Suprakondyläre und subkapitale Humerusfrakturen

„State of the art“

Bei der Behandlung von Frakturen im Wachstumsalter sollten folgende Ziele berücksichtigt werden:

- Die Behandlung soll mit wenig oder gar keinen Schmerzen einhergehen.
- Eltern und Kinder erwarten eine vollständige Wiederherstellung der körperlichen Integrität mit schnellem Wiedererlangen der kompletten Beweglichkeit und rascher Teilnahme an altersspezifischen Aktivitäten.
- Ist eine operative Therapie notwendig, ist eine einzeitige und definitive Versorgung stets das oberste Ziel.

Frakturen der oberen Extremität sind im Kindesalter häufig, wobei die Inzidenz sowohl von Unter- als auch von Oberarm-

frakturen steigt: Mayranpaa et al. [27] zeigten in ihrer skandinavischen Längsschnittstudie im Zeitraum von 1983–2005 eine Zunahme der Inzidenz der Unterarmfrakturen von 31% (von 46,2/10.000 auf 60,4/10.000) und der Oberarmfrakturen von 39% (von 10,4/10.000 auf 14,4/10.000). In einer eigenen Erhebung über einen 1-Jahres-Zeitraum mit insgesamt 438 Frakturen fanden sich 19 (4,3%) im Bereich des proximalen und 88 (20,1%) im Bereich des distalen Humerus, davon betrafen 74 Frakturen den nichtartikulären Teil [20]. Dies zeigt die Relevanz der subkapitalen und suprakondylären Humerusfrakturen in der Gesamtheit aller Frakturen im Wachstumsalter, weshalb im vorliegenden Beitrag für beide Frak-

turlokalisationen die wesentlichen aktuellen Fakten zur Diagnostik, Therapieentscheidung und ggf. zum anzuwendenden Operationsverfahren zusammengefasst werden.

Subkapitale Humerusfraktur

Diagnostik

Nach wie vor ist die Röntgenuntersuchung des betroffenen Oberarms in 2 Ebenen die Standarddiagnostik zur Detektion der subkapitalen Humerusfraktur [7]. Aufgrund der hohen Strahlenbelastung und der schlechten Beurteilbarkeit ist darauf zu achten, dass keine transthorakalen Aufnahmen mehr durchgeführt werden. Neben der Röntgendiagnostik im a.-p. Strahlengang empfiehlt sich als 2. Ebene die Y-Aufnahme. Bei der Analyse der Röntgenbilder ist der zeltförmige Verlauf der proximalen Humeruswachstumsfuge zu beachten, der leicht mit einer Fraktur verwechselt werden kann (■ Abb. 1).

Weiterhin kann der proximale Humerus auch mittels einer Ultraschalluntersuchung dargestellt werden [1]. Mit dem Linienschallkopf ist es möglich, sowohl verschiedene Frakturtypen als auch den entsprechenden Dislokationsgrad abzubilden. Da die Ultraschalluntersuchung auch bei Ruhigstellung des Arms im Gilchrist-Verband wiederholbar ist, eignet sie sich insbesondere zur Verlaufskontrolle.

Abb. 1 ◀ Zeltförmiger Verlauf der proximalen Humeruswachstumsfuge (durchgehende Pfeile), proximale metaphysäre Humerusfraktur (gestrichelte Pfeile)

Abb. 2 ◀ Remodelling einer Fehlstellung im Bereich des proximalen Humerus, **a** Unfallaufnahme, **b** starke Kallusbildung nach 3 Wochen, **c** nahezu komplette Wiederherstellung der Achse nach 9 Monaten, ehemaliger Frakturbereich nach distal gewandert (Pfeil)

Abb. 3 ▲ Proximale fugenkreuzende Humerusfraktur Salter-Harris II (gestrichelte Pfeile)

Für die Therapieentscheidung bei der Behandlung einer subkapitalen Humerusfraktur ist von großer Relevanz, dass mindestens 80% des Wachstums des Oberarms von der proximalen Wachstumsfuge ausgehen. Der Vorteil dieser hochaktiven Wachstumsfuge ist, dass im Gegensatz zum distalen Humerus ein enormes Korrekturpotenzial zur Verfügung steht, das sog. Remodelling [24, 25]. Diese Spontankorrektur von verbliebenen Fehlstellungen kann im Kindesalter bei dislozierten Frakturen im proximalen Bereich in das Therapiekonzept mit einbezogen werden (■ Abb. 2). Eine Besonderheit stellen die am proximalen Humerus gehäuft auftretenden pathologischen Frakturen bei juvenilen bzw. aneurysmatischen Knochenzysten dar, die oft im Rahmen eines Bagateltraumas oder spontan auftreten. Hier geht die Tendenz der Behandlung zu einer übungsstabilen ESIN-Osteosynthese (ESIN: elastisch-stabile intramedulläre Nagelung) mit Kürettage der Zyste und komplettem Auffüllen [7].

Klassifikation

Die in der Erwachsenentraumatologie eingesetzten Einteilungen der subkapitalen Humerusfraktur [AO-Klassifikation (AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)/Klassifikation nach Neer] sind im Kindes- und Jugendalter von geringer Bedeutung [24], da eine derartige

Vielfalt an Frakturen bei diesem Patientengut nicht vorkommt: Im Wesentlichen unterschieden werden die proximalen metaphysären Frakturen von den Fugenverletzungen. Bei den metaphysären Frakturen (■ Abb. 1) sind subkapitale Wulstfrakturen bis hin zu Frakturen mit kompletter Dislokation um Schaftbreite und darüber hinaus vorzufinden. Bei den Fugenschaftfrakturen handelt es sich nahezu immer um Salter-Harris-II(Aitken-I)-Frakturen (■ Abb. 3).

Therapie

Indikationsstellung

Als eindeutige Indikationen zur Operation dislozierter subkapitaler Humerusfrakturen werden in der Literatur Überschreitungen der jeweiligen altersadaptierten Korrekturgrenzen und Mehrfachverletzungen sowie eine begleitende Plexusläsion angegeben. Im gesellschaftlichen Wandel hin zur Aktivität und Mobilität des Individuums ist außerdem die Komfortindikation von zunehmender Bedeutung, welche insbesondere aktiven und sportlichen Kindern und Jugendlichen eine frühfunktionelle Mobilisation ohne längere Ruhigstellung im Gilchrist-Verband ermöglicht. Auch bei pathologischen Frakturen im Rahmen von Knochenzysten wird zunehmend eine intramedulläre Stabilisierung als Bestandteil

teil einer Kombinationstherapie empfohlen [7].

Korrekturgrenzen

In der vorhandenen Literatur findet man unterschiedliche und sich z. T. widersprechende Angaben über die Grenzen der sog. erlaubten, belassenen Fehlstellungen.

„Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter“/„Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie“

Dietz et al. empfehlen im Lehrbuch „Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter“ [9] bei Kindern unter 5 Jahren eine konservative Therapie bei bis zu 90° abgekippten Frakturen, solange ein Fragmentkontakt vorliegt; bei Kindern über 10 Jahren sollten noch eine 50%ige Kontaktfläche und eine Abweichung der Fragmente gegeneinander von weniger als 45° vorliegen, während bei Jugendlichen jede Fehlstellung als Operationsindikation angesehen wird. Im aktuellen Werk der Autoren, „Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie“ [10], wird die Operationsindikation zwar etwas großzügiger, aber insgesamt weiterhin sehr kritisch gesehen. Bei Kindern unter 10 Jahren werden sogar eine vollständige Dislokation, Verkürzung, Achsfehler bis 45° Varus-/Ante- und Rekursionsfehler sowie ein Achsfehler bis 10° Valgus für die konservative Therapie akzeptiert. Bei Kindern >12 Jahre werden noch eine Dislokation bis zur halben Schaftbreite sowie ein Achsfehler bis 20° bzw. 10° im Valgus als für die konservative Therapie geeignet angesehen.

„Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter“

In diesem kindertraumatologischen Standardwerk werden die maximalen Korrekturgrenzen bei Kindern unter 12 Jahren bei einer Varusfehlstellung bzw. einer Ante- und Rekursion von 50° und bei Kindern über 12 Jahren bei 30° gesehen; hinsichtlich der Valgusfehlstellung wird in allen Altersgruppen nur eine Fehlstellung von bis zu 20° toleriert [24].

„Rockwood and Wilkins' fractures in children“

Laut diesem 2006 veröffentlichten Buch soll die Operationsindikation bei stark dislozierten Frakturen (hier bevorzugt: Klassifikation nach Neer, Grad 3–4) bei Kindern und Jugendlichen über 11 Jah-

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 1]:68–75 DOI 10.1007/s10039-013-2022-x
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

M.M. Kaiser

Suprakondyläre und subkapitale Humerusfrakturen. „State of the art“

Zusammenfassung

Diagnostik. Für die suprakondyläre Humerusfraktur im Kindesalter kann zusammengefasst werden, dass eine optimale konventionelle Röntgendiagnostik für die adäquate Diagnosestellung und Therapieeinleitung von essenzieller Bedeutung ist. Bei der subkapitalen Fraktur ist neben der a.-p. und Y-Aufnahme die Sonographie ein wichtiges Diagnostikum.

Therapiewahl. Aufgrund des geringen Korrekturpotenzials der distalen Wachstumsfuge des Humerus ist die konservative Behandlung in dieser Lokalisation nur in sehr engen Grenzen möglich. Dislozierte Frakturen (Typ IIb, III und IV nach von Laer) müssen operativ versorgt werden. Subkapitale Frakturen können aufgrund ihres Korrekturpotenzials häufig konservativ behandelt werden.

Operative Therapie. Die Reposition ist oft geschlossen möglich, die offene Darstellung sollte Ausnahmefällen vorbehalten bleiben. Das Operationsziel ist – unabhängig davon, welches Retentionsverfahren anschließend

eingesetzt wird – eine optimale Stellung der Fraktur, da verbliebene Fehlstellungen in der Frontal- und Sagittalebene bzw. belassene Rotationsfehlstellungen zu deutlich sichtbaren bleibenden Achsabweichungen des Arms führen. Das Ergebnis der Reposition muss in 3 exakten Ebenen überprüft werden (a.-p., von radial-ulnar und ulnar-radial). Die Retention findet meist mittels Kirschner-Draht-Osteosynthese statt; ein abschließendes Urteil, ob diese gekreuzt oder von radial durchgeführt werden sollte, kann bislang nicht gefällt werden. Bezüglich der Behandlungsmethoden mittels Fixateur externe oder elastisch-stabiler intramedullärer Nagelung (ESIN) liegen zu wenige Daten vor. Subkapitale Frakturen werden meist geschlossen reponiert. Therapie der Wahl ist die ascendierende ESIN-Osteosynthese.

Schlüsselwörter

Humerus · Knochenfraktur · Kinder · Reposition · Kirschner-Draht-Osteosynthese

Supracondylar and subcapital fractures of the humerus. State of the art

Abstract

Diagnostics. For supracondylar fractures of the humerus in childhood, optimal conventional x-ray diagnostics are essential for an adequate diagnosis and induction of therapy. Sonography is an important diagnostic instrument in addition to the anteroposterior and Y images.

Therapy selection. Due to the low correction potential of the distal growth symphysis of the humerus, conservative treatment in this localization is only possible within very narrow limits. Dislocated fractures (types IIb, III and IV according to von Laer) must be surgically treated. Due to the potential for correction subcapital fractures can often be treated conservatively.

Operative therapy. Reduction is often possible by a closed procedure whereas open procedures are reserved for exceptional cases. The aim of surgery is an optimal positioning of the fracture because a residual false position in the frontal and sagittal planes

or false rotational positioning lead to clearly visible deviations from the axes, independent of which retention procedure is finally used. The result of repositioning must be checked in exactly three planes, anteroposterior, from radial-ulnar and from ulnar-radial. Retention is mostly carried out by Kirschner wire osteosynthesis but a definitive judgment on whether this should be carried out as crossed over or radial technique cannot yet be made. Too little data are available on treatment methods using external fixateur or elastic stable intramedullary nailing. Subcapital fractures are mostly repositioned using a closed procedure and the therapy of choice is ascending elastic stable intramedullary nailing (ESIN) osteosynthesis.

Keywords

Humerus · Bone fractures · Children · Reduction · Kirschner wire osteosynthesis

Abb. 4 ▲ ESIN-Osteosynthese einer proximalen fugenkreuzende Humerusfraktur Salter-Harris II, Röntgenkontrolle nach 1 Monat

ren sowie zusätzlich bei bis 1 cm betragender Verkürzung gestellt werden [4].

„Kindertraumatologie“. Marzi [26] toleriert bei Kindern unter 5 Jahren Verschiebungen in der Frontalebene von 70–90°, ebenso eine Seitverschiebung bis Schaftbreite; bei Kindern im Alter vom 5. bis zum 12. Lebensjahr eine Verschiebung in der Frontalebene von 30–70° sowie eine Seitverschiebung um 2/3 Schaftbreite, während bei Jugendlichen über dem 12. Lebensjahr eine Verschiebung in der Frontalebene bis zu 30° sowie eine Seitverschiebung um halbe Schaftbreite als Grenze der konservativen Behandlung angegeben wurden. Hiermit entspricht Marzi [26] der aktuellen Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie, in der auch bei Kindern >10 Jahre eine Achsabweichung bis 30° (<10° Valgus) oder um halbe Schaftbreite als Indikation für eine

Abb. 5 ▲ Computertomographische Darstellung der Konfiguration des distalen Humerus

konservative Behandlung angesehen werden [6].

Aufgrund der unterschiedlichen Empfehlungen kindertraumatologischer Experten erfolgte eine Literaturrecherche über die Evidenzlage bezüglich der Korrekturgrenzen (Operationsindikationen). Diese ergab als wesentliche wissenschaftliche Grundlage eine Metaanalyse aus dem Jahr 2011, in welcher die Literatur – zumeist unkontrollierte Fallstudien des Evidenzlevels 4 – von Januar 1960 bis April 2010 zusammengefasst wurde. Die Autoren schlussfolgerten, dass es lediglich eine Tendenz gebe, jüngere Kinder zumeist konservativ bzw. ältere Kinder mit Dislokation eher operativ zu behandeln [31].

Art der operativen Behandlung

Auch diesbezüglich ist die Evidenzlage nicht gut. Einig ist man sich nur, dass die früher angewandte Extensionsmethode nicht mehr zeitgemäß/adäquat ist [19]. Von daher stehen weiterhin die elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN-Osteosynthese; ■ **Abb. 4**) oder die Kirschner-Draht-Fixierung der proximalen

Humerusfraktur zur Verfügung [3, 9, 13, 21, 26].

Bei der ESIN-Osteosynthese werden die 2 Nägel distal metaphysär eingebracht. Wir bevorzugen die Implantation von radial und ulnar, ebenso ist aber auch die Implantation beider Nägel von lateral möglich. Danach liegt nahezu immer eine übungsstabile Situation vor, sodass auf eine weitere Ruhigstellung im Gilchrist-Verband verzichtet werden kann.

Bei der Kirschner-Draht-Osteosynthese werden die Drähte von metaphysär proximal lateral eingebracht; bei fehlender Übungsstabilität ist ein Gilchrist-Verband erforderlich.

Zum direkten Vergleich beider Operationsverfahren findet sich nur eine Studie von Hutchinson et al. [16] mit dem Vergleich von 23 ESIN-Osteosynthesen vs. 27 Kirschner-Draht-Osteosynthesen, wobei zumindest eine geschlossene Reposition nahezu immer möglich war. Die Technik der intramedullär genagelten Fraktur erwies sich im Vergleich zur Kirschner-Draht-Osteosynthese als das aufwendigere Operationsverfahren, wobei die Kirschner-Drähte zudem perkutan und auch versenkt eingebracht wurden. Allerdings traten in der mit Kirschner-Draht versorgten Gruppe deutlich mehr Komplikationen, wie Infektion und Drahtmigration, auf.

Empfehlung für die Praxis

Fasst man die vorhandene Literatur zusammen, ergeben sich folgende Empfehlungen für die Praxis:

- Bei Kindern bis zu 10 Jahren kann die subkapitale Humerusfraktur nahezu immer konservativ behandelt werden.
- Im Alter von 10 bis 12 Jahren sollte als weiteres Kriterium die Skelettreife mit herangezogen werden und entsprechend dem Entwicklungsgrad eine konservative bzw. operative Therapie bei Dislokation diskutiert werden.
- Bei Adoleszenten (>12 Jahre) mit nur noch geringerem Potenzial eines Remodellings sollten 20° bis höchstens 30° Achsabweichung toleriert werden.

Im Aufklärungsgespräch sollte auch bei jüngeren Kindern oder Adoleszenten mit

Abb. 6 ◀ Rogers-Hilfslinie zur Detektion einer Extensionsfraktur: Capitulum humeri nicht mehr mittig geschnitten (Fraktur Typ IIa nach von Laer)

Abb. 7 ▲ Suprakondyläre Humerusfraktur mit Rotationssporn; seitliches Röntgenbild: Steilstellung [erkenntlich an der ventral des Capitulum humeri verlaufenden Rogers-Hilfslinie (*schwarzgestrichelt*)] sowie Rotationsfehler durch den Rotationssporn (*Pfeile*)

geringerer Achsabweichung auf die entsprechenden Bedürfnisse des Patienten eingegangen werden und der Komfort einer frühfunktionellen Behandlung dem Risiko einer 2-maligen Operation und Anästhesie gegenübergestellt werden.

Erfolgt eine Operation, sollten eine geschlossenen Reposition und ESIN-Osteosynthese durchgeführt werden, da sie mit weniger Komplikationen assoziiert sind als die Kirschner-Draht-Osteosynthese und eine umgehende funktionelle Nach-

behandlung der betroffenen Schulter und des Arms erlauben.

Suprakondyläre Humerusfraktur

Diagnostik

Die suprakondyläre Humerusfraktur ist eine typische Fraktur des Wachstumsalters und betrifft 5–6% aller und 20% der Extremitätenfrakturen [20]. Der Altersgipfel liegt zwischen dem 3. und 10. Lebensjahr und ist sowohl durch die in diesem Alter vorliegende Überstreckbarkeit des Ellenbogengelenks als auch die Anatomie des distalen Humerus (■ Abb. 5) bedingt. Eine Rotation beim Trauma hat zusätzlich eine Durchtrennung des Periosts zur Folge und führt zur Dislokation.

Die Röntgenuntersuchung in 2 Ebenen ist nach wie vor die Standarduntersuchung zur Detektion und Klassifikation der Fraktur. Eine weitergehende Diagnostik [Magnetresonanztomographie (MRT) oder Computertomographie (CT)] ist nahezu nie erforderlich. Bei der Durchführung der Röntgenaufnahmen muss gewährleistet sein, dass es sich tatsächlich um eine streng seitliche und eine a.-p. Ebene handelt. Die klinische Erfahrung zeigt, dass durch schmerzbedingte Schonhaltung häufig nicht achsengetreue Bilder angefertigt werden, die den behandelnden Arzt zu einer Fehleinschätzung verleiten können. Hierbei sind sowohl ein Überschätzen der Fehlstellung als auch ein Übersehen einer operationspflichtigen Dislokation möglich. Bei grober Dislokation ist selbstverständlich eine Ebene aus-

reichend, um dem verletzten Kind nicht unnötige Schmerzen zuzufügen.

Bei der Beurteilung des Röntgenbildes sind verschiedene Punkte von großer Bedeutung:

- In der streng seitlichen (!) Aufnahme liegt üblicherweise ein Winkel des Humerusschafts zum Capitulum humeri zwischen 20 und 45° vor. Somit verläuft die Rogers-Hilfslinie (Linie, die an die Vorderkante des ventralen Humerus angelegt wird und das Capitulum humeri ungefähr mittig schneidet) bei der typischerweise auftretenden Extensionsverletzung ventral (■ Abb. 6, 7) bzw. bei der in etwa 2% der Fälle auftretenden Flexionsfraktur dorsal der Mitte des Capitulum.
- Ein sog. Rotationssporn in der seitlichen Aufnahme (■ Abb. 7) weist auf eine Verdrehung des distalen gegenüber dem proximalen Fragment hin.
- Das Fettpolsterzeichen tritt nicht nur bei sichtbarer Dislokation auf (■ Abb. 8), sondern kann bei nicht oder nahezu kaum sichtbarer Frakturlinie ein guter Hinweis auf eine okkulte Fraktur sein.
- In der a.-p. Aufnahme ist auf eine vermehrte Varisierung oder Valgisierung des distalen Fragments zum Humerusschaft zu achten.

Klassifikation

Nach Analyse der Röntgenbilder entsprechend der oben angeführten Punkte bietet sich als praxisrelevante Klassifikation diejenige nach von Laer an ([22, 24], ■ Abb. 9): Beim Typ I handelt es sich um eine undislozierte Fraktur, beim Typ II liegt eine Dislokation in der Sagittalebene, beim Typ III zusätzlich ein Rotationsfehler und beim Typ IV eine komplette Dislokation vor.

Therapie

Therapiewahl

Alle Lehrwerke der Kindertraumatologie stimmen darin überein, dass Typ-I-Frakturen grundsätzlich konservativ behandelt werden, während Frakturen des Typs III und IV immer operativ versorgt werden müssen. Bei Frakturen vom Typ II

Abb. 8 ◀ Suprakondyläre Humerusfraktur Typ II mit Fettpolsterzeichen; seitliches Röntgenbild: geringe Steilstellung sowie dorsal deutliches Fettpolsterzeichen (Pfeile) – ventral nur gering ausgeprägt

Abb. 9 ▲ Einteilung der suprakondylären Humerusfrakturen nach von Laer, Erläuterungen s. Text

muss je nach Abkippungsgrad und Alter des Patienten zwischen IIa (stabil) und IIb (instabil) unterschieden werden:

- Bei Patienten bis 6 Jahre und einer Abkippung in der Sagittalebene bis zu 20° kann konservativ in der Oberarmgipsschiene bzw. im Blount-Verband („cuff and collar“) behandelt werden.
- Bei Kindern bis 6 Jahre und einer Abkippung in der Sagittalebene über 20°

sollte eine Redression im Blount-Verband angestrebt werden und nach 1 Woche eine Röntgenkontrolle erfolgen, um eine entsprechende Korrektur zu dokumentieren bzw. bei Ausbleiben eine Operationsindikation zu stellen.

- Bei Typ-II-Frakturen bei Kindern älter als 6 Jahre bzw. mit einer Abkippung über 20° ist eine Operation indiziert [18].

Diese starke Einschränkung der konservativen Behandlungsmöglichkeit im Bereich des distalen Humerus erklärt sich durch das nur sehr gering ausgeprägte Potenzial der distalen Humerusfuge, verbliebene Achsfehlstellungen spontan zu korrigieren. Daher ist es absolut notwendig, anhand adäquater Röntgenbilder die konservative Behandlungsmöglichkeit von der operationspflichtigen Dislokation zu unterscheiden; nur so können spätere Fehlstellungen und Revisionseingriffe vermieden werden („die Funktion folgt der Form“; [18, 22, 23, 24]). Lediglich in seltenen Fällen kommt es nach optimaler Reposition später zu Veränderungen der Achse des Ellenbogengelenks durch Wachstumsstörungen bzw. einem Bewegungsdefizit durch einen entsprechenden Weichteilschaden [18, 23].

Operative Therapie

Fast immer gelingt auch bei grob dislozierten Frakturen die geschlossene Reposition. Grundsätzlich vereinfacht die offene Operation über einen ulnaren und/oder radialen Zugang die Reposition nicht, und die Ergebnisse der offenen Re-

position sind selbst bei grob dislozierten Frakturen nicht besser als beim geschlossenen Vorgehen [17, 18, 24]. Weitere Möglichkeiten sind der 1–2 cm lange quere Zugang in der Ellenbeuge und Manipulation mittels Daumen oder eine Stichinzision anteromedial mit Stieltupfer als Repositionshilfe [35].

Zur operativen Versorgung der supracondylären Humerusfraktur existieren verschiedene Osteosyntheseverfahren [2, 5, 14, 15, 18, 24, 29, 30, 33, 39, 40, 41]. Die am häufigsten publizierte Methode ist die perkutane gekreuzte Kirschner-Draht-Fixierung der Fraktur (■ **Abb. 10**). Alternativ können die Drähte nur von radial eingebracht werden, um das Risiko der (fast immer temporären) N.-ulnaris-Irritation zu minimieren [8, 12], oder unter Hautniveau versenkt werden. Bei der perkutanen Kirschner-Draht-Osteosynthese werden nach 4 Wochen der Oberarmgips und die Drähte ambulant ohne Narkose oder Sedierung entfernt [36]. Je nach Verlauf und Beweglichkeit kann sich eine Physiotherapie anschließen; zuvor sollte nach 2 bis 3 Wochen spontaner Bewegung und der Freigabe zum Schwimmen eine erneute klinische Untersuchung zum Verlauf durchgeführt werden. Nach 12 Wochen ist ein Bewegungsausmaß von 85% im Vergleich zur Gegenseite zu erwarten [11, 37, 38, 40, 41]. Weitere beschriebene Varianten sind die „Dorgan's lateral cross-wiring technique“ [2, 12], die descendierende ESIN-Osteosynthese [32] bzw. der von lateral am Humerus eingebrachte [33] oder ein gelenkübergreifender Fixateur externe [14].

Outcome

Hinsichtlich der beschriebenen Operationsverfahren finden sich nur wenige vergleichende oder gar randomisiert prospektive Studien. Yousri et al. [39] untersuchten in einer Metaanalyse die gekreuzte vs. die laterale Kirschner-Draht-Osteosynthese und kamen zu dem Schluss, dass bei identischer Stabilität der Osteosynthese keine weiteren Evidenzlevel-1-Aussagen möglich waren. Der Versuch der Erstellung einer „evidence based guideline“ durch Mulpuri et al. [28, 29, 30] zeigte, dass die supracondyläre Humerusfraktur meistens geschlossen reponiert werden kann und die Reposition und Kirschner-

Abb. 10 ▲ Suprakondyläre Humerusfraktur Typ IV, **a,b** Unfallbild: komplett dislozierte Fraktur, Arm in Kramer-Schiene gelagert (Anmerkung: 2. Ebene in diesem Fall überflüssig), **c,d** erste Röntgenkontrolle nach 4 Wochen, nach Entfernung der perkutanen Drähte und des Gips: gute Stellung, reichlich Kallusbildung

Abb. 11 ◀ Intraoperative Kontrolle nach Reposition und Retention einer supracondylären Humerusfraktur in 3 Ebenen zum sicheren Ausschluss einer verbliebenen Fehlstellung, Kirschner-Drähte jenseits der Fraktur kreuzend und über die jeweilige Gegenkortikalis hinausgehend

Draht-Osteosynthese der alleinigen Reposition vorzuziehen sind. Die Autoren schlussfolgerten, dass von der medialen Stabilisierung tendenziell eine höhere Gefahr für eine Schädigung des N. ulnaris ausgeht, eine abschließende Empfehlung für eine bestmögliche Behandlung konnte jedoch nicht gegeben werden. Diese Daten gingen in die Analyse der American Academy of Orthopaedic Surgeons ein und führten zu einer *mäßigen* Empfehlung für die Reposition und Kirschner-Draht-Osteosynthese sowie einer *eingeschränkten* Empfehlung für die Platzierung medialer Pins [28, 29, 30]. Im Gegensatz dazu erbrachte eine weitere Metaanalyse eine höhere Stabilität bei gekreuzter Kirschner-Draht-Osteosynthese gegenüber der radialen Spickung [5]. Nach Ansicht der Autoren spricht die

se erhöhte Stabilität trotz der Gefahr der Nervenläsion für die gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese.

Entscheidend für das Ergebnis sind somit die optimale Reposition und die technisch einwandfreie Retention. Welches Verfahren auch vom Operateur favorisiert wird, am Ende des Eingriffs muss radiologisch eine verbliebene Fehlstellung ausgeschlossen werden. Dies kann nur durch eine Darstellung und Dokumentation a.-p. sowie in exakten seitlichen Ebenen von radial-ulnar und ulnar-radial gewährleistet werden (■ **Abb. 11**). Ist weiterhin ein Rotationsfehler vorhanden, muss erneut reponiert und osteosynthetisch versorgt werden. Verbliebene Fehlstellungen in der Frontal- und Sagittalebene bzw. belastete Rotationsfehlstellungen führen zu deutlich sichtbaren bleibenden Achs-

abweichungen des Arms mit der möglichen Folge einer Bewegungseinschränkung oder Korrekturosteotomie [23, 34].

Korrespondenzadresse

PD Dr. M.M. Kaiser

Klinik für Kinderchirurgie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck
kaiser@uni-luebeck.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. M. Kaiser gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

- Ackermann O, Eckert K, Rüländer C et al (2013) Ultraschallbasierte Therapiesteuerung bei subkapitalen Humerusfrakturen im Wachstumsalter. *Z Orthop Unfall* 151(1):48–51
- Altay MA, Erturk C, Isikan UE (2010) Comparison of traditional and Dorgan's lateral cross-wiring of supracondylar humerus fractures in children. *Saudi Med J* 31(7):793–796
- Bahrs C, Zipplies S, Ochs BG et al (2009) Proximal humeral fractures in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 29(3):238–242
- Beatty JH, Kasser JR (2006) Rockwood and Wilkins fractures in children, 6. Aufl. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- 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(2):181–186
- Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (2011) Oberarmfraktur proximal. AWMF-Leitlinien-Registernummer 006/040. AWMF, Düsseldorf
- Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (2013) Knochenzysten. AWMF-Leitlinien-Registernummer 006/029. AWMF, Düsseldorf
- Devkota P, Khan JA, Acharya BM et al (2008) Outcome of supracondylar fractures of the humerus in children treated by closed reduction and percutaneous pinning. *JNMA J Nepal Med Assoc* 47(170):66–70
- Dietz H, Schmittenbecher P, Illing P (1997) Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore
- Dietz H, Illing P, Schmittenbecher P et al (2011) Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Dong Z, Shi MQ (2009) An investigation of the improvement of the management for supracondylar fractures of humerus and prevention of complications. *Zhongguo Gu Shang* 22(5):329–330
- Fernandez F, Eberhardt O (2012) Suprakondyläre Humerusfraktur bei Kindern. Verfahrenswahl, Zugang, Komplikationen und typische Fallstricke. *Trauma Berufskrankh [Suppl 3]* 14:379–384
- Fernandez FF, Eberhardt O, Langendorfer M, Wirth T (2008) Treatment of severely displaced proximal humeral fractures in children with retrograde elastic stable intramedullary nailing. *Injury* 39(12):1453–1459
- Gris M, Van Nieuwenhove O, Gehanne C et al (2004) Treatment of supracondylar humeral fractures in children using external fixation. *Orthopedics* 27(11):1146–1150
- Howard A, Mulpuri K, Abel MF et al (2012) The treatment of pediatric supracondylar humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 20(5):320–327
- Hutchinson PH, Bae DS, Waters PM (2011) Intramedullary nailing versus percutaneous pin fixation of pediatric proximal humerus fractures: a comparison of complications and early radiographic results. *J Pediatr Orthop* 31(6):617–622
- Kaewpornsawan K (2001) Comparison between closed reduction with percutaneous pinning and open reduction with pinning in children with closed totally displaced supracondylar humeral fractures: a randomized controlled trial. *J Pediatr Orthop B* 10(2):131–137
- Kaiser MM, Kamphaus A, Massalmé E, Wessel LM (2008) Percutaneous closed pin fixation of supracondylar fractures of the distal humerus in children. *Oper Orthop Traumatol* 20(4–5):297–309
- Kaiser M, Wessel L, Kraus R, Rapp M (2011) Alte und neue Konzepte in der Kindertraumatologie – Abschied von der Extensionsbehandlung. *Prakt Padiatr* 17:98–108
- Kamphaus A, Rapp M, Wessel L et al (2013) Epidemiologie von Frakturen der langen Röhrenknochen im Kindesalter – Prospektive Erfassung unter Berücksichtigung der LiLa-Klassifikation. *Prakt Padiatr* 18:1–8
- Khan A, Athlani L, Rousset M et al (2013) Functional results of displaced proximal humerus fractures in children treated by elastic stable intramedullary nail. *Eur J Orthop Surg Traumatol* Feb 7. [Epub ahead of print]
- Laer L von (1979) The supracondylar fracture of the humerus in children (author's transl). *Arch Orthop Trauma Surg* 95(1–2):123–140
- Laer L von, Brunner R, Lampert C (1991) Fehlgewinkelte suprakondyläre und kondyläre Humerusfrakturen. *Orthopäde* 20(6):331–340
- Laer L von, Kraus R, Linhardt W (2012) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, 6. Aufl. Thieme, Stuttgart New York
- Larsen CF, Kiaer T, Lindequist S (1990) Fractures of the proximal humerus in children. Nine-year follow-up of 64 unoperated on cases. *Acta Orthop Scand* 61(3):255–257
- Marzi I (2010) Kindertraumatologie, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Mayranpää MK, Makitie O, Kallio PE (2010) Decreasing incidence and changing pattern of childhood fractures: a population-based study. *J Bone Miner Res* 5(12):2752–2759
- Mulpuri K, Tritt BL (2006) Low incidence of ulnar nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique (author reply). *J Orthop Trauma* 20(3):234
- Mulpuri K, Wilkins K (2012) The treatment of displaced supracondylar humerus fractures: evidence-based guideline. *J Pediatr Orthop [Suppl 2]* 32:143–152
- Mulpuri K, Hosalkar H, Howard A (2012) AAOS clinical practice guideline: the treatment of pediatric supracondylar humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 20(5):328–330
- Pahlavan S, Baldwin KD, Pandya NK et al (2011) Proximal humerus fractures in the pediatric population: a systematic review. *J Child Orthop* 5(3):187–194
- Schaffer K, Böhm R, Dietz HG (2007) Die elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter. *Unfallchirurg* 110(10):852–858
- Slongo T, Schmid T, Wilkins K, Joeris A (2008) Lateral external fixation – a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am* 90(8):1690–1697
- Strohm P, Schmittenbecher P (2012) Cubitus varus/valgus nach Frakturen des distalen Humerus. *Trauma Berufskrankh [Suppl 3]* 14:385–387
- 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(6):862–866
- Templeton P, Burton D, Cullen E et al (2010) Oral midazolam for removal of Kirschner wires in the children's orthopaedic outpatient department: a randomized controlled trial. *J Pediatr Orthop* 30(2):130–134
- Tripuraneni KR, Bosch PP, Schwend RM, Yaste JJ (2009) Prospective, surgeon-randomized evaluation of crossed pins versus lateral pins for unstable supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 18(2):93–98
- Wang YL, Chang WN, Hsu CJ et al (2009) The recovery of elbow range of motion after treatment of supracondylar and lateral condylar fractures of the distal humerus in children. *J Orthop Trauma* 23(2):120–125
- Yousri T, Tarassoli P, Whitehouse M et al (2012) Systematic review of randomized controlled trials comparing efficacy of crossed versus lateral K-wire fixation in extension type Gartland type III supracondylar fractures of the humerus in children. *Orthop Traumatol Rehabil* 14(5):397–405
- Zhao YG, Wang N, Tong W (2009) Kirschner wire cross fixation for the treatment of supracondylar fracture of the humerus in 126 cases of children. *Zhongguo Gu Shang* 22(11):864–865
- Zhong ZP, Cao J, Zhou L et al (2009) Comparison of two approaches for the treatment of supracondylar fractures in children by K-wires. *Zhongguo Gu Shang* 22(10):767–769