

Aus der Klinik für Kinderchirurgie Campus Virchow-Klinikum
der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Retrospektive Analyse von kindlichen supra- und
y-condylären Humerusfrakturen im Zeitraum 2005-2010
unter besonderer Berücksichtigung des Verlaufs von
nervalen Funktionsstörungen**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité
Universitätsmedizin Berlin

von

Claudia Josek

aus Eberswalde-Finow

Datum der Promotion: 08.12.2017

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt	7
Abstract	9
<u>I. Einleitung</u>	11
1. Anatomie des Ellenbogengelenkes	12
1.1. Knöcherne Anteile und Bänder des Ellenbogengelenkes.....	12
1.2. Muskeln des Ellenbogens und ihre Funktion.....	13
1.3. Gefäßversorgung des Ellenbogens.....	14
1.4. Nerven des Ellenbogens.....	14
1.5. Entwicklung und Wachstum.....	15
2. Diagnostik	16
2.1. Anamnese.....	16
2.2. Klinische Untersuchung.....	17
2.3. Radiologische Diagnostik.....	17
3. Einteilung und Klassifikation der Frakturen	19
3.1. Extra-, intraartikuläre Frakturen.....	19
3.2. AO-Klassifikation.....	19
3.3. Klassifikation nach Unfallmechanismus (Flexions-, Extensionsfrakturen).....	20
3.4. Klassifikation nach Baumann.....	20
3.5. Klassifikation der y-condylären Humerusfrakturen.....	21
4. Therapie	21
4.1. Konservative Therapie.....	21
4.2. Operative Therapie.....	23
5. Komplikationen	26
5.1. Gefäßläsionen.....	26
5.2. Nervenläsion.....	28
5.3. Achsfehlstellungen.....	29
5.4. Bewegungseinschränkungen.....	30
5.5. Sekundäre Dislokation.....	30
5.6. Infektionen.....	30
5.7. Wachstumsstörungen.....	30
6. Selbstkorrektur	30
7. Fragestellung	31

II. Material und Methoden	32
1. Patienten	32
2. Nachuntersuchung	34
3. Auswertung	37
4. Datenverarbeitung	39
III. Ergebnisse	41
1. Patientengut	41
2. Frakturklassifikation	42
3. Altersverteilung	43
4. Versicherungsstatus	45
5. Geschlechtsverteilung	47
6. Seitenverteilung	47
7. Unfallursache	48
8. Jahreszeitliche Verteilung	49
9. Begleitverletzungen	50
10. Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität	51
11. Therapie	53
11.1. Ambulante vs. stationäre Behandlung	53
11.2. Art der Ruhigstellung	54
11.3. Operative Therapie	56
11.4. Dauer Krankenhausaufenthalt	57
11.5. Anzahl erneuter Operationen und Verfahrenswechsel	58
11.6. Sekundäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität	60
11.7. Dauer der Immobilisation	63
11.8. Materialentfernung	63
11.9. Dauer Nachbeobachtung, Anzahl der Wiedervorstellungen	64
12. Beurteilung des Behandlungserfolges der supracondylären und y-condylären Humerusfrakturen angelehnt an den Score von Flynn et al. ...	65
13. Nachuntersuchung	66
13.1. Altersverteilung	67
13.2. Geschlechtsverteilung	67
13.3. Seitenverteilung	67
13.4. Jahreszeitliche Verteilung	68

13.5. Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	68
13.6. Zeitraum zwischen Unfall und Nachuntersuchung.....	68
13.7. Verbliebene Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	69
13.8. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Flynn et al.....	69
13.9. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Khalfayan et al.....	70
13.10. Subjektive Zufriedenheit der nachuntersuchten Patientengruppe.....	71
13.11. Wechsel der Händigkeit	72
13.12. Narben	72
13.13. Umfangsdifferenz	72
<u>IV. Diskussion</u>	73
1. Patientengut	73
2. Frakturklassifikation	74
3. Altersverteilung	75
4. Versicherungsstatus	75
5. Geschlechtsverteilung	75
6. Seitenverteilung	75
7. Unfallursache	76
8. Jahreszeitliche Verteilung	77
9. Begleitverletzung	77
10. Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität	77
11. Therapie	78
11.1. Ambulante vs. stationäre Behandlung	78
11.2. Art der Ruhigstellung	79
11.3. Operative Therapie	80
11.4. Dauer Krankenhausaufenthalt	80
11.5. Anzahl erneuter Operationen und Verfahrenswechsel.....	81
11.6. Sekundäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	81
11.7. Dauer der Immobilisation	82
11.8. Materialentfernung.....	82
12. Beurteilung des Behandlungserfolges der supracondylären und y-condylären Humerusfrakturen angelehnt an den Score von Flynn et al.....	83

13. Nachuntersuchung	84
13.1. Altersverteilung	84
13.2. Geschlechtsverteilung	84
13.3. Seitenverteilung	85
13.4. Jahreszeitliche Verteilung	85
13.5. Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	85
13.6. Zeitraum zwischen Unfall und Nachuntersuchung	86
13.7. Verbliebene Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	86
13.8. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Flynn et al.....	87
13.9. Subjektive Zufriedenheit.....	87
13.10. Korrelation der Scores nach Flynn et al., Khalfayan et al. und der subjektiven Zufriedenheit	88
14. Empfohlene Vorgehensweise zur Diagnostik und Therapie peripherer Störungen der Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität	89
<u>V. Zusammenfassung</u>	91
<u>VI. Literaturverzeichnis</u>	96
<u>VII. Abbildungsverzeichnis</u>	102
<u>VIII. Tabellenverzeichnis</u>	103
<u>IX. Abkürzungsverzeichnis</u>	104
<u>X. Eidesstattliche Versicherung</u>	105
<u>XI. Lebenslauf</u>	106
<u>XII. Danksagung</u>	108

Abstrakt

Gegenstand der vorliegenden Arbeit waren supra- und y-condyläre Humerusfrakturen, die in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 behandelt wurden. Sie wurden retrospektiv nachuntersucht, wobei besonderes Augenmerk auf Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität gelegt wurde.

Den Kollegen in der Klinik für Kinderchirurgie war subjektiv eine zunehmende Häufung nervaler Schäden als Begleiterscheinung dieser Frakturarten aufgefallen. Die vorliegende Arbeit ermöglicht den Vergleich zu Ergebnissen ähnlicher Studien und insbesondere zu einer vorhergehenden Untersuchung von supra- und y-condylären Humerusfrakturen in derselben Klinik im Zeitraum vom 01.04.1996 bis 30.04.2001.

Im Beobachtungszeitraum wurden 355 supracondyläre und 16 y-condyläre Humerusfrakturen retrospektiv untersucht. Die Klassifikation der supracondylären Humerusfrakturen erfolgte nach Baumann. Frakturen nach Baumann I wurden in 49 % der Fälle diagnostiziert, Frakturen nach Baumann II in 21 % und Frakturen nach Baumann III in 30 %. Das Patientenalter lag zwischen vier Monaten und 17,4 Jahren, das durchschnittliche Alter betrug 5,9 Jahre. Jungen waren mit 56 % der Fälle häufiger betroffen als Mädchen. Begleitverletzungen zeigten sich mit 3 % selten.

Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität wurden in 7 % aller Fälle diagnostiziert. Es wurden weder sekundäre Störungen der peripheren Durchblutung noch ein Kompartmentsyndrom oder eine Volkmann'sche Kontraktur entdeckt. Sekundäre Störungen der peripheren Motorik und/oder Sensibilität traten bei insgesamt 43 Kindern auf (11,6 %). Der Nervus ulnaris war in 65 % aller Störungen betroffen.

Alle Kinder, bei denen im Verlauf der Behandlung eine Störung der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert war, wurden zu einer Nachuntersuchung eingeladen. Von insgesamt 43 betroffenen Kindern konnten bei 22 (51 %) weitere Daten erhoben werden. Nur ein Kind klagte über eine persistierende Hyperästhesie des zweiten bis fünften Fingers, eines über eine Hypästhesie des fünften Fingers. Motorische Störungen oder Durchblutungsstörungen waren in keinem Fall zu verzeichnen.

Insgesamt ist die Beobachtung der an der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin tätigen Kollegen richtig. Es kam im Beobachtungszeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 zu einem Anstieg der peripheren Störungen der Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität. Dieser absolute Anstieg der Störungen relativiert sich jedoch durch die gestiegenen Behandlungszahlen. In Bezug auf die Behandlungszahlen sank die Rate der sekundären Störungen der peripheren Motorik und Sensibilität im Vergleich zur vorhergehenden Studie von 18,1 % auf 11,6 %. Die Rate der primären nervalen Störungen stieg leicht von 5,2 % auf 5,9 % an. Der beobachtete Anteil der sekundären nervalen Störungen liegt in dem in der Literatur angegebenen Bereich von 4-18,1 %.

Abstract

This thesis presents a survey of supra- and y-condylar fractures of the humerus in children who were treated in the Department of Pediatric Surgery at the Virchow Campus of the Charité Universitätsmedizin Berlin between 01-01-2005 to 31-12-2010. The focus of this retrospective study is the identification of disorders of peripheral blood supply, motor and sensory functions before and after surgery.

The surgeons in the Department of Pediatric Surgery of the Charité observed an increasing number of disorders of peripheral blood supply, motor and/or sensory functions. Therefore, this work relates the current treatment outcomes to similar studies and especially to a former study performed in the same Department focusing on the period from 01-04-1996 to 30-04-2001.

The study includes 355 supracondylar and 16 y-condylar fractures of the humerus, which are classified according to Baumann. 49% of all cases were type Baumann I fractures, 21% Baumann II and 30% Baumann III. The age ranged from four months to 17.4 years (middle 5.9 years). The most fractures affected males (56%). Correlated fractures were identified very seldom (3%). Preoperative disorders of blood supply, motor and/ or sensory functions were found in 7% of the cases.

Postoperative disorders in blood supply were not found. There was also non compartment syndrome or Volkmann contracture identified. Disorders of peripheral sensory and motor function were found 43 times (11.6%). The ulnar nerve was affected in 65% of all postoperative nervale disorders.

Out of the affected 43 children, 22 (51%) were actually further examined. Only one of them had a hyperesthesia in the second thru fifth finger, another had a hypesthesia in the fifth finger. Disorders of blood supply or motor function were not found at all.

Overall, the observation of the surgeons in the Department of Pediatric Surgery of the Charité was correct. There were currently indeed a higher absolute number of disorders of peripheral blood supply, motor and/ or sensory function. However, they also treated more children with fractures of the distal humerus in general. Considering this increased total number of treated distal humerus fractures the relative number of disorders of peripheral blood supply, motor and/ or sensory function decreased from 18.1% to 11.6% in comparison to the previous study.

The number of preoperative disorders shows a slightly increase from 5.2 to 5.9%. The share of postoperative disorders that was found in this study ranges in the level, which is also shown in other studies (4 to 18.1%).

I. Einleitung

Im Vergleich zu Erwachsenen, bei denen die distale Humerusfraktur mit 2-6 % aller Frakturen eine seltene Verletzung darstellt [1], treten Verletzungen des distalen Humerus bei Kindern mit 15,6 % wesentlich häufiger auf [2, 31].

Wegen erhöhter Aktivität und Risikobereitschaft sind Jungen von Frakturen insgesamt, aber auch von Frakturen im Bereich der oberen Extremitäten häufiger betroffen als Mädchen [5, 6].

Die supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter stellt mit einem Anteil von 64,5 % die häufigste Fraktur des distalen Humerus dar [3]. Es zeigt sich ein gehäuftes Auftreten im Alter von 3-10 Jahren (Durchschnittsalter sechs Jahre [4]). Die y-condyläre Humerusfraktur tritt mit 0,8 % aller Ellenbogenfrakturen vergleichsweise selten auf [3]. Für diese Fraktur wird eine Altershäufung in der präpubertären Phase beschrieben [7].

„Kinder sind keine kleinen Erwachsenen“. Diese Weisheit zieht sich durch die gesamte Literatur und wird Studenten schon in den Pädiatrie- und Kinderchirurgie-Vorlesungen mitgegeben. Häufig gestaltet sich bereits die Anamnese und Untersuchung verletzter Kinder schwieriger als bei Erwachsenen. Auch die radiologische Diagnostik birgt ihre Tücken, sodass Frakturen oft nicht erkannt und Röntgenbilder fehlgedeutet werden.

Kraus und Wessel beschreiben eine hohe Fehlerquote (77 %) bei der Behandlung des Ellenbogengelenkes [2]. Überdurchschnittlich häufig werden durch die Schlichtungsstellen der Ärztekammern Fehler in Bezug auf die Behandlung von Ellenbogenverletzungen anerkannt. Die Fehler reichen von einer unzureichenden Erhebung des klinischen Befundes, über eine fehlerhafte Interpretation des radiologischen Befundes, einer der Verletzung unangemessenen Wahl der Therapie, bis hin zur mangelnden Nachbehandlung und fehlenden Kontrolluntersuchung [2].

Aus fehlerhaften Behandlungen resultieren besonders bei Frakturen des kindlichen Ellenbogens Probleme und Komplikationen. Insbesondere Bewegungseinschränkungen und Abweichungen der Ellenbogenachse können zu dauerhaften Beeinträchtigungen der Funktion und des Aussehens, sowie psychischen Problemen führen. Daher ist ein fundiertes Wissen bezüglich der Anatomie des kindlichen Ellenbogens, der altersspezifischen Wachstumseigenschaften und des Korrekturpotentials bei der Behandlung kindlicher Ellenbogenfrakturen unerlässlich [8].

1. Anatomie des Ellenbogengelenkes

1.1. Knöcherne Anteile und Bänder des Ellenbogengelenkes

Das Ellenbogengelenk wird als *Articulatio composita*, zusammengesetztes Gelenk, bezeichnet. An seiner Bildung sind drei Knochen beteiligt: der distale Humerus, der proximale Radius und die proximale Ulna [9]. Diese drei Knochen bilden drei einzelne Gelenke.

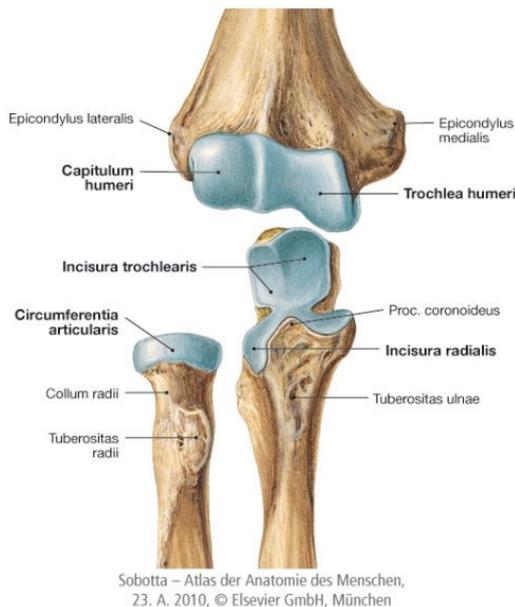


Abbildung 1: Knöcherne Anteile des Ellenbogengelenkes, mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH [10]

Das proximale Radioulnargelenk wird als *Articulatio cylindrica* (Walzengelenk) bezeichnet. Das mit Knorpel überzogene Radiusköpfchen mit der *Circumferentia articularis radii* artikuliert mit der ebenfalls knorpelig überzogenen *Incisura radialis* der proximalen Ulna. Hierbei dreht sich der Radius um die eigene Schaftachse. Die dabei entstehenden Bewegungen sind die Pro- und Supination des Unterarmes. Die Verbindung zwischen proximalen Radius und Ulna wird durch die *Membrana interossea antebrachii*, die *Chorda obliqua* und das *Ligamentum anulare radii* gehalten.

Das Humeroradialgelenk wird durch die Gelenkflächen des Radiusköpfchens und des *Capitulum humeri* gebildet. Das Gelenk ist als Kugelgelenk zu bezeichnen. Allerdings lässt dieses Gelenk nur zwei Bewegungsachsen zu. Aufgrund des Humeroulnar- und proximalen Radioulnargelenkes sind im Humeroradialgelenk nur Bewegungen um die Extension/Flexions- und Pronations/Supination-Achse möglich.

Das Humeroulnargelenk wird als Scharniergelenk (Ginglymus) bezeichnet. Die proximale Ulna umgreift mit der Incisura trochlearis die Trochlea des Humerus. Die Incisura trochlearis der Ulna wird ventral durch den Processus coronoideus, dorsal durch das Olecranon begrenzt. Bei Streckung des Ellenbogengelenkes artikuliert das Olecranon mit der Fossa olecrani des Humerus.

Die Bewegung des Humeroulnargelenkes entspricht der Extension und Flexion des Unterarmes gegen den Oberarm mit der Bewegungsachse durch die Trochlea.

Zusammengefasst bilden alle drei Gelenke zusammen ein Drehscharniergelenk. Alle drei Gelenke werden von einer Kapsel umschlossen, welche dorsal die Fossa olecrani und ventral die Fossa radialis und die Fossa coronoidea einschließt, die Epicondylen aber frei lässt. Die Kapsel wird durch das Ligamentum collaterale ulnare und radiale zusätzlich verstärkt.

1.2. Muskeln des Ellenbogens und ihre Funktion

Der M. biceps brachii ist ein das Ellenbogen übergreifender Muskel. Er entspringt am Tuberculum supraglenoidale und an der Spitze des Processus coracoideus, setzt an der Tuberositas radii an und strahlt zum Teil in die Fascia antebrachii ein. Im Ellenbogengelenk stellt er den stärksten Supinator dar und ermöglicht darüber hinaus die Flexion. Zu den Ellenbogengelenkbeugern zählen außerdem die Mm. brachioradialis, extensor carpi radialis longus und brevis, sowie die Mm. pronator teres, palmaris longus und flexor carpi radialis.

Ein weiterer das Ellenbogengelenk übergreifender Muskel ist der M. brachialis. Er entspringt am distalen Humerus und der Gelenkkapsel des Ellenbogengelenkes und setzt an der Tuberositas ulnae an. Die Funktion dieses Muskels ist ebenfalls die Flexion des Ellenbogengelenkes.

Der M. triceps brachii, welcher vom Humerus kommend am Olecranon ansetzt und am Ellenbogengelenk für die Extension verantwortlich ist, ist ebenfalls ein das Ellenbogengelenk übergreifender Muskel. Ein weiterer Ellenbogenstrecker ist der M. anconaeus.

Im Humeroulnar- und Humeroradialgelenk erfolgt die Extension und Flexion des Ellenbogengelenkes. Die Bewegungen werden um eine Achse ausgeführt, welche durch die Trochlea humeri verläuft. Das normale Bewegungsausmaß beträgt $10^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$ nach der Neutral-Null-Methode. Die Pro- und Supination $80-90^{\circ}/0^{\circ}/80-90^{\circ}$ erfolgt im proximalen Radioulnargelenk [11,12].

1.3. Gefäßversorgung des Ellenbogens

Die Arteria brachialis bildet die Fortführung der A. axillaris ab dem Unterrand des M. pectoralis major. Im weiteren Verlauf gibt sie mehrere Muskeläste ab. Schließlich teilt sie sich dann in Höhe des Ellenbogengelenkes in die A. radialis und A. ulnaris. Vor der Teilung in die beiden Unterarmarterien entspringt aus der A. brachialis die A. profunda brachii, welche zusammen mit dem N. radialis durch den Sulcus n. radialis zur Rückfläche des Humerus läuft. Aus der A. profunda brachii entspringen unter anderem die A. collateralis media und die A. collateralis radialis. Die A. collateralis ulnaris superior und die A. collateralis inferior entspringen aus der A. brachialis. Diese vier Aa. collaterales bilden zusammen mit den Aa. recurrentes der A. ulnaris und der A. radialis das Rete articularis cubiti.

Sollte es im Rahmen einer Fraktur zu einer Unterbrechung der A. brachialis zwischen dem Abgang der A. brachialis profunda und dem Abgang der Aa. recurrentes kommen, wäre die arterielle Blutversorgung über die Kollateralen des Rete articularis cubiti dennoch gewährleistet [11].

Der venöse Abfluss erfolgt aus der Hand und dem Unterarm über Venennetze, aus denen sich schließlich durch Zusammenfluss am Unterarm die V. basilica ulnarseits und V. cephalica radialeseits bilden. In der Ellenbeuge besteht zwischen beiden durch die V. mediana cubiti eine Verbindung.

1.4. Nerven des Ellenbogens

Im Bereich des Ellenbogens verlaufen drei große Nerven. Die Kenntnis der anatomischen Lage und der Versorgungsgebiete ist wichtig, da es im Zusammenhang mit distalen Humerusfrakturen zu primären oder sekundären Nervenschäden kommen kann. Insbesondere sind hier die Überdehnung durch Dislokation, die Durchtrennung durch scharfkantige Fragmente oder auch die sekundäre Verletzung im Rahmen der Frakturversorgung zu nennen.

Der N. medianus begleitet die A. brachialis. Er liegt in Höhe des distalen Humerus zunächst ventral, in der Ellenbeuge dann medial der Arterie. Schließlich tritt er im weiteren Verlauf durch den M. pronator teres und verläuft weiter zwischen den oberflächlichen und tiefen Beugern des Unterarmes.

Der Ellenerv, N. ulnaris, welcher am Humerus zunächst medial der A. brachialis verläuft, wendet sich dann im weiteren Verlauf auf die Streckseite des Oberarmes und verläuft unter dem Epicondylus ulnaris im Sulcus nervi ulnaris. Schließlich wendet er

sich wieder auf die Beugenseite und verläuft am Unterarm ulnar der A. ulnaris. Der Leitmuskel des N. ulnaris ist am Unterarm der M. flexor carpi ulnaris.

Der N. radialis zieht im Sulcus n. radialis, eng am Humerus anliegend zusammen mit der A. profunda brachii in die Ellenbeuge. Zwischen M. brachialis und brachioradialis teilt er sich in den sensiblen Ramus superficialis und motorischen Ramus profundus. Der Leitmuskel des Ramus superficialis, welcher mit der A. radialis zusammen verläuft, ist der M. brachioradialis. Der Ramus profundus verläuft durch den M. supinator weiter an der Streckseite des Unterarmes.

1.5. Entwicklung und Wachstum

Die embryonale Entwicklung der Arme beginnt am Ende der vierten Woche an der ventrolateralen Körperwand. Die sogenannten Armknospen sind ab dem 26. Tag nach Befruchtung der Eizelle sichtbar [15,16]. Sie sind flossenartig und bestehen aus einem mesenchymalen Kern, welcher von einem ektodermalen Zellmantel umgeben ist. An der Spitze befindet sich eine Epithelverdickung, die sogenannte epitheliale Randleiste. Diese produziert Wachstumsfaktoren. Durch sie werden die Fibroblasten zur Proliferation stimuliert. Somit wächst der Arm von proximal nach distal. Ab der sechsten Woche wird die Handplatte durch Einschnürungen abgegrenzt. Im Weiteren entstehen durch programmierten Zelltod die fünf einzelnen Fingerstrahlen [17].

Während der Schaft radiologisch schon im Verlauf der fetalen Entwicklung darstellbar ist, geschieht dies bei den Knochenkernen an den Enden der langen Röhrenknochen zum Teil erst Jahre nach der Geburt. Die Knochenkern des Ellenbogengelenkes treten radiologisch zu unterschiedlichen Zeiten auf.

Der Knochenkern des Capitulum radialis humeri ist ab dem ersten bis sechsten Lebensmonat sichtbar [10, 18, 66]. Mit 2,5-8 Jahren tritt der Knochenkern des Epicondylus ulnaris auf, zwischen dem vierten und zwölften Lebensjahr der Knochenkern des Epicondylus radialis.

Die Beteiligung der Epiphysenfugen am Wachstum des Knochens ist sehr verschieden. Die Epiphysenfugen im Bereich des Ellenbogens sind nur mit 20 % am gesamten Längenwachstum des Humerus und mit 20 % am gesamten Längenwachstum des Unterarmes beteiligt. Sie verschließen sich deutlich früher, als am proximalen Humerus oder distalen Unterarm. Daraus resultiert eine geringere Potenz Achsabweichungen zu korrigieren. Erwähnenswert ist weiterhin, dass Achsabweichungen in der Hauptbewegungsebene des Ellenbogengelenkes (Extension/Flexion), also

Abweichungen in der Sagittalebene, besser korrigiert werden als Abweichungen in der Frontalebene [18].

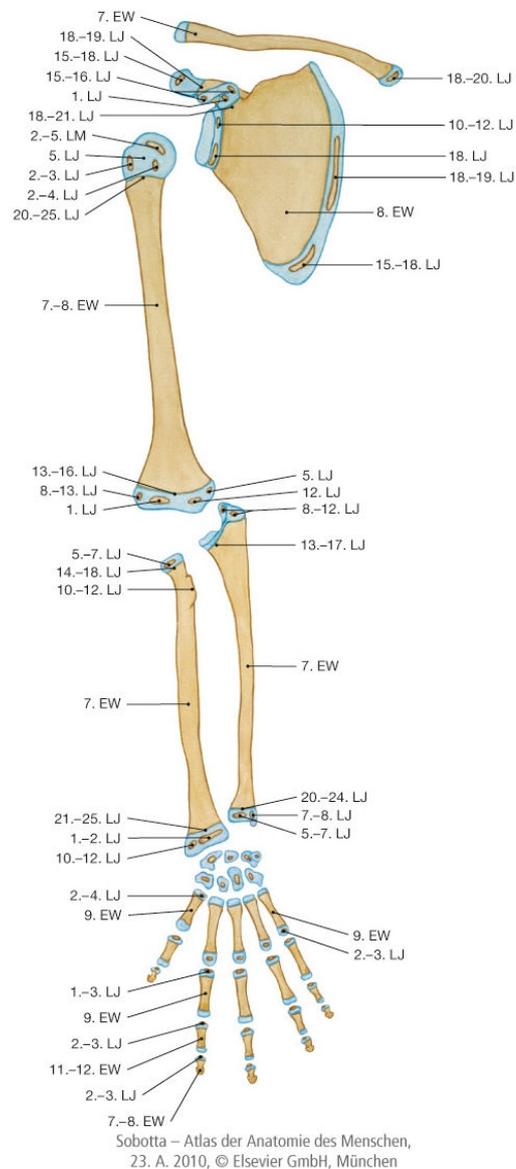


Abbildung 2: Ossifikation des Skeletts der oberen Extremität, mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH [10]

2. Diagnostik

2.1. Anamnese

Eine gründliche Anamnese des Unfallherganges ist meist nicht möglich. Sie verzögert, wenn sie zu gründlich erfolgt, die Diagnosestellung und führt zu Unruhe und Unzufriedenheit bei Eltern und Kind.

Ziel der Anamnese sollte es sein, den Ort der Verletzung zu detektieren und die Stärke des Schmerzes zu erfragen. Das Skeletalter bzw. der Reifezustand der Epiphysenfugen kann einen wichtigen Hinweis zur Art der erwarteten Verletzung geben [18].

2.2. Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung sollte zunächst eine reine Beobachtung darstellen. Bereits hier sind Fehlstellungen, Rötungen, Schwellungen und Schonhaltungen sichtbar. Erst hiernach ist die manuelle Untersuchung angezeigt, wobei auf schmerzhaftes Untersuchungen möglichst verzichtet werden sollte. Die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität sollten aber in jedem Fall untersucht werden.

2.3. Radiologische Diagnostik

Nach Anamnese, Inspektion und klinischer Untersuchung schließt sich die Röntgendiagnostik an. Notwendig zum Ausschluss von Frakturen im Bereich des Ellenbogens sind zwei Röntgenaufnahmen (a.p. und seitlich) [13]. Hierbei ist darauf zu achten, dass die angrenzenden Gelenke mit dargestellt werden, um Begleitverletzungen zu erfassen. Sollte bereits in einer Ebene eine Fraktur diagnostiziert worden sein, welche eine Indikation zur operativen Versorgung darstellt, kann eine weitere Röntgenaufnahme unterlassen werden. Die radiologische Untersuchung muss teilweise unter Analgosedierung des Kindes erfolgen.

In der Literatur wird wiederholt das Vergleichs-Röntgen der unverletzten Gegenseite diskutiert. Dies wird von v. Laer kategorisch abgelehnt, da ein „Seitenvergleichendes Röntgenbild das mangelnde Wissen um die radiologische Anatomie des Ellbogens nicht zu ersetzen vermag“ [18].

Während stark dislozierte Frakturen problemlos erkannt werden können, bereitet die Diagnostik gering oder nicht dislozierter Frakturen häufig Schwierigkeiten.

Bewährt hat es sich zunächst eine Längsachse durch den proximalen Radius zulegen. Diese sollte in Verlängerung in der a.p.- und auch der seitlichen Ebene immer auf das Zentrum des Capitulum humeri zeigen. Trifft die Radiusschaftachse das Capitulum humeri nicht, muss der Verdacht auf eine Radiusköpfchenluxation gestellt werden.

Der Rotationsfehlerquotient (RFQ) ergibt sich aus dem Quotienten der im Seitbild sichtbaren Differenz der Breite der Fragmente zur Breite des Condylenmassives in der

a.p.-Aufnahme. Eine Korrektur des Rotationsfehlers muss nach v. Laer erfolgen, wenn der Quotient größer als 0,1 ist [18].

Die Rogers-Hilfslinie dient zur Diagnostik der supracondylären Humerusfraktur und deren Unterscheidung zwischen Extensions- und Flexionsfraktur. Hierzu wird in der streng seitlichen Röntgenaufnahme des Ellenbogens eine Tangente an die ventrale Kante des Humerus gelegt. Physiologisch ist das Capitulum humeri gegenüber dem Humerusschaft um 30-40° nach ventral gekippt. Dies bedeutet, dass die an der Vorderkante des Humerusschaftes angelegte Tangente das Capitulum humeri im mittleren Drittel schneiden muss. Verläuft die Rogers-Hilfslinie durch das vordere Drittel des Capitulum, liegt eine Extensionsfraktur vor. Wird das Capitulum im hinteren Drittel geschnitten oder liegt das Capitulum vollständig vor der Rogers-Hilfslinie, liegt eine seltene Flexionsfraktur vor [18].

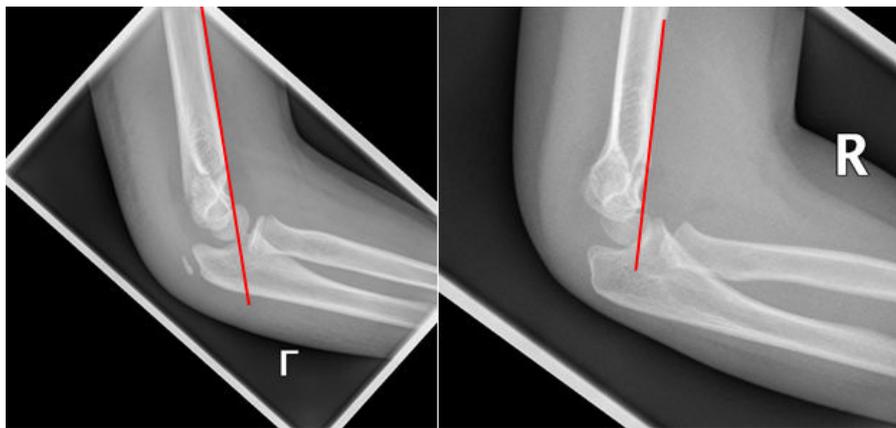


Abbildung 3: Rogers-Hilfslinie (links: nicht dislozierte Fraktur, die Hilfslinie schneidet den Knochenkern des Capitulum humeri im mittleren Drittel, rechts: Extensionsfraktur: der Knochenkern des Capitulum humeri wird im vorderen Drittel geschnitten)

Weiterhin zu achten ist auf den sogenannten Rotationssporn. Dieser stellt sich als knöchernen Nase am proximalen Fragment dar. Besteht ein Kalibersprung zwischen dem Humerusschaft und dem distalen Fragment, so weist dies auch bei achsgerechter Frakturstellung auf einen Rotationsfehler hin. Besteht kein Kalibersprung zwischen den Fragmenten, so liegt eine Dislocatio ad latus vor.

Zur Beurteilung von Abweichungen in der Sagittalebene eignet sich der Epiphysenachsenwinkel. Hierzu wird in der a.p. Röntgenaufnahme eine Linie am proximalen flachen Ende des Capitulum humeri angelegt. Eine Senkrechte zu dieser

Linie bildet mit der Humerusschaftachse den Epiphysenachsenwinkel [21, 22, 23]. Im Mittel liegt dieser Winkel zwischen 30-45° [21, 22].

Der Ellenbogenachsenwinkel ist klinisch und radiologisch messbar. Hierzu notwendig sind aber die vollständige Streckbarkeit des Ellenbogengelenkes, sowie eine vollständige Supination. Dann wird eine Achse durch den Humerusschaft und eine weitere Achse durch den Ulnarschaft gelegt [18]. Physiologisch besteht beim Erwachsenen eine Valgusstellung von 10° bei Männern und 20° bei Frauen [14]. Beim Vorliegen eines Extensionsdefizites darf dieser Winkel nicht gemessen werden, da sich durch die unzureichende Streckung des Ellenbogengelenkes fälschlicherweise ein größerer Valguswinkel zeigen würde.

Ein weiteres diagnostisches Kriterium ist der Baumann-Winkel. Mit ihm wird die Ellenbogenachse indirekt bestimmt. Dies ist besonders dann hilfreich, wenn der Ellenbogen nicht vollständig gestreckt und somit der Ellenbogenachsenwinkel nicht bestimmt werden kann. Hierzu wird eine Linie entlang der Achse des Humerusschaftes und eine weitere durch die Epiphysenfuge zwischen Humerusschaft und Capitulum humeri gelegt. Subtrahiert man nun diesen Winkel von 90° und zieht nochmals 5° ab, so entspricht der errechnete Winkel ungefähr dem Ellenbogenachsenwinkel [18].

3. Einteilung und Klassifikation der Frakturen

3.1. Extra-, intraartikuläre Frakturen

Von Laer unterscheidet die Frakturen des distalen Humerus zunächst in intra- und extraartikulären Frakturen. Zu den extraartikulären Frakturen zählen die supracondylären und die Frakturen des Epicondylus ulnaris und radialis. Der Frakturspalt verläuft bei diesen Frakturen außerhalb der Gelenkkapsel des Ellenbogengelenkes. Frakturen, deren Frakturlinien innerhalb der Gelenkkapsel verlaufen, werden als intraartikuläre Frakturen bezeichnet. Hierzu zählen die Frakturen des Condylus ulnaris und radialis, sowie die transcondyläre y-Fraktur [18].

3.2. AO-Klassifikation

Nach einem ähnlichen Prinzip erfolgte die Klassifikation nach AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese). Als Leitziffer für den distalen Humerus wird die 13 verwendet. Die weitere Klassifikation der Fraktur erfolgt in Buchstaben. Frakturen mit der Kennziffer 13 A stellen extraartikuläre Frakturen des distalen Humerus dar. Hierzu zählen die Frakturen des Epicondylus ulnaris (13 A1), sowie die supracondylären

Humerusfrakturen. Es erfolgt eine nochmalige Unterteilung in einfache supracondyläre Frakturen (13 A2) und supracondyläre Mehrfragment-Frakturen (13 A3) [24].

Zu den sogenannten B-Frakturen zählen die partiellen [13] oder auch intraartikulären, unicondylären Gelenkfrakturen [24]. Hier erfolgt wiederum eine Unterteilung in Frakturen des medialen und lateralen Pfeilers, sowie in Condylenfrakturen in der Frontalebene.

Die intraartikulären, bicondylären Frakturen des distalen Humerus werden mit dem Buchstaben C gekennzeichnet. Als C1-Fraktur wird hierbei die „einfache“ y-Fraktur, als C2-Fraktur die mehrfragmentäre y-Fraktur und als C3-Fraktur die Trümmer-/Stauchungsfraktur bezeichnet.

3.3. Klassifikation nach Unfallmechanismus (Flexions-, Extensionsfrakturen)

Nach Unfallmechanismus lassen sich die Frakturen in Flexions- und Extensionsfrakturen unterscheiden. Bei der Flexionsfraktur ist der Unfallmechanismus typischerweise der Sturz auf den gebeugten Ellenbogen mit direkter Gewalteinwirkung auf das Olecranon. Im Vergleich zur Extensionsfraktur tritt die Flexionsfraktur (2 %) nur selten auf.

Zur Extensionsfraktur führt typischerweise ein Sturz auf die gestreckte Hand bei vollständig gestrecktem oder nur leicht gebeugtem Ellenbogen. Die Frakturlinie verläuft im Gegensatz zur Flexionsfraktur typischerweise von dorsal proximal nach ventral distal. Hierbei kommt es zu einer Dislokation des distalen Fragmentes nach dorsal. Durch die relative Dislokation des proximalen Fragmentes nach ventral kann es in der Ellenbeuge zur Muskel-, Gefäß- und Nervenläsionen kommen [24].

3.4. Klassifikation nach Baumann

Die supracondylären Humerusfrakturen werden nach Baumann nach dem Grad der Dislokation in drei Gruppen unterteilt. Nicht dislozierte oder nur gering dislozierte Frakturen gehören dem Typ I an. Zum Typ II zählen Frakturen mit Dislokation bis um Schaftbreite. Zusätzlich liegen auch eine Achsabweichung, ein Rotationsfehler und gegebenenfalls eine Verkürzung vor. Die Fragmente stehen im Gegensatz zum Typ III aber noch in Kontakt miteinander [71]. Diese Klassifikation nach Baumann wird in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum (im Folgendem Klinik für Kinderchirurgie der Charité genannt) verwendet.

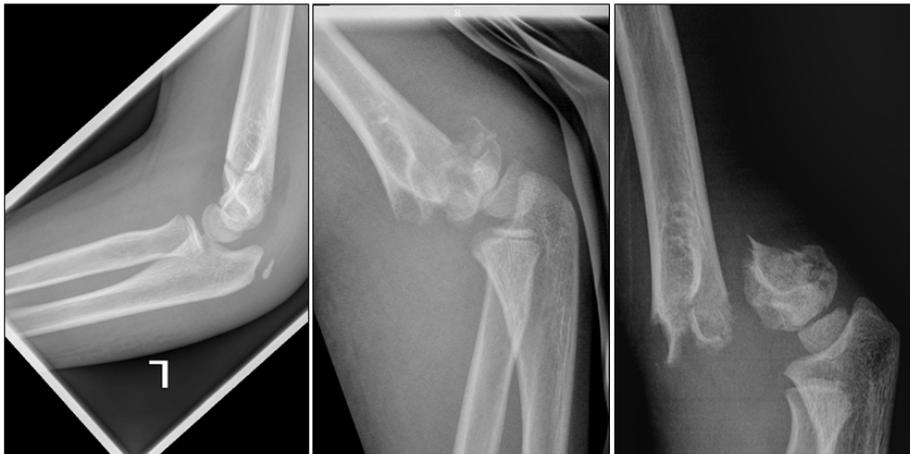


Abbildung 4: seitliches Röntgenbild supracondylärer Humerusfrakturen
(links: Baumann I, mittig: Baumann II, rechts: Baumann III)

3.5. Klassifikation der y-condylären Humerusfrakturen

Neben der AO-Klassifikation stehen zur Klassifikation der y-condylären Humerusfrakturen die nach Riseborough und Radin zur Verfügung. Hier erfolgt die Einteilung in die verschiedenen Typen nach dem Ausmaß der Dislokation. Nicht dislozierte Frakturen zählen zum Typ I. Frakturen mit Dislokation der Trochlea gegenüber dem Capitulum zählen zum Typ II, wenn keine oder nur eine geringe Rotationskomponente besteht. Sollte eine Rotation zwischen Trochlea- und Capitulumfragment bestehen, spricht man vom Typ III. Zum Typ IV gehören schließlich alle Frakturen mit einer großen Dislokation der Fragmente untereinander und einer starken Zertrümmerung der Gelenkflächen [28, 29].

4. Therapie

4.1. Konservative Therapie

Die konservative Therapie umfasst alle nicht operativen Maßnahmen. Zu den heute angewandten konservativen Therapieformen zählen die Blount'sche Schlinge und der Oberarmgips, welche primär oder nach geschlossener Reposition angelegt werden.



Abbildung 5: Blount'scher Schlingenverband (links),
Oberarmgipsverband (rechts)

Die konservative Therapie erfolgt bei allen nicht oder gering dislozierten, stabilen Frakturen. Die Ruhigstellung im Oberarmgips bzw. in der Blount'schen Schlinge erfolgt für ca. drei Wochen (2-4 Wochen [7, 30]). Nach Entfernung der ruhigstellenden Verbände sind selbständige Bewegungsübungen gestattet. Eine Physiotherapie ist häufig nicht notwendig [7, 18].

Die Ruhigstellung des Ellenbogengelenkes mittels Gips- oder Cast-Verband sollte zunächst nicht zirkulär erfolgen, da es bei frischen Frakturen zu einer erheblichen Schwellungszunahme kommen kann. Der angelegte zirkuläre Verband würde dann zu eng werden, Schmerzen verursachen und die Entstehung eines Kompartmentsyndroms begünstigen. Daher wird zunächst nur eine dorsale Oberarmlonguette bei 90° flektierten Ellenbogen angelegt, welche von axillär bis zur Mittelhand reichen sollte, die Metacarpaleköpfchen aber frei lässt [12].

Die Charnley Schlinge, besser bekannt als Blount'sche Schlinge oder cuff and collar, wurde von Sir John Charnley entwickelt [32]. Mit diesem Schlingenverband können stabile Extensionsfrakturen mit einer Achsabweichung von bis zu 20° in der Sagittalebene und einer Varusfehlstellung von bis zu 10° behandelt werden. Die Blount'sche Schlinge wirkt hierbei der Achsenknickung entgegen [30].

Der bei Extensionsfrakturen dorsal erhaltene Periostmantel und die Trizepssehne dienen als Schienung der Fraktur und verhindern eine Dislokation. Hierzu ist es notwendig, dass eine Flexion des Ellenbogengelenkes von mindestens 120° erreicht wird. Da für die Retention der Fragmente ein intakter dorsaler Periostmantel notwendig

ist, sind Flexionsfrakturen nicht mit der Blount'schen Schlinge zu behandeln [57, 58, 67, 69, 70].

Wegen der starken Flexion des Ellenbogengelenkes besteht gerade in den ersten Tagen bei starker Weichteilschwellung die Gefahr der sekundären Durchblutungsstörungen mit nachfolgender Volkmann Kontraktur [34, 40].

4.2. Operative Therapie

Zur operativen Therapie zählen alle Eingriffe, bei denen eine Allgemeinnarkose notwendig ist. Hierzu zählen offene und geschlossene Repositionen und Osteosynthesen, aber auch Repositionen in Allgemeinnarkose mit anschließender Ruhigstellung, bei denen kein Osteosynthesematerial eingebracht wurde.

Repositionen bei kindlichen distalen Humerusfrakturen sollten als Notfall deklariert werden. Die Reposition erfolgt nach v. Laer in Neutralstellung des Armes hinsichtlich der Pro- und Supination durch einen Längszug am Arm. Je nach Rotationsfehlstellung wird unter Längszug durch Pro- oder Supination des Unterarmes die Fehlstellung reponiert, der Ellenbogen dann in Spitzwinkelstellung gebracht [18]. Bei der Flexion des Ellenbogengelenkes kann zusätzlich eine Reposition in der a.p.-Ebene durch manuellen Druck auf die Fragmente von außen erfolgen.

Das Repositionsergebnis wird schließlich radiologisch kontrolliert. Bei zufriedenstellendem Repositionsergebnis erfolgt nach Reposition die Ruhigstellung mittels Oberarmgips oder Blount'scher Schlinge. Sollte sich kein zufriedenstellendes Repositionsergebnis zeigen, sollte zur Schonung der Weichteile noch höchstens ein geschlossener Repositionsversuch erfolgen. Sollte auch der zweite Repositionsversuch nicht erfolgreich verlaufen, muss offen reponiert werden.

Häufige Repositionen können zur Überstimulation der Wachstumsfuge führen und somit die vorzeitige Verknöcherung induzieren [35]. Stellt sich die Fraktur nach Reposition als stabil dar, wird eine Blount'sche Schlinge oder ein Oberarmgips zur Ruhigstellung angelegt. Wichtig zum frühzeitigen Erkennen einer sekundären Dislokation ist eine radiologische Verlaufskontrolle. Bestehen Zweifel hinsichtlich der Stabilität erfolgt dann im Sinne eines gering invasiven Verfahrens die Stabilisierung mittels Osteosynthesematerialien, welche perkutan eingebracht werden.

Kaum noch angewandt werden die Drahtextension, Nagelextension und Schraubenextension [37, 38, 39]. Bevorzugt wird heute nahezu ausschließlich die Osteosynthese mittels zweier perkutan eingebrachter, gekreuzter Kirschner-Drähte

nach Böhler [36]. In der Klinik für Kinderchirurgie der Charité wird und wurde hauptsächlich dieses Verfahren bei der osteosynthetischen Versorgung der supracondylären Humerusfraktur angewandt und soll daher hier näher erläutert werden. Nach Reposition der Fraktur wird empfohlen zunächst einen Kirschner-Draht perkutan nach Stichinzision über den Epicondylus radialis einzubringen, da der radiale Epicondylus auch bei flektiertem Ellenbogen und starker Schwellung meist noch gut palpabel ist. Der Verlauf des Kirschner-Drahtes sollte von distal dorsal schräg über die Frakturlinie hinweg nach proximal ventral verlaufen. Das Einbringen des Drahtes sollte bikortikal erfolgen. Ein weites Überschreiten der ventralen Kortikalis ist jedoch wegen der Gefahr der Gefäß- und Nervenläsion zu vermeiden. Weiterhin ist beim Einbringen des Drahtes darauf zu achten, dass weder die Fossa olecrani, noch die Wachstumsfuge tangiert wird.

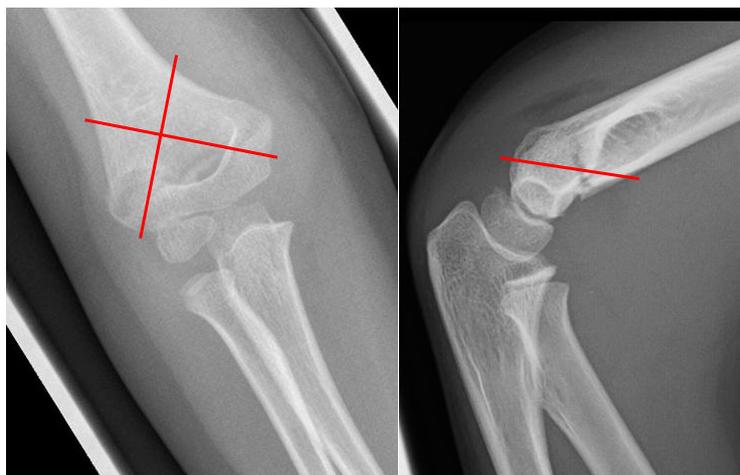


Abbildung 6: Empfohlene Lage der Kirschner-Drähte nach geschlossener Reposition und perkutaner Spickung

Der Epicondylus ulnaris lässt sich häufig viel schwerer tasten als der radiale Epicondylus, insbesondere bei flektiertem Ellenbogen. Ist der radiale Kirschner-Draht sicher verankert, ist es möglich die Flexionsstellung des Ellenbogens ein Stück weit aufzugeben, um den ulnaren Epicondylus und Sulcus ulnaris besser zu palpieren. Ist der Eintrittspunkt am Epicondylus ulnaris palpatorisch und radiologisch sicher gefunden, muss zum Einbringen des ulnaren Kirschner-Drahtes die Flexion wiederhergestellt werden.

Der zweite Draht wird dann wiederum von distal dorsal nach proximal ventral eingebracht. Zur Sicherung der Rotationsstabilität dürfen sich beide Drähte nicht in Höhe des Frakturspaltes kreuzen.

Nach Dokumentation der korrekten Reposition und Kirschner-Draht-Lage in zwei Ebenen werden die Drahtenden gekürzt, umgebogen und teilweise unter Hautniveau versenkt. Schließlich werden die Stichinzisionen verschlossen, der Ellenbogen ruhiggestellt [18].

Eine Alternative zur perkutanen K-Draht-Osteosynthese stellt der radiale Fixateur externe dar. Dieser bietet den Vorteil, dass kein Osteosynthesematerial von ulnar eingebracht wird und somit die Gefahr der iatrogenen Ulnarisschädigung deutlich geringer ist [18]. Von Vorteil ist die Bewegungsstabilität dieser Versorgung. Eine weitere Ruhigstellung ist nicht erforderlich [43].

Eine weitere Therapieoption stellt die retrograde Prevot-Nagelung dar. Hierbei wird nach vorheriger Reposition der Fraktur der Humerus im mittleren Schaftdrittel mit dem Pfriem eröffnet. Über diese Öffnung werden zwei vorgebogene Titannägel nach distal in den Humerus eingebracht. Über die Frakturlinie hinweg werden ein Nagel in ulnaren und der andere in radialen Pfeiler vorgeschoben [41, 42].

Für die offene Reposition der supracondylären Humerusfraktur stehen verschiedene chirurgische Zugänge zur Verfügung. Über einen dorsalen Zugang lässt sich die Fraktur gut reponieren. Die neurovaskulären Strukturen lassen sich jedoch nicht einsehen. Außerdem führt der dorsale Zugang häufig zu Narbenbildungen und Verwachsungen in den dorsalen Weichteilen, die durch die Fraktur selbst meist kaum verletzt wurden. Hierdurch kann es zu vermehrten Einschränkungen des Bewegungsumfanges kommen. Ventrale Zugänge lassen eine gute Übersicht über die neurovaskulären Strukturen zu. Von einem ulnaren Zugang lässt sich bei Verdacht auf eine primäre Schädigung des Nervus ulnaris dieser gut einsehen. Außerdem kann über diesen Zugang eine Verletzung der A. brachialis diagnostiziert und therapiert werden. Nicht zugänglich über den ulnaren Zugang sind radiallyseitig gelegene Interponate, sodass dann ein zusätzlicher radialer Zugang erfolgen muss [22, 57, 58, 71].

Zur Therapie der seltenen y-condylären Humerusfrakturen kann zusätzlich zu den bereits genannten Verfahren die osteosynthetische Versorgung mittels Schrauben und Platten notwendig sein.

Bei allen Frakturen sollte vor und nach jeder Reposition, sowie osteosynthetischen Versorgung die intakte periphere Durchblutung noch vor Anlage eines fixierenden

Verbandes kontrolliert werden. Nach Ausleitung der Narkose und mehrfach im Verlauf sind periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität zu überprüfen und zu dokumentieren.

5. Komplikationen

Distale Humerusfrakturen gelten als „die gefährlichsten Frakturen im Kindesalter“, sie gehen in etwa 25 % mit Komplikationen einher [14].

Die möglichen Komplikationen von supra- und y-condylären Humerusfrakturen können bereits primär auftreten, sekundär nach Beginn der konservativen und operativen Therapie oder erst im weiteren Verlauf. Die folgenden Ausführungen und Häufigkeitsangaben beziehen sich im Wesentlichen auf die supracondylären Humerusfrakturen. Da die y-condyläre Humerusfraktur wesentlich seltener vorkommt, sind ihre Komplikationen in der Literatur viel seltener beschrieben. Es ist aber anzunehmen, dass wie auch bei den supracondylären Humerusfrakturen die Häufigkeit der Komplikationen mit zunehmendem Dislokationsgrad der Fragmente steigt.

5.1. Gefäßläsionen

Die primäre Durchblutungsstörung der oberen Extremität in Verbindung mit einer supra- oder y-condylären Humerusfraktur gilt als seltene Komplikation. In der Literatur wird die Häufigkeit der Gefäßläsionen mit 1-11 % [46, 47] angegeben.

Eine vollständige Zerreißen der Arteria brachialis oder die Verletzung der Arterie durch scharfkantige Fragmente gilt als sehr selten [58, 76, 77]. Die Gefäße des Umgehungskreislaufes am dorsalen Oberarm sind jedoch relativ dünn, sodass bei zunehmender Schwellung und Hämatomentwicklung die Gefahr bestünde, dass diese Gefäße leicht komprimiert und abgedrückt werden könnten [45].

Wesentlich häufiger kommt es durch einen Gefäßspasmus, eine Abknickung des Gefäßes oder einen Intima-Einriss, gegebenenfalls mit nachfolgender Thrombosierung, zu einer Unterbrechung der Durchblutung. Aber auch eine Kompression der Arteria brachialis von außen durch Fragment, Hämatom oder Schwellung, sowie die Einklemmung der Arterie in den Frakturspalt können der Grund für eine Durchblutungsstörung sein.

Besteht nach Reposition weiter eine periphere Pulslosigkeit, die Hand ist aber rosig, warm und die Rekapillarierungszeit normwertig, so ist die offene Exploration zunächst nicht notwendig. Die Durchblutung muss jedoch engmaschig beobachtet und kontrolliert

werden [48, 49]. Sollte sich eine abnorme Rekapillarierungszeit zeigen, muss offen exploriert werden.

Eine weitere gefürchtete Komplikation ist die Volkmann'sche Kontraktur als Spätfolge des Kompartmentsyndroms. Sie wird mit einer Häufigkeit von 0,5 % bei ellenbogengelenksnahen Frakturen beobachtet [50]. Böttcher et al. vermuten eine hohe Dunkelziffer [51].

Klinisch kündigt sich ein drohendes Kompartmentsyndrom durch eine starke Schwellung des Unterarmes an. Der Patient beklagt heftigste Schmerzen. Im weiteren Verlauf kommt es auch zu Sensibilitätsstörungen. Bei diesem Beschwerdebild und dem Wissen um die Fraktur des distalen Humerus sollte zumindest der Verdacht auf ein drohendes Kompartmentsyndrom gestellt und die notwendige Therapie schnellstens eingeleitet werden.

Böttcher et al. beschreiben drei Stadien des Kompartmentsyndroms [51]:

- Ia - drohendes Kompartmentsyndrom
- Ib - manifestes Kompartmentsyndrom
- II - definitive Muskelnekrose
- III - Narbenstadium

Bereits vier bis sechs Stunden der Anoxie im Gewebe führen zu irreversiblen Muskelschäden. Nach zwölf Stunden treten dann irreversible Nervenschäden ein, wenn das Kompartmentsyndrom unbehandelt bleibt. Die Spätfolge ist die Volkmann'sche Kontraktur. Durch die Ischämie des Muskel- und Nervengewebes kommt es im weiteren Verlauf zur Narbenbildung. Die typische Fehlstellung kommt durch die Verkürzung der Beugemuskeln zustande. Hinzu kommen durch die Anoxie der Nerven sensorische und motorische Ausfälle [51].



Abbildung 7: 67-jähriger Mann, Volkmann-Kontraktur rechts nach supracondylärer Oberarmfraktur mit Gipsruhigstellung im Alter von 11 Jahren, mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages [79]

5.2. Nervenläsion

Die Häufigkeit der primären Nervenläsionen wird mit 4-22,5 % angegeben [44, 45]. Während die primären Nervenschädigungen häufig den Nervus medianus und radialis betreffen, ist der Nervus ulnaris führend bei den sekundären Nervenläsionen. Die Häufigkeit der sekundären Ulnarisläsionen wird in der Literatur mit bis zu 7 % angegeben [44].

Bei den primären Nervenläsionen erfolgt die Schädigung häufig durch Dehnung oder Quetschung. Die Nerv- und Hüllstruktur bleiben intakt. Diese Form der Nervenschädigung ist in 90-95% innerhalb von drei Monaten regressiv [46].

Welcher Nerv am häufigsten betroffen ist, hängt von der Art und Dislokation der Fraktur ab. Einige Autoren beschreiben, dass der Nervus radialis am häufigsten betroffen ist, der Nervus ulnaris am seltensten primär [44]. Andere Autoren beschreiben andere Häufigkeitsverteilungen. Ramachandran et al. fanden in ihrer Untersuchung primäre Schädigungen des Nervus ulnaris und medianus zu gleichen Anteilen und etwas weniger Schädigungen des Nervus radialis [52].

Häufig ist es schwierig, bei einem sehr jungen, verletzten, zum Teil verängstigten und schmerzgeplagten Patienten, den korrekten nervalen Status zu erheben.

Der Nervus medianus und die Arteria brachialis sind insbesondere bei Dislokation des distalen Fragmentes nach dorsal oder dorsal lateral gefährdet. Disloziert das distale Fragment eher nach dorso medial, kommt es zur Dehnung des Nervus radialis. Bei

Flexionsfrakturen kommt es durch Dislokation des distalen Fragmentes nach ventral oder ventrolateral zur Dehnung des Nervus ulnaris [52].

Bezüglich der sekundären Nervenläsionen tritt am häufigsten, insbesondere nach K-Draht-Spickung, eine Schädigung des Nervus ulnaris auf. Diese Komplikation zeigt sich bereits postoperativ. Verzögert auftretende Schäden des Nervus ulnaris können durch eine sich im Verlauf entwickelnde und zunehmende Varusfehlstellung verursacht sein [53].

5.3. Achsfehlstellungen

Posttraumatische Fehlstellungen können zu Achsfehlern führen, welche wiederum eine Einschränkung der Funktion bedingen können [59]. Nach v. Laer ist der posttraumatische Cubitus varus mit 10-50 % die häufigste Komplikation der supracondylären Humerusfraktur. Ein Cubitus hypervalgus tritt mit 3-7,2 % viel seltener auf [18, 44, 46, 59].

Als häufigste Ursache für die Entstehung eines Cubitus varus wird ein Rotationsfehler angesehen. Durch die resultierende Instabilität unter den Fragmenten kann es zur Abkipfung der Fragmente kommen. Diese hat in den meisten Fällen einen Cubitus varus, selten eine Cubitus valgus zur Folge [18, 59].

Abgesehen von der unzureichenden Reposition kann auch die Art der Ruhigstellung zur Fragmentdislokation führen. So führt das Tragen des Armes vor dem Körper zur Innenrotation des distalen Fragmentes. Der Condylus radialis wird also nach ventral verlagert. In dieser Ruhigstellung wird der Oberarmschaft als proximales Fragment durch den Tonus der Rotatorenmanschette gleichzeitig gegenläufig, also nach außen gedreht. Dies kann zu einer Rotation der Fragmente gegeneinander von über 30° führen.

Eine Fehlstellung in drei Ebenen mit Cubitus varus kann zu einer Einschränkung der Bewegung führen. Im Verlauf des weiteren Wachstumes bildet sich die Bewegungseinschränkung häufig zurück, der häufig als kosmetisch störend empfundene Cubitus varus verbleibt [59]. Zu beachten ist, dass es neben kosmetischen Problemen beim Auftreten einer Valgusfehlstellung am Ellenbogen auch zu einer Irritation des Nervus ulnaris kommen kann [62].

5.4. Bewegungseinschränkungen

Ursächlich für Bewegungseinschränkungen können verbliebene Fehlstellungen, aber auch Weichteilverletzungen und Narbenbildungen sein. Eine Fehlstellung des distalen Fragmentes mit Abkipfung nach ventral zum Beispiel, kann durch eine Abflachung der Fossa olecrani zur Einschränkung der Extension führen [58].

Durch einen dorsalen operativen Zugang durch den Musculus triceps brachii kann es im primär unverletzten Gewebe zu Schädigungen und Narbenbildungen kommen, wodurch der Bewegungsumfang zusätzlich eingeschränkt sein kann [57].

5.5. Sekundäre Dislokation

Die Häufigkeit der Dislokation beträgt laut Literatur 6-27 % [4, 70, 72, 73, 74, 75]. Hierbei kommt es häufiger bei konservativer als bei operativer Behandlung zu einer Verschiebung der Fragmente im Verlauf der Frakturbehandlung, welche einen Wechsel der Behandlungsstrategie zur Folge haben kann.

5.6. Infektionen

Eine seltene Komplikation der supracondylären Humerusfraktur stellt die postoperative Infektion dar. Sie wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von 0 bis 4,5 % angegeben [4, 30, 54, 55]. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um oberflächliche Infektionen. Tiefe Infektionen oder sogar Osteomyelitiden werden extrem selten beobachtet [56].

5.7. Wachstumsstörungen

Sowohl nach konservativer Therapie, als auch nach fügenüberbrückender Osteosynthese kann es zum vorzeitigen Fugenschluss kommen. Verschließt sich die ulnare Fuge zu früh, kommt es zu einem Cubitus varus. Verschließt sich die radiale Wachstumsfuge vor der ulnaren kommt es zur Valgusdeformität [62].

6. Selbstkorrektur

Der Korrektur der Achsfehlstellungen am wachsenden Skelett liegt das Gesetz nach Roux zugrunde. Der Körper versucht mit minimalem Materialaufwand die bestmögliche Belastbarkeit und Ursprungsform wiederherzustellen [60].

Das Korrekturpotential an der oberen Extremität ist größer als an der unteren Extremität. So können am proximalen Humerus und distalen Unterarm bis zum 10. Lebensjahr Achsabweichungen bis 60° spontan korrigiert werden [18, 61].

Am Ellenbogengelenk sind Spontankorrekturen im Wachstumsalter nach Kraus, Tauber und Linhart nur ca. bis zum 7. Lebensjahr möglich. Das Korrekturpotential ist relativ gering, da die Wachstumsfugen des distalen Humerus und des proximalen Unterarms nur sehr langsam wachsen und nur mit 20 % am Längenwachstum des Armes beteiligt sind [62]. Das spontane Korrekturpotential beschränkt sich auf Fehlstellungen in der Bewegungsachse (Ante- und Rekrvation). Die spontane Korrektur ist nur bis 20° und nur bei Patienten bis zum 5.-6. Lebensjahr möglich [11, 63].

7. Fragestellung

Die Motivation für die vorliegende Arbeit ist die Untersuchung eines Patientenkollektives bezüglich der Frakturtypen, sowie der Art und Dauer der Behandlung in einem 5-Jahreszeitraum. Es soll ein Vergleich zu einem Patientenkollektiv fünf Jahr zuvor erfolgen, das im Rahmen einer anderen Arbeit untersucht worden war. Besondere Aufmerksamkeit der vorliegenden Arbeit gilt dem Vergleich der Häufigkeit des Auftretens neuraler Funktionsstörungen. Den Kollegen der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum war subjektiv eine Häufung von neuralen Störungen bei distalen und y-condylären Humerusfrakturen im Patientengut der letzten Jahre aufgefallen.

Aufgezeigt werden soll zunächst, ob es tatsächlich zu mehr neuralen Störungen im Zusammenhang mit proximalen und y-condylären Humerusfrakturen kam und schließlich, welche Gründe es hierfür geben könnte. Denkbar wäre zum Beispiel ein vermehrtes Auftreten höhergradiger Frakturen, aber auch ein Wechsel des Therapieregimes.

II. Material und Methoden

1. Patienten

Mehr als ein Drittel der über 32.000 erkrankten oder verletzten Kinder, die in jedem Jahr in der Rettungsstelle der Kinderklinik am Campus Virchow-Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin behandelt werden, sind kinderchirurgische Patienten. Einige stellen sich primär in der Rettungsstelle vor, andere werden von anderen Krankenhäusern oder ambulanten Kollegen zur weiteren Versorgung überwiesen.

Von allen in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité im Zeitraum 01.01.2005 bis 31.12.2010 behandelten Patienten wurden die Behandlungsfälle betrachtet, bei denen im Verlauf des Behandlungsfalles eine der folgenden in der Tabelle 1 aufgelisteten Diagnosen (Frakturen des distalen Humerus) verschlüsselt worden war.

ICD-Code	Bezeichnung
S42.40	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Teil nicht näher bezeichnet
S42.41	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Supracondylär
S42.42	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Epicondylus lateralis
S42.43	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Epicondylus medialis
S42.44	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Epicondylus, Epicondyli, nicht näher bezeichnet, distale Epiphyse
S42.45	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Transcondylär (T- oder Y-Form)
S42.49	Fraktur des distalen Endes des Humerus: Sonstige und multiple Teile, Trochlea

Tabelle 1: ICD 10-Code Frakturen des distalen Humerus [20]

Es wurden zunächst 1212 Behandlungsfälle mit der folgenden Verteilung festgestellt:

ICD-Code	Häufigkeit
S42.40	145
S42.41	597
S42.42	230
S42.43	144
S42.44	20
S42.45	33
S42.49	43

Tabelle 2: Häufigkeit verschlüsselter Diagnosen

Zum Teil waren für ein und denselben Patienten mehrere Behandlungsfälle angelegt worden. So wurde zum Beispiel für einige Patienten bei ein und derselben Fraktur ein Behandlungsfall für die Erstversorgung in der Rettungsstelle, ein weiterer für die stationäre Behandlung und zum Teil ein weiterer für die nachstationäre Betreuung in der Sprechstunde angelegt.

Nach Entfernen dieser Falldopplungen blieben 561 Behandlungsfälle. Ausgeschlossen wurden 23 Behandlungsfälle, da die Behandlung (Diagnostik und Frakturversorgung) auswärtig stattgefunden hatte. Die Patienten hatten sich lediglich zur Nachuntersuchung und weiteren Betreuung in der ambulanten Sprechstunde vorgestellt.

Durch Sichtung der stationären Behandlungsverläufe, Epikrisen, Röntgenbilder und ambulanter Akten konnte retrospektiv in 137 Fällen eine Fraktur des distalen Humerus ausgeschlossen werden. In diesen Fällen war lediglich der Verdacht auf eine Fraktur verschlüsselt worden.

Die Daten von weiteren vier Fällen fanden in der vorliegenden Arbeit keine Betrachtung, da sich die Fraktur und der dazu führende Unfall knapp vor dem Beobachtungszeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 ereigneten.

In neun Fällen konnten trotz intensiver Suche in der elektronischen Patientenakte und im Archiv durch fehlende Dokumentation oder nicht Auffindbarkeit der Akten keine hinreichenden Daten gefunden werden. Daher mussten auch diese ausgeschlossen werden. Somit sank die Zahl der behandelten Patienten, die weitere Betrachtung finden sollten, auf 489. Im Verlauf des Beobachtungszeitraumes zogen sich vier Patienten eine erneute Fraktur des distalen Humerus zu.

Schlussendlich fanden sich zur weiteren retrospektiven Untersuchung 493 Behandlungsfälle (489 Patienten), bei denen eine kindliche Fraktur des distalen Humerus im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 an der Klinik für Kinderchirurgie am Campus Virchow-Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin behandelt worden war.

Von all diesen Behandlungsfällen wurden die elektronischen Patientenakten im Klinik-eigenen SAP-Programm eingesehen, Röntgenbilder gesichtet und wenn vorhanden, auch die Poliklinik-Akten eingesehen. Bei der Zuordnung der Frakturen zeigten sich schließlich 355 supracondyläre und 16 y-condyläre Frakturen. In 71 Fällen waren Frakturen des radialen Pfeilers, in 51 Fällen Frakturen des ulnaren Pfeilers aufgetreten. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit kindlichen supra- und

y-condylären Frakturen des distalen Humerus. Frakturen, die ausschließlich den radialen oder ulnaren Pfeiler betrafen, fanden keine weitere Betrachtung.

In die weitere retrospektive Betrachtung flossen somit 371 Fälle (355 supra- und 16 y-condyläre Frakturen) ein. Von diesen Behandlungsfällen wurden im Weiteren persönliche Daten, Daten zum Unfall, zu Begleitverletzungen, zur Frakturversorgung und weiteren Behandlung erfasst. Insbesondere wurde auf periphere sensible, motorische und/oder Durchblutungsstörungen geachtet, da diese Patienten im Rahmen der vorliegenden Arbeit genauer betrachtet und nachuntersucht werden sollten.

2. Nachuntersuchung

Ein besonderes Augenmerk wurde in der vorliegenden Arbeit auf periphere sensomotorische Defizite gelegt. Daher wurden aus der Gruppe der 371 Behandlungsfälle jene herausgefiltert, bei denen im Verlauf der Behandlung ein peripheres sensomotorisches Defizit oder auch eine Durchblutungsstörung dokumentiert worden war. Dies betraf 43 Patienten. In 40 Fällen hatten sich die Patienten eine supra-, in drei Fällen eine y-condyläre Fraktur zugezogen.

Die ehemaligen Patienten, beziehungsweise ihre Eltern, wurden mit der Bitte angeschrieben, sich zu einer Nachuntersuchung in der Klinik für Kinderchirurgie am Campus Virchow-Klinikum der Charité Universitätsmedizin Berlin vorzustellen. Um die Antwortrate zu erhöhen, wurden ein Fragebogen und ein frankierter Rücksendeumschlag beigelegt. Im Falle völliger Zufriedenheit und Beschwerdefreiheit konnte dieser Fragebogen per Post, Fax oder Email zurückgesendet werden. Bei noch bestehenden Problemen wurde um eine Vorstellung zur Nachuntersuchung gebeten.

In den zugesandten Fragebögen wurde abgefragt, ob derzeit noch Probleme beständen. Insbesondere wurden Schmerzen in Ruhe und/oder Belastung, eingeschränkte Beweglichkeit, Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität, sowie kosmetisch störende Narben erfragt.



CharitéCentrum für Frauen-, Kinder- und Jugendmedizin mit Perinatalzentrum und Humangenetik

Klinische Studie zum "Verlauf von Frakturen im Wachstumsalter"

Sollte Ihnen ein persönliches Erscheinen nicht möglich sein, bitten wir Sie dringend um die Rücksendung dieses Fragebogens unter der

-Faxnummer 030-450 566 905.

-oder gerne auch als E-Mail Anhang an petra.degenhardt@charite.de

-oder an unsere Hausanschrift: Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie

OÄ Dr. Petra Degenhardt

Charité Campus Virchow Klinikum

Augustenburger Platz 1

13344 Berlin

Haben Sie noch Probleme mit dem Arm, der gebrochen war?

Nein > Danke das war's! Bitte *unbedingt* abschicken!

Ja

Wenn ja: Was für Probleme haben Sie mit dem Arm?

Schmerzen bei Belastung/Bewegung

Schmerzen in Ruhe

Gefühlstörung/Kribbeln/Taubheit

Eingeschränkte Beweglichkeit

Verminderte Kraft

Unschöne Narbe/n

Anderes: _____

> Danke das war's! Bitte *unbedingt* abschicken!



Abbildung 8: An ehemalige Patienten versandter Fragebogen

Da nach der ersten Aufforderung, an der Nachuntersuchung teilzunehmen oder den Fragebogen zurückzusenden, nur wenige Antworten eingingen, wurde allen Kindern beziehungsweise Eltern, die auf das erste Anschreiben nicht reagiert hatten, noch ein zweiter Brief zugesandt. Hierdurch konnten weitere Kinder zur Nachuntersuchung geladen und weitere Daten erhoben werden.

Es gelang, mit 14 Kindern einen Termin zur Nachuntersuchung zu vereinbaren. Acht Familien hatten per Post, Fax oder Email den Fragebogen zurückgesandt. In neun Fällen waren die Familien unbekannt verzogen, in 12 Fällen blieb eine Antwort trotz zweimaligen Anschreibens aus. Insgesamt konnten also in 22 Fällen (51 %) weitere Daten erhoben werden.

Im Rahmen der Nachuntersuchung der Kinder wurde zunächst die subjektive Zufriedenheit hinsichtlich Aussehen und Funktion erfragt. Kinder und Eltern wurden aufgefordert, diese in einer Skala von 1 – 4 anzugeben. Waren Kinder und Eltern verschiedener Meinung, so wurde die Zufriedenheit des Kindes gewertet.

1	völlig zufrieden
2	im Allgemeinen zufrieden
3	eher unzufrieden
4	völlig unzufrieden

Tabelle 3: Bewertung der subjektiven Zufriedenheit

Angelehnt an das Messblatt obere Extremität wurden Umfänge und Längen beider Arme mit einem Maßband gemessen [78]. Die Beweglichkeit beider Ellenbogen hinsichtlich Extension/Flexion und Pronation/Supination wurden ebenfalls erfasst. Zur Bestimmung eines Cubitus varus oder valgus erfolgte die Messung der Ellenbogenachsen der ehemals frakturierten und der gesunden Gegenseite. Diese Messungen erfolgten mittels Goniometer. Zur Messung der Kraft des Faustschlusses wurde eine Kinderblutdruckmanschette verwendet. Sie wurde aufgerollt und mit 20 mmHg aufgepumpt. Die Kinder wurden aufgefordert, diese fest zusammen zu drücken. Der Ausschlag auf der Anzeige wurde am ehemals frakturierten und gesunden Arm gemessen. Somit konnten die Kraftunterschiede des Faustschlusses des ehemals frakturierten Armes im Vergleich zur Gegenseite erfasst werden.

Angelehnt an den Score nach Khalfayan et al. erfolgte zusätzlich die genaue Abfrage nach Schmerzen, Bewegungseinschränkungen, Kraftminderung und Funktions-

störungen [64, 65]. Außerdem wurden Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität, sowie Narbenbeschaffenheit und eventuelle Condylenprominenz im Vergleich zur Gegenseite erfasst.

3. Auswertung

Die Auswertung des Behandlungserfolges erfolgte zum einen in Anlehnung an den Score nach Flynn et al. [55], zum anderen, in der nachuntersuchten Gruppe, zusätzlich in Anlehnung an den Score nach Khalfayan et al. [64] und schließlich nach subjektiver Zufriedenheit.

Ein Grund, den Score nach Flynn et al. zu verwenden, war die direkte Vergleichbarkeit zu einer vorhergehenden Untersuchung, welche ebenfalls in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité durchgeführt worden war. In dieser Arbeit hatte Feder [44] kindliche supra- und y-condyläre Frakturen, welche vom 01.04.1996 bis 30.04.2001 in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité behandelt wurden, nachuntersucht und die Daten des Behandlungserfolges in Anlehnung an den Score nach Flynn et al. ausgewertet.

Die Bewertung des Behandlungserfolges nach Flynn et al. [55] erfolgt nach kosmetischem und funktionellem Faktor. Hierbei setzt ein guter kosmetischer Faktor nicht unbedingt einen guten funktionellen Faktor voraus und umgekehrt.

Mit „ungenügend“ wurden Achsabweichungen von mehr als 15° Achsabweichung (kosmetischer Faktor) gewertet. Achsabweichungen im Vergleich zur gesunden Gegenseite von 11-15° wurden als „mäßiges“, Achsabweichungen von 6-10° als „gutes“, und Achsabweichungen von bis zu 5° als „exzellentes“ kosmetisches Behandlungsergebnis gewertet.

Achsabweichung im Vergleich zur Gegenseite	Wertung des Behandlungserfolges
≤5°	exzellent
6-10°	gut
11-15°	mäßig
>15°	ungenügend

Tabelle 4: kosmetischer Faktor nach Flynn et al. [55]

Hinsichtlich des funktionellen Faktors wurde ein Defizit des Bewegungsausmaßes von bis zu 5° im Vergleich zur gesunden Gegenseite als „exzellentes“ Behandlungsergebnis gewertet. Eine Abweichung des Bewegungsumfanges von 6-10° entsprach einem „guten“ Behandlungserfolg, ein Defizit von 11-15° einem „mäßigen“. Zeigte sich im Rahmen der Nachuntersuchung eine Einschränkung des Bewegungsumfanges von mehr als 15° im Vergleich zur gesunden Gegenseite, so wurde der Behandlungserfolg mit „ungenügend“ bewertet.

Abweichung des Bewegungsausmaßes im Vergleich zur Gegenseite	Wertung des Behandlungserfolges
≤5°	exzellent
6-10°	gut
11-15°	mäßig
>15°	ungenügend

Tabelle 5: funktioneller Faktor nach Flynn et al. [55]

Der Behandlungserfolg wurde zusätzlich nach Khalfayan et al. ausgewertet. Dieser wurde gewählt, da im Score nach Khalfayan et al. standardisiert subjektive und objektive Aspekte in die Bewertung des Behandlungserfolges einfließen. Khalfayan et al. beschrieben und verwendeten einen Score, der sich aus vier Aspekten zusammensetzt [64].

Zunächst wurde der Schmerz bewertet. Es konnten maximal 30 Punkte für „kein Schmerz“, über mehrere Abstufungen bis 5 Punkte (ständige Schmerzen und deutlich eingeschränkter Aktivität), bis hin zu 0 Punkte (vollständig behindert) vergeben werden.

Weiterhin erfolgte die Bewertung der Beweglichkeit des Ellenbogengelenkes. Je weniger Einschränkungen der Extension/Flexion und Pronation/Supination im Vergleich zur gesunden Gegenseite vorlagen, desto mehr Punkte konnten erreicht werden.

Außerdem wurden die Kraft des Ellenbogens bei Pronation, Supination, Extension und Flexion im Vergleich zur Gegenseite bewertet, sowie die Griffstärke im Vergleich zur unverletzten Seite. Auch hierfür wurden jeweils Punkte vergeben.

Zuletzt erfolgte die Bewertung der Funktion des Armes bei komplexen Bewegungen des täglichen Lebens. Hierzu zählten unter anderen das Werfen, Ziehen, Tragen, Benutzen

der Gesäßtasche und Essen mit Besteck. Für die insgesamt 12 Funktionen wurden je nach Grad der Einschränkung wiederum Punkte vergeben.

Alle vier Aspekte flossen gleichberechtigt mit jeweils 25 % in den Gesamtscore ein. Ein „exzellentes Behandlungsergebnis“ lag vor, wenn 90-100 Punkte erreicht wurden. 80-89 Punkte bedeuteten ein „gutes Ergebnis“, 70-79 Punkte ein „zufriedenstellendes“. Ein „unbefriedigendes Ergebnis“ lag bei einer Punktzahl von weniger als 70 Punkten vor.

Summe aller Punkte	Wertung des Behandlungserfolges
90-100	exzellent
80-89	gut
70-79	zufriedenstellend
<70	unbefriedigend

Tabelle 6: Auswertung des Behandlungserfolg Khalfayan et al. [64]

4. Datenverarbeitung

Im Beobachtungszeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 wurden alle Behandlungsfälle der Klinik für Kinderchirurgie der Charité durch eine SAP-Abfrage herausgefiltert, bei denen eine Fraktur des distalen Humerus verschlüsselt worden war. Anschließend wurde von allen Fallnummern, bei denen eine Fraktur des distalen Humerus verschlüsselt worden war, die elektronische Patientenakte eingesehen. Hierbei zeigte sich, dass zu einigen Behandlungsfällen mehrere Fallnummern angelegt worden waren. Nach der Zuordnung der Fallnummern zu Behandlungsfällen und Patienten sank die ursprüngliche Zahl der weiter zu untersuchenden Fälle.

Durch Sichtung der elektronischen Patientenakte und der digitalen Röntgenbilder wurde die Diagnose der distalen Humerusfraktur überprüft. Anschließend wurden die Frakturen nach Lokalisation unterteilt. Die ausschließlich den ulnaren oder radialen Condylus betreffenden Frakturen sind nicht Gegenstand dieser Arbeit und wurden ausgeschlossen. Die Fälle, in denen eine supra- oder y-condyläre Humerusfraktur vorlag, wurden in einer Excel-Tabelle erfasst. Von diesen Behandlungsfällen wurden dann weitere Daten erfasst. Zum Erheben der Daten wurden zusätzlich zu den elektronischen Patientenakten und digitalen Röntgenbildern, die zum Teil schon archivierten und ausgelagerten Poliklinik-Akten eingesehen.

In einer Tabelle wurden Daten zu Person, Unfall, Fraktur, Therapie, weiterer Behandlung und insbesondere bezüglich des Auftretens peripherer Störungen der Durchblutung, Motorik und Sensibilität erfasst. Verwendet wurde Microsoft Excel 2010. Im Weiteren wurden die Daten in eine Access-Tabelle überführt. Die statistische Datenauswertung und Datenabfragen erfolgten mit Microsoft Access 2013. Zur Tabellen- und Diagramm-Erstellung wurde ebenfalls Microsoft Excel 2010 verwendet. Das Abfassen der Promotionsschrift erfolgte mittels Microsoft Word 2010.

III. Ergebnisse

1. Patientengut

In der Klinik für Kinderchirurgie der Charité wurden im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 489 Kinder wegen einer Fraktur im Bereich des distalen Humerus behandelt. Vier Kinder zogen sich nachdem die Behandlung wegen der distalen Humerusfraktur beendet wurde eine erneute Fraktur zu. Drei Kinder erlitten zweimal supracondyläre Frakturen. Ein Kind zog sich zunächst eine supracondyläre Humerusfraktur und später im Rahmen eines erneuten Traumas eine y-condyläre Humerusfraktur zu. Insgesamt traten somit 493 Frakturen des distalen Humerus im oben genannten Zeitraum auf.

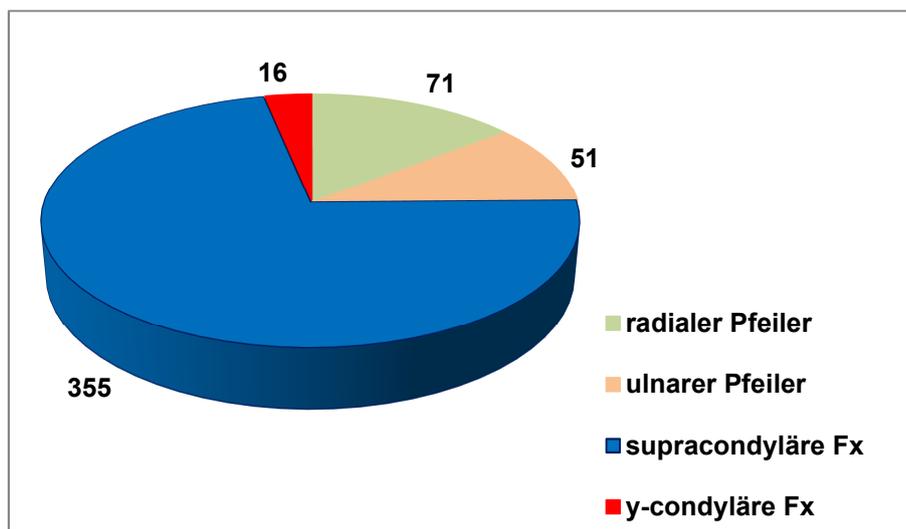


Abbildung 9: Einteilung der Frakturen nach Lokalisation

Nähere Betrachtung fanden in dieser Arbeit supra- und y-condyläre Frakturen. Diese traten in 371 Fällen auf. Hierbei handelte sich in 16 Fällen (4,3 %) um y-condyläre und in 355 Fällen (95,7 %) um supracondyläre Frakturen. 71 Kinder (14 %) hatten sich eine Fraktur des radialen Pfeilers zugezogen, 51 Kinder (10 %) eine Fraktur des ulnaren Pfeilers. Diese insgesamt 122 Kinder wurden in die Untersuchung nicht weiter einbezogen.

2. Frakturklassifikation

Die Klassifikation der supracondylären Frakturen erfolgte nach Baumann. Von insgesamt 355 supracondylären Humerusfrakturen waren 49 % (174) dem Typ I nach Baumann zuzuordnen. Diese Frakturen bilden mit fast der Hälfte aller supracondylärer Frakturen die größte Gruppe. Die nächstgrößere Gruppe bildete mit 84 Fällen Frakturen nach Baumann III. Sie kamen in 23,7 % aller supracondylären Frakturen vor. Frakturen nach Baumann II kamen in 57 Fällen vor, was einem Anteil von 16 % entspricht.

In 40 Fällen (11,3 %) konnten die Frakturen nicht sicher klassifiziert werden. Weder im Aufnahmestatus, noch im OP-Bericht oder Entlassungsbrief war eine Klassifikation verzeichnet. Präoperative Röntgenbilder konnten ebenfalls nicht auffindig gemacht werden. Möglicherweise waren die Patienten in auswärtigen Krankenhäusern initial vorstellig und geröntgt worden. Die dort angefertigten Bilder waren in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité nicht archiviert worden. Da in allen diesen Fällen operative Eingriffe vorgenommen worden waren, ist anzunehmen, dass es sich um dislozierte Frakturen nach Baumann II oder III handelte. Diese nicht sicher zu klassifizierenden Frakturen wurden zunächst in einer einzelnen Gruppe (Baumann II-III) erfasst.

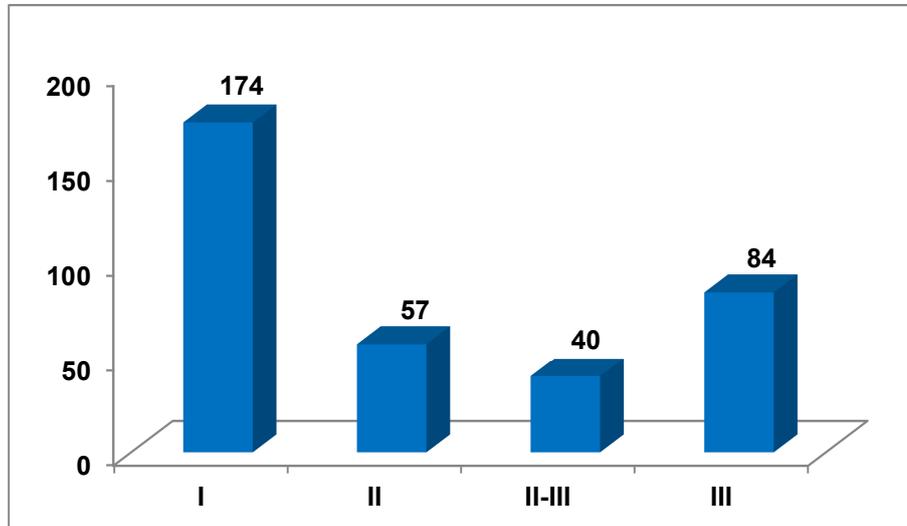


Abbildung 10: Klassifikation der supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann

Zur weiteren Auswertung der Daten mussten diese 40 Fälle aufgeteilt werden.

In dieser Studie traten die Baumann III-Frakturen rund 1,47mal häufiger als Frakturen nach Baumann II auf. Entsprechend dieser Häufigkeitsverteilung wurden 16 der 40 Frakturen der Gruppe der Frakturen nach Baumann II zugeordnet, 24 Frakturen der

Gruppe nach Baumann III. Die Zuordnung, welche Fraktur welcher Gruppe zugeordnet wurde, erfolgte rein zufällig.

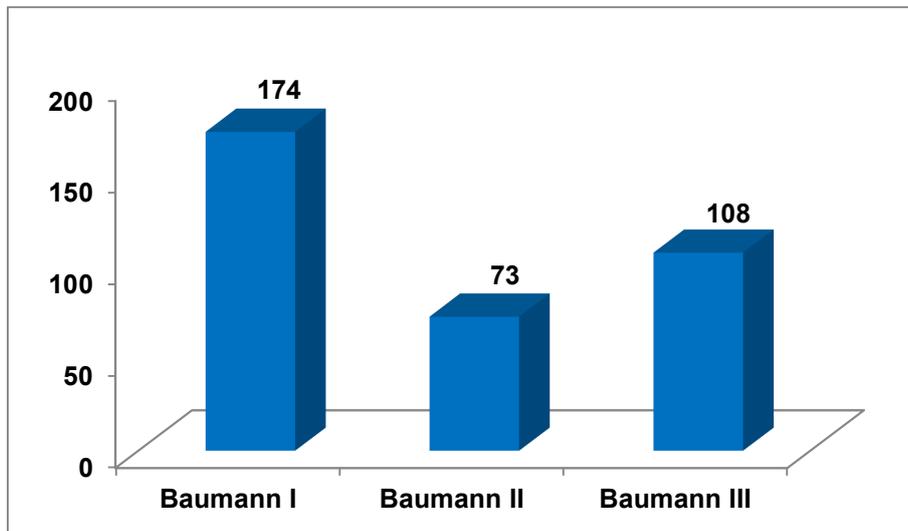


Abbildung 11: Einteilung der supracondylären Frakturen nach Baumann I-III

Nach Aufteilung der 40 zunächst nicht sicher klassifizierbaren Frakturen Baumann II-III zeigte sich dann die folgende Verteilung: Frakturen nach Baumann I kamen in 174 Fällen vor. In 73 Fällen trat eine Fraktur nach Baumann II auf (21 %). Eine vollständige Frakturdislokation zeigte sich 108mal, das entsprach einem Anteil von 30 % Frakturen nach Baumann III.

3. Altersverteilung

Das Alter der Kinder, in dem sie sich eine supra- oder y-condyläre Humerusfraktur zuzogen, lag zwischen 4 Monaten und $17\frac{5}{12}$ Jahren (17 Jahre und fünf Monate).

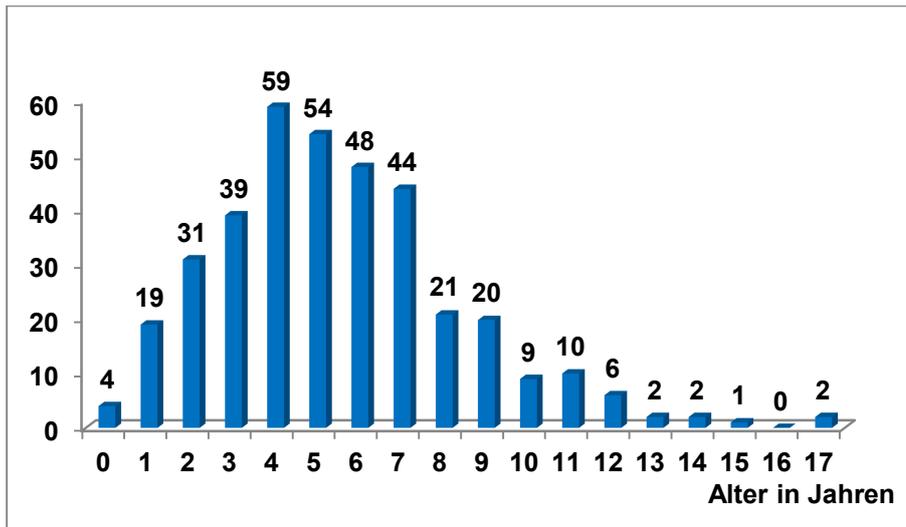


Abbildung 12: Altersverteilung der supra- und y-condylären Humerusfrakturen

Die meisten Frakturen traten im Alter von vier und fünf Jahren auf. Das durchschnittliche Alter bei Fraktur betrug $5 \frac{11}{12}$ Jahre (SD 2 Jahre und 11 Monate). Der Median lag bei $5 \frac{7}{12}$ Jahre.

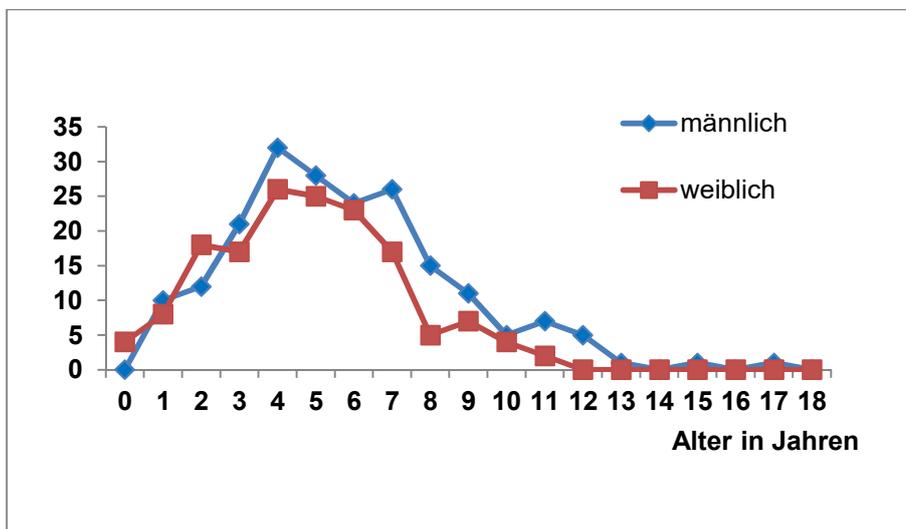


Abbildung 13: Altersverteilung supracondylärer Humerusfrakturen

Die Altersverteilung bei Jungen und Mädchen zeigte ähnliche Kurven. Bis zum vierten Lebensjahr kommt es zu einer steigenden Häufigkeit von supracondylären Frakturen, nach dem vierten Lebensjahr zu einem stetigen Rückgang. Nur beim männlichen Geschlecht zeigt sich nochmals im Alter von sieben Jahren ein geringer Wiederanstieg.

Beide Kurven fallen im Weiteren ab. Nach dem zehnten Lebensjahr treten sowohl bei Mädchen, als auch bei Jungen nur noch wenige Frakturen auf.

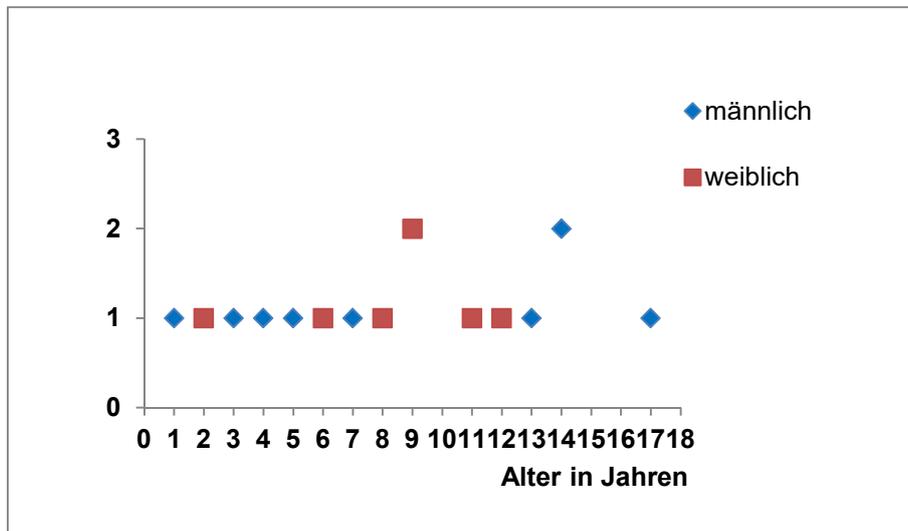


Abbildung 14: Altersverteilung y-condylärer Humerusfrakturen

Betrachtet man die Altersverteilungskurven der y-condylären Humerusfrakturen des Kindes so zeigt sich ein recht gleichmäßiges Auftreten der y-condylären Frakturen in allen Lebensjahren. In fast jedem Lebensjahr trat einmal eine y-condyläre Humerusfraktur auf. Bei Mädchen zeigt sich ein gehäuftes Auftreten im neunten Lebensjahr, bei Jungen im 14. Lebensjahr.

Bei der insgesamt sehr geringen Anzahl der y-condylären Humerusfrakturen im Vergleich zur wesentlich höheren Zahl der supracondylären Frakturen, wurden die 16 y-condylären Humerusfrakturen in den folgenden Berechnungen nicht mehr in jedem Fall separat betrachtet.

Betrachtet man die Altersverteilung der supracondylären Humerusfrakturen ohne die Frakturen nach Baumann II-III, so zeigt sich keine Abweichung des Mittelwertes. Sowohl mit als auch ohne diese unsicher zu klassifizierenden Frakturen betrug der Mittelwert des Alters bei Frakturereignis 5,9 Jahre.

4. Versicherungsstatus

Bezüglich des Versicherungsstatus überwogen die Unfälle im privaten Umfeld gegenüber den berufsgenossenschaftlich versicherten.

Mit insgesamt 259 Frakturen ereigneten sich fast 70 % aller Frakturen privat. Ca. 30 % aller Frakturen wurden durch einen Unfall in Schule, Kita oder durch einen Wegeunfall verursacht.

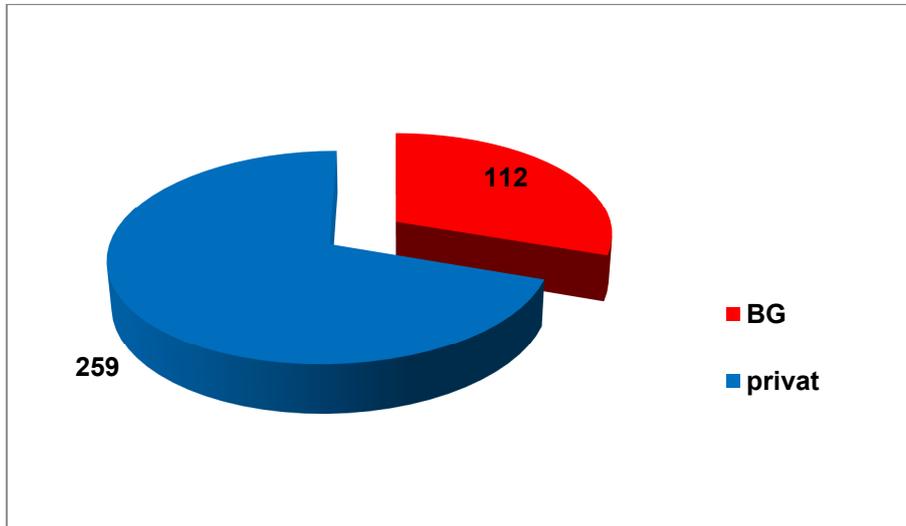


Abbildung 15: Verteilung der Frakturen nach Versicherungsart

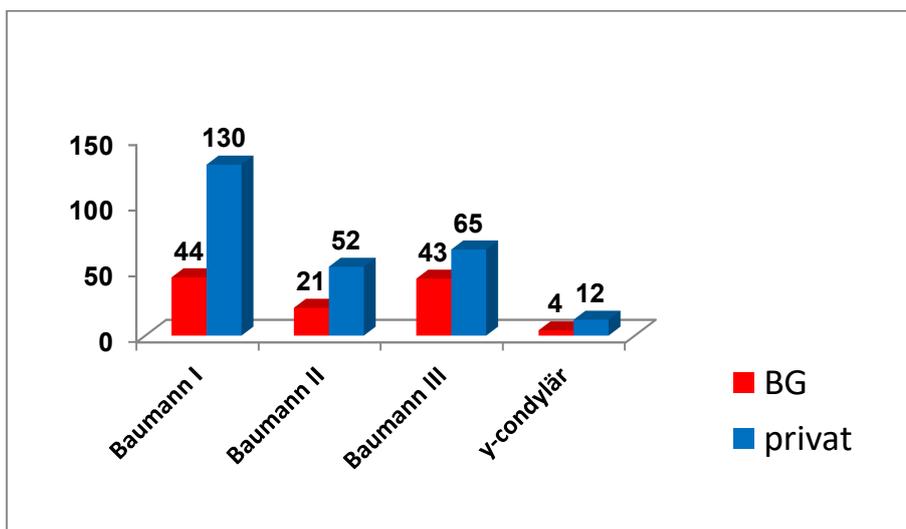


Abbildung 16: Verteilung der einzelnen Frakturarten in Abhängigkeit von der Versicherungsart

Auch bei näherer Betrachtung der Versicherungsart zeigt sich bei allen Frakturarten ein Überwiegen der Unfälle im privaten Umfeld. 74 % der Frakturen nach Baumann I ereigneten sich privat. Bei den Frakturen nach Baumann II waren es 71 %, bei den nach Baumann III 60 %. Auch bei den y-condylären Humerusfrakturen überwog der Anteil der Unfälle im privaten Umfeld mit 75 % deutlich.

5. Geschlechtsverteilung

Bezüglich der Geschlechtsverteilung zeigt sich, dass Jungen etwas häufiger betroffen waren. Der Anteil der Frakturen des männlichen Geschlechtes betrug insgesamt bei Betrachtung aller supra- und y-condylären Humerusfrakturen 56 %.

Bei getrennter Betrachtung der supra- und y-condylären Frakturen zeigt sich eine analoge Geschlechtsverteilung. Sowohl bei den supra- als auch bei den y-condylären Humerusfrakturen überwog das männliche Geschlecht in der Geschlechtsverteilung mit 56 %. Diese Geschlechtsverteilung zeigt sich auch wenn die unsicher zu klassifizierenden Frakturen nach Baumann II-III unberücksichtigt bleiben.

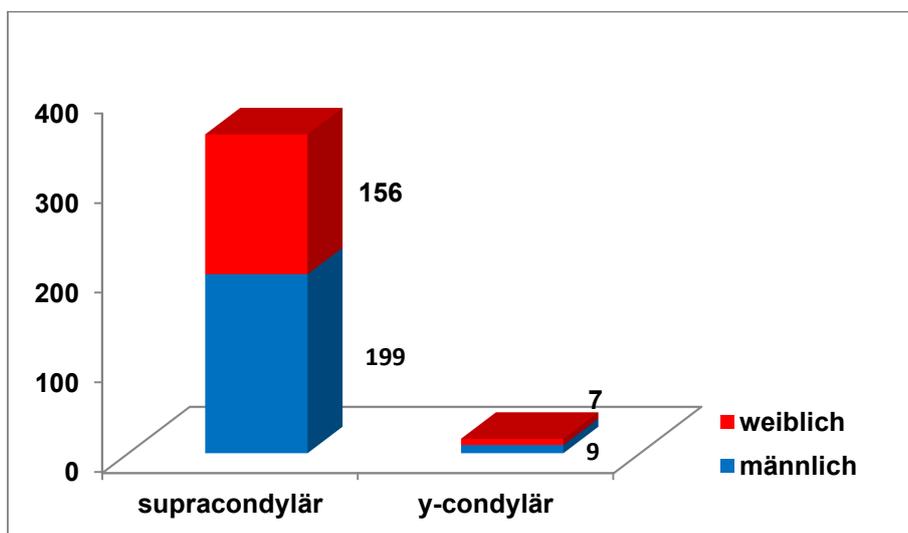


Abbildung 17: Geschlechtsverteilung der supra- und y-condylären Frakturen

6. Seitenverteilung

Von allen 371 Frakturen betrafen 225 Frakturen den linken Arm. Das entspricht circa 61 % aller Fälle. Der rechte Arm war nur zu circa 39 % betroffen. Betrachtet man in dieser Berechnung nur die sicher zu klassifizierenden Frakturen und berücksichtigt die nach Baumann II-III nicht, so überwiegt die linksseitige Fraktur mit 61,3%.

Schlüsselt man die Seitenverteilung im Einzelnen nach Frakturarten auf, zeigt sich auch beim Betrachten der einzelnen Frakturarten jeweils ein Überwiegen der linken Seite.

Zu 60,3 % war der linke Arm von einer supracondylären Humerusfraktur betroffen, der rechte nur 39,7 %. Bei den supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann I überwogen die Frakturen der linken Seite mit 62,6 %, bei Frakturen nach Baumann II mit 58,9 %, bei den Frakturen nach Baumann III mit 57,4 %.

Klammert man in dieser Betrachtung die zuvor unsicher klassifizierten Frakturen der nach Baumann II-III aus, zeigt sich noch immer ein Überwiegen der Frakturen der linken Seite von 59,6% bei Frakturen nach Baumann II und 58,3% bei Frakturen nach Baumann III.

Y-condyläre Humerusfrakturen betrafen ebenfalls eher den linken als den rechten Arm. Linksseitige y-condyläre Humerusfrakturen traten zu 67 %, rechtsseitige zu 43 % auf.

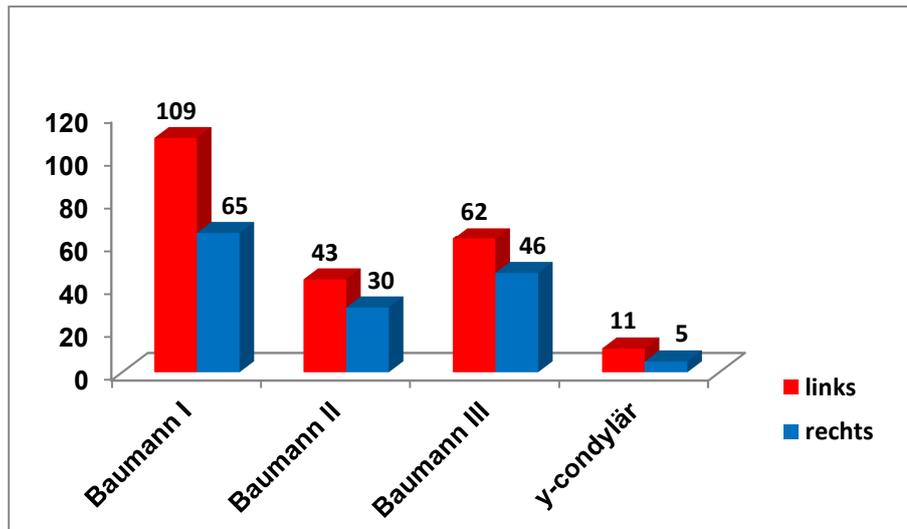


Abbildung 18: Seitenverteilung der einzelnen Frakturarten

7. Unfallursache

Bei Durchsicht der Akten zeigten sich vielfältige Unfallursachen. In einigen Fällen war die Ursache jedoch nicht genauer benannt worden. So war in 26,3 % (98 Fälle) nur ein Sturz dokumentiert worden, nicht jedoch wie es dazu gekommen war. In 273 Fällen (73,7%) waren die Unfallhergänge genauer benannt worden.

75 Kinder (20,2 %) zogen sich eine Fraktur des distalen Humerus bei einem Sturz vom Klettergerüst zu, 24 Kinder (6,5 %) fielen von einer Rutsche, 15 (4,0 %) von der Schaukel. Je 5 Kinder (1,3 %) zogen sich die Fraktur im Rahmen eines Sturzes von der Hüpfburg oder vom Trampolin zu, 3 Kinder (0,8 %) stürzten vom Karussell und 21 Kinder (5,6 %) von anderen Spielgeräten. Insgesamt verletzten sich 148 Kinder (40 %) durch einen Sturz von einem Spielgerät.

Zählt man zu den Stürzen von Möbeln (35 Fälle) auch die Stürze vom Hochbett, dann traten die Möbelstürze als Unfallursache mit 14 % (52 Fälle) auf.

Stürze bei sportlichen Aktivitäten (Sport, Fahrrad, Fußball, Roller, Pferdesturz, Skateboard, Inline Skating, Schlitten und Schlittschuh fahren) traten in 45 Fällen (12,1 %) auf. In 4 Fällen (1,1 %) war kein Trauma erinnerlich.

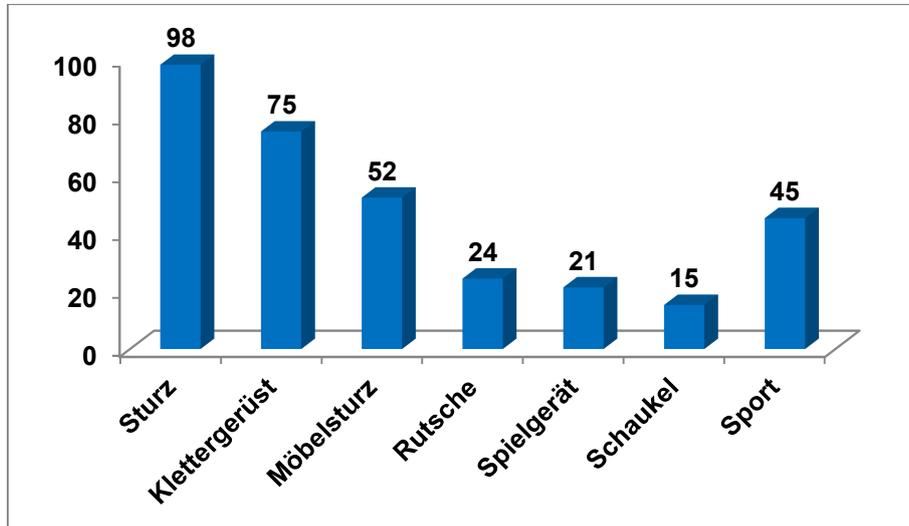


Abbildung 19: Darstellung häufiger Unfallursachen

8. Jahreszeitliche Verteilung

Die absolut häufigsten Frakturen ereigneten sich im Monaten Juni und Juli. Im Mai und Dezember traten die wenigsten Frakturen auf.

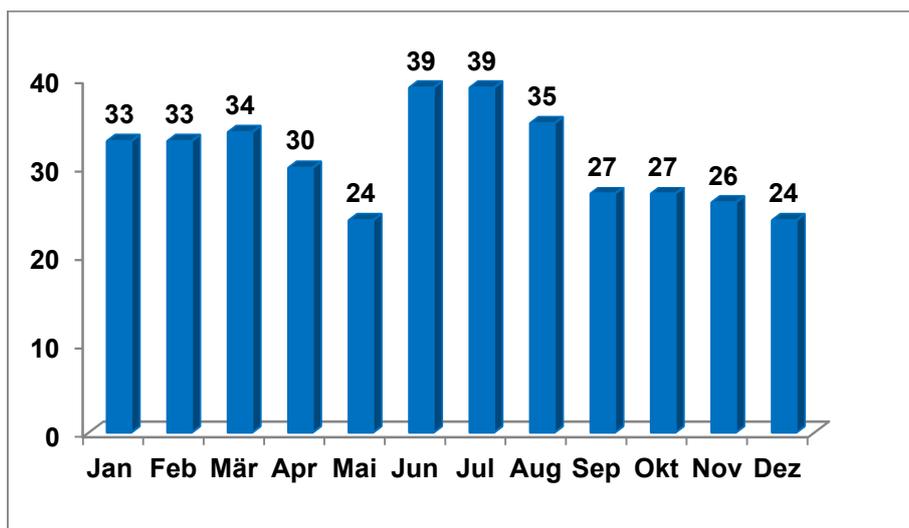


Abbildung 20: Monatliche Verteilung aller Frakturen

In der weiteren Betrachtung wurden die Monate des Jahres auf die vier Jahreszeiten aufgeteilt. Die Monate März, April und Mai wurden der Jahreszeit Frühling zugeordnet. In diesem Zeitraum ereigneten sich 23,7 % aller Frakturen. In den Sommermonaten Juni, Juli und August ereigneten sich mit 113 Frakturen (30,4 %) die häufigsten bezogen auf alle Jahreszeiten. In den Monaten September, Oktober und November, welche der Jahreszeit Herbst zugeordnet wurden, ereigneten sich die wenigsten Frakturen (21,6 %). In den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar kam es zu 90 Frakturen. Dies entspricht einem Anteil von 24,3% aller Frakturen.

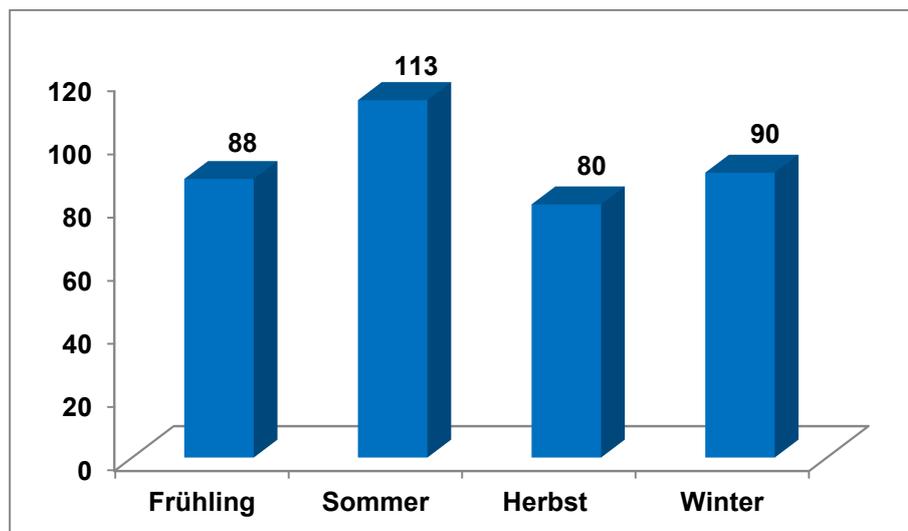


Abbildung 21: Jahreszeitliche Verteilung aller Frakturen

9. Begleitverletzungen

Begleitverletzungen kamen in den in der vorliegenden Arbeit betrachteten Fällen nur sehr selten vor. Nur zehn Kinder (2,7 %) zogen sich zusätzliche Verletzungen zu. Drei Kinder erlitten zusätzlich zur supracondylären Humerusfraktur eine distale Radiusfraktur, zwei erlitten eine Radiusköpfchenfraktur. Bei zwei weiteren Kindern wurde eine komplette Unterarmschaftfraktur diagnostiziert. Ein Kind zog sich zusätzlich eine nicht näher klassifizierte proximale Radiusfraktur, ein anderes eine Olecranonfraktur und eines eine Radiuschaftfraktur zu. Begleitverletzungen in Zusammenhang mit y-condylären Frakturen traten im Patientengut der vorliegenden Arbeit nicht auf.

10. Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Als primäre Störungen werden solche bezeichnet, die direkt nach dem zur Fraktur führenden Unfall auftreten, also bevor es zu einer Intervention (Anlage ruhigstellender Verbände, Reposition und Operationen) gekommen war.

Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität traten nach dem Unfall bei vorliegender Fraktur im Bereich des distalen Humerus in 16 Fällen auf (4,3 %). In zehn Fällen wurde die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität bei Erstuntersuchung als unsicher beschrieben. Dies entspricht einem Anteil von 2,7 % aller 371 Frakturen. Im Weiteren wurde angenommen, dass in diesen Fällen die periphere Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität gestört waren, aber nicht genau benannt werden konnte, welcher Art die Störung war. Daher wurden die zehn Fälle der unsicheren peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität zu den 16 Fällen hinzugezählt, in denen die Störung näher benannt werden konnte. Insgesamt zeigten sich dann also in 26 Fällen primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität. Dies entspricht einem Anteil von 7 %.

Unter den Kindern, die eine supracondyläre Humerusfraktur nach Baumann I erlitten, zeigten sich initial keinerlei Störungen der peripheren Motorik, Sensibilität und/oder Durchblutung. In Betrachtung aller Frakturen kam es in fünf Fällen (1,3 %) zu primären Durchblutungsstörungen, wobei in einem Fall zusätzlich eine Störung der peripheren Sensibilität vorlag. In vier der fünf Fälle wurde ein verminderter Radialispuls beschrieben, in einem Fall wurden die Zeichen der Durchblutungsstörung nicht näher benannt. Je zwei primäre periphere Durchblutungsstörungen traten in den Gruppen der distalen Humerusfrakturen nach Baumann II und III auf. Eine primäre Durchblutungsstörung war in der Gruppe der unklar klassifizierten Frakturen nach Baumann II-III dokumentiert worden.

Primäre nervale Störungen wurden in 12 Fällen näher beschrieben, wobei nur sensible, in keinem Fall motorische Störungen dokumentiert wurden. Frakturen nach Baumann I und II waren in keinem Fall betroffen. In der Gruppe der unklar klassifizierten Frakturen nach Baumann II-III trat einmal eine isolierte Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris auf. Primäre sensible Störungen zeigten sich in 12,5 % (2 Fälle) aller y-condylären Humerusfrakturen. Einmal war die Sensibilität im Versorgungsgebiet des Nervus radialis in Kombination mit einer Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des

Nervus medianus betroffen, in dem anderen Fall war die gesamte periphere Sensibilität gestört.

In der Gruppe der Frakturen nach Baumann III traten mit 9 Fällen die häufigsten peripheren sensiblen Störungen auf. Einmal fand sich eine Störung der gesamten peripheren Sensibilität, eine weitere in Kombination mit einer peripheren Durchblutungsstörung. Eine isolierte Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris trat ebenfalls in einem Fall auf. Die Sensibilität des Nervus medianus war isoliert fünfmal betroffen. Eine kombinierte Sensibilitätsstörung des Nervus radialis und Nervus medianus trat einmal auf.

	Gesamte Sens.	Gesamte Sens. und Durchblutung	Sens. N. radialis	Sens. N. medianus	Sens. N. ulnaris	Sens. Nn. radialis und medianus	Durchblutung
Baumann I							
Baumann II							2
Baumann II-III					1		1
Baumann III	1	1		5	1	1	1
y-condylär	1			1			

Tabelle 7: Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität

Die Sensibilität im Versorgungsgebiet des Nervus radialis war nie isoliert betroffen, einmal in Kombination mit einer Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des Nervus medianus, dreimal im Rahmen einer vollständigen peripheren Sensibilitätsstörung. Somit war der Nervus radialis insgesamt in einem Drittel (vier Fälle) aller peripheren nervalen Störungen betroffen.

Isolierte Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus traten in sechs Fällen auf. Das entspricht einem Anteil von 1,6 % aller Frakturen. Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus traten insgesamt in zehn Fällen auf. Die periphere Sensibilität des Nervus ulnaris war isoliert in zwei Fällen (0,5 %) primär gestört. Insgesamt war die periphere Sensibilität im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris in fünf Fällen gestört.

Somit traten periphere nervalen Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus radialis am seltensten auf (21,1 %). Die häufigsten peripheren nervalen Störungen betrafen den Nervus medianus (55,6 %).

11. Therapie

11.1. Ambulante vs. stationäre Behandlung

In 207 von insgesamt 371 Fällen, 56% aller Behandlungsfälle, erfolgte die Behandlung ambulant. Den größten Teil dieser Gruppe bilden die supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann I (81,2%). Insgesamt wurden 168 Frakturen ambulant behandelt, die nach Baumann I klassifiziert worden waren. Nur 3,4% aller Frakturen nach Baumann I wurden stationär behandelt, in 96,6% erfolgte die Behandlung der nicht oder gering dislozierten Frakturen des distalen Humerus ambulant.

Den nächst größeren Anteil der ambulant behandelten Frakturen bildeten die Frakturen nach Baumann II mit 13%. Im Gegensatz zu den Frakturen nach Baumann I erfolgte die Behandlung der distalen Humerusfrakturen nach Baumann II zum größten Teil stationär (63%).

Den geringsten Anteil der ambulanten Behandlungsfälle bildeten die Frakturen nach Baumann III (2,4%). Insgesamt wurden nur fünf dieser Frakturen ambulant behandelt. Der überwiegende Anteil (95,4%) wurde stationär behandelt.

In sieben Fällen aller 207 ambulant behandelten Frakturen lag eine y-condyläre Humerusfraktur vor. Dies entspricht einem Anteil von 2,6% aller ambulanten Behandlungsfälle. Mit 43,8% aller y-condylärer Humerusfrakturen wurde weniger als die Hälfte dieser Frakturen ambulant behandelt.

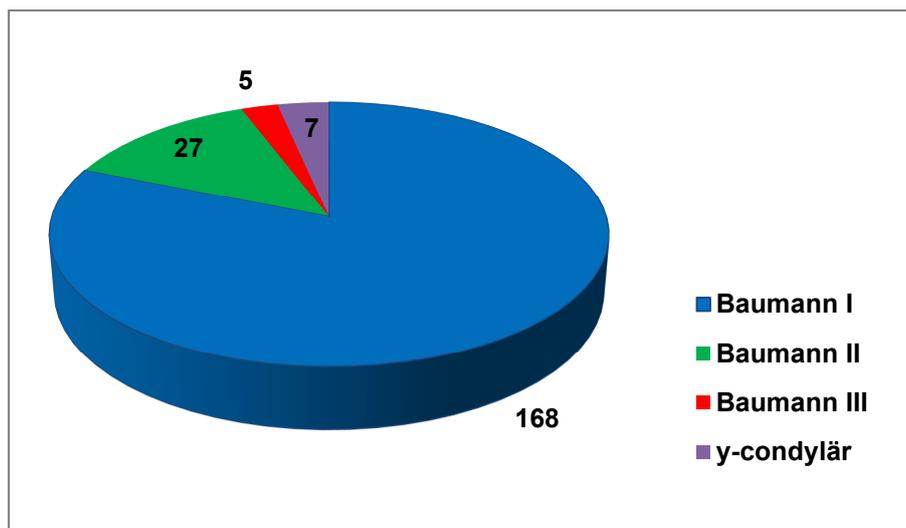


Abbildung 22: Verteilung ambulanter Behandlungsfälle nach Frakturart

Insgesamt erfolgte in 164 Fällen (44 %) eine stationäre Behandlung. Am häufigsten wurden Frakturen nach Baumann III stationär behandelt. Dies geschah in 103 Fällen, was einem Anteil von 62,8 % aller stationären Behandlungsfälle entspricht. 46mal wurden Frakturen nach Baumann II stationär behandelt (28 %). Den geringsten Anteil unter allen stationär behandelten Frakturen bilden die Frakturen nach Baumann I. Insgesamt wurden sechs nicht oder gering dislozierte Frakturen (3,7 %) nicht ambulant behandelt.

5,5 % aller stationär behandelten Frakturen wurden als y-condyläre Frakturen klassifiziert.

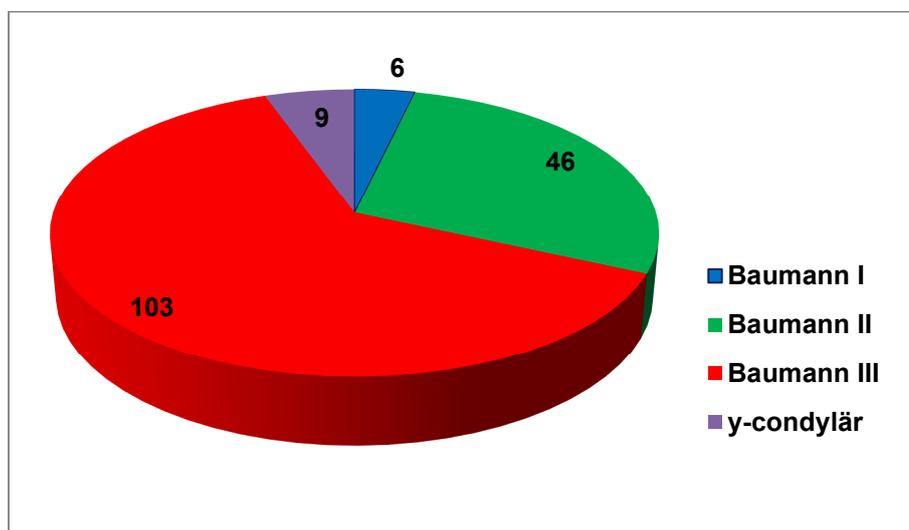


Abbildung 23: Verteilung stationärer Behandlungsfälle nach Frakturart

11.2. Art der Ruhigstellung

Die Ruhigstellung der Frakturen des distalen Humerus erfolgte mittels Blount'scher Schlinge oder im Oberarmgips. Die insgesamt häufigste Art der Ruhigstellung war in der Datenmenge, die in der vorliegenden Arbeit betrachtet wurde, die mittels Oberarmgips in 319 Fällen (86 %). Deutlich seltener erfolgte die Ruhigstellung im Blount'schen Schlingenverband. Sie wurde in nur 52 Fällen (14 %) angewandt.

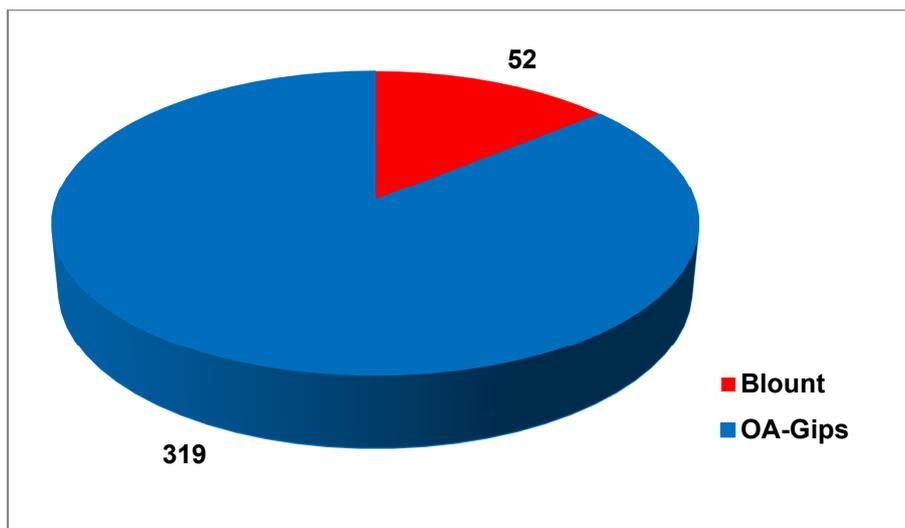


Abbildung 24: Art der Ruhigstellung aller Frakturen

Der überwiegende Anteil (97 %) der stationär behandelten Frakturen wurde mittels Oberarmgips ruhiggestellt. Nur fünf von 164 Kindern wurden mittels Blount'scher Schlinge behandelt. Dies entspricht einem Anteil von 3 %. Alle mittels Blount'schem Schlingenverband ruhiggestellten Frakturen wurden den Gruppen nach Baumann I und II zugeordnet. Keine vollständig dislozierte Fraktur und keine y-condyläre Fraktur wurden mit einem Blount'schen Schlingenverband behandelt.

	Baumann I	Baumann II	Baumann III	y-condylär
OA-Gips	5	42	103	9
Blount	1	4		

Tabelle 8: Art der Ruhigstellung der stationären Behandlungsfälle

Auch in der Gruppe der ambulant behandelten distalen Humerusfrakturen erfolgte die Ruhigstellung der Frakturen überwiegend mittels Oberarmgips. Diese Methode wurde in 160 aller 207 ambulanter Behandlungsfälle angewandt (77,3 %).

Mittels Blount'scher Schlinge wurden nur 47 Frakturen (23 %) ruhiggestellt. Am häufigsten wurde diese Ruhigstellung bei nicht oder gering dislozierten Frakturen angewandt (26 Fälle).

Der größte Teil der nicht oder gering dislozierten Frakturen wurde mittels Oberarmgips ruhiggestellt (84,5 %). Vollständig dislozierte Frakturen oder y-condyläre Frakturen wurden nur in jeweils einem Fall mittels Blount'schem Schlingenverband ruhiggestellt. Bei den Frakturen nach Baumann II überwog die Ruhigstellung im Blount'schen

Schlingenverband mit 70 % (19 Fälle). In acht Fällen wurde ein Oberarmgips zur Ruhigstellung angelegt.

	Baumann I	Baumann II	Baumann III	y-condylär
Blount	26	19	1	1
OA-Gips	142	8	4	6

Tabelle 9: Art der Ruhigstellung der ambulanten Behandlungsfälle

11.3. Operative Therapie

In 164 Fällen aller 371 Frakturen erfolgte eine stationäre Behandlung. In zwei dieser Fälle erfolgte während des stationären Aufenthaltes kein operativer Eingriff. Beide Kinder erhielten im Rahmen der stationären Behandlung lediglich einen Oberarmgips.

Die übrigen 162 Kinder wurden einer operativen Versorgung zugeführt. Als operative Versorgung wurde ein Eingriff unter Allgemeinanästhesie gewertet. Eine geschlossene Reposition mit anschließender Ruhigstellung wurde ebenfalls als operativer Eingriff gewertet, auch wenn kein Osteosynthesematerial eingebracht wurde.

Insgesamt erfolgte in 75,3 % aller operativen Behandlungen (122 Fälle) die geschlossene, in 40 Fällen die offene Reposition. In der Gruppe der Frakturen nach Baumann II erfolgte die operative Versorgung am häufigsten durch geschlossene Reposition mit anschließender Osteosynthese mittels gekreuzter K-Drähte und Ruhigstellung mittels Oberarmgips (61 %). Diese Versorgung war auch in der Gruppe der Baumann III-Frakturen mit 75 % die häufigste Versorgungsart. In 22 Fällen (21 %) erfolgten nach offener Reposition die osteosynthetische Versorgung mittels gekreuzter K-Drähte und die anschließende Ruhigstellung im Oberarmgips.

Bei den y-condylären Frakturen zeigte sich, dass in vier Fällen die geschlossene Reposition und in fünf Fällen die offene Reposition, jeweils mit anschließender osteosynthetischer Versorgung und Ruhigstellung im Oberarmgips notwendig waren.

	Baumann I	Baumann II	Baumann III	y-condylär
OA-Gips	1	1		
Blount				
geschl. Repo, OA-Gips		4	1	
geschl. Repo, Blount	1	3		
geschl. Repo, Draht, OA-Gips	1	28	77	2
geschl. Repo, Draht, Blount				
geschl. Repo, Schraube, OA-Gips		1	2	2
offene Repo, Draht, Schraube, OA-Gips				2
offene Repo, Platte, OA-Gips				1
offene Repo, OA-Gips	1		1	
offene Repo, Blount		1		
offene Repo, Draht, OA-Gips	2	8	22	2
offene Repo, Draht, Blount				

Tabelle 10: Therapie der supra- und y-condylären Humerusfrakturen

11.4. Dauer Krankenhausaufenthalt

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes aller stationär behandelten 164 Kinder rangiert zwischen einem und zehn Tagen. Der Mittelwert der stationären Behandlungstage beträgt 2,6 Tage (SD 1,5 Tage).

Der stationäre Behandlungszeitraum der Baumann I-Frakturen betrug zwischen zwei und vier Tagen, im Mittel 2,5 Tage (SD 0,8 Tage). Die Frakturen nach Baumann II wurden zwischen einem und zehn Tagen stationär behandelt, die Frakturen nach Baumann III zwischen einem und acht Tagen.

Die meisten y-condylären Humerusfrakturen wurden zwei Tage stationär behandelt. Der Mittelwert der stationären Behandlungstage der Baumann II-Frakturen betrug 2,6 Tage (SD 2 Tage), der der Baumann III- und y-condylären Frakturen 2,7 Tage (SD 1,3 Tage für Frakturen nach Baumann III, SD 1,7 Tage für y-condyläre Frakturen).

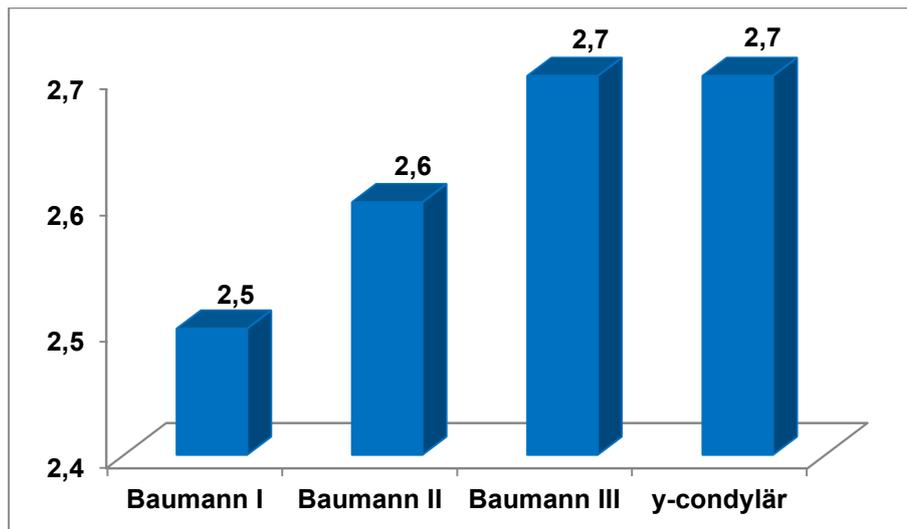


Abbildung 25: Mittelwerte der stationären Behandlungstage

11.5. Anzahl erneuter Operationen und Verfahrenswechsel

Bei 17 Kindern wurde im Verlauf der Behandlung bei sekundärer Frakturdislokation das Behandlungsregime gewechselt. Das entspricht einem Anteil von 4,6 % bezogen auf alle Frakturen. Sieben Kinder waren zunächst konservativ (zwei mittels Blount'scher Schlinge, fünf mittels Oberarmgips) therapiert worden. Bei einem Kind mit einer Baumann I-Fraktur erfolgte nach sekundärer Dislokation die geschlossene Reposition und Neuanlage einer Blount'schen Schlinge. Die anderen sechs Kinder (dreimal Baumann II, dreimal Baumann III) mussten osteosynthetisch versorgt werden. Einmal musste eine offene Reposition, fünfmal eine geschlossene Reposition, Osteosynthese mittels gekreuzter K-Drähte und anschließende Oberarmgips-Anlage erfolgen.

Frakturklassifikation	Erstbehandlung	Folgebehandlung
Baumann I	Blount	geschlossene Reposition; OA-Gips
Baumann II	Blount	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann II	OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann II	OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips

Tabelle 11: Verfahrenswechsel nach primär konservativer Therapie

In zehn Fällen war eine erneute Reposition der Fraktur und osteosynthetische Versorgung notwendig, nachdem initial bereits eine Operation (Osteosynthese mittels gekreuzter K-Drähte) erfolgt war. In 70 % der Fälle fiel die verbliebene Fehlstellung der Fraktur beziehungsweise die sekundäre Dislokation noch im Verlauf des stationären Aufenthaltes auf. In drei Fällen musste eine erneute stationäre Aufnahme erfolgen. Durchschnittlich erfolgte die erneute stationäre Aufnahme nach 14 Tagen.

In acht Fällen war die Fraktur ursprünglich geschlossen reponiert worden. In der Hälfte dieser Fälle erfolgte bei sekundärer Dislokation die erneute geschlossene Reposition, in der anderen Hälfte war die offene Reposition der Fraktur notwendig. Nach Reposition erfolgte jeweils die erneute Osteosynthese mittels gekreuzter K-Drähte und Anlage eines Oberarmgipses. In den anderen zwei Fällen war ursprünglich bereits offen reponiert worden. Die nochmalige Reposition erfolgte erneut offen. Die Osteosynthese erfolgte wieder mittels K-Drähten, die Ruhigstellung mittels Oberarmgips.

Somit lässt sich sagen, dass das ursprüngliche Behandlungsverfahren in zehn Fällen (2,7 %) gewechselt werden musste, in sieben Fällen wurde das ursprünglich gewählte Behandlungsverfahren beibehalten und nur noch einmal korrigiert.

Frakturklassifikation	Erstbehandlung	Folgebehandlung
Baumann I	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann II	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann II	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	geschlossene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips
Baumann III	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips	offene Reposition; Op Draht; OA-Gips

Tabelle 12: Verfahrenswechsel und erneute operative Versorgungen nach initial operativer Therapie

11.6. Sekundäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Postoperativ kam es in keinem Fall zu einer Störung der peripheren Durchblutung. In keinem Fall entwickelte sich ein Kompartmentsyndrom oder eine Volkmann'sche Kontraktur.

Periphere Defizite der Motorik und/oder Sensibilität traten bei insgesamt 43 Kindern auf. Das entspricht 11,6 % aller Behandlungsfälle. Neun dieser sekundären Störungen traten bei unsicher klassifizierbaren Frakturen nach Baumann II-III auf. Klammert man diese unsicher klassifizierbaren Frakturen nach Baumann II-III aus der Betrachtung aus, so traten in 10,3 % aller Behandlungsfälle periphere Defizite der Motorik und/oder Sensibilität auf.

In sieben Fällen zeigte sich eine sensible Störung im Versorgungsgebiet des Nervus radialis, in 35 Fällen eine sensible Störung des Nervus ulnaris und in acht Fällen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus. Zum Teil traten kombinierte Störungen auf.

Periphere motorische Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus radialis wurden in acht Fällen, des Nervus ulnaris in 16 Fällen und im Versorgungsgebiet des Nervus medianus in sieben Fällen dokumentiert.

<u>Sens.</u>			<u>Motorik</u>			<u>unsicher</u>	<u>Anzahl</u>
<u>N. radialis</u>	<u>N. ulnaris</u>	<u>N. medianus</u>	<u>N. radialis</u>	<u>N. ulnaris</u>	<u>N. medianus</u>		
	x						14
	x			x			6
		x		x			3
				x			3
x			x				2
	x	x			x		2
x	x	x	x				1
x	x	x					1
x	x		x	x			1
x	x		x				1
x	x						1
	x	x		x			1
		x		x	x		1
		x					1
			x	x			1
			x				1
						x	3
						<u>gesamt</u>	<u>43</u>

Tabelle 13: Anzahl postoperativer Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

In zwei Fällen waren Frakturen nach Baumann I postoperativ von Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität betroffen. Das entspricht 1,1 % aller Baumann I-Frakturen. In einem Fall kam es zu Sensibilitätsstörungen im Ulnaris-, im anderen Fall im Medianus-Versorgungsgebiet.

In zehn Fällen waren Frakturen nach Baumann II betroffen (13,7 %). Am häufigsten trat in dieser Gruppe Sensibilitätsstörung des Nervus ulnaris auf (dreimal). Zweimal war es postoperativ zu einer motorischen Störung des Nervus ulnaris gekommen. Zu einer kombinierten sensiblen und motorischen Störung des Nervus ulnaris kam es ebenfalls zweimal. In einem weiteren Fall wurde zusätzlich eine Störung der Sensibilität des Nervus medianus dokumentiert. Jeweils einmal kam es zu einer Störung des Nervus medianus (sensibel und motorisch) und des Nervus radialis (sensibel und motorisch).

28mal waren Frakturen nach Baumann III betroffen. Das entspricht einer Häufigkeit von 25,9 % aller Frakturen nach Baumann III. Die häufigsten nervalen Störungen in dieser Gruppe waren die isolierten sensiblen Defizite im ulnaris-Versorgungsgebiet (neun Fälle), gefolgt von den kombinierten sensiblen und motorischen Störungen des Nervus ulnaris (sechs Fälle).

Die Häufigkeit der peripheren neurologischen Defizite bei y-condylären Humerusfrakturen betrug 18,8 % (drei Fälle). Bei zwei Kindern mit y-condylärer Humerusfraktur wurde die periphere Neurologie als unsicher beschrieben, einmal trat eine Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris auf.

In sieben Fällen war bereits präoperativ eine Störung der peripheren Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert worden, welche postoperativ noch immer nachweisbar war. In einem Fall war präoperativ eine Störung der peripheren Durchblutung, postoperativ eine periphere neurologische Störung dokumentiert.

Insgesamt traten Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus in zehn Fällen, im Versorgungsgebiet des Nervus radialis in neun Fällen und im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris in 36 Fällen (65,5 % aller nervalen Störungen) auf. Diese Störungen traten zum Teil isoliert, zum Teil als kombinierte Störungen auf.

In 33 der 43 Fälle von sekundären Störungen der peripheren Motorik und/oder Sensibilität war keine Intervention erforderlich. In drei Fällen wurde der Gips korrigiert, was zu einer vollständigen Rückbildung der sekundären Störungen der Motorik und/oder Sensibilität führte. Eine Korrektur des K-Drahtes wurde in insgesamt sieben Fällen vorgenommen. In zwei von diesen sieben Fällen erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt mit einer Neurolyse ein weiterer operativer Eingriff.

Insgesamt musste in 83,7% aller Fälle mit sekundären Störungen der peripheren Motorik und/oder Sensibilität keine operative Intervention erfolgen, in 16,3 Fällen war mindestens eine Operation erforderlich, in 4,7% der Fälle sogar eine zweite.

	<u>gesamt</u>	<u>N. ulnaris</u>	<u>N. radialis</u>	<u>N. medianus</u>	<u>kombinierte Störung</u>
keine Intervention	33	21	3	4	5
Gipskorrektur	3	1			2
K-Draht-Korrektur	5	4	1		
K-Draht-Korrektur+Neurolyse	2	1			1

Tabelle 14: Anzahl sekundärer Störungen der peripheren Motorik und/Sensibilität und deren Therapie

11.7. Dauer der Immobilisation

Der Zeitraum der Immobilisation war in 123 von insgesamt 371 Fällen bekannt. Dieser reicht von 8 bis zu 56 Tagen. Im Mittel betrug die Immobilisationszeit nach distaler Humerusfraktur $25,5 \pm 7,2$ Tage (SD). Die geringste Immobilisationsdauer zeigte sich retrospektiv bei nicht dislozierten Frakturen nach Baumann I. Die absolut und durchschnittlich längste Immobilisation erfolgte bei den vollständig dislozierten Frakturen nach Baumann III und bei den y-condylären Frakturen.

	Min.	Max.	Mittelwert
Baumann I	8	44	23,5
Baumann II	21	39	25,8
Baumann III	20	56	30,4
y-condylär	19	54	31

Tabelle 15: Dauer der Immobilisation in Abhängigkeit von Frakturklassifikation in Tagen

Betrachtet man nun die Immobilisationsdauer in Abhängigkeit von Frakturklassifikation und Alter, so zeigt sich eine längere Ruhigstellung der Frakturen nach Baumann I bei älteren Patienten im Vergleich zu jüngeren. Bei Frakturen nach Baumann II und y-condylären Frakturen erfolgte die längste Immobilisation ebenfalls bei Kindern über zehn Jahren.

	Baumann I	Baumann II	Baumann III	y-condylär
0-5 Jahre	22,3	26,9	25,6	19,0
6-10 Jahre	24,4	24,3	31,8	
> 10Jahre	27,6	37,5	26,0	34,0

Tabelle 16: Abhängigkeit der Immobilisationsdauer in Tagen von Frakturart und Patientenalter

11.8. Materialentfernung

Von den insgesamt 150 Fällen, in denen Osteosynthesematerial eingebracht worden war, konnte das Datum der Materialentfernung in 88 Fällen (58,6 %) ermittelt werden. In der überwiegenden Anzahl der Fälle erfolgte diese ambulant. Stationär erfolgte die Materialentfernung in fünf Fällen (5,7 % aller Materialentfernungen).

Durchschnittlich erfolgte die Materialentfernung nach 35,7 Tagen (SD 16,2 Tage). Die kürzeste Zeit zwischen Operation und Materialentfernung war mit 21 Tagen, die längste mit 98 Tagen (offene y-condyläre Humerusfraktur, Plattenosteosynthese) dokumentiert

worden. Mit dem Schweregrad der Fraktur steigt die durchschnittliche Zeit zwischen Operation und Materialentfernung. Bei Frakturen nach Baumann I erfolgte die Materialentfernung durchschnittlich nach 23 Tagen, bei Frakturen nach Baumann II nach 27,7 Tagen und bei Frakturen nach Baumann III nach 34,3 Tagen. Die längste Zeit bis zur Materialentfernung erfolgte nach y-condylären Humerusfrakturen (durchschnittlich 75,5 Tage).

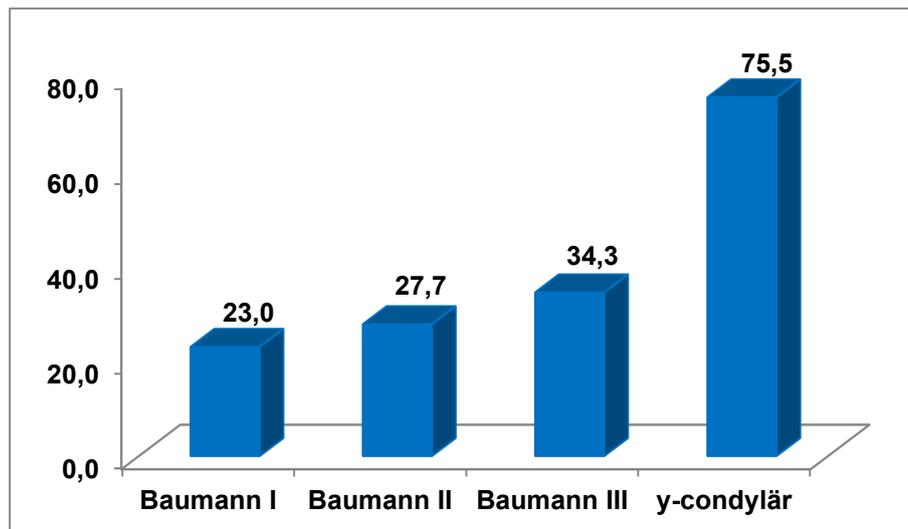


Abbildung 26: Mittelwert (in Tagen) des Verbleibs des Osteosynthesematerials in situ

11.9. Dauer Nachbeobachtung, Anzahl der Wiedervorstellungen

In 279 der 371 Fälle (75 %) erfolgte mindestens einmal eine ambulante Wiedervorstellung in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité zur Befundkontrolle und Planung der weiteren Behandlung.

In 35 Fällen fand lediglich eine einmalige Wiedervorstellung statt. Die weitere Behandlung erfolgte bei niedergelassenen Kollegen. Durchschnittlich erfolgten $4,3 \pm 2,5$ Wiedervorstellungen. Das Maximum der Anzahl Wiedervorstellungen betrug 13mal und erfolgte nach supracondylärer Humerusfraktur nach Baumann III. Der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum betrug $95,3 \pm 126,6$ Tage. Die längste Nachbeobachtung (901 Tage) erfolgte bei einer supracondylären Humerusfraktur nach Baumann III, die 13mal wieder vorgestellt wurde. Bei diesem Kind war eine vollständige Nervus ulnaris-Schädigung und ein nochmaliger operativer Eingriff nach initialer Osteosynthese dokumentiert.

12. Beurteilung des Behandlungserfolges der supracondylären und y-condylären Humerusfrakturen angelehnt an den Score von Flynn et al.

Als normwertiger Bewegungsumfang des Ellenbogens wurden eine Extension von 0° bis 10° Hyperextension und eine Flexion bis 140° angenommen. Dokumentierte Defizite der Extension und/oder Flexion wurden von diesen Normwerten abgezogen. Wurden seitengleiche Bewegungsumfänge nach Abschluss der Behandlung dokumentiert, wurde eine freie Bewegung zwischen 0-10° Extension bis 140° Flexion angenommen.

In 227 Fällen sind Bewegungsumfänge zum Abschluss der Behandlung dokumentiert. Zum besseren Vergleich erfolgte die Auswertung des Bewegungsausmaßes angelehnt an die Methode von Flynn et al. [55]. Der Beweglichkeitsverlust geht in die Auswertung als funktioneller Faktor, die Achsabweichung als kosmetischer Faktor ein.

0-5° Defizit des Bewegungsumfanges entsprach einem „exzellentes“ Ergebnis, 6-10° einem „guten“ Ergebnis und 11-15° einem „mäßigen“ Ergebnis. Bewegungsumfangsdefizite von mehr als 15° standen für ein „ungenügendes“ Ergebnis.

Ein „exzellentes“ Ergebnis erreichten 163 Kinder (72 %). 10 % erreichten ein „gutes“ Ergebnis, 3 % ein „mäßiges“ und 15 % ein „ungenügendes“ Behandlungsergebnis angelehnt an Flynn et al.

Betrachtet man die Frakturgruppen im Einzelnen, so zeigte sich in jeder Gruppe in mehr als 70 % ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis. Ein „ungenügendes“ Ergebnis wurde in 10-18 % erzielt.

	exzellent	gut	mäßig	ungenügend
Baumann I	64	7	1	15
Baumann II	38	5	1	8
Baumann III	57	11	2	8
y-condylär	4	1	2	3
gesamt	163	24	6	34

Tabelle 17: Funktioneller Faktor nach Flynn et al. [55]

Ein verplumpter Condylus wurde in insgesamt fünf Fällen beschrieben. Alle zeigten ein „exzellentes“ oder „gutes“ Behandlungsergebnis.

In 12 Fällen (5,3 %) war eine Achsabweichung im Vergleich zur Gegenseite beschrieben. In sechs Fällen zeigte sich eine Varusdeformität. Zweimal wurde eine Varusabweichung von 5°, viermal eine Abweichung von 10° beschrieben.

Eine Valgusdeformität wurde in ebenfalls sechs Fällen beschrieben. Dreimal bestand eine Abweichung von 5°, zweimal eine Abweichung von 10° und einmal bestand eine Valgusfehlstellung von 15°.

Nach den objektiven Beurteilungskriterien des Behandlungsergebnisses nach Flynn et al. war hinsichtlich des kosmetischen Faktors (Abweichen der Ellenbogenachse) sechsmal ein „gutes“ Behandlungsergebnis festzustellen und einmal ein „mäßiges“ Behandlungsergebnis. In 97 % der Fälle (220mal) wurde ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis hinsichtlich des kosmetischen Faktors erzielt.

13. Nachuntersuchung

Zur Nachuntersuchung im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden alle Kinder eingeladen, bei denen im Verlauf des Behandlungsfalls mindestens einmal ein Defizit in der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert worden war. Dies betraf 43 Kinder. Zu dieser Nachuntersuchungsgruppe gehörten überwiegend Frakturen nach Baumann III (70%). Frakturen nach Baumann II waren zu 23 %, y-condyläre Humerusfrakturen zu 7 % vertreten.

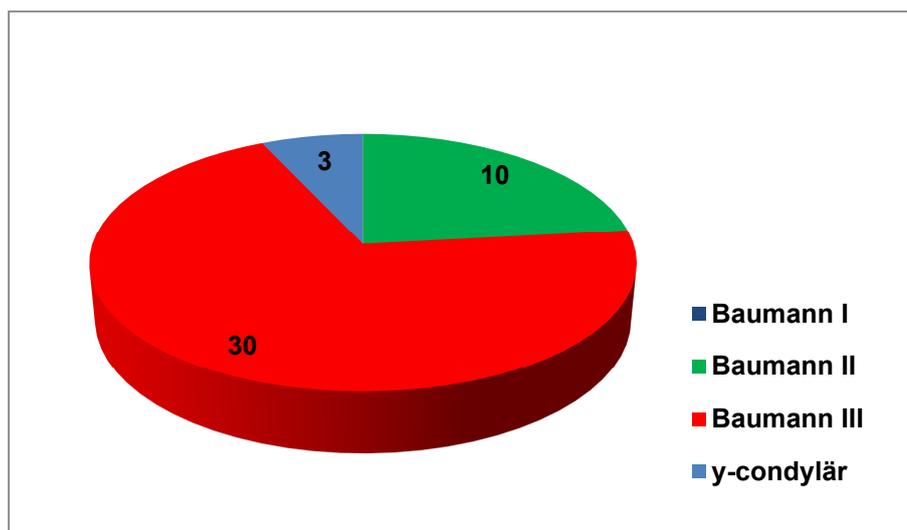


Abbildung 27: Frakturarten der nachuntersuchten Patienten

Bei Frakturen nach Baumann I war kein Fall einer Störung dokumentiert. Bei zehn von insgesamt 73 Baumann II-Frakturen zeigten sich periphere Störungen. Das entspricht 13,7 % aller Frakturen nach Baumann II. Der höchste Prozentsatz der peripheren Störungen zeigte sich bei distalen Humerusfrakturen nach Baumann III mit 27,8 % (30 von insgesamt 108 Fällen) und y-condylären Humerusfrakturen mit 18,8 % (3 von insgesamt 16 Fällen).

Alle 43 Kinder und ihre Eltern wurden angeschrieben, eingeladen und gebeten an der Nachuntersuchung teilzunehmen. Hierzu sollte telefonisch oder per Email ein Termin vereinbart werden. Um die Antwortrate zu erhöhen, wurde den Angeschriebenen zusätzlich die Möglichkeit eröffnet, bei vollständiger Zufriedenheit einen beigelegten Fragebogen auszufüllen und im ebenfalls beiliegenden frankierten Briefumschlag zurückzusenden.

Wegen der zunächst geringen Antwortrate, erhielten alle Familien, die noch nicht geantwortet hatten und die nicht unbekannt verzogen waren, einige Wochen später erneut ein Schreiben dieser Art. Von den 43 angeschriebenen Familien waren neun unbekannt verzogen, zwölf antworteten weder auf das erste, noch auf das zweite Schreiben. Achtmal wurde die Möglichkeit der Antwort per Post, Email oder Fax genutzt. Mit 14-Kindern konnte ein Termin zur Nachuntersuchung vereinbart werden. Somit konnte die Beurteilung des Behandlungsergebnisses bei insgesamt 22 Kindern erfolgen. Das entspricht eine Quote von 51 %.

13.1. Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der nachuntersuchten Kinder betrug $6 \frac{10}{12}$ Jahre (6,8 Jahre \pm 3,3 SD). Das jüngste Kind war $1 \frac{10}{12}$ Jahr (1,8 Jahre), das älteste $13 \frac{5}{12}$ Jahre (13,4 Jahre).

13.2. Geschlechtsverteilung

Mehr als die Hälfte der nachuntersuchten Patienten waren Jungen (14 Patienten). Das weibliche Geschlecht war mit acht Patienten (36 %) seltener vertreten.

13.3. Seitenverteilung

Vorrangig traten mit 14 Fällen (64 %) Frakturen des linken Armes auf, wohingegen Frakturen des rechten Armes nur achtmal (36 %) vorkamen.

13.4. Jahreszeitliche Verteilung

Die Verteilung der Frakturen der nachuntersuchten Patientengruppe über das gesamte Jahr zeigte ein vermehrtes Auftreten von Frakturen in den Monaten Januar (drei), Mai (fünf), August (drei) und September (drei Fälle). Im Monat Juli hatte sich in der nachuntersuchten Patientengruppe keine Fraktur ereignet.

13.5. Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Alle Kinder der nachuntersuchten Patientengruppe wiesen im Verlauf der Behandlung der supra- oder y-condylären Humerusfraktur periphere Störungen der Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität auf. Dies war Einschlusskriterium für die Nachuntersuchungsgruppe.

Von allen 43 Kindern, bei denen im Verlauf eine Störung der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert worden war, konnten von 22 Kindern (51 %) weitere Daten im Rahmen einer Nachuntersuchung erhoben werden. Eine primäre Störung der Durchblutung in Form einer Pulsmindering war bei einem Kind beschrieben worden (4,5 %). Zweimal wurde eine primäre Sensibilitätsminderung im Versorgungsgebiet des Nervus radialis beschrieben (9 %). Sekundäre nervale Störungen zeigten sich bei allen nachuntersuchten Kindern. In drei Fällen (13,6 %) war ein Kribbeln der Hand beschrieben, was nach Korrektur des Gipses verschwand.

Periphere nervale Störungen tauchten sowohl im Versorgungsgebiet einzelner Nerven oder auch als kombinierte Störung auf. Am häufigsten war der Nervus ulnaris betroffen (72,7 %), gefolgt vom Nervus medianus (13,6 %). Der Nervus radialis war am seltensten betroffen (9 %). Viermal (18,2 %) wurde die Lage eines K-Drahtes korrigiert, die anderen 18 peripheren neuralen Störungen wurden konservativ behandelt.

Zu sekundären Durchblutungsstörungen kam es in keinem Fall.

13.6. Zeitraum zwischen Unfall und Nachuntersuchung

Die ehemaligen Patienten wurden ab dem 01.10.2010 angeschrieben. Bei allen, die per Post antworteten, wurde dieses Datum als Datum der Nachuntersuchung gewertet. Bei allen Kindern, mit denen ein Termin vereinbart werden konnte, wurde der jeweilige Termin gewertet. Die Nachuntersuchung erfolgte im Mittel nach $4,1 \pm 1,9$ Jahren. Der geringste Abstand zwischen Unfalltag und Nachuntersuchung betrug 1,3 Jahre, der längste 7 Jahre.

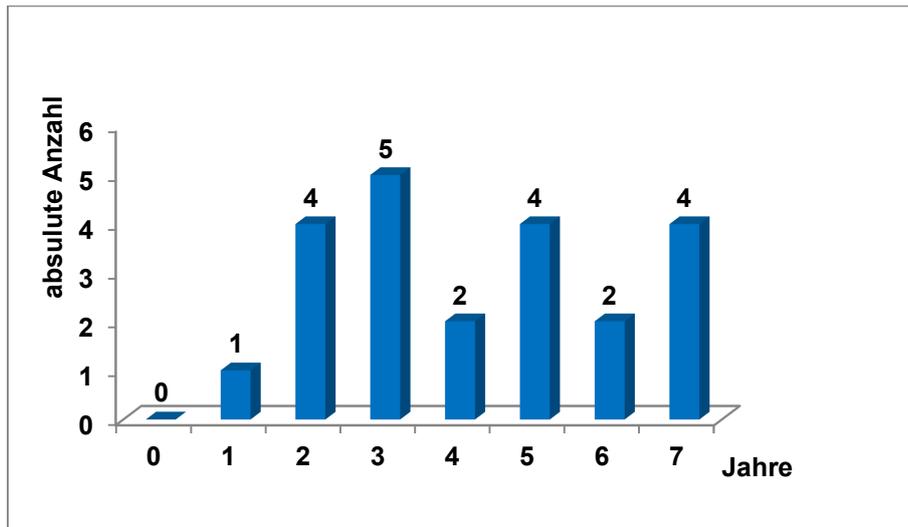


Abbildung 28: Abstand Unfalltag zur Nachuntersuchung in Jahren

13.7. Verbliebene Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Keines der nachuntersuchten Kinder zeigte eine Störung der Durchblutung. Alle motorischen Störungen hatten sich vollständig zurückgebildet. Bei zwei Kindern (9 %) war eine Sensibilitätsstörung verblieben. Ein Kind beklagte Hypästhesien im Bereich des fünften Fingers. Diese bestand unverändert seit der Operation. Ein anderes Kind beklagte eine Hyperästhesie der gesamten Hand. Postoperativ war bei diesem Kind eine Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des Nervus medianus und eine periphere motorische Störung des Nervus medianus und des Nervus ulnaris beschrieben. Motorische Störungen waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht mehr vorhanden.

13.8. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Flynn et al.

In Anlehnung an den Score von Flynn et al. erfolgte die Beurteilung des Behandlungserfolges nach funktionellem und kosmetischem Faktor.

Ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis bezüglich des funktionellen Faktors erreichten 15 Kinder (68 %). Jeweils dreimal wurde ein „gutes“ (14 %) und „ungenügendes“ Behandlungsergebnis (14 %) erreicht, einmal ein „mäßiges“ (4 %). Hinsichtlich des kosmetischen Faktors wurde ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis 17mal (77 %), ein „gutes“ Behandlungsergebnis fünfmal (23 %) erreicht. „Mäßige“ und „ungenügende“ Behandlungsergebnisse traten nicht auf.

Fasst man den kosmetischen und funktionellen Faktor zusammen, wurde 13mal (59 %) ein „exzellentes“ Ergebnis erreicht.

funktioneller Faktor	kosmetischer Faktor			
	exzellent	gut	mäßig	ungenügend
exzellent	13	2		
gut	1	2		
mäßig	1			
ungenügend	2	1		

Tabelle 18: Behandlungsergebnisse nach Flynn et al. [55]

13.9. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Khalfayan et al.

Der Score von Khalfayan et al. berücksichtigt vier Faktoren, zum einen den Schmerz, zum anderen das Bewegungsausmaß, die Kraft und die Funktion bei Tätigkeiten des Alltages [64].

In 15 von 22 Fällen (68 %) bestand bei Nachuntersuchung eine völlige Schmerzfreiheit. In sechs Fällen (27 %) berichteten die Kinder über gelegentlich leichte Schmerzen. Die Unterbrechung der Tätigkeit oder die Einnahme von Schmerzmitteln waren aber nicht erforderlich. Lediglich in einem Fall (5 %) war der Schmerz als mäßig stark beschrieben, die Unterbrechung der durchgeführten Tätigkeit, sowie die Einnahme von Medikamenten waren gelegentlich notwendig.

In den Faktor Bewegung ging die Extension/Flexion und die Pronation/Supination ein. Bei allen Kindern bestand nur eine geringe oder gar keine Einschränkung der Pronation/Supination. Die Extension war in zwei Fällen stark eingeschränkt. Einmal bestand ein Extensionsdefizit von 25°, ein anderes Mal von 30°.

Hinsichtlich des Faktors Kraft erreichten nahezu alle (95 %) eine uneingeschränkte Kraft im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Nur bei einem Kind zeigte sich eine verminderte Kraft der ehemals frakturierten Seite beim Zusammendrücken der Blutdruckmanschette.

Bezüglich des vierten Faktors des Scores nach Khalfayan et al. zeigte sich bei vier von 22 Kindern (18 %) eine Einschränkung bei Tätigkeiten des Alltags. Alle vier beklagten leichte Einschränkungen beim Sport, zwei hatten zusätzlich beim Werfen geringe

Schwierigkeiten. Zwei Kinder gaben beim Aufstützen des Armes leichte Schwierigkeiten an. Einmal wurde das Tragen von Gegenständen als schwierig empfunden.

Insgesamt, unter Berücksichtigung aller vier Faktoren, wurde von 21 Kindern (95 %) ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis nach dem Score nach Khalfayan et al. erreicht. Ein Kind erreichte ein „gutes“ Behandlungsergebnis.

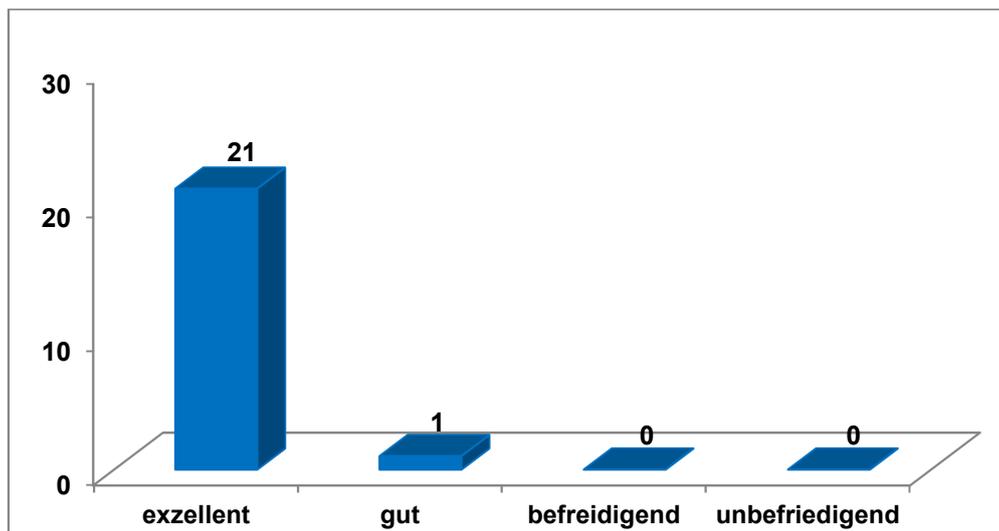


Abbildung 29: Auswertung des Behandlungserfolges nach Khalfayan et al.

13.10. Subjektive Zufriedenheit der nachuntersuchten Patientengruppe

Zusätzlich zur Beurteilung des Behandlungserfolges in Anlehnung an die Scores nach Flynn et al. und Khalfayan et al., erfolgte die subjektive Beurteilung des Behandlungserfolges.

15 Kinder (68 %) waren mit der Funktion „völlig zufrieden“, sechs (27 %) „im Allgemeinen zufrieden“. Nur ein Kind war mit der Funktion vollständig „unzufrieden“.

Bezüglich des Aussehens beschrieben 14 Kinder (64 %) „völlige Zufriedenheit“. Fünf Kinder waren „im Allgemeinen zufrieden“, zwei „eher unzufrieden“ und eines „völlig unzufrieden“. Bei den zwei „eher unzufriedenen“ Kindern zeigte sich ein verplumpter radialer Condylus, bezüglich der Funktion waren sie jedoch „völlig zufrieden“.

Betrachtet man die Funktion und das Aussehen zusammen, beschrieben neun Kinder (41 %) „völlige Zufriedenheit“. Zwei Kinder waren trotz „völliger Zufriedenheit“ bezüglich der Funktion mit dem Aussehen „eher unzufrieden“. Ein Kind war sowohl mit Aussehen, als auch mit Funktion „völlig unzufrieden“.

<u>Funktion</u>	<u>Aussehen</u>			
	<u>Völlig zufrieden</u>	<u>Im Allgemeinen zufrieden</u>	<u>Eher unzufrieden</u>	<u>Völlig unzufrieden</u>
Völlig zufrieden	9	4	2	
Im Allgemeinen zufrieden	5	1		
Eher unzufrieden				
Völlig unzufrieden				1

Tabelle 19: Auswertung nach subjektiver Zufriedenheit

13.11. Wechsel der Händigkeit

Von den nachuntersuchten Kindern waren 18 der insgesamt 22 Kinder vor dem Unfall Rechtshänder. Zwei zuvor rechtshändige Kinder wechselten die Händigkeit teilweise. Eines schreibt seit dem Unfall mit der linken Hand, ein anderes wirft beim Handball spielen mit links. Insgesamt kam es also bei 9 % zu einem Wechsel oder teilweisen Wechsel der Händigkeit.

13.12. Narben

Bezüglich der Narben zeigten sich in zehn Fällen Auffälligkeiten. Ein Kind berichtete bei breiter Narbe über gelegentliche Narbenschmerzen, sechs weitere hatten bei breiter Narbe keine Schmerzen. Drei Kinder klagten über eine Taubheit im Narbenbereich. Bei einem Kind war die Narbe eingezogen. Ein Narbenkeloid trat in keinem Fall der Nachuntersuchungsgruppe auf. In 12 Fällen (55 %) zeigten sich unauffällige Narbenverhältnisse.

13.13. Umfangsdifferenz

Angelehnt an das Messblatt für obere Gliedmaßen [78] wurden beide Arme aller nachuntersuchten Kinder vermessen.

Eine relative Armlängendifferenz von vier Zentimetern wurde einmal ermittelt. Diese war auf ein Extensionsdefizit von 40° zurückzuführen. Bei einem Kind zeigte sich eine Differenz des Umfangs im Bereich des Ellenbogens von 1,5 cm. In allen anderen Fällen waren Längen- und Umfangsdifferenzen nie größer als ein Zentimeter und wurden als normal gewertet.

IV. Diskussion

In der Literatur sind viele Arbeiten zu finden, die sich mit supracondylären Humerusfrakturen, deren Therapie und Komplikationen beschäftigen. Allerdings werden in den jeweiligen Arbeiten unterschiedliche Frakturklassifikationen und andere Scores zur Bewertung des Behandlungserfolges genutzt. Daher ist der Vergleich dieser mit bereits vorliegenden Arbeiten zum Teil schwierig.

Jedoch kann insbesondere die Arbeit von Katrin Feder [44] gut zum Vergleich mit der vorliegenden Arbeit herangezogen werden. Die Daten ihrer Arbeit wurden ebenfalls in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité in einen fünfjährigen Zeitraum (in den Jahrgängen 1996 bis 2001) erhoben.

Da die Häufigkeit der y-condylären Humerusfrakturen sehr gering ist und bisher nur wenige Arbeiten in der Literatur publiziert wurden, sind die separate Auswertung und der Vergleich zu anderen Arbeiten kaum möglich. Bei der geringen Fallzahl der y-condylären Humerusfrakturen im Vergleich zu den supracondylären wurden sie in der vorliegenden, wie zum Teil auch in anderen publizierten Arbeiten nicht gesondert ausgewertet, sondern in die Betrachtung, Berechnung und Auswertung der supracondylären Humerusfrakturen mit eingegliedert.

1. Patientengut

In diese Arbeit flossen die Daten von 355 Patienten mit supracondylären Humerusfrakturen und 16 Patienten mit y-condylären Humerusfrakturen aus einem Betrachtungszeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 ein.

Im Vergleich zu der Arbeit von Feder [44] zeigt sich ein ähnliches Verhältnis der y-condylären zu den supracondylären Frakturen. In der Untersuchung von Feder traten die supracondylären Humerusfrakturen zu 96,6 %, die y-condylären zu 3,4 % auf. In der vorliegenden Arbeit zeigten sich 95,7 % supracondylärer und 4,3 % y-condylären Frakturen.

Die absolute Anzahl der Frakturen ist in dieser Arbeit höher. Insgesamt wurden 371 Fälle betrachtet, in der Arbeit von Feder 174 Fälle. Ein Grund für die erheblich höhere Fallzahl lässt sich zum einen aus den steigenden Fallzahlen der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin am Campus Virchow-Klinikum, zum anderen aus den weicheren Einschlusskriterien dieser Arbeit finden. So wurden im

Jahr 2000 in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité rund 29500 Kinder behandelt, in den folgenden Jahren stiegen die Behandlungszahlen bis 2009 bis auf rund 34000.

2. Frakturklassifikation

In der vorliegenden Arbeit wurden die supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann klassifiziert. Es fanden sich mit 49 % überwiegend supracondyläre Frakturen nach Baumann I. Am seltensten traten Frakturen nach Baumann II mit 21 % auf. Frakturen nach Baumann III traten mit einer Häufigkeit von 30 % auf.

Vergleicht man diese Zahlen mit denen aus der Arbeit von Feder [44] so stellt man fest, dass auch dort die supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann I am häufigsten vorkamen, jedoch nur mit einem Anteil von 35,4 %. Die Frakturen nach Baumann II und III traten mit einer ähnlichen prozentualen Häufigkeit (33,1 % und 31,5 % auf).

Es zeigt sich also, dass in derselben Klinik, im gleichen Zeitintervall, jedoch fünf Jahr später, der Anteil der gering dislozierten proximalen Humerusfrakturen stark zugenommen hat. Der Anteil der stark dislozierten proximalen Humerusfrakturen ist nahezu konstant geblieben. Auch hier kann der Grund darin gefunden werden, dass Feder andere Einschlusskriterien für ihre Arbeit benutzte. Feder schloss Patienten aus, welche nur einmalig in der Rettungsstelle behandelt worden waren.

Andere Autoren verwendeten in ihren Arbeiten zum Teil andere Klassifikationen. Den häufig benutzten Klassifikationen (v. Laer, Gartland, Riseborough und Radin) ist mit der in der vorliegenden Arbeit genutzten Klassifikation nach Baumann gemein, dass Frakturen mit keiner oder nur geringer Dislokation zur jeweiligen Gruppe I zählen.

Weiterhin vergleichbar sind die Frakturen der Gruppe III nach Baumann, Gartland und Felsenreich. Alle drei zählen in diese Gruppe vollständig dislozierte Frakturen, bei denen die Fragmente den Kontakt zueinander verloren haben.

In der vorliegenden Arbeit zählen 30 % der Fälle zu dieser Gruppe. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Feder [44] mit 31,5 %. In der weiteren Literatur wird ein eher höherer Anteil komplett dislozierter Frakturen beschrieben (47 % [11], 63,4 % [47]). Zum Teil liegt das daran, dass nur operativ behandelte Patienten in die Untersuchung einbezogen wurden. Ambulant behandelte, nicht dislozierte Frakturen wurden zum Teil ausgeschlossen.

3. Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der supra- und y-condylären Humerusfrakturen betrug in der vorliegenden Arbeit $5 \frac{11}{12}$ Jahre (5,9 Jahre). Das jüngste Kind war 4 Monate, das älteste $17 \frac{5}{12}$ Jahre (17,4 Jahre). In der Literatur sind Angaben zum Durchschnittsalter von 5,4 Jahre [44], 5,9 Jahre [11] und 6 Jahre [4] zu finden. In der Arbeit von Karbowski lag das Durchschnittsalter mit 7,7 Jahren etwas höher [47]. Der in dieser Arbeit ermittelte Wert für das Durchschnittsalter entspricht also annähernd den Angaben in der Literatur.

4. Versicherungsstatus

Die häufigsten Unfälle, die zu einer supra- oder y-condylären Humerusfraktur führten, ereigneten sich im privaten Umfeld. In der vorliegenden Arbeit wurde der Anteil der privaten Unfälle mit fast 70 % ermittelt. Die Zahlen in der Literatur sind etwas höher, bei 71 % bis 77 % Prozent [4, 11, 44,47].

5. Geschlechtsverteilung

Bezüglich der Geschlechtsverteilung zeigen sich in den meisten Untersuchungen ähnliche Ergebnisse. So ist von einem ausgewogenen Verhältnis zwischen weiblichen und männlichen Patienten [11] bis zu einem leichten Überhang des männlichen Geschlechts zu lesen [44, 47]. In dieser Arbeit zeigte die Auswertung der Daten der supracondylären Frakturen ebenfalls ein leichtes Überwiegen männlicher Patienten mit 56 %, Mädchen waren zu 44 % betroffen. Auch bezüglich der y-condylären Frakturen überwogen die männlichen Patienten (neun Patienten) gegenüber den weiblichen (sieben Patienten).

6. Seitenverteilung

Sowohl in der Literatur, als auch in der vorliegenden Arbeit besteht Einigkeit über die Seitenverteilung. Der linke Arm ist häufiger betroffen als der rechte. So rangieren die Häufigkeitsangaben für die supracondyläre Humerusfraktur auf der linken Seite zwischen 51 % und 70 % [11, 44]. In den Daten der vorliegenden Arbeit zeigte sich in 60,3 % der untersuchten Fälle eine linksseitige supracondyläre Humerusfraktur, bzw. in 61,3 % der Fälle, wenn die unsicher zu klassifizierenden Frakturen nach Baumann II-III ausgeschlossen werden.

Ein möglicher Erklärungsversuch, warum supracondyläre Humerusfrakturen des Kindes häufiger die linke Seite betreffen, ist das Schützen der Führungshand beim Fallen. Da in der Bevölkerung die Rechtshändigkeit überwiegt, führen Stürze häufiger zur Frakturen des linken Armes.

7. Unfallursache

Die weit häufigste Ursache für einen Sturz, der eine supra- oder y-condyläre Humerusfraktur zur Folge hat, ist der Sturz von einem Spielgerät. Die Häufigkeit wird mit 25 % bis zu 37,3 % angegeben [11, 44]. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Anteil von 40 % errechnet. In wenigen Arbeiten sind die Spielgeräte genau benannt und in Gruppen unterteilt. Sowohl in der Arbeit von Feder (16,9 %), als auch in der vorliegenden Arbeit (20,2 %) zeigte sich ein hoher Anteil an Stürzen vom Klettergerüst als Unfallursache. Als weitere häufige Unfallursache müssen Stürze von Möbeln angesehen werden. In der vorliegenden Arbeit war der Sturz von einem Möbel in 14 % aller Frakturen als Unfallursache genannt, Feder [44] beschreibt sogar 18,6 %. Die Häufigkeit der Sportunfälle, welche zu einer Fraktur supra- oder y-condylärer Art führen, schwankt in der Literatur. Es werden Prozentzahlen von 2,5-13 % angegeben [4, 11, 45, 47]. In der vorliegenden Arbeit traten in 12,1 % der Fälle Frakturen durch Sportunfälle auf. Somit liegen die Zahlen der vorliegenden Arbeit im Bereich der in der Literatur angegebenen.

Einigkeit besteht in der Literatur ebenfalls darüber, dass ein Verkehrsunfall als relativ seltene Ursache für eine supra- oder y-condyläre Humerusfraktur angesehen wird. Erhard [45] beschrieb in dem von ihr untersuchten Patientenkollektiv keine Fraktur, die auf einen Verkehrsunfall zurückgeführt werden konnte. Auch im Beobachtungszeitraum der vorliegenden Arbeit verletzte sich kein Kind im Rahmen eines Verkehrsunfalls. In der weiteren Literatur finden sich Angaben von 0,6-6 % [4, 44, 47].

Eine mögliche Erklärung für das seltene Vorkommen distaler Humerusfrakturen im Rahmen eines Verkehrsunfalles ist, dass bei einem Unfall, bei dem der Patient Insasse eines PKW ist, der Sturzmechanismus und somit das Abfangen des Sturzes mit dem Arm fehlt. Ist das Kind Unfallbeteiligter außerhalb eines Fahrzeugs, geschieht der Anprall und Sturz so rasant und schnell, dass der Schutzmechanismus, das Abfangen des Sturzes mit dem Arm, unterbleibt und das Kind eher mit anderen Körperteilen aufprallt.

8. Jahreszeitliche Verteilung

In der vorliegenden Arbeit zeigt sich eine Frakturhäufung in den Monaten Juni und Juli. Während der Sommermonate traten 30,5 % aller Frakturen auf. Auch in der Literatur zeigt sich in den Sommermonaten ein gehäuftes Auftreten von supracondylären Humerusfrakturen des Kindes. Das Vorkommen von Frakturen in den anderen Jahreszeiten (21,6 % - 24,3 %) war relativ ausgeglichen. Während der Wintermonate traten auch in der Literatur weniger Frakturen auf [11, 44, 47]. Lediglich Erhard [45] beschrieb eine weitere Frakturhäufung in den Monaten Oktober und November. Da die Daten von Erhard im Raum München erhoben wurden, wäre ein Winteranfang mit Eisglätte und Schnee, wie er im Raum Berlin seltener vorkommt, als mögliche Ursache für das gehäufte Auftreten von Frakturen in diesen Monaten anzusehen.

9. Begleitverletzung

Assoziierte Frakturen und Begleitverletzungen sind im Zusammenhang mit supracondylären Humerusfrakturen eher eine Seltenheit. In dieser Arbeit zeigten sich nur bei 2,7 % der Patienten assoziierte Frakturen. Als selten vorkommend beschreibt auch Erhard [45] assoziierte Frakturen. Sie traten in deren Untersuchung in 10 % der Fälle auf. Ein Grund für das häufigere Vorkommen scheint, dass Erhard in ihrer Untersuchung nicht dislozierte Frakturen ausschloss. Frakturen mit höherem Dislokationsgrad liegen häufig schwerere Unfallereignisse zu Grunde. Somit erklärt sich auch der höhere Anteil der assoziierten Frakturen und Begleitverletzungen. Er würde sich beim Betrachten aller Frakturen also senken.

10. Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

In der vorliegenden Arbeit wurden von insgesamt 26 Fällen (7 %) primär gestörter peripherer Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität ausgegangen. In 16 Fällen waren die Störungen näher dokumentiert, in zehn Fällen war die periphere Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität als unsicher beschrieben worden.

Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität treten insbesondere bei höhergradigen Verletzungen auf. So zeigte sich auch in dieser Arbeit keine Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität bei nicht dislozierten Frakturen.

In der vorliegenden Arbeit zeigte sich bei fünf Patienten eine Störung der peripheren Durchblutung. Dies entspricht einem Anteil von 1,3 %. Im Vergleich zu der Arbeit von Feder [44] zeigt sich ein Rückgang der initialen peripheren Durchblutungsstörungen. Sie beziffert diesen im Zeitraum 1996-2001 mit 4 %. Betrachtet man die Ergebnisse anderer Arbeiten und der Literatur, liegen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit im unteren Erwartungsbereich. Die Häufigkeiten werden mit von 1-2 % angegeben [46]. In einigen Untersuchungen ist der Anteil der peripheren Durchblutungsstörungen noch größer und wird mit bis zu 11 % benannt [11, 47].

Primäre Störungen nervaler Art traten bei den supra- und y-condylären Humerusfrakturen in dieser Arbeit in 12 Fällen (3,2 %) auf. Zählt man die Fälle, in denen die periphere Motorik und/oder Sensibilität nur unsicher beurteilbar war hinzu, so erhöht sich der Anteil der primären nervalen Störungen auf 5,9 %. Im Vergleich zu anderen Arbeiten, liegen diese Zahlen ebenfalls im unteren Erwartungsbereich. Feder [44] ermittelte primäre nervale Schäden in neun von 174 Fällen (5,2 %). In der Literatur wird die Häufigkeit der primären nervalen Schäden mit 4-9,4 %, bei dislozierten Frakturen bis zu 16 % angegeben. Am häufigsten betroffen war in der vorliegenden Untersuchung der Nervus medianus (insgesamt zehnmal, 2,7 % aller Frakturen). In sechs Fällen war er isoliert betroffen, in einem Fall in Kombination mit dem Nervus radialis. In drei Fällen war die gesamte periphere Sensibilität gestört.

Der Nervus ulnaris war isoliert in zwei Fällen, insgesamt in fünf Fällen betroffen. Eine Störung im Versorgungsgebiet des Nervus radialis trat insgesamt viermal auf. Am seltensten traten Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus radialis auf.

Konform mit diesen Untersuchungen zeigt sich auch in der Arbeit von Feder [44] der Nervus medianus als der am häufigsten geschädigte Nerv (2,9 %). Auch andere Arbeiten bestätigen dieses Ergebnis [45, 47].

Abweichend von diesen Angaben findet man in der Arbeit von Hennig [11] den Nervus ulnaris als am häufigsten betroffen (7,5 %), gefolgt vom Nervus radialis und Nervus medianus mit je 1,3 %.

11. Therapie

11.1. Ambulante vs. stationäre Behandlung

In 56 % aller Frakturen, die in dieser Arbeit betrachtet wurden, erfolgte die Therapie ambulant, in 44 % der Fälle stationär. Den größten Teil der ambulant behandelten Gruppe bilden mit 81 % die nicht dislozierten distalen Humerusfrakturen (Baumann I).

Hingegen gehören unter den stationär behandelten Patienten gerade einmal 4 % dieser Gruppe an. Dies ist nicht ungewöhnlich, da gerade die nicht dislozierten Frakturen eher konservativ therapiert wurden. Eine stationäre Aufnahme ist häufig nicht notwendig. Hingegen bilden unter den stationär behandelten Patienten die Frakturen nach Baumann III mit 62,8 % den größten Anteil, da diese eher operativ und somit auch stationär behandelt werden mussten.

Die hier ermittelten ambulanten Behandlungszahlen liegen etwas höher, als die in der Literatur angegebenen. In einer Multicenterstudie von 2002 werden die ambulanten Behandlungszahlen mit 45,1 % angegeben [49]. Feder beschreibt nur einen Anteil von 30,9 % ambulanter Behandlungsfälle [44]. Dieser geringere Anteil lässt sich durch die unterschiedlichen Einschlusskriterien der Arbeiten erklären. Während in der vorliegenden Arbeit jeder Behandlungsfall in die Betrachtungen einfluss, schloss Feder Behandlungsfälle aus, die weniger als zweimal vorstellig wurden [44]. Auch in ihrer Untersuchung bestand die konservative Behandlungsgruppe hauptsächlich aus nicht dislozierten Frakturen.

11.2. Art der Ruhigstellung

Hinsichtlich der Ruhigstellung nach supracondylärer und y-condylärer Humerusfraktur existieren mehrere Methoden. Die zwei am häufigsten angewandten sind der Blount'sche Schlingenverband und der Oberarmgips. Beide Methoden werden zur konservativen Frakturbehandlung zum Teil in gleicher Häufigkeit verwendet [11]. In der Klinik für Kinderchirurgie der Charité überwiegt die Behandlung mittels Oberarmgips. Bereits in der Untersuchung von Feder [44] zeigte sich, dass über die Hälfte der konservativen Therapien mittels Oberarmgips erfolgten. In der vorliegenden Arbeit sind es sogar 77 %. Von allen stationär behandelten Frakturen wurden 97 % mittels Oberarmgips ruhiggestellt.

Dies liegt möglicherweise daran, dass beim Oberarmgips ein wesentlich höherer Tragekomfort besteht, auf den zunehmend mehr Wert gelegt wird. Mit angelegtem Oberarmgips kann in den meisten Fällen problemlos normale Kleidung, wie T-Shirts, getragen werden, was bei angelegtem Blount'schen Schlingenverband nicht möglich ist. Außerdem besteht bei der Ruhigstellung im Oberarmgips ein geringeres Risiko von Durchblutungsstörungen. Zudem muss der Oberarmgips im Gegensatz zum Blount'schen Schlingenverband nicht nachgestellt werden.

Hinsichtlich der Ruhigstellung nach Reposition und operativer Frakturversorgung gibt es in der Literatur kaum Angaben. In der Klinik für Kinderchirurgie der Charité erfolgt postoperativ überwiegend die Ruhigstellung im Oberarmgips.

11.3. Operative Therapie

In der vorliegenden Arbeit wurde als Operation jede Therapie bezeichnet, welche eine Allgemeinnarkose erforderte. Es zählten also auch ausschließliche Repositionen ohne Osteosynthesen zur operativen Versorgung. Wenn Osteosynthesematerial eingebracht werden musste, so wurden am weitesten häufigsten gekreuzte Kirschner-Drähte verwendet.

Dieses therapeutische Verfahren wird auch in anderen Kliniken bevorzugt. In der Multicenterstudie von Weinberg et al. [4] wurde in 76,8 % das Verfahren der gekreuzten Kirschner-Draht-Osteosynthese angewandt, in der Arbeit von Feder [44] in 62,7 % der operativ versorgten Fälle. Andere Autoren beschreiben in ihren Arbeiten, dass zur Osteosynthese ausschließlich gekreuzte Kirschner-Drähte verwendet wurden [11, 45].

Bezüglich der offenen oder geschlossenen Reposition gehen die Angaben etwas auseinander. Während einige Autoren einen deutlich höheren Anteil von offenen Repositionen beschreiben (70,6-85,2 %) [44, 45, 47], überwiegen in anderen Arbeiten die geschlossenen Versorgungen. In der vorliegenden Arbeit, wie auch in einigen anderen, betrug der Anteil der geschlossenen Repositionen 75,3 % [4, 11].

11.4. Dauer Krankenhausaufenthalt

In dieser Arbeit wurde ein Mittelwert für die stationäre Behandlung von 2,6 Tagen errechnet. Je schwerer die Frakturen, desto höher war auch der Mittelwert der stationären Behandlung. Für Frakturen nach Baumann I wurde der Mittelwert des Klinikaufenthaltes mit 2,5 Tagen berechnet, für die Frakturen nach Baumann III und die y-condylären Frakturen der Mittelwert des Klinikaufenthaltes mit 2,7 Tagen.

Karbowski [47] fand in ihrer Untersuchung eine durchschnittliche Verweildauer von nur zwei Tagen. In der Arbeit von Feder [44] zeigt sich, wie auch in der vorliegenden, ein längerer stationärer Aufenthalt mit steigendem Dislokationsgrad der Fraktur. Die durchschnittliche stationäre Verweildauer bei supra- und y-condylären Humerusfrakturen betrug in ihrer Arbeit 6 Tage. Eine ähnliche Verweildauer beschrieb auch Erhard [45] mit 6,5 Tagen. Erhard fand jedoch keinen Anhalt für eine Abhängigkeit der Länge des Klinikaufenthaltes von der Frakturschwere.

11.5. Anzahl erneuter Operationen und Verfahrenswechsel

Der Anteil der sekundären Dislokationen und postoperativ nicht zufriedenstellenden Ergebnisse beträgt in Studien 3,7-8,6 % [4, 44, 47]. In den Daten der vorliegenden Arbeit fanden sich 4,6 % (17 Fälle) nicht zufriedenstellende Ergebnisse, welche einer erneuten Intervention bedurften. Ein Verfahrenswechsel war in der vorliegenden Arbeit in 2,6 % aller Frakturen notwendig. Die Zahlen in der Literatur werden etwas höher mit bis zu 7 % angegeben [4, 11, 44, 45, 47].

Dies mag an der großen Fallzahl der in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité versorgten supra- und y-condylären Frakturen liegen, was eine größere Erfahrung und Routine in der Frakturversorgung und somit auch weniger Komplikationen bedingt.

11.6. Sekundäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Sekundäre, also postoperativ aufgetretene peripher nervale Schäden wurden in der vorliegenden Arbeit in 11,6 % aller Behandlungsfälle beobachtet. Schließt man aus den Betrachtungen der vorliegenden Arbeit die unsicher zu klassifizierenden Frakturen nach Baumann II-III aus, so ist der Anteil der sekundären Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität mit 10,3 % noch geringer. Diese Zahlen liegen in der Größenordnung, die auch in der Literatur angegeben wird. Die Angaben schwanken zwischen 4 % und 18,1 % [4, 44].

In der Arbeit von Karbowski [47] überwogen in der Gesamtheit aller nervalen Schäden die Schäden im Versorgungsgebiet des Nervus medianus mit 60 %, während sich in dieser Arbeit deutlich mehr Schäden im Bereich des Nervus ulnaris (65,5 %) zeigten. Diese Beobachtung teilen auch andere Autoren, die den Anteil der peripheren Schäden des Nervus ulnaris mit über 70 % angeben [4, 44].

Postoperativ traten in der vorliegenden Arbeit keinerlei periphere Durchblutungsstörungen auf. Auch in anderen Arbeiten berichten die jeweiligen Autoren nur über primäre Störungen der peripheren Durchblutung, welche sich nach Reposition und osteosynthetischer Versorgung wieder normalisierten [47].

Noch seltener als periphere Durchblutungsstörungen tritt als gefürchtete Komplikationen das Kompartmentsyndrom mit ischämischer Volkmann-Kontraktur auf. In der Literatur wird die Häufigkeit mit 0,5 % beziffert [5]. In der vorliegenden Arbeit trat weder ein Kompartmentsyndrom, noch eine ischämische Volkmann-Kontraktur auf.

Der weitaus größte Teil (83,7%) der sekundären Störungen der peripheren Motorik und/oder Sensibilität konnte konservativ therapiert werden. Nur in 16,3% war eine Korrektur des K-Drahtes, in 4,7% zusätzlich eine Neurolyse zu einem späteren Zeitpunkt notwendig.

Im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit beschreibt Karbowski [47] in ihrer Arbeit, dass in der Hälfte aller Fälle von sekundären nervalen Störungen und K-Draht-Osteosynthese eine Neurolyse notwendig war. Allerdings ist ihr untersuchtes Patientenkollektiv deutlich kleiner. Feder [44] beschreibt in 18,1% aller operativ versorgten Fälle eine sekundäre Störung der peripheren Motorik und/oder Sensibilität. In 20% dieser Fälle war in der Arbeit von Feder [44] eine K-Draht-Korrektur oder vorzeitige Entfernung erforderlich, eine Neurolyse wird in keinem Fall beschrieben.

11.7. Dauer der Immobilisation

Unter Einbeziehung der supra- und y-condylären Humerusfrakturen ist in dieser Arbeit in 33 % aller Fälle die Dauer der Immobilisation bekannt. Sie betrug im Mittel 25,5 Tage. Mit steigender Frakturschwere verlängert sich die Immobilisationsdauer von durchschnittlich 23,5 Tagen bei Frakturen nach Baumann I auf durchschnittlich 30,4 Tage bei Frakturen nach Baumann III. Das in dieser Arbeit errechnete Mittel liegt im unteren Bereich der in der Literatur beschriebenen Immobilisationsdauer mit 21-45,5 Tagen [30, 44, 47].

11.8. Materialentfernung

Im Vergleich zu Feder [44], die im Beobachtungszeitraum vom 01.04.1996 bis 30.04.2001 noch 27 % stationärer Materialentfernungen beschrieb, waren es in der vorliegenden Arbeit mit nur 5,7 % stationärer Materialentfernungen deutlich weniger. Der Grund für die steigenden Zahlen der ambulanten Eingriffe könnte sich daraus erklären, dass die überwiegende Zahl der Materialentfernungen in Lokalanästhesie erfolgen kann, wohingegen diese früher wahrscheinlich häufiger in Allgemeinnarkose erfolgten. Es ist davon auszugehen, dass in der überwiegenden Anzahl der Fälle, in denen die Materialentfernung nicht dokumentiert wurde, diese ambulant bei einem niedergelassenen Chirurgen erfolgte. Somit dürfte der prozentuale Anteil der stationären Materialentfernungen noch geringer sein.

Hinsichtlich der Verweildauer des Osteosynthesematerials zeigt sich im Vergleich zu anderen Arbeiten ein geringerer Wert. Während in anderen Arbeiten ein Mittelwert von

circa 45 Tagen beschrieben wird, erfolgte in der vorliegenden Untersuchung die Materialentfernung nach durchschnittlich 35,7 Tagen. Möglicherweise wird das Osteosynthesematerial länger in situ belassen, als es zur Frakturheilung notwendig ist. In Häusern mit höheren Fallzahlen und größerer Erfahrung ist man möglicherweise eher bereit das Material zu entfernen und die Bewegung des Gelenkes somit auch schneller wieder zuzulassen.

12. Beurteilung des Behandlungserfolges der supracondylären und y-condylären Humerusfrakturen angelehnt an den Score von Flynn et al.

Die Auswertung des Behandlungsergebnisses erfolgte in Anlehnung an den Score von Flynn et al. [55], da in diesem Score sowohl das funktionelle Ergebnis in Form des Bewegungsumfanges, als auch das kosmetische Ergebnis in Form einer möglichen Achsfehlstellung einfließen. Einige Autoren benutzen andere Scores, wie zum Beispiel die Bewertung des Behandlungserfolges nach v. Laer [45] und nach Morger [11]. Die aufgezeigten Ergebnisse anderer Arbeiten, wurden, wo dies möglich war, auf die Bewertung nach dem Score nach Flynn et al. übertragen, um die Arbeiten mit der vorliegenden vergleichen zu können.

Abweichungen der Ellenbogenachse im Vergleich zur gesunden Gegenseite zeigen sich nach supra- und y-condylärer Humerusfraktur laut Literatur in 1,1-18,9 % der Fälle [4, 11, 44, 45, 47]. Diese weite Schwankungsbreite liegt zum Teil darin begründet, dass einige Autoren in ihre Untersuchungen nur Frakturen einbeziehen, die als disloziert galten und operativ versorgt werden mussten. Andere Autoren beziehen in ihre Berechnungen auch nicht dislozierte Frakturen ein, die konservativ therapiert wurden. In der vorliegenden Arbeit wurden ebenfalls alle Frakturen (nach Baumann I-III und y-condyläre Frakturen) in die Betrachtung einbezogen. Dies scheint der Grund dafür zu sein, dass Achsfehlstellungen in der vorliegenden Arbeit nur zu einem vergleichsweise geringen Anteil (5,3 %) vorlagen.

Bezüglich des kosmetischen Faktors nach Flynn et al., welcher die Achsabweichung einbezieht, zeigte sich in der vorliegenden Arbeit bei einem Anteil von 97 % ein „exzellentes Ergebnis“. Dieser Wert liegt oberhalb, der in der Literatur angegebenen. Feder [44] beschrieb 73 % „exzellente“ Behandlungsergebnisse, Erhard [45] 84,6 %.

Der funktionelle Faktor nach Flynn et al. zieht den Bewegungsumfang in die Betrachtung ein. In der Multicenterstudie von Weinberg et al. [4] zeigen sich in 82,6 % ein seitengleicher Bewegungsumfang. Dies entspricht nach Flynn et al. einem

„exzellentes“ Behandlungsergebnis. In anderen Arbeiten ist der Anteil des „exzellentes“ Behandlungsergebnisses geringer und wird mit 43,3-73,8 % beschrieben [11, 44, 45, 47].

In dieser Arbeit liegt der Anteil der „exzellentes“ Behandlungsergebnisse hinsichtlich des funktionellen Faktors bei 72 % und somit im oberen Anteil der in der Literatur beschriebenen Werte. In Bezug auf „ungenügende“ Behandlungsergebnisse mit einer Differenz des Bewegungsumfanges von mehr als 15° zeigte sich mit 15 % der untersuchten Fälle dafür ein etwas höherer Wert als in der vergleichbaren Literatur. Feder [44] beschrieb in 11,4 % der Fälle „ungenügende“ Behandlungsergebnisse, Erhard [45] nur 13,3 %, Hennig [11] sogar nur 3,8 %.

13. Nachuntersuchung

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte eine Nachuntersuchung aller Patientin, bei denen postoperativ eine Störung der peripheren Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert wurde. Der Vergleich der Daten mit denen anderer Arbeiten ist schwierig, da durch das Einschlusskriterium „nervale Komplikation“ eine sogenannte Negativ-Auswahl getroffen wurde. Diesem Patientenkollektiv gehören nur höhergradige Frakturen an. 70 % der Patienten, die im Verlauf von Unfall bis Behandlungsabschluss eine nervale Komplikation erlitten, wurden von der Gruppe III der Baumann-Klassifikation gebildet, 23 % von der Gruppe II, 7 % waren y-condylären Frakturen.

Von den angeschriebenen 43 Kindern konnten schließlich von 22 Kindern weitere Daten erhoben werden. Die Daten der Nachuntersuchung wurden nach den Scores nach Flynn et al. [55], Khalfayan et al. [64] und durch Erfragen der subjektiven Zufriedenheit ausgewertet.

13.1. Altersverteilung

Die nachuntersuchten Kinder waren im Mittel 6,8 Jahre alt (6 Jahre und 10 Monate). Damit ist dieses Patientenkollektiv etwas älter als das gesamte Patientenkollektiv (5 Jahre und 11 Monate), aber noch in dem Altersbereich, welcher in der Literatur angegeben wird (5,4 bis 7,7 Jahren [44, 47]).

13.2. Geschlechtsverteilung

Die Geschlechtsverteilung verschiebt sich in dem nachuntersuchten Patientenkollektiv etwas zugunsten des männlichen Geschlechts. Während in der Literatur von einem

ausgewogenen Geschlechtsverhältnis, bis zu einem leichten Überhang des männlichen Geschlechts und in den gesamten Daten ein Anteil von 56 % Jungen betroffen ist, sind es in dieser kleineren nachuntersuchten Gruppe sogar 64 % [11, 44, 47].

Der höhere Anteil männlicher Patienten in der nachuntersuchten Gruppe kann dadurch erklärt werden, dass mehr Jungen als Mädchen höhergradige Frakturen erleiden. Da die nachuntersuchte Patientengruppe einen höheren Anteil Frakturen nach Baumann II und III beinhaltet, steigt der Anteil der männlichen Patienten.

13.3. Seitenverteilung

Bezüglich der Seitenverteilung (links>rechts) stimmen die Verhältnisse der nachuntersuchten Gruppe in etwa mit denen der gesamten Patientengruppe überein. In der nachuntersuchten Patientengruppe zeigte sich in 64 % eine linksseitige Fraktur, im gesamten Patientenkollektiv in 61 % aller Frakturen. Diese Daten sind also auch in Bezug auf das Merkmal Seitenverteilung der Fraktur mit den Daten der Literatur vergleichbar (51-70 % Frakturen des linken distalen Humerus) [11, 44].

13.4. Jahreszeitliche Verteilung

Auch hinsichtlich der jahreszeitlichen Verteilung stimmen die Daten der Nachuntersuchungsgruppe mit denen der gesamten Gruppe und der Literatur überein. Es zeigte sich ein gehäuftes Auftreten von Frakturen in den Sommermonaten. Mehr als 50 % aller Frakturen in dieser Nachuntersuchungsgruppe ereigneten sich in den Monaten Mai bis September.

13.5. Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Eine primäre Störung der peripheren Durchblutung zeigte sich nur bei einem Kind präoperativ in Form eines verminderten Pulses. Dieses Kind hatte sich eine supracondyläre Humerusfraktur nach Baumann III zugezogen. Postoperative periphere Durchblutungsstörungen traten in keinem Fall auf. Auch in der Literatur sind periphere Durchblutungsstörungen mit 1-11 % [11, 46, 47] selten. Ein Kompartmentsyndrom oder eine ischämische Kontraktur erlitt kein Patient. Auch andere Autoren beschreiben keinen Fall einer ischämischen Kontraktur in ihrer Untersuchungsgruppe [11, 46, 47].

Primäre periphere nervale Störungen traten nur bei zwei der 22 nachuntersuchten Kinder auf. Diese betraf den Nervus radialis. Postoperativ war die Störung des Nervus radialis in beiden Fällen verschwunden. Die Patienten zeigte dann aber eine Störung im

Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris. Es bleibt Spekulation, ob es tatsächlich zu einer neuen nervalen Störung gekommen war, oder ob das nervale Defizit postoperativ, eventuell durch einen anderen Untersucher, anders gewertet wurde.

Die sekundären peripheren nervalen Störungen traten zum Teil isoliert, aber auch als kombinierte Störungen auf. In 16 Fällen (72,7 % aller sekundären peripheren nervalen Störungen) war der Nervus ulnaris betroffen. Eine Korrektur des ulnaren K-Drahtes erfolgte in vier Fällen. In einem Fall erfolgte zusätzlich in einem späteren Eingriff eine Neurolyse. In drei Fällen (13,6 %) war der Nervus medianus betroffen. Der Nervus radialis war analog den gesamten Daten dieser Arbeit und der oben angeführten Literatur, am seltensten betroffen (zweimal).

13.6. Zeitraum zwischen Unfall und Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung erfolgte im Mittel 4,1 Jahre \pm 1,9 Jahre nach dem Unfallereignis. Der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Nachuntersuchung variiert in den verschiedenen Untersuchungen zum Teil sehr stark. Während der durchschnittliche Abstand zwischen Unfallereignis und Nachuntersuchung in der Arbeit von Weinberg et al. [4] nur 1,8 Jahre betrug, waren es in der Untersuchung von Karbowski [47] 9,6 Jahre im Durchschnitt. In anderen Arbeiten sind ähnliche Zeitabstände zwischen Unfallereignis und Nachuntersuchung aufgeführt. Feder [44] führte die Nachuntersuchung nach durchschnittlich 3,2 Jahren, Hennig [11] nach 4,7 Jahren und Erhard [45] nach 5,4 Jahren durch.

13.7. Verbliebene Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung klagte nur noch ein Kind über eine Hyperästhesie des zweiten bis fünften Fingers, motorische Störungen zeigten sich nicht. Bei diesem Kind war präoperativ keine Störung der peripheren Sensibilität oder Motorik verzeichnet worden. Die sensomotorischen Störungen traten erst postoperativ auf. Trotz Materialentfernung und physiotherapeutischer Behandlung klagte dieses Kind noch immer über sensible Störungen, allerdings in Form einer Hyperästhesie. Ein weiteres klagte über eine Hypästhesie des fünften Fingers. Bei allen anderen nachuntersuchten Kindern waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen keinerlei Störungen der peripheren Motorik und Sensibilität mehr zu verzeichnen. Es zeigt sich also eine sehr

gute Prognose bezüglich der folgenlosen Heilung primärer und sekundärer peripherer Störungen der Durchblutung, Motorik und Sensibilität.

Über den genauen zeitlichen Verlauf der nervalen Störungen konnten bei der Nachuntersuchung keine Daten mehr zu erheben werden. Viele Kinder und deren Eltern erinnerten sich kaum noch daran, dass jemals eine Störung aufgetreten war.

13.8. Beurteilung des Behandlungserfolges der nachuntersuchten Patientengruppe angelehnt an den Score von Flynn et al.

In Anlehnung an Flynn et al. sind die Behandlungserfolge objektiv auswertbar [55]. Im nachuntersuchten Patientengut zeigte sich bezüglich des funktionellen Faktors in 68 % und bezüglich des kosmetischen Faktors in 77 % ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis. Somit ist der Anteil von „exzellenten“ Behandlungsergebnissen im Vergleich zur Untersuchung aller Fälle dieser Arbeit geringer. In der Literatur schwanken die Angaben der Anteile an „exzellenten“ Behandlungsergebnissen hinsichtlich des funktionellen Faktors zwischen 43,3-73,8 % [11, 44, 45, 47] und bezüglich des kosmetischen Faktors zwischen 73 % und 84,6 % [44, 45].

Trotz schwererer Frakturen und nervaler Störungen im Zusammenhang mit der Fraktur und/oder der operativen Versorgung zeigen sich in diesem nachuntersuchten Patientenkollektiv im Vergleich zu anderen Autoren, die in ihren Arbeiten auch komplikationslose und Frakturen ohne Dislokationen einschlossen, Ergebnisse, welche mit denen in der Literatur vergleichbar sind.

13.9. Subjektive Zufriedenheit

Eine subjektive Zufriedenheit wurde von mehr als 60 % der Patienten angegeben (68 % funktionell, 64 % kosmetisch). Feder [44] beschreibt in ihrer Untersuchung den Anteil der exzellenten Ergebnisse hinsichtlich der subjektiven Zufriedenheit mit 69 %, hinsichtlich des kosmetischen Faktors mit 59 %. Es bestehen also gleichwertige Ergebnisse bezüglich des funktionellen Faktors und bessere bezüglich des kosmetischen Faktors in dieser Untersuchung im Vergleich zu denen in der Arbeit von Feder.

13.10. Korrelation der Scores nach Flynn et al., Khalfayan et al. und der subjektiven Zufriedenheit

Die Behandlungsergebnisse der nachuntersuchten Patientengruppe wurden in dieser Arbeit mit unterschiedlichen Scores erfasst. Vergleicht man diese nun untereinander, so zeigt sowohl die Auswertung des Behandlungserfolges mittels dem Score nach Flynn et al. [55], wie auch die Untersuchung der subjektiven Zufriedenheit einen Anteil von 68 % „exzellenter“ Behandlungsergebnisse.

Hinsichtlich des kosmetischen Faktors weichen die Ergebnisse jedoch etwas auseinander. Angelehnt an den Score nach Flynn et al. wurde ein prozentualer Anteil von 77 % „exzellenter“ Behandlungsergebnisse ermittelt. Im Rahmen der Untersuchung der subjektiven Zufriedenheit zeigt sich ein geringerer Anteil von 64 %. Dies könnte damit zusammenhängen, dass in den Score von Flynn et al. ausschließlich die Achsabweichung (Varus und Hypervalgus) eingeht. In der subjektiven Zufriedenheit, welche die Patienten mit „völlig zufrieden“ bis zu „völlig unzufrieden“ selbst einschätzen, fließen noch andere Faktoren wie zum Beispiel unschön empfundenen Narben mit ein.

Die „exzellenten“ Behandlungsergebnisse nach Khalfayan et al. [64] in dieser Untersuchung betragen 95 %. Dieser Wert liegt deutlich über den Werten der „exzellenten“ Behandlungsergebnisse der anderen Scores. Somit scheint der Score mit anderen nicht vergleichbar, da er im Vergleich sehr viele sehr gute Ergebnisse bringt. Allerdings fließen in diesen Score mehr Faktoren ein, als in die anderen Scores. Daher halte ich den Score nach Khalfayan et al. weiterhin für sehr sinnvoll, um das gesamte Behandlungsergebnis zu erfassen.

Obwohl eine Patientin in der Untersuchung der subjektiven Zufriedenheit sowohl mit Funktion, als auch mit dem Aussehen „völlig unzufrieden“ war, konnte bei der Untersuchung nach dem Score von Khalfayan et al. eruiert werden, dass sie nur selten Schmerzmittel einnehmen musste, eine volle Kraft im betroffenen Arm ausführen konnte und nur geringe Einschränkungen in der alltäglichen Funktion aufwies. Sie erreichte im Score nach Khalfayan ein „gutes“ Behandlungsergebnis, nach Flynn et al. ein „exzellentes“ kosmetisches und „ungenügendes“ funktionelles Ergebnis.

Die Auswertung der Ergebnisse nach der subjektiven Zufriedenheit stellt einen sehr schwer mess- und vergleichbaren Wert dar. Ein jüngeres Kind ist wahrscheinlich mit einem schlechteren Behandlungsergebnis eher zufrieden, als ein älteres mit einem objektiv besseren Behandlungsergebnis, welches neben dem ehemals verletzten Arm noch weitere Probleme (Pubertät, Suche nach Ausbildungsplatz etc.) in dieser

Lebensphase bewältigen muss. Anhand der oben genannten Patientin wird dies deutlich. Das Mädchen war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in der Pubertät und hatte den Berufswunsch Model zu werden. Körperliche Defizite, auch geringer Art, werden subjektiv als eine deutliche Beeinträchtigung wahrgenommen.

Denkbar wäre es, die Auswertung der Daten der subjektiven Zufriedenheit um den Faktor Alter und allgemeine Lebenszufriedenheit zu erweitern, um eine genauere Aussage aus diesem Score zu gewinnen. Um hier jedoch auswertbare und vergleichbare Daten zu erhalten, wäre ein wesentlich größerer Datenumfang notwendig.

14. Empfohlene Vorgehensweise zur Diagnostik und Therapie peripherer Störungen der Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität

Bereits im Rahmen der ersten Befundaufnahme nach dem Unfallereignis muss die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität geprüft werden. Aber auch im weiteren Verlauf, so etwa nach Reposition, Anlage der Ruhigstellung, ist nach peripheren Störungen zu suchen. Insbesondere in den ersten Stunden und Tagen nach der Fraktur ist das Auftreten von Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität im Verlauf möglich, auch wenn initial keine Störungen vorlagen. Das Erkennen und die Einleitung einer adäquaten Therapie sind notwendig, um dauerhafte Störungen und Komplikationen zu vermeiden.

Bezüglich der Diagnostik und Therapie der Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität wird folgende Herangehensweise empfohlen:

Eine Störung der peripheren Durchblutung kann sich durch verschiedene Zeichen zeigen. Ist die arterielle Versorgung vollständig unterbrochen, zeigt sich eine kalte, weiße, aber auch livide Extremität. Zusätzlich besteht eine Pulslosigkeit. Auch eine Pulsminderung (manuell oder dopplersonographisch gemessen) im Vergleich zur gesunden Gegenseite kann für eine periphere Durchblutungsstörung sprechen.

Zeigt sich eine primäre Störung der peripheren Durchblutung einer nicht-dislozierten Fraktur, erfolgen zunächst abschwellende Maßnahmen. Führt dies nicht zur Verbesserung, muss die Flexion des ruhiggestellten Ellenbogens etwas nachgelassen werden, um den Druck des geschwollenen Gewebes auf die Blutgefäße zu reduzieren. Die Durchblutung muss weiter engmaschig kontrolliert werden.

Handelt es sich aber um eine dislozierte Fraktur, so muss umgehend die Reposition erfolgen. Intraoperativ muss die periphere Durchblutung durch Pulskontrolle und ggf.

Doppler kontrolliert werden. Wegen des Gefäßspasmus kann es auch nach Reposition der Fraktur einige Minuten dauern, bis ein adäquater Puls peripher palpabel wird. Ist die Durchblutung nach Reposition intakt, so schließen sich weitere engmaschige Kontrollen postoperativ an. In der Klinik für Kinderchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin erfolgen diese Kontrollen in den ersten 24 Stunden in halbstündigem Abstand, da es insbesondere durch die zunehmende Schwellung wieder zu Durchblutungsstörungen kommen kann.

Kommt es intraoperativ auch nach Reposition und korrekter Frakturstellung zu keinem adäquaten peripheren Puls, so muss das Gefäß offen exploriert werden. Hierzu kann eine Zusammenarbeit mit einem Gefäßchirurgen notwendig sein. In Abhängigkeit von der Art des Eingriffes (Gefäßnaht, Interponat) können postoperative Heparinabgaben erforderlich sein. Engmaschige Kontrollen der peripheren Durchblutung sind auch in diesem Fall unerlässlich. Zeigen sich bei einer nicht-dislozierten Fraktur periphere Störungen der Motorik und/oder Sensibilität, so sind ebenfalls abschwellende Maßnahmen angezeigt. Bei dislozierten Frakturen muss eine umgehende Reposition erfolgen. Postoperativ werden dann ebenfalls abschwellende Maßnahmen folgen. In den ersten vier Stunden müssen die Kontrollen der peripheren Motorik und Sensibilität in halbstündigen Intervallen erfolgen. Zeigen sich periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität intakt, so können die Intervalle auf einstündig verlängert werden. Persistieren die Störungen, so werden die weiteren Maßnahmen intraindividuell abgewogen. Die Patienten erhalten zusätzlich zu den bereits aufgeführten abschwellenden Maßnahmen Physiotherapie im Gips, gewichtsadaptierte Ibuprofengaben und ggf. einen Gipswechsel. Zusätzlich können elektrophysiologische Untersuchungen notwendig sein. Sollte sich hierbei eine vollständige Durchtrennung eines Nervens zeigen, so erfolgt eine Exploration und Nervennaht ggf. in Zusammenarbeit mit einem Neurochirurgen. Bei sekundären peripheren Ulnarisläsionen muss eine frühzeitige Umsetzung oder Entfernung des ulnaren K-Drahtes überdacht werden. In den meisten Fällen ist dies aber nicht erforderlich. Lediglich wenn die periphere Motorik und Sensibilität des N. ulnaris gestört ist, wird der K-Draht entfernt. In allen anderen Fällen kann zunächst abgewartet und die Materialentfernung wie geplant durchgeführt werden. Zeigt sich auch nach Materialentfernung eine periphere sensomotorische Störung, ist nach 3-6 Monaten bei ausbleibendem Therapieerfolg unter konservativer Therapie die Neurolyse indiziert.

V. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die retrospektive Untersuchung kindlicher supra- und y-condylärer Humerusfrakturen, welche im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité behandelt wurden. Ein besonderes Augenmerk sollte hierbei auf die primären und sekundären Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität gerichtet werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten im Weiteren mit den in der Literatur verfügbaren verglichen werden. Insbesondere sollte der Vergleich zu einer Arbeit gezogen werden, in der ebenfalls kindliche supra- und y-condyläre Humerusfrakturen nachuntersucht wurden, die in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité behandelt worden waren. In dieser vorhergehenden Arbeit wurden kindliche supra- und y-condyläre Humerusfrakturen im Zeitraum vom 01.04.1996 bis 30.04.2001 untersucht.

Subjektiv war den in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité tätigen Kollegen ein gehäuftes Auftreten von peripheren neuralen Schäden aufgefallen. Ob diese Beobachtung nur auf einer subjektiven Empfindung beruht oder den Tatsachen entspricht, sollte mit der vorliegenden Arbeit eruiert werden. Weiterhin wäre dann zu klären, wie es zu diesem vermehrten Auftreten von peripheren neurologischen Defiziten kommen konnte. Sollte es trotz ähnlicher Operationsmethoden postoperativ zu einem vermehrten Auftreten peripherer neuraler Schäden gekommen sein, müsste die operative Versorgung in der Klinik für Kinderchirurgie der Charité überdacht werden. Sollte es sich aber zeigen, dass die primären und nicht die sekundären, also postoperativen, peripheren neuralen Schäden zugenommen hätten, könnte dies zum einen an einer Zunahme von höhergradigen Frakturen liegen, bei welchen häufiger periphere neurologische und/oder Durchblutungsstörungen auftreten. Ein anderer Erklärungsansatz wäre aber auch, dass mehr periphere Schäden aufgrund einer höheren Sorgfalt und diffizileren Untersuchung dokumentiert wurden.

Interessant sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht nur für die an der Klinik für Kinderchirurgie der Charité tätigen Kollegen. Da die kindliche supracondyläre Humerusfraktur die häufigste Fraktur des distalen Humerus ist [33, 67, 68, 71], stellen die Ergebnisse dieser Arbeit eine gute Vergleichsmöglichkeit für alle kinderchirurgisch tätige Kollegen mit eigenen Ergebnissen dar.

Im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2010 wurden an der Klinik für Kinderchirurgie der Charité 489 Kinder wegen einer Fraktur im Bereich des distalen Humerus behandelt. Vier Kinder zogen sich im Beobachtungszeitraum eine erneute Fraktur des distalen Humerus zu. Daher wurde von einer Fallzahl von 493 ausgegangen. Da in die vorliegende Arbeit ausschließlich supra- und y-condyläre Frakturen Betrachtung fanden, wurden 122 Fälle mit Frakturen des ulnaren oder radialen Condylus ausgeschlossen. Letztlich erfolgte die retrospektive Untersuchung von 355 supra- und 16 y-condylären kindlichen Humerusfrakturen.

Die Einteilung der Frakturen erfolgte nach der Baumann-Klassifikation. Zu den Frakturen nach Baumann I zählen nicht oder nur gering dislozierte Frakturen. In der vorliegenden Arbeit gehörten 49 % dieser Gruppe an. Frakturen mit Dislokation bis um Schaftbreite entsprechen supracondylären Frakturen nach Baumann II und traten in der vorliegenden Arbeit in 21 % aller supracondylären Frakturen auf. Vollständig dislozierte Frakturen, bei denen zwischen den Fragmenten kein Kontakt mehr bestand, traten 108mal (30 %) auf.

Das durchschnittliche Alter bei Fraktur betrug 5 Jahre und 11 Monate.

Mit 56 % waren Jungen häufiger betroffen als Mädchen. Der linke Arm war mit 61 % vorrangig verletzt. Mit 3 % ereigneten sich assoziierte Frakturen sehr selten. Mehr als zwei Drittel aller Unfälle ereigneten sich im privaten Umfeld, weniger als ein Drittel in der Kita oder der Schule. In mehr als der Hälfte aller Fälle erfolgte die Therapie ambulant (56 %), wobei 81 % der ambulant behandelten Frakturen Baumann I-Frakturen waren. Die mittlere stationäre Behandlungsdauer betrug 2,6 Tage. Die Ruhigstellung der Frakturen erfolgte überwiegend mittels Oberarmgips (86 %), nach operativer Versorgung sogar in 97 % der Fälle. Bezüglich der Sturzursache war in 26,3 % ein nicht näher bezeichneter Sturz angegeben worden. Als weiterhin häufige Unfallursache, wenn diese genauer beschrieben worden war, wurden in der vorliegenden Arbeit der Sturz vom Klettergerüst (20,2 %) und der Sturz von Möbeln (14 %) ermittelt. Die meisten Frakturen ereigneten sich in den Sommermonaten Juni bis August (30,4 % aller Frakturen).

Primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität traten in 4,3 % aller Frakturen auf. In weiteren 2,7 % der Fälle wurde die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität als unsicher beurteilbar beschrieben. Initiale motorische Störungen wurden nicht beschrieben. Am häufigsten dokumentiert wurden periphere sensible Störungen im Versorgungsgebiet des Nervus medianus (2,7 % aller

Fälle). Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des Nervus ulnaris (1,3 %) und Nervus radialis (1,1 %) traten etwa gleich häufig auf. Periphere Durchblutungsstörungen traten mit 1,3 % selten auf.

Eine operative Frakturversorgung war in 43,7 % aller Fälle notwendig. Als Operation wurde jeder Eingriff definiert, zu dem eine Allgemeinnarkose notwendig war, also auch Reposition von Frakturen ohne das Einbringen von Osteosynthesematerial. In 24,7 % musste eine offene Reposition erfolgen, in 75,3 % war die geschlossene Reposition ausreichend. Am häufigsten erfolgte die Osteosynthese mittels gekreuzter Kirschner-Drähte. In 1,2 % der Fälle wurde statt eines zweiten Drahtes eine Schraube eingebracht, in 3,1 % erfolgte die Osteosynthese ausschließlich mittels Schrauben, in einem Fall einer y-condylären Humerusfraktur (0,6 %) erfolgte eine Plattenosteosynthese. Die mittlere Immobilisationsdauer betrug 25,5 Tage. Die Materialentfernung erfolgte durchschnittlich nach 35,7 Tagen. In 4,6 % aller Fälle (17 Patienten) kam es zu einer sekundären Dislokation. Diese betraf in 41,2 % zuvor konservativ behandelte, in 58,2 % operativ behandelte Frakturen. In nur einem Fall (5,9 %) war eine geschlossene Reposition mit anschließender Anlage einer Blount'schen Schlinge ausreichend, in allen anderen Fällen musste Osteosynthesematerial eingebracht werden.

Sekundäre Störungen der Durchblutung oder ein Anhalt für ein Kompartmentsyndrom, sowie einer Volkmann'schen Kontraktur zeigten sich in keinem Fall. In 11,6 % aller Fälle wurden sekundäre Störungen der peripheren Sensibilität und/oder Durchblutung dokumentiert. Am häufigsten betroffen war der Nervus ulnaris mit 65,5 %.

Die Auswertung des Behandlungserfolges des gesamten Patientenkollektives erfolgte zunächst in Anlehnung an den Score von Flynn et al. [55]. Hinsichtlich des funktionellen Faktors wurde in 72 % ein „exzellentes“, in 10 % ein „gutes“ und in 15 % ein „ungenügendes“ Behandlungsergebnis erreicht. Der kosmetische Faktor spiegelt Achsabweichungen wieder. Diese traten nur selten auf. Ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis (Achsabweichung bis maximal 5°) wurde in 97 % der Fälle dokumentiert. Ein „mäßiges“ Behandlungsergebnis (Achsabweichung von 11-15°) zeigte sich nur in einem Fall (0,4 %), eine Achsabweichung über 15° trat in keinem Fall auf. Valgus- und Varusfehlstellungen traten gleich häufig auf, wobei die Valgusfehlstellungen eine tendenziell höhere Achsabweichung zeigten.

Alle Patienten, bei denen im Verlauf der Behandlung eine Störung der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität dokumentiert worden war, wurden zu einer

Nachuntersuchung eingeladen. Insgesamt konnten 51 % dieser Patienten nachuntersucht werden. Ein Patient beklagte verbliebene periphere nervale Störungen (Hyperästhesie des 2.-5. Fingers), ein anderer über eine persistierende Hypästhesie des fünften Fingers.

Der durchschnittliche Abstand der Nachuntersuchung zum Unfall betrug 4,1 Jahre. Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte die Bewertung des Behandlungserfolges in Anlehnung an Flynn et al. [55], in Anlehnung an den Score von Khalfayan et al. [64] und nach subjektiver Zufriedenheit.

In der Bewertung nach Flynn et al. [55] zeigte sich in 59 % ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis hinsichtlich des funktionellen und kosmetischen Faktors.

Der Behandlungserfolg wurde mit einem weiteren Score nach Khalfayan et al. bewertet. Ein „exzellentes“ Behandlungsergebnis unter Betrachtung der vier Faktoren (Schmerz, Bewegung, Kraft und Funktion) nach dem Score von Khalfayan et al. [66] erreichten 95 % aller nachuntersuchten Kinder.

Als letzte Bewertung des Behandlungserfolges wurde die subjektive Zufriedenheit erfragt. Im Gegensatz zum sehr hohen Anteil der „exzellenten“ Behandlungserfolge nach Khalfayan, stehen die Bewertungen nach subjektiver Zufriedenheit. Nur 41 % aller nachuntersuchten Kinder zeigten eine „völlige Zufriedenheit“ hinsichtlich Funktion und Aussehen. Zwei Kinder (9,1 %) waren trotz „völliger Zufriedenheit“ bezüglich der Funktion mit dem Aussehen „eher unzufrieden“. Ein Kind war sowohl mit dem Aussehen, als auch mit der Funktion „völlig unzufrieden“.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass knöcherner Verletzungen des distalen Humerus im Kindesalter und insbesondere die supracondylären Humerusfrakturen vergleichsweise häufig auftreten. Die y-condyläre Humerusfraktur im Kindesalter tritt wesentlich seltener auf als die supracondyläre Humerusfraktur. In der Literatur sind nur wenige Daten bezüglich Therapie und Outcome der y-condylären Frakturen verfügbar. Hinsichtlich Diagnostik und Therapie ist die Orientierung an der supracondylären Humerusfraktur möglich.

Zunächst ist es wichtig kindliche Frakturen im Bereich des distalen Humerus zu erkennen. Insbesondere die Rogers Hilfslinie und der Rotationssporn stellen ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel da. Im Rahmen der Diagnostik sollte unbedingt besonderes Augenmerk auf primäre Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität gelegt werden. Insbesondere wenn diese nicht sicher einzuschätzen sind, sollten kurzfristig Kontrollen erfolgen. Auch postoperativ sind engmaschige

Kontrollen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität notwendig, um auf Störungen schnell reagieren zu können. Durch einfache Maßnahmen wie Korrekturen des Gipses oder des ulnaren Kirschner-Drahtes können sekundäre nervale Störungen häufig schnell behoben werden.

Glücklicherweise konnte in der vorliegenden Arbeit, wie auch in der Literatur gezeigt werden, dass Kompartmentsyndrome und Volkmann'sche Kontrakturen nur noch selten vorkommen. Es ist aber wichtig, auch diese seltenen Krankheitsbilder zu kennen, um die entsprechende Therapie einzuleiten und Spätfolgen zu verhindern.

Zur Therapie der distalen und y-condylären Humerusfrakturen im Kindesalter ist die genaue Kenntnis der Entwicklung der Knochenkerne und der Wachstumspotenz der Knochen wichtig, da Fehlstellungen am distalen Humerus durch Wachstum kaum ausgeglichen werden können. Unzureichende Repositionen und Behandlungsfehler können somit zu lebenslangen Fehlstellungen und auch Bewegungseinschränkungen im Bereich des Ellenbogens führen.

Die Annahme der an der Klinik für Kinderchirurgie der Charité tätigen Kollegen, dass es in den letzten Jahren zu einer Zunahme von peripheren nervalen Störungen im Zusammenhang mit supra- und y-condylären Humerusfrakturen kam, ist zum Teil begründet. In der absoluten Zahl zeigte sich in der Tat eine Zunahme der peripheren nervalen Störungen. Jedoch ließ sich zeigen, dass dieser Anstieg der peripheren nervalen Störungen in der Zunahme der absoluten Fallzahlen begründet ist. Bezogen auf die gestiegenen Behandlungszahlen kam es im Vergleich des fünfjährigen Beobachtungszeitraum in der Arbeit von Feder [44] (01.04.1996 bis 30.04.2001) zum Beobachtungszeitraum der vorliegenden Arbeit (01.01.2005 bis 31.12.2010) zu einer leichten Zunahme primärer nervaler Störungen (5,2 % [44] vs. 5,9 %).

Bezüglich der sekundären peripheren sensiblen und motorischen Störungen kam es sogar zu einem Rückgang von 18,1 % [44] auf 11,6 %. In der Literatur schwanken die Angaben der sekundären nervalen Störungen zwischen 4 % und 18,1 % [4, 44].

Da in der Nachuntersuchung nur noch zwei Kinder periphere nervale Störungen angaben, zeigt sich insgesamt eine gute Prognose bezüglich der folgenlosen Ausheilung primärer und sekundärer Störungen der peripheren Durchblutung, Sensibilität und Motorik.

VI. Literaturverzeichnis

- [1] Schmidt-Horlohé, K., Becker, L., Hoffmann, R.: Supra- und diakondyläre Frakturen des distalen Humerus, OP-JOURNAL 2012; 28: 4–12.
- [2] Kraus, R., Wessel, L.: Frakturbehandlung an der oberen Extremität bei Kindern und Jugendlichen, Dtsch Arztebl Int 2010; 107(51-52): 903-10.
- [3] Martini, Abdul-Kader: Orthopädie und orthopädische Chirurgie; Ellenbogen, Unterarm, Hand, 6. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart.
- [4] Weinberg, A.-M., Marzi, I., Günter, S. M., Wessel, L., Riedel, J., v. Laer, L.: Die suprakondyläre Oberarmfraktur im Kindesalter - eine Effizienzstudie. Teil I., Unfallchirurg 2002; 105(3): 208-216.
- [5] Jones, IE, Williams, SM, Dow, N, Goelding, A: How many children remain fracture free during growth? A longitudinal study of children and adolescents participating in the Dunedin Multidisciplinary Health and Development Study. Osteoporos Int 2002; 13: 990–5.
- [6] Brudvik, C, Hove, LM: Childhood fractures in Bergen. Norway: Identifying High risk groups and activities, J Pediatr Orthop 2003; 23: 629–34.
- [7] Marzi (2009): Kindertraumatologie, 2. Auflage Springer Verlag.
- [8] Wilkins, KE: Principles of fracture remodeling in children. Injury 2005; 36 Suppl 1: A 3–11.
- [9] Waldeyer (1993): Anatomie des Menschen Band 2, 16. Auflage, Graf v. Keyserlingk, Walter de Gryter, Berlin , New York.
- [10] Paulsen, Waschke: Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen, 23. Auflage 2010 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München.
- [11] Hennig, G (2001): Die suprakondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, Dissertation, Würzburg.
- [12] Bischoff, Heisel, Locher (2007): Praxis der konservativen Orthopädie, Thieme Verlag.
- [13] Niethard, Pfeil, Biberthaler (2009): Orthopädie und Unfallchirurgie, 6. Auflage, Thieme Verlag.
- [14] Niethard: Kinderorthopädie, 2. Auflage, Thieme Verlag.
- [15] Moore, K.L. (1996): Grundlagen der medizinischen Embryologie, 2. Aufl., Ferdinand Enke; Stuttgart.

- [16] Morrey, B.F. (1993): The elbow and it's disorders; 2. Auflage, W.B. Saunders; Philadelphia, London, Toronto.
- [17] Sadler: Medizinische Embryologie, 10. Auflage, Thieme Verlag.
- [18] V. Laer, Kraus, Linhart: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, 5. Auflage, Thieme Verlag.
- [19] De Jager, LT et al.: Fracture-separation of the distal humeral epiphysis, J Bone Joint Surg Br. 1991 Jan; 73(1): 143-6.
- [20] Gaubner: ICD-10-GM 2014 Systematisches Verzeichnis, 10. Revision – German Modification, Version 2014 – Stand 20. September 2013, Deutscher Ärzte-Verlag Köln.
- [21] Kutscha-Lissberg, E. und Rauhs, R. (1974): Frische Ellenbogenverletzungen im Wachstumsalter, Hefte Unfallheilkd (Band 118), Seite 1.
- [22] V. Laer, L. (1979): Die supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, Arch Orthop Trauma Surg (Band 95), Nr. 1-2, 123-40.
- [23] McRae, R. (1984): Praxis der Frakturenbehandlung, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart- New York.
- [24] Schumpelick, V., Bleese, N.M., Mommsen, U. (1999): Chirurgie, 4. Auflage Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- [25] Großstück, R., Conrad, T., Hofmann, G. O.: Diagnostik und Klassifikation der Ellenbogenverletzungen, Trauma Berufskrankh 2007 · 9 [Suppl 2]: 179–S182.
- [26] Felsenreich, F.: Kindliche suprakondyläre Frakturen und posttraumatische Deformitäten des Ellbogengelenkes. Arch orthop Unfallchir 29 (1931): 555-578.
- [27] Gartland, J.J.: Management of supracondylar fractures of the humerus in children. Surg Gynecol Obstet 1959; 109: 143-154.
- [28] Bryan, R. S. und Bickel, W. H. (1971): "T" condylar fractures of distal humerus, J Trauma (Band 11), Nr. 10, 830-5.
- [29] Jarvis, J. G. und D'Astous, J. L. (1984): The pediatric T-supracondylar fracture, J Pediatr Orthop (Band 4), Nr. 6, 697-9.
- [30] Bohn, Beck, Werbeck: konservative und operative Therapie der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter. Obere Extremität 2010/3: 143-150.
- [31] Slongo, TF, Audige, L: AO Pediatric Classification Group. Fracture and dislocation classification compendium for children: the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). J Orthop Trauma 2007; 21: 135–60.

- [32] Charnley, J. (1967): Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen. Springer Verlag.
- [33] Blount, W. P. (1957): Knochenbrüche bei Kindern, Thieme Verlag, Stuttgart.
- [34] Baumgartner, R.; Herzog, B. und Jani, L. (1975): Die gedeckte Bohrdrahtosteosynthese, eine einfache Methode zur Behandlung dislozierter suprakondylärer Humerusfrakturen beim Kind, *Helv Chir Acta* (Band 42), Nr. 1-2, 15-8.
- [35] Geißler, W. (1989): Die Supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, Dissertation, Würzburg.
- [36] Böhler, J. (1959): Gedeckte Bohrdrahtosteosynthese kindlicher supracondylärer Oberarmbrüche, *Chir Praxis* (Band 3), 397-400.
- [37] Baumann, E. (1929): Beiträge zur Kenntnis der Frakturen am Ellenbogengelenk. Unter besonderer Berücksichtigung der Spätfolgen, *Bruns Beitr klin Chir* (Band 146), 1-50.
- [38] V. Ekesparre, W. (1978): Die Behandlung der supracondylären Humerusfraktur, *Z Kinderchir* (Band 23), 211-213.
- [39] Palmer, E. E., Niemann, K. M., Vesely, D. und Armstrong, J. H. (1978): Supracondylar fracture of the humerus in children, *J Bone Joint Surg Am* (Band 60), Nr. 5, 653-656.
- [40] Weigel, Nehrlich: Praxisbuch Unfallchirurgie (2005). Band 1. Springer Verlag.
- [41] Prevot, J., Lascombes, P., Metaizeau, J.P., Banquart, D.: Supracondylar fractures of the humerus in children: treatment by downward nailing. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1990; 76(3): 191-7.
- [42] Slongo, T.: Antero- und retrograde elastisch-stabile Markraumschienung (ESIN) bei Humerusfrakturen im Kindesalter. *Operative Orthopädie und Traumatologie* October 2008, Volume 20, Issue 4-5, 373-386.
- [43] Slongo, T.: Radialer externer Fixateur zur geschlossenen Behandlung problematischer supracondylärer Humerusfrakturen Typ III und IV bei Kindern und Jugendlichen. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 2014 · 26, 75–97.
- [44] Feder, K. (2005): Katamnestische Untersuchungen zur supracondylären und y-kondylären Humerusfraktur im Kindesalter, Dissertation, Berlin.
- [45] Erhard, D. (2006): Die supracondyläre Humerusfraktur – Immer noch eine Problemfraktur?, Dissertation, München.

- [46] Fernandez, F. F., Eberhardt, O.: Suprakondyläre Humerusfraktur bei Kindern. Trauma Berufskrankh 2012 · 14[Suppl 3], 379–384.
- [47] Karbowski, V. M. (2003): Die supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter: Ergebnisse der Jahre 1981 bis 2000, Dissertation, Münster.
- [48] Gosens, T., Bongers, K. J. (2003): Neurovascular complications and functional outcome in displaced supracondylar fractures of the humerus in children, Injury (Band 34), Nr. 4, 267-73.
- [49] Campbell, C. C., Waters, P. M., Emans, J. B., Kasser, J. R., Millis, M. B. (1995): Neurovascular injury and displacement in type III supracondylar humerus, J Pediatr Orthop (Band 15), Nr. 1, 47-52.
- [50] Krenzien, J., Richter, H., Gußmann, A., Schildknecht, A.: Das Compartmentsyndrom und die Volkmann-Kontraktur - sind sie bei der supracondylären Humerusfraktur vermeidbar?. Chirurg (1998) 69, 1252-1256.
- [51] R. Böttcher, K. Bauwens, F. Dähne, A. Eisenschenk: Diagnose und Therapie der Volkmann- Kontraktur. Trauma Berufskrankh 2006 · 8, 49–55.
- [52] Ramachandran et al.: Clinical outcome of nerve injuries associated with supracondylar fractures of the humerus in children: the experience of a specialist referral centre, J Bone Joint Surg Br. 2006 Jan; 88(1), 90-4.
- [53] Fujioka, H., Nakabayashi, Y., Hirata, S., Go, G., Nishi, S., Mizuno, K. (1995): Analysis of tardy ulnar nerve palsy associated with cubitus varus, J Orthop Trauma (Band 9), Nr. 5, 435-40.
- [54] Ozkul et al.: Surgical treatment outcome for open supracondylar humerus fractures in children. Acta Orhop-Belg. 2013 Oct.; 79(5), 509-13.
- [55] Flynn, J. C., Matthews, J. G., Benoit, R. L. (1974): Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years' experience with long-term follow-up, J Bone Joint Surg Am (Band 56), Nr. 2, 263-72.
- [56] Lins, R. E., Simovitch, R. W., Waters, P. M. (1999): Pediatric elbow trauma, Orthop Clin North Am (Band 30), Nr. 1, 119-32.
- [57] Wilkins, K. E. (1990): The operative management of supracondylar fractures, Orthop Clin North Am (Band 21), Nr. 2, 269-89.
- [58] Magerl, F., Zimmermann, H. (1980): Supracondyläre Humerusfrakturen, Weber, B. G.; Brunner, Ch. und Freuler, F., Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York.

- [59]** Fernandez, F.F. Eberhardt, O.: Suprakondyläre Humerusfraktur bei Kindern. Trauma Berufskrankh 2012 · 14[Suppl 3], 379–384.
- [60]** Kohr, M. (2009): Klinische Ergebnisse nach gekreuzter Kirschnerdrahtosteosynthese bei kindlichen, suprakondylären Humerusfrakturen, Dissertation, Freiburg.
- [61]** Bergfeld, S. (2001): Ellenbogenfrakturen im Kindesalter mit Ausnahme der suprakondylären Humerusfraktur Darstellung und Beurteilung der 1983 – 1994 an der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg behandelten Fälle, Dissertation, Würzburg.
- [62]** Kraus, T., Tauber, S., Linhart, W.: Posttraumatische Komplikationen am kindlichen Ellenbogen. Orthopäde 2013 · 42, 57–70.
- [63]** Täger, G., Podleska, L.E., Ruchholtz, S., Sommerfeldt, D., Nast-Kolb, D.: Epiphysennahe Frakturen bei Kindern, Teil I: Obere Extremität. Unfallchirurg 2007 · 110, 867–883.
- [64]** E. E. Khalfayan et al.: Mason Type II Radial Head Fractures: Operative Versus Nonoperative Treatment. 1992 Journal of Orthopaedic Trauma, Vol. 6, No. 3, 283-289.
- [65]** Dippold, D. (2009): Untersuchungen zu Normwerten von Ellenbogenfunktionsscores, Dissertation, München.
- [66]** Prof. Dr. med. Marzi, I. (2006): Kindertraumatologie, Steinkopf Darmstadt.
- [67]** Dallek, M., Mommsen, U., Jungbluth, K. H., Kahl, H. J. (1985): Die suprakondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, ihre Behandlung und Ergebnisse nach der Methode von Blount, Unfallchirurgie (Band 11), 192-196.
- [68]** Goudarzi, Y. M. (1987): Indikationsbereiche der verschiedenen Behandlungsverfahren zur Therapie der suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter, Unfallchirurgie (Band 13), Nr. 1, Seite 8-13.
- [69]** V. Laer, L., Brunner, R., Lampert, C. (1991): Fehlverheilte suprakondyläre und kondyläre Humerusfrakturen, Orthopäde (Band 20), Nr. 6, 331-40.
- [70]** Sigge, W., Behrens, K., Roggenkamp, K., Würtenberger, H. (1987): Vergleich von Blountscher Schlinge und Kirschner-Drahtfixation zur Behandlung der dislozierten suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter, Unfallchirurgie (Band 13), 82-90.
- [71]** Baumann, E. (1965): Ellenbogen (Band II/1), Nigst, H., Spezielle Frakturen- und Luxationslehre, Thieme Verlag, Stuttgart.

- [72] Ababneh, M., Shannak, A., Agabi, S., Hadidi, S. (1998): The treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus in, *Int Orthop* (Band 22), Nr. 4, Seite 263-5.
- [73] Davis, R. T., Gorczyca, J. T., Pugh, K. (2000): Supracondylar humerus fractures in children. Comparison of operative treatment methods, *Clin Orthop*, Nr. 376, Seite 49-55.
- [74] Goudarzi, Y. M. (1980): Die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur bei Kindern und Jugendlichen, *Akt Traumatol* (Band 10), Seite 153-158.
- [75] Guther, R., Schramm, H., Schmid, D. (1988): Komplikationen und Spätergebnisse in der Behandlung der kindlichen suprakondylären Humerusfraktur, *Zentralbl Chir* (Band 113), Nr. 14, Seite 893-8.
- [76] Kelsch, G., Savyidis, E., Jenal, G., Parsch, K. (1999): Begleitende Gefäßkomplikationen bei suprakondylären Humerusfrakturen des Kindes, *Unfallchirurg* (Band 102), Nr.9, Seite 708,15.
- [77] Wirth, C. J., Mutschler, W.: *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Thieme Verlag.
- [78] "Messblatt für obere Gliedmaßen", unter:
http://www.dguv.de/medien/formtexte/aerzte/F_4222/F4222.pdf (abgerufen am 07.12.2015).
- [79] Böttcher, R.: Chirurgische Therapie bei manifesten posttraumatischen Kontrakturen der oberen Extremität des Kindes, *Obere Extremität*, September 2010, Volume 5, Issue 3, pp. 161-164.

VII. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Knöcherner Anteile des Ellenbogengelenkes, mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH [10]	12
Abbildung 2: Ossifikation des Skeletts der oberen Extremität, mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH [10]	16
Abbildung 3: Rogers-Hilfslinie	18
Abbildung 4: seitliches Röntgenbild suprakondylärer Humerusfrakturen	21
Abbildung 5: Blount´scher Schlingenverband (links),	22
Abbildung 6: Empfohlene Lage der Kirschner-Drähte nach geschlossener Reposition und perkutaner Spickung.....	24
Abbildung 7: 67-jähriger Mann, Volkmann-Kontraktur rechts nach suprakondylärer Oberarmfraktur mit Gipsruhigstellung im Alter von 11 Jahren, mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages [79].....	28
Abbildung 8: An ehemalige Patienten versandter Fragebogen	35
Abbildung 9: Einteilung der Frakturen nach Lokalisation.....	41
Abbildung 10: Klassifikation der supracondylären Humerusfrakturen nach Baumann .	42
Abbildung 11: Einteilung der supracondylären Frakturen nach Baumann I-III.....	43
Abbildung 12: Altersverteilung der supra- und y-condylären Humerusfrakturen.....	44
Abbildung 13: Altersverteilung supracondylärer Humerusfrakturen	44
Abbildung 14: Altersverteilung y-condylärer Humerusfrakturen.....	45
Abbildung 15: Verteilung der Frakturen nach Versicherungsart	46
Abbildung 16: Verteilung der einzelnen Frakturarten in Abhängigkeit von der Versicherungsart.....	46
Abbildung 17: Geschlechtsverteilung der supra- und y-condylären Frakturen	47
Abbildung 18: Seitenverteilung der einzelnen Frakturarten	48
Abbildung 19: Darstellung häufiger Unfallursachen.....	49
Abbildung 20: Monatliche Verteilung aller Frakturen	49
Abbildung 21: Jahreszeitliche Verteilung aller Frakturen.....	50
Abbildung 22: Verteilung ambulanter Behandlungsfälle nach Frakturart.....	53
Abbildung 23: Verteilung stationärer Behandlungsfälle nach Frakturart.....	54
Abbildung 24: Art der Ruhigstellung aller Frakturen	55
Abbildung 25: Mittelwerte der stationären Behandlungstage.....	58

Abbildung 26: Mittelwert (in Tagen) des Verbleibs des Osteosynthesematerials in situ	64
Abbildung 27: Frakturarten der nachuntersuchten Patienten	66
Abbildung 28: Abstand Unfalltag zur Nachuntersuchung in Jahren	69
Abbildung 29: Auswertung des Behandlungserfolges nach Khalfayan et al.....	71

VIII. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ICD 10-Code Frakturen des distalen Humerus [20].....	32
Tabelle 2: Häufigkeit verschlüsselter Diagnosen.....	32
Tabelle 3: Bewertung der subjektiven Zufriedenheit	36
Tabelle 4: kosmetischer Faktor nach Flynn et al. [55]	37
Tabelle 5: funktioneller Faktor nach Flynn et al. [55].....	38
Tabelle 6: Auswertung des Behandlungserfolg Khalfayan et al. [64]	39
Tabelle 7: Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität	52
Tabelle 8: Art der Ruhigstellung der stationären Behandlungsfälle.....	55
Tabelle 9: Art der Ruhigstellung der ambulanten Behandlungsfälle.....	56
Tabelle 10: Therapie der supra- und y-condylären Humerusfrakturen	57
Tabelle 11: Verfahrenswechsel nach primär konservativer Therapie.....	59
Tabelle 12: Verfahrenswechsel und erneute operative Versorgungen nach	60
Tabelle 13: Anzahl postoperativer Störungen der peripheren Durchblutung, Motorik und/oder Sensibilität.....	61
Tabelle 14: Anzahl sekundärer Störungen der peripheren Motorik und/Sensibilität und deren Therapie	62
Tabelle 15: Dauer der Immobilisation in Abhängigkeit von Frakturklassifikation in Tagen	63
Tabelle 16: Abhängigkeit der Immobilisationsdauer in Tagen von Frakturart und Patientenalter	63
Tabelle 17: Funktioneller Faktor nach Flynn et al. [55].....	65
Tabelle 18: Behandlungsergebnisse nach Flynn et al. [55].....	70
Tabelle 19: Auswertung nach subjektiver Zufriedenheit.....	72

IX. Abkürzungsverzeichnis

A., Aa.	Arteria, Arteriae
a.p.	anterior posterior
Blount	Blount'scher Schlingenverband
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d. h.	das heißt
etc.	et cetera
EW	Embryonalwoche
et. al	und andere
geschl. Repo	geschlossene Reposition
ggf.	gegebenenfalls
ICD ...	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
K-Draht	Kirschner-Draht
Kita	Kindertagesstätte
M., Mm.	Musculus, Musculi
Max.	Maximum
Min.	Minimum
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
N., Nn.	Nervus, Nervi
OA-Gips	Oberarmgips
offene Repo	offene Reposition
Op	Operation
PKW	Personenkraftwagen
R.	Ramus
Sens.	Sensibilität
SD	Standardabweichung
V.	Vena
vs.	versus, gegenüber

X. Eidesstattliche Versicherung

Ich, Claudia Josek, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Retrospektive Analyse von kindlichen supra- und y-condylären Humerusfrakturen im Zeitraum 2005-2010 unter besonderer Berücksichtigung des Verlaufs von nervalen Funktionsstörungen“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit der Betreuerin, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Datum

Unterschrift, und Stempel des
betreuenden Hochschullehrers/der
betreuenden Hochschullehrerin

XI. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

XII. Danksagung

Mein Dank gilt Frau Prof. Dr. K. Rothe für die Überlassung des Dissertationsthemas. Besonders danke ich Frau Dr. med. P. Degenhardt für die Betreuung dieser Arbeit, für die vielen Ratschläge und die unermüdliche Geduld beim Bearbeiten des Themas, dem Verfassen und Korrigieren der Arbeit.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich außerdem bei den Kindern und Eltern, die freundlicherweise diese Arbeit unterstützten, den Fragebogen beantworteten und zurücksandten und sich die Zeit für einen Nachuntersuchungstermin nahmen.

Der größte Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden. Ohne ihre Unterstützung wäre diese Dissertation wohl nicht möglich gewesen.