auf die **AO-Kinderklassifikation der langen Röhrenknochen** (AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures, PCCF) stützen [7].

Nach wie vor besteht die Meinung, dass bei misslungener geschlossener Reposition ein offenes Vorgehen gewählt werden muss und dass damit dann eine anatomisch bessere Reposition möglich und damit ein besseres Resultat zu erreichen sei. Dieses Vorgehen wird vornehmlich von weniger geübten Chirurgen oder solchen Chirurgen gewählt, die nur selten eine solch schwer dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur zu versorgen haben. Leider ist diese Annahme, wie die Literaturangaben sowie auch die eigenen Beobachtungen zeigen, falsch [8, 10, 10, 11]. Oft sieht man auch nach offenem Vorgehen keine bessere Reposition und keine suffizientere Fixation (■ **Abb. 1**). Somit entscheidet meist die Erfahrung des Chirurgen, welches Verfahren gewählt wird, und weniger die objektiven Daten bezüglich der Resultate [12, 13].

Nach wie vor wird für die operative Fixierung in über 95% der Fälle eine Kirschner-Draht-Fixation durchgeführt; entweder traditionell mittels der radioulnaren gekreuzten **Kirschner-Draht-Technik** oder der neueren, nur radialeseitig eingebrachten Kirschner-Draht-Technik (gekreuzt oder divergierend; [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]). Das Hauptproblem dieser Fixierungsmethode ist die verbleibende Instabilität bei ungenügender Reposition. Die Folge ist die rotatorische Instabilität mit der Gefahr der **Varus-Abkipfung** [18, 19, 22, 23, 24, 25]. Nicht zu vernachlässigen ist die, auch in der Literatur beschriebene, häufige iatrogene Schädigung des N. ulnaris (■ **Abb. 2**). Auch wenn dieser sich praktisch in allen Fällen wiederum erholt, ist es eine äußerst unangenehme temporäre Komplikation [26].

Bei kritischen Fällen von suprakondylären Typ-III- und Typ-IV-Humerusfrakturen sprechen die folgenden 5 Gründe für die Verwendung eines radialen externen Fixateurs:

1. Der externe Fixateur ist in der Traumatologie bestens bekannt, besonders bei Erwachsenen-Traumatologen. Damit wird solchen Kollegen ein Instrument in die Hände gegeben, mit dem sie vertrauter sind als mit perkutan eingebrachten Kirschner-Drähten.
2. Mit der Verwendung des radialen externen Fixateurs lassen sich die Fragmente direkt und ohne gegenseitige Kompression, wie sie bei der herkömmlichen Reposition (Hyperflexion) zustande kommt, manipulieren und reponieren. Dies ist bei vaskulären Problemen besonders wichtig. Somit lassen sich in unseren Händen offene Repositionen (aus Frakturgründen) vollständig vermeiden.
3. Selbst nicht absolut anatomisch reponierte Frakturen können sicher und stabil fixiert werden. Ein weiteres Verdrehen oder Abkippen ist aufgrund der Fixateuranlage nicht möglich.
4. Aufgrund der extremen Stabilität sowie der guten Verträglichkeit ist eine gipsfreie, funktionelle Nachbehandlung möglich, was wiederum zu einer Verbesserung der Früh- und auch Spätergebnisse beiträgt.

Bei der Kirschner-Draht-Fixierung verbleibt meist eine Instabilität bei ungenügender Reposition



Abb. 1 ▲ Sehr oft sieht man auch nach offenem Vorgehen eine ungenügende Reposition und Fixation. **a** Mindestens ein Kirschner-Draht fasst das zweite Fragment nicht. **b** Gleiche Situation

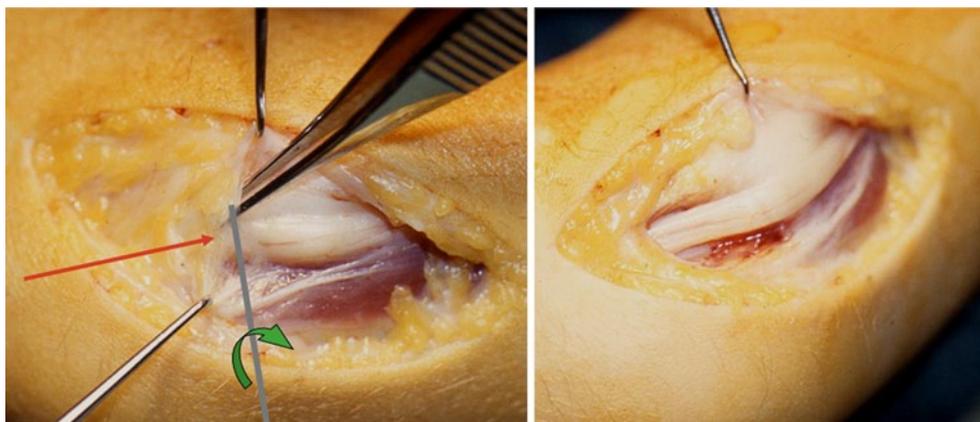


Abb. 2 ▲ Reversible Läsion des N. ulnaris durch narbige Bride, verursacht durch Kirschner-Draht. Die in der Literatur beschriebene iatrogene Läsion liegt zwischen 10 und 30%

- Bei korrekter technischer Anwendung, entsprechend den Empfehlungen für die Applikation des externen Fixateurs, lassen sich Schädigungen der Nerven vermeiden.

Wir stellen unsere Erfahrungen der letzten Jahre mit dieser Methode vor und beschreiben die wichtigen technischen Operationsschritte in der Anwendung des radialen externen Fixateurs. Wir empfehlen die Anwendung dieser Methode als Alternative zu den herkömmlichen Verfahren in den Fällen von suprakondylären Humerusfrakturen, wo eine geschlossene Reposition kaum oder nicht zu erreichen, eine sichere Stabilisierung problematisch ist und/oder weichteilmäßige (Schwellung), vasculäre oder neurologische Probleme vorliegen. In unseren Händen findet dieses Verfahren in 14–18% der Fälle Anwendung.

Diagnose

Für die Diagnostik genügen meist zwei in 80°–90° zueinander stehende Röntgenbilder. Oft ist gerade bei **AO-Typ-IV-Frakturen** die Dislokation so gravierend, dass durchaus auf die 2. Ebene verzichtet werden kann, da einerseits die Behandlungsindikation daraus bereits gesehen, andererseits ein zusätzlicher Stress und Schmerz für das Kind vermieden werden kann.

Die Verwendung der AO-Kinderklassifikation hat sich dahin bewährt, als dass sie einem gewissen Algorithmus folgt, der auch für die Indikationsstellung sehr hilfreich ist [7]. In **Abb. 3** gibt die Klassifikation wieder, wo die suprakondyläre Humerusfraktur unter Humerus (=1), distale Metaphyse (=3), also unter Code 13-M/ zugeordnet ist.

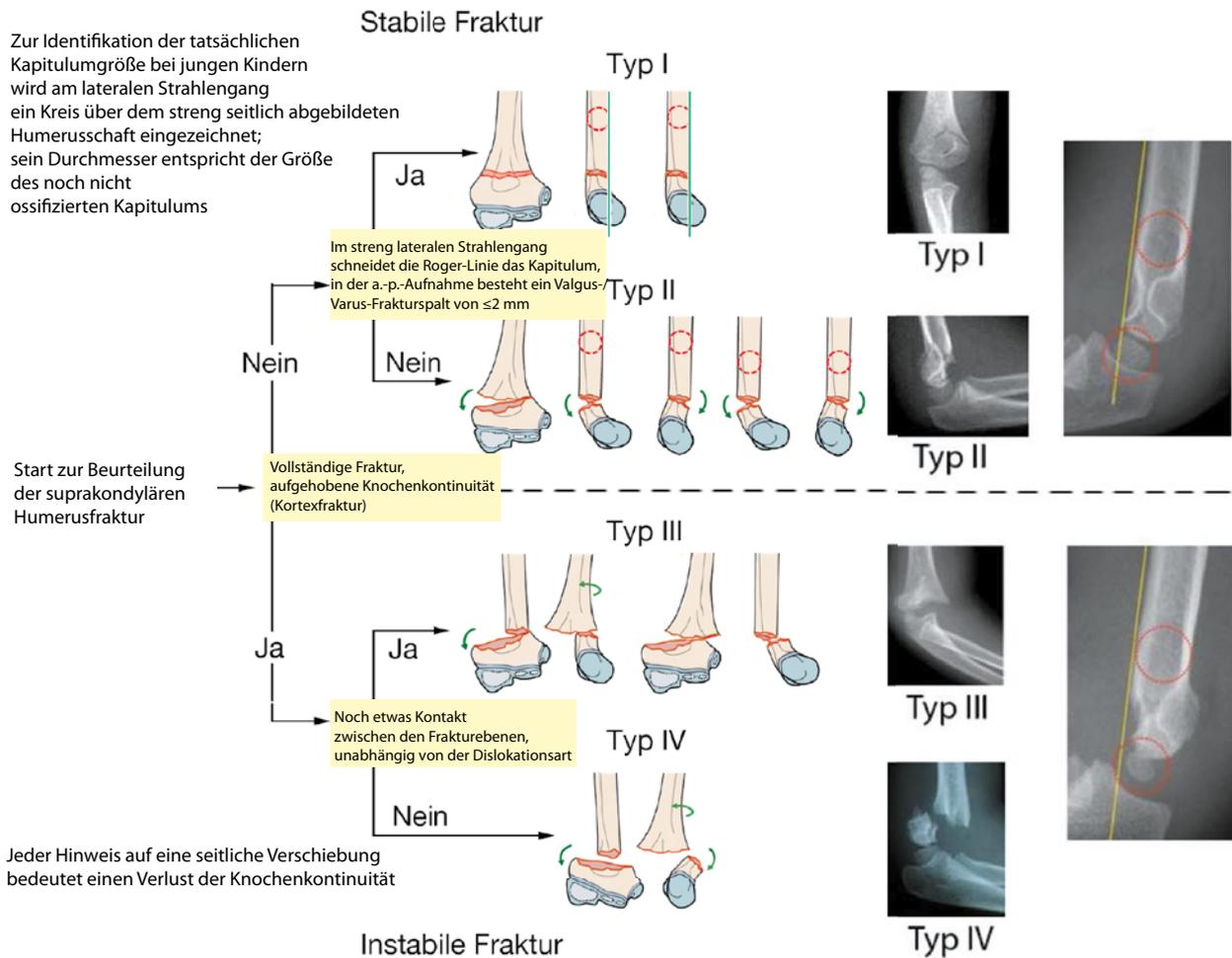


Abb. 3 ▲ Verwendeter Algorithmus zur Klassifizierung und entsprechende radiologische Beispiele der Typen I–IV. Man merke sich: Inkomplette Frakturen sind jeweils Typ I und II während alle kompletten Brüche unter Typ III und IV klassifiziert sind. (Adaptiert nach: AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures 2007; by AO Publishing; mit freundlicher Genehmigung des Autors)

Operationsprinzip und -ziel

Das Operationsprinzip besteht darin, dass mit Hilfe der Möglichkeiten, die ein modularer externer Fixateur bietet, die Frakturfragmente direkt und schonend zu manipulieren und anatomisch zu reponieren sind. Dabei ist es nicht notwendig, große Längszugkräfte, gefolgt von einer unter Zug durchgeführten Hyperflexion anzuwenden, welche nicht selten zur Interposition von Periost oder im schlimmeren Falle zum „trapping“ des Gefäßes führen. Beim Setzen der Pins bzw. Schanz-Schrauben ist darauf zu achten, dass vor allem der proximale Pin maximal 2–2,5 cm proximal der Fraktur implantiert wird. Eine mehr proximale Insertion kann zu einer Verletzung des N. radialis führen. Als „Landmarke“ kann man sich die Verlängerung der Beugefalte im Ellbogen merken. Da man pro Fragment nur eine Schanz-Schraube setzt, muss zur Verhinderung der Rotation um den Pin ein Anti-Rotations-Kirschner-Draht gesetzt werden. Prinzipiell könnte man pro Fragment „klassisch“ je 2 Pins setzen, doch ist dies proximal problematisch, da man in die Nähe des N. radialis kommen würde, andererseits ist meist das distale Fragment zu klein. Ein weiteres Prinzip basiert auf der anatomischen Situation am distalen Humerus (▣ Abb. 4). Das Behandlungsziel ist die Vermeidung eines offenen Vorgehens sowie von sekundären Fehlstellungen infolge einer Instabilität. Prinzipiell kann diese Methode in jedem Alter verwendet werden,

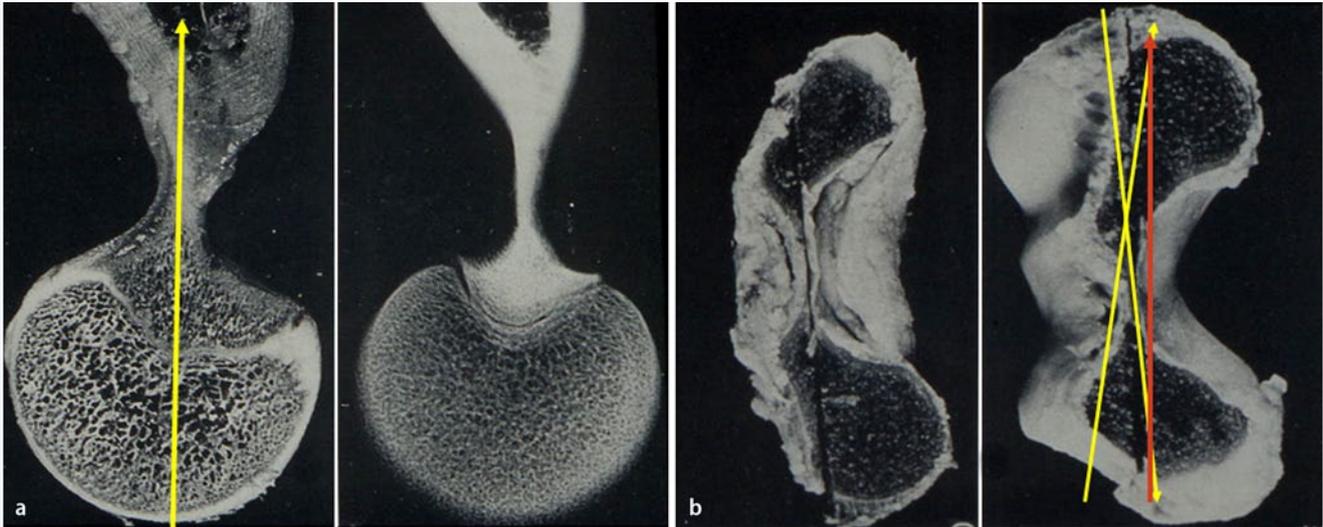


Abb. 4 ▲ Die Abbildung zeigt den schmalen Isthmus im seitlichen Querschnitt des distalen Humerus (a) sowie den koronaren Querschnitt (b). Man beachte die schmale Stelle im Isthmus (Fossa olecranii), wo idealerweise ein Kirschner-Draht passieren sollte (gelbe Pfeile; Kreuzungspunkt direkt im Isthmus). Demgegenüber ist die Platzierung eines externen Fixateur-Pins deutlich einfacher (roter Pfeil)

sofern es die Situation erfordert; es müssen jedoch die Dimensionen der Pins angepasst werden.

Vorteile

- Dreidimensionale Repositionsmöglichkeit
- Vermeidung eines offenen Vorgehens
- Stabile Fixation mit Prävention sekundärer Fehlstellungen
- Intraoperative stabile Stellungs- und Funktionskontrolle
- Intraoperatives Resultat auch postoperativ praktisch „garantiert“
- Gipsfreie/funktionelle Nachbehandlung
- Einfache Pin-Pflege, da kein Gips [27]
- Gute Kontrolle von Neurologie und Durchblutung
- Vermeidung von posttraumatischem und postoperativem Kompartmentsyndrom infolge kompressionsfreier Armlagerung

Nachteile

- Gegenüber herkömmlicher Fixierung mit 2 oder 3 Kirschner-Drähten keine Nachteile; gleicher Aufwand für Pflege und Metallentfernung
- Gefahr der N.-radialis-Verletzung bei fehlerhafter Platzierung des proximalen Pins (maximal 2–2,5 cm oberhalb Fraktur)

Indikation

Anlehnend an die Klassifikation sehen wir die Reposition und operative Stabilisierung für alle Typ-III- und -IV-Frakturen als gegeben. Dies mag in gewissen Regionen oder Ländern different beurteilt werden. Im deutschsprachigen Raum wird dies praktisch in 100% so gehandhabt [28].

- Prinzipiell nur suprakondyläre Humerusfrakturen Typ III und Typ IV
- Primär alle Flexionsfrakturen
- Frakturen, die sich vermeintlich nicht geschlossen reponieren lassen
- Frakturen, die sich trotz guter Reposition nicht suffizient stabilisieren lassen, z. B. relativ proximale Frakturen, sehr starke Schrägbrüche (■ Abb. 5), mehrfragmentäre Brüche des radialen oder ulnaren Pfeilers

Bei fehlerhafter Platzierung des proximalen Pins kann der N. radialis verletzt werden

Die Reposition und operative Stabilisierung ist für alle Typ-III- und -IV-Frakturen möglich



Abb. 5 ◀ Seltene, ausgesprochen extreme suprakondyläre Schrägfraktur. Die Reposition, besonders aber die Fixation in herkömmlicher Weise war nicht suffizient möglich, weshalb der radiale Fixateur verwendet wurde



Abb. 6 ◀ Massiv dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur mit grotesker Schwellung sowie abgeschwächtem Puls und Sensibilität. In diesem Falle ist für uns primär die Indikation für einen Fixateur gegeben

- Initiale oder auch sekundäre vaskuläre Probleme; „pulseless pink hand“ oder nach Gefäßrevision bei „pulseless white hand“, damit auf einen Gipsverband verzichtet werden kann
- Schwere Weichteilprobleme (Schwellung, Avulsionen etc.; ▶ **Abb. 6**)
- Zur Reposition und Stabilisierung bei sekundär dislozierten Frakturen; Nachrepositionen bis 14 Tage nach initialer Behandlung (▶ **Abb. 7**)

Kontraindikationen

- Prinzipiell bestehen rein sachlich keine Kontraindikationen.
- Note: Es handelt sich bei dieser Methode um eine praktikable, wenig invasive und sichere „Alternative“ zu den herkömmlichen Verfahren, die vorwiegend dann angewendet werden sollte, wenn andere Verfahren nicht zum Ziel führen, bevor man sich einem offenen Vorgehen zuwendet. Es ist jedoch jedem Anwender selbst überlassen, diese Methode auch als Standardmethode bei sich einzuführen.

Patientenaufklärung

- Offene Aufklärung der Eltern über alle möglichen Behandlungsverfahren, inklusive der Verwendung eines externen Fixateurs als Alternative zu einem aufwendigen offenen Vorgehen
- Allgemeine Operationsrisiken
- Tragen und Pflege des Fixateurs; empfehlenswert ist die Abgabe eines entsprechenden Merkblatts oder einer Broschüre
- Mögliche residuelle Fehlstellungen und Fehlfunktionen



Abb. 7 ▲ 5-jähriges Kind mit Etagenbruch. Distaler Unterarm, suprakondyläre Humerusfraktur (a). Man beachte, hier haben wir zusätzlich das Bild eines 3. Fragments ulnarseitig, also auch in reponierter Stellung instabil; entgegen unserer Empfehlung wurde initial versucht „klassisch“ mittels Kirschner-Draht zu fixieren (b). Bei ungenügender Stabilität und unbefriedigender Stellung nach 2 Tagen Indikation zur Nachreposition geschlossen und Fixateuranlage mit perfekter Stellung und Stabilität (c)



Abb. 8 ◀ Problemlose Entfernung des Fixateurs in der Fraktursprechstunde unter leichter Analgosedation (in unserem Hause mittels N_2O_2 50%/50% = Kalinox)

- Angebot einer krankenhausexternen Pflege, sog. **SPITEX-Hauspflege**
- Postoperatives Management
- Heilungsdauer der Fraktur
- Metallentfernung (ggf. ambulant in Fraktursprechstunde, ■ **Abb. 8**)
- Physiotherapie nur in Ausnahmefällen

Zeitpunkt der Behandlung

Der Zeitpunkt der Erstbehandlung wird nach wie vor in gewissen Kreisen sehr heftig und kontrovers diskutiert. Es sei jedoch schon vorweg genommen, dass gerade im Hinblick auf die Behandlung mit einem externen Fixateur, dieses Problem von sekundärer Bedeutung ist. Im Gegenteil, gerade bei starker Schwellung ist der externe Fixateur den anderen Methoden überlegen [29].

Die Argumente für eine aufgeschobene Behandlung (Durchblutungsstörungen oder neurologische Ausfälle ausgenommen) sind:

Bei starker Schwellung ist der externe Fixateur anderen Methoden überlegen

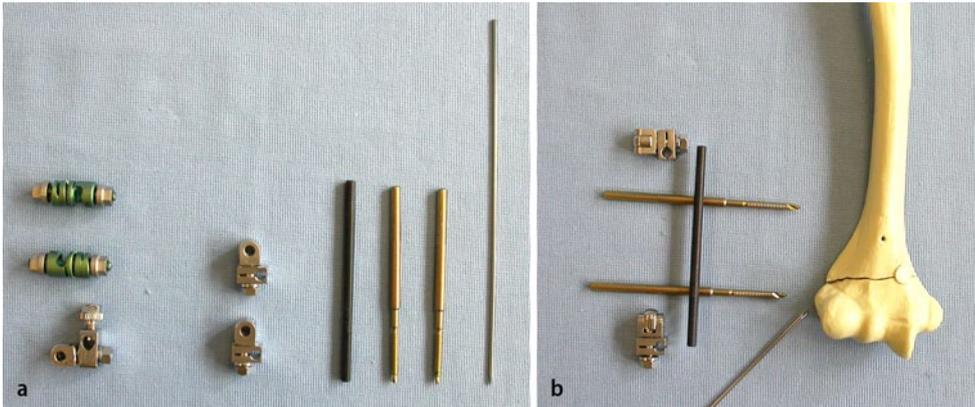


Abb. 9 **a** Mindestens benötigtes Material bestehend aus je 2 herkömmlichen oder neuen „Click-on“-Klemmen, 2 Schanz-Pins (abgebildet Sel-Drill, Synthes), einer Verbindungsstange und 1–2 Kirschner-Drähten. **b** Korrekte Anordnung

- Es ist hinlänglich bewiesen, dass eine aufgeschobene Operation keinen Einfluss auf das Ergebnis hat [29].
- Es ist bekannt, dass der Patient davon profitiert durch ein erfahrenes Team während des Tages behandelt zu werden anstatt durch ein unerfahrenes Teams während der Nachtzeit.
- Ein dadurch mögliches geschlossenes Vorgehen ist einem offenen Vorgehen überlegen [17].
- In Problemfällen kann der Fixateur eingesetzt werden.

Operationsvorbereitung

- Aktuelles präoperatives Röntgenbild: Man muss sich bewusst sein, dass dieses Bild immer nur eine „Momentaufnahme“ ist und dass bei jeder Manipulation, besonders jedoch nach sterilem Abdecken der Extremität, sich die Fragmente komplett different darstellen können.
- Routinelabor, je nach klinikinternen Regelungen
- Intraoperative Durchleuchtungsmöglichkeit
- Intubationsnarkose mit Relaxation erleichtert das Manipulieren der Fragmente
- Genaue Analyse der Verletzung und Klassifikation
- Überlegung zur gewählten Methode: Kirschner-Draht oder externer Fixateur
- In Abhängigkeit der Fraktur Planung der Lage der Pins
- Distales Fragment: Pin metaphysär oder epiphysär?
- Proximales Fragment nicht proximaler als 2 cm der Frakturlinie

Instrumentarium und Implantate

- Modularer, kleiner externer Fixateur, mit maximal 4-mm-Stäben (■ **Abb. 9**)
 - Traditionelle „Tube-to-Tube“-Backen oder vorteilhaft heute „Click-on“-Klemmen
 - 4-mm-Verbindungsstangen aus Karbon oder Stahl
 - Selbstbohrende, selbstschneidende sog. Sel-Drill-Schanz-Schrauben (2,5/4 mm, 3,0/4,0 mm und 4,0/4 mm) oder herkömmliche Schanz-Schrauben derselben Größe
- 1,6- und 2,0-mm-Kirschner-Drähte
- Bohrmaschine

Da es sich immer um ein geschlossenes Vorgehen handelt, sind keine weiteren Instrumente notwendig. Dies vereinfacht die Vorbereitung sowie die Kosten.

Anästhesie und Lagerung

- Intubationsnarkose; Relaxation erleichtert die Reposition
- Normale Rückenlagerung [30], Arm mobil bis zur Schulter steril abgedeckt
- Röntgenstrahlendurchlässiger Armtisch mit freier Durchleuchtungsmöglichkeit (■ **Abb. 10**)

Das geschlossene Vorgehen minimiert die Vorbereitung sowie die Kosten

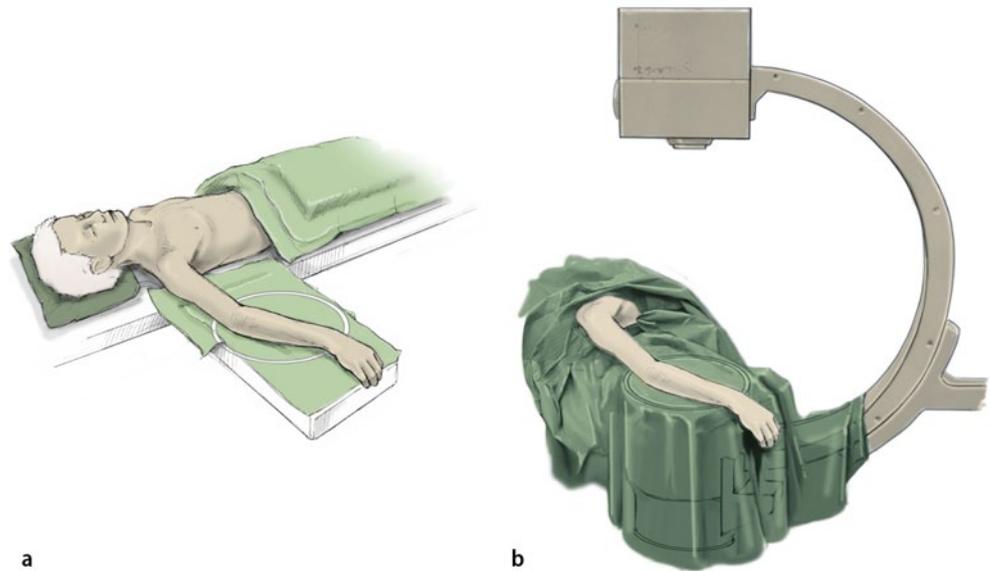


Abb. 10 ▲ **a** Lagerung des Arms auf einem röntgendurchlässigen Armtisch. **b** Die direkte Lagerung des bis zur Schulter abgedeckten Arms auf dem Durchleuchtungsgerät (BV) ist die von den Autoren bevorzugte Lagerung; die Strahlenbelastung muss jedoch beachtet werden

- Je nach Durchleuchtungstechnik
 - Arm direkt auf den steril abgedeckten Bildwandler (BV) legen mit Zentrierung auf den Ellbogen (falls vorhanden Laser am BV-System verwenden)
 - Arm auf kurzen Handtisch legen, BV rechtwinklig dazu positionieren, – falls vorhanden – Laser verwenden
- Wir bevorzugen wegen des besseren Bilds, des größeren Bildausschnitts, der genaueren Durchleuchtungseinstellung und der dadurch kürzeren Durchleuchtungszeit eine Lagerung des Arms direkt auf dem BV. Dabei muss jedoch die etwas größere Bestrahlung in Kauf genommen werden, die jedoch durch die kürzere Durchleuchtungszeit bei höherer Bildqualität deutlich kompensiert wird (▣ **Abb. 3**; [31], Conclusions: Use of the inverted-c-arm technique with the image intensifier as an operating table can significantly reduce radiation exposure to the surgeon and the patient during surgical procedures on upper extremities.)
- Von Vorteil sind Geräte mit einer Laservisiereinrichtung.
- Desinfektion des Arms bis zur Axilla und sterile Abdeckung, wodurch die ganze Oberarm-/Unterarmachse besser beurteilt werden kann.

Operationstechnik

(▣ Abb. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22)

Biomechanische und anatomische Überlegungen zum radialen Fixateur am Humerus

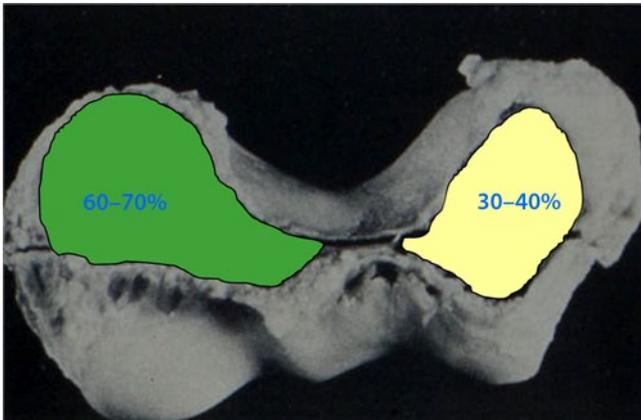


Abb. 11 ▲ Bei der Applikation eines radialen Fixateurs am distalen Humerus muss man sich mit der speziellen Anatomie dieser Region auseinandersetzen. Der Querschnitt auf Höhe der meisten Frakturen weist eine 8-er Form auf, wobei der radiale Pfeiler ca. 60% ausmacht, der ulnare 40%. Diese spezielle Anatomie ist auch dafür verantwortlich, dass die Fixierung mittels gekreuzten Kirschner-Drähten oft eine ungenügende Stabilität hat. Sind nämlich diese beiden Pfeiler nicht deckungskongruent, ist eine Kirschner-Draht-Fixierung problematisch und instabil (vgl. ▣ Abb. 4a, b). (Adaptiert nach [32])

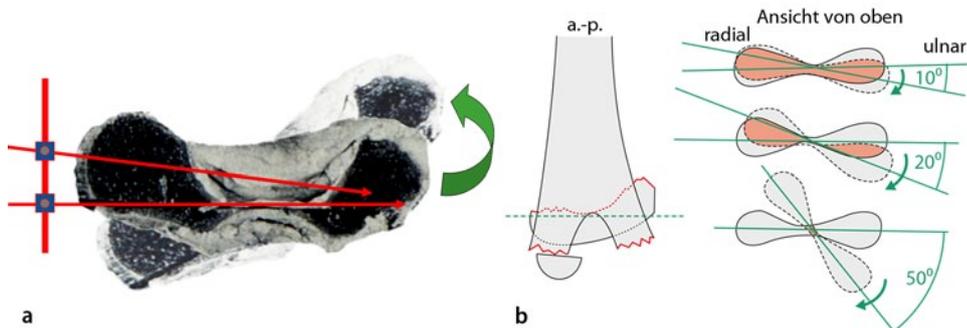


Abb. 12 ▲ Die in ▣ Abb. 11 beschriebene Problematik besteht beim radialen Fixateur nicht. Die beiden Schanz-Schrauben müssen die schmale Isthmus-Zone im Bereiche der Fossa olecranii nicht passieren. Deshalb können auch nicht optimal reponierte Fragmente sicher und suffizient stabilisiert werden. Es genügt oft, dass der radiale/laterale Pfeiler unter Kompression gebracht wird. Ein „Kollaps“ der Fragmente ist durch die biomechanische Eigenschaft des Fixateurs nicht möglich. Dieser Kollaps ist in der Regel für den Cubitus varus verantwortlich (vgl. ▣ Abb. 13). **a** Die jeweils rechtwinklig zu den Fragmenten eingebrachten Schanz-Pins, welche über eine Stange miteinander verbunden sind, verhindern einerseits ein Verdrehen der Fragmente oder lassen ein weiteres Verdrehen nicht zu. **b** In der Grafik wird der Zusammenhang mit einem Drehfehler und dem ulnaren Kollaps, der zum Cubitus varus führt, dargestellt

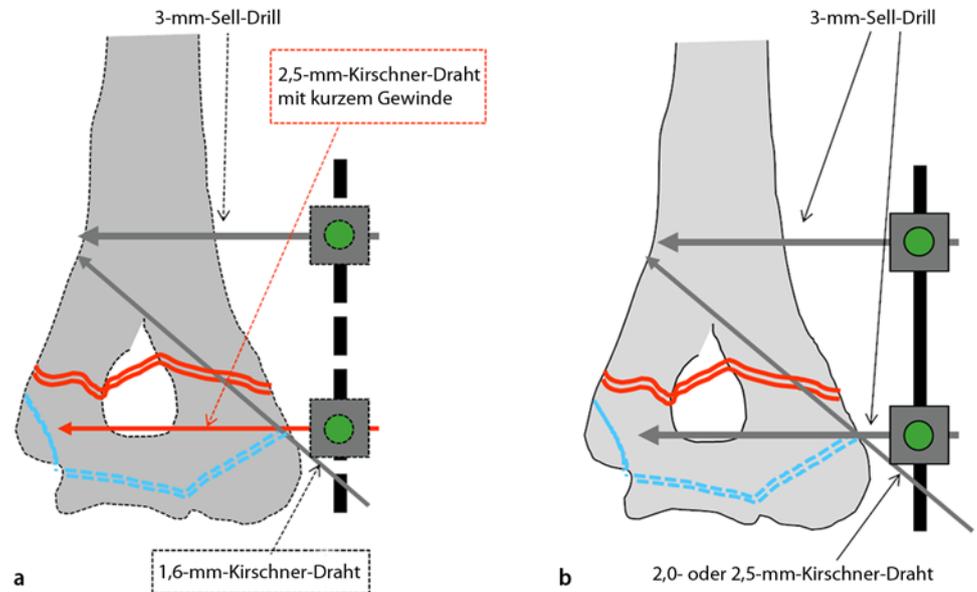


Abb. 13 ▲ Biomechanisch korrekte Lage und Montage des Fixateurs. **a** Montage für kleine Kinder bis 5 Jahre. **b** Montage für größere Kinder ab 6 Jahren

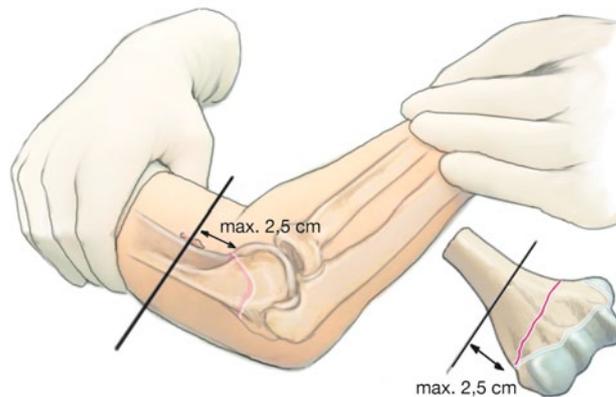


Abb. 14 ▲ Proximale Hautinzision. Unter Bildwandlerkontrolle (BV) proximalen Humerus streng seitlich einstellen und Frakturhöhe mit Hilfe eines Kirschner-Drahts und Markierstifts kennzeichnen. Eintrittsstelle für die proximale Schanz-Schraube 2 cm bis maximal 2,5 cm darüber markieren und mit BV kontrollieren („One-shot“-Technik). In dieser Position auf der gekennzeichneten Höhe die Haut ca. 1,5 cm inzidieren. Der Humerus soll vom Assistenten permanent in dieser Stellung gehalten werden. Stumpfes Präparieren mit einer Pean-Klemme, bis die laterale Humeruskante sicher zu palpieren ist

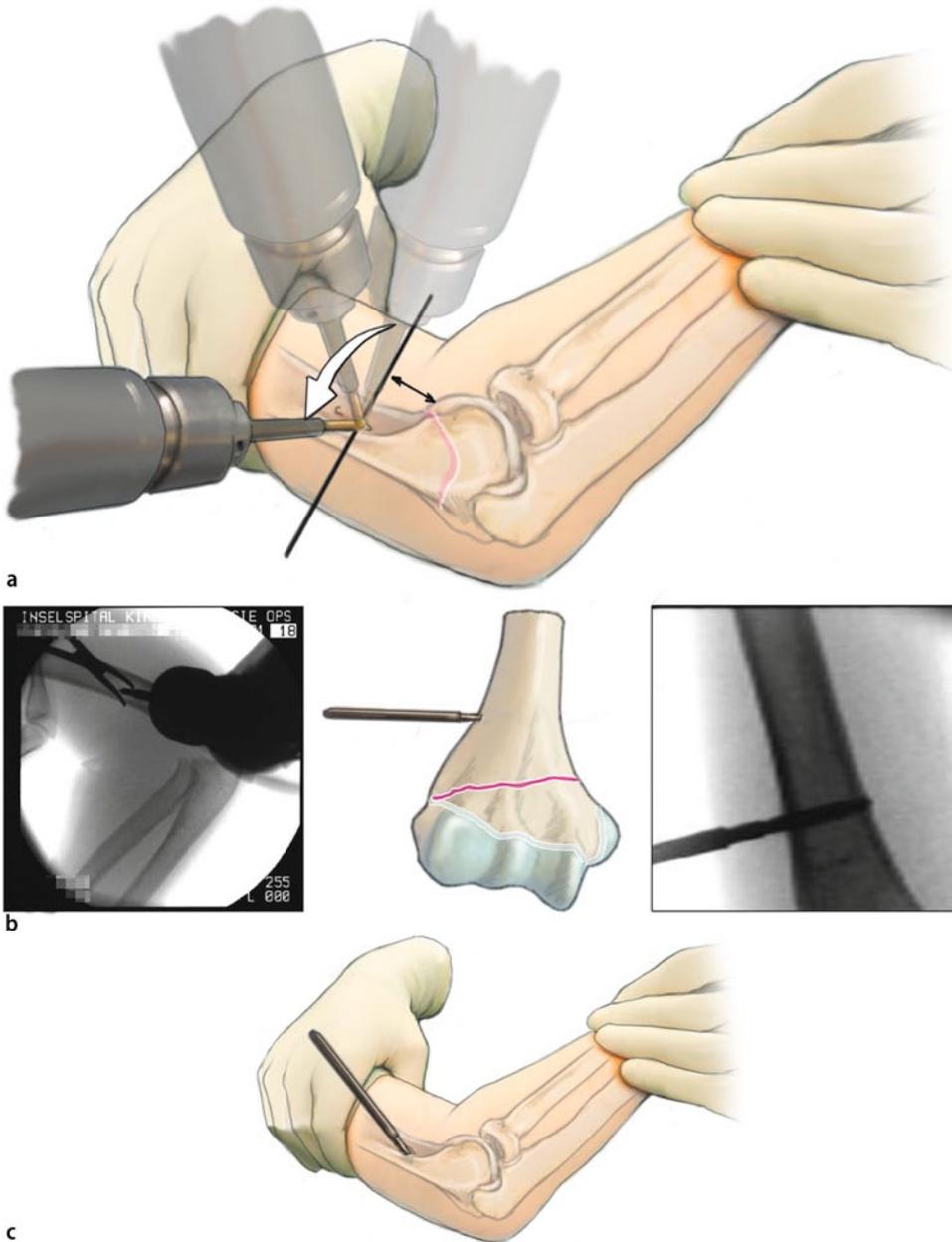


Abb. 15 ▲ a–c Setzen des proximalen Pins. Wählen des zur Knochengröße und Alter des Kindes passenden Sel-Drill-Durchmessers. Richtwerte: Alter bis 4 Jahre 2,5/4 mm, 4–7 Jahre 3,0/4 mm, darüber 4,0/4 mm (Durchmesser des Gewindeteils/Durchmesser des Sel-Drill-Schafts). Aufspreizen der Pean-Klemme und manuelles Einführen und Aufsetzen des gewählten Sel-Drill-Pins auf die lateroanteriore Fläche. Anbohren des Humerus von der ventralen Seite her (rechtwinklig zur Oberfläche); dies ist wichtig, da auf der lateralen, harten Humeruskante der Bohrer bzw. der Sel-Drill-Pin keinen Halt findet und beim Beginn des Bohrens abrutschen kann. Nachdem die Pin-Spitze einen sicheren Halt in der Kortikalis gefunden hat, aufrichten der Sel-Drill-Schraube unter ständigem Bohren, so dass die Schraube am Ende rechtwinklig zur Humerusachse zu liegen kommt. Vollständige Perforation der ersten Kortikalis. Mit Hilfe der eingebrachten Schraube, nach wie vor fixiert an der Bohrmaschine, drehen des Humerus, so dass unter der Durchleuchtung eine genaue a.-p.-Ansicht zu sehen ist. Vollständiges Einbohren der Sel-Drill-Schraube bis in die Gegenkortikalis; diese sollte nicht vollständig perforiert werden. Der proximale Humerus kann nun freigegeben werden

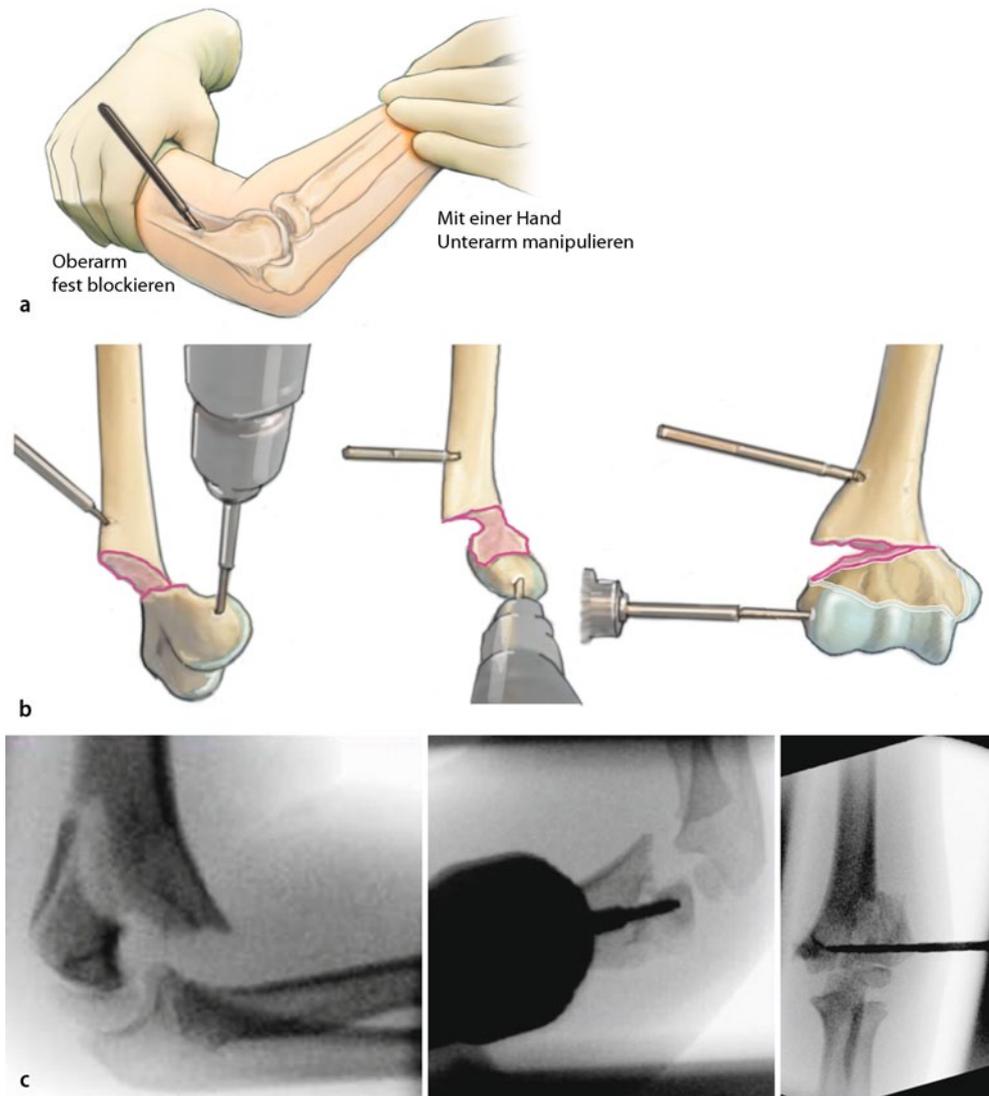


Abb. 16 ▲ Setzen des distalen Pins. Vorbemerkung: Das humerale Gelenkfragment ist durch das Ellbogengelenk fest mit dem Unterarm verbunden, somit wird dieses Fragment durch die entsprechende Manipulation/Positionierung des Unterarms in die korrekte, streng seitliche Stellung gebracht. Manipulation/Positionierung des Unterarms auf dem Armtisch bzw. BV, so dass das Capitulum humeri absolut seitlich, d. h. axial als Kreis in der Durchleuchtung gesehen werden kann. Mit Hilfe eines Kirschner-Drahts unter Durchleuchtung das Zentrum des Kapitulum oder, je nach Größe des metaphysären Fragments, hier die Pin-Eintrittsstelle markieren. Kleine, ca. 1 cm lange Stichinzision und stumpfes Präparieren bis zum Knochen. Von Hand Aufsetzen des Sel-Drill-Pins entsprechend dem gewählten Eintrittspunkt. Den Pin mit einer Klemme halten und in absolut axiale Stellung bringen. In dieser Stellung Bohrmaschine aufsetzen und Sel-Drill-Pin etwa 5–8 mm einbohren; sobald dieser genügend Halt hat, Ellbogengelenk in strenge a.-p.-Stellung bringen. Sel-Drill-Pin nun parallel zur Gelenkebene einbohren; der Pin sollte die Gegenkortikalis nicht perforieren (in der Regel genügen zwei Drittel der Distanz). **a** Vorbereitung des Arms zum Einbringen des distalen Pins. Der Humerus wird gehalten und der Unterarm so gedreht, dass das Capitulum, wie oben angeführt, genau axial abgebildet und der Schanz-Pin im Röntgenbild genau orthogonal getroffen wird. **b** Im Modell ist nochmals genau gezeigt, wie der Schanz-Pin genau ins Zentrum des Kapitulum (bei großem metaphysären Fragment, metaphysär) eingebracht wird. **c** Klinische Situation und radiologische Dokumentation; im Beispiel wird der Schanz-Pin ins große metaphysäre Fragment gesetzt

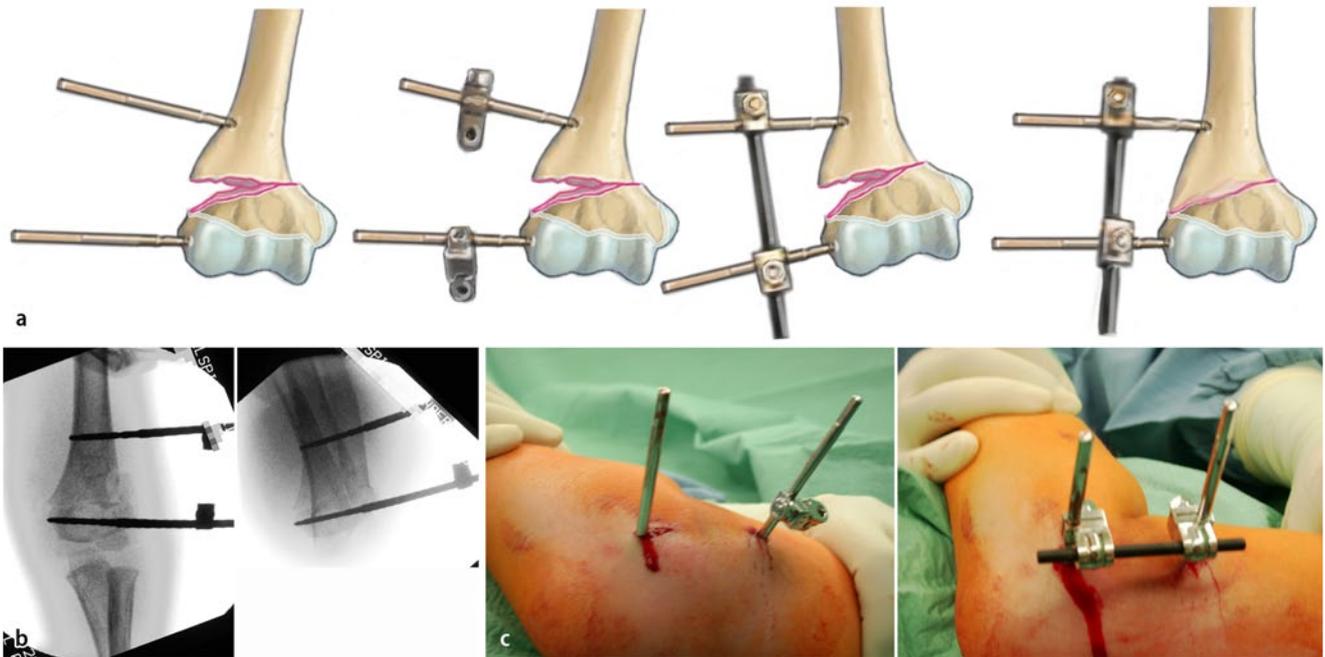


Abb. 17 ▲ Präliminäre Reposition der Fraktur. Leichter bis mäßiger Längszug am Unterarm über 3–5 min (entsprechend der traditionellen Repositionstechnik) durch Assistenz (Arzt oder Operationspersonal). Direkte Manipulation der Fragmente durch entsprechendes Handling der eingebrachten Schanz-Pins; dabei sollte ein guter Knochenkontakt spürbar werden. Falls der Eindruck besteht, dass Weichteile interponiert sind, dieses Bewegen der Fragmente verstärken („Rausschütteln“ der Weichteile). Falls die Pins weitgehend rechtwinklig bzw. am distalen Fragment parallel zur Gelenkebene eingebracht wurden, kann die approximative Reposition durch paralleles Ausrichten der Pins ohne Durchleuchtung erfolgen, ansonsten dieses Manöver unter Durchleuchtung (BV) durchführen. Präliminäre Fixation der Schanz-Schrauben mit 2 entsprechenden Backen und einer 4-mm-Stange (Karbon oder Stahl). Radiologische BV-Kontrolle im a.-p.- und seitlichen Strahlengang. Für die a.-p.-Kontrolle soll der Arm gestreckt sein, um ein optimales Bild zu bekommen, im seitlichen Strahlengang hingegen um 90° gebeugt. Achten sie darauf, dass sich der BV um den Patienten bewegen soll und nicht der Patient um das BV-Gerät. **a** Die präliminäre Reposition ist hier am Modell in 4 Schritten dargestellt. Man beachte, dass bei parallelen Schanz-Pins die Fraktur praktisch bereits anatomisch reponiert ist. **b** Radiologische Kontrolle a.-p. in voller Extension sowie Flexion. **c** Entsprechende klinische Situation mit provisorischer Fixierung der Pins

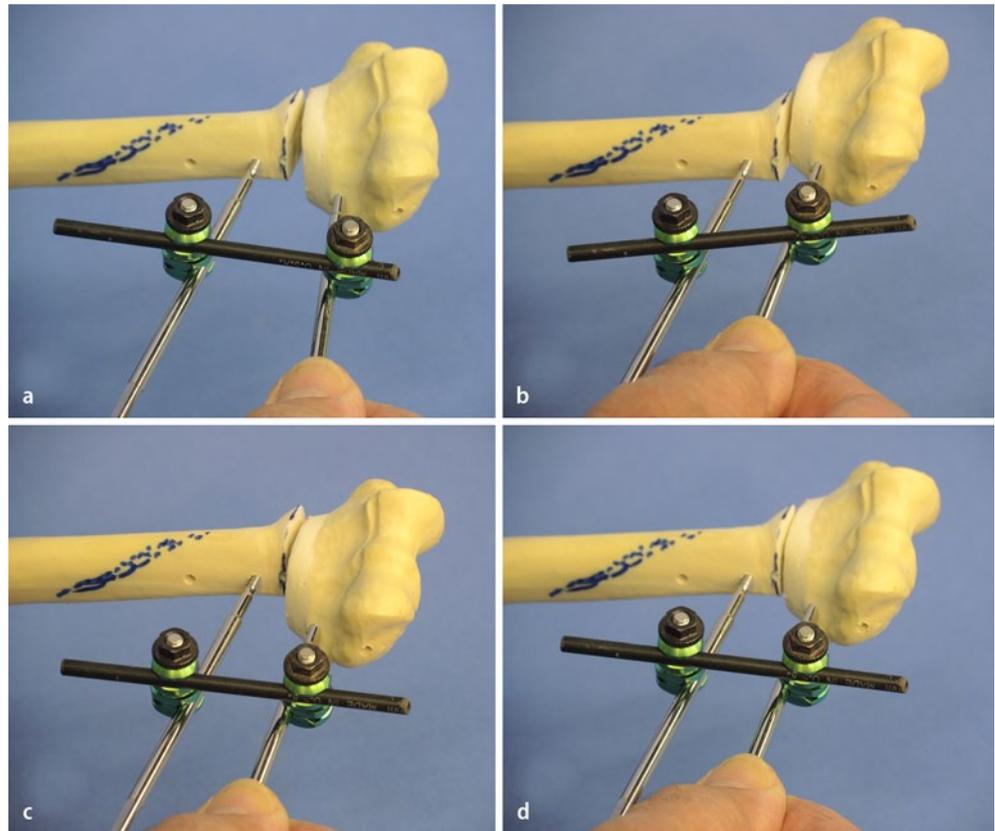


Abb. 18 ▲ Definitive, anatomische Reposition der Fraktur. Unter BV-Kontrolle werden die Klemmen nochmals leicht gelöst, so dass die Pins bzw. die Fragmente bewegt werden. Durch Translation in der Frontalebene, im BV in der a.-p.-Ebene sowie in der Sagittalebene im seitlichen Strahlengang werden die Fragmente absolut anatomisch adaptiert bzw. reponiert. Als nächster Schritt wird im seitlichen Strahlengang durch Rotation der Pins auch die Rotation der Fragmente absolut anatomisch ausgerichtet. Darstellung der Spiel- bzw. Repositionsmöglichkeiten durch direkte Manipulation des distalen Fragments über den Schanz-Pin: **a** Neutrale Position. **b** Ulnare Translokation. **c** Radiale Translokation. **d** Anatomische Reposition

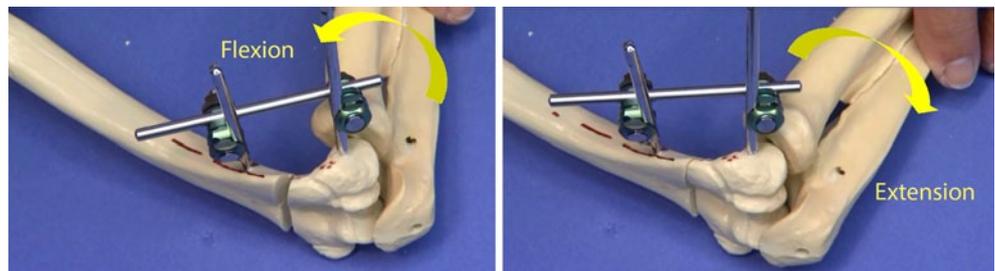


Abb. 19 ▲ Einstellung der korrekten Flexion/Extension. Im seitlichen BV-Strahlengang wird nun der Humerus mit einer Hand gehalten. Eine Assistenzkraft zieht oder stößt bei 90° flektiertem Ellbogen am Unterarm, bis sich das distale Fragment anatomisch korrekt ausgerichtet hat. Merke: Der Grund für diese mögliche Veränderung besteht darin, dass wir nur je eine Schanz-Schraube haben und das distale Fragment um diese Schraube rotieren kann. Die Abbildung demonstriert den Einfluss der Flexion bzw. Extension des Ellbogens oder durch Zug und Druck am Unterarm, dass das distale Fragment in der Flexions-/Extensionsebene verändert werden kann, solange der zusätzliche Anti-Rotations-Kirschner-Draht nicht eingebracht ist (■ **Abb. 20**)

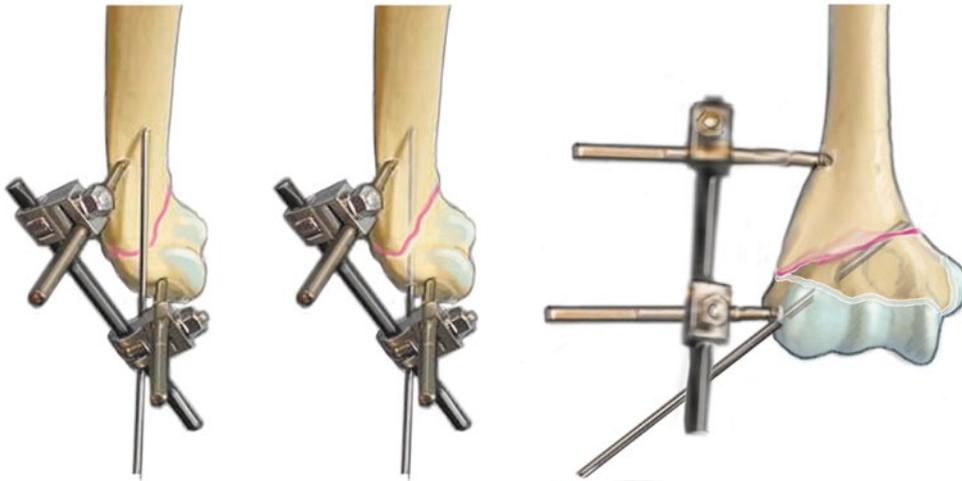


Abb. 20 ▲ Definitive Sicherung der Stabilität durch den Anti-Rotations-Kirschner-Draht. Nach perfekter Einstellung der Fragmente wird nun von distal-dorsal (vorzugsweise dorsal des distalen Pins) nach anterior-proximal ein 1,6-mm- bzw. 2,0-mm-Kirschner-Draht (je nach Alter des Kindes) in üblicher Weise eingebohrt. Da die Fragmente bereits gehalten werden und anatomisch korrekt stehen, ist dies sehr einfach zu machen. Die Gegenkortikalis sollte perforiert, jedoch nicht mehr als 2 mm überbohrt werden. Ein 1,6- oder 2,0-mm-Kirschner-Draht wird von distal radial nach proximal ulnar gebohrt. Wie in *Bild 1* gezeigt, empfiehlt es sich, dorsal des distalen Schanz-Pins zu starten. Die seitliche und a.-p.-Ansicht nach definitiver Fixation ist in **Abb. 20 und 21** gezeigt

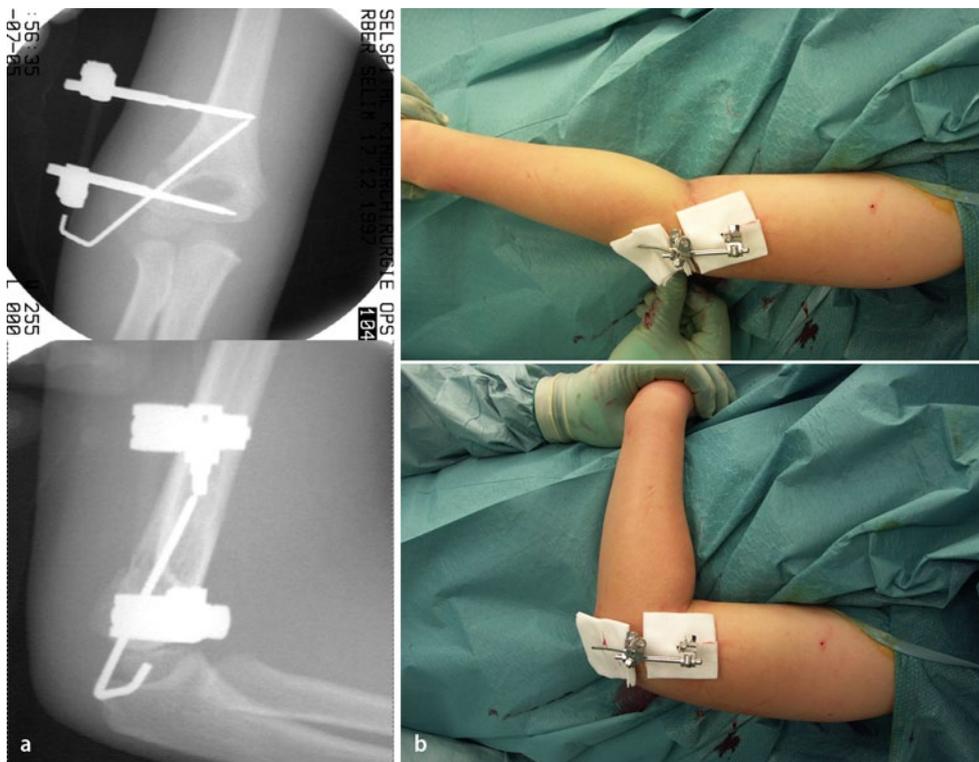


Abb. 21 ▲ Endkontrolle der Stabilität sowie der radiologischen und klinischen Achsen. Abschließende radiologische Kontrolle im BV in Extension (a.-p.-Ebene) und Flexion (seitliche Ebene) sowie Dokumentation. Somit kann nochmaliges Röntgen postoperativ vermieden werden. Klinische Prüfung der Stabilität und der Funktion: es muss eine volle Extension/Flexion sowie Pro-/Supination möglich sein. **a** Die radiologische Kontrolle zeigt einerseits eine korrekte anatomische Situation sowie die gute Lage aller 3 Pins. **b** Klinische Stabilitäts- wie auch Funktionskontrolle mit korrekter anatomischer Achse. (**b**: Adaptiert nach [32], mit freundlicher Genehmigung des Autors)

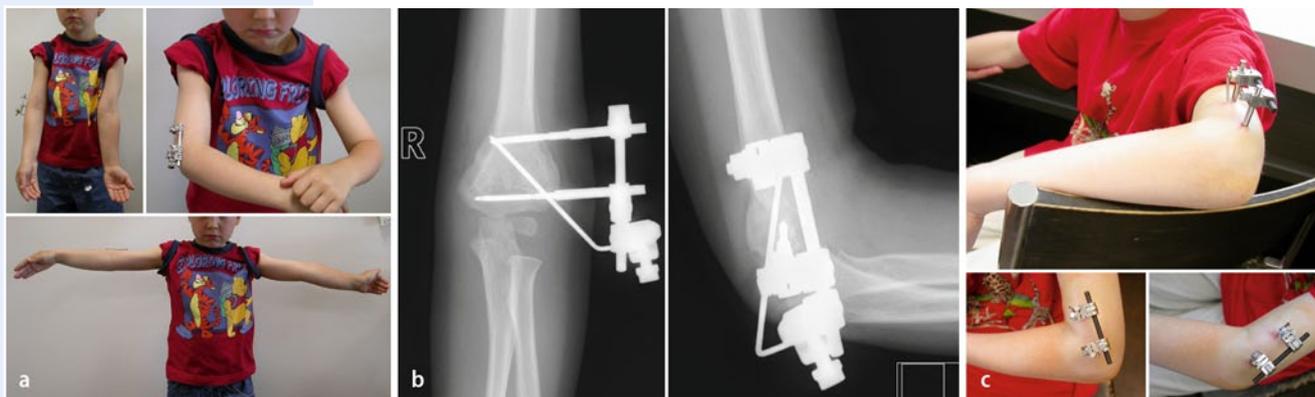


Abb. 22 ▲ Postoperatives Ergebnis. Klinische Situation mit bereits guter Beweglichkeit nach 7 Tagen bei starkem Rückgang der Schwellung (kein Gips) und klinische Situation bei der Entfernung des Fixateurs mit entspannter Position und reizlosen Pin-Stellen (a, c). b Radiologische Kontrolle unmittelbar vor Entfernung des Fixateurs 4 Wochen postoperativ mit guter Stellung und Kallus-Bildung

Postoperative Behandlung

- Keine zusätzliche Gipsruhigstellung
- Sobald es die Schmerzen zulassen, soll der Ellbogen bewegt werden. Ein Armtragegurt ist zum Schutz angezeigt.
- Anlernen der Eltern zur Pin-Pflege gemäß klinik-internen Richtlinien oder Organisation einer SPI-TEX. In der Regel kann die Pflege gering gehalten werden. Nach Abheilung der Pin-Eintrittsstellen dürfen die Kinder duschen oder baden.
- Hospitalisation 1–3 Tage
- Erste klinische und radiologische Kontrolle bei Kindern bis 4/5 Jahren nach 4 Wochen, bei älteren Kindern nach 5 Wochen
- Unter leichter Sedation oder mit Schmerzmitteln ambulante Entfernung der Schanz-Schrauben und des Kirschner-Drahts. Bei guter Beweglichkeit vor der Metallentfernung (ME) erübrigt sich meist eine nochmalige Nachkontrolle, ansonsten 1 Monat nach ME.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Ungenügender Halt der Pins: Dies kann vorkommen, wenn die Schanz-Pins nicht korrekt platziert werden, speziell proximal, wenn nicht realisiert wird, dass man nur eine Kortikalis gefasst hat oder distal, wenn nicht mindestens zwei Drittel des Gelenkfragments gefasst ist [33].
- Um Probleme mit den Klammern zu umgehen, sollten diese so ausgerichtet werden, dass der Hauptanteil der Klammern jeweils frakturfern liegt, damit kommt es nicht zum Kontakt der Klammern während der Manipulation und Fixation (■ Abb. 23).
- Die Gefahr einer **N.-radialis-Schädigung** kann dadurch vermieden werden, indem streng darauf geachtet wird, den proximalen Pin nicht weiter als 2–2,5 cm proximal der Fraktur zu setzen. Sollte dies einmal bei einer eher proximal liegenden Fraktur nötig sein, muss über eine größere Inzision der Humerus dargestellt werden. Es muss ebenfalls sichergestellt sein, dass der Nerv nicht in Kontakt mit der Schanz-Schraube liegt.



Abb. 23 ▲ Die Abbildung zeigt die Problematik bei zu eng gesetzten Pins bzw. wenn die Klammern falsch ausgerichtet sind; Hauptanteil der Klammern immer frakturfern

Der Hauptanteil der Klammern sollte frakturfern sitzen

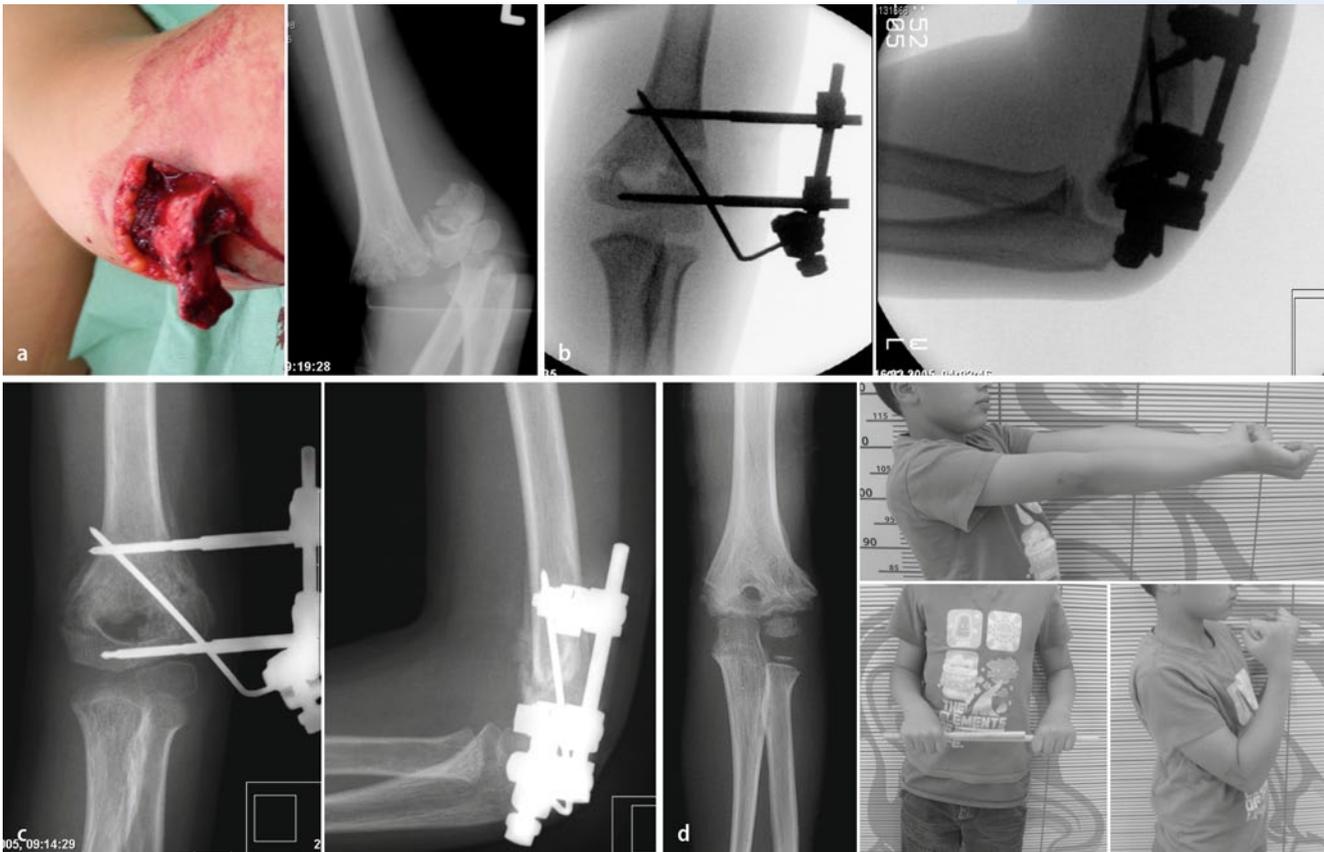


Abb. 24 ▲ II° offene suprakondyläre Humerusfraktur Typ IV. 8-jähriger Junge mit radial seitig offener suprakondylärer Typ-IV-Humerusfraktur. In unseren Händen ist dies heute eine gute Indikation für einen radialen Fixateur. **a** Klinische Situation, neurovaskulär normal und dazugehöriges Unfall-Röntgenbild. **b** Intraoperative radiologische Abschlusskontrolle mit achsengerechter Stellung. **c** Radiologische Konsolidationskontrolle, in diesem Falle erst nach 5 Wochen mit guter Kallus-Bildung und Stellung. Der Fixateur wurde zu diesem Zeitpunkt entfernt. **d** Aufgrund der besonderen klinischen Situation Nachkontrolle nach 3 Monaten mit gutem Röntgenbild und klinisch normaler Funktion und Achse (man beachte noch die sichtbare Narbe radial)

- Respektiert man die Fehlermöglichkeiten sowie Gefahren, sollten keine spezifischen Komplikationen auftreten. Es bleiben die üblichen, möglichen Komplikationen wie Infekte, Heilungsprobleme oder Stürze.

Ergebnisse

Fallbeispiele (▣ Abb. 24, 25, 26)

Wie wir anlässlich einer ersten Publikation [32] bereits zeigen konnten, sind die Ergebnisse durchaus sehr gut, speziell unter Berücksichtigung, dass diese Methode ja meist und ausschließlich bei kritischen Situationen eingesetzt wird, wo herkömmliche Verfahren an ihre Grenzen kommen. Mittlerweile findet diese Methode immer größere Akzeptanz und deren Wert bei kritischen Situationen wird zunehmend erkannt.

Die Methode liefert bei kritischen Situationen sehr gute Ergebnisse

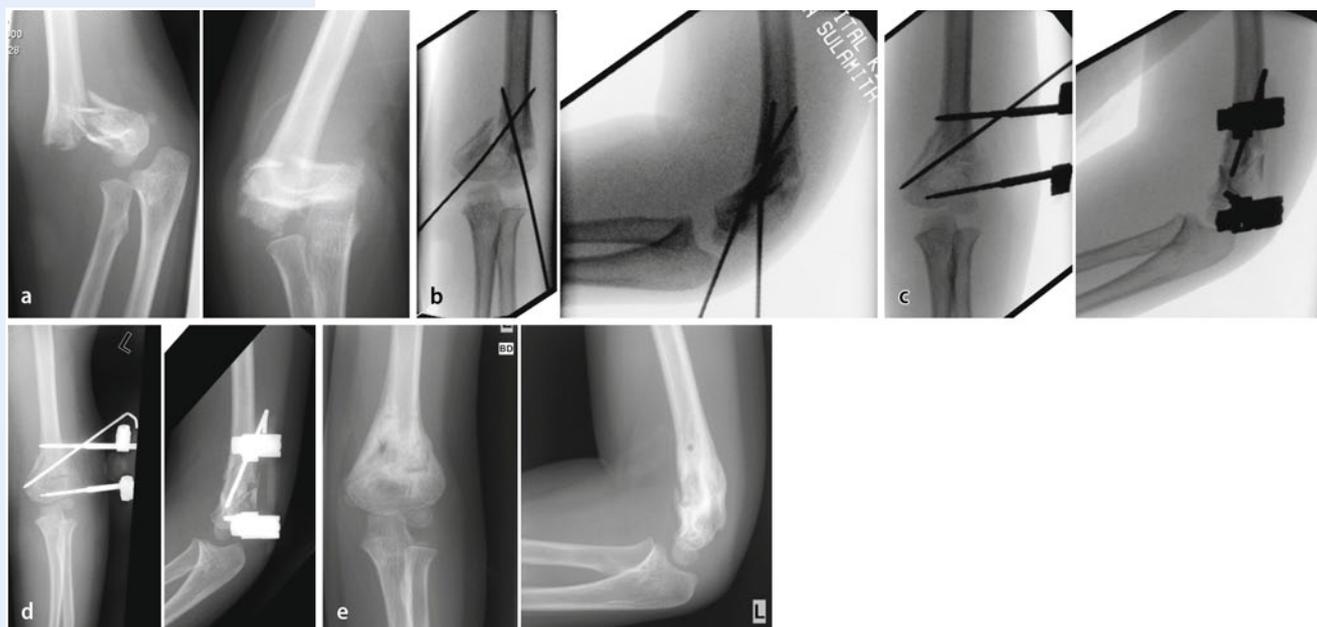
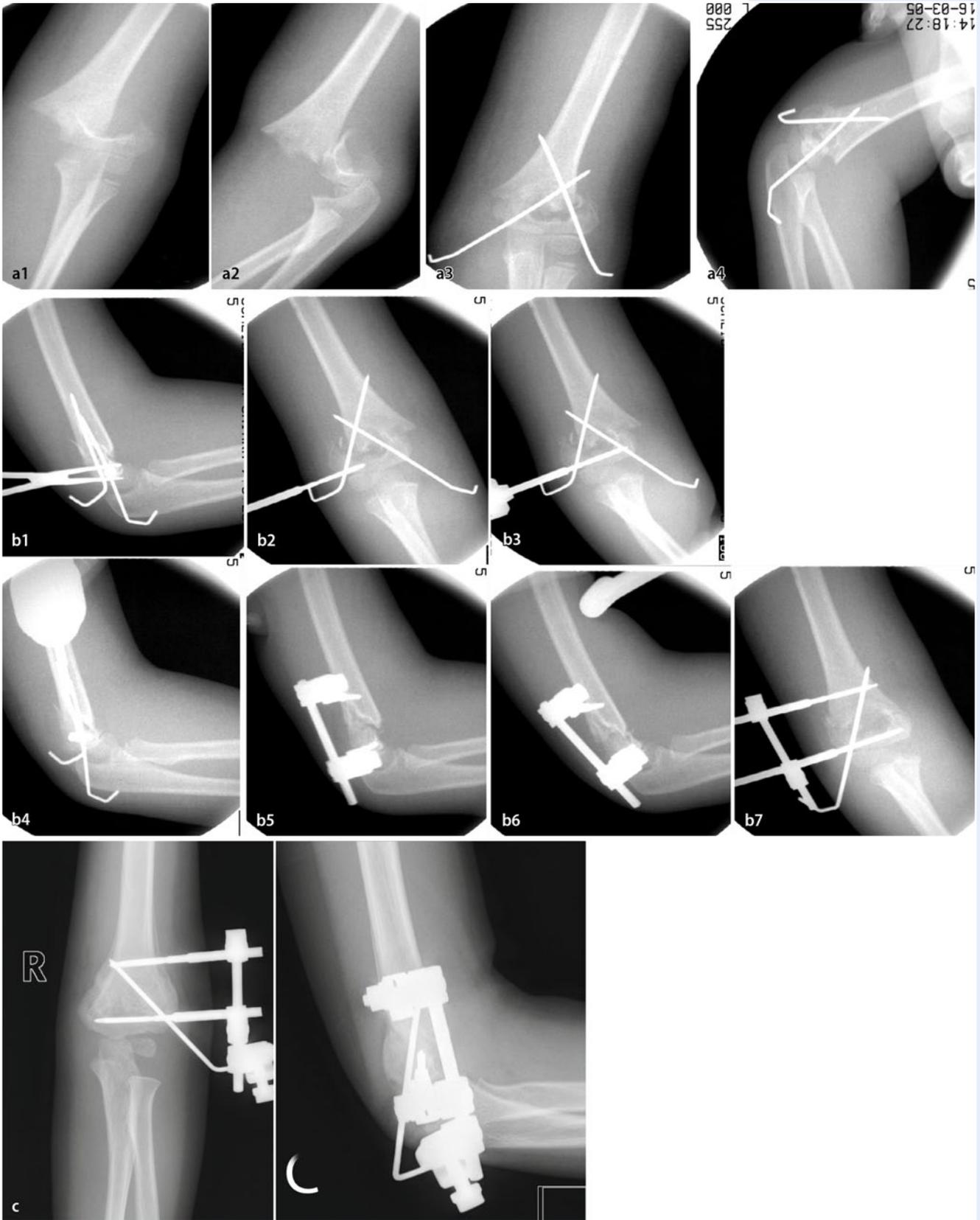


Abb. 25 ▲ Instabile suprakondyläre Humerusfraktur Typ IV mit radial und ulnar gebrochenem Pfeiler. **a** Suprakondyläre Typ-IV-Humerusfraktur bei einem 5-jährigen Kind. Bei genauer Betrachtung erkennt man die gebrochenen radialen und ulnaren Pfeiler; in unseren Händen ungünstig für konventionelle Fixation. **b** Trotz der schwierigen Situation wurde primär eine gekreuzte Spickdraht-Versorgung versucht, mit unbefriedigender Stellung und Stabilität. **c** Entscheid zum primären Wechsel auf radialen externen Fixateur mit intraoperativ guter Achse und perfekter Stabilität. Man erkennt nun die kritische, instabile Situation besser. Postoperativ funktionelle Nachbehandlung. (**c**: Adaptiert nach [32] mit freundlicher Genehmigung des Autors). **d** Nach 3 Wochen bereits gute Kallus-Bildung mit gleichbleibender perfekter Stellung. **e** Röntgenaufnahme unmittelbar nach Entfernung des Fixateurs 6 Wochen postoperativ; die Indikation zum längeren Verbleib des Fixateurs war aufgrund der komplexen Fraktur gegeben

Abb. 26 ► Sekundäre Korrektur: Intervention nach primär schlecht versorgter suprakondylärer Typ-IV-Humerusfraktur. **a1, a2** Suprakondyläre Typ-IV-Humerusfraktur bei einem 6-jährigen Mädchen, welche initial geschlossen reponiert und mit gekreuzten Kirschner-Drähten stabilisiert wurde. Wie das intraoperative Bild zeigt (**a3, a4**), ist weder die Stellung noch die Stabilität so zu akzeptieren, dennoch wurde die Situation so belassen. **b** Somit wurde nach einer Woche von uns die Indikation zur Nachreposition und Verbesserung der Situation gestellt. In unseren Händen klare Indikation für einen radialen Fixateur. Die Bildserie zeigt sehr schön die einzelnen Schritte auf, wobei zu erwähnen ist, dass primär die Kirschner-Drähte aus Stabilitätsgründen belassen wurden. Weiter ist zu erwähnen, dass **b5** und **b6** sehr deutlich die Möglichkeit der Feinjustierung zeigen, bevor dann der Anti-Rotationsdraht eingebracht wird (**b7**). **c** 5 Wochen nach der Nachreposition ausgedehnte Kallus-Bildung bei perfekter Stellung; zu diesem Zeitpunkt wird der Fixateur entfernt



Korrespondenzadresse

T. Slongo M.D.

Paediatric Trauma and Orthopaedics,
Dept. of Paediatric Surgery, University Children's Hospital
3010 Bern
theddy.slongo@insel.ch

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T. Slongo gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Houshian S, Mehdi B, Larsen MS (2001) The epidemiology of elbow fracture in children: analysis of 355 fractures, with special reference to supracondylar humerus fractures. *J Orthop Sci* 6:312–315
- Otsuka NY, Kasser JR (1997) Supracondylar fractures of the humerus in children. *J Am Acad Orthop Surg* 5:19–26
- Skaggs D, Pershad J (1997) Pediatric elbow trauma. *Pediatr Emerg Care* 13:425–434
- Wu J, Perron AD, Miller MD et al (2002) Orthopedic pitfalls in the ED: pediatric supracondylar humerus fractures. *Am J Emerg Med* 20:544–550
- Mangwani J, Nadarajah R, Paterson JM (2006) Supracondylar humeral fractures in children: ten years' experience in a teaching hospital. *J Bone Joint Surg Br* 88:362–365
- Gartland JJ (1959) Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet* 109:145–154
- Slongo T, Audigé L, Schlickewei W et al (2006) Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the Pediatric Expert Group of the AO Foundation in collaboration with AO Clinical Investigation and Documentation and the International Association for Pediatric Traumatology. *J Pediatr Orthop* 26:43–49
- Buyss Roessingh AS de, Reinberg O (2003) Open or closed pinning for distal humerus fractures in children? *Swiss Surg* 9:76–81
- Minkowitz B, Busch MT (1994) Supracondylar humerus fractures. Current trends and controversies. *Orthop Clin North Am* 25:581–594
- Weinberg AM, Marzi I, Gunter SM et al (2002) Supracondylar humerus fracture in childhood – an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery – I: epidemiology, effectiveness evaluation and classification. *Unfallchirurg* 105:208–216 (German)
- Fleuriau-Chateau P, McIntyre W, Letts M (1998) An analysis of open reduction of irreducible supracondylar fractures of the humerus in children. *Can J Surg* 41:112–118
- Oh CW, Park BC, Kim PT et al (2003) Completely displaced supracondylar humerus fractures in children: results of open reduction versus closed reduction. *J Orthop Sci* 8:137–141
- Suh SW, Oh CW, Shingade VU et al (2005) Minimally invasive surgical techniques for irreducible supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop* 76:862–866
- Ababneh M, Shannak A, Agabi S, Haddi S (1998) The treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. A comparison of three methods. *Int Orthop* 22:263–265
- Diri B, Tomak Y, Karaismailoğlu TN (2003) The treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus in children (an evaluation of three different treatment methods). *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 9:62–69 (Turkish)
- Ruiz AL, Kealey WD, Cowie HG (2001) Percutaneous pin fixation of intercondylar fractures in young children. *J Pediatr Orthop B* 10:211–213
- Laer L von, Günter SM, Knopf S, Weinberg AM (2002) Supracondylar humerus fracture in childhood – an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery – II: costs and effectiveness of the treatment. *Unfallchirurg* 105:217–223 (German)
- Brauer CA, Lee BM, Bae DS et al (2007) A systematic review of medial and lateral entry pinning versus lateral entry pinning for supracondylar fractures of the humerus. *J Pediatr Orthop* 27:181–186
- Lee SS, Mahar AT, Miesen D, Newton PO (2002) Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. *J Pediatr Orthop* 22:440–443
- Kocher MS, Kasser JR, Waters PM et al (2007) Lateral entry compared with medial and lateral entry pin fixation for completely displaced supracondylar humeral fractures in children. A randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 89:706–712
- Weinberg AM, Castellani C, Arzdorf M et al (2007) Osteosynthesis of supracondylar humerus fractures in children: a biomechanical comparison of four techniques. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 22:502–509
- De Boeck H, De Smet P (1997) Valgus deformity following supracondylar elbow fractures in children. *Acta Orthop Belg* 63:240–244
- Mondoloni P, Vandenbussche E, Peraldi P, Augereau B (1996) Instability of the elbow after supracondylar humeral non-union in cubitus varus rotation. Apropos of 2 cases observed in adults. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 82:757–761 (French)
- Sankar WN, Hebela NM, Skaggs DL, Flynn JM (2007) Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: causes and prevention. *J Bone Joint Surg Am* 89:713–717
- Skaggs DL, Hale JM, Bassett J et al (2001) Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement. *J Bone Joint Surg Am* 83:735–740
- Green DW, Widmann RF, Frank JS, Gardner MJ (2005) Low incidence of ulnar nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique. *J Orthop Trauma* 19:158–163
- Gustilo RB, Anderson JT (1976) Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 58:453–458
- Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL (1974) Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years' experience with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 56:263–272
- Carmichael KD, Joyner K (2006) Quality of reduction versus timing of surgical intervention for pediatric supracondylar humerus fractures. *Orthopedics* 29:628–632
- Fowler TP, Marsh JL (2006) Reduction and pinning of pediatric supracondylar humerus fractures in the prone position. *J Orthop Trauma* 20:277–281
- Tremains MR, Georgiadis GM, Dennis MJ (2001) Radiation exposure with use of the inverted-c-arm technique in upper-extremity surgery. *J Bone Joint Surg Am* 83:674–678
- Slongo T, Schmid T, Wilkins K, Joeiris A (2008) Lateral external fixation: a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 90:1690–1697
- Kim WY, Chandru R, Bonshahi A, Paton RW (2003) Displaced supracondylar humeral fractures in children: results of a national survey of paediatric orthopaedic consultants. *Injury* 34:274–277

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welche präoperative Diagnostik ist bei Verdacht auf eine suprakondyläre Humerusfraktur erforderlich?

- Röntgen in 2 Ebenen
- Computertomographie
- Magnetresonanztomographie
- Nervenleitgeschwindigkeit
- Angiographie

? Welche Klassifikation der suprakondylären Humerusfrakturen beinhaltet sowohl einen Algorithmus zur Schweregradeinteilung sowie gibt klare Hinweise auf die Therapie?

- Gartland-Klassifikation
- Klassifikation nach von Laer
- AO-Kinderklassifikation
- Judet-Klassifikation
- Klassifikation nach Lubinus

? Eine völlig verschobene suprakondyläre Humerusfraktur ohne Fragment-Knochen-Kontakt bei einem 7-jährigen Kind entspricht welchem Frakturtyp der AO-Kinderklassifikation?

- Typ I
- Typ II
- Typ III
- Typ IV
- Typ V

? Bei welcher der genannten Indikationen sollte die Versorgung mittels Fixateur externe der Versorgung mittels Kirschner-Drähten vorgezogen werden?

- Undislozierte Fraktur ohne Rotationskomponente
- Geschlossen gut reponierbare Frakturen
- Keine oder geringe Weichteilschädigung
- In einer Ebene gering dislozierte Fraktur
- Typ III und IV der AO-Klassifikation

? Die Versorgung mittels Fixateur externe bringt im Vergleich zur Versorgung mittels Kirschner-Drähten verschiedene Vorteile. Welche Aussage trifft *nicht* zu?

- Vermeidung eines offenen Vorgehens
- Dreidimensionale Repositionsmöglichkeiten
- Geringere rotatorische Instabilität
- Einfache Verbandswechsel und Pin-Pflege
- Risiko sekundärer Fehlstellungen

? Was ist die typische Komplikation einer ungenügenden Reposition und Stabilisierung der Frakturfragmente?

- Ausbildung eines Cubitus varus
- Ausbildung eines Cubitus valgus
- Ausbildung einer Pseudarthrose
- Hypomobilität im Handgelenk
- Hypomobilität im Schultergelenk

? Welche mögliche, schwere Komplikation kann bei unsachgemäßem Einbringen des Fixateur externe auftreten?

- Weichteilschwellung
- Verletzung des N. radialis
- Bruch eines Pins
- Heilungsverzögerung
- Stellungsverlust

? Die definitive Sicherung der Stabilität erfolgt über den Anti-Rotations-Kirschner-Draht. Welche Aussage zum intraoperativen Vorgehen des Drahts ist *nicht* korrekt??

- Bohrrichtung ist anterior-proximal
- Eintrittspunkt dorsal des distalen Pins
- Perforation der Gegenkortikalis vermeiden
- Nutzung eines 1,6-mm- bzw. 2,0-mm-Kirschner-Drahts
- Einbringen und Bildwandlerkontrolle

? Wie sollte eine mittels Fixateur externe versorgte suprakondyläre Humerusfraktur nachbehandelt werden?

- Oberarmcast
- Funktionell
- Blount-Schlinge
- Desault-Verband
- Gilchrist-Verband

? Wann sollte bei einem 4-jährigen Kind die erste klinische und radiologische Kontrolle erfolgen?

- Nach 7 Tagen
- Nach 2 Wochen
- Nach 3 Wochen
- Nach 4 Wochen
- Nach 6 Wochen

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar.

Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeabschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei