

Diplomarbeit

**Der Einfluss des Frakturtyps auf die Dislokation
von Condylus humeri Frakturen im
Wachstumsalter**

eingereicht von

Judith Hambauer

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dr. med. univ. Tanja Kraus

Assoz.- Prof. Priv.- Doz. Dr. med. univ. Georg Singer

Graz, am 22.04.2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 22.04.2015

Judith Hambauer

Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich bei meiner Betreuerin Priv.-Doz. Dr. med. univ. Tanja Kraus bedanken. Es war mir jederzeit möglich Kontakt aufzunehmen sei es telefonisch oder per E-Mail und Antworten auf meine Fragen zu erhalten. Weiters möchte ich mich bei Assoz.- Prof. Priv.- Doz. Dr. med. univ. Georg Singer für seine Unterstützung bedanken.

Ein großer Dank gilt meiner Familie, vor allem meinen Eltern und meinen Freunden, die mich während meiner Studienzeit immer wieder unterstützt haben.

Zusammenfassung

Einleitung: Die Condylus humeri ist die zweithäufigste ellenbogennahe Fraktur im Wachstumsalter. Während undislozierte Frakturen konservativ behandelt werden können, müssen Frakturen mit mehr als 2 mm Fragment-Dislokation primär reponiert und fixiert werden. Um mögliche sekundäre Dislokationen frühzeitig zu erkennen und den damit notwendigen Verfahrenswechsel zu indizieren, ist ein gipsfreies Röntgen 4-7 Tage nach Behandlungsbeginn empfohlen. Ziel dieser Studie war es, die Epidemiologie und Verteilung von Condylus humeri Frakturen im Wachstumsalter zu untersuchen und mögliche Risikofaktoren für eine sekundäre Dislokation zu erfassen.

Methode: Retrospektiv wurden die Röntgenbilder und Krankengeschichten aller Patient/innen, die mit einer Fraktur des humeralen Condylus zwischen 2004 und 2013 an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz behandelt wurden, ausgewertet. Alle Frakturen wurden nach Milch und nach Song klassifiziert. Neben Unfallmechanismus und Unfallort wurden auch epidemiologische Daten erfasst.

Resultate: 131 Patient/innen wurden in die Studie inkludiert (m=80, w=51, Alter: Ø 7,6 a, 3,9-16,2 a). Während 116 Patient/innen (89%) eine Condylus radialis Fraktur aufwiesen, erlitten 15 Patient/innen (11%) eine Condylus ulnaris Fraktur. Am häufigsten zogen sich die Patient/innen die Fraktur im Freien zu (n=75, 57%). 31 Kinder (23%) erlitten den Unfall im häuslichen Bereich, n=4 (3%) im Kindergarten/Schule und n=6 (5%) in der Sportstätte. Bei 15 Patient/innen (12%) konnte der Unfallort nicht erhoben werden. 72 der Frakturen (55%) wurden operativ und 59 der Frakturen (45%) konservativ behandelt. Im Rahmen der konservativen Behandlung kam es bei 14 Frakturen (24%) zu einer sekundären Dislokation. Hierbei handelte es sich ausschließlich um Condylus radialis Frakturen (Milch Typ I n=4, Milch Typ II n=10; Song Type II n=8, Song Typ n=6). Das Alter der Patient/innen mit sekundärer Dislokation betrug im Mittel 6,2 a (1,4-14,9 a).

Schlussfolgerung: Da die sekundäre Dislokation der Condylus radialis Frakturen in einem Viertel der Fälle eintritt, ist das kurzfristige gipsfreie Röntgen indiziert. Gerade Milch Typ II und Song Typ II und III neigen zu sekundärer Dislokation.

Abstract

Introduction: Fractures of the humeral condyles represent the second most common type of elbow-joint fractures during growth. Non displaced fractures can be treated conservatively. Displaced fractures (<2mm) require open reduction and internal fixation. Secondary displacement of humeral condylar fractures is regularly seen. Therefore an X-ray without cast is recommended after 4-7 days. The aim of the present study was to describe the epidemiology of secondary displacement of humeral condyle fractures in the growing skeleton and to assess possible risk factors of these fractures.

Methods: All radiographs taken between 2004 and 2013 from patients with humeral condyle fractures treated at the Department of Paediatric and Adolescent Surgery of the Medical University of Graz were evaluated retrospectively. All fractures were categorized according to the classification of Milch and the classification of Song. Furthermore, the location and mechanism of accident as well as the epidemiology were analyzed.

Results: 131 patients were in this study included (m=80, w=51, age: Ø 7.6 a, 3.9-16.2 a). While 116 children (89%) sustained a radial condyle fracture, only 15 children (11%) presented with an ulnar condyle fracture. The most common location of accident was outside (n=75, 57%). 31 patients (21%) were injured inside the home, n=4(3%) in kindergarten or at school while n=6 (5%) were injured on a sports ground. In 15 cases (12%) the place of accident could not be retrieved. 72 fractures (55%) were treated operatively and 59 fractures (45%) were initially treated conservatively. In 14 of the conservatively treated fractures (24%) secondary displacement occurred. Only radial condyle fractures were affected (Milch Type I n=4, Milch Type II n=10; Song Type II n=8, Song Typ n=6). The mean age of the patients with a secondary displacement was 6.2a (1.4 – 14.9a).

Conclusion: Secondary displacement of radial condyle fractures occurs in one quarter of the cases. Therefore an X-ray without cast is recommended after 4-7 days. Especially Milch Type 2 and Song Type 2 tend to dislocate.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	ix
1. Einleitung.....	1
1.1. Anatomie des Ellenbogen	1
1.1.1. Die Gelenk-bildenden Knochen der Articulatio cubiti.....	2
1.1.1.1. Distaler Humerus	2
1.1.1.2. Proximaler Radius.....	2
1.1.1.3. Proximale Ulna.....	3
1.1.1.4. Gelenkscapsel	3
1.1.2. Muskeln	4
1.1.2.1. Ventrale Muskelgruppe	4
1.1.2.2. Dorsale Muskelgruppe	5
1.1.2.3. Radiale und ulnare Muskelgruppen des Unterarms.....	6
1.1.3. Ligamenta collateralia und Ligamentum anulare.....	7
1.1.4. Nerven.....	8
1.1.5. Arterien.....	9
1.2. Embryonale Entwicklung	10
1.2.1. Wachstumskerne.....	11
1.2.2. Apophysen	13
1.3. Untersuchung des kindlichen Ellenbogens	14
1.3.1. Körperliche Untersuchung	14
1.3.2. Stabilitätstests	16
1.3.3. Spezielle Tests zur Evaluierung von Nerven und/oder Gefäßläsionen.....	16
1.3.4. Arterielle Durchblutungsstörungen.....	17
1.3.5. Bildgebende Diagnostik	18
1.3.5.1. Röntgen	18
1.3.5.2. Beurteilung der Fraktur des Condyls	20
1.3.5.3. Sekundäre Diagnostik	21
1.4. Frakturen des Condylus humeri im Wachstumsalter	22

1.4.1.	Laterale Condylenfraktur	22
1.4.2.	Milch-Typ Klassifikation	25
1.4.3.	Klassifikation nach Song.....	26
1.4.4.	Mediale Condylenfraktur.....	26
1.4.5.	Transkondyläre Y-Fraktur des distalen Humerus	27
1.4.6.	AO-Klassifikation	28
1.4.7.	Salter-Harris und Aitken Einteilung	28
1.5.	Frakturheilung	30
1.5.1.	Komplikationen	32
1.6.	Therapie der Condylenfraktur.....	36
1.6.1.	Konservativ.....	36
1.6.2.	Operativ.....	36
1.6.2.1.	Kirschner Draht	37
2.	Patienten/innen und Methoden	38
3.	Statistische Auswertung.....	40
4.	Ergebnisse.....	41
5.	Diskussion	45
	Literaturverzeichnis.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Articulatio cubiti (3).....	1
Abbildung 2: Ossifikationskerne des Ellenbogens (8).....	12
Abbildung 3: Verlauf der Kollagenfibrillen im Wachstum (8).....	13
Abbildung 4: Neutral Null Methode (16).....	15
Abbildung 5: Instabile, dislozierte Fraktur (24).....	20
Abbildung 6: Instabile nicht dislozierte Fraktur (24).....	20
Abbildung 7: Fugenanstieg a) Verschiebung der Fraktur nach lateral, b) Verschiebung der Fraktur nach dorsal (10).....	21
Abbildung 8: Inkompletter Abriss des Condylus radialis (8).....	23
Abbildung 9: Kompletter Abriss des Condylus radialis mit Abkippung des Fragments (8).....	23
Abbildung 10: Abriss des Condylus radialis mit Verdrehung des Fragments (8).....	24
Abbildung 11: Milch Typ Frakturen (26).....	25
Abbildung 12: Transkondyläre Y-Fraktur des distalen Humerus (29).....	27
Abbildung 13: Einteilung der Frakturen um die Wachstumsfuge nach Salter/Harris (16).....	29
Abbildung 14: Lokalisation der Fraktur.....	41
Abbildung 15: Aufteilung der Lokalisation der Fraktur nach Geschlecht.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wachstumskerne (3)	11
Tabelle 2: Ruhigstellung in Abhängigkeit vom Alter des Kindes (10).....	31

1. Einleitung

Um Frakturen und Pathologien am Ellenbogengelenk erfassen zu können, sind das Wissen um die Entwicklung des Ellenbogengelenkes und die Kenntnis der Anatomie unabdingbar.

1.1. Anatomie des Ellenbogen

Das Ellenbogengelenk besteht aus Humerus, Ulna und Radius, die von einer gemeinsamen Gelenkscapsel umhüllt sind. Die *Articulatio cubiti* (Abbildung 1) ist ein zusammengesetztes Gelenk (*Articulatio composita*), an dem drei Knochen beteiligt sind (1, 2).

Die ***Articulatio composita*** wird gebildet aus (1):

- *Articulatio humeroradialis*
- *Articulatio humeroulnaris*
- *Articulatio radioulnaris proximalis*

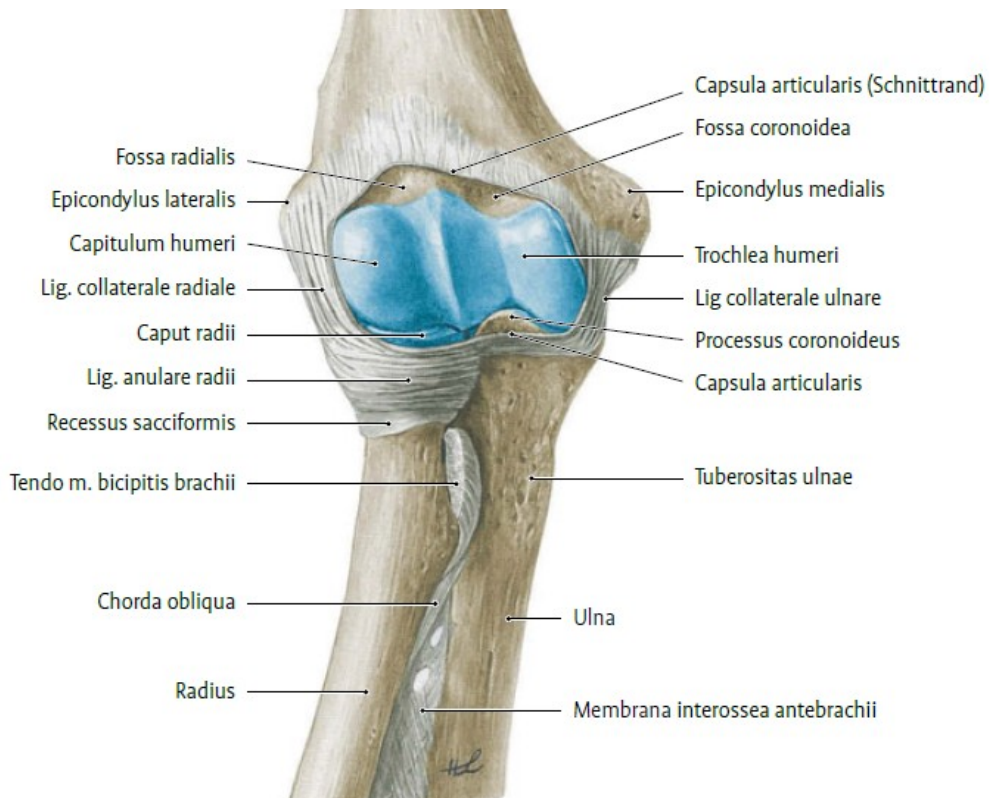


Abbildung 1: *Articulatio cubiti* (3)

1.1.1. Die Gelenk-bildenden Knochen der Articulatio cubiti

1.1.1.1. Distaler Humerus

Der Humerus ist ein Röhrenknochen und weist eine zylindrische Form auf. Nach distal erhält der Humerus einen dreieckigen Querschnitt, nachdem der Margo medialis und lateralis in die Crista supracondylaris medialis/lateralis übergehen. Am lateralen und medialen Ausläufer der Cristae liegen der Epicondylus medialis und lateralis. Hier setzen verschiedene Streck- und Beugemuskeln des Unterarms an (3).

An der Rückseite des Epicondylus medialis befindet sich der Sulcus n. ulnaris, in dem der N. ulnaris verläuft. Am distalen Humerus befinden sich die Humeruscondylen.

Trochlea humeri und Capitulum humeri bilden den Condylus humeri und dienen der gelenkigen Verbindung mit dem Unterarm. Die Trochlea humeri hat dabei Kontakt zur Ulna und das Capitulum humeri zum Radius (1, 3).

Die Articulatio humero-ulnaris entspricht einem Scharniergelenk wohingegen die Articulatio humero-radialis einem Kugelgelenk entspricht. Die Beweglichkeit der Articulatio humero-radialis als Kugelgelenk ist jedoch nicht in allen Ebenen frei möglich, da der Radius über das Ligamentum anulare mit der Ulna verbunden ist. Proximal der Trochlea humeri liegt die Fossa coronoidea und über dem Capitulum humeri die Fossa radialis. Beide werden benötigt, um die Gelenkfortsätze des Radius und der Ulna während einer Flexionsstellung (Beugung) im Gelenk aufzunehmen (4).

An der Dorsalseite des distalen Humerus befindet sich die Fossa olecrani - sie nimmt das Olecranon bei Flexion des Ellenbogengelenkes auf (3).

1.1.1.2. Proximaler Radius

Der proximale Radius geht vom Caput radii über das Collum radii in das Corpus radii über.

Das Caput radii hat kranial eine flache Fovea articularis, die in die Circumferentia articularis übergeht. Die Fovea articularis ist eine tellerförmige Gelenkpfanne, die mit dem Capitulum humeri artikuliert.

Am Corpus radii befindet sich die Tuberositas radii, die als Ansatzpunkt für den M. biceps brachii fungiert (3).

1.1.1.3. Proximale Ulna

Das proximale Ende der Ulna wird vom Olecranon und der Incisura trochlearis gebildet. Durch diese Strukturen wird die Trochlea humeri umfasst. Ventral der Incisura trochlearis befindet sich der Processus coronoideus, der die Incisura trochlearis hier abgrenzt. Dorsal bildet das Olecranon den Abschluss (2, 3).

Eine kleine Incisura radialis, lateral des Processus coronoideus liegend, nimmt den Radiuskopf auf, hier rotiert die Circumferentia articularis radii um die Ulna. Nach distal weist die Ulna drei Flächen (Facies posterior, medialis, anterior) und drei Kanten (Margo interosseus, posterior, anterior) auf. Im Vergleich zum Radius ist die Ulna distal schlanker und reicht weiter nach proximal. Während einer Supination/Pronation ist die Ulna fixiert und der Radius bewegt sich um sie (3).

1.1.1.4. Gelenkkapsel

Alle drei Gelenkkörper der Articulatio cubiti werden von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umfasst. Die schlaffe Kapsel reicht mit dem Recessus sacciformis inferior bis auf den Schaft der Ulna hinauf. Die Aussackung erlaubt dem Radius seine Drehbewegung. Als Schutz vor Einklemmung während einer Bewegung dienen bestimmte kapselspannende Muskeln. Dazu zählen vor allem der M. triceps brachii und der M. brachialis (1).

Die Epikondylen des Humerus werden von der Gelenkkapsel ausgespart, die Fossa olecrani, die Fossa coronoidea die Fossa radialis hingegen werden von der Kapsel umhüllt. An der Ulna folgt die Kapsel der Incisura trochlearis und dem Olecranon, sowie dem Processus coronoideus (1).

1.1.2. Muskeln

Die Oberarmmuskeln sind in zwei Logen unterteilt. Dadurch ergeben sich eine dorsale und eine ventrale Muskelgruppe. Die Muskelgruppen werden durch die Septa intermuscularia voneinander getrennt (1, 4).

1.1.2.1. Ventrale Muskelgruppe

Zu dieser Gruppe der Oberarmmuskulatur zählen:

1. **M. biceps brachii**
2. **M. coracobrachialis**
3. **M. brachialis**

M. biceps brachii: Dieser Muskel besitzt ein Caput longum und ein Caput breve. Das Caput longum hat seinen Ursprung am Tuberculum supraglenoidale und das Caput breve am Processus coracoideus. Weiter distal, etwa in Höhe des Ansatzes des Musculus deltoideus, vereinigen sich die beiden Muskelbäuche zum Musculus biceps brachii. Der Musculus biceps brachii setzt mit einer kräftigen Sehne an der Tuberositas radii an, mit einer flächenhaften Sehne, der Aponeurosis m. bicipitis brachii, geht er in die Unterarmfaszie ein.

Die Bursa bicipitoradialis liegt zwischen Knochen und Bicepssehne auf Höhe der Tuberositas radii. Während einer Pronation rollt sich die Bicepssehne um den Radius, bei einer Supination rollt sie sich wieder aus.

Wird der Ellbogen gebeugt, hebt sich die Bicepssehne ventral von der queren Ellbogenachse ab und bietet so mehr Platz für die Kontraktion des Musculus brachialis.

Für das Ellbogengelenk spielt der Musculus brachialis eine wichtige Rolle als stärkster Supinator. Zusätzlich trägt er noch zur Spannung der Unterarmfaszie bei und er beugt den Ellbogen (3).

M. coracobrachialis: Er hat seinen Ursprung an der Spitze des Processus coracoideus. Sein Ansatz befindet sich distal der Crista tuberculi minoris in der Mitte des Humerus. Der M. coracobrachialis ist ein wichtiger Leitmuskel für das Gefäßnervenbündel des Oberarms (3). Dieser Muskel ist beteiligt an der Innenrotation, Anteversion und Adduktion des Schultergelenkes (5).

M. brachialis: Der Ursprung dieses Muskels befindet sich am distalen Humerus, an dessen Vorderfläche und teilweise auch an den Septa intermuscularia. Die Ansatzstelle bilden die Tuberositas ulnae und die Gelenkscapsel. Der M. brachialis ist sowohl bei der Supination als auch bei der Pronation der wichtigste Beuger im Ellbogengelenk (1, 4).

1.1.2.2. Dorsale Muskelgruppe

Zur dorsalen Muskelgruppe werden der M. triceps brachii und M. anconeus gezählt.

M. triceps brachii: Der Musculus triceps brachii wird in drei Köpfe aufgeteilt, ein Caput longum, ein Caput mediale und ein Caput laterale.

Das Caput longum verläuft vom Tuberculum infraglenoidale scapulae, vor dem M. teres minor und hinter dem M. teres major. Das Caput longum trennt die Achsellücke in einen medialen und einen lateralen Anteil. An der dorsalen Fläche des Humerus, am Septum intermusculare mediale und distal vom Sulcus n. radialis befindet sich der Ursprung des Caput mediale. Das Caput laterale entspringt lateral und proximal vom Sulcus n. radialis und der dorsalen Fläche des Humerus. Ein weiterer Teil hat seinen Ursprung unterhalb des Tuberculum majus und verläuft sich im Septum intermusculare laterale (1, 4).

Alle drei Muskelbäuche verlaufen in einer gemeinsamen Sehne zu ihrem Ansatzpunkt, dem Olecranon ulnae und strahlen in die Hinterwand der Gelenkscapsel ein. Der Musculus triceps brachii streckt als eingelenkiger Muskel das Ellbogengelenk (1).

M. anconaeus: Der Musculus anconaeus findet seinen Ursprung an der dorsalen Fläche des Epicondylus lateralis und am Lig. collaterale radiale. Der Ansatz des Muskels befindet sich an der Dorsalseite der Ulna in deren proximalem Viertel. Der M. anconaeus ist ebenfalls an der Streckung des Ellbogens beteiligt und er spannt zusätzlich die Gelenkscapsel (1).

1.1.2.3. Radiale und ulnare Muskelgruppen des Unterarms

Wichtige Muskeln für die Beugung im Ellbogengelenk sind die am Oberarm entspringenden Muskeln des Unterarms. Hierzu gehören eine radiale Gruppe und eine ulnare Gruppe (3).

Radiale Gruppe:

1. **M. brachioradialis**
2. **M. extensor carpi radialis longus**
3. **M. extensor carpi radialis brevis**

M. brachioradialis: Als Ursprung dienen ihm die Crista supracondylaris lateralis humeri und das Septum intermusculare laterale. Sein Ansatz befindet sich an der radialen Fläche des Processus styloideus radii. Er führt den Unterarm in Mittelstellung zwischen Pronation und Supination, wobei er in dieser Position bei der Beugung beteiligt ist (1).

M. extensor carpi radialis longus: Die Crista supracondylaris lateralis humeri, das Septum intermusculare laterale und der Epicondylus lateralis bilden den Ursprung des Muskels. Der Ansatzpunkt findet sich an der Basis des Os metacarpale II (1).

M. extensor carpi radialis brevis: Als Ursprungsort dienen ihm der Epicondylus lateralis humeri, das Lig. collaterale laterale und das Lig. anulare radii. Der Ansatz wird von der Basis des Os metacarpale III gebildet (1).

Ulnare Gruppe:

1. **M. pronator teres**
2. **M. palmaris longus**
3. **M. flexor carpi radialis**

M. pronator teres: Dieser Muskel hat seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri und am Septum intermusculare mediale als Caput humerale. Sein Caput ulnare entspringt vom Processus coronoideus ulnae. Dieser Muskel setzt an der Tuberositas pronatoria des Radius an (1).

M. palmaris longus: Sein Ursprung befindet sich am Epicondylus medialis humeri. Als Palmaraponeurose strahlt er in die Handfläche ein. Er flektiert die Hand nach palmar und spannt die Palmaraponeurose (1).

M. flexor carpi radialis: Der Epicondylus medialis humeri und die oberflächliche Faszie des Unterarms dienen dem Musculus flexor carpi radialis als Ursprung. Seinen Ansatzpunkt hat er an der Palmarfläche der Basis des Os metacarpale II. Er unterstützt Beugung und Pronation im Ellbogengelenk (1).

1.1.3. Ligamenta collateralia und Ligamentum anulare

Am Ellbogengelenk finden sich zwei starke Seitenbänder (Ligamentum collaterale ulnare und Ligamentum collaterale radiale), die in die Gelenkkapsel einstrahlen. Außerdem findet sich ein Ringband (Ligamentum anulare), das den Radiuskopf umfasst.

Das Ligamentum collaterale ulnare hat seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri. Dieses Band zieht mit seinem vorderen Faserzug zum Processus coronoideus und mit seinem hinteren zum Seitenrand des Olecranon. Zwischen den Faserzügen liegt lockeres Bindegewebe. Das Ligamentum collaterale ulnare wird durch quere Fasern an der Ulna begrenzt (1).

Das Ligamentum collaterale radiale zieht von seinem Ursprung, dem Epicondylus lateralis humeri, zu seinem Ansatzpunkt am Ligamentum anulare radii. Von hier ziehen einzelne Fasern zur Ulna (1).

Das Ligamentum anulare radii umfasst den Radiuskopf. Die Ulna bietet dem Ligamentum sowohl Ursprung als auch Ansatz. Für die Supination und Pronation dient ein knorpeliger Überzug an der Innenfläche des Ligamentums als Widerlager (1).

1.1.4. Nerven

N. ulnaris

Der Nervus ulnaris geht aus dem Fasciculus medialis hervor, der aus den Segmenten C5-Th1 stammt. Sein Verlauf führt ihn medial der A. brachialis bis zum Septum intermusculare mediale brachii, welches er durchbricht. Danach liegt er auf der Streckseite des Oberarms. Im Sulcus n. ulnaris hinter dem Epicondylus medialis ist der Nerv zu tasten. Im weiteren Verlauf gelangt er zwischen den Köpfen des M. flexor carpi ulnaris auf die Beugeseite des Unterarms. Von dort verläuft er ulnar an Arteria ulnaris und dem M. flexor carpi ulnaris bis zur Hand. Mit seinen Rami articulares versorgt er das Ellbogengelenk motorisch. Der Nervus ulnaris versorgt ulnarseitig 2 ½ Finger dorsal und 1½ Finger palmar sensibel (3).

N. radialis

Der N. radialis geht aus dem Fasciculus posterior hervor, aus den Segmenten C6-Th1. Er verläuft weiter im Sulcus n. radialis und schraubenförmig um das mittlere Drittel des Humerusschaftes. Dabei wird er von der A. profunda brachii begleitet. Bis zur Ellenbeuge umfassen ihn der M. brachioradialis und der M. brachialis. Im weiteren Verlauf teilt er sich zuerst in einen Ramus superficialis und einen Ramus profundus. Durch den M. supinator dringt der Ramus profundus zu den dorsal liegenden Muskeln des Unterarms vor. Der Ramus superficialis befindet sich auf der Beugeseite des Unterarms. Ihn begleiten die A. radialis und der M. brachioradialis. An die Streckseite gelangt der Ramus superficialis im unteren Drittel des Unterarms. Seine Äste versorgen sensibel die Haut der 2 1/2 radialen Finger. Motorisch versorgt der N. radialis die Extensoren des Oberarms, die radialen und dorsalen Muskeln des Unterarms (3).

N. medianus

Der Nervus medianus findet seinen Ursprung in den Fasciculus medialis und lateralis aus den Segmenten C6-Th1. Er bildet mit seinen beiden Radices die Medianusgabel. Diese umgreift die A. brachialis. Im weiteren Verlauf durchzieht der Nerv den Sulcus bicipitalis medialis und verläuft weiter am lateralen Oberarm. In der Mitte des Oberarms verläuft er vor der Arteria brachialis und in der

Ellenbeuge neben der Arterie. Der M. pronator teres wird vom Nervus medianus durchbohrt und dieser gelangt so auf den Unterarm, wo er zwischen Musculus flexor digitorum superficialis und profundus verläuft. Der Nerv gelangt unter dem Retinaculum flexorum zur Hand. Für das Ellenbogengelenk gibt er die sensiblen Rami articulares ab. Die motorische Versorgung des Ellbogens werden durch die Rami musculares erreicht. Der N. medianus versorgt die Haut über der Handwurzel, der Palma manus und der 3 1/2 radialen Finger sensibel. In das motorische Versorgungsgebiet des N. medianus fallen die Beugemuskulatur des Unterarms (außer M. flexor carpi ulnaris und ulnare Anteil des M. flexor digitorum profundus) (3).

1.1.5. Arterien

A. brachialis

Die A. brachialis entspricht der Fortsetzung der A. axillaris und liegt am unteren Rand des M. pectoralis major. In ihrem Verlauf gibt sie mehrere Muskeläste ab. Die Arterie gelangt im Sulcus bicipitalis medialis nach distal zur Ellenbeuge. Dort wird die Arterie von der Aponeurosis m. bicipitis brachii bedeckt. Ihre Aufteilung in A. radialis und A. ulnaris erreicht die Arterie in Höhe des Gelenkspaltes des Ellenbogens (3).

1.2. Embryonale Entwicklung

Die Entwicklung der Extremitäten beginnt in der vierten Woche aus den Extremitätenknospen. Die Beinknospen kommen etwas später als die Armknospen zum Vorschein. Sie bleiben in der zeitlichen Entwicklung ungefähr ein bis zwei Tage hinter den Armknospen (6).

Die Knospen werden aus einem mesenchymalen Kern gebildet, der von Ektoderm umhüllt wird. Die Randleiste (apical ectodermal ridge, AER) gibt den Anstoß zum weiteren Wachstum der Knospen. Diese befindet sich am distalen Ende des Ektoderms. Zellen, die weiter entfernt und nicht mehr unter dem Einfluss der AER stehen, differenzieren sich zu Muskel und Knorpel (6, 7).

Unter der Randleiste befindet sich die Progressionszone, die eine undifferenzierte, schnell wachsende Zellpopulation darstellt. Proximal der Randleiste differenzieren sich Zellen und Knorpel entsteht. Das Wachstum verläuft proximodistal (6).

In der sechsten Entwicklungswoche kommt es an der distalen Extremitätenknospe zur Abflachung und einer zirkulären Einschnürung wodurch die Hand- und Fußplatten entstehen. Durch Apoptose werden überschüssige Zellen der Randleiste entfernt und fünf Segmente entstehen. Diese Segmente bilden die Finger- und Zehenstrahlen (7).

Während sich die äußere Gestalt der oberen Extremität entwickelt, verdickt das Mesenchym im Inneren und Zellen wandeln sich zu Chondrozyten um. Diese Zellart bildet in der sechsten Entwicklungswoche zunächst ein hyalin-knorpeliges Modell, welches zum ersten Mal die Umrisse der Knochen erahnen lässt. Durch die knorpeligen Verdichtungen entstehen Gelenke. Hierzu wird die Knorpelbildung gestoppt und eine sogenannte Gelenkinterzone induziert. Zellen in dieser Region vermehren sich und die Dichte dieser Region nimmt zu. Durch Apoptose entsteht eine Gelenkhöhle. Die Zellen in der Umgebung bilden sich zur Gelenkscapsel aus (7).

1.2.1. Wachstumskerne

Im Bereich sogenannter Wachstumskerne findet das Wachstum von Röhrenknochen in den Apophysen und Epiphysen statt. Die Knochenkerne verknöchern zu unterschiedlichen Zeitpunkten, wie anhand folgender Tabelle aufgelistet (3).

Die Entwicklung der Knochenkerne des Humerus	
Caput humeri: 12.-15. Lm	Tuberculum minus: 2.-4. Lj.
Tuberculum majus: 2.-3. Lj	Humerusschaft: 7.-8. Lw.
Capitulum humeri: 1. Lj	Epicondylus ulnae: 5. Lj.
Epicondylus radialis: 8.-13. Lj.	Trochlea humeri: 12. Lj.
Die Entwicklung der Knochenkerne der Ulna	
Olecranon: 8.-12. Lj.	Caput ulnae: 5.-7. Lj.
Corpus ulnae: 7. Lw.	Proc.styloideus: 7.-8. Lj.
Die Entwicklung der Knochenkerne des Radius	
Caput radii: 5. -7. Lj	Tuberositas radii: 10. -12. Lj.
Corpus radii: 7. Ew	Epiphysis distalis: 8.-16. Lm.
Proc.styloideus: 10.-12. Lj.	

Lj.= Lebensjahr, Lw.= Lebenswoche, Lm.= Lebensmonat, Ew.= Embryonalwoche

Tabelle 1: Wachstumskerne (3)

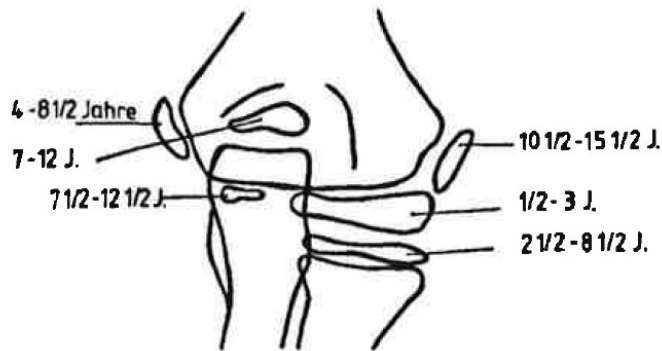


Abbildung 2: Ossifikationskerne des Ellenbogens (8)

Am kindlichen Ellenbogen wandert der Prozess der Differenzierung und Maturierung vom Zentrum (Diaphyse – primäres Ossifikationszentrum) des Oberarmknochens nach distal. Die Ränder der Ossifikation am distalen Humerus sind in den ersten sechs Lebensmonaten symmetrisch angelegt. Radiale und ulnare Ossifikationszentren sind noch keine zu finden. Kurz vor dem Ende des ersten Lebensjahres tritt das Ossifikationszentren des Condylus radialis in Erscheinung (Abbildung 2). Dieses kann variabel auch bis zum 24. Lebensmonat möglich sein (4, 9).

Eine Fusion des lateralen Condylus, der Trochlea und der lateralen epikondylären Apophyse erfolgt erst kurz vor dem Wachstumsabschluss. Zum vollständigen Schluss der Fugen kommt es bei Jungen im Alter zwischen 13-16 Jahren und bei Mädchen zwischen 12 und 14 Jahren (9).

Eine Erklärung für den Verlauf verschiedener Frakturmuster des distalen Humerus kann der feinstrukturelle Aufbau liefern. Der Verlauf der Kollagenfibrillen in der Epiphyse wird hierzu veranschaulicht (Abbildung 3). Kollagenfibrillen dienen über eine interne Verspannung der Knochenkerne der inneren Stabilisierung der Condylen. Auffällig ist hierbei ein radiales Bündel, das vom Seitenband zur Trochlea hin strahlt. Kommt es zur fortgeschrittenen Verknöcherung des Capitulum, verliert der Knorpel an Elastizität und wird zur Sollbruchstelle des lateralen Condyls (8).

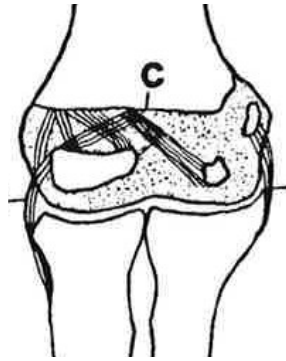


Abbildung 3: Verlauf der Kollagenfibrillen im Wachstum (8)

1.2.2. Apophysen

Apophysen sind Knochenvorsprünge an den langen Röhrenknochen, an denen Muskeln ihren Ansatz haben. Apophysen sind mechanischen Belastungen ausgesetzt, wie lokaler Zugbeanspruchung, oder Hebelwirkung durch den ansetzenden Muskels (3).

Die Apophysen entwickeln sich ebenfalls aus Knochenkernen, die ein gemeinsames Zentrum von Zug- und Druckspannungslinien aufweisen. Diese sind den Biegekräften des Knochens ausgesetzt (3). Das altersabhängige Auftreten der Apophysenkerne und ihre altersabhängige Verknöcherung sind weiter oben aufgeführt (Abbildung 2) (8).

1.3. Untersuchung des kindlichen Ellenbogens

1.3.1. Körperliche Untersuchung

Inspektion und Palpation

Der/die Untersucher/in geht bei der Inspektion visuell vor. Untersucht wird das Vorliegen einer Schwellung, einer muskuloskeletalen Fehlstellung und einer vorhandenen Deformität, oder gar fehlender Teile (10).

Die Beurteilung folgender Bezugspunkte ist hilfreich: Lateraler und medialer Epicondylus, Olecranon, Processus styloidei radii et ulnae (11).

Zu achten ist auf folgendes: Das Vorkommen einer sicht- oder tastbaren Schwellung an der Streckseite, oder am Humeroradialgelenk, Gelenkkrepitationen, Stabilität des Ellbogengelenks, aktive und passive Bewegungseinschränkung, ausstrahlende Schmerzen, Rötung und Überwärmung (12).

Bei der Palpation wird das Gelenk auf einen Erguss untersucht. Dieser findet sich vor allem dorsal auf der Höhe des Gelenkspaltes, hier kann sich die Kapsel gut entfalten. Bei Verletzungen des Radiuskopfes kommt es zu einem Druckschmerz lateral und distal des Gelenkspaltes. Die Auslösung eines Druckschmerzes ist an den Epicondylen ebenfalls möglich (13).

In der Peripherie werden Motorik, Durchblutung und die Sensibilität beurteilt (14). Eine Störung dieser kann auf eine entsprechende Läsion hindeuten. Inspektorisch kann die Ellenbogenachse beurteilt werden. Der Winkel zwischen Humerus- und Ulnalängsachse wird als carrying angle oder Tragewinkel bezeichnet. Bei Neugeborenen bis in das Alter von vier Jahren beträgt der Tragewinkel durchschnittlich 15°. Mit dem Älterwerden nimmt der Winkel leicht zu. Bei Erwachsenen ergibt sich ein Winkel im ungefähren Ausmaß von 17,8° (15).

Bei Kindern kann man einen physiologischen Ellenbogenvalgus beobachten der in einem Ausmaß von 5-25° vorliegen kann (Mädchen mehr, Knaben weniger) (10).

Bewegungsumfang und Gelenksstabilität

Das *aktive* Bewegungsausmaß des Ellbogens wird gemessen, indem der/die Patient/in selbst das Gelenk bewegt. Im Unterschied dazu wird bei der Beurteilung des *passiven* Bewegungsausmaßes, das Gelenk vom/von der Untersucher/in bewegt. Ratsam ist immer, die Gegenseite im Seitenvergleich zu untersuchen.

Der Bewegungsumfang wird in Graden gemessen, wobei das Gelenk der Mittelpunkt ist. Der Ausgangspunkt ist die völlig gestreckte Extremität und wird als Null Grad definiert (Abbildung 4). Von hier addiert man die Grade des Bewegungsumfanges. Beugt man den Ellbogen bis zum rechten Winkel, entspricht das einer Beugung um 90° (15).

Die Hauptbewegung des Ellbogengelenkes erfolgt durch das Humeroulnargelenk. Es handelt sich dabei typischerweise um eine Flexion oder Extension.

Die Nullstellung ist der ausgestreckte Ellbogen bei Supination. Der normale Bewegungsumfang beträgt beim kindlichen Ellbogen 150° bei der Flexion und 0° bei der Extension. Häufig findet sich eine Hyperextension, die zwischen $5-15^\circ$ variiert. Mädchen und Frauen haben aufgrund größerer Bandlaxizität einen größeren Bewegungsumfang (15).

Zur Beurteilung der Pronation und Supination des Kindes nimmt das Kind eine Grundstellung ein. Der Arm wird um 90° gebeugt und ist am Körper anliegend. Der Unterarm ist horizontal nach vorne gestreckt und der Daumen zeigt nach oben. Der Arm wird jetzt nach außen und nach innen gedreht. Die Pronation und Supination beträgt ca. $80-0-90$, kann aber individuell sehr unterschiedlich sein (13).

Bei Verdacht auf eine Bandläsion wird die Stabilität untersucht. Der/die Untersucher/in umfasst hierzu mit einer Hand den Oberarm des Kindes und mit der anderen Hand den Unterarm. Die Untersuchung besteht aus einer forcierten Varusrotation und Valgusrotation. Der/die Untersucher/in muss die Gegenseite als Seitenvergleich beurteilen (13).

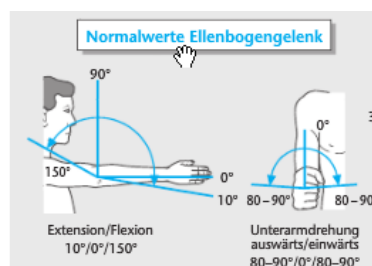


Abbildung 4: Neutral Null Methode (16)

Der Nervus ulnaris wird im Sulcus ulnaris getastet. Die Untersuchung sollte immer einen Seitenvergleich beinhalten (11).

1.3.2. Stabilitätstests

Varusstresstest

Dieser Test dient der Überprüfung des lateralen Seitenbandes.

Ausführung: Der/die Patient/in ist in sitzender Position. Der/die Untersucher/in beugt das Ellenbogengelenk leicht und stabilisiert mit der einen Hand von medial den Oberarm. Mit der anderen Hand verursacht er/sie eine Adduktion im Ellenbogen, indem er/sie den Unterarm adduziert. Hierbei wird ein Varusstress ausgelöst. Zusätzlich kann man einen Seitenvergleich zur besseren Beurteilung ausführen (12).

Valgusstresstest

Dieser Test dient der Überprüfung des medialen Seitenbandes.

Ausführung: Der/die Patient/in sollte wiederum im Sitzen untersucht werden. Der Ellenbogen befindet sich in leicht gebeugter Stellung. Der Unterarm wird im Ellbogen abduziert, währenddessen wird der Oberarm von lateral von dem/der Untersucher/in stabilisiert. Hierbei kommt es zum Valgusstress. Schmerzen und Einschränkungen sollen bei diesem Test ebenfalls im Seitenvergleich beurteilt werden (12).

1.3.3. Spezielle Tests zur Evaluierung von Nerven und/oder Gefäßläsionen

Der Nervus ulnaris kann bei Verletzungen der Trochlea, des Condylus medialis und vor allem bei suprakondylären Frakturen geschädigt werden (17).

Aufgrund einer Condylusfraktur kann es zu einer Verletzung des N. ulnaris kommen und dessen motorische Funktion kann dadurch beeinflusst werden. Um die motorische Funktion des N. ulnaris zu überprüfen, kann man die Prüfung des

Grobgriffes durchführen. Der/die Untersucher/in reicht dem/der Patienten/in einen Stift und weist den/die Patienten/in an diesen mit Daumen und Fingern zu umschließen. Dann versucht der/die Untersucher/in den Gegenstand aus dem Griff zu ziehen. Liegt eine Schädigung des Nervs vor, so ist die Kraft vermindert und die Fingerbeugung eingeschränkt (12). Meistens ist dieser Test bei einer frischen Fraktur aufgrund von Schmerzen nicht durchführbar.

Eine Störung der sensiblen Versorgung durch den N. ulnaris kann ebenfalls auftreten, dabei kommt es zur Taubheit des kleinen Fingers (12).

Bei Verdacht auf eine Gefäßläsion kann eine Untersuchung mittels Dopplersonographie durchgeführt werden (18).

1.3.4. Arterielle Durchblutungsstörungen

Liegt eine Fraktur vor, sind die peripheren Pulse der A. ulnaris und A. radialis zu palpieren (19).

Rekapillarierungszeit

Die periphere Durchblutung wird mithilfe der Rekapillarierungszeit beurteilt. Der/die Untersucher/in führt an einer Fingerspitze des Kindes einen leichten Druck aus. Die Haut färbt sich nach dem Loslassen weiß und nach etwa 2 Sekunden wieder rosig (20).

1.3.5. Bildgebende Diagnostik

1.3.5.1. Röntgen

Zur bildgebenden Standarddiagnostik einer Ellbogenverletzung gehören Röntgenaufnahmen im a.p. und seitlichen Strahlengang (21). Bei sehr kleinen Kindern sind Verletzungen des Knorpels und der Ossifikationszentren im Röntgen schwer zu diagnostizieren, da die meisten Gelenksanteile noch knorpelig angelegt sind (22).

Für die seitliche Aufnahme wird der Ellbogen 90° gebeugt und die Ulna liegt auf einer Unterlage auf. Der Daumen soll nach oben zeigen und die Finger sind leicht gebeugt. Bei dieser Bildaufnahme liegt der Fokus auf dem Radiuskopf und der Zentralstrahl verläuft vertikal. Dadurch können Olecranon, distaler Humerus und Radiuskopf beurteilt werden (21).

Anhand indirekter Frakturzeichen erhält man bei einer nicht dislozierten Fraktur am distalen Humerus einen Hinweis auf den Frakturverlauf. Hier ist die Abhebung des vorderen und hinteren Fettpolsters am distalen Humerus als Zeichen eines Hämarthros zu erwähnen. Die Verlagerung der Knochenkerne ist oftmals der einzige Hinweis für eine Fraktur.

Ist eine Fraktur sehr schwer zu diagnostizieren, kann eine Aufnahme im Seitenvergleich veranlasst werden. Dies stellt eine absolute Ausnahme dar (23). Zur Frakturabklärung gibt es bestimmte röntgenologische Kriterien. Bei einer Fraktur ist die Kontinuität des Knochens unterbrochen und eine Aufhellungslinie im Knochen sichtbar. Häufig lässt sich eine Stufe in der Kortikalis erkennen. Die trabekuläre Zeichnung in der Spongiosa kann unterbrochen sein (23).

Bei einer Fraktur können sich Knochenteile abtrennen und als scharf begrenzte oder irreguläre Fragmente im Bild erscheinen. Die Fragmente können sich aber auch verschieben und verkeilen. Im Röntgenbild entstehen dabei Überlagerungen. Spongiosaverdichtungen deuten auf eine Stauchung von Frakturfragmenten hin. Weichteilschwellungen und –verdichtung im Frakturbereich lassen auf ein Hämatom schließen (23).

Handelt es sich um eine Fraktur eines langen Röhrenknochens, müssen immer die benachbarten Gelenke mit dargestellt werden. So verhindert man ein

Übersehen von Luxationen der angrenzenden Gelenke, Rotationsfehlstellungen, Achsenabweichung und Kombinationsfrakturen (23).

1.3.5.2. Beurteilung der Fraktur des Condyls

Instabile, dislozierte Fraktur des Condylus (Abbildung 5)

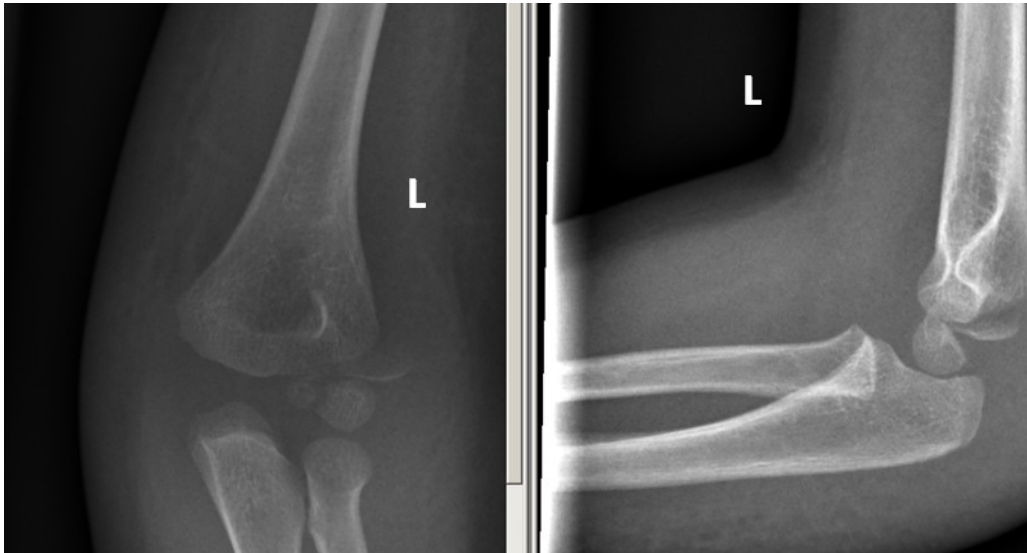


Abbildung 5: Instabile, dislozierte Fraktur (24)

Instabile, nicht dislozierte Fraktur des Condylus (Abbildung 6)

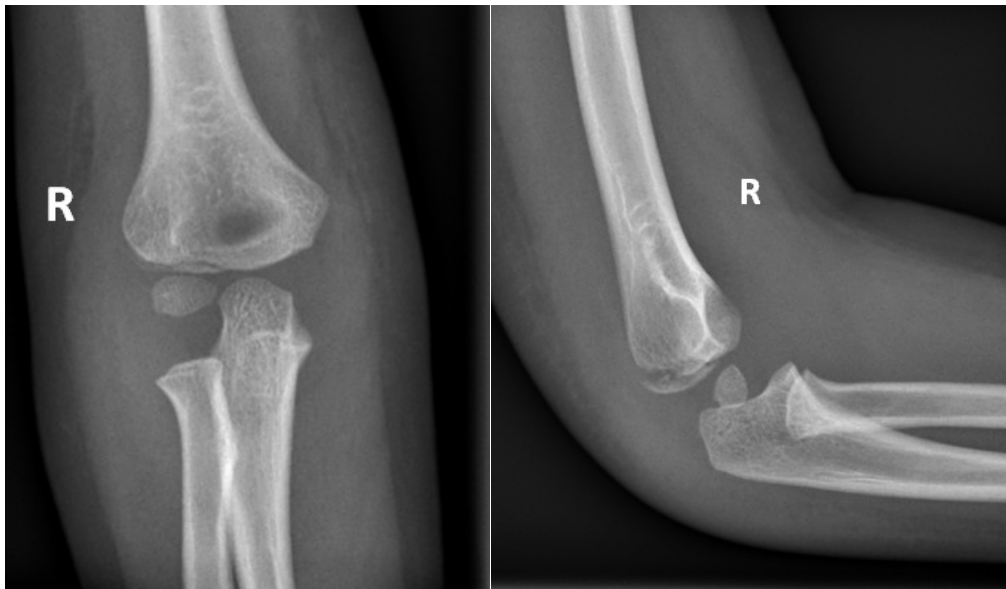


Abbildung 6: Instabile nicht dislozierte Fraktur (24)

Eine instabile, nicht dislozierte Fraktur des Condylus lateralis besteht, wenn im a.p. Bild eine Seit-zu-Seit Verschiebung nach lateral erkennbar ist, auch wenn der zentrale Bereich der Fraktur stabil erscheint oder nicht sicher zu beurteilen ist (Abbildung 7a) (10).

In der seitlichen Röntgenbildaufnahme ist bei diesem Frakturtyp eine Verschiebung des Fragments nach dorsal zu erkennen. Der Winkel zwischen der Fuge des Capitulum humeri und des vorderen Schaftes ist dabei abgeflacht. Physiologischerweise beträgt dieser Winkel zwischen 30-40°. Er wird als Fugenanstieg bezeichnet (Abbildung 7b) (10).

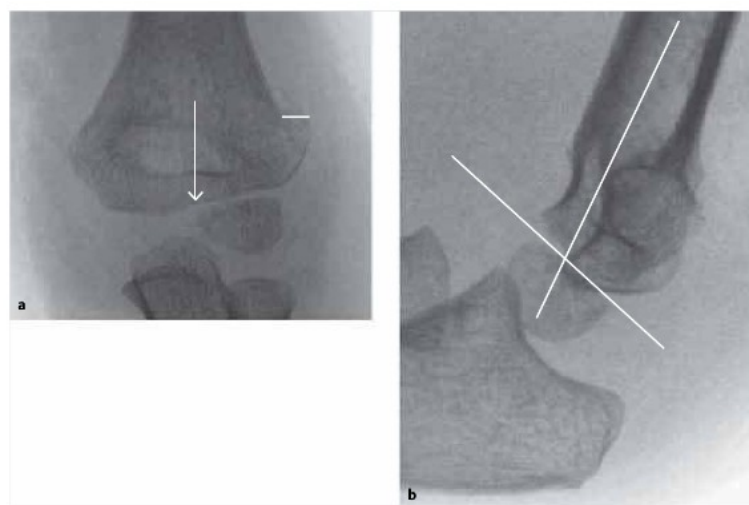


Abbildung 7: Fugenanstieg a) Verschiebung der Fraktur nach lateral, b) Verschiebung der Fraktur nach dorsal (10)

1.3.5.3. Sekundäre Diagnostik

Bei nicht unmittelbar erkennbaren Frakturen, aber dem klinischen Verdacht darauf, ist eine primäre Ruhigstellung möglich. Diese dient auch als Schmerzbehandlung. Je nach Schwellung und Schmerz erhält der/die Patient/in eine Ruhigstellung des verletzten Gelenkabschnittes für 3-7 Tage. Danach wird durch Palpation die Schwellung und Schmerzhaftigkeit geprüft. Bei bestehender Schwellung und Schmerzen werden erneut Röntgenaufnahmen gemacht. Anhand dieser zeigt sich bei einer Fraktur eine Kallusbildung. Der/die Untersucher/in erkennt anhand einer periostalen Auflagerung die Zeichen einer Konsolidierung. Diese Zeichen sind von physiologischen Muskelansatzlamellen zu unterscheiden (10).

1.4. Frakturen des Condylus humeri im Wachstumsalter

Bei einer Condylusfraktur kann es sich prinzipiell um eine dislozierte oder undislozierte Fraktur handeln. Die dislozierte Fraktur ist leichter zu diagnostizieren. Bei der undislozierten Fraktur kann die Diagnostik erschwert sein.

Zu dieser Gruppe gehören Frakturen des Condylus radialis humeri, des Condylus ulnaris humeri und transcondyläre Y-Frakturen. Sie sind im Gegensatz zu den supracondylären Frakturen selten und nicht immer leicht zu diagnostizieren. Die verschiedenen Zeitpunkte der Verknöcherung der einzelnen Strukturen (Epiphyse, Apophyse, Trochlea, Capitulum) erschweren die Zuordnung der Frakturen (8).

1.4.1. Laterale Condylenfraktur

Laterale Condylenfrakturen machen ca. 15% der gesamten kindlichen Ellbogenfrakturen aus und sind somit die zweithäufigsten Ellbogenfrakturen im Wachstumsalter (25).

Die häufigsten Frakturen am Ellenbogen stellen die supracondylären Humerusfrakturen dar. Es kommt selten vor, dass die Fraktur den Kern des Capitulum miterfasst. Häufiger läuft die Frakturlinie durch die Trochlea, medial des Kernes, in Richtung des Gelenks (10).

Der Verletzungsmechanismus wird durch eine Kraft im Varussinne bei Sturz auf den supinierten Unterarm beschrieben (8, 25). Somit kann es zu einem Abriss eines Condylenfragments kommen (25).

Eine seltenere Verletzungsart ist die Kompressionsfraktur bei Sturz auf die Handfläche bei gebeugten Ellbogen. Hierbei kann der Radiuskopf gegen den lateralen Condylus geschoben werden (25).

Zusätzlich muss zwischen einer kompletten und inkompletten Fraktur unterschieden werden (10).

Als hängende-inkomplette Fraktur wird eine Verletzungsform beschrieben, bei der die Trochlea intakt geblieben ist (Abbildung 8). Hierbei tritt keine sekundäre Dislokation auf (10). Die Stabilität wird durch ein knorpeliges Gelenksstück gewährleistet (25).



Abbildung 8: Inkompletter Abriss des Condylus radialis (8)

Eine komplette Fraktur zeichnet sich dadurch aus, dass der Frakturspalt durch die gesamte Trochlea bis in das Gelenk zieht. Diese Art der Verletzung birgt ein großes Risiko der sekundären Dislokation (Abbildung 9). Auch während einer Ruhigstellung im Gips ist eine Dislokation eine ernst zu nehmende Komplikation (10, 25).

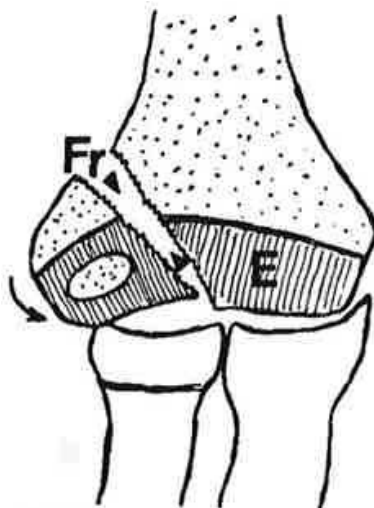


Abbildung 9: Kompletter Abriss des Condylus radialis mit Abkipfung des Fragments (8)

Durch die Einwirkung deformierender Kräfte der Streckermuskulatur auf das Frakturfragment kann es zu einer Rotation und Verschiebung des Condyls kommen (Abbildung 10). Daher sollte eine komplette Fraktur als instabil, mit Risiko einer sekundären Dislokation, erachtet werden (25).



Abbildung 10: Abriss des Condylus radialis mit Verdrehung des Fragments (8)

Um eine Fraktur als stabil oder instabil zu beurteilen, soll der zentrale Bereich der Fraktur begutachtet werden. Weist der Frakturspalt eine Aufweitung um mehr als 2mm auf, ist die Fraktur instabil. Eine gipsfreie Röntgenaufnahme bei einer undislozierten Fraktur empfiehlt sich am vierten posttraumatischen Tag, um eine Dislokation auszuschließen (10).

Die von von Laer beschriebene Typisierung in „hängend“ oder „nicht-hängend“ spiegelt sich auch in der die Milch - Typ Klassifikation wieder.

1.4.2. Milch-Typ Klassifikation

Die Milch Typ Klassifikation (Abbildung 11) der lateralen Condylusfrakturen wurde 1964 veröffentlicht. Es wurden zwei Frakturtypen beschrieben (25).

Der Typ 1 kommt selten vor. Die Frakturlinie reicht durch das sekundäre Ossifikationszentrum des Capitulum. Von dort zieht die Linie nach lateral bis zur trochleären Rinne. Das Fragment kann dislozieren, dabei bleibt die Trochlea jedoch intakt. Das Gelenk bleibt stabil.

Der Typ 2 kommt häufiger vor. Bei dieser Fraktur verläuft der Frakturspalt medial der Trochlearrinne. Hier kann es zu einer Dislokation kommen, da Radius und Ulna mit dem Fragment nach lateral dislozieren können (25).

In der Literatur ist diese Klassifikation umstritten, da es unterschiedliche Beschreibungen des Dislokationsausmaßes gibt. Die Typ 1 Klassifikation mit einer Dislokation kleiner als 2 mm wird als stabil angesehen. Diese kann aber nach 5-7 Tagen sekundär dislozieren. Die Typ 2 Frakturen weisen einen 2-4 mm großen Frakturspalt auf und werden als instabil erachtet. Bei einer Typ 3 Klassifizierung ist das Fragment komplett disloziert und rotiert (25).

Ist der Frakturspalt kleiner als 2 mm, kann eine konservative Behandlung im Oberarmgips erfolgen. Dabei müssen engmaschige Kontrollen durch Röntgenaufnahmen ohne Gips stattfinden. Diese dienen der frühen Erkennung einer sekundären Dislokation. Die Ansätze der mit dem Fragment verbundenen Extensorenmuskulatur können eine deformierende Kraft auf den Condylus ausüben und ihn so rotieren und dislozieren (25).

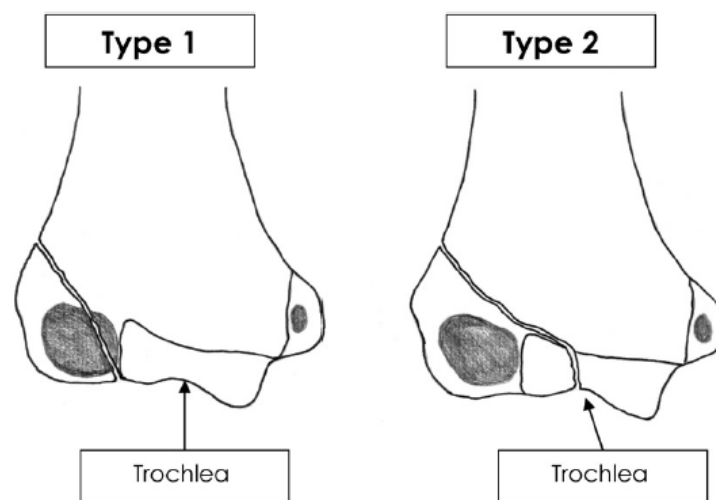


Abbildung 11: Milch Typ Frakturen (26)

1.4.3. Klassifikation nach Song

Die Klassifikation nach Song beschreibt das Ausmaß der Dislokation in mm und teilt die Frakturen in 5 Grade ein. Die Grade 1-3 weisen eine Dislokation von weniger als 2 mm. Die Grad 1 Fraktur zieht durch den lateralen Condyl mit einem Frakturspalt kleiner 2mm. Die Grad 2 Fraktur reicht vom lateralen Condyl bis zum epiphysären Knorpel mit einem lateralen Spalt und einer Dislokation <2 mm. Die Grad 3 Fraktur reicht vom lateralen Condyl bis in das Gelenk mit einer Dislokation kleiner gleich 2 mm. Die Frakturen Grad 1 und 2 wurden nach Song konservativ behandelt (z.B. Gips). Eine operative Versorgung wurde bei instabilen Frakturen empfohlen, wenn sich eine Fraktur Grad 3 präsentierte, die eine große Frakturlinie von medial nach lateral aufwies. Die Grade 4-5 präsentieren sich mit einer Verschiebung der Fraktur von mehr als 2 mm und wurden daher operativ behandelt. Stellte sich in der Studie nach Song die Indikation eines operativen Eingriffes (Dislokation > 2 mm), wurde bevorzugt eine geschlossene Reposition mit perkutaner Drahtversorgung durchgeführt. Im Falle einer bestehenden Instabilität wurde eine offene Reposition durchgeführt (27).

1.4.4. Mediale Condylenfraktur

Die Frakturen des medialen Condylus zählen zu den seltenen Verletzungen im Wachstumsalter. Sie machen in etwa 1-2% der kindlichen Ellbogenverletzungen aus (28). Die Fraktur des Condylus ulnaris humeri tritt häufiger bei älteren Jugendlichen auf, kurz bevor sich die Epiphysenfugen schließen (10).

Die medialen Condylenfrakturen sind intraartikuläre Frakturen und vor allem bei jüngeren Kindern ist ein metaphysärer Keil vorhanden. Weiters kann bei dieser Fraktur noch der Epicondylus medialis und die knorpelige Trochlea betroffen sein. Da bei Kleinkindern die Trochlea noch nicht ossifiziert ist, kann eine Fehldiagnose resultieren und die Fraktur als Verletzung des Epicondylus medialis verkannt werden (28).

Der Verletzungsmechanismus wird als Valgusstress bei gestrecktem Ellbogen angenommen. Dabei soll es zu einer Kraftübertragung von Olecranon oder Processus coronoideus auf den medialen Condylus kommen. Ein weiteres

Verletzungsmuster stellt der Abriss des Condylus medialis durch übermäßigen Zug der Flexoren des Unterarms dar. Die laterale Wand der Trochlea dient als Schutz vor einer Dislokation oder Subluxation. Es kann zu einer primären Dislokation kommen, wenn die mediale Condylenfraktur, durch eine vermehrte Krafteinwirkung auf die laterale Seite der Trochlea, erweitert wird. Dabei kann auch eine Weichteilgewebezerrung verursacht werden (28).

Es wird auch bei der Fraktur des Condylus ulnaris humeri zwischen dislozierter und undislozierter Fraktur unterschieden. Hier ist die Diagnose der undislozierten Fraktur leichter zu stellen, da das metaphysäre Fragment größer ist als auf der radialen Seite. Eine sekundäre Dislokation ist seltener, weil hier der stetige Druck des Radiuskopfes fehlt (10).

1.4.5. Transkondyläre Y-Fraktur des distalen Humerus

Diese Art der Ellbogenfraktur kommt sehr selten vor und ist oft schwer von einer suprakondylären Fraktur zu unterscheiden (10).

Verläuft der Frakturspalt im a.p. Bild sowohl von radial als auch von ulnar in die Fuge, so handelt es sich um eine transkondyläre Y-Fraktur (Abbildung 12). Im Gegensatz verläuft eine suprakondyläre Fraktur proximal der distalen Humeruswachstumsfuge. Dislokationen einer transkondylären Y-Fraktur sind meist im Jugendalter zu beobachten (10).

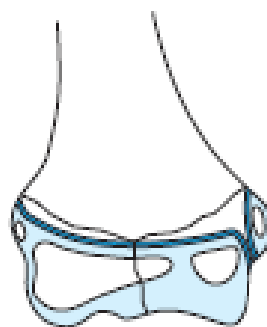


Abbildung 12: Transkondyläre Y-Fraktur des distalen Humerus (29)

Als mögliche Komplikationen kann es zu Wachstumsstörungen, ulnar oder radial, kommen. Häufiger ist hierbei die radiale Wachstumsstörung, die zu einer Varusfehlstellung führen kann (10).

1.4.6. AO-Klassifikation

Diese Beurteilung für Frakturen wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (<https://www.aofoundation.org>) zusammengestellt. Die Klassifikation wird durch einen fünfstelligen Code in numerischen Angaben beschrieben. Sie dient einer exakten Frakturklassifikation (23).

1. **Körperregion** (1=Oberarm, 2=Unterarm, 3=Oberschenkel, 4=Unterschenkel, 5=Wirbelsäule, 6= Becken, 7=Hand, 8=Fuß, 9=Schädel und Unterkiefer) (23)
2. **Lokalisation innerhalb der Region** (1= proximal ,2=diaphysär, 3=distal, 4= Patella, Malleolus) (23)
3. **Einschätzung der Fraktur nach Kompliziertheit, Prognose, etc.** (A=einfache Fraktur, B=Keilfraktur, C=komplexe Fraktur bei gelenknahen Frakturen: A=extra-artikulär, B=partielle Gelenkfraktur, C=vollständige Gelenkfraktur) (23)
4. **Fragmentbeschaffenheit und spezielle Gruppen** (1=leicht, 2=mittel, 3=schwer) (23)

1.4.7. Salter-Harris und Aitken Einteilung

Frakturen mit einer Beteiligung der Epiphyse können durch die Einteilung nach Salter-Harris oder Aitken beschrieben werden (Abbildung 11) (23).

Die Salter-Harris Fraktur 1 bezeichnet eine Epiphysenlösung ohne Knochenbeteiligung. Besteht eine partielle Epiphysenlösung mit zusätzlichem metaphysären Fragment, so liegt eine Salter-Harris 2/Aitken1 Fraktur vor.

Eine Salter-Harris 3/Aitken 2 Fraktur weist eine Epiphysiolyse mit einer Fraktur durch den Epiphysenkern auf.

Die Fraktur nach Salter-Harris 4/Aitken 3 zieht durch die Epiphysenfuge der Epi- und Metaphyse.

Bei der Salter-Harris 5 Fraktur handelt es sich um eine Kompressionsverletzung der Epiphysenfuge (23).





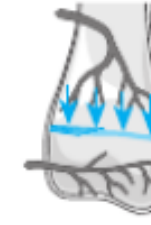
	Epiphysenlösung		Epiphysenfraktur		Epiphysenstauchung
Salter	I	II	III	IV	V
Aitken	0 (1)	1	2	3	4
					

Abbildung 13: Einteilung der Frakturen um die Wachstumsfuge nach Salter/Harris (16)

1.5. Frakturheilung

Am wachsenden Skelett erfolgt die Heilung eines Knochens meist sekundär. Es wird ein sogenannter Kallus gebildet. Die primäre Achsenabweichung in die Frontal- oder Sagittalebene, die Seit-zu-Seit Verschiebung und Stabilität der Fraktur wirken sich auf die Kallusbildung aus. So wird dieser dicker oder dünner angelegt (10). Das kindliche Skelett hat ein großes Remodelling Potential und kann Frakturfehlstellungen in bestimmtem Rahmen eigenständig korrigieren.

Die Dauer der Ossifikation (Bruchheilung) hängt neben anderen Eigenschaften auch von den Eigenschaften der Fraktur ab. Schräg- und Torsionsfrakturen heilen schneller als Querfrakturen, da sie größere Frakturflächen haben.

Das Remodelling des Kallus wird periost-endostal abgebaut. Ein optimales Ergebnis erhält man bei einer gleichmäßigen Zug- und Druckverteilung auf die Frakturfragmente und durch eine Kallusbildung im gesamten Bereich der Fraktur (10).

Der Verlauf der Frakturheilung wird im Röntgen beurteilt. Beeinflusst wird die Heilung durch das Patientenalter, Ausmaß der Knochen- und Weichteilverletzung, Bestehen einer Dislokation, Lokalisation der Fraktur, Allgemeinzustand des/der Patienten/in und weiteren Verletzungen. Auch operative oder konservative Versorgung einer knöchernen Verletzung beeinflusst deren Heilung (23).

Die Heilung einer Fraktur wird in eine primäre und sekundäre Knochenbruchheilung eingeteilt (23).

Primäre Frakturheilung: bei diesem Mechanismus muss eine exakte Verbindung zwischen den beiden Fraktarenden bestehen. Eine Osteosynthese vermindert Bewegungen und gewährt Stabilität. Der Knochen kann ohne massive Kallusbildung heilen. Eine zunehmende Verdichtung des initial einsehbaren Frakturspaltens lässt sich im Röntgenbild erkennen (23).

Sekundäre Frakturheilung: dabei kommt es zu einer Hämatombildung zwischen den Fraktarenden. Das Hämatom entsteht bei einer persistierenden geringen Instabilität bei konservativer Versorgung, nach einer Marknagelung oder einer Versorgung mit einem Fixateur externe. Die zelluläre Proliferation induziert die

Bildung eines Kallus aus Bindegewebe. Dieser Kallus verknöchert im Laufe des Heilungsprozesses (23).

Im Rahmen der sekundären Kallusbildung zeigt sich zu Beginn des Umbaus im Röntgenbild eine Entkalkung und Auflockerung der Frakturenden, die zu einem leichteren Erkennen des Frakturspaltes führt. In den darauffolgenden Wochen entsteht ein Geflechtknochen, der vornehmlich aus Bindegewebe besteht.

In der nachfolgenden Zeit führt die periostale Ossifikation dazu, dass ein Kugel- oder Spindelkallus entsteht. Dieser bleibt nicht bestehen, sondern wird wieder resorbiert. Im Röntgenbild wird der Frakturspalt zunehmend unschärfer. Für die zukünftige Stabilität sorgt der endostale Kallus. Dieser ist in der Röntgenaufnahme überbrückt von periostalem Kallus oder normalem Knochen (23).

Der lamelläre Knochen stellt den Endzustand der Frakturheilung dar. Er entsteht unter mechanischer Beanspruchung des Kallus aus Geflechtknochen (23).

Die Dauer der Knochenheilung ist alters- und lokalisationsabhängig, je jünger die Kinder, desto schneller die Heilung. Bei Behandlung mit einer Ruhigstellung muss das Patientenalter unbedingt mitberücksichtigt werden (10).

Ruhigstellung in Wochen (10)			
Humerus	<5 Jahre	>5Jahre	>10 Jahre
Condylus rad.	3	3-4	4
Condylus uln.	2-3	3	3-4

Tabelle 2: Ruhigstellung in Abhängigkeit vom Alter des Kindes (10)

1.5.1. Komplikationen

Fehlverheilte Condylusfrakturen

Die Möglichkeit der Spontankorrektur am kindlichen Ellenbogengelenk ist bereits mit dem 7. Lebensjahr ausgeschöpft, da die Fugen um den kindlichen Ellenbogen (distaler Humerus und proximaler Unterarm) nur zu 20% am Längenwachstum beteiligt sind, sehr langsam wachsen und somit nur ein geringes Korrekturpotenzial bieten. Die Konsequenzen einer unzureichend versorgten, ellenbogennahen Fraktur können den/die Patienten/in ein Leben lang begleiten. Posttraumatische Fehlstellungen am Ellenbogen sind meist Folge einer unzureichenden Primärversorgung und selten auf Wachstumsstörungen zurückzuführen. Die häufigsten posttraumatischen Fehlstellungen sind der Cubitus varus und der Cubitus valgus. Sie können aus einer ungenügend behandelten suprakondylären Humerusfraktur, einer Condylus radialis Fraktur oder einer übersehenen Luxation des Radiuskopfes resultieren (30).

Cubitus varus

Der Cubitus varus stellt die häufigste Komplikation dar. Mit ihm vergesellschaftet können die Einschränkungen der Supination /Pronation und der Extension /Flexion sein (14).

Neben dem funktionellen Defizit steht die kosmetische Beeinträchtigung. Die Inzidenz eines Cubitus varus/valgus liegt bei 0-22% (31). Für das Zustandekommen eines Cubitus varus gibt es verschiedene Ursachen. Die häufigste ist eine suprakondyläre Humerusfraktur (14). Der Cubitus varus tritt besonders nach medialen Extensionsfrakturen auf. Dabei kommt es zu einer Bewegung des distalen Frakturfragments nach medial und hinten. Wesentlich sind drei Fehlstellungen:

- Transversalebene - Innendrehung
- Frontalebene - Varusabkipfung
- Sagittalebene - Antekurvationsstellung (32)

Ein Cubitus varus resultiert aus einem ulnaren Abkippen des Frakturfragments, aufgrund einer Instabilität durch einen verminderten Kontakt der Frakturfragmente und deren Rotation (21). Eine Antekurvatur oder Rekurvatur in der Sagittalebene

zieht eine Beuge- oder Streckhemmung nach sich. Diese haben aber meist keine funktionelle Beeinträchtigung als Folge (32). Eine weitere Ursache für einen Cubitus varus ist eine stimulative Wachstumsstörung nach einer Fraktur des Condylus radialis. Die Wachstumsstörung führt zu einem radialen Mehrwachstum. Auf die daraus resultierende Varisierung haben mehrere Faktoren Einfluss. Dazu gehören die Konsolidationszeit und die Stabilität der Fraktur durch ihre Versorgung (14).

Bei Versorgung mit fugenkreuzenden Osteosynthesematerial kann ein iatrogen verursachter frühzeitiger Fugenschluss verursacht werden. Daraus resultiert ebenfalls ein vermindertes Wachstum und ein Cubitus varus (32). Seltener kommt es zu einem radialen Abkippen und dadurch zu einem Cubitus valgus. Dieser kann eine Nervus ulnaris Irritation nach sich ziehen (31).

Bei einem Cubitus valgus sind ebenfalls Fehlstellungen in den verschiedenen Ebenen zu beobachten:

- Transversalebene – Außendrehung
- Frontalebene – Valgusabkipfung
- Sagittalebene - Rekurvationsfehlstellung (32)

Eine operative Korrektur dieser Fehlstellungen ist individuell zu entscheiden. Es gibt in der Literatur (31) keinen Hinweis darauf bis zum Wachstumsabschluss zu warten, da eine Spontankorrektur nicht zu erwarten ist. Der kosmetische Leidensdruck ist der häufigste Grund für eine Korrektur. Eine Nervus ulnaris Irritation stellt einen weiteren Grund zur chirurgischen Sanierung dar (31).

Pseudoarthrose des Condylus radialis

Die Pseudoarthrose kommt sehr selten vor. In der Literatur (31) gibt es keine genauen Zahlen zur Inzidenz.

Die Pseudoarthrose des Condylus radialis tritt vorwiegend nach einer konservativen Behandlung einer instabilen Fraktur auf. Hierbei kommt es zu einer sekundären Dislokation, durch die vorherrschenden Druck- und Zugverhältnisse am Condylus radialis. Dadurch bildet sich eine Pseudoarthrose aus. Diese kann massive Gelenkdeformitäten ausbilden. Zusätzlich kann eine Valgisierung

beobachtet werden, wenn das Frakturfragment keine Stütze am Kondylenmassiv erhält (14).

Hypervalgus

In der Literatur (14) wird der Cubitus hypervalgus als Folge einer Pseudoarthrose nach Condylenfrakturen gesehen. Beim Condylus hypervalgus weicht der Ellbogen nach einer Fraktur des Condylus radialis um mehr als 10° im Vergleich zur Gegenseite ab. Folgen können eine radiale Instabilität und Irritationen des N. ulnaris. Bei einer Untersuchung der Achse muss der Arm in gestreckter Haltung beurteilt werden, denn ein Streckdefizit von 10° täuscht eine Hypervalgisierung vor (14).

Ulnarisirritation

Die Neuropathie des N. ulnaris ist eine Komplikation, die direkt nach einem Trauma mit einer Schädigung des Nervus ulnaris auftritt, oder indirekt nach einer Operation durch Hämatombildung oder Verletzung durch Osteosynthesematerial. Die Verletzung des Nervs wird mit einer Inzidenz von 7-15 % angegeben (14, 32). Die Verletzung des N. ulnaris geschieht oft intraoperativ, durch ungenügende Darstellung des Nervs, Manipulation, oder bei der postoperativen Versorgung durch ungenügende Mobilisation. Eine Funktionsstörung kann auch als Folge einer Fibrose entstehen (21).

Bei einem operativen Eingriff nach einer distalen Humerusfraktur, muss der Nerv dargestellt werden, um das Risiko einer Komplikation zu verringern. Auch gibt es Empfehlungen in der Literatur (21), den Nerven bei Revisionen nach ventral in das Subkutangewebe zu verlegen, um eine Kompression zu vermeiden (14).

Komplexe Wachstumsstörung

Eine komplexe Wachstumsstörung wird durch einen Verschluss der distalen Humeruswachstumsfuge beschrieben. Hierbei kommt es entweder zu ihrem zentralen, radialen oder ulnaren Verschluss. Eine schwerwiegende Folge kann die Hypertrophie des Radiuskopfes sein. Diese wird durch eine sekundäre Dysplasie des Capitulum ausgelöst. Die sekundäre Dysplasie entsteht durch die Wachstumsstörung der Humerusepiphyse. Bei dieser Art von Komplikation kann

die sekundäre Luxation des Radiuskopfes resultieren, die wiederum mit einer Bewegungseinschränkung im Ellbogengelenk einhergeht (10).

Als Therapie dienen mehrere Ansätze, wie zum Beispiel die Athrodiastase oder Umstellungs-, Verkürzungs-, und Verlängerungsosteotomien des distalen Humerus (10).

Wachstumsverzögerung

Eine Konsolidationsstörung des Condylus radialis kann durch die ungleichen radialen Druckverhältnisse im Ellbogenbereich verursacht werden (10).

Das Ligamentum anulare verbindet den Radiuskopf mit dem Capitulum humeri, indem es in das Ligamentum collaterale radiale einstrahlt. Durch die Valgusstellung des Ellbogens wirken radiale Schubkräfte auf das Gelenk. Daher können Frakturfragmente einer Condylus radialis Fraktur in Sagittal- und Frontalebene proximoradial dislozieren (10).

1.6. Therapie der Condylenfraktur

Die Therapie der Condylenfrakturen kann entweder konservativ oder operativ erfolgen. Zu der konservativen Therapie gehören die alleinige Immobilisation und die geschlossene Reposition. Zu den operativen Therapieverfahren zählen die perkutane Spickung oder Verschraubung, sowie die offene Reposition mit anschließender Refixation über Drähte oder Schrauben (22).

Die Therapie sollte das Patientenalter, das soziale Umfeld, aber auch die Art der Läsion und die Wachstumsverhältnisse des Kindes mit einbeziehen (10).

1.6.1. Konservativ

Eine konservative Behandlung darf bei undislozierten Frakturen angewandt werden. Die Dislokation des Fragmentes darf hierbei höchstens bei 2 mm (Röntgenbild) liegen (22). Konservativ behandelt werden können jene Frakturen die im epi-, meta-, und diaphysären Bereich lokalisiert sind. Gelenkfrakturen, die eine Achsabweichung aufweisen, die im zu erwartenden Verlauf der Heilung korrigiert wird, können konservativ behandelt werden. Offensichtliche Folgeschäden der Funktionalität und Kosmetik sind ebenfalls auszuschließen (10).

1.6.2. Operativ

Eine dislozierte Fraktur ist die Indikation zu einer Reposition und Osteosynthese (10).

Die operative Versorgung ist ab einer Dislokation von 2 mm oder bei einer Stufenbildung indiziert. Die operative Versorgung kann mittels epi- oder metaphysär geführten Schrauben erfolgen (33).

Die Versorgung mit Kirschner Drähten stellt im Wachstumsalter die häufigste Versorgungsart dar. In der Literatur (34) wird zusätzlich eine kurzfristige Immobilisation mithilfe eines Gipses empfohlen, da die Kirschner Draht Osteosynthese nicht so stabil wie eine Schraubenosteosynthese ist.

1.6.2.1. Kirschner Draht

Die Versorgung mit Kirschner Drähten kann mit sich kreuzenden oder parallel verlaufenden Drähten erfolgen. Die Kreuzung der Fuge am distalen Humerus beeinflusst das weitere Wachstum nicht. Bei sehr kleinen metaphysären Fragmenten können die Drähte die Fuge direkt kreuzen. Bei größeren Fragmenten soll die Wachstumsfuge am lateralen Rand durch die Drähte geschnitten werden. Diese sollen divergierend verlaufen, um eine gute Stabilität der Fixation zu erreichen (10, 22).

Sowohl bei einer offenen, als auch bei einer geschlossenen Versorgung werden die Drähte oft über der Haut belassen. Somit sind sie leichter zu entfernen, man benötigt keine zusätzliche Narkose zur Metallentfernung. Die Dauer der Versorgung mit perkutanen Kirschner-Drähten beträgt drei bis vier Wochen. Eine mögliche Komplikation stellt eine aufsteigende Infektion dar, wenn um die Drähte ein nicht genügend großer gipsfreier Raum besteht. Das Anschlagen des Drahtes am Gips sollte daher vermieden werden (10).

Ziele

Ziel dieser Arbeit war es, einen möglichen Zusammenhang zwischen Frakturmuster und (sekundärer) Dislokation einer Condylus humeri Fraktur im Wachstumsalter zu ermitteln. Es wurden Daten von allen Kindern mit einer Condylus Fraktur im Zeitraum 2004-2013 erhoben. Zusätzlich sollen epidemiologische Angaben gemacht werden. Hierzu wurden das Alter, das Geschlecht, die Seite des betroffenen Armes und der betroffene Condylus (Condylus ulnaris oder radialis) beurteilt. Die konservative und operative Versorgung der einzelnen Frakturen wurden erhoben. Mögliche potentielle Einflüsse der Entstehung einer Fraktur, wie zum Beispiel ein Sturz in Ebene oder aus Höhe, wurden berücksichtigt.

2. Patienten/innen und Methoden

In dieser retrospektiven, single center Studie wurden Patienten/innen, die im Zeitraum vom 01.01. 2004 bis 19.06.2013 wegen einer Fraktur des Condylus radialis/ulnaris an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz behandelt wurden, inkludiert. Die zuständige Ethikkommission Graz erteilte die Erlaubnis der Durchführung dieser Studie (Ethikantrag Nummer: 25-511 ex12/13). Eine Einwilligung der Studienteilnehmer/innen war nicht notwendig, da es sich um eine retrospektive Datenanalyse handelte.

Die Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz übernimmt innerhalb eines Einzugsgebietes für das gesamte Land Steiermark sowie für die angrenzenden Länder und Bundesländer die Behandlung von Kindern und Jugendlichen bis zum 18. Lebensjahr.

Die Primärerfassung der Daten erfolgte durch das Institut für medizinische Datenverarbeitung an der Medizinischen Universität Graz (IMI). Alle ambulanten und stationären Patient/innen im oben genannten Zeitraum wurden berücksichtigt.

Folgende Schlagwörter für die Freitextsuche wurden verwendet:

- „Fraktur“ und „distal“ und „Humerus“
- „Condylus Fraktur“
- „Kondylus Fraktur“
- „Fraktur“ und „distal“ und „Oberarm“
- ICD 10-CODE: S42.2*
- S42.3 Oberarmfraktur, offene Oberarmfraktur
- S42.40 distale Oberarmfraktur
- S42.44 bicondyläre distale Oberarmfraktur

Die Ausschlusskriterien umfassten:

- Suprakondyläre Frakturen
- Epikondyläre Frakturen
- keine sicheren Knochenverletzung
- Ellbogenluxationen

Für die Datenerhebung wurde das Dokumentationssystem MEDOCS verwendet. Es handelt sich dabei um ein SAP basiertes System, das an der gesamten Universitätsklinik Graz für die administrative Patientenverwaltung, Kostenkalkulation sowie Speicherung und Verwaltung von Patientendaten verwendet wird.

Folgende Daten wurden erfasst:

- Alter
- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Frakturtyp
 - Condylus ulnaris Frakturen
 - Condylus radialis Frakturen
- Sekundäre Dislokation
- Seite (links/rechts)
- Unfallmechanismus

- Lokalisation der Fraktur
- Durchgeführte Therapie
 - Operativ – verwendete Fixationstechnik
 - konservativ
- Datum des Unfalltages
- Anzahl der Röntgen
- Tage des stationären Aufenthaltes
- Anzahl der Besuche am LKH
- Datum der operativen Versorgung
- Datum der Metallentfernung
- Komplikationen

Die Röntgenbilder der Patienten/innen wurden mit dem PACS (Picture archiving and communication system) beurteilt. Es handelte sich dabei um Aufnahmen von a.p. und seitlich. Die Beurteilung der Röntgenbilder umfasste die Erhebung der betroffenen Seite, die betroffene Lokalisation (Condylus ulnaris/radialis). Dislozierte Frakturen wurden nach Milch und Song et al. eingeteilt. Inkomplette Datensätze wurden gestrichen.

3. Statistische Auswertung

Die Auswertung erfolgte mittels deskriptiver und explorativer Statistik. Für numerische Daten wurden Mittelwerte berechnet.

4. Ergebnisse

Patienten/innen

131 Patientendaten wurden in die Studie inkludiert, davon waren 80 (61%) männliche und 51 (39%) weibliche Patienten.

Das mittlere Alter aller Patienten/innen zum Unfallzeitpunkt betrug 7,5 Jahre (range: 1,1- 16,2 Jahre Mädchen und Buben). Das mittlere Alter der Mädchen betrug 7,6 Jahre und bei den Buben 7,54 Jahre.

Von 131 Patienten/innen wurde bei 14 eine Fraktur des Condylus ulnaris diagnostiziert. Die restlichen 117 wiesen eine Fraktur des Condylus radialis auf (Abbildung 14). 48 Kinder wiesen eine Fraktur am rechten Arm auf und 83 Kinder wurden mit einer Fraktur am linken Arm vorstellig, dabei handelte es sich um einseitige Frakturen.

Von 51 weiblichen Patienten wurde bei 8 Mädchen eine Fraktur des Condylus ulnaris und bei 43 Mädchen eine Fraktur des Condylus radialis nachgewiesen. Bei den Buben wurden 6 Frakturen des Condylus ulnaris und 74 Frakturen des Condylus radialis diagnostiziert (Abbildung 15).

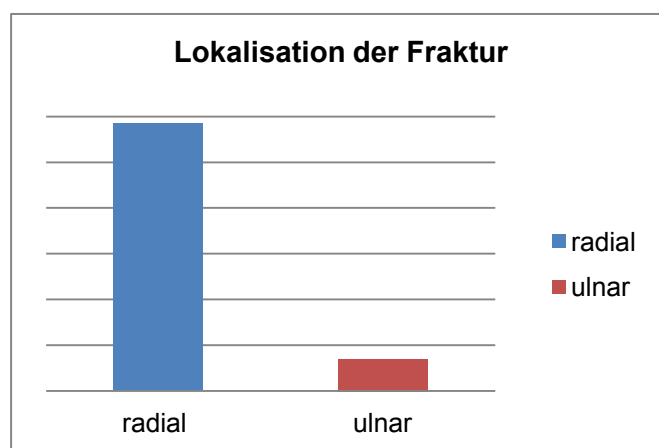


Abbildung 14: Lokalisation der Fraktur

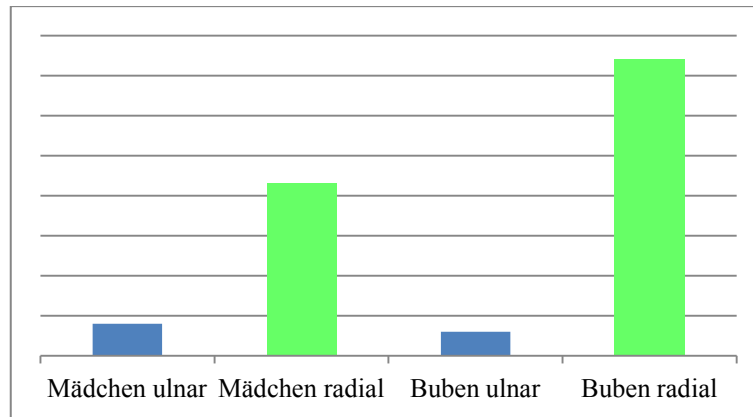


Abbildung 15: Aufteilung der Lokalisation der Fraktur nach Geschlecht

Bei 17 Patienten/innen mit einer primären Dislokation und operativen Versorgung erfolgte der Unfallmechanismus in der Ebene und bei 30 Patienten/innen kam es zu einem Sturz aus Höhe. 2 Kinder zogen sich nach einem Fahrradsturz eine Fraktur mit primärer Dislokation zu. Ein unbekannter Unfallmechanismus wurde bei 7 Kindern verzeichnet.

Von 59 Kindern, die konservativ behandelt wurden und keine Dislokation aufwiesen, kam es bei 33 Patienten/innen zu einem Sturz in der Ebene. 21 Patienten/innen gaben an, dass der Unfallmechanismus mit einem Sturz aus Höhe korrelierte. Ein Kind gab an sich beim Trampolinspringen verletzt zu haben. Bei 3 Patienten/innen wurden keine Angaben des Unfallherganges dokumentiert.

Der Unfallort, der am häufigsten erwähnt wurde, war jener im Freien (n=75, 57%). Im häuslichen Bereich erlitten 31 Kinder (23%) einen Unfall. In der Schule/Kindergarten waren es n=4 (3%) und die Sportstätte wurde vom n=6 (5%) angegeben. Bei 15 Kindern konnte kein Unfallort erhoben werden.

Zur Beurteilung der Frakturen wurden durchschnittlich 3 Röntgenaufnahmen gemacht. Jedes Mal wurden die Aufnahmen in je zwei Ebenen durchgeführt. Die erste Aufnahme wurde immer am Unfalltag angefertigt. Bei der längsten Verlaufskontrolle wurden 8 Röntgenaufnahmen durchgeführt.

Aufgrund einer Condylenfraktur kam es bei 14 Patienten/innen zu einer sekundären Dislokation, 56 Patienten/innen wiesen eine primäre Dislokation auf und wurden operativ versorgt.

Bei den primären Dislokationen fanden sich 21 weibliche und 35 männliche Patienten/innen.

Eine operative Versorgung der Fraktur erfolgte bei 72 Patienten/innen, 22 davon wurden mit einer Schraubenosteosynthese versorgt. Von jenen Kindern, die operativ versorgt wurden, wurden 44 noch am Unfalltag operiert.

Die mittlere Anzahl der Tage von der Operation bis zur Metallentfernung betrug 73,5 Tage. Schrauben wurden länger belassen als Drähte (Schraube MW: 83d, Drähte MW: 76d). Eine konservative Behandlung erhielten 59 Patienten/innen.

Die Patienten/innen besuchten die Klinik im Durchschnitt 5 mal, 2 Besuche waren das Minimum.

Bei sekundärer Dislokation und Notwendigkeit der Operation blieben die Patienten/innen im Mittel 4,5 Tage stationär.

Komplikationsbedingt dauerte der längste Aufenthalt insgesamt 60 Tage (mehrmalig Besuche zum stationären Aufenthalt). Insgesamt war dieser Patient 19 mal zu ambulanten Kontrollen und stationärer Aufnahme vorstellig. Es handelte sich dabei um einen Patienten mit einer Teilnekrose des Condylus ulnaris und einer Pininfektion.

Sekundäre Dislokationen

In dieser Studie konnte bei 14 Patienten/innen eine sekundäre Dislokation festgestellt werden. Dabei handelte es sich um 9 männliche und 5 weibliche Patienten/innen. 4 Frakturen betrafen den rechten Ellbogen und 10 Frakturen konnte an dem jeweils linken Ellbogen festgestellt werden. Das mittlere Alter dieser Patienten/innen betrug 6,02 Jahre (jüngste/r Patient/in 3,77; älteste/r Patient/in 14,86).

Im Durchschnitt wurden 4,57 Röntgenaufnahmen (range: 1-8 Aufnahmen) gemacht und die Patienten/innen kamen im Mittel 8 mal (range: 2-19) zur Wiedervorstellung und Verlaufskontrolle. Die Anzahl der stationären Aufenthalte betrug im Mittel 6 Tage (range: 0-60 d).

Alle 14 Patient/innen erhielten eine operative Versorgung. Im Mittel dauerte es 6,5 Tage bis es zur Operation kam. 5 Patient/innen erhielten eine Schraubenosteosynthese und 8 Patient/innen wurden mit Kirschner Drähten versorgt. Die Metallentfernung erfolgte im Durchschnitt nach 120 Tagen. Die kürzeste Versorgung mit einer Schraube bis zur Entfernung betrug 104 Tage. Die längste Dauer der Versorgung mit einer Schraube betrug 259 Tage.

In der Gruppe der sekundären Dislokationen erlitten 8 Kinder ihren Unfall im Freien. 4 Kinder gaben den häuslichen Bereich an, 1 Kind den Kindergarten und bei 3 Kindern war der Unfallort unbekannt. Der Unfallmechanismus der sekundären Dislokationen wurde bei 8 Kindern mit einem Sturz in der Ebene erhoben. 5 Kinder beschrieben einen Sturz aus der Höhe und bei drei Kindern war der Unfallmechanismus unbekannt.

Die Frakturen der Kinder wurden nach der Klassifikation von Milch und Song eingeteilt. Dabei präsentierten sich vier Kinder mit eine Milch Typ 1 Fraktur und zehn mit einer Typ 2 Fraktur. Nach der Einteilung von Song präsentierten sich acht Kinder mit einer Fraktur Grad 2 und sechs Kinder mit einer Fraktur Grad 3.

5. Diskussion

In diese Studie wurden 131 Patientendaten inkludiert, die sich eine Fraktur des Condylus humeri zugezogen haben. Diese Frakturen neigen zu sekundären Dislokationen. Aus unserem Patientengut wurden 14 Patienten/innen (11%) mit einer sekundären Dislokation erhoben.

Insgesamt wiesen 74 Buben und 51 Mädchen der inkludierten Patienten/innen eine Condylus radialis Fraktur auf. Condylus ulnaris Frakturen wurden bei 8 Mädchen und 6 Buben vermerkt. Das Auftreten von Frakturen des Condylus ulnaris wird in der Literatur als seltener beschrieben (8). Die in dieser Studie erhobenen Daten bestätigen dies.

Der Condylus radialis war häufiger von einer Fraktur betroffen, als der Condylus ulnaris. In einer Studie von Kreuzsch-Brinker und Noack wurde eine Sollbruchstelle für diese Frakturen beschrieben (8). Diese Sollbruchstelle entsteht durch Kollagenfibrillen, die sich vom radialen Seitenband zur Trochlea hin spannen. Somit ergibt sich eine innere Stabilität zwischen den Wachstumskeimen. Mit Älterwerden der Kinder verknöchern die Wachstumskerne und die Elastizität nimmt ab. Dann werden diese Verläufe der Kollagenfibrillen vermehrt zu Bruchstellen des Condylus radialis (8).

Auffallend war, dass sich mehr Buben als Mädchen verletzt haben. Sowohl bei den primären als auch bei den sekundären Dislokationen waren Buben häufiger betroffen. Dies wurde schon in Studien über verschiedene Risikoprofile bei Kindern beschrieben. In einer Arbeit von Hillier und Morrongiello wurde die Risikoabschätzung von Kindern beider Geschlechter und unterschiedlichen Alters verglichen. Dabei konnte festgehalten werden, dass Jungen Gefahrenquellen mit einem geringeren Risiko einschätzen als Mädchen (35, 36).

In einer weiteren Studie von Morrongiello (35) wurden Mädchen und Buben zu ihren Verletzungen und Einschätzung deren Schweregrades befragt. Diese Kinder wiesen die gleichen Verletzungsmuster auf. Die auslösenden Faktoren und Einflüsse, die Anwesenheit anderer Kinder oder Eltern und die Abschätzung eines Risikos, einer Verletzung und deren Schweregrad wurden zusätzlich erhoben. Auch in dieser Studie kam es bei den Buben zu mehr Ereignissen, die eine

Verletzung nach sich zogen. Des Weiteren ereigneten sich die Unfälle mehrheitlich im Freien. Tätigkeiten, die zu einer Verletzung führten, werden von Jungen öfter wiederholt als von Mädchen. Es zeigte sich jedoch, je stärker der Schweregrad der Verletzung war, umso weniger wurden die zur Verletzungen führenden Aktivitäten erneut ausgeführt. Jedoch wurde in dieser Studie erhoben, dass Kinder den Schweregrad einer Verletzung geschlechterspezifisch unterscheiden, das heißt Mädchen schätzen den Grad der Verletzung höher ein.

Gründe für diese Geschlechterunterschiede könnten sein, dass Mädchen und Buben unterschiedliche Maßstäbe für den Schweregrad einer Verletzung haben und das Schmerzempfinden an sich bei Mädchen höher und bei Buben geringer eingeschätzt wird. Mädchen übertreiben in ihren Schilderungen der Schmerzen öfters als Jungen, die wiederum den Schmerzgrad niedriger angeben (35, 36).

Die Annahme, dass Jungen eine höhere Risikobereitschaft haben als Mädchen, könnte erklären, dass in unserer Studie mehr Jungen eine Fraktur vorweisen als Mädchen.

In einer Studie von Sharma et al. wurden epidemiologische Parameter erhoben, die zu einer Verletzung im Kindesalter führen (37). Es zeigte sich, dass Stürze aus der Höhe zu den häufigsten Ursachen des Unfallherganges zählen. Ebenfalls in dieser Studie zeigte sich, dass mehr Jungen ein Trauma erlitten als Mädchen. In unseren erhobenen Daten spiegeln sich diese Ergebnisse wieder.

In dieser Arbeit von Sharma et al. wurde das mittlere Alter Kinder erhoben und es betrug 6,3 Jahre. In dieser Altersgruppe kam es zu den meisten Verletzungen (37). Das mittlere Alter unseres Patientengutes betrug 7,5 Jahre.

Der Ort des Unfalls wurde von Sharma et al. ebenfalls erhoben. Die häufigsten Unfälle passierten zuhause gefolgt von der Straße, Schule und Spielplätzen (37).

In unserer Arbeit verletzten sich die meisten Kinder (n=75) im Freien. 31 Kinder erlitten ihre Verletzung im häuslichen Bereich, 4 Kinder in Kindergarten/Schule und 6 gaben die Sportstätte als Unfallort an. Bei 15 Kindern konnte kein Unfallort erhoben werden.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die sekundären Dislokationen gelegt. Diese wurden einerseits nach der Klassifikation nach Milch und andererseits nach Song eingeteilt. In unserem Patientengut konnte bei 14 Kindern eine sekundäre Dislokation festgestellt werden. Davon waren neun Buben und fünf Mädchen.

In unserer Arbeit haben wir die Kinder mit einer sekundären Dislokation nach diesen Klassifizierungen eingeteilt.

Nach der Milch Typ Klassifikation wiesen initial 4 der Kinder eine Fraktur des Typ1 auf und die restlichen 10 zeigten eine Typ2 Fraktur.

Nach der Einteilung von Song zeigten 8 Kinder eine Fraktur Grad 2 und 6 Kinder eine Fraktur Grad 3. Es wurden alle Kinder mit einer sekundären Dislokation operativ versorgt. Da die sekundäre Dislokation der Condylus radialis Frakturen in einem Viertel der Fälle eintritt, bestätigt diese Studie, dass das kurzfristige gipsfreie Röntgen indiziert ist. Gerade Milch Typ 2 und Song Typ 2 und 3 neigen zu sekundärer Dislokation.

Die Kinder mit einer sekundären Dislokation waren im Mittel 6,0 Jahre alt, männlich und haben sich mehrheitlich den linken Arm und den Condylus radialis verletzt. Der Unfallhergang der am häufigsten in dieser Gruppe erwähnt wurde, war ein Sturz in der Ebene und der meist genannte Unfallort war jener im Freien. Im Mittel kam es nach 5,8 Tagen zu einer sekundären Dislokation.

Conclusio:

Die Frakturen des Condylus humeri zählen zu den zweithäufigsten ellenbogennahen Frakturen im Kindesalter. Eine wichtige Komplikation dieser Frakturen ist die sekundäre Dislokation, an die man denken sollte.

In unserem Patientengut betrug das durchschnittliche Alter der Kinder 7,5 Jahre, es verletzten sich mehr Jungen als Mädchen und mehrheitlich kam es zu einer Condylus radialis Fraktur. Aus dem gesamten Patientengut wurden 14 Kinder mit einer sekundären Dislokation vorstellig, wobei es sich vor allem um Milch Typ 2 und Song Typ 2 und 3 handelte. Diese Frakturen neigten in unserer Studie zu einer sekundären Dislokation. Bei diesen Frakturen ist nach 4-7 Tagen ein Kontrollröntgen empfehlenswert, um eine sekundäre Dislokation auszuschließen.

Literaturverzeichnis

1. Platzer, W. Taschenatlas der Anatomie -1 Bewegungsapparat. 9.Auflage. Innsbruck, Leutschach: Georg Thieme Verlag, Juni 2005, S. 120-123.
2. M.Schünke, E.Schulte, U.Schuhmacher. Prometheus Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2005,2007, S. 242.
3. F.Anderhuber, F.Pera, J. Streicher. Waldeyer - Anatomie des Menschen.Lehrbuch und Atlas in einem Band. 19.Auflage. Berlin,Boston: De Gruyter, Mai 2012, S. 99-101,105,199-202,212-217,252-253,257-264. Available at:
<http://www.degruyter.com.978110228632.han.medunigraz.at/view/product/44108>
Accessed: April 1, 2015.
4. G.Aumüller, W.Schmid, et al. Duale Reihe Anatomie. 2.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2007,2010, S. 405-426.
5. Vorklinik, Endspurt. Anatomie 1:Skripten fürs Physikum. 3.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2013, S. 33.
6. T.W.Sadler. Medizinische Embryologie. 11.Auflage. Stuttgart/Deutschland: Georg Thieme Verlag, 2003, S. 186-195.
7. T.W.Sadler. Medical and Dental Education Portal. 2011. Available at:
<http://www.neuronarc.com/langmans-medical-embryology-12th-edition-pdf.html> Accessed: October 15,2013.
8. R.Kreusch-Brinker, R.Noack. Verletzungen der distalen Humerusepiphyse im Wachstumsalter. Unfallchirurgie12. April 1986, Unfallchirurgie 12(2), S. 60-67.
Pubmed/PMID: 3716010.
9. A.-M. Weinberg, H.Tscherne et.al. Unfallchirurgie im Kindesalter. 1 Allgemeiner Teil: Kopf, Obere Extremität, Wirbelsäule. Heidelberg: Springer, 2006. S. 253-275.
10. L.v.Laer, R.Kraus,W.E.Linhart. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. 5.Auflage. Stuttgart/NewYork: Georg Thieme Verlag, S. 16-40,67-77,80-98, 133-182.
11. W.R.Hepp, H.A. Locher. Orthopädisches Diagnostikum. 8.Auflage Stuttgart: Georg Thieme Verlag. S. 138-142.
12. J.Buckup, K.Buckup. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. 5.Auflage. Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag, 2012, S. 156-172.
13. F.Hefti. Kinderorthopädie in der Praxis. 2.Auflage. Deutschland: Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2006. Seite 457-458.
14. L.v.Laer. Das verletzte Kind: Komplikationen vermeiden, erkennen, behandeln ; 32 Tabellen. Stuttgart /New York: Georg Thieme, 2007. S. 49-56.
15. J.A.Herring. Tachdjian's Pediatric orthopedics: from the Texas Scottish Rite Hospital for Children. 5.Auflage: Elsevier. S. 25-33.

16. S.Breusch, M.Clarius, H.Mau, D.Sabo. Klinikleitfaden Orthopädie, Unfallchirurgie. 7.Auflage München: Urban Fischer, 2013. S. 42, 157-160.
17. H.Müller-Vahl, M.Mumenthaler, M.Stöhr, M.Tegenthoff. Läsionen peripherer Nerven und radikuläre Syndrome. 10.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme, 2014, S. 329.
18. G.H.Engelhardt. Unfallheilkunde: ein Leitfaden für Klinik und Praxis. 3.Auflage Berlin, New York: De Gruyter, 1998. S. 263.
19. J.Krämer, J. Grifka. Orthopädie Unfallchirurgie. 9.Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2013, S. 261,262.
20. von Ludwig Gortner, S. Meyer, F. C. Sitzmann. Duale Reihe Pädiatrie. 4.Ausgabe. Stuttgart,Deutschland: Georg Thieme Verlag, 1995,2012. S. 6.
21. J. Stannard, A.Schmidt,P.J.Kregor, A.Wentzensen, F.Gebhard, P.A.Grützner et al. Spezielle Unfallchirurgie. Surgical Treatment of Orthopaedic Trauma. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag, 2012. S. 309-327.
22. J.H.Beaty, J.R.Kasser. Rockwood and Wilkin' s Fractures in Children. 6 Edition. .Lippincott Williams &Wilkins, 2006, Chapter 15, S. 592-641.
23. M.Reiser, F.P.Kuhn, J.Debus. Duale Reihe Radiologie. 3.überarbeitete Auflage. Stuttgart: Georg Thieme, 2011, S. 363-370.
24. Medizinische Universität Graz, Abteilung Kinder- und Jugendchirurgie Archiv. Frakturen des Condylus humeri.: Pacsview_MEDOCS. Aceded: April 2, 2015.
25. GR., Gogola. Pediatric humeral condyle fractures. HandClin. February 2006, 22:77-85. PMID: 16504780.
26. R.G.C.Pennington, J.A.Cornier, H.C.Brownlow. Milch's classification of paediatric lateral condyle mass fractures: Analysis of inter- and intraobserver reliability and comparison with operative findings. Injury. 2009, 40(3):249-52. PMID: 19193372.
27. K.Song, C.H.Kang, B.W.Min, K.C.Bae, C.H.Cho, J.H.Lee. Closed Reduction and Internal Fixation of Displaced Unstable Lateral Condylar Fractures of the Humerus in Children: The Journal of Bone and Joint Surgery JBJS ORG, 2008. 90:2673-81.
28. A.I.Leet, C. Young, M.M. Hoffer. Medial Condyle Fractures of the Humerus in Children. Journal of Pediatric Orthopaedics. Jan-Feb 2002, 22:2-7. Pubmed/PMID: 11744844.
29. I. Marzi, A.Weinberg, C.Castellani. Kindertraumatologie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2010. S. 157-166.
30. T. Kraus, S.Tauber , W .Linhart. Posttraumatic complications on children elbows :Springer Verlag Heidelberg, 2013 Jan. 42:57-70.
31. A.M.Weinberg, R. Eberl. Posttraumatische Korrekturoperationen am kindlichen Ellenbogen. Der Unfallchirurg 2. 2010, 113, S. 139-148.

32. W.E.Linhart, T. Kraus. Korrekturosteotomien bei suprakondylärer Fehlstellungen am Humerus: Urban & Vogel, 2008. 20:396-408.
33. M.Keßler. Infoletter Kinderchirurgie 03.: Heidelberg, Kinderchirurgische Sektion Chirurgische Universitätsklinik. Available at: www.klinikum.uni-heidelberg.de/. Accessed: March 23, 2015.
34. Wen Chao Li, Rui Jiang Xu. Comparison of Kirschner wires and AO cannulated screw internal fixation for displaced lateral humeral fracture in children. International Orthopaedics. 2012, 36:1261-1266.
35. B.A.Morrongiello. Children's Perspectives on Injury and Close Call Experiences: Sex Differences in Injury Outcome Processes: Journal of Pediatric Psychology, 1996. Vol.22 No.4, S. 499-512.
36. L.M.Hillier, B.A.Morrongiello. Age and Gender Differences in School Age Children's Appraisal of Injury Risk. Journal of Pediatric Psychology, Vol23, No4, 1998, S. 229-238.
37. M.Sharma, B.K.Lahoti, G.Khandelwal, R.K.Mathur, S.S.Sharma, A.Laddha. Epidemiological trends of pediatric trauma:A single-center study of 791 patients: Journal of Indian Association of Pediatric Surgeons, Jul-Sep 2011. 16(3):88-92. PMCID: PMC3160060.



VOTUM
 gültig bis 10.09.2014

EK-Nummer: 25-511 ex 12/13
Studientitel: Der Einfluss des Frakturtyps auf die (sekundäre) Dislokation von Condylus humeri Frakturen im Wachstumsalter - eine retrospektive Datenanalyse
Prüfer: OA Dr. Tanja Kraus
 Univ.Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie
Sponsor: Med. Uni Graz
Ansprechpartner: Judith Hambauer, ,
CRO: -
Antragsteller: Med. Uni Graz
Ansprechpartner: Judith Hambauer

Die o.a. Studie wurde von der Ethikkommission erstmals im 'expedited Review' am 25.07.2013 behandelt. Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen:

Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung der Studie in der vorliegenden Form.

Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagesordnungspunkt als befangen anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben:
 keine

Zur Beurteilung vorliegende Dokumente:

Dokumente eingegangen am 04.07.2013, begutachtet im 'expedited Review' am 25.07.2013	
✓ Cover Letter	02.07.2013
Antragsformular undatiert	
✓ Antragsformular Unterschriftenseiten	03.07.2013
Originalprotokoll 1.0, undatiert	
Dokumente eingegangen am 29.08.2013, begutachtet im 'expedited Review' am 10.09.2013	
✓ Cover Letter	26.08.2013
✓ Antragsformular undatiert	
✓ Originalprotokoll	26.08.2013

Die Ethikkommission geht - rechtlich unverbindlich - davon aus, dass es sich um keine klinische Prüfung nach AMG bzw. MPG handelt.

Es handelt sich um eine Studie im Rahmen einer Diplomarbeit.

Das Votum der Ethikkommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung der Prüferin / des Prüfers / der Prüfer für die ordnungsgemäße Durchführung der Studie unter Einhaltung aller einschlägiger gesetzlicher Bestimmungen und Richtlinien.

Weiters machen wir darauf aufmerksam, dass der Kommission unverzüglich zu melden sind:

- Abweichungen vom Protokoll aus Sicherheitsgründen oder Protokolländerungen
- Änderungen, die das Risiko der Teilnehmer/-innen erhöhen oder die Durchführung der Studie

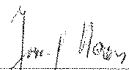
wesentlich beeinflussen

- Mutmaßliche unerwartete schwerwiegende Nebenwirkungen - SUSARs (AMG-Studien ab 1.5.2004)
oder schwerwiegende unerwünschte Ereignisse - SAEs (andere Studien)

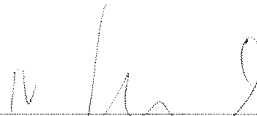
- Jegliche Information über sonstige Umstände, die die Sicherheit der Teilnehmer/-innen oder die
Durchführung der Studie beeinträchtigen können

Dieses Votum gilt für ein Jahr ab dem Datum der Ausstellung. Bei längerer Studiendauer ist rechtzeitig
vor Ablauf der Gültigkeit des Votums ein Zwischenbericht vorzulegen (Berichtsformular), um eine etwaige
Verlängerung zu erlangen.

Graz, 10. September 2013



Univ. Prof. DI Dr. Josef Haas
Vorsitzender



Univ. Prof. DDr. Hans-Peter Kapfhammer
Stv. Vorsitzender

Achtung: Bitte bei allen das Projekt betreffende Schreiben oder telefonischen Anfragen die EK-
Nummer angeben!