

# **Diplomarbeit**

## **Langzeitergebnisse nach Frakturen des Condylus radialis im Wachstumsalter**

eingereicht von

**Hans Wieser**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Kinderorthopädie**

**der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie**

unter der Anleitung von OA Dr. Michael Novak und OÄ PD Dr. Tanja Kraus

Graz, am 23.03.2018

*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 23.03.2018*

*Wieser Hans eh*

## **Danksagung**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen Personen bedanken, welche mir durch fachliche sowie persönliche Unterstützung zur Bewältigung dieser Arbeit verholfen haben.

Dabei gilt allen voran der größte Dank meinem Betreuer Dr. med. univ. Michael Novak, welcher mich mit seinem Engagement, fachlicher Expertise sowie vieler motivierender Worte durch die Herausforderungen dieser Arbeit geführt hat und mir damit nicht nur fachlich sondern auch menschlich ein Vorbild geworden ist.

Zudem danke ich meiner Zweitbetreuerin Priv.-Doz. Dr. med. univ Tanja Kraus für die zusätzliche Unterstützung und Korrekturlesung.

Ein großes Dankeschön gilt meinen Eltern Doris und Gerhard, für ihre bedingungslose Liebe und die Unterstützung in sämtlichen Lebenslagen.

Nicht zu vergessen sind mein Bruder Lennard und alle Freunde in- und außerhalb des Studiums, welche mich unterstützt und motiviert haben.

# Zusammenfassung

## **Einleitung:**

Frakturen des Condylus radialis stellen die zweithäufigsten Ellbogenfrakturen im Wachstumsalter dar. Als frühe Komplikation während der Behandlung findet sich in der Literatur vor allem die sekundäre Dislokation, selten auch eine mangelnde Kompression, die in einer Pseudoarthrose resultiert.

Das Ziel dieser Studie war es, die Langzeitergebnisse nach behandelten Condylus radialis Frakturen im Wachstumsalter zu erfassen und mögliche Risikofaktoren in der Behandlung zu identifizieren.

## **Material und Methoden:**

Die Studie inkludierte alle Patienten/innen, welche zwischen 2004 und 2013 aufgrund einer Condylus radialis Fraktur an der Universitätsklinik für Kinderchirurgie in Graz behandelt wurden. Die Patientendaten wurden aus dem zentralen Patientenverwaltungssystem des Krankenhauses (Medocs) gesammelt. Die Nachuntersuchung erfolgte klinisch-radiologisch mittels standardisierter Fragebögen (Mayo Elbow Performance Score und Quick DASH) und Röntgenbildern in zwei Standardebenen. Alle Frakturen wurden radiologisch nach den Klassifikationen von Milch, Song und Jakob beurteilt.

## **Ergebnisse:**

55 Patienten/innen (34 männlich und 21 weiblich) nahmen an der Nachuntersuchung teil. Das mittlere Alter zum Unfallzeitpunkt betrug 6,7 Jahre (1,8 bis 16). Zu den häufigsten Unfallmechanismen gehörten Stürze aus über 1m Höhe und Trampolinspringen. 26 Frakturen (47,3%) wurden initial operativ behandelt, 21 Frakturen (38,2%) erlaubten ein konservatives Vorgehen. Bei 6 Patienten/innen (10,90%) wurde die Entscheidung zur Operation nach dem ersten Kontrollröntgen aufgrund von sekundären Dislokationen getroffen. Zwei weitere sekundäre Dislokationen wurden erst nach drei Wochen festgestellt. Davon wurde nur bei einer eine Revisionsoperation durchgeführt. Behandlungskomplikationen stellten vorübergehende Dysästhesie (n=1), verzögerte Frakturheilung (n=1) und sekundäre Dislokation mit der Notwendigkeit zur Revisionsoperation (n=2) dar. In der Nachuntersuchung wurden keine funktionellen Einschränkungen beobachtet. Der MEPS zeigte in 91% exzellente und in 9% gute Ergebnisse. Auch der Quick DASH erbrachte in allen Fällen gute Werte (0 Punkte: 91%, 2 Punkte: 7%, 5 Punkte: 2%). Die Klassifikationen nach Song und Jakob zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit der Therapieentscheidung und dem Auftreten von sekundären Dislokationen.

## **Schlussfolgerung:**

Condylus radialis Frakturen bergen ein hohes Risiko zur sekundären Dislokation. Eine konsequente radiologische und klinische Beobachtung ist erforderlich, um eine adäquate Behandlung gewährleisten zu können. Die Klassifikationen nach Song und Jakob weisen zur Bewertung der

Frakturstabilität einen höheren prognostischen Wert auf als die Klassifikation nach Milch.

# Abstract

## Introduction:

Fractures of the humeral lateral condyle account for the second most “elbow” fractures during growth. Although late displacement and pseudoarthrosis are well-known complications during treatment there is a lack of knowledge about the long-term results. This study aimed to report the long-term results of lateral humeral condyle fractures and to identify possible risk factors during treatment.

## Methods:

The study included all patients treated with a fracture of the lateral humeral condyle between 2004 and 2013 at a level one paediatric trauma centre. Patient data, accident side and mechanism were evaluated by medical records. At follow-up, a clinical investigation was performed and standard questionnaires (Mayo Elbow Performance Score (MEPS) and Quick-DASH) were applied. All fractures were radiologically categorized according to Milch, Song, and Jakob.

## Results:

55 patients (34 male and 21 female) patients completed follow up after a mean of 8.4a (4.2 to 13.1). Mean age at accident was 6.7a (1.8 to 16.0). Fall from a height and trampoline jumping were the most common injury mechanisms.

26 fractures (47,3%) were initially treated operatively and 21 fractures (38,2%) allowed a conservative treatment. 6patients (10,90%) showed a secondary displacement at the x-ray control in the first week requiring operation. Two secondary dislocations were found after three weeks, one of them was operated. Treatment complications include transient dysaesthesia (n=1), delayed union (n=1), and secondary dislocation with need for surgical revision (n=2).

No functional impairment of the elbow joint was detected. The MEPS was “excellent” in 91% and “good” in 9%. Quick-DASH showed in all cases very good results (0 points: 91%, 2 points: 7%, 5 points: 2%). Song and Jakob Classification correlated higher to operative treatment and secondary fracture-dislocation than Milch Classification.

## Conclusion:

There is a high risk of secondary dislocation in lateral humeral condyle fractures. Consequent radiological and clinical observation is required to ensure appropriate management. Song or Jakob classification has higher prognostic value for the assessment of instability than Milch classification.

# Inhaltsverzeichnis

Wissenschaftlicher Hintergrund .....	1
1.1 Anatomische Grundlagen	1
1.1.1 Articulatio humeroulnaris	1
1.1.2 Articulatio humeroradialis	1
1.1.3 Articulatio radioulnaris proximalis	1
1.1.4 Gelenkkapsel und Bänder	2
1.1.5 Gelenksmechanik	2
1.2 Altersspezifische Besonderheiten bzw. Frakturheilung im Kindesalter	3
1.2.1 Knochenwachstum	3
1.2.2 Knochenheilung	5
1.2.3 Verletzungen am Bewegungsapparat des Kindes	9
1.3 Frakturen des Ellbogens im Kindesalter	9
1.3.1 Condylus radialis Fraktur	9
1.3.2 Suprakondyläre Humerusfraktur	9
1.3.3 Radiuskopffraktur	10
1.3.4 Olecranonfraktur	10
1.3.5 mediale Kondylenfraktur	10
1.3.6 Epidemiologie kindlicher Ellbogenfrakturen	11
1.4 Frakturen des Condylus Radialis im Wachstumsalter	11
1.4.1 Unfallmechanismus	11
1.4.2 Klassifikationen	13
1.5 Komplikationen distaler Humerusfrakturen	17
1.5.1 Bewegungseinschränkungen	17
1.5.2 Pseudoarthrose	17
1.5.3 Infektionen	17
1.5.4 Neuropraxie des N. ulnaris	18
1.5.5 Wachstumsstörungen	18
1.6 Diagnostik am kindlichen Ellbogen	19
1.6.1 Frakturzeichen	19
1.6.2 Erschwerte Diagnose gelenkbeteiligter Frakturen	19
1.6.3 Röntgenuntersuchung	20
1.6.4 Ergänzende Untersuchungen	21

1.7 Therapie der Condylus Radialis Frakturen	22
1.7.1 Unterschiede in der Therapie von diaphysären und epiphysären Frakturen	22
1.7.2 Grundlagen zur Behandlung von Gelenksfrakturen	22
1.7.3 Konservativ	23
1.7.4 Operativ	25
1.7.5 Outcome der Condylus radialis Frakturen	29
1.7.6 Fragestellung	29
<b>Material und Methoden .....</b>	<b>30</b>
2.1 Studiendesign	30
2.2 Patientenkollektiv	30
2.2.1 Einschlusskriterien	30
2.3 Begutachtung der Vorbefunde	31
2.4 Nachuntersuchung	31
2.4.1 Ellbogen-Scores	34
2.5 Statistik	38
<b>Ergebnisse .....</b>	<b>39</b>
3.1 Klassifizierung	40
3.2 Stabilität/ Sekundäre Dislokation	42
3.3 Therapie	42
3.4 Komplikationen	43
3.5 Funktionelles Ergebnis	44
3.6 Scores	45
3.7 Beeinflussende Faktoren und statistische Zusammenhänge	45
<b>Diskussion.....</b>	<b>50</b>
<b>Zusammenfassung und Fazit .....</b>	<b>60</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>62</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 direkte und indirekte Frakturheilung(15) .....	6
Abbildung 2 Beeinflussende Faktoren der diaphysären Frakturheilung(16).....	8
Abbildung 3 Salter-Harris und Aitken Klassifikation(70) .....	14
Abbildung 4 Song Klassifikation(71).....	15
Abbildung 5 Milch Klassifikation(36) .....	15
Abbildung 6 Jakob Klassifikation(71).....	16
Abbildung 7 Sekundäre Dislokation (rechts) einer Condylus radialis Fraktur(45).....	24
Abbildung 8 Bewegungsumfang des Ellenbogengelenks bei Flexion und Extension nach der Neutral-Null Methode(1).....	32
Abbildung 9 Bewegungsumfang des Ellenbogengelenks bei Pronation und Supination nach der Neutral-Null Methode(1).....	33
Abbildung 10 Der Qick DASH Fragebogen(60).....	36
Abbildung 11 Der Mayo Elbow Performance Score(61) .....	37
Abbildung 12 Unfallmechanismus .....	39
Abbildung 13 Milch-Klassifikation.....	40
Abbildung 14 Song-Klassifikation .....	41
Abbildung 15 Jakob-Klassifikation .....	41
Abbildung 16 Frakturstabilität.....	42
Abbildung 17 Implantate .....	43
Abbildung 18 Komplikationen .....	44
Abbildung 19 Einteilung der Frakturtypen nach Milch, Jakob und Song(66) .....	49
Abbildung 20 Frakturstabilität bei initialem Röntgen und Kontrollröntgen(66) .....	49
Abbildung 21 Fragebogen Seite 1 .....	65
Abbildung 22 Fragebogen Seite 2 .....	66

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Kraftgrade nach Janda(53).....	33
Tabelle 2 Frakturstabilität Song-Klassifikation.....	46
Tabelle 3 Therapieform Song-Klassifikation .....	46
Tabelle 4 Unfallmechanismus Song-Klassifikation .....	47
Tabelle 5 Frakturstabilität Jakob-Klassifikation.....	48
Tabelle 6 Therapieform Jakob-Klassifikation .....	48
Tabelle 7 Unfallmechanismus Jakob-Klassifikation .....	48

# Wissenschaftlicher Hintergrund

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die Physiologie des kindlichen Ellbogens, gefolgt von den möglichen Komplikationen der Condylus radialis Frakturen, sowie deren Diagnostik und Therapie. Damit wird sich der Fragestellung genähert werden, wie es um die Langzeitergebnisse kindlicher Condylus radialis Frakturen und deren derzeitige Therapiemöglichkeiten steht.

## *1.1 Anatomische Grundlagen*

Das Ellbogengelenk (Articulatio cubiti) wird aus drei Knochen gebildet, Humerus, Ulna und Radius, und lässt sich deshalb als zusammengesetztes Gelenk definieren. Es besteht aus:

- Articulatio humeroulnaris
- Articulatio humeroradialis
- Articulatio radioulnaris proximalis(1)

### 1.1.1 Articulatio humeroulnaris

Dieses Scharniergelenk wird aus der Trochlea humeri und der Incisura trochlearis ulnae gebildet. Die Trochlea ist ein Doppelkegel, welcher eine mittige Führungsrinne aufweist, in welche die Führungsleiste der zangenförmigen Incisura trochlearis ulnae eingreift. Dadurch entsteht eine solide Knochenführung. (1)

### 1.1.2 Articulatio humeroradialis

Die Gelenkskörper sind das Capitulum humeri und die Fovea articularis radii. Sie bilden ein Kugelgelenk, welches aufgrund des Bandapparates nur 2 Freiheitsgrade besitzt. Im Gegensatz zur Articulatio humeroulnaris nimmt es nicht nur an Extension und Flexion teil, sondern auch an der Pro- und Supination der Hand.(1)

### 1.1.3 Articulatio radioulnaris proximalis

In diesem Gelenk, welches rein für die Pro- und Supination zuständig ist bewegt sich die Circumferentia articularis radii in der Incisura radialis ulnae. Umfasst wird erstere dabei vom Ligamentum anulare radii, welches eigentlich einer Gleitsehne entspricht, da es aufgrund der partiellen Druckbelastung auch Knorpelzellen eingelagert hat.(1)

#### 1.1.4 Gelenkkapsel und Bänder

Die Kapsel des Ellbogengelenks schließt alle drei Gelenke ein, umfasst die Fossae coronoidea, radialis und olecrani, lässt aber die Epicondylen des Humerus aus. Bei Extension und Flexion werden jeweils die vorderen beziehungsweise hinteren Anteile gespannt, im Vergleich ist die Kapsel vorne stärker angelegt.

Der Bandapparat besteht aus den seitlich stabilisierenden Ligamenta collaterale radiale und ulnare, sowie dem Ligamentum quadratum, welches sich zwischen der Incisura radialis ulnae und dem Collum radii erstreckt.(1)

#### 1.1.5 Gelenksmechanik

Die Normwerte liegen hier für die Beugung bei 150 Grad, die Streckung 10 Grad, wobei Frauen vor allem in der Streckung zumeist einen größeren Gelenkumfang aufweisen. Die Umwendebewegungen des Ellbogens (Pronation und Supination) sind aus der Normalstellung in der Regel jeweils zu 80 bis 90 Grad möglich.(1)

##### 1.1.5.1 Gelenkstabilität

Am intakten Ellbogengelenk tragen sowohl Knochen, als auch Bänder und Muskulatur (samt ihrer Sehnen) zur Stabilität bei. Besonders wichtige knöcherne Strukturen sind hierbei der Processus coronoideus und das Radiusköpfchen. Zusammen fixieren sie das Gelenk in der frontalen Ebene. Das Radiusköpfchen trägt die Hauptlast bei axialer Krafteinwirkung, posterolateraler Rotation und Valgus-Stress.(2) Bei axialer Kraft werden je nach Stellung des Unterarms (Pro- oder Supination) ungefähr 60 Prozent über den Radius an das Ellbogengelenk fortgeleitet, der Rest wird über die Membrana interossea auf die Ulna (und weiter auf das Ellbogengelenk) übertragen.(3) Der Processus Coronoideus wiederum fixiert bei Varus-Stress und posteromedialer Rotation. Bei den ligamentären Strukturen ist vor allem das laterale Seitenband hervorzuheben, welches das Gelenk sowohl bei axialen Kräften, als auch unter Schwerkrafteinwirkung stabilisiert.(2)

##### 1.1.5.2 Belastungssituation des Ellbogengelenks im Alltag

Anhand zweier alltäglicher Bewegungsmuster soll veranschaulicht werden, welche punktuellen Belastungen auf unser Ellbogengelenk einwirken:

- Ausführende Bewegungen mit den Händen bzw. Armen (zum Beispiel einen Gegenstand aufheben oder tragen)

Der Ellbogen wird hierbei in der Regel so positioniert, dass die Außenseite nach oben zeigt und die Innenseite nach unten. Dadurch entstehen einerseits Zugkräfte an der Außenseite, allen voran am Seitenband, andererseits Druckkräfte an der Innenseite, welche die knöchernen Strukturen belasten. Dieser doch recht häufig angewandte Bewegungsablauf verdeutlicht, wie wichtig die Stabilität des lateralen Seitenbandes ist.(2) Eine weitere Voraussetzung für die Stabilität des Ellbogens in seitlicher Ebene ist die Stabilität der an das Seitenband angrenzenden Knochenstrukturen. Starke Zugbelastung des Seitenbandes, welche auf den Condylus radialis weitergeleitet wird ist oft auslösend für eine Fraktur und beeinflusst zudem entscheidend den Heilungsverlauf dieser.(4) Somit unterstreicht dieses Beispiel auch, wie wichtig die korrekte Versorgung einer Condylus radialis Fraktur ist.

- Drückende Bewegungen gegen den Widerstand des Körpergewichts (eine Tür aufstoßen, sich aus einem Sessel drücken, Fahrradfahren, Liegestütze machen)

Bei diesen Aktivitäten überträgt das Radiusköpfchen an die 60 Prozent der Druckbelastung von der Hand auf den Humerus. Zusätzlich ist der innere Bandapparat einem Valgusstress ausgesetzt, während auf den äußeren Bandapparat Kräfte aus der posterolateralen Unterarmrotation wirken.(2)

## ***1.2 Altersspezifische Besonderheiten bzw. Frakturheilung im Kindesalter***

### ***1.2.1 Knochenwachstum***

Der Prozess der Knochenreifung im Gelenksbereich, also an Epi- und Apophysen findet seinen Ursprung in Wachstumskernen. Diese entwickeln sich aus Knorpel und verknöchern zu unterschiedlichen Zeitpunkten(1):

#### ***Wachstumskerne des Humerus***

- Caput Humeri 12.-15. Lebensmonat
- Capitulum Humeri 1. Lebensjahr
- Trochlea humeri 12. Lebensjahr
- Tuberculum majus 2.-3. Lebensjahr
- Tuberculum minus 2.-4. Lebensjahr
- Epicondylus radialis 8.-13. Lebensjahr
- Epicondylus ulnaris 5. Lebensjahr

Wachstumskerne des Radius

- Caput radii 5.-7. Lebensjahr
- Tuberositas radii 10.-12. Lebensjahr

Wachstumskerne der Ulna

- Olecranon 8.-12. Lebensjahr(1)

Zusammenfassend kann behauptet werden, der Verknöcherungsprozess schreitet von diaphysär nach epiphysär voran, also vom Zentrum des Knochens nach distal. (5)

Zur Vereinigung der Wachstumskerne der Trochlea humeri, des lateralen Condylus und der lateralen epicondylären Apophyse kommt es erst kurz vor Wachstumsschluss. Dieser findet bei Jungen spätestens bis zu 23. Lebensjahr, bei Mädchen annähernd zwei Jahre zuvor statt. (6) Im Mittel ist das Längenwachstum bei Jungen mit  $17 \frac{9}{12}$  und bei Mädchen mit  $16 \frac{3}{12}$  Jahren abgeschlossen. (7)

Der Verlauf verschiedener Frakturmuster ist neben dem Unfallmechanismus auch dem feinstrukturellen Aufbau des Knochens geschuldet. Hierbei ist die Ausrichtung der Kollagenfibrillen hervorzuheben, welche zwischen einzelnen Knochenkernen verlaufen und diese dadurch stabilisieren. Im Bezug auf Condylus radialis Frakturen ist vor allem ein Fibrillenbündel bezeichnend, welches zwischen der Trochlea humeri und dem radialen Seitenband verläuft. Unter fortschreitender Verknöcherung des Capitulum humeri verliert dessen Knorpelgewebe an Elastizität. Zu diesem Zeitpunkt ist der wachsende Knochen deshalb besonders gefährdet, entlang des Verlaufs der Fibrillenbündel zu frakturieren. (8)

Das kindliche Skelett verhält sich sowohl hinsichtlich der unmittelbaren Auswirkung eines traumatischen Reizes, als auch in der darauffolgenden Heilungsphase anders als die Knochen eines Erwachsenen. Vor allem für die Frakturheilung spielt dabei das Knochenwachstum und die damit einhergehende gesteigerte Regenerationsfähigkeit eine große Rolle. Man unterscheidet Längenwachstum von Dickenwachstum. Für Ersteres ist die Epiphysenfuge verantwortlich, bei Verletzungen des kindlichen Bewegungsapparates ist sie des Öfteren temporär gestört. So selten auch ein permanenter Wachstumsstopp mit traumatischer Ursache ist, so schwerwiegend ist diese Komplikation. Das Dickenwachstum, welches vom periostalen System gesteuert wird ist bei traumatischer Einwirkung kaum beeinträchtigt. (9)

#### *1.2.1.1 Epiphysäres Längenwachstum*

Klinisch-traumatologisch lässt sich die Physe in zwei Zonen unterteilen. Der epiphysäre Anteil, welcher vermehrt aus Knochenmatrix besteht und proliferiert, sowie der

metaphysäre Anteil, in dem zelluläre Elemente überwiegen und sich keine Proliferation zeigt. (10)

Nach Trueta und Morgan setzt sich die Wachstumsfuge aus 5 Zonen zusammen:

- Knochenmatrix
- Proliferation
- Reifer und hypertropher Knorpel
- Mineralisierter Knorpel
- Zelldegeneration und Knochenbildung(11)

### 1.2.2 Knochenheilung

Grundsätzlich werden zwei Arten der Frakturheilung unterschieden, nämlich die indirekte und die direkte Frakturheilung.(12)

#### *1.2.2.1 Indirekte Frakturheilung*

Dieser Prozess findet natürlicherweise bei Knochenbrüchen statt, welche nur mittels Gips immobilisiert werden. Das bedeutet, die beiden Frakturende haben keinen direkten Kontakt, sie werden demnach erst unter Bildung eines Kallus (Knochenschwiele) wieder verbunden. Dieser Vorgang kann in fünf, teilweise ineinander übergehende Phasen unterteilt werden:

1. Verletzungsphase -Ausbildung eines Frakturhämatoms
2. Entzündungsphase (3-14 Tage) -Organisation des Hämatoms und Einschwemmung von Granulozyten, Makrophagen und Mastzellen, welche unter anderem Histamin und Heparin sezernieren
3. Granulationsphase (4-6 Wochen) –nach Abklingen der Entzündung wird das Hämatom durch Granulationsgewebe (weicher Kallus) ersetzt, welches überwiegend aus Kollagen, Fibroblasten und Kapillaren besteht
4. Kallushärtungsphase (3-4 Monate) –In dieser Phase beginnt die Mineralisation des weichen Kallus, das gebildete Granulationsgewebe differenziert schrittweise zu Geflechtknochen. Die Struktur richtet sich anfangs nach dem Kapillarnetz und passt sich erst später der Belastungsachse an
5. Remodellingphase (6-24 Monate) –der Geflechtknochen wird in lamellären Knochen umgebaut. Die ursprüngliche Knochenstruktur wird insofern wiederhergestellt, als dass

zuerst die Versorgung des Knochens mittels Havers- und Volkmann- Kanalsystem rückgebildet wird und im weiteren Verlauf wieder ein Markraum entsteht.(12–14)

### 1.2.2.2 Direkte Frakturheilung

Dieser Prozess setzt einen sehr kleinen Abstand der beiden Fraktarenden zueinander voraus (<1mm) und zeigt sich deshalb meist nur nach operativer osteosynthetischer Stabilisation einer Fraktur (z.B. Verschraubung, Verplattung oder Verdrahtung), oder bei Frakturen ohne Zerstörung des Periosts. Die Heilung verläuft hierbei ohne Bildung eines Kallus. Besteht ein kleiner Frakturspalt, so wächst zunächst kapillarreiches Bindegewebe ein. An dieses lagern sich daraufhin Osteoprogenitorzellen aus dem Periost und Endost an. Sie bilden Osteone (funktionelle Einheit aus Knochenkanal und umgebende Lamellen), welche zuerst parallel zum Frakturspalt geordnet sind und sich im Laufe der Zeit nach der Längsachse des Knochens ausrichten.(12,14)

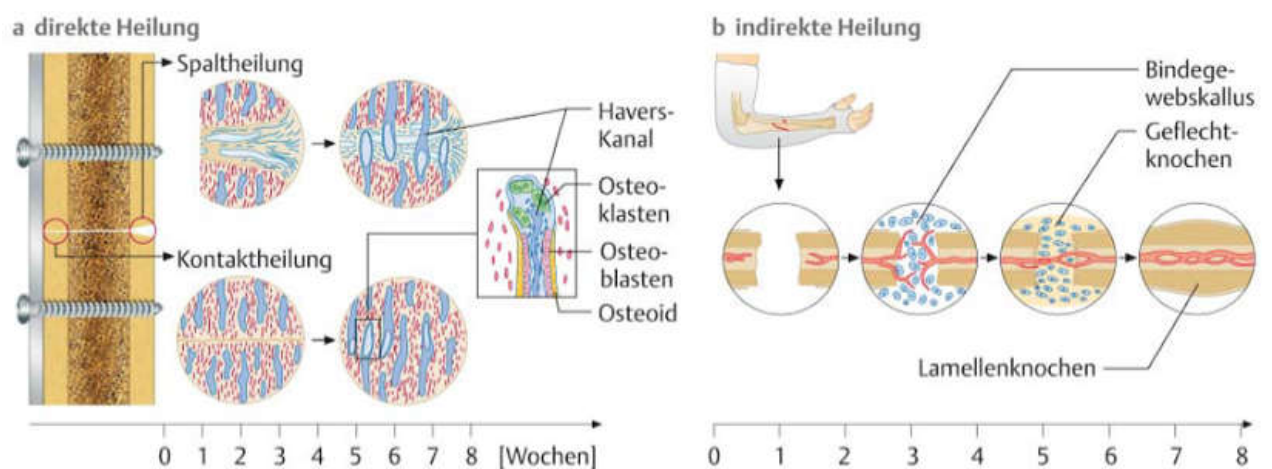


Abbildung 1 direkte und indirekte Frakturheilung(15)

### *1.2.2.3 Einflussgrößen der Frakturheilung*

Für die Art und Dauer des Heilungsprozesses von Frakturen spielen einige Faktoren eine große Rolle:

#### *1. Blutversorgung*

Maßgebend für eine rasche und komplikationslose Heilung ist eine gute Durchblutung beider Fraktarenden. Bei offenen Frakturen zeigen sich aus diesem Grund häufiger Knochennekrosen. Der Knochen wird unter physiologischen Bedingungen durch die innere Blutzufuhr aus dem Markraum und durch die äußere Blutzufuhr aus dem Periost ernährt. Für die ausreichende Durchblutung einer Fraktur ist vor allem die periostale Versorgung wichtig. Die endostale Durchblutung hängt vom Frakturgrad und einer eventuellen Dislokation ab. Bei operativer Versorgung einer Fraktur ist ein schonender Umgang mit dem umliegenden Weichteilgewebe von herausragender Bedeutung für den Heilungsverlauf. Minimalinvasive Techniken sowie geschlossene Repositionen können dabei helfen, iatrogene Schädigungen zu vermeiden und damit das Outcome zu verbessern.(16)

#### *2. Interfragmentäre Bewegungen*

Eine weitere wichtige Komponente zur Neubildung von Knochen ist die Bewegung der beiden Fraktarenden zueinander. Axiale Mikrobewegungen wirken sich positiv auf die Frakturheilung aus, da sie die Osteoblastenaktivität steigern. Ein höheres Ausmaß an Mobilität ist jedoch kontraproduktiv, da trotz Kallusbildung keine Verbindung zwischen den Fraktarenden aufgebaut werden kann. In der Folge können sich hypertrophe Pseudoarthrosen entwickeln.(16)

#### *3. Breite des Frakturspalts*

Wie bereits erläutert bestimmt der Abstand der Fraktarenden zueinander den Ablauf des Heilungsprozesses. Bei einem Frakturspalt bis zu 1 Millimeter findet die direkte Frakturheilung statt, ansonsten die indirekte Heilung unter Kallusbildung. Während bei

Abständen von 1-2 Millimeter ideale Bedingungen herrschen, nimmt die Bildung eines Kallus mit zunehmenden Abständen über 5 Millimeter deutlich ab.(16)

#### 4. Knochenspezifische Mediatoren

Der Knochenstoffwechsel wird einerseits systemisch durch Parathormon, Calcitonin und Vitamin D beeinflusst. In der Frakturheilungsphase kommen lokale Mediatoren hinzu, welche von Monozyten und Makrophagen vor Ort ausgeschüttet werden. Dazu zählen Wachstumsfaktoren (z.B. TGF- $\beta$ , IGF-1 und IGF-2), Matrixproteine (u.a. Osteocalcin, Osteogenin), Interleukine und TNF- $\alpha$ . Sowohl die systemisch wirksamen Hormone, als auch die lokalen Botenstoffe regulieren die Produktion und Aktivität von Osteoblasten und Osteoklasten und steuern somit die Neubildung des Knochens.(16)

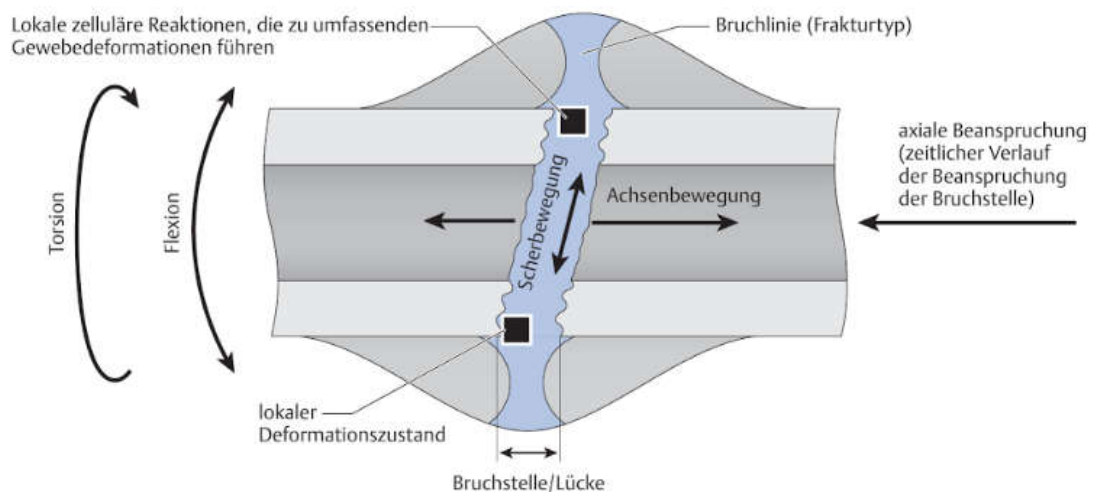


Abbildung 2 Beeinflussende Faktoren der diaphysären Frakturheilung(16)

### 1.2.3 Verletzungen am Bewegungsapparat des Kindes

Die meist günstige Prognose dieser Verletzungen ist hauptsächlich der Wachstumsreserve der knöchernen Strukturen und Weichteile zuzuschreiben. Das Muskel- und Sehngewebe ist von hoher Elastizität und der Knorpel ist bis zum Wachstumsabschluss teilungsfähig, weshalb sich traumatische chondrale Läsionen wieder verschließen können. (17)

Besonderheiten im Gegensatz zum Knochen des Erwachsenen:

- Epiphysenfuge (Wachstumszone)
- Periost: Die Knochenhaut ist im Kindesalter einerseits dicker, andererseits besser durchblutet als beim Erwachsenen. Damit trägt sie wesentlich zur Stabilität des Knochens und der schnelleren Heilung einer Fraktur bei.(18)
- Höhere Elastizität: Ein sich im Wachstum befindender kindlicher Knochen besitzt noch einen hohen Anteil an unverkalktem osteoiden Gewebe. Somit ist der relative Anteil an Kollagenfasern im Vergleich zum erwachsenen Knochen um einiges höher. Das dickere und elastischere Periost verleiht dem Knochen zusätzliche Elastizität.(19)
- Noch nicht verknöcherte Epiphysenregionen, welche die radiologische Diagnostik teils erschweren
- Schnellere Heilung, weshalb zumeist konservativ behandelt wird (17)

## **1.3 Frakturen des Ellbogens im Kindesalter**

### 1.3.1 Condylus radialis Fraktur

Diese Fraktur ist eine häufige Verletzung am kindlichen Ellbogen. Sie verläuft meist durch die Trochlea humeri, medial an dessen Knochenkern vorbei in Richtung Gelenk. Seltener wird durch die Fraktur der Kern des Capitulum miterfasst.(20)

### 1.3.2 Suprakondyläre Humerusfraktur

Dies ist die häufigste Ellbogenverletzung im Kindesalter. Die ellbogengelenksnahe Fraktur verläuft direkt oberhalb des Humeruskondyls transversal durch die Fossa coronoidea und wird meist durch einen Sturz auf die Hand bei gebeugtem Ellbogen ausgelöst.(21) Aufgrund der Anatomie des Humerus in diesem Bereich neigt diese Fraktur zur

sekundären Dislokation. Schon eine geringe Rotationsfehlstellung kann zum Abrutschen des distalen Fragments in Varusfehlstellung führen.(22)

### 1.3.3 Radiuskopffraktur

Diese Fraktur ist in etwa gleich häufig wie die Condylus radialis Fraktur. Zu ungefähr zwei Drittel handelt es sich dabei um subkapitale Frakturen. Im Kindesalter sind Frakturen welche bis ins Gelenk reichen aufgrund der offenen Wachstumsfuge selten.

Wenn das proximale Radiusende im Röntgen nicht orthograd getroffen wird ist eine nicht allzu stark dislozierte Fraktur in diesem Bereich oft schwer zu erkennen.(20)

### 1.3.4 Olecranonfraktur

Olecranonfrakturen werden bei jungen Kindern oft erst nach reaktiver Kallusbildung erkannt, da sich die Verknöcherung der Apophyse erst jenseits des achten Lebensjahres vollzieht. Das Verletzungsmuster dieser Fraktur ist meist ein direkter Sturz auf den Ellbogen. Daraus können eine isolierte Fraktur oder gleichzeitige Luxation des Gelenks und etwaiger Abriss eines Kondyls resultieren.(23)

### 1.3.5 mediale Kondylenfraktur

Die mediale Kondylenfraktur ist sowohl im Kindes- als auch Erwachsenenalter selten. Meist tritt sie bei älteren Jugendlichen kurz vor Schluss der Epiphysenfuge auf.(20)

Die Ursache ist typischerweise ein Valgusstress bei gestrecktem Ellbogen, wobei die Kraft des Aufpralls über das Olecranon oder den Processus coronoideus auf den medialen Kondyl fortgeleitet wird. Entgegen dieses Verletzungsmusters durch Druckbeanspruchung kann es auch durch übermäßigen Zug der Unterarmbeugemuskulatur zum Abriss des Kondyls kommen.(24)

Im Vergleich zur Condylus radialis Fraktur lässt sich leichter beurteilen ob die Fraktur disloziert ist, da das metaphysäre Fragment größer ist. Zudem ist eine sekundäre Dislokation seltener, da auf dem medialen Kondyl kein stetiger Druck durch den angrenzenden Knochen ausgeübt wird, so wie es beim radialen Kondyl durch das Radiusköpfchen der Fall ist.(20)

### 1.3.6 Epidemiologie kindlicher Ellbogenfrakturen

Studien aus den 1950er Jahren sahen die Suprakondyläre Humerusfrakturen als die mit Abstand häufigste Frakturart an, gefolgt von der Fraktur des lateralen Condylus und an dritter Stelle des medialen Condylus.(25–27)

Eine Studie aus dem Jahr 2016 beschreibt die Epidemiologie kindlicher Ellbogenfrakturen an 462 Fällen und listet die häufigsten Frakturformen wie folgt (28):

- Suprakondyläre Humerusfraktur 50,6%
- Radiuskopffraktur 15,7 %
- Condylus radialis Fraktur 13,5%
- Olecranonfraktur 11%
- Mediale Condylenfraktur 5,3%

Dem gegenüber steht eine Studie von 1986, in welcher 589 Kinder untersucht wurden (29):

- Suprakondyläre Humerusfraktur 55%
- Radiuskopffraktur 14%
- Condylus radialis Fraktur 12%
- Mediale Condylenfraktur 8%
- Olecranonfraktur 7%

Der Großteil an Ellbogenbrüchen ereignet sich dabei bei Stürzen aus der Höhe (23 Prozent), zu 10 Prozent sind sportliche Aktivitäten der Auslöser. Zudem treten im Sommer mehr als doppelt so viele Frakturen auf als im Winter.(29)

## ***1.4 Frakturen des Condylus Radialis im Wachstumsalter***

### 1.4.1 Unfallmechanismus

Grundsätzlich unterscheidet man in der Frakturstehung zwischen direkter axialer Gewalteinwirkung und indirekter Einwirkung über ein Biegemoment. Ein axialer Krafteinfluss führt zur direkten Fraktur (häufig mehrfragmentär) mit Fortleitung in das umliegende Weichteilgewebe. Die indirekte Zugbelastung hingegen verursacht meist

partielle Gelenksfrakturen in Form von knöchernen Ausrissen, da die beanspruchten Bandstrukturen der Belastung in der Regel standhalten. (9)

Die Art der Krafteinwirkung spielt in Bezug auf die Verletzungsfolgen eine große Rolle. Es wird angenommen, dass bei leichteren axialen Traumen die Wachstumsfuge als eine Art Puffer fungieren kann, welcher mögliche Frakturen verhindern kann. Bei diesem Verletzungsvorgang werden demnach praktisch keine Wachstumsstörungen beobachtet. Bei Biegungs- und Scherkräften aber zeigt sich der zur Wachstumsfuge hin gelegene Anteil der Epiphyse meist nur wenig widerstandsfähig, folglich sind sie oft der Auslöser sogenannter Salter-Harris I und II Frakturen. Diese Frakturtypen ziehen durch die Epiphysenfuge bzw. davon ausgehend bis in die Metaphyse. Um kurz die Definition der Gelenksverletzung näher zu behandeln sollte erläutert werden, dass jegliche Verletzung der Epiphyse mit einer Gelenksverletzung gleichzusetzen ist. Der Grund dafür ist, dass die Epiphyse auch die Funktion der Gelenksmodellierung innehat, und zwar durch kontrolliertes Wachstum des Gelenkknorpels.(9)

In Bezug auf Frakturen des Condylus radialis werden mehrere Unfallmechanismen in Betracht gezogen. (30)

In Beschreibungen aus dem Jahr 1900 wird angenommen, dass ein Sturz auf die Hand oder den inneren hinteren Anteil des Ellbogens bei gebeugtem Ellbogengelenk, sowie forcierte Adduktion des Unterarms zu einer solchen Fraktur führt.(31)

Eine amerikanische Studie aus dem Jahr 1954 sieht den Ursprung in einer posterolateralen Bewegung, bei der sowohl Zug- als auch Druckkräfte auf den Condylus radialis einwirken.(32)

Die sogenannte „push-off Theorie“ von Milch besagt wiederum, dass diese Frakturen ein Resultat von Kräften sind, welche durch den Radiuskopf geleitet dazu führen, den Condylus radialis durch Druckbelastung zu frakturieren. Dies geschieht in der Regel durch einen Valgusstress auf den gestreckten Arm.(33)

Im Gegensatz dazu steht die „pull-off Theorie“. Anatomische Studien aus dem Jahr 1975, welche diverse Bewegungsmuster als Ursache für eine Condylus radialis Fraktur untersuchten, postulieren, dass das Bewegungsmuster, welches Frakturen hervorruft, eine Adduktion des Unterarms bei gestrecktem Ellbogengelenk und supiniertem Unterarm darstellt. Es wird vermutet, dass die Fraktur durch die Zugkräfte des Ligamentum laterale sowie des Musculus Extensor Carpi Radialis Longus auf den Condylus radialis entsteht.(4) Aktuelle Untersuchungen nehmen an, dass jeweils verschiedene Unfallmechanismen zu unterschiedlichen Frakturtypen führen. So werden Milch Typ II Frakturen als

Avulsionsfrakturen angesehen, welche durch Zug der ansetzenden Muskeln und Bänder provoziert werden. Der selteneren Milch Typ I Fraktur werden hingegen ursächlich Druckkräfte des Radiuskopfes zugesprochen, meist durch das Fallen auf den ausgestreckten Arm hervorgerufen.(30)

Bei inkompletten Frakturen zieht der Frakturspalt nicht bis in den humeroradialen oder humeroulnaren Gelenksraum, sondern meist bis zu dem noch knorpeligen Anteil des distalen Humerus. Der Knorpel fungiert dabei als Stabilisator, welcher eine Dislokation des Frakturstücks verhindert.(4)

### 1.4.2 Klassifikationen

#### *1.4.2.1 Salter-Harris und Aitken Klassifikation*

Verletzungen an der Physe können durch die Klassifikationen von Salter-Harris oder Aitken eingeteilt werden. Sobald die Fraktur die Proliferationszone der knorpeligen Physe durchläuft (III/IV) muss mit Wachstumsstörungen gerechnet werden. Deshalb sind Kontrollen nach mindestens einem Jahr dringlich empfohlen, da so etwaige Spätfolgen wie z.B. Achsenabweichungen erkannt werden können.(17)

Salter-Harris I: isolierte Lösung der Epiphyse, ohne Knochenbeteiligung

Salter-Harris II (Aitken I): teilweise Lösung der Epiphyse mit metaphysärem Fragment

Salter-Harris III (Aitken II): Gelenksfraktur mit teilweiser Epiphysenlösung und Verlauf durch den Epiphysenkern

Salter-Harris IV (Aitken III): Gelenksfraktur der Epi- und Metaphyse, die Wachstumsfuge durchziehend

Salter Harris V: Kompression der Wachstumsfuge(34)

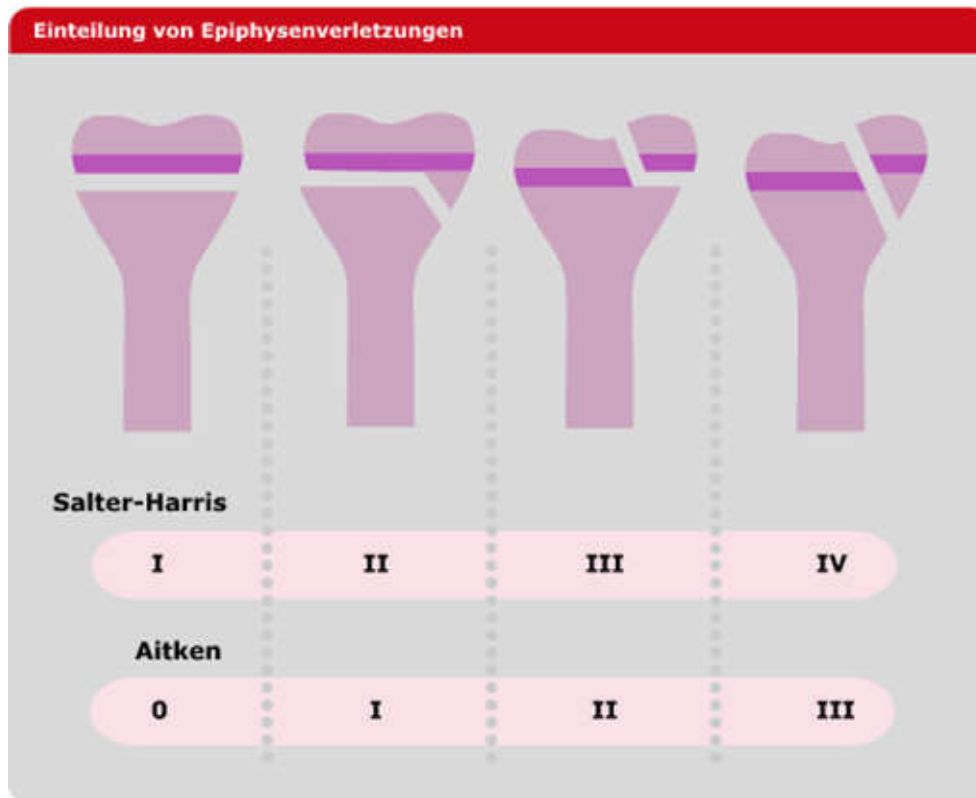


Abbildung 3 Salter-Harris und Aitken Klassifikation(70)

#### 1.4.2.2 Song-Klassifikation

Die Frakturen werden je nach Ausmaß der Dislokation und des Fraktur-Musters in 5 Grade eingeteilt. Festgelegt werden diese zwei Parameter mittels radiologischer Begutachtung in möglichst mehreren Ebenen (anteroposterior, lateral und intern schräg). Der Schweregrad wird dabei durch die Ansicht mit dem größten Dislokationsausmaß bestimmt. Bei den Graden 1 bis 3 darf das Fragment nicht mehr als 2mm disloziert sein, die Grade 4 und 5 kennzeichnen Frakturen, welche mehr als 2mm verschoben sind. Bei Grad 1 ist die Fraktur auf die Metaphyse limitiert. Bei Grad 2 zieht die Fraktur bis in den Gelenksknorpel, eine Spaltbildung findet sich aber nur im proximalen Anteil. Grad 3 zeigt eine Fraktur, welche bis in das Gelenk zieht, erkennbar an dem durchgängig breiten Frakturspalt. Die Unterscheidung zwischen den grob dislozierten Schweregraden 4 und 5 erfolgt anhand der Tatsache, ob das Frakturstück rotiert ist (Grad 5), oder nicht (Grad 4). Die Therapieempfehlung von Song et al. sieht dabei vor, Frakturen der ersten beiden Grade konservativ zu behandeln, die restlichen Fälle sollten operativ, wenn möglich mittels geschlossener Reposition und perkutaner Spickung versorgt werden.(35)

Stage	Degree of displacement	Fracture pattern	Radiograph views used as basis	Stability
1	≤2 mm	Limited fracture line within the metaphysis	All 4 views	Stable
2	≤2 mm	Lateral gap	All 4 views	Indefinable
3	≤2 mm	Gap as wide laterally as medially	Any of 4 views	Unstable
4	>2 mm	Without rotation of fragment	Any of 4 views	Unstable
5	>2 mm	With rotation of fragment	Any of 4 views	Unstable

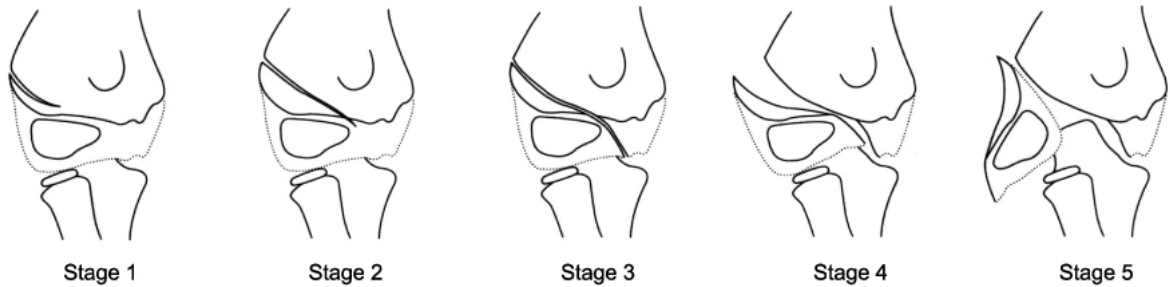


Abbildung 4 Song Klassifikation(71)

#### 1.4.2.3 Milch-Klassifikation

Milch beschrieb 1956 zwei verschiedene Frakturmuster der Condylus radialis Frakturen. Es geht bei dieser Einteilung in zwei Typen hauptsächlich um die Stabilität der Fraktur. Während bei Typ I die capitulotrochleare Furche intakt ist, zieht bei Typ II der Frakturspalt auch durch diesen Bereich, wodurch die letztgenannte Fraktur als instabil zu werten ist.(33)

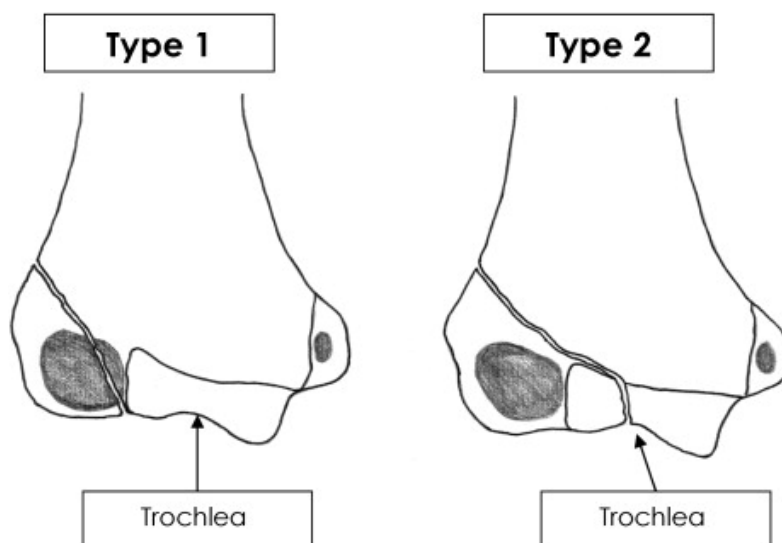


Abbildung 5 Milch Klassifikation(36)

#### 1.4.2.4 Jakob-Klassifikation

Diese Einteilung stammt aus dem Jahr 1975 und bezieht sich ebenfalls rein auf die Fraktur des Condylus radialis. Sie erfolgt nach drei Typen. Typ I stellt eine partielle, nicht dislozierte Fraktur dar, welche partiell in den epiphysären Knorpel zieht. Die Gelenksfläche bleibt somit intakt. Typ II ist eine komplette Fraktur, bei der das Fragment das Potential zur lateralen Dislokation aufweist, jedoch nicht rotiert ist. Typ III stellt den schwersten Verlauf dar, bei welchem das Frakturstück sowohl disloziert, als auch rotiert ist, und der Radiuskopf die Beziehung zum Capitulum humeri verloren hat.(4)

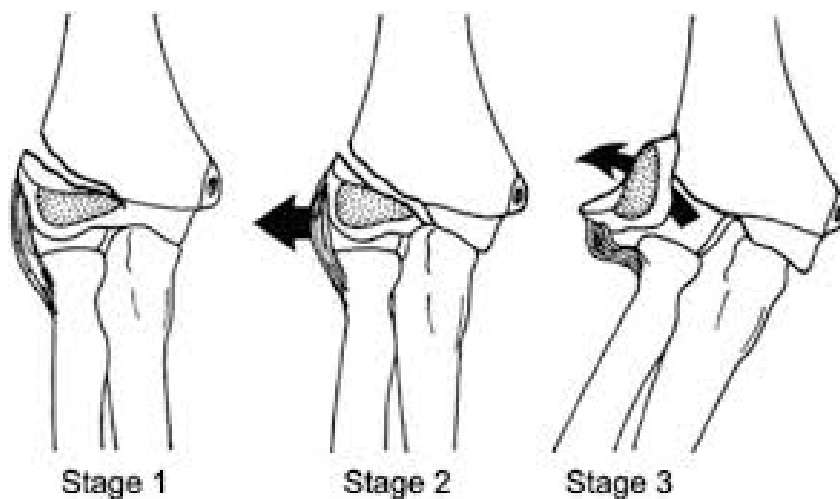


Abbildung 6 Jakob Klassifikation(71)

## ***1.5 Komplikationen distaler Humerusfrakturen***

### *1.5.1 Bewegungseinschränkungen*

Die reduzierte Beweglichkeit eines Gelenks nach einer Fraktur kann mehrere Ursachen haben:

- Kontraktur der Gelenkkapsel
- Fehlstellungen im Gelenk (Gelenkstufen) oder außerhalb (Abweichung der Kondylenachsen)
- Schädigung des N. ulnaris
- Einschränkende Implantate(37)

### *1.5.2 Pseudoarthrose*

Folgenden Faktoren begünstigen die Ausbildung einer Pseudoarthrose (37):

- Instabile Fixierung des Bruch-Fragments
- Zu frühe oder zu starke Mobilisierung
- Trümmerbruch der Metaphyse
- Verlust von Knochensubstanz
- Wird eine dislozierte Fraktur nicht reponiert und stabilisiert, ist unweigerlich das Entstehen einer Pseudoarthrose die Folge. Daraus resultieren wiederum oft Wachstumsstörungen, welche zu Irritationen des N. ulnaris führen können.(9)

### *1.5.3 Infektionen*

Die häufigste Ursache von Infekten im Frakturbereich sind lockere Osteosynthesen. Wesentliche Anzeichen auf ein Infektgeschehen sind Rötung und Schwellung, zunehmende Spannungsschmerzen, Fieber und erhöhte Entzündungswerte (BSG, CRP).(18) Infektionen im Bereich der Fraktur sind jedoch grundsätzlich selten. Sie sollten nach Erstellung eines Antibioграмms gezielt intravenös therapiert werden, bei Bedarf werden unter operativer Revision Debridements vorgenommen.(37)

Ein lokales Infektgeschehen stellt bei operativ versorgten Frakturen die absolute Indikation zur Metallentfernung dar.(38)

#### 1.5.4 Neuropraxie des N. ulnaris

Diese Komplikation kann durch einen achtsamen Umgang mit dem Nerven während der Operation mehrheitlich vermieden werden. Eine dauerhafte Beeinträchtigung ist selten, Symptome wie initiales Kribbeln oder ein passageres Schwächegefühl werden allerdings regelmäßig beobachtet. Wichtig dabei ist, den Verlauf des N. ulnaris zum Implantat im Operationsbericht zu vermerken, falls eine postoperative Dekompression notwendig ist.(37)

#### 1.5.5 Wachstumsstörungen

Prinzipiell sind hemmende von stimulierenden Wachstumsstörungen zu unterscheiden. Beide können sich nur entwickeln, solange die Wachstumsfugen noch aktiv sind. Die stimulierenden Störungen treten meist nur passager während der Heilungsphase auf, hemmende Störungen hingegen dauern bis zum Ende des Knochenwachstums an.(20)

Nach Condylus radialis Frakturen stehen vor allem Konsolidierungsverzögerungen im Vordergrund, welche durch den geringen Wachstumsanteil der distalen Epiphysenfuge (20%) am Längenwachstum des Humerus und den radialen Druckverhältnissen auf den Condylus entstehen. Bei verzögerter Konsolidierung kommt es oft zusätzlich zur Stimulation der Wachstumsfuge in diesem Bereich und durch das relative Mehrwachstum zur Varisierung der Ellbogenachse.(18)

Bei medialer Instabilität einer Condylus radialis Fraktur kann sich eine „Fischschwanzdeformität“ entwickeln. Diese bezeichnet eine radiologisch sichtbare Einziehung der Trochlea, welche erst nach Fugenschluss sichtbar wird und klinisch in der Regel keinen Einfluss auf die Achse und Funktion des Ellbogens hat.(20)

Zu erwähnen ist, dass nicht nur bei rein epiphysären, sondern auch bei allen peri-epiphysären Verletzungen Vorsicht geboten ist. Denn auch metaphysäre Frakturen, sowie Epiphysenlösungen können zu partiellen Fugenverschlüssen führen. Traumatologisch betrachtet ist die Blutversorgung dieses Gebiets von enormer Wichtigkeit.(9)

Das Ellbogengelenk wird vom sogenannten „Rete articulare cubiti“ versorgt. Es bildet sich aus den Arteriae collaterales media, radialis, ulnaris superior und -inferior und drei rückläufigen Arteriae recurrentes aus den Arteriae radialis, interossea posterior und ulnaris.(1)

Durch möglichst minimalinvasives Operieren und adäquate postoperative Behandlung lässt sich die Anzahl der Komplikationen deutlich senken. Mögliche Gefahrenquellen in der operativen Therapie können folgende Punkte darstellen (18):

- Falsche Wahl und Größe des Zugangs
- Keine Darstellung schützenswerter Strukturen, vor allem wichtiger Nerven
- Übermäßige Denudierung des Knochens
- Unsachgemäßes Einbringen des Osteosynthesematerials

## ***1.6 Diagnostik am kindlichen Ellbogen***

### *1.6.1 Frakturzeichen*

Sichere Frakturzeichen:

- Fehlstellung
- Abnorme Beweglichkeit
- Krepitationen
- Erkennbare Knochenfragmente bei offenen Frakturen

Unsichere Frakturzeichen:

- Schmerz
- Hämatombildung
- Eingeschränkte Funktion
- Schwellung(34)

### *1.6.2 Erschwerte Diagnose gelenksbeteiligter Frakturen*

Aufgrund der knorpeligen Epiphysenanteile lassen sich Läsionen in diesem Bereich oft nicht mit dem Röntgen sicher nachweisen. Bei Verdacht auf Gelenksbeteiligung sind seitenvergleichende Röntgenaufnahmen eine Möglichkeit, weiters kann im Zweifelsfall auf ein CT oder arthroskopische Diagnostik zurückgegriffen werden.(17)

Die Diagnosestellung bei Condylus radialis Frakturen kann sich vor allem bei sogenannten "hängenden" Frakturen als schwierig erweisen, bei welchen der Frakturspalt nicht durch die gesamte Knorpelschicht verläuft. Diese Frakturen sind auch in ihrer Abwägung zur therapeutischen Versorgung schwerer zu beurteilen, als vollkommen dislozierte Frakturen, welche grundsätzlich immer operativ versorgt werden.

### 1.6.3 Röntgenuntersuchung

Im Kindesalter sollte bei unklarem Röntgenbefund auf ein Röntgen der Gegenseite verzichtet werden, es wird eher geraten, die Aufnahme in korrekter Positionierung zu wiederholen, oder den Rat eines/einer Kindertraumatologen/in einzuholen. (9)

Die Differenzierung in stabile und instabile Condylus radialis Frakturen ist röntgenologisch vor allem primär schwierig. Da die kindliche Trochlea humeri noch nicht vollständig verknöchert ist lassen sich viele dieser Frakturen nicht darstellen, oder ihr Verlauf nicht gänzlich einschätzen.

Vermutete Frakturen des Condylus radialis sollten primär ruhiggestellt werden und nach kurzer Zeit noch einmal röntgenologisch untersucht werden, da oft erst dann der Frakturverlauf ersichtlich wird und erst dann die korrekte Diagnose einer dislozierten/nicht dislozierten Fraktur gestellt werden kann.(20)

Zum geeignetsten Zeitpunkt für das erste Kontrollröntgen finden sich in der Literatur verschiedene Angaben:

Von Laer et al empfehlen um den vierten Tag ein gipsfreies Röntgen durchzuführen. Ist die Fraktur bis zu diesem Zeitpunkt nicht disloziert, so kann sie als stabil gewertet werden und konservativ weiterbehandelt werden.(20)

Ruedi, Buckley et al empfehlen ab dem sechsten bis zehnten Tag das erste Kontrollröntgen, da sich der Frakturverlauf häufig erst nach dieser Zeit beurteilen lässt.(9)

Die AWMF (Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften) rät zur gipsfreien Röntgenkontrolle nach 4 bis 7 Tagen und in fraglichen Fällen zusätzlich nach 14 Tagen, zum Ausschluss sekundärer Dislokationen.(39)

Grundsätzlich sollten zur Abklärung einer Fraktur immer Röntgenaufnahmen in 2 senkrecht aufeinander stehenden Ebenen gemacht werden. Somit werden Frakturen, welche in einer Ebene lediglich als Verdichtungslinie erkennbar sind weniger leicht übersehen und die Art und das Ausmaß möglicher Dislokationen können beurteilt werden.(34)

Die spezielle Fragestellung einer Condylus radialis Fraktur empfiehlt weiters eine intern oblique Röntgenaufnahme. Da das Frakturfragment oft nach posterolateral disloziert bietet diese Aufnahme aus der Schrägansicht eine gute Möglichkeit die Fraktur zu erkennen, sowie eine gezieltere Einschätzung des Frakturausmaßes zu bestimmen. Vor allem undislozierte oder gering dislozierte (<2mm) Frakturen sind vielfach nur in dieser Ebene sichtbar.(30)

Ein für Ellbogengelenksfrakturen spezifisches Frakturzeichen ist das Hervortreten des hinteren Fettkörpers. Dieser liegt intraartikulär, jedoch extrasynovial und wird im Falle eines posttraumatischen Gelenksergusses in der seitlichen Röntgenaufnahme sichtbar. Somit besteht die Möglichkeit undislozierte Frakturen, bei welchen primär kein Frakturspalt ersichtlich ist, frühzeitig zu detektieren.(40)

#### 1.6.4 Ergänzende Untersuchungen

Bei komplexen oder intraartikulären Frakturen sollte in Ergänzung eine Schnittbilddiagnostik gemacht werden, im Kindesalter aus strahlenhygienischen Gründen bevorzugt die Magnetresonanztomographie (MRT), wenn erforderlich jedoch auch eine Computertomographie (CT). Damit ist die Darstellung des exakten Frakturverlaufs und der Stellung einzelner Fragmente zueinander möglich.(34) Der Vorteil in der MRT beruht dabei vor allem auf der Möglichkeit, die Weichteilsituation begutachten zu können. Bei Fragestellungen zur Stabilität ist der Zustand des knorpeligen Frakturanteils maßgebend, denn Frakturen, welche nicht durch den kompletten Gelenksknorpel ziehen bleiben in der Regel stabil.(4) Die Nachteile der Magnetresonanztomographie sind einerseits die höheren Kosten, andererseits die Notwendigkeit zur Sedierung bei Kindern unter 6 Jahren. Letzteres stellt häufig eine Belastung für das Kind und deren Eltern dar.(30)

In der kindlichen Frakturdiagnostik stellt die Sonografie eine Ergänzung zum Röntgen dar. (34) Für die Evaluation der Weichteile, allen voran der knorpeligen Strukturen ist der Ultraschall ein geeignetes Instrument. Hervorzuheben ist dabei jedoch, dass die Qualität der Untersuchung stark von dem/der Untersucher/in abhängt. Bei korrekter Durchführung ist die Sonografie jedenfalls geeignet, ohne Sedierung eine schnelle und gezielte Diagnostik zu betreiben. Die Anwendung in mehreren Ebenen kann für das Planen eventueller operativer Maßnahmen hilfreich sein.(41)

Eine Möglichkeit der invasiven Diagnostik bietet die Arthrografie. Da sie aber einem operativem Setting und der Sedierung des/ der Patienten/in bedarf ist diese Untersuchung mehr zur intraoperativen Evaluierung als zur Basisdiagnostik geeignet.(30)

## ***1.7 Therapie der Condylus Radialis Frakturen***

### **1.7.1 Unterschiede in der Therapie von diaphysären und epiphysären Frakturen**

Während bei diaphysären Frakturen im Kindesalter lediglich 10 Prozent einer chirurgischen Behandlung bedürfen, benötigen epiphysäre Frakturen zu 90 Prozent chirurgische Versorgung, da Achsenabweichungen und Stufenbildung im Gelenksbereich nicht toleriert werden dürfen. Bei der operativen Behandlung ist unbedingt auf die Blutversorgung der Epiphyse zu achten, denn bei starker chirurgischer Beanspruchung des Gewebes können Epyphyseolysen oder Nekrosen entstehen.(17)

Achsenabweichungen im Epiphysenbereich stellen eine besondere Problematik dar, da sie sich im Gegensatz zu diaphysären Frakturen im Wachstumsverlauf nicht korrigieren, sondern meist verschlimmern. Ausschlaggebender Faktor ist dabei, wie stark die germinative Zone betroffen ist und ob es sich um eine asymmetrische Läsion handelt, welche zu größerer Achsenabweichung neigt. (17)

Kontrakturen und Bewegungseinschränkungen sind im Kindesalter auch nach mehrwöchiger Ruhigstellung selten, sollten aber abgeklärt werden, wenn sie länger als ein halbes Jahr bestehen. Sie können aus intraartikulären Verklebungen, oder auch Gelenksfehlstellungen resultieren und bergen die Gefahr der dauerhaften Versteifung.(17)

Die Fraktur des Condylus radialis betrifft meist die Wachstumszone (Salter-Harris 3 oder 4), worauf meist die chirurgische Reposition und Fixation mit Kirschner Drähten oder Schrauben indiziert ist. Häufige Komplikation nach unvollständiger Reposition ist ein Cubitus Valgus infolge eines lateralen Wachstumsstopps. Im weiteren Verlauf können auch Lähmungen des Nervus ulnaris resultieren. (17)

### **1.7.2 Grundlagen zur Behandlung von Gelenksfrakturen**

Frühere konservative Behandlungsversuche dislozierter Gelenksfrakturen wiesen eine hohe Rate an Komplikationen auf. Ein Fragment, welches unter Spalt- oder Stufenbildung anheilt kann die Stabilität vermindern, zu Schmerzen führen und die Funktion erheblich beeinträchtigen. Weiters kann die entzündliche Reaktion durch inkorrekte Therapiemaßnahmen verstärkt werden und zu starker Fibrosierung des Gelenks führen. Eine Achsenfehlstellung oder Instabilität führt zur vorzeitigen Degeneration, da die Kraft ungleichmäßig auf die Gelenksfläche verteilt ist. Grundsätzlich ist, sofern indiziert eine frühestmögliche operative Versorgung anzustreben. Wenn aber in der klinischen

Untersuchung ein diffus geschwollener Weichteilmantel imponiert oder oberflächliche Wunden bestehen ist eine Operation in den ersten Tagen kontraindiziert.(9)

Behandlungsgrundsätze:

- Immobilisation induziert Kontraktur
- Immobilisation nach Operation verstärkt diese Problematik
- Größere Impressionen der Gelenksfläche führen zu dauerhafter Instabilität
- Schnellstmögliche Mobilisierung des Gelenks fördert die Heilung und vermindert das Risiko der Einsteifung. Die stabile Osteosynthese bietet dabei eine geeignete Therapieoption.(42)

Die Ziele der Frakturversorgung sind prinzipiell:

- Adäquate Schmerzbehandlung
- Gewährleistung der uneingeschränkten Funktion
- Möglichst schnelle Mobilisierung
- Vermeiden mehrmaliger Repositionsversuche
- An den/die Patienten/in angepasste Therapiemethode
- Bestmögliches Resultat mit möglichst wenig Invasivität
- Vermeiden von Komplikationen(9)

### 1.7.3 Konservativ

Die meisten kindlichen Frakturen können aufgrund des guten Heilungspotentials mit einem Gips versorgt werden. Das gilt jedoch nicht für Brüche im Gelenksbereich, wo aufgrund möglicher späterer Achsenfehlstellungen eine genaue Reposition der Fraktur angestrebt werden muss. Somit können lediglich undislozierte Frakturen (bis 2mm) konservativ behandelt werden.(43)

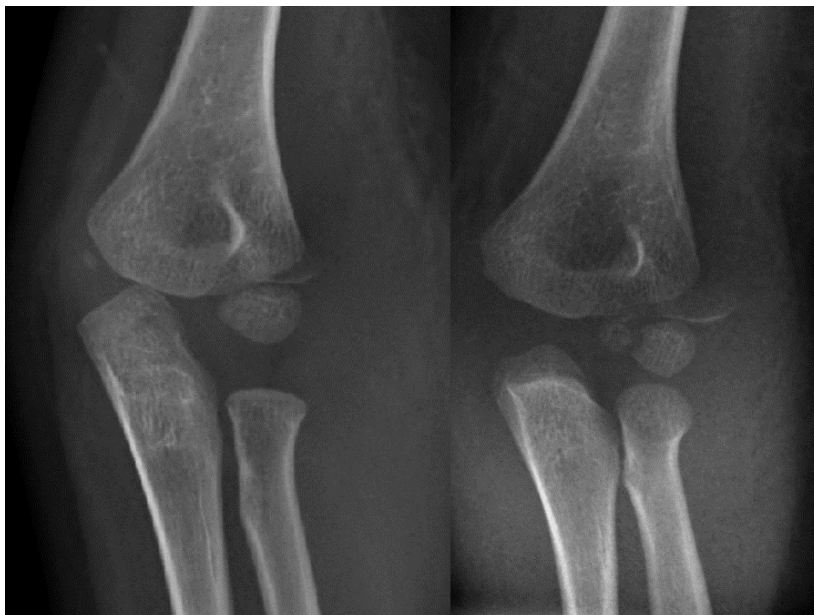
Bei stabilen undislozierten Frakturen wird zunächst eine Oberarmgipsschiene angelegt. Bereits nach wenigen Tagen sollte die erste gipsfreie Röntgenkontrolle stattfinden, um mögliche sekundäre Dislokationen frühzeitig erkennen zu können. Bei stabilen Verhältnissen wird ein zirkulärer Gips für weitere 3 Wochen angelegt. Nach insgesamt 3-4 Wochen Ruhigstellung wird radiologisch die Konsolidierung des Knochens im Frakturbereich überprüft. Ist die Fraktur gut durchbaut kann der Gips entfernt werden und mit der spontanen Mobilisation des Ellenbogens begonnen werden. Diese sollte nach ungefähr zwei Wochen noch einmal überprüft werden, um bei etwaigen Bewegungseinschränkungen eine physiotherapeutische Nachbehandlung einleiten zu können.(44)

### *1.7.3.1 Sekundäre Dislokation*

Fragmentverschiebungen in der ersten Röntgenkontrolle oder danach, sprich eine sekundäre Dislokation der Fraktur bedürfen eines Therapiewechsel im Sinne einer operativen Versorgung mittels Osteosynthese.(39)

Der wichtigste Bereich zur Beurteilung einer sekundären Dislokation ist der zentrale Frakturbereich, nicht der dorsale oder laterale. Kommt es hier zur Öffnung des Frakturspalts um mehr als zwei Millimeter, so muss die Fraktur als komplett und instabil gewertet werden. Weitere sichere Instabilitätszeichen sind reine Seit-zu-Seit Verschiebungen des Frakturfragments in der anterior-posterioren Aufnahme, sowie eine Antekurvationsstellung in der seitlichen Röntgenaufnahme.

Eine wichtige Information für die Eltern des betroffenen Kindes ist, dass die sekundäre Dislokation auch bei Tragen eines Gipses auftreten kann und nicht durch das Durchführen eines gipsfreien Röntgen ausgelöst wird.(20)



**Abbildung 7 Sekundäre Dislokation (rechts) einer Condylus radialis Fraktur(45)**

#### 1.7.4 Operativ

Bei epi- und metaphysären Brüchen kommen meist Kirschner-Drähte oder kanülierte Schrauben zur Anwendung.(9)

Der Operationszeitpunkt sollte grundsätzlich so schnell wie möglich gewählt werden, sofern keine lokalen oder allgemeinen Limitationen seitens des/der Patienten/in bestehen. Dazu würden beispielsweise ein schwerer Weichteilschaden im Frakturbereich sowie ein Polytrauma zählen. In diesen Fällen sollte nach Behandlung der priorisierten Problematik der frühestmögliche Zeitpunkt zur sekundären Versorgung der Fraktur gewählt werden. Eine überbrückende Ruhigstellung kann dabei durch einen Fixateur externe oder durch Gipsanlage erzielt werden. Weichteilschwellungen alleine stellen keine OP-Kontraindikation dar, da sie sich zum größten Teil aus Hämatom bestehen und der Wundschluss nach operativer Ausräumung problemlos möglich ist.(18)

##### *1.7.4.1 Radialer Zugang*

Indikationen für diesen Zugangsweg stellen Frakturen des Condylus radialis, des Capitulum humeri sowie des Radiushals und -köpfchens.(18)

Ein allgemeiner Grundsatz bei Operationen im Gelenksbereich ist, so minimalinvasiv wie möglich vorzugehen. Dies sollte postoperative Verwachsungen und speziell am Ellbogen häufig auftretende heterotope Ossifikationen vermeiden. Die Größe der Inzision sollte dabei sorgsam abgewogen werden. Einerseits begünstigen zu große Inzisionen Verwachsungen, andererseits fordern zu kleine Inzisionen einen stärkeren Hakenzug, was wiederum zur Traumatisierung des umliegenden Weichteilgewebes führen kann. Insgesamt sollten die anatomischen Gegebenheiten des Operationsgebietes berücksichtigt werden und schützenswerte Strukturen wie der Nervus ulnaris im Falle eines erforderlichen ulnaren Zugangs zur Darstellung gebracht werden.(18)

Der Hautschnitt sollte etwa 8 Zentimeter lang bogenförmig über den Epicondylus radialis verlaufen, vom distalen Humerus zum proximalen Radius. Daraufhin wird zuerst die Oberarmmuskulatur gespalten, dann die Inzision auf den Unterarm erweitert. Als Orientierungspunkt dafür dient proximal das Septum intermusculare brachii laterale zwischen dem Musculus triceps brachii und dem Musculus brachioradialis. Distal wird die Grenze zwischen dem Musculus extensor carpi radialis und dem Musculus extensor digitorum als Anhaltspunkt herangezogen. Als Alternative kann auch ein Zugangsweg weiter dorsal gewählt werden, zwischen dem Musculus anconeus und dem Musculus extensor carpi ulnaris. Nun folgt die Darstellung des radialen Gelenkanteils durch

Längsinzision der Gelenkkapsel über dem lateralen Teil des Radiusköpfchens und Verlängerung des Schnitts proximal in Richtung Crista supracondylaris. Wenn erforderlich wird das laterale Seitenband inzidiert oder vom Epicondylus radialis abgelöst und das Ligamentum anulare radii gespalten.(18)

Die Lagerung spielt hierbei eine wichtige Rolle, da die zu operierende Extremität für den Operateur sowie für intermittierende Durchleuchtungen leicht zugänglich sein sollte.(46)

Nach jeder operativen Versorgung sollte direkt anschließend eine radiologische Bildgebung zur Kontrolle der Reposition veranlasst werden. Diese Aufnahmen bilden einen Vergleichswert zu den Follow Up-Bildern.(46)

#### *1.7.4.2 Kirschner-Drähte*

Im Falle einer Condylus radialis Fraktur werden die zwei Kirschner Drähte divergierend durch das Fragment des Condylus radialis eingebracht. Gerade im Bereich der Wachstumsfuge ist Vorsicht geboten, sie sollte nach Möglichkeit nur mit Kirschner-Drähten überkreuzt werden, welche bestenfalls langsam von Hand eingebohrt werden. Keinesfalls sollten wiederholte Bohrungen oder das Einbringen mehrerer Drähte vom selben Ursprungspunkt erfolgen. Perkutan eingebrachte Kirschner-Drähte können in der Regel nach 3 bis 4 Wochen entfernt werden, versenkte Drähte in der Regel nach 3-4 Monaten. Perkutane Drähte bergen im Gegensatz zu Schrauben eine erhöhte Infektionsgefahr und müssen immer zusätzlich mit einem Gips immobilisiert werden.(9)

#### *1.7.4.3 Geschlossene Reposition*

Um das Fragment zu reponieren wird auf das Ellbogengelenk Zug und Varusstress ausgeübt. Bei instabilen, nichtrotierten Frakturen (Song Klassifikation 3 und 4) wird das Frakturstück zusätzlich manuell nach anteromedial gedrückt. Bei rotierten Frakturen (Song Klassifikation 5) kann ein zusätzlich eingebrachter Kirschner Draht als „Joystick“ fungieren. Sobald das Frakturstück in Position ist, sollte der Ellbogen unter Valgusstress leicht gestreckt werden, der Unterarm gleichzeitig supiniert. Damit wird versucht, die Fraktur stabil repositioniert zu halten. Nun wird mittels Röntgen oder Durchleuchtung evaluiert, ob der Frakturspalt unter 2mm beträgt, und die Fraktur damit als anatomisch repositioniert zu werten ist. Ist das der Fall kann die Fraktur mit Kirschner Drähten durch perkutanes „pinning“ fixiert werden. Ist eine geschlossene Reposition unter 2mm nicht möglich, sollte eine offene Reposition durchgeführt werden. In jedem Fall wird

postoperativ ein Gips für 4 Wochen angelegt, die Drähte können nach 4 bis 5 Wochen entfernt werden.(35)

Da die geschlossene Reposition technisch anspruchsvoll ist, bedarf es einer Lernperiode, um einerseits das Frakturmuster richtig interpretieren zu können und andererseits die manuellen Fertigkeiten zu entwickeln, um konstant gute Ergebnisse zu erzielen.(47)

Die offene Reposition wird laut Song lediglich bei fehlschlagen des geschlossenen Repositionsversuchs empfohlen.(35)

#### *1.7.4.4 Offene Reposition*

Hierbei wird der Ellbogen im Bereich der Fraktur, über dem lateralen Condyl eröffnet. Hierbei sollte darauf geachtet werden, die Inzision so klein wie möglich zu halten, um die Blutzufuhr in dieser Region nicht zu schädigen. Sobald das Fragment identifiziert ist, ist gründliches Spülen ratsam, um eine bestmögliche Sicht –vor allem auf die Gelenkoberfläche- zu gewährleisten. Um unter Reposition Spannung vom Frakturstück zu nehmen ist es ratsam den Ellbogen zu flektieren. Dann kann mittels geeigneten Instrumentariums (zum Beispiel einer Knochenfasszange) die anatomische Reposition des Fragments angestrebt werden, wobei wichtigster Faktor ist, eine kongruente Gelenkoberfläche zu erzielen. Zur Evaluation sollte auch hier eine radiologische Bildgebung gemacht werden. Sobald die Reposition gelungen ist kann die Fraktur fixiert werden.(46)

#### *1.7.4.5 Verschraubung*

Ein Vergleich der operativen Versorgung mittels Kirschner-Drähten und kanülierten Schrauben weist keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome auf. Kirschner-Drähte können durch den Knochenkern des Capitulum gelegt werden, ohne diesen zu beschädigen. Das Gelenk muss jedoch länger extern mittels Gips fixiert werden. Bei Verschraubung weist die Fraktur eine höhere Stabilität auf, wodurch das Gelenk schneller mobilisiert werden kann. Bei jüngeren Patienten/innen und kleinen Fragmenten empfiehlt sich die Osteosynthese mittels zweier divergierender Kirschner-Drähte, bei größeren Fragmenten kann auf die Schraubenosteosynthese, gegebenenfalls kombiniert mit einem queren Kirschnerdraht, zurückgegriffen werden. In beiden Fällen erfordert die Entfernung versenkter Implantate aber einen zweiten operativen Eingriff.(48) Wichtig ist zudem, die

richtigen Schrauben zu verwenden, wobei hier vor allem auf das Gewinde zu achten ist. Übliche Feingewindeschrauben sind für die Spongiosa des distalen Humerus schlecht geeignet, daher empfiehlt es sich, auf Schrauben mit grobem Gewinde zurückzugreifen. Weiters sollte die Schraube möglichst nicht in die Wachstumsfuge oder die Gelenksoberfläche eindringen.(49)

Aufgrund des natürlichen Bewegungsdrangs ist die Physiotherapie nach Operationen bei Kindern praktisch nie notwendig. (9)

#### *1.7.4.6 Resorbierbare Materialien*

In den 90er Jahren wurden die ersten resorbierbaren Materialien aus Poliglykoiden in der Unfallchirurgie und Orthopädie eingesetzt. Da diese aber teils starke Entzündungen und andere Nebenwirkungen wie Osteolyse hervorriefen, blieb der Einsatz von herkömmlichen Drähten und Schrauben aus Stahl oder Titan Goldstandard. (50)

Mittlerweile sind neue, langsamer resorbierte Materialien im Einsatz, welche ein deutlich vermindertes Nebenwirkungsprofil aufweisen und im klinischen Outcome durchaus mit nicht-resorbierbaren Drähten und Schrauben vergleichbar sind.(51)

#### *1.7.4.7 Follow Up*

Die erste Nachkontrolle sollte nach einer Woche erfolgen. Der Spalt-Gips, welcher direkt nach der Operation angelegt wurde wird entfernt und nach äußerlicher Begutachtung des Ellbogens auf Druckstellen etc. werden Röntgenaufnahmen in zumindest zwei Ebenen gemacht. Sofern keine sekundäre Dislokation entstanden ist und sich die Implantate in korrekter Lage befinden wird wieder ein Oberarmgips angelegt, je nach Abschwellungsgrad in zirkulierter Form. Die nächste radiologische Kontrolle sollte wiederum nach 2 bis 3 Wochen stattfinden. Der Untersuchungsablauf gleicht dem der ersten Nachkontrolle, sofern sich die Fraktur unverschoben zeigt und zunehmende Anzeichen der Knochenheilung ersichtlich sind, wird kein Gips mehr benötigt, die Mobilisation des Gelenks kann begonnen werden. Eine Sportpause von 8-12 Wochen sollte zur Vermeidung von Maximalbelastungen eingehalten werden. Die Implantate können in der Regel nach drei bis vier Monaten in Abhängigkeit von den radiologischen Kontrollen entfernt werden. In seltenen Fällen verzögert sich die Knochenheilung, woraufhin der Ellbogen gegebenenfalls für weitere 2-6 Wochen mit einem Gips immobilisiert werden

kann, wobei jedoch auf eine mögliche Einsteifung des Gelenkes durch prolongierte Ruhigstellung geachtet werden muss. Sollte die Fraktur nach insgesamt 12 Wochen keine Heilungstendenz zeigen ist sie als bleibend instabil anzusehen und sollte einer Reoperation unterzogen werden.(46)

#### 1.7.5 Outcome der Condylus radialis Frakturen

Aufgrund der oft schweren Diagnosestellung kindlicher Condylus radialis Frakturen sind ihre Behandlungsergebnisse im Vergleich zu den restlichen kindlichen Ellbogenfrakturen meist schlechter.(30)

Es wird aber trotzdem angenommen, dass eine verspätete operative Therapie bis 14 Tage nach dem Unfalltag keine negativen Auswirkungen auf den Heilungsverlauf hat.(52)

Bisher finden sich aber in der Literatur kaum Daten zu Langzeituntersuchungen von Condylus radialis Frakturen.

#### 1.7.6 Fragestellung

Unsere Studie basierte auf einer Vorgängeruntersuchung aus dem Jahr 2015, welche das radiologische Outcome von Condylus humeri Frakturen miteinander verglich. Für die Studie aus dem Jahr 2015 wurde auf die Befunde der Patienten/innen zurückgegriffen. Anhand von Parametern wie der Art der Therapie, der Komplikationsrate, oder der Anzahl der Besuche am LKH wurde die Condylus radialis Fraktur der Condylus ulnaris Fraktur gegenübergestellt. Da die Fraktur des radialen Condylus einerseits weitaus häufiger auftritt (89%) (53) und andererseits ein größeres Risiko für Komplikationen birgt, wurde beschlossen, sich mit dieser Studie auf die Langzeitergebnisse nach dieser Verletzung zu konzentrieren. Das Ziel unserer Studie war dabei zu evaluieren, ob die Betroffenen im Verlauf der Behandlung und Jahre nach der Therapie subjektiven oder objektiven Limitationen unterliegen, und wenn ja, welchen.

# Material und Methoden

## *2.1 Studiendesign*

Unsere Studie untersuchte die Langzeitergebnisse bei Patienten/innen mit ausbehandelter Fraktur des Condylus radialis im Wachstumsalter. Zur Evaluation des Therapieerfolges bei verschiedenen Frakturtypen und Behandlungsmethoden führten wir eine retrospektive Single-Center Studie durch. Ein Antrag zur Durchführung der Studie wurde an die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz gestellt. Das Ethikkommissionsvotum mit der EK-Nummer 29-282 ex 16/17 war positiv.

## *2.2 Patientenkollektiv*

Das Patientenkollektiv umfasste alle Kinder, welche im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 19.06.2013 an der Kinderorthopädie des LKH Graz wegen einer Fraktur des Condylus radialis behandelt wurden. Diese Gruppe von 117 Kindern war bereits vorselektiert, da eine Vorgängerstudie aus dem Jahr 2015, welche das radiologische Outcome Condylus humeri Frakturen miteinander verglich, dieselbe Zielgruppe umfasste.

### 2.2.1 Einschlusskriterien

Für den Einschluss in diese Studie wurden folgende Kriterien festgelegt:

- Patientenkollektivs aus der Untersuchung zum Einfluss des Frakturtyps auf die Dislokation von Condylus humeri Frakturen im Wachstumsalter (Diplomarbeit von J. Hambauer)
- Diagnose: Fraktur des Condylus radialis
- Alter zum Unfallzeitpunkt zwischen 0 und 18 Jahren
- Untersuchung, Diagnostik und Therapie an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz
- Sowohl Mädchen als auch Jungen
- Unterschriebene Einverständniserklärung

### ***2.3 Begutachtung der Vorbefunde***

Über das „Medocs“-Krankenhaus-System und das Bildbetrachtungsprogramm „PACS-View“ wurden die Krankengeschichte und die Röntgenbefunde der Studienteilnehmer/innen auf relevante Vorbefunde bezüglich deren Condylus radialis Fraktur durchsucht. Bei „Medocs“ handelt es sich um ein SAP basiertes System, welches am Universitätsklinikum Graz zur Patientenverwaltung, sowie Speicherung und Verwaltung der Patientendaten genutzt wird.

Zu den für uns relevanten Daten zählten:

- Unfalldatum
- Unfallmechanismus
- betroffene Seite
- konservative oder operative Therapie
- wenn operativ, welche Maßnahme (Verdrahtung oder Verschraubung) und Technik (offene oder geschlossene Reposition)
- sekundäre Dislokation
- Komplikationen
- Datum der Metallentfernung
- Röntgenaufnahmen vor und nach Therapie
- Daten der Verlaufskontrollen

### ***2.4 Nachuntersuchung***

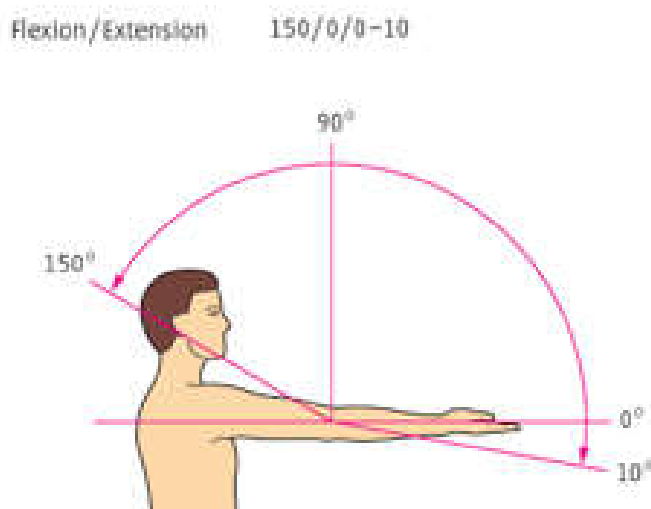
Zur Nachuntersuchung wurden die Patienten/innen erneut zu einer klinischen Vorstellung auf freiwilliger Basis einbestellt. Dazu wurde ein Anschreiben verfasst, welches wir an alle Kinder ausschickten. Bei ausbleibender Antwort wurde versucht, telefonisch in Kontakt zu treten. Für die Nachuntersuchungen wurde den Teilnehmern/innen eine Auswahl von Terminen zur Wiedervorstellung angeboten.

Zu Beginn der Wiedervorstellung wurden alle Teilnehmer/innen und anwesenden Erziehungsberechtigten mittels Informationsblatt über die Studie und die damit zusammenhängende Nachuntersuchung aufgeklärt. Erst nach schriftlichem Einverständnis wurde die jeweilige Nachuntersuchung begonnen.

Die Nachuntersuchung folgte einem festgelegten Schema und setzten sich aus Anamneseerhebung, klinischer Begutachtung, daran orientierter Erstellung eines

definierten Ellbogen-Scores (Mayo Elbow Performance Score) durch den Untersucher sowie dem gemeinsamen Ausfüllen eines weiteren Scores (Quick DASH Score) durch Patient/in, Begleitperson und Untersucher zusammen.

Die klinische Untersuchung umfasste einerseits die Inspektion des betroffenen Ellbogens auf Achsenabweichungen oder äußerlich ersichtliche Deformitäten. Zum Ausschluss möglicher Schmerzpunkte oder möglicherweise limitierender Knochenauswüchse wurde das Gelenk –vor allem radial- im Seitenvergleich palpirt. Des Weiteren wurde der Bewegungsumfang des Gelenks im Seitenvergleich in Extension und Flexion, sowie Pronation und Supination mittels Goniometer erfasst und mittels Neutral-Null Methode dokumentiert. Nachfolgend wurde nach den Kraftgraden von Janda die Muskelkraft bei Extension und Flexion, Pro- und Supination erhoben. Abschließend wurde das betroffene Ellbogengelenk im Seitenvergleich auf dessen Bandstabilität unter Varus- und Valgustress getestet.



**Abbildung 8** Bewegungsumfang des Ellenbogengelenks bei Flexion und Extension nach der Neutral-Null Methode(1)

Unterarmdrehung  
einwärts/auswärts 80-90/0/80-90

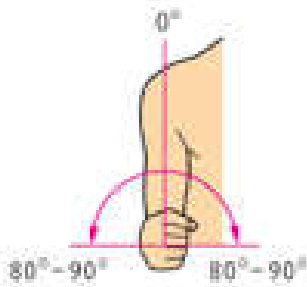


Abbildung 9 Bewegungsumfang des Ellenbogengelenks bei Pronation und Supination nach der Neutral-Null Methode(1)

<b>Kraftgrade nach Janda</b>	
0	Keine Muskelkontraktion, komplette Lähmung
1	Muskelkontraktion ersichtlich, jedoch keine Bewegung (entspricht ca. 10% der vollen Muskelkraft, Parese)
2	Unter Ausschaltung der Schwerkraft Bewegung in vollem Ausmaß möglich (entspricht ca. 25% der vollen Muskelkraft)
3	Bewegung gegen die Schwerkraft aber ohne Widerstand in vollem Ausmaß möglich (entspricht ca. 50% der vollen Muskelkraft)
4	Bewegung gegen die Schwerkraft und zusätzlichem leichten Widerstand (entspricht 75% der vollen Muskelkraft)
5	Bewegung in vollem Umfang gegen starken Widerstand

Tabelle 1 Kraftgrade nach Janda(54)

Für den Fragebogen wurden zwei Scores verwendet, welche bestmögliches Feedback bezüglich der Funktion und etwaiger Einschränkungen oder Beschwerden im Bereich des betroffenen Ellbogengelenks ermöglichen sollten. Hierzu kombinierten wir den „Mayo Elbow Performance Score“ mit dem „Quick DASH-Score“. Beide Scores wurden grundsätzlich so konzipiert, dass sie von dem/der Patienten/in selbst ausgefüllt werden können.(55–57) Für die aktuelle Studie wurde es jedoch als sinnvoll erachtet, die betreffenden Fragen im gemeinsamen Gespräch von Untersucher und Patient/in zu beantworten, einerseits um gewisse Punkte genauer hinterfragen zu können, andererseits um Missverständnisse auszuschließen.

Sofern bei der klinischen Untersuchung und dem Fragebogen keine Einschränkungen durch Schmerz, Beweglichkeit, Stabilität oder sonstige Probleme imponierten, wurde die Nachuntersuchung zu diesem Zeitpunkt beendet. Andernfalls wurde gleich im Anschluss ein Röntgen des Ellbogens in antero-posteriorem und seitlichem Strahlengang gemacht. Die Röntgenaufnahmen wurden gemeinsam mit dem Studienkoordinator befundet und die Betreffenden wenn erforderlich zu einem neuen Termin zur Befundbesprechung eingeladen.

### 2.4.1 Ellbogen-Scores

#### *2.4.1.1 Disability of the arm, shoulder and hand questionnaire (DASH-Score)*

Mitte der Neunzigerjahre entwickelten Forscher/innen, Ärztinnen und Ärzte der AAOS (American Academy of Orthopedic Surgeons) in Zusammenarbeit mit dem kanadischen „Institute for Work and Health“ einen Fragebogen, welcher die Einschränkung jeglicher Beschwerden der oberen Extremität erfassen sollte. Der Bereich der klinischen Anwendung ist deshalb so groß gehalten, um einen breiten Gebrauch zu garantieren und auch Vergleiche verschiedener Krankheitsbilder und deren Therapie aufstellen zu können. Der Fragebogen kann sowohl benutzt werden, um ein noch nicht genauer definiertes Beschwerdebild zu beschreiben, als auch ein Werkzeug zur Langzeitbeobachtung darstellen. Der 30 Fragen beinhaltende Score wurde 1996 publiziert, im Jahr 2005 wurde eine Kurzversion mit 11 Fragen veröffentlicht, der „Quick-DASH“. Grundsätzlich wurden die Fragebögen zur Evaluation von Beschwerden im Erwachsenenalter entwickelt, es besteht jedoch kein festgelegtes Alterslimit, wodurch sie sich auch für die Anwendung im

Bereich der Pädiatrie eignen. Aufgrund des weltweiten Gebrauchs ist der DASH-Fragebogen mittlerweile in 38 Sprachen übersetzt. (58)

Ein Vergleich der beiden Fragebögen –DASH und Quick-DASH- zeigte keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Beurteilung des Schweregrades der Beeinträchtigung.(59)

Die DASH und Quick-DASH Scores wurden entwickelt, um neben den klinischen Untersuchungen der oberen Extremität einen Eindruck von der subjektiven Einschätzung des/der Patienten/in zu bekommen und ihn/sie somit besser in die Beurteilung der Verletzung einzubeziehen. Ein standardisierter Fragebogen sollte helfen, die Beurteilung der Patienten/innen und somit der therapeutischen Maßnahmen zu vereinheitlichen. Außerdem sollte es helfen, verschiedene Patientengruppen und Therapien miteinander zu vergleichen.(57)

Für die aktuelle Studie nutzten wir den Quick-DASH Score, um eine möglichst gute Compliance der jungen Patienten/innen zu erzielen:

## QuickDASH

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
4. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
6. Freizeitaktivitäten, bei denen auf ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der <u>vergangenen Woche</u> beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	1	2	3	4	5
8. Waren Sie in der <u>vergangenen Woche</u> durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein.

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der <u>letzten Woche</u> aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

QuickDASH Wert für Behinderung/Symptome =  $\left( \left[ \frac{\text{Summe der n Antwortpunkte}}{n} \right] - 1 \right) \times 25$  wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Wurden mehr als 1 Frage nicht beantwortet, so darf ein QuickDASH Wert nicht berechnet werden.

Abbildung 10 Der Qick DASH Fragebogen(60)

### Berechnung des Qick-DASH

Als Voraussetzung für die Berechnung sind mindestens 10 der 11 Fragen zu beantworten. Zur Berechnung wird zuerst ein Mittelwert der Punkteanzahl pro Frage ermittelt, indem die Punkte aller Fragen addiert und danach durch die Anzahl der Fragen dividiert werden. Um das Ergebnis besser mit anderen Scores vergleichen zu können wird der Wert in eine 0-100 Skala dimensioniert. Dazu wird der Mittelwert mit 1 subtrahiert und danach mit 25 multipliziert. Je höher die errechnete Zahl, desto schwerer der Grad der Einschränkung.(55)

### 2.4.1.2 Mayo Elbow Performance Score (MEPS)

Der MEPS wurde 1993 das erste Mal beschrieben und zählt zu den am häufigsten benutzten Scores zu Evaluation von Ellbogenverletzungen. Er beurteilt Schmerz, Bewegungsumfang, Stabilität und die Funktion alltäglicher Aktivitäten im Ellbogenbereich. Die Skala reicht von 0 bis 100, wobei ein höherer Score ein besseres Ergebnis bezeichnet. Dem Schmerz ist dabei prozentuell der größte Anteil zugeordnet.(56) Für die Nachuntersuchungen hielt man sich an die folgende Vorlage, mit der Ausnahme, dass wir die jeweiligen Punktwerte nicht angaben, um eine eventuelle Beeinflussung der persönlichen Bewertung auszuschließen:

#### **Schmerz**

- |   |                  |
|---|------------------|
| <input type="radio"/> Kein Schmerz      | <b>45 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Milder Schmerz    | <b>30 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Moderater Schmerz | <b>15 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Starker Schmerz   | <b>0 Punkte</b>  |

#### **Mobilität**

- |  |                  |
|--|------------------|
| <input type="radio"/> Beugung über 100 Grad            | <b>20 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Beugung zwischen 50 und 100 Grad | <b>15 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Beugung unter 50 Grad            | <b>5 Punkte</b>  |

#### **Stabilität**

- |   |                  |
|---|------------------|
| <input type="radio"/> Stabil                | <b>10 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Moderate Instabilität | <b>5 Punkte</b>  |
| <input type="radio"/> Starke Instabilität   | <b>0 Punkte</b>  |

#### **Funktion**

- |   |                 |
|---|-----------------|
| <input type="radio"/> Haare kämmen      | <b>5 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Mit Besteck essen | <b>5 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Hygienemaßnahmen  | <b>5 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> T-Shirt anziehen  | <b>5 Punkte</b> |
| <input type="radio"/> Schuhe anziehen   | <b>5 Punkte</b> |

Abbildung 11 Der Mayo Elbow Performance Score(61)

Ein Vorteil des Mayo Elbow Performance Score ist, dass er leicht zu handhaben ist und darauf ausgelegt ist, von dem/der Patienten/in selbst erhoben werden zu können. Zudem zeigten wiederholte Testungen in mehrwöchigen Abständen nur geringe Abweichungen, was für die Aussagekraft des Scores spricht.(56)

## **2.5 Statistik**

Die erhobenen Daten aus den Nachuntersuchungen wurden gemeinsam mit Daten aus den Vorbefunden in einer MS Office-Excel-Tabelle wie folgt gesammelt:

- Geschlecht
- Geburtsdatum/ Alter
- Alter bei Unfall
- Alter bei Follow Up
- Follow Up Time
- Betroffene Seite
- Unfallmechanismus
- Therapie (konservativ/ operativ)
- Wenn operativ: geschlossen/ offen, Draht/ Schraube, Datum Metallentfernung
- Funktion (Ext./Flex, Pron./Sup.)
- MAYO-Score
- Qick-DASH-Score
- Frakturtyp (Milch/ Song/ Jakob)
- Follow Up Röntgen
- Komplikationen

Diese Liste diente als Basis für die weitere statistische Datenanalyse. Nach der Übertragung der Daten in das EDV-Programm IBM SPSS Statistics Version 22 wurde mit Hilfe dieser Software die deskriptive und explorative Datenanalyse sowie die Testung der Verteilung von Häufigkeiten mittels Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von  $\leq 0.05$  angenommen.

## Ergebnisse

In die Studie wurden 117 Patienten/innen inkludiert. Von diesen beteiligten sich nach Kontaktaufnahme 55 an den Nachuntersuchungen. Davon waren 34 (61,8%) männlich und 21 (38,2%) weiblich.

28 Patienten/innen verletzten sich an der rechten Seite (50,9%), 27 an der linken (49,1%).

Der Unfallmechanismus wurde eingeteilt in einfache Stürze in der Ebene (25,5%), Stürze aus der Höhe (38,2%), Stürze von der Treppe (7,3%), Verletzungen beim Trampolinspringen (10,9%), beim Sport (16,4%) und sonstige Unfallmuster (1,8%).

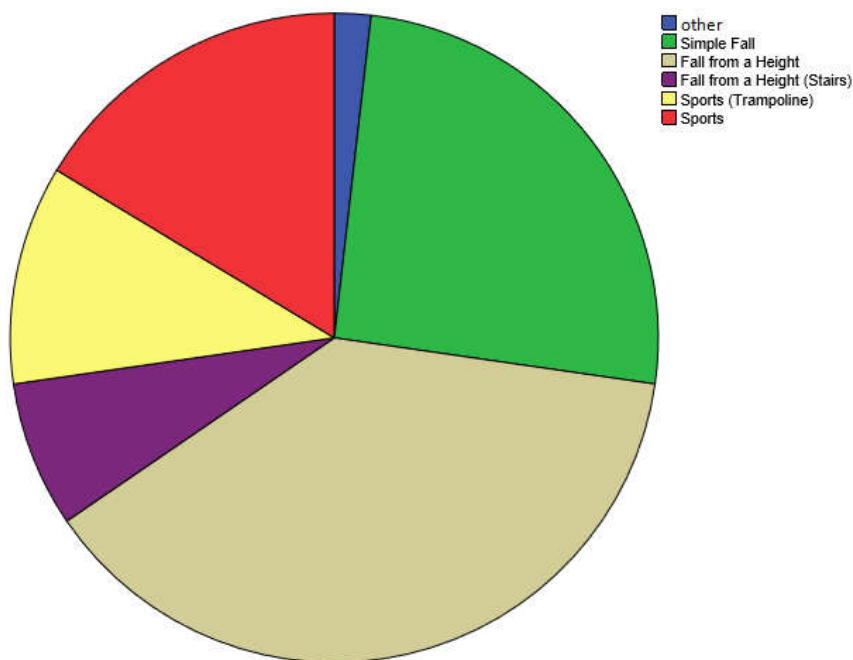


Abbildung 12 Unfallmechanismus

Das mittlere Alter zum Unfallzeitpunkt betrug 6,76 Jahre, mit einer Spannweite von 1,77 bis 16,04 Jahren und einer Standardabweichung von 3,44.

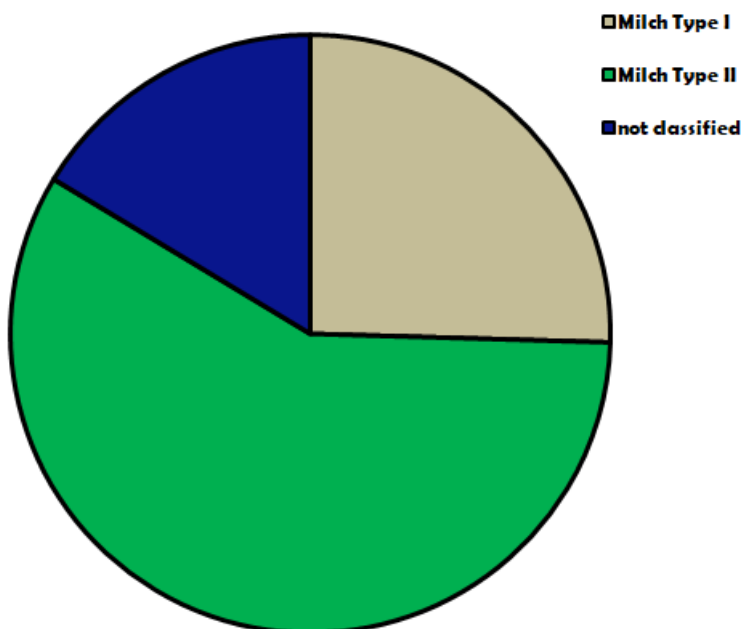
Zur Nachuntersuchung hatten die Patienten/innen ein mittleres Alter von 15,12 Jahren, mit einer Spannweite von 6,49 bis 25,20 Jahren und einer Standardabweichung von 4,26.

Somit betrug die Follow Up-Zeit im Mittel 8,36 Jahre, von minimal 4,22 bis maximal 13,06 Jahre.

### **3.1 Klassifizierung**

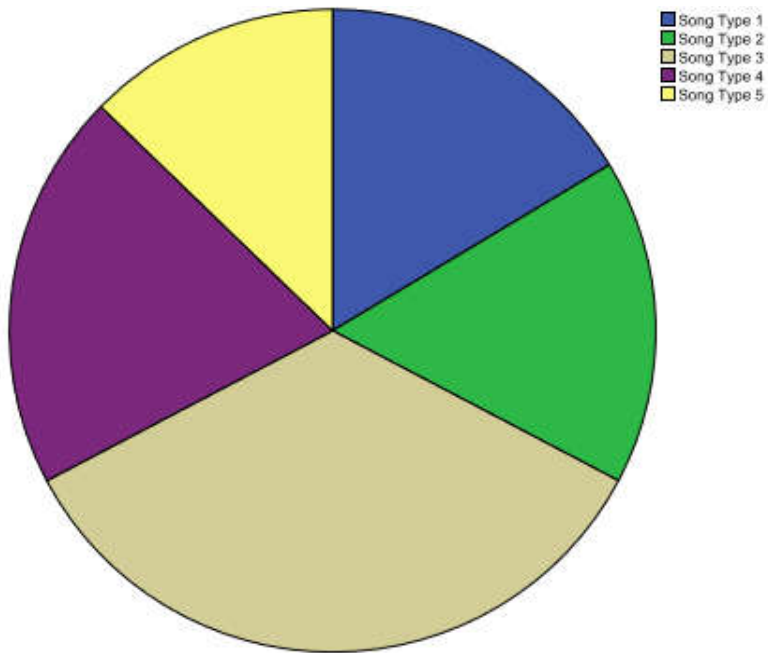
Die Fraktur wurde radiologisch mittels dreier Klassifikationen eingeteilt, der Milch-Klassifikation, der Klassifikation nach Song und der Jakob-Klassifikation.

Nach der Milch Klassifikation wurden 14 Frakturen (25,5%) dem Typ I, 32 (58,2%) dem Typ II zugeordnet. 9 Frakturen (16,4%) konnten keinem jeweiligen Milch-Typ zugewiesen werden.



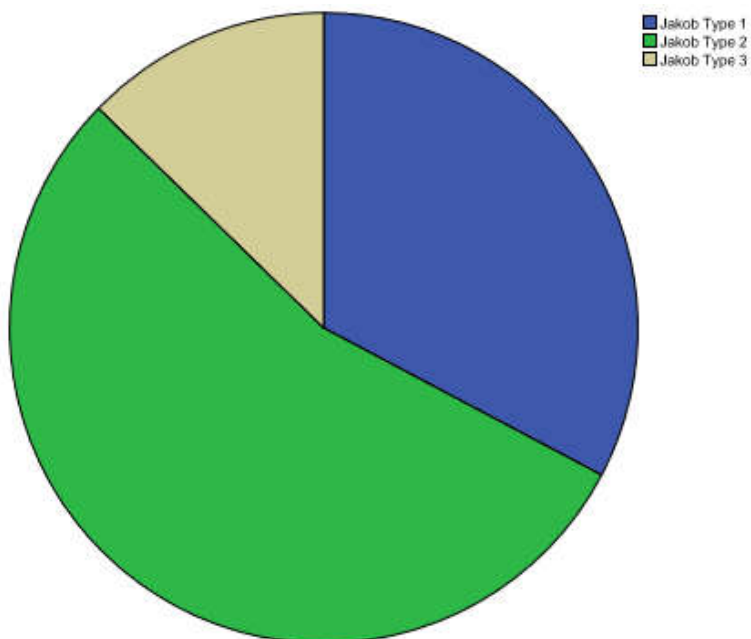
**Abbildung 13 Milch-Klassifikation**

Bei der Song-Klassifikation wurden 9 Frakturen (16,4%) Typ I zugeordnet, ebenso viele dem Typ II (16,4%). Mit 19 Frakturen (34,5%) war der Typ III am häufigsten vertreten. Dem Typ IV wurden 11 Patienten/innen (20%) zugewiesen, die restlichen 7 (12,7%) dem Typ V.



**Abbildung 14 Song-Klassifikation**

Nach der Jakob-Klassifikation wurden 18 (32,7%) Frakturen dem Typ I, 30 (54,5%) dem Typ II und 7 (12,7%) dem Typ III zugeordnet.



**Abbildung 15 Jakob-Klassifikation**

### 3.2 Stabilität/ Sekundäre Dislokation

Im Verlauf erwiesen sich 21 der 55 Frakturen als stabil (38,2%), 26 als primär instabil (47,3%) und 8 als sekundär instabil (14,5%). Somit erwiesen sich insgesamt 61,8% der Frakturen als instabil und mussten operativ versorgt werden. Die Röntgenkontrollen wurden in allen Fällen 4-7 Tage nach dem Unfall durchgeführt.

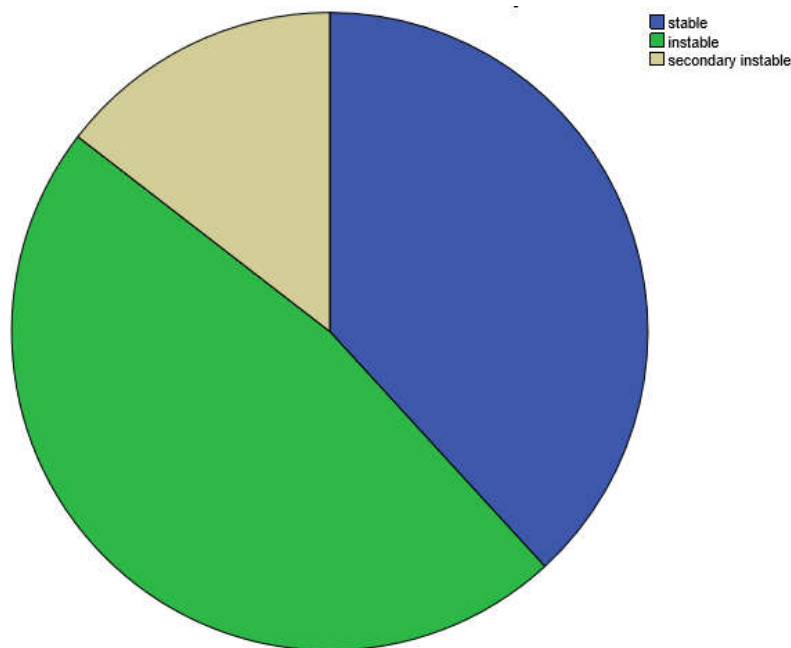


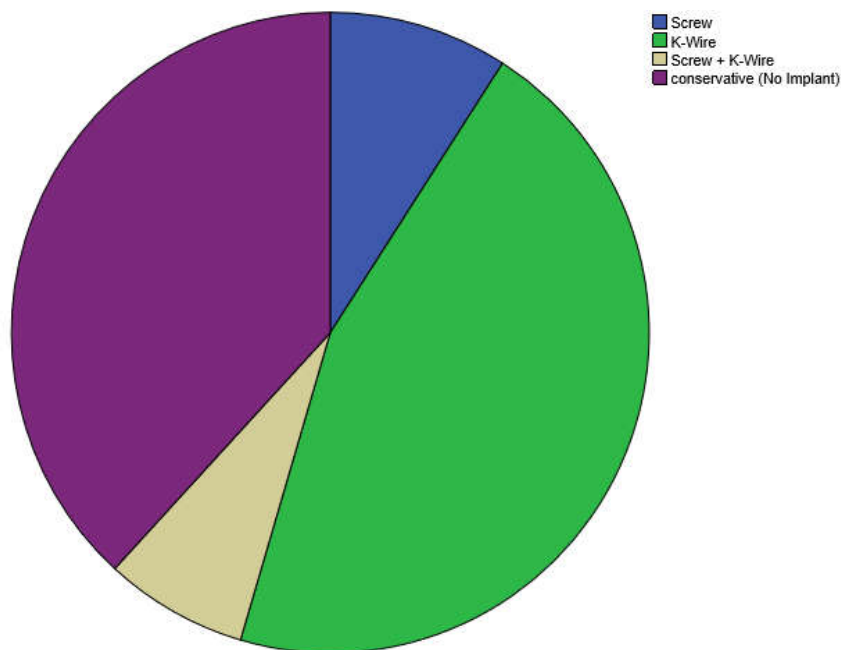
Abbildung 16 Frakturstabilität

### 3.3 Therapie

Von den 55 Patienten/innen, welche an der Nachuntersuchung teilnahmen wurden 21 (38,2%) konservativ behandelt, 33 (60%) mit primär offener Reposition, einer (1,8%) mit offener Reposition nach primär geschlossener Reposition.

Bei chirurgischer Behandlung wurde 25 mal (45,5%) auf die Fixation mittels Kirschner-Draht zurückgegriffen, in 5 Fällen (9,1%) wurde die Fraktur mit einer Schraube fixiert, 4 mal (7,3%) wurden Schraube und Kirschner-Draht in Kombination verwendet. Dabei

betrug das Durchschnittsalter bei operativer Versorgung mit Kirschner-Drähten 5,4 Jahre, bei der Fixierung mit Schrauben 11,7 Jahre.



**Abbildung 17 Implantate**

Dabei vergingen vom Unfalltag bis zur Operation im Mittel 3,55 Tage, mit einer Spannweite von 1 bis 31 Tagen und Standardabweichung von 5,43. Die Operation wurde in einem Fall erst 31 Tage nach dem Unfall durchgeführt, da eine sekundäre Dislokation erst spät bemerkt wurde.

Zur Entfernung der Implantate betrug der Mittelwert 89,91 Tage, die Spannweite 26 bis 303 Tage und die Standardabweichung 65,57.

### **3.4 Komplikationen**

41 der 55 Patienten/innen (74,5%), welche an den Nachuntersuchungen teilnahmen erlitten keine Komplikationen während oder nach der Behandlung ihrer Fraktur. Die aufgetretenen Komplikationen wurden grundsätzlich in Früh- und Spätkomplikaionen gegliedert. Dreizehnmal (23,7%) trat eine Frühkomplikaion innerhalb der ersten Monate nach dem Unfall auf. Dabei handelte es sich achtmal (14,5%) um Bewegungseinschränkungen,

zweimal (3,6%) um verzögerte Frakturheilung, einmal (1,8%) um überschießende Narbenbildung, einmal (1,8%) um Hautperforation des Implantats und einmal (1,8%) um Schmerz mit kombinierter Bewegungseinschränkung.

Von allen 55 Patienten/innen zeigte sich in der Nachuntersuchung der Langzeitergebnisse eine (1,8%) Spätkomplikation, im Sinne einer perifokalen radialen Dysästhesie nach operativer Frakturversorgung.

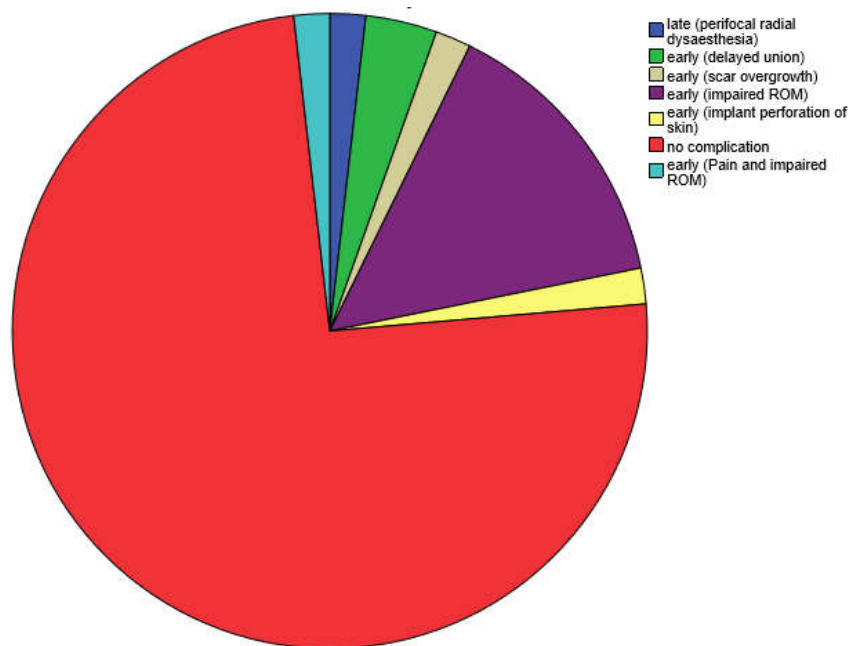


Abbildung 18 Komplikationen

### 3.5 Funktionelles Ergebnis

Bei der Nachuntersuchung wurde mittels klinischer Untersuchung der Bewegungsumfang erhoben. Die Extension betrug dabei im Mittel 7,5 Grad, mit einer Spannweite von 0 bis 15 Grad und einer Standardabweichung von 3,80. Bei der Flexion ergab sich ein Mittelwert von 147,69 Grad, mit Spannweite von 130 bis 150 Grad und einer Standardabweichung

von 5,87. Bei Pro- und Supination betrug der Mittelwert jeweils 90 Grad, mit einer Standardabweichung von 0. Zudem wurde eine orientierende Kraftuntersuchung nach den Kraftgraden von Janda erhoben. Dabei erreichten alle Teilnehmer/innen bei Bewegung in vollem Umfang und gegen starken Widerstand die Höchstzahl.

### **3.6 Scores**

Mit dem Mayo Elbow Performance Score und dem Quick DASH Score wurden bei der Nachuntersuchung neben klinisch objektiven Eindrücken (Stabilität, Beweglichkeit) auch subjektive Eindrücke der Patienten/innen (Schmerz, Funktion im Alltag) bewertet.

Dabei ergab sich beim Unterpunkt Schmerz ein Mittelwert von 43,64 (Maximalwert 45 = kein Schmerz). Die Spannweite betrug 30 (milder Schmerz) bis 45, mit einer Standardabweichung von 4,35. Bei der Stabilität sowie der Funktion erreichten alle Patienten/innen in der Nachuntersuchung volle Punktezahl. Der Gesamtwert des Mayo Elbow Performance Scores betrug im Mittel 98,64%, mit einer Spannweite von 85 bis 100 % und Standardabweichung von 4,35. In 91% der Fälle war das Ergebnis des Mayo Elbow Performance Scores exzellent, in 9% gut.

Der Quick DASH Score ergab einen Mittelwert von 0,24%, mit einer Spannweite von 0 bis 5% und einer Standardabweichung von 0,83. Zur Berechnung des Scores wird ein Mittelwert der Punkteanzahl aller 11 Fragen ermittelt, indem die Punkte aller Fragen addiert und danach durch die Anzahl der Fragen dividiert werden. Um das Ergebnis besser mit anderen Scores vergleichen zu können wird der Wert in eine 0-100 Skala dimensioniert.(55)

### **3.7 Beeinflussende Faktoren und statistische Zusammenhänge**

Die Auswertungen zur Verteilung der Häufigkeiten mittels Chi-Quadrat Test zeigten keine statistische Signifikanz für den Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Frakturstabilität ( $P=0,999$ ), dem Unfallmechanismus ( $P=0,376$ ), der Komplikationen ( $P=0,799$ ) oder der Therapie ( $P=0,583$ ).

Zudem zeigte die Milch-Klassifikation keine signifikanten Zusammenhänge bezüglich Frakturstabilität ( $P=0,239$ ), Therapie ( $P=0,141$ ), Geschlechterverteilung ( $P=0,930$ ), Zeitintervalle bis zur Operation ( $P=0,455$ ) und Metallentfernung ( $P=0,370$ ), Komplikationen ( $P=0,436$ ) oder Unfallmechanismen ( $P=0,855$ ).

Die Song-Klassifikation zeigte ein statistisch signifikantes Verteilungsmuster des Frakturtyps hinsichtlich der Frakturstabilität ( $P < 0,001$ ), der Therapieform ( $P < 0,001$ ) und des Unfallmechanismus ( $P = 0,011$ ). Keine statistische Signifikanz ergab sich wiederum im Bezug auf die Geschlechterverteilung ( $P = 0,595$ ), die Zeitintervalle bis zur Operation ( $P = 0,574$ ) und Metallentfernung ( $P = 0,917$ ) sowie die Komplikationen ( $P = 0,338$ ).

Frakturstabilität Song-Klassifikation ( $P < 0,001$ )				
	stabil	Instabil	Sekundär instabil	Gesamtsumme
Song Typ I	8	1	0	9
Song Typ II	9	0	0	9
Song Typ III	2	9	8	19
Song Typ IV	1	10	0	11
Song Typ V	1	6	0	7

**Tabelle 2 Frakturstabilität Song-Klassifikation**

Therapieform Song-Klassifikation ( $P < 0,001$ )				
	ORIF	ORIF nach geschlossener Reposition	konservativ	Gesamtsumme
Song Typ I	1	0	8	9
Song Typ II	0	0	9	9
Song Typ III	15	1	3	19
Song Typ IV	10	0	1	11
Song Typ V	7	0	0	7

**Tabelle 3 Therapieform Song-Klassifikation (ORIF = open reduction internak fixation)**

Unfallmechanismus Song-Klassifikation (P=0.011)							
	Sturz in Ebene	Sturz aus >1m Höhe	Sturz von Stiege	Sport	Trampolin	nicht bekannt	Gesamtsumme
Song Typ I	1	1	1	5	1	0	9
Song Typ II	4	1	1	2	1	0	9
Song Typ III	3	13	0	1	1	1	19
Song Typ IV	4	4	2	1	0	0	11
Song Typ V	2	2	0	0	3	0	7

**Tabelle 4 Unfallmechanismus Song-Klassifikation**

Die Jakob-Klassifikation zeigte im Chi-Quadrat Test ähnlich signifikante Verteilungsmuster der Frakturtypen bezüglich Frakturstabilität ( $P < 0,001$ ), Therapieform ( $P < 0,001$ ) und Unfallmechanismus ( $P = 0,006$ ). Auch hier ergaben sich in Bezug auf die Geschlechterverteilung ( $P = 0,952$ ), die Zeitintervalle bis zur Operation ( $P = 0,559$ ) und Metallentfernung ( $P = 0,982$ ) und den Komplikationen ( $P = 0,111$ ) keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Frakturstabilität Jakob-Klassifikation (P<0,001)				
	stabil	instabil	Sekundär instabil	Gesamtsumme
Jakob Typ I	17	1	0	18
Jakob Typ II	3	19	8	30
Jakob Typ III	1	6	0	7

**Tabelle 5 Frakturstabilität Jakob-Klassifikation**

Therapieform Jakobklassifikation (P<0,001)				
	ORIF	ORIF nach geschlossener Reposition	konservativ	Gesamtsumme
Jakob Typ I	1	0	17	18
Jakob Typ II	25	1	4	30
Jakob Typ III	7	0	0	7

**Tabelle 6 Therapieform Jakob-Klassifikation (ORIF = open reduction internal fixation)**

Unfallmechanismus Jakob-Klassifikation							
	Sturz in Ebene	Sturz aus >1m Höhe	Sturz von Stiege	Sport	Trampolin	Nicht bekannt	Gesamtsumme
Jakob Typ I	5	2	2	7	2	0	18
Jakob Typ II	7	17	2	2	1	1	30
Jakob Typ III	2	2	0	0	3	0	7

**Tabelle 7 Unfallmechanismus Jakob-Klassifikation**

9 Frakturen konnten nicht nach Milch klassifiziert werden. Bei diesen Fällen handelt es sich um metaphysär inkomplette Frakturen, welche allesamt dem Song Typ I zuzuordnen sind. Die Ähnlichkeit der Klassifikationen nach Song und Jakob ist aus dieser Grafik ersichtlich. Frakturen des Typ II nach Jakob entsprechen dem Song Typ III und IV, wobei die Song-Klassifikation innerhalb dieser zwei Typen zwischen disloziert und undisloziert unterscheidet.

Typ	n=46 Milch	n=55 Jakob	n=55 Song
1	14 (26%)	18 (32%)	9 (16%)
2	32 (58%)	<u>30 (55%)</u>	9 (16%)
3		7 (13%)	<u>19 (35%)</u>
4			<u>11 (20%)</u>
5			7 (13%)

Abbildung 19 Einteilung der Frakturtypen nach Milch, Jakob und Song(62)

28% der initial stabilen Frakturen dislozierten sekundär im Gips. Alle sekundären Dislokationen konnten dem Jakob Typ II und Song Typ III zugeordnet werden. Von diesen Frakturtypen erwiesen sich nur rund 10% als stabil.

N=55 (100%)	Stabil - nicht disloziert ( $\leq 2\text{mm}$ )	Instabil - disloziert ( $\geq 2\text{mm}$ )	Sekundär Instabil - disloziert ( $> 2\text{mm}$ )
1. Röntgen	29 (53%)	26 (47%)	
2. Röntgen 4-7d	29 - 8 (38%)	26 + 8 (62%)	
<b>Sekundäre Dislokation</b>	<b>8/29 (28%)</b>	8/34 (24%)	<b>8/55 (15%)</b>
„Jakob 2“ (n=30)	<b>3 (10%)</b>	19 (63%)	<b>8 (27%)</b>
„Song 3“ (n=19)	<b>2 (11%)</b>	9 (47%)	<b>8 (42%)</b> „Song 4“

Abbildung 20 Frakturstabilität bei initialem Röntgen und Kontrollröntgen(62)

## Diskussion

Mit 5-10% aller kindlichen Frakturen nehmen Ellbogenfrakturen einen großen Anteil an Verletzungen im Kindesalter ein.(25,63–65) Zur Häufigkeit der Condylus radialis Frakturen im Kindesalter finden sich in der Literatur kontroverse Angaben von 12 bis 34%.(25–29,63,64) Dabei ist hervorzuheben, dass in älteren Studien (bis ins Jahr 1951) eine höhere Beteiligung an Condylus radialis Frakturen angenommen wurde, die jüngste aufgegriffene Studie aus dem Jahr 2006 gab eine Häufigkeit von 15% an.(66)

Außer Frage steht, dass sich diese Frakturform im klinischen Alltag regelmäßig präsentiert und in ihrer Therapie häufig eine Herausforderung darstellt. Dabei muss in erster Linie die Fraktur als solche erkannt werden, wobei auch die Zusammenschau der Klinik und der radiologischen Diagnostik nicht immer sofort Klarheit verschaffen. Umso wichtiger ist in diesen Fällen die Beobachtung der Verletzung im Verlauf. Wird eine Fraktur diagnostiziert stellt sich darauf die Frage nach der adäquaten Therapie. Bei der Fraktur des Condylus radialis richtet sich diese Entscheidung wie auch bei anderen Frakturen vor allem nach der Stabilität des Frakturfragments. Da es sich hierbei um eine Gelenksfraktur handelt, können bereits geringe Dislokationen erhebliche Auswirkungen auf den Heilungsverlauf haben. Wird eine Fraktur demnach als instabil eingestuft, so sollte sie operativ fixiert werden. Dafür bieten sich unterschiedliche Operationsverfahren und Implantate an, wichtig ist zuletzt vor allem, das Frakturfragment möglichst exakt und stabil reponieren und fixieren zu können.

Hervorzuheben ist, dass auch nach zeitnahe Erkennen einer Condylus radialis Fraktur und adäquater Therapie regelmäßig Komplikationen vor allem im anfänglichen Heilungsverlauf auftreten können. Diese reichen von überschießender Narbenheilung über Bewegungseinschränkungen bis hin zu verzögerter Frakturheilung.

Der Hauptgrund für die Durchführung unserer Studie war, dass es kaum Daten zum Langzeitverlauf von Condylus radialis Frakturen gibt. Demnach stellte sich uns die Frage, wie sich vor allem Frakturen mit Frühkomplikationen nach einem Zeitraum von mehreren Jahren präsentieren und ob sich aus den Ergebnissen unserer Studie Schlüsse zur Qualität der durchgeführten Diagnostik und Therapie ziehen lassen.

Die retrospektive Single-Center Studie umfasste 55 Patienten/innen, welche in einem Zeitraum von 2004 bis 2013 an der Kinderorthopädie Graz aufgrund einer Condylus

radialis Fraktur versorgt wurden. Darunter waren mit 61,8% hauptsächlich männliche Teilnehmer, die Verteilung der verletzten Seite war mit 50,9% rechts und 49,1% links ausgeglichen.

Das häufigste Verletzungsmuster waren Stürze aus der Höhe (45,5%), gefolgt von sportlichen Aktivitäten (27,3%) und Stürzen in der Ebene (25,5%). Daraus lässt sich schließen, dass die Krafteinwirkung im Großteil der Fälle als relativ hoch angenommen werden kann.

Zum Unfallzeitpunkt betrug das Durchschnittsalter 6,76 Jahre, die Nachuntersuchung erfolgte im Schnitt 8,36 Jahre später. Somit ereignete sich diese Verletzung vor allem bei Kindern, an denen der Epicondylus radialis noch nicht verknöchert war, beziehungsweise am Anfang seiner Verknöcherung zwischen dem 8. und 13. Lebensjahr stand.(1)

Die Nachuntersuchung umfasste eine klinische Untersuchung sowie die Auswertung zweier Scores, dem Mayo Elbow Performance Score und dem Quick DASH.

Die klinische Untersuchung umfasste die Inspektion des Ellbogens auf Achsenfehlstellungen, die Prüfung der groben Kraft, die Bänderstabilität unter Varus- sowie Valgusstress, den Bewegungsumfang in Extension, Flexion sowie Pro- und Supination.

Alle Untersuchungen wurden stets im Seitenvergleich durchgeführt. Dabei zeigten sich in der Inspektion, der Palpation und der Prüfung von Kraft und Bänderstabilität bei keinem der 55 Teilnehmer/innen Auffälligkeiten. Auch die Pro- und Supination war in allen Fällen vollkommen uneingeschränkt. Lediglich im Bereich der Extension und Flexion zeigten sich teils minimale Defizite. Die Extension betrug dabei bei zwei Teilnehmern/innen 0, bei allen anderen 5 bis 15 Grad im altersgemäß physiologischen Bereich. Damit ergab sich ein Mittelwert von 7,5 Grad und eine Standardabweichung von 3,80. Bei der Flexion ergab sich eine Spannweite zwischen 130 und 150 Grad, wobei ein Mittelwert von 147,69 Grad erzielt wurde. Die klinische Untersuchung präsentierte somit in allen Bereichen sehr gute Ergebnisse, die einzige Auffälligkeit stellten seltene geringe Bewegungseinschränkungen dar.

Um den subjektiven Eindruck der betroffenen Teilnehmer/innen in unsere Untersuchung mit einzubeziehen, erhoben wir unter direkter Befragung den Mayo Elbow Performance Score und den Quick DASH.

Der Mayo Elbow Performance Score ergibt einen Wert zwischen 0 und 100, wobei das Ergebnis besser ist, je höher die erreichte Punkteanzahl. In unserer Nachuntersuchung

erreichten die Teilnehmer/innen im Schnitt einen Wert von 98,64 Punkten, die Spannweite lag dabei zwischen 85 und 100 mit einer Standardabweichung von 4,35. Damit erreichten alle Teilnehmer/innen sehr gute Werte. Die wenigen Punkteabzüge sind dabei allesamt auf den Unterpunkt „Schmerz“ zurückzuführen, hier wurde in 4 Fällen milder Schmerz angegeben.

Beim Quick DASH Score reicht die Skala ebenfalls von 0 bis 100, hier jedoch ist ein möglichst niedriger Wert anzustreben. Bei den 55 Teilnehmern/innen betrug die Spannweite des Ergebniswertes 0 bis 5, womit in allen Fällen ein sehr gutes Ergebnis erreicht wurde. Der Mittelwert von 0,24 und die Standardabweichung von 0,83 zeigen an, dass fast alle Teilnehmer/innen den Maximalwert des Scores erreichten.

Alles in allem zeigte die Langzeituntersuchung der 55 Condylus radialis Frakturen somit ein sehr gutes Ergebnis. Der Großteil der Teilnehmer/innen gab an, die ehemalige Verletzung im Alltag auch bei starker Beanspruchung nicht mehr wahrzunehmen, es fühlte sich keiner der Befragten im täglichen Leben eingeschränkt. Geringe Einschränkungen der Endstrecken bei Flexion und Extension, sowie milder Schmerz waren die einzigen beobachteten Auffälligkeiten.

In unserer Studie wurden die Klassifikationen nach Milch, Song und Jakob verwendet. Alle drei beziehen sich lediglich auf die Fraktur des Condylus radialis. Unter Zusammenschau des Heilungsverlaufs und der Langzeitergebnisse versuchten wir die klinische Relevanz der jeweiligen Klassifikationen zu evaluieren.

Von allen Patienten/innen wurden 18 (32,7%) dem Jakob Typ I zugeteilt. Davon wurde letztlich nur ein Patient operativ behandelt. Alle Teilnehmer aus dieser Gruppe waren im Verlauf komplikationsfrei. Von den 30 (54,5%) Patienten, welche dem Typ II zugeteilt wurden entschied man sich in fünf Fällen zur konservativen Therapie. Bei einem Patienten wurde aufgrund der zu späten Diagnose einer sekundären Dislokation und zwischenzeitlicher Stabilisierung der Fragmente durch den Kallus die operative Therapie nicht mehr durchgeführt, alle übrigen Patienten/innen blieben im weiteren Verlauf unauffällig. 7 (12,7%) Patienten/innen wurden mit einer Fraktur des Typ II beurteilt, davon wurden alle Patienten/innen operativ versorgt, bei einem dieser Patienten wurden in der Nachuntersuchung radiale Dysästhesien im Operationsbereich angegeben. Bei der statistischen Prüfung mittels Chi-Quadrat Test konnten im Bereich der Frakturstabilität ( $P < 0,001$ ) und der folgenden Therapie ( $P < 0,001$ ) statistisch signifikante Zusammenhänge beobachtet werden. Daraus kann geschlossen werden, dass die Jakob-Klassifikation in den

meisten Fällen ein gutes Maß zur Einschätzung der Stabilität einer Condylus radialis Fraktur ist. Sie kann damit vor allem für die Entscheidung zwischen konservativer und operativer Therapie ein wichtiges Instrument darstellen.

Die jüngste Klassifikation ist jene nach Song (2008). Sie ist in 5 Grade unterteilt und richtet sich vor allem nach dem Dislokationsausmaß des Frakturfragments. Unter den 55 Studienteilnehmern fanden sich jeweils 9 den ersten zwei Graden zugeteilt. Es handelte sich exakt um jene 18 Patienten/innen, welche auch dem Jakob Typ I zugeteilt wurden. Unter den 30 Patienten/innen welche den Jakob Typ II zugeteilt bekamen fanden sich 19 mit Song Grad III und 11 mit Song Grad IV Frakturen. Sämtliche Song Grad V Frakturen waren dem Jakob Typ III zugeteilt. Demnach findet sich hinsichtlich der Einschätzung in stabile (Jakob Typ I, Song Grad I, II) und (potentiell) instabile Frakturen (Jakob Typ II, III, Song Grad III, IV, V) eine hohe Übereinstimmung zwischen diesen beiden Klassifikationen. Die Song Klassifikation erlaubt dabei eine noch genauere Einschätzung vor allem bei Frakturen, welche sich an der Grenze zwischen konservativem und operativem Vorgehen befinden. Dabei handelt es sich vor allem um Frakturen des Jakob Typ II und Song Grad III bei welchen eine sekundäre Dislokation im Raum steht, da nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob die Knorpelbrücke welche die Fraktur stabilisiert noch steht. Letztendlich zeigen die Ergebnisse, dass keine Klassifikation imstande ist, mit Sicherheit eine sekundäre Dislokation vorherzusagen, Frakturen des Typs Jakob II und Song III sind dafür aber prädestiniert und verlangen demnach konsequent kurzfristige radiologische Kontrollen.

Bei der Klassifikation nach Milch (1956) wird die Fraktur in zwei Typen eingeteilt, welche sich lediglich im Verlauf der Frakturlinie unterscheiden. Während diese bei Typ I durch das Capitulum Humeri zieht, verläuft sie bei Typ II durch die capitulotrochleäre Furche. Laut Milch sind Frakturformen mit letztgenanntem Verlauf als instabil zu werten und müssen demnach operativ versorgt werden.(33)

Dem Milch Typ I konnten 14 (25,5%) Patienten/innen zugeteilt werden, weitere 32 (58,2%) dem Typ II. Die übrigen 9 konnten keinem Typ zugeordnet werden, da sie keinem der beiden Frakturverläufe eindeutig zugeschrieben werden konnten. Von den 14 Patienten/innen mit einer Milch I Fraktur wurden lediglich zwei konservativ behandelt. Von den 32 Milch Typ II Frakturen wiederum wurden 11 konservativ behandelt. Bereits hier offenbart sich eine Diskrepanz zwischen der Einstufung der Fraktur laut Literatur und der tatsächlich in unserem Kollektiv erforderlichen Therapie. Die Statistische Überprüfung

mittels Chi-Quadrat Test zeigte keine statistisch signifikanten Zusammenhänge im Bereich der Frakturstabilität, der Therapie und der Komplikationen.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Milch-Klassifikation in unserer Studie keine Einschätzung bezüglich der Stabilität der Fraktur und des weiteren Verlaufes erlaubte. Daraus könnte geschlossen werden, dass zur Beurteilung der Condylus radialis Fraktur weniger der Verlauf der Frakturlinie, sondern vielmehr dessen Breite und die Tatsache, ob er den Gelenkspalt erreicht, wichtig ist. Die Klassifikationen nach Jakob und Song erwiesen sich nach den Ergebnissen unserer Untersuchung als klinisch relevant.

In unserer Studie traten in insgesamt 14 (25,5%) Fällen Komplikationen auf, davon wurde lediglich eine (1,8%) Spätkomplikation beobachtet. Die Frühkomplikationen traten in den ersten Monaten nach der Behandlung auf und waren in der Nachuntersuchung allesamt nicht mehr nachweisbar. Dabei handelte es sich in erster Linie um Bewegungseinschränkungen (9 Fälle, 15,3%), welche sich in den meisten Fällen als gleichzeitige Beuge- und Streckhemmung äußerten und bis zu 5 Monate nach dem Unfallereignis beobachtet wurden. Bei einem dieser Fälle traten zudem bewegungsabhängige Schmerzen auf.

Jeweils einmal traten eine kelloidartige Narbenbildung auf, welche operativ saniert wurde sowie in der 7. Postoperativen Woche beobachtete Schmerzen kombiniert mit Bewegungseinschränkungen bei liegenden Kirschner-Drähten.

In zwei Fällen (3,6%) kam es zu einer verzögerten Frakturheilung. Bei einem dieser Patienten/innen wurde nach Hautpenetration des Kirschner Drahtes eine vorzeitige Metallentfernung nach 35 Tagen durchgeführt. Die Kontrolle nach 5 Monaten zeigte dabei noch ausgeprägte Bewegungseinschränkungen (0-10-90), klinisch eine Cubitus Valgus Fehlstellung um 15 Grad sowie die radiologisch noch immer verzögerte Frakturheilung. Man kann behaupten, dass dies den komplikationsreichsten Verlauf unserer Studie darstellte, welcher durchaus in der Ausbildung einer Pseudoarthrose hätte enden können. In der Nachuntersuchung zeigten sich allerdings keine Anzeichen auf jegliche Spätfolgen. Es bestanden weder Defizite im Bewegungsumfang noch in der groben Kraft, zudem bestand zu diesem Zeitpunkt keine Achsenfehlstellung mehr. Im zweiten Fall wurde eine sekundäre Dislokation zu spät entdeckt und konnte nicht mehr operativ versorgt werden. Dabei zeigte sich in der Kontrolle nach 3 Monaten eine starke Bewegungseinschränkung vor allem der Streckung (0-60-110), die Fraktur war zu diesem Zeitpunkt aber radiologisch bereits gut durchbaut. In der Nachuntersuchung zeigten sich keinerlei Spätkomplikationen und die Bewegungseinschränkungen vollkommen aufgehoben. Diese Fälle verdeutlichen

das Spontanheilungspotential des kindlichen Skeletts, einerseits hinsichtlich der Stabilität des Knochens, andererseits hinsichtlich der Gelenksachse.

Bei der einzig beobachteten Spätkomplikation im Langzeitverlauf handelte es sich um perifokale radiale Dysästhesien im Bereich der ehemaligen Operationswunde, diese präsentierte sich ohne Ausstrahlungen nach distal oder proximal oder Einschränkungen der Funktion und Mobilität des Ellbogengelenks.

Als schwerwiegendste aller Komplikationen bei Condylus radialis Frakturen ist die Pseudoarthrose an erster Stelle anzuführen. Diese findet ihre Ursache laut Literatur meist in der konservativen oder der inadäquaten operativen Behandlung instabiler Frakturen. Hat sich eine Pseudoarthrose gebildet, so gilt die Wiederherstellung des Gelenks als umso schwieriger, je länger diese besteht und je instabiler sie ist.(67) In unserer Studie kam es in einem Fall nach vorzeitiger Entfernung der Implantate zu einer verzögerten Frakturheilung. Letztendlich entwickelte jedoch keiner unserer 55 Teilnehmer/innen eine Pseudoarthrose. Dies führen wir nicht zuletzt auf die adäquate Implantatwahl und eine ausreichende Kompression der jeweiligen Osteosynthese zurück. Die häufigste aller Komplikationen, welche grundsätzlich Frakturen im Gelenksbereich betrifft sind Bewegungseinschränkungen. Diese können vor allem nach langer Ruhigstellung aus Kontrakturen der Gelenkskapsel resultieren, oder aber auf Fehlstellungen der Frakturfragmente oder Implantate hindeuten.(9) In unserer Studie wurden insgesamt 9 Bewegungseinschränkungen beobachtet (15,3%), welche jedoch allesamt im frühen Heilungsverlauf auftraten. Zur Nachuntersuchung zeigte sich bei allen Teilnehmern/innen ein uneingeschränkter Bewegungsumfang im Seitenvergleich.

Jede Fraktur, welche bis in den epiphysären Anteil des Knochens reicht kann potentiell zu Wachstumsstörungen führen. Diese können das Wachstum hemmen oder stimulieren und führen in der Regel zu Achsenfehlstellungen im Sinne eines Cubitus varus (bei stimulierendem Wachstum) oder Cubitus valgus (bei gehemmten Wachstum).(20)

Weitere Komplikationen wie Schädigungen des Nervus ulnaris oder postoperative Infektionen sind zwar selten, sollten jedoch immer in Anbetracht gezogen werden.(37)

In unserer Studie wurden beide dieser seltenen Komplikationen nicht beobachtet, jedoch kam es in einem Fall zu bleibender radialer Dysästhesie über dem Operationsgebiet. Dies stellte die einzige Spätkomplikation dar.

Die sekundäre Dislokation bezeichnet eine Fragmentverschiebung der Fraktur ab dem ersten Kontrollröntgen um mehr als 2 Millimeter und ist der Hauptgrund für die

Durchführung von kurzfristigen radiologischen Kontrollen im Falle einer initial stabil anmutenden Fraktur. Wird eine sekundäre Dislokation beobachtet, so sollte bei bisherigem konservativem Vorgehen die operative Versorgung der Fraktur geplant werden, sofern das Unfalldatum nicht zu lange zurückliegt.(39) Zur Detektion einer sekundären Dislokation ist der zentrale Frakturbereich ausschlaggebend. Wenn sich dort der Frakturspalt um mehr als 2 Millimeter öffnet, sollte die Fraktur als komplett und instabil gewertet werden.(20)

Von den 55 untersuchten Teilnehmern/innen traten bei 8 sekundäre Dislokationen auf. In 7 Fällen wurde dabei von konservativer auf eine operative Therapie gewechselt. Die Operation erfolgte dabei bis auf einen Fall spätestens 4 Tage nach dem Unfall. Bei einem Patienten erfolgte die Operation erst 30 Tage nach dem Unfall aufgrund einer spät aufgetretenen sekundären Dislokation. Dabei wurde eine Fixation mit Kirschner-Draht und Schraube gewählt. Es kam in diesem Fall weder zu Früh- noch zu Spätkomplikationen.

Bei einem Patienten kam es nach geschlossener Reposition und perkutaner Schraubenosteosynthese zur sekundären Dislokation des Fragments. Die Fraktur wurde danach mittels offener Reposition und Stabilisierung revidiert. In einem Fall wurde die sekundäre Dislokation zu spät erkannt und konnte nicht mehr operativ versorgt werden. Auffallend war bei diesem Fall, dass das erste Kontrollröntgen im Gips durchgeführt wurde. Dieser Umstand bestätigt uns in der Annahme, dass Kontrollröntgen grundsätzlich immer gipsfrei durchgeführt werden sollten. In 4 von 8 sekundären Dislokationen kam es zu Frühkomplikationen, vornehmlich vorübergehenden Bewegungseinschränkungen im postoperativen Verlauf.

Zusammenfassend kann hinsichtlich der in unserer Studie beobachteten Komplikationen behauptet werden, dass in gut einem Viertel der Patienten/innen Schwierigkeiten im Heilungsverlauf auftraten, es sich dabei aber fast ausschließlich um vorübergehende Frühkomplikationen handelte. Die Tatsache, dass in der Nachuntersuchung lediglich eine Komplikation beobachtet wurde lässt einerseits auf eine adäquate Versorgung schließen und offenbart andererseits das Heilungspotential des wachsenden Knochens. Die günstige Prognose kindlicher Frakturen ist von mehreren Faktoren abhängig. Einerseits sind auch knorpelige Strukturen bis zum Wachstumsabschluss noch zellteilungs- und damit regenerationsfähig.(17) Andererseits bietet die knöcherne Wachstumsreserve höheres Regenerationspotential, nicht zuletzt aufgrund der vermehrten Durchblutung des Knochens. Das Periost ist im Kindesalter dicker und kann damit zusätzlich zur Stabilität von Frakturen beitragen.(18)

Trotz alledem bleibt die regelrechte Versorgung der Condylus radialis Fraktur wichtige Voraussetzung für einen ungestörten Heilungsverlauf und damit den Erhalt einer guten Ellbogengelenksfunktion. Dabei geht es vor allem darum, der Fraktur die nötige Stabilität zu gewährleisten und relevante Dislokationen so genau wie möglich zu beheben, um die anatomische Form der Gelenksfläche zu erhalten. Die Entscheidung zur richtigen Therapie setzt eine adäquate Diagnostik voraus. Ein wichtiges Instrument stellt dabei das Röntgen dar.

Wie bereits erwähnt erfolgt die Diagnostik der Condylus radialis Fraktur einem klaren Schema, deren Beurteilung und weitere Entscheidung zur Therapie stellt jedoch oft eine Herausforderung dar. Umso wichtiger erschien uns deshalb die Überprüfung des von uns angewandten Therapieregimes.

Ein konservatives Vorgehen sollte nur bei stabilen undislozierten Frakturen gewählt werden, mittels Oberarmgipsschiene für insgesamt drei bis vier Wochen. Wichtig sind dabei die regelmäßigen Kontrollen, die dauerhafte Gipsentfernung darf nur erfolgen, wenn die Fraktur radiologisch gut durchbaut imponiert.(44)

Für den geeignetsten Zeitpunkt des ersten Kontrollröntgen finden sich in der Literatur verschiedene Angaben. Die Fragestellung ist in Bezug auf Frakturen des Condylus radialis wichtig, da viele Frakturen im Erströntgen schwer zu erkennen sind, oder im Verlauf sekundär dislozieren. Die Empfehlungen reichen dabei vom vierten bis zum zehnten Tag nach dem Unfallereignis, in fraglichen Fällen wird von der AWMF (Arbeitsgemeinschaft für wissenschaftliche medizinische Fachgesellschaften) ein zusätzliches Röntgen nach 14 Tagen empfohlen.(9,20,39) Ruedi, Buckley et al empfehlen das erste Kontrollröntgen frühestens am sechsten Tag vorzunehmen, mit dem Argument, dass sich der Frakturverlauf erst nach dieser Zeit regelrecht beurteilen ließe.(9)

Wir halten den 4. Bis zum 7.Tag nach dem Unfall für das ideale Intervall für das erste Kontrollröntgen. Einerseits ist bei sekundär dislozierenden Frakturen eine möglichst zeitnahe operative Versorgung anzustreben und andererseits zeigte keine einzige der nach diesem Schema radiologisch kontrollierten Frakturen in unserem Kollektiv nach diesem Zeitpunkt eine sekundäre Dislokation.

Zudem muss hervorgehoben werden, dass das Kontrollröntgen in jedem Fall ohne Gips erfolgen sollte. Die Beurteilung einer ohnehin schwer einzuschätzenden Fraktur wird durch eine Aufnahme im Gips erheblich erschwert. Dabei sollte den Eltern der betroffenen Kinder stets mitgeteilt werden, dass durch ein gipsfreies Röntgen keine sekundäre

Dislokation auftreten kann, sondern diese sich bereits im Gips entwickelt. Mit dieser Meinung gehen auch Von Laer et al konform, da sie das erste Kontrollröntgen um den vierten Tag und gipsfrei empfehlen.(20)

21 der 55 Teilnehmer/innen (38,2%) wurden konservativ behandelt. 3(21,42%) der 14 beobachteten Komplikationen traten nach konservativer Behandlung auf. Es handelte sich in allen Fällen um vorübergehende Bewegungseinschränkungen. Bei einem dieser Patienten/innen wurde eine sekundäre Dislokation zu spät entdeckt und in Folge nicht mehr operativ versorgt. Das erste Kontrollröntgen wurde dabei im Gips durchgeführt. Hier wurde in den Verlaufskontrollen eine verzögerte Frakturheilung beobachtet, bei der Nachuntersuchung der Langzeitergebnisse präsentierte sich der Patient aber vollkommen beschwerdefrei.

Die operative Versorgung unterscheidet sich in der Art des Zugangs (offene/ geschlossene Reposition), sowie der Wahl des Implantats (Kirschner-Draht/ Schraube/ Kombination).

Von 34 durchgeführten Operationen waren 33 (97,05%) offene Repositionen. Im Fall einer einzelnen geschlossen durchgeführten Reposition mit perkutaner Osteosynthese wurde im Verlaufsröntgen eine sekundäre Dislokation festgestellt, weshalb eine Revisionsoperation mit offener Reposition durchgeführt werden musste. Auch bei diesem Patienten wurden Bewegungseinschränkungen in den ersten Monaten erhoben, bei der Nachuntersuchung der Langzeitergebnisse zeigten sich jedoch keine Auffälligkeiten. Der Verlauf dieses Falles unterstützt die gängige Praxis an unserer Klinik, in der Regel alle operationsbedürftigen Condylus radialis Frakturen offen zu reponieren um ein anatomisches Ergebnis garantieren zu können. Die in der Einleitung angeführte Therapieempfehlung von Song zur geschlossenen Reposition können wir somit nicht teilen. Zwar wird von Song erwähnt, dass es sich hierbei um eine technisch anspruchsvolle Operation handelt, welche einer Lernperiode bedarf um konstant gute Ergebnisse zu erzielen. Wir sind jedoch der Meinung, dass vor allem die Überprüfung der wiederhergestellten Gelenksfläche nach der Reposition für ein gutes Ergebnis entscheidend ist. Wie bei allen Gelenksfrakturen ist die möglichst stufenfreie Reposition des Frakturfragments einer der wichtigsten Faktoren für den weiteren Heilungsverlauf. Bei geschlossener Reposition erfolgt die Beurteilung der Gelenksfläche lediglich radiologisch. Dies kann gerade beim kindlichen Ellbogen eine große Herausforderung darstellen, der Epicondylus radialis verknöchert erst zwischen dem 8. Und 13. Lebensjahr.(1) Eine Überprüfung der knorpeligen Gelenkskonturen nach geschlossener Reposition wäre eventuell nur alternativ durch eine noch intraoperativ

durchgeführte Arthrographie möglich, jedoch mit zusätzlichem Aufwand und mit fraglicher Verlässlichkeit des Ergebnisses verbunden.(35,68,69)

Bei der Wahl des Implantats zur operativen Frakturversorgung ergaben sich drei Möglichkeiten. Die Fixierung der Fraktur mittels Kirschner-Draht (45,5%), einer oder zwei Schrauben (9,1%) oder eine Kombination aus beiden (7,3%). Das Behandlungsergebnis betreffend konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Von den 14 beobachteten Komplikationen traten 10 (71,42%) nach Versorgung mit Kirschner-Drähten und eine (7,14%) nach Fixierung mittels Schraube auf, was ein möglicher Hinweis auf die höhere erzielte Kompression durch die Schraube und somit einen positiven Effekt auf die Frakturheilung bedeuten kann. Die Wahl der Implantate erfolgte durch den Operateur in Abhängigkeit von Patientenalter und Fragmentgröße, was sich auch in der signifikanten Korrelation des Implantattyps mit dem Patientenalter bei Unfall in unserem Kollektiv zeigt. Mit höherem Alter und somit zunehmender Verknöcherung des distalen Humerus wurden somit deutlich mehr Kompressionsschrauben verwendet, sobald es die Fragmentgröße zuließ.

Der mittlere Zeitraum vom Unfalltag bis zur Operation betrug 3,55 Tage. Damit wurde in den Großteil der Fälle die Operation sehr zeitnah durchgeführt. Nur in zwei Fällen erfolgte die Operation nicht in der ersten Woche nach dem Unfall. Bei beiden Patienten wurde erst nach längerer Zeit eine sekundäre Dislokation bemerkt, die Operationen wurden dabei jeweils 10 beziehungsweise 31 Tage nach dem Unfall durchgeführt.

Der Operationszeitpunkt sollte prinzipiell kurzfristig gewählt werden, um einer weiteren Dislokation und der Kallusbildung zuvorzukommen. Weichteilschwellungen stellen grundsätzlich keine Kontraindikation dar, da sie in der Regel vor allem aus Hämatomen resultieren, welche intraoperativ ausgeräumt werden können.(18)

Die Metallentfernung wurde in einem Zeitraum von 26 bis 303 Tage nach der Operation problemlos durchgeführt, mit einem Mittelwert von 89,91 Tagen. Laut Literatur können die Implantate in der Regel drei bis vier Monate nach der Operation entfernt werden. Die Entscheidung richtet sich hierbei nach der Durchbauung der Fraktur im Röntgen. Bei verzögerter Knochenheilung sollten die Implantate jedenfalls noch belassen werden. Eine zusätzliche erneute Gipsruhigstellung für zwei bis sechs Wochen kann bei fraglicher Instabilität der Fraktur erwogen werden, dabei besteht jedoch die erhöhte Gefahr einer Gelenkseinstiefung.(46)

## Zusammenfassung und Fazit

Die Studie zu den Langzeitergebnissen nach Condylus radialis Frakturen umfasste 55 Teilnehmer/innen, mehrheitlich männlich (61,8%) mit einem Durchschnittsalter von 6,76 (1,77 bis 16,04) Jahren zum Verletzungszeitpunkt. In Bezug auf die von uns beobachteten Verläufe ist ersichtlich, dass die Fraktur des Condylus radialis in vielen Fällen operativ versorgt werden muss (61,8%).

Eine bedeutende Rolle kommt an dieser Stelle dem häufigen Auftreten sekundärer Dislokationen zu. In unserem Kollektiv zeigte sich bei initial 52,7% stabil eingestuften Frakturen in 14,5% eine sekundäre Dislokation im Verlauf. In diesen Fällen wurde von einer konservativen zur operativen Versorgung gewechselt. Dieser Umstand zeigt, dass der Wahrnehmung und Diagnosestellung einer sekundären Dislokation größte Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte.

Im frühen Heilungsverlauf ist die Condylus radialis Fraktur durchaus mit Komplikationen (23,7%) behaftet, wobei vornehmlich vorübergehende Bewegungseinschränkungen im Vordergrund stehen. Die Nachuntersuchung der Langzeitergebnisse, welche im Durchschnitt 8,36 Jahre nach dem Unfall durchgeführt wurden, zeigte jedoch, dass die Fraktur des Condylus radialis im Langzeitverlauf in den allermeisten Fällen unabhängig von der ursprünglichen Frakturform exzellent ausheilt. Wir beobachteten mit einer Dysästhesie über dem Frakturbereich in nur einem Fall eine Spätkomplikation, alle anderen Teilnehmer präsentierten sich im Alltag subjektiv vollkommen beschwerdefrei. Somit können wir insgesamt ein sehr gutes Langzeitergebnis mit dem in unserem Kollektiv zur Anwendung gekommenen klinischen Management der Verletzung vermerken.

Wir wurden demnach darin bestätigt, das an unserer Klinik praktizierte Diagnose- und Therapieregime der Fraktur des Condylus radialis humeri im Wachstumsalter in dieser Form beizubehalten. Dabei erachten wir drei Punkte als besonders wichtig.

In erster Linie empfehlen wir konsequente Röntgenkontrollen, wobei die erste Röntgenkontrolle ohne Gips und innerhalb von 4 bis 7 Tagen nach dem Verletzungszeitpunkt durchgeführt werden sollte, um die adäquate Frakturversorgung zu gewährleisten.

Weiters erachten wir die Fraktur-Klassifikationen nach Jakob oder Song für die radiologische Beurteilung von Condylus radialis Frakturen als hilfreich und hinsichtlich der Frakturstabilität und erforderlichen Versorgung aussagekräftig. Für die Milch

Klassifikation ergab sich in unserer Studie keine diagnostische oder therapeutische Relevanz.

Zuletzt sprechen wir uns für die offene Reposition zur osteosynthetischen Frakturversorgung aus, welche unserer Meinung nach im Gegensatz zur geschlossenen Reposition die direkte Begutachtung der von der Fraktur beteiligten Gelenksfläche ermöglicht.

## Literaturverzeichnis

1. J. Fanghänel, F. Pera, F. Anderhuber RN. Waldeyer Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas in einem Band. Walter De Gruyter; 2003. 99-101, 201-202, 212-216, 251-252 S.
2. Sanchez-Sotelo J, Morrey M. Complex elbow instability: surgical management of elbow fracture dislocations. *Br Editor Soc Bone Jt Surg.* 2016;1(5):183–90.
3. Meyer R-P, Kappeler U. Ellbogenchirurgie in der Praxis. Springer Verlag; 2013. 110 S.
4. Jakob R, Fowles J V, Rang M, Kassab MT. Observations concerning fractures of the lateral humeral condyle in children. *J Bone Joint Surg Br [Internet].* 1975;57(4):430–6. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1104630>
5. Aumüller G, Aust G, Engele J, Kirsch J, Maio G, Mayerhofer A, u. a. Duale Reihe Anatomie. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag; 2014. 79-81 S.
6. Weinberg A, Tscherne H. Unfallchirurgie im Kindesalter. 1 Allgemeiner Teil: Kopf, Obere Extremität, Wirbelsäule. Springer V. Heidelberg; 2006. 15-16 S.
7. Opiz H, Schmid F. Handbuch der Kinderheilkunde. New York: Springer Verlag; 1971. 57 S.
8. Kreuzsch-Brinker R, Noack R. Verletzungen der distalen Humerusepiphyse im Wachstumsalter. *Unfallchirurgie.* 1986;12(2):60–7.
9. Rüedi T, Buckley R, Moran C. AO-Prinzipien des Frakturmanagements. 1. Band. Georg Thieme Verlag; 2008.
10. Hunziker EB, Schenk RK. Physiological mechanisms adopted by chondrocytes in regulating longitudinal bone growth in rats. *J Physiol.* 1989;414:55–71.
11. Trueta J, Morgan JD. The vascular contribution to osteogenesis. I. Studies by the injection method. *J Bone Joint Surg Br [Internet].* 1960;42–B:97–109. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13855127>
12. Thomann KD. Handbuch der orthopädisch-unfallchirurgischen Begutachtung. Elsevier; 2009. 38 S.
13. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag; 2014. 309 S.
14. Massaharu Watanabe da Silva V. Doccheck Flexikon/ Frakturheilung [Internet]. Verfügbar unter: <http://flexikon.doccheck.com/de/Frakturheilung>
15. Hirner A, Weise K. Chirurgie. Georg Thieme Verlag; 2008. 229 S.
16. Wirth CJ, Mutschler W-E, Kohn D, Pohlemann T. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag; 2013. 245, 246 S.
17. Niethard FU. Kinderorthopädie. Georg Thieme Verlag; 2009. 18-20 S.
18. Schmit-Neuerburg K-P, Towfigh H, Letsch R. Tscherne Unfallchirurgie/ Teil 1: Ellenbogen, Unterarm. Springer Verlag; 2013. 14, 16-18, 31-34 S.
19. Matti H. Die Knochenbrüche und ihre Behandlung. Springer Verlag; 2013. 29 S.
20. Von Laer L. Pediatric Fractures and Dislocations. 4. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2011. 2-6 S.
21. Mills K, Morton R, Page G. Farbatlas der Unfall- und Notfallmedizin. Springer Verlag; 2013. 191 S.
22. Hefti. Fritz. Kinderorthopädie in der Praxis. Springer Verlag; 2008. 499 S.
23. Dietz H-G, Illing P, Schmittenebecher PP, Slongo T. Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie. Springer Verlag; 2011. 304 S.
24. Leet A, Young C, Hoffer M. Medial condyle fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop.* 2002;22(1):2–7.
25. Lichtenberg R. A study of 2,532 fractures in children. *Am J Surg.* 1954;87(3):330–8.
26. Blount W, Schulz I, Cassidy R. Fractures of the elbow in children. *J Am Med Assoc.* 1951;11(6):541-548-553.

27. Maylahn D, Fahey J. Fractures of the elbow in children; review of three hundred consecutive cases. *J Am Med Assoc.* 1958;166(3):220–8.
28. Emery KH, Zingula SN, Anton CG, Salisbury SR, Tamai J. Pediatric elbow fractures: a new angle on an old topic. *Pediatr Radiol.* 2016;46(1):61–6.
29. Landin LA, Danielsson LG. Elbow fractures in children. An epidemiological analysis of 589 cases. *Acta Orthop Scand [Internet].* 1986;57(4):309–312. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3788491>[http://www.jpeds.com/index\\_files/eAr68.pdf](http://www.jpeds.com/index_files/eAr68.pdf)
30. Tejwani N, Phillips D, Goldstein RY. Management of lateral humeral condylar fracture in children. *J Am Acad Orthop Surg [Internet].* 2011;19(6):350–8. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21628646>
31. Stimson L. *A Practical Treatise on Fractures and Dislocations.* Lea Brother. 1900;
32. McLearnie M, Merson R. Injuries to the lateral condyle epiphysis of the humerus in children. *J Bone Jt Surg [Internet].* 1954;69(1):197–209. Verfügbar unter: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=3974368](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=3974368)
33. Milch H. Fractures of the external humeral condyle. *J Am Med Assoc.* 1956;160(8):641–6.
34. Reiser M, Kuhn F-P, Debus J. *Duale Reihe Radiologie. 3. Auflage.* Georg Thieme Verlag; 2004.
35. Song KS, Kang CH, Min BW, Bae KC, Cho CH, Lee JH. Closed reduction and internal fixation of displaced unstable lateral condylar fractures of the humerus in children. *J bone Jt Surg Am Vol [Internet].* 2008;90(12):2673–81. Verfügbar unter: [papers3://publication/doi/10.2106/JBJS.G.01227](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC267381/)
36. Pennington R, Corner J, Brownlow H. Milch’s classification of paediatric lateral condylar mass fractures: Analysis of inter- and intraobserver reliability and comparison with operative findings. *Injury.* 2009;40(3):249–52.
37. Ruedi T, Buckley R, Moran C. *AO Prinzipien des Frakturmanagements, 2. Band.* Georg Thieme Verlag; 2008.
38. Grechenig W. Prinzipielle Überlegungen zur Metallentfernung. 2011;5–10. Verfügbar unter: [http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/32\\_grechenig.pdf](http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/32_grechenig.pdf)[http://schbs02/Date n/ReferenceManager/Publikationen/g/P11163\\_Grechenig\\_Prinzipielle\\_berlegungen\\_zur Metallentfernung.pdf](http://schbs02/Date n/ReferenceManager/Publikationen/g/P11163_Grechenig_Prinzipielle_berlegungen_zur_Metallentfernung.pdf)
39. Schmittenebecher P, Fitze G, Marzi I. Intraartikuläre Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter. 2015;1–13.
40. Skaggs DL, Mirzayan R. The posterior fat pad sign in association with occult fracture of the elbow in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(January):1429–33.
41. Vocke-Hell A, Schmid A. Sonographic differentiation of stable and unstable lateral condyle fractures of the humerus in children. *J Pediatr Orthop.* 2001;10(2):138–41.
42. Schatzke J, Lambert D. *Supracondylar fractures of the femur.* Clin Orthop Relat Res. 1979;
43. Beaty J, Kasser J. *Rockwood and Wilkin’s Fractures in Children.* Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
44. Weigel B, Nerlich M. *Praxisbuch Unfallchirurgie. 1. Aufl.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag; 2005. 888 S.
45. Novak M. *Röntgenbild Condylus radialis Fraktur. Klinische Abteilung für Kinderorthopädie der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz;*
46. Sullivan J. Fractures of the lateral condyle of the humerus. *J Am Orthop Surg.* 2006;4(6):147–51.
47. Song KS, Kang CH, Min BW, Bae KC, Cho CH, Lee JH. Closed Reduction and Internal Fixation of Completely Displaced and Rotated Lateral Condyle Fractures of the Humerus in Children. *J bone Jt Surg Am Vol [Internet].* 2010;90(12):2673–81. Verfügbar unter: [papers3://publication/doi/10.2106/JBJS.G.01227](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC267381/)
48. Li WC, Xu RJ. Comparison of Kirschner wires and AO cannulated screw internal fixation for displaced lateral humeral condyle fracture in children. 2012;36(6):1261–6.
49. Conner AN, Smith MG. Displaced Fractures of the Lateral Humeral Condyle in Children. *J*

- Bone Jt Surg. 1970;52B(3):460–4.
50. Rokkanen P, Hirvensalo E, Böstman O. Bioabsorbable fixation in orthopaedic surgery and traumatology. *Biomaterials*. 2000;
  51. Hahn U, Prokop A, Jubel A, Dietershagen M, Bleidistel M, Peters C, u. a. A comparative radiological assessment of polylactide pins over 3 years in vivo. *Biomaterials*. 2005;26(19):4129–38.
  52. Silva M, Paredes A, Sadlik G. Outcomes of ORIF >7 Days After Injury in Displaced Pediatric Lateral Condyle Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2017;37(4):234–8.
  53. Hambauer J. Der Einfluss des Frakturtyps auf die Dislokation von Condylus humeri Frakturen im Wachstumsalter. 2015;41.
  54. Janda V. Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. Elsevier; 2009.
  55. Institute for Work and Health. Scoring the Quick-DASH [Internet]. 2010. Verfügbar unter: [http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/files/downloads/quickdash\\_info\\_2010.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/files/downloads/quickdash_info_2010.pdf)
  56. Cusick MC, Bonnaig NS, Azar FM, Mauck BM, Smith RA, Throckmorton TW. Accuracy and reliability of the mayo elbow performance score. *J Hand Surg Am* [Internet]. 2014;39(6):1146–50. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhssa.2014.01.041>
  57. Hudak P, Amadio P, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure—the DASH. *Am J Ind Med*. 1996;29(6):602–8.
  58. Hudak P, Use I. The DASH and QuickDASH [Internet]. 2016. S. 1–4. Verfügbar unter: [http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/files/dash\\_e-bulletin\\_2016\\_fall.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/files/dash_e-bulletin_2016_fall.pdf)
  59. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2006;7:44. Verfügbar unter: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1513569&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
  60. Institute for Work and Health. The QuickDASH Outcome Measure [Internet]. 2006. Verfügbar unter: [http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/QuickDASH\\_German\\_2015.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/QuickDASH_German_2015.pdf)
  61. Morrey BF, An KN. *The Elbow and Its Disorders*. 2nd Aufl. Philadelphia: WB Saunders Co; 1993.
  62. Novak M. Frakturen des Condylus radialis. Klinische Abteilung für Kinderorthopädie der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz;
  63. Landin LA. Fracture patterns in children. Analysis of 8,682 fractures with special reference to incidence, etiology and secular changes in a Swedish urban population 1950-1979. *Acta Orthop Scand*. 1983;202:1–109.
  64. Reed MH. Fractures and dislocations of the extremities in children. *J Trauma*. 1977;17(5):351–4.
  65. Worlock P, Stower M. Fracture patterns in Nottingham children. *J Pediatr Orthop*. 1986;6:656–60.
  66. Gogola GR. Pediatric humeral condyle fractures. *Hand Clin*. 2006;22:77–85.
  67. Wirth CJ, Mutschler W-E, Bischoff HP, Püschmann H, Neu J. *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Georg Thieme Verlag; 2010. 537-539 S.
  68. Knutsen A, Avoian T, Borkowski SL, Ebramzadeh E, Zionts LE, Sangiorgio SN. Accuracy of radiographs in assessment of displacement in lateral humeral condyle fractures. *J Child Orthop*. 2014;8(1):83–9.
  69. Chapman VM, Grottkau BE, Albright M, Salamipour H, Jaramillo D. Multidetector computed tomography of pediatric lateral condylar fractures. *J Comput Assist Tomogr*. 2005;29(6):842–6.
  70. Decker J. Docceck Flexikon/ Salter-Harris Klassifikation [Internet]. Verfügbar unter: <http://flexikon.doccheck.com/de/Salter-Harris-Klassifikation>
  71. Song KS. Lateral Condylar Fracture of the Humerus in Children: Is the Closed Pinning Satisfactory? *J Korean Fract Soc*. 2012;25(2):163–8.

# Anhang - Fragebogen

Name: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## *Mayo Performance Elbow Score*

### Schmerz

- Kein Schmerz
- Milder Schmerz
- Moderater Schmerz
- Starker Schmerz

### Mobilität

- Beugung über 100 Grad
- Beugung zwischen 50 und 100 Grad
- Beugung unter 50 Grad

### Stabilität

- Stabil
- Moderate Instabilität
- Starke Instabilität

### Funktion

- Haare kämmen
- Mit Besteck essen
- Hygienemaßnahmen
- T-Shirt anziehen
- Schuhe anziehen

Abbildung 21 Fragebogen Seite 1

## Quick DASH

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
4. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
6. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	sehr
7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	1	2	3	4	5
8. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)	1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein.  
(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	keine	leichte	mäßige	starke	Sehr starke
9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
	keine	geringe	mäßige	erhebliche	Schlafen nicht möglich
11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der <u>letzten Woche</u> aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich?	1	2	3	4	5

Wurden mehr als 1 Frage nicht beantwortet, so darf ein QuickDASH Wert nicht berechnet werden.

Abbildung 22 Fragebogen Seite 2