

Aus der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des
Städtischen Krankenhauses München-Harlaching
Akademisches Lehrkrankenhaus der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Chefarzt: Prof. Dr. med. H. Hertlein

Die suprakondyläre Humerusfraktur

- immer noch eine Problemfraktur?

Nachuntersuchung und Beurteilung von 30 Fällen

Dissertation

Zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Daniela Erhard
geboren in Schongau

2006

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. H. Hertlein

Mitberichterstatter: Prof. Dr. P. Müller
Prof. Dr. E. Euler

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. A. Huber

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.2006

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG.....	01
II. ALLGEMEINER TEIL.....	03
1. Häufigkeit.....	03
2. Anatomische Besonderheiten.....	03
3. Entstehungsmechanismen.....	04
4. Besonderheiten im Bezug auf Wachstum.....	06
5. Klassifikation.....	08
6. Therapiemethoden.....	14
a) Konservative Therapie.....	14
b) Wenig invasive Verfahren.....	16
• Die Extensionsbehandlung.....	16
• Der radiale Fixateur externe.....	18
• Die perkutane Kirschnerdraht-Spickung nach geschlossener Reposition.....	19
• Die retrograde Stabilisierung nach Prevot.....	19
• Der Ilizarov-Fixateur.....	20
c) Operative Maßnahmen.....	21
• Die offene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese.....	21
• Die Transsolekranon-Schraube nach Childress.....	22
• Die Plattenosteosynthese nach Lecestre und Dupont.....	22
d) Die Nachbehandlung.....	23
7. Komplikationen.....	24
a) Verletzungs- und behandlungsbedingte Komplikationen.....	25
• Nervenläsionen.....	25
• Gefäßläsionen.....	27
• Die Volkmannsche Ischämie und das Kompartmentsyndrom.....	28
• Infektionen.....	30

b) Spätfolgen.....	30
• Funktionelle Spätfolgen.....	30
• Achsenfehlstellungen.....	31
• Wachstumsstörungen.....	34
III. SPEZIELLER TEIL.....	36
1. Material und Methoden.....	36
a) Patienten.....	36
b) Datenerfassung.....	37
• Aus den Krankenakten entnommene Daten.....	37
• Durch die Auswertung der Röntgenbilder gewonnene Daten.....	38
• Daten aus dem Fragebogen.....	38
• Daten aus der klinischen Nachuntersuchung.....	39
2. Ergebnisse.....	40
c) Patienten- und Verletzungsdaten.....	40
• Alters- und Geschlechtsverteilung.....	40
• Jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit.....	41
• Unfallhergang.....	41
• Klassifikationen.....	43
• Zeitdifferenz von Unfall bis Behandlung.....	45
• Begleitverletzungen.....	48
• Therapiemethoden.....	48
• Therapiemethoden im Vergleich zur Klassifikation.....	51
• Dauer des stationären Aufenthaltes.....	51
• Daten zum weiteren Fortgang der Behandlung.....	53
• Postoperative Komplikationen.....	53
d) Ergebnisse der Nachuntersuchung.....	55
• Angiologie und Neurologie.....	56
• Funktionelle Spätfolgen.....	56
• Achsenfehlstellungen.....	59
• Wachstumsstörungen und Muskelatrophien.....	64
• Subjektive Einschätzung.....	65
e) Bewertung des Behandlungserfolgs.....	66

• Bewertung nach Flynn.....	67
• Bewertung nach v. Laer.....	67
• Anwendung der Bewertung nach Flynn in Bezug auf die verschiedenen Therapiemethoden.....	68
• Anwendung der Bewertung nach v. Laer in Bezug auf die verschiedenen Therapiemethoden.....	70
3. Vergleich eigener Daten mit anderen Studien.....	74
a) Vergleich der eigenen Daten mit denen der multi- zentrischen Studie der Sektion Kindertraumato- logie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.....	75
b) Vergleich der eigenen Daten mit Daten aus anderen Veröffentlichungen.....	82
• Vergleich mit den Daten von O'Hara.....	83
• Vergleich mit den Daten von Wessel.....	86
• Vergleich mit den Daten von Gehling.....	88
• Gesamtbetrachtung.....	89
IV. DISKUSSION.....	92
1. Betrachtungen zur Diagnostik.....	92
2. Betrachtungen zur Therapie.....	94
a) Im klinischen Alltag selten durchgeführte Therapiemethoden.....	94
b) Konservative Therapie.....	95
c) Spickdrahtosteosynthese.....	95
d) Derzeitiges Behandlungsverfahren im Krankenhaus Harlaching.....	97
e) Retrograde Stabilisierung nach Prevot.....	97
f) Erfahrung des behandelnden Chirurgen.....	98
3. Betrachtungen zur postoperativen Kontrolle.....	99
4. Betrachtungen zur Beurteilung des Therapieerfolges.....	101
V. ZUSAMMENFASSUNG.....	104
VI. LITERATURVERZEICHNIS.....	106

I. EINLEITUNG

Frakturen am distalen Humerus gehören im Kindesalter zu den häufigsten Frakturformen und machen rund 5% aller Frakturen bei Kindern aus (18, 21). Von diesen steht die suprakondyläre Humerusfraktur mit 50%-60% an erster Stelle. (2,32, 38,62,64,67,72,102).

Sie hat jedoch nicht nur aufgrund ihres häufigen Vorkommens eine große Bedeutung, sondern auch durch ihre relativ schwierige Therapierbarkeit und die zahlreichen Komplikationen, die sie hervorrufen kann.

Seit langem gibt es intensive Diskussionen und somit eine große Literaturfülle über die Vor- und Nachteile verschiedener Therapiemethoden für diese Fraktur, da ihre präzise Reposition und Fixation aufgrund ihrer nahen Lage am Ellbogengelenk und an der Wachstumsfuge und aufgrund zahlreicher Nerven- und Gefäßbahnen in ihrer unmittelbaren Umgebung einige Probleme aufwirft.

Neben primären, durch den dislozierten Knochen verursachten Gefäß- und Nervenschädigungen, können bei der Behandlung, vor allem bei der Behandlung mit Spickdrähten, sekundäre Nervenschäden auftreten, hier vor allem eine Schädigung des Nervus ulnaris. Ebenso kann durch die Therapie, wie durch den Spitzwinkelgips oder den Blountverband, die Durchblutung des Unterarmes beeinträchtigt werden bis hin zur Volkmannschen Kontraktur, die zwar heutzutage nur noch selten vorkommt, als Komplikation aber sehr gefürchtet war und immer noch ist. Als funktionelle Folgen dieser Fraktur werden des öfteren Bewegungseinschränkungen im Ellbogengelenk dokumentiert. Häufiger jedoch treten als bleibende kosmetische Beeinträchtigung Achsenfehlstellungen wie der Cubitus varus auf.

Im Rahmen von vielen Studien wurde bereits versucht, Therapierichtlinien aufzustellen, um diese Komplikationen möglichst weitgehend zu verhindern.

Eine klare Einigung auf eine bestimmte Therapiemethode für den jeweiligen Dislokationsgrad konnte jedoch bis heute nicht erreicht werden, wobei inzwischen aber weitgehend die Übereinstimmung herrscht, nicht dislozierte Frakturen konservativ mit adäquater Ruhigstellung zu versorgen und vollständig dislozierte Frakturen zu reponieren und stabil zu fixieren. Uneinigkeit besteht jedoch weiterhin über das Vorgehen bei inkomplett dislozierten Frakturen (18) und über die Therapiemodalitäten bei vollständig dislozierten Frakturen.

Da eine Vielzahl von verschiedenen Klassifikationen und verschiedener Bewertungskriterien existiert, wird das Vergleichen der Ergebnisse der einzelnen Studien nicht gerade erleichtert.

In der vorliegenden Arbeit soll zunächst in einem allgemeinen Teil auf die suprakondyläre Humerusfraktur und ihre theoretischen Grundlagen eingegangen werden, wie die Epidemiologie, anatomische Besonderheiten, Entstehungsmechanismen, Besonderheiten in Bezug auf das Wachstum, die verschiedenen Klassifikationen, verschiedene Therapiemethoden und mögliche Komplikationen und Spätfolgen.

Im speziellen Teil werden ausführlich Daten zu den nachuntersuchten Patienten und ihren Verletzungen dargestellt und die Ergebnisse der Nachuntersuchung ausgewertet. Anschließend werden die Daten aus den Nachuntersuchungen mit den Daten einiger ähnlicher Studien verglichen.

Die Fragestellung dieser retrospektiven Studie lautet, ob sich mit dem im Krankenhaus Harlaching praktizierten Therapieverfahren ähnlich gute Ergebnisse wie in den Studien aus der Literatur erzielen lassen. Weiterhin soll der Frage nachgegangen werden, ob aufgrund der erhobenen Daten das Therapieverfahren modifiziert bzw. geändert werden soll.

II. ALLGEMEINER TEIL

In diesem Teil sollen die Besonderheiten der suprakondylären Humerusfraktur in Bezug auf die Gegebenheiten des wachsenden Skeletts dargestellt werden, ihre Klassifikation und die verschiedenen Therapiemöglichkeiten, ihre Ausheilung und die dabei möglicherweise auftretenden Komplikationen.

1. Häufigkeit

Die suprakondyläre Humerusfraktur ist mit 50%-60% die häufigste ellbogennahe Fraktur, die bei Kindern auftritt, gefolgt von den transkondylären Frakturen und den Frakturen des proximalen Radiusendes (2,32,38,54,62,64,65,67,72,102).

Der Häufigkeitsgipfel wird um das 5.-7. Lebensjahr angegeben (66,88), was vermutlich einer in diesem Alter noch motorischen Ungeschicklichkeit bei vermehrtem kindlichen Bewegungsdrang zugeschrieben werden kann. Frakturen am linken Humerus treten gemäß der Literatur häufiger auf, da vorwiegend der linke Arm benutzt wird, um Stürze abzufangen (64).

2. Anatomische Besonderheiten

Das Ellbogengelenk besteht eigentlich aus drei Gelenken, dem Humeroradialgelenk, dem Humeroulnargelenk und dem proximalen Radioulnargelenk. Da sie von einer einzigen Gelenkkapsel umgeben sind, sind sie anatomisch als ein Gelenk zu betrachten, welches vom funktionellen Aspekt her als Drehscharniergelenk bezeichnet wird. Die beiden Epikondylen des Humerus liegen extrakapsulär. Der Kapsel-Bandapparat besteht aus einer relativ weiten Gelenkkapsel, die durch drei Bänder verstärkt wird. Das Ligamentum collaterale ulnae entspringt am Epicondylus ulnaris humeri und setzt an der Ulna an. Das Ligamentum collaterale radiale entspringt am Epicondylus radialis humeri und setzt ebenfalls an der Ulna (ventral und dorsal) an. Das Ligamentum annulare radii entspringt an der vorderen und hinteren Kante der Incisura radialis der Ulna und umgibt den proximalen Radius an der Circumferentia articularis.

Wegen der engen anatomischen Beziehung der Gefäße und Nerven der Ellenbogenregion zum Gebiet der suprakondylären Humerusfraktur soll der Verlauf der Gefäße und Nerven dieser Region im Folgenden kurz dargestellt werden.

In der Ellbogenregion befindet sich die Teilungsstelle der drei peripheren Leitungsbahnen des Oberarms in die fünf Gefäß- und Nervenstraßen des Unterarms. Die Arteria brachialis teilt sich unter der Bizepsaponeurose in die Arteria radialis und die Arteria ulnaris auf. Neben der Arteria brachialis verläuft der Nervus medianus ventromedial in der Ellenbeuge und tritt distal zwischen die beiden Köpfe des M. pronator teres ein. Der Nervus radialis liegt in der Ellenbogenregion ventrolateral und teilt sich in der Ellenbeuge in den Ramus profundus, der die Unterarmstrecker innerviert und den Ramus superficialis, der zum Handrücken zieht. Der Nervus ulnaris zieht im Sulcus Nervi ulnaris dorsal des Epicondylus medialis nach anterior und mündet zwischen dem Caput humerale und Caput ulnare des M. flexor carpi ulnaris ein und zieht zur Beugeseite des Unterarmes (80).

Kommt es zu einer suprakondylären Humerusfraktur, verläuft die Frakturlinie außerhalb der Gelenkkapsel mehr oder weniger quer durch die Metaphyse. Sie durchzieht die Schwachstelle, die durch die Fossa supracondylaris und supratrochlearis sowie die Fossa olecrani gebildet wird, wobei distal von ihr die Kondylen und proximal der Humerusschaft liegt (14). Das vermehrte Vorkommen dieser Fraktur im Kindesalter kann durch die anatomischen Besonderheiten am wachsenden Skelett erklärt werden. Die suprakondyläre Region bildet die Stelle an der die Knochenmasse am dünnsten ist, mit einer Kompakta von 1 bis 2 mm. Dazu ist die Zone der Kondylen durch ihren hohen Knorpelanteil noch sehr elastisch, so dass es, zudem geschützt von einem festen Kapsel- Bandapparat eher als Ganzes disloziert, als dass es auseinander bricht (46,76).

Man unterscheidet zwischen einer Extensionsfraktur, die in den meisten Fällen vorliegt, und einer selteneren Flexionsfraktur, welche nur ca 2%-5% aller suprakondylären Humerusfrakturen ausmacht (32,64,81).

3. Entstehungsmechanismen

Die Extensionsfraktur wird hervorgerufen durch einen Sturz auf die nach dorsal flektierte Hand bei ausgestrecktem oder leicht flektiertem Arm. Ihre Bruchlinie verläuft fast immer von dorsal-proximal nach ventral-distal, was zu einer Dislokation

des distalen Fragments nach dorsal führt. Dabei kann der scharfe Unterrand des proximalen Fragmentes bei der Relativbewegung nach vorne und unten großen Schaden anrichten im Bereich des Musculus brachialis. Die Brachialis-Gefäße und die Nervi medianus und radialis können dabei beschädigt, oder sogar zwischen den Knochenfragmenten einer dislozierten Fraktur eingeklemmt werden (88).

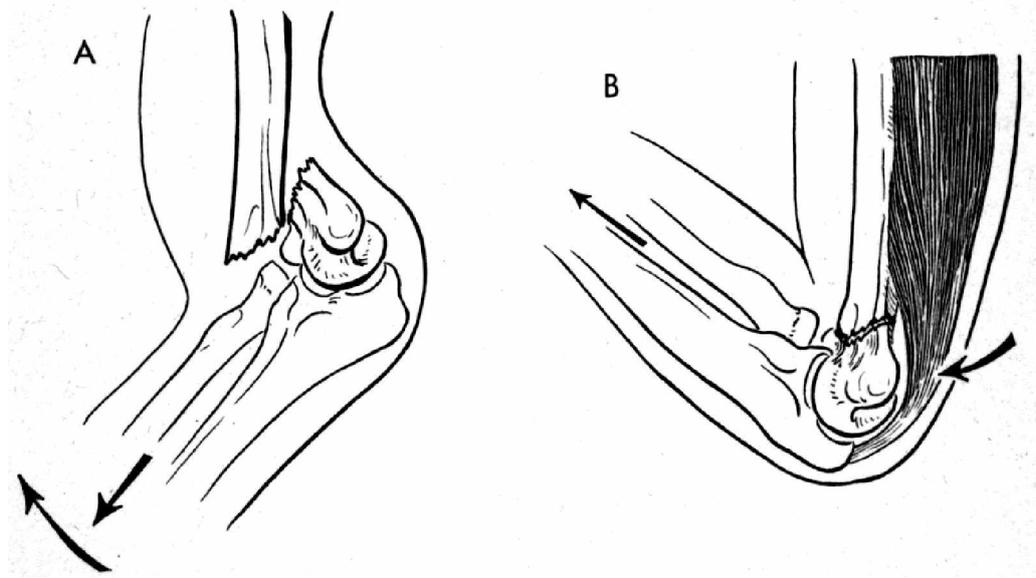


Abbildung 1: Extensionsfraktur. A: vor Reposition. B: nach Reposition (10).

Bei einem Sturz auf den flektierten Ellbogen und direktem Aufschlagen auf das Olekranon kann die Flexionsfraktur auftreten. Hier verläuft die Bruchlinie in der Regel in entgegengesetzter Richtung von ventral-proximal nach dorsal-distal; dabei wird das distale Fragment nach ventral disloziert (8,14,18,32).

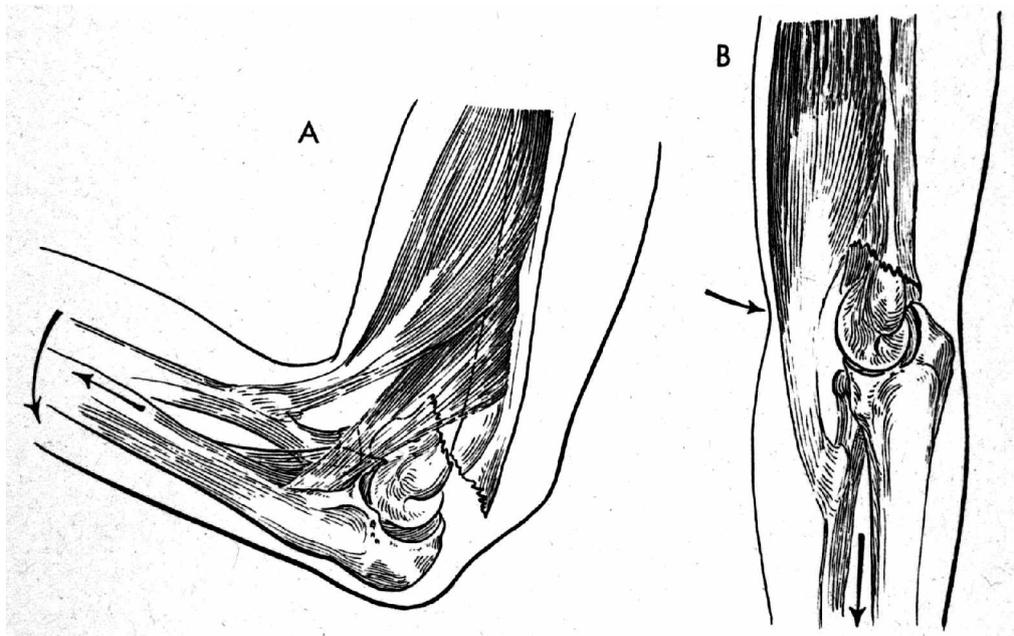


Abbildung 2: Flexionsfraktur. A: vor Reposition. B: nach Reposition (10).

4. Besonderheiten im Bezug auf Wachstum

Durch die Physiologie des wachsenden Knochen findet man bei Frakturen im Kindesalter einige Besonderheiten. Eine kritiklose Übernahme von Operationsverfahren der Erwachsenentraumatologie bei kindlichen Frakturen stellt eine Gefährdung der Wachstumszonen dar, jedoch bewirkt andererseits die Vorstellung, dass sich am wachsenden Skelett Frakturfehlstellungen in gewissem Rahmen selbst korrigieren, teilweise eine zu große Akzeptanz von Fehlstellungen durch den Therapeuten und führt somit zu einer unzureichenden Therapie (57).

Bis zum Alter von 4 bis 5 Jahren liegt noch ein elastischer mesenchymaler Geflechtknochen vor, bevor er durch Lamellenknochen ersetzt wird. Durch diese mesenchymale Elastizität entstehen Biegungsfrakturen und plastische Deformitäten. Mit zunehmender Umwandlung in Lamellenknochen durch Mineralisation und Organisation der Knochenmatrix nimmt die Steifheit des Knochens zu. Damit werden die Frakturformen den erwachsenen Formen immer ähnlicher (20). Die zeitliche Reihenfolge der Frakturheilung wird beeinflusst von äußeren Umständen wie Weichteilverletzungen oder Immobilisation.

Humorale Mediatoren leiten nach der Hämatombildung eine Entzündungsreaktion im Frakturgebiet ein, darauf wird durch desmale Ossifikation Knochen auf der Periostoberfläche gebildet. Durch diese Überbrückung, die nach 2 Wochen schon sehr deutlich ist, wird die zeitliche Begrenzung für etwaige Nachrepositionen gesetzt.

Bei der chondralen Ossifikation wird zuerst mesenchymales Gewebe und Knorpelsubstanz aufgebaut, welche mit der Zeit verkalken und bald durch Kapillaren durchsetzt werden. Als nächste Stufe bilden Osteoblasten nach Abbau des Knorpels Osteoid und beginnen so die Synthese eines vorläufigen Faserknochens, welcher bald durch den mechanisch belastbareren Lamellenknochen ersetzt wird. Im Wachstumsalter ist die Remodellierungsphase von einigen Faktoren abhängig. Je jünger das Kind, je näher die Fraktur an der Wachstumsfuge und je weniger die Achsenabweichung der normalen Bewegungsebene der benachbarten Gelenke ist, desto größer ist die Chance für eine spontane und vollständige Korrektur (20).

Für die radiologische Diagnose von Frakturen ist es sehr wichtig zu wissen, wann und wo die einzelnen Knochenkerne auftauchen und verschmelzen, um die Knochenkerne nicht mit Frakturen oder freien Gelenkskörpern zu verwechseln.

Der Humerus besitzt in seinem proximalen und in seinem distalen Endbereich jeweils eine Wachstumsfuge, wobei die proximale für 80%, die distale nur für 20% des Längenwachstums zuständig ist.

Bei der Geburt bestehen die gelenkbildenden Knochenenden komplett noch aus radiologisch unsichtbarem Knorpelgewebe. Die im weiteren Wachstum auftauchenden kalzifizierenden Knochenkerne können jedoch als radiologische Orientierungspunkte zur Beurteilung der noch größtenteils knorpeligen Gelenkstrukturen dienen (91).

Das Auftreten von Knochenkernen ist zwar individuell verschieden, aber insgesamt lässt sich ein allgemeiner Zeitraum definieren, wann und in welcher Reihenfolge die einzelnen Knochenkerne auftreten, wobei die Entwicklung im Allgemeinen bei Mädchen insgesamt früher als bei Jungen einsetzt.

Ab dem 1. Lebensjahr tritt der Knochenkern des Capitulum humeri auf, wobei aber dieser Zeitpunkt am stärksten variabel ist (19). Im seitlichen Röntgenbild liegt er als kugelige Formation anterior zum Humerus und

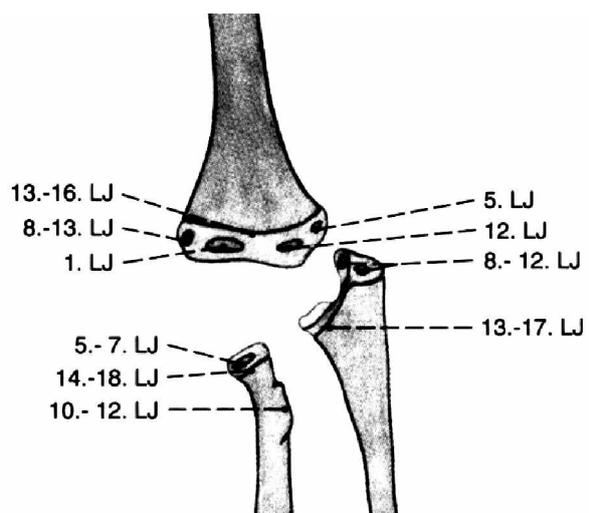


Abbildung 3: Auftreten der Knochenkerne und Synostose der Epiphysenfugen am Ellbogenbereich (76).

bildet mit diesem einen Winkel von 140°. Deshalb kann es leicht zu einer Verwechslung mit einer dislozierten Fraktur kommen. Im weiteren Verlauf verschmilzt dieser Knochenkern erst mit der Trochlea und dem Epicondylus radialis, bevor er sich mit dem Humerus vereinigt (19).

Der Knochenkern des Radiusköpfchens tritt ab dem 5. Lebensjahr in Erscheinung zunächst als flacher sklerotischer Kern. Zuvor erscheint die laterale Kontur der Radiusmetaphyse oft im seitlichen Röntgenbild scharf gewinkelt, dass man eine Radiushalsfraktur vermuten könnte. Im weiteren Wachstum verschwindet diese jedoch wieder vollständig (19).

Der Zeitpunkt der Ossifikation des Epikondylus ulnaris weist die zweitgrößte Variabilität auf. Er wird kugelförmig in postero-medialer Position sichtbar und wirkt als vom Humerus getrennt, was zu einer Verwechslung mit einem Epiphysenabriß kommen kann. Durch die besonders langsame Entwicklung des Epicondylus ulnaris verschmilzt die zugehörige Fuge als letzte mit dem Humerus (19).

Erst im 8. Lebensjahr beginnt die Verknöcherung des Olekranons mit zwei oder mehreren Knochenkernen, wobei der distale meist größer ist als der proximale. Auch hier kann es leicht zu einer Verwechslung mit einer Fraktur kommen. Typischerweise aber nicht zwingenderweise kommt es bei der Verknöcherung des Olekranons zu einem „Wandern“ der Epiphyse von proximal nach etwas weiter distal in das Zentrum des Gelenkes (19).

Die Ossifikationszone des Epicondylus radialis erscheint im 8.-13. Lebensjahr als dünne Lamelle lateral neben dem Humerus, was zu einer Fehlinterpretation als Abrissfraktur führen kann. Dieser Kern vereinigt sich normalerweise zuerst mit der Trochlea und dann mit dem Humerus (19).

5. Klassifikation

Es ist nötig, die Frakturen, besonders für Qualitätskontrollen und klinische Forschung zu klassifizieren. Die Einteilungen werden aufgestellt im Hinblick auf Lokalisation und Morphologie der Fraktur (50).

Gemäß der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) werden Brüche des distalen Humerus eingeteilt in einen extraartikulären (A), einen intraartikulären unikondylären (B) und einen intraartikulären bikondylären Frakturtyp (C). Dabei fallen die suprakondylären Frakturen unter Typ A, wobei sie

genauer mit A2 bzw. die suprakondylären Mehrfragmentfrakturen mit A3 bezeichnet werden (83).

A: extraartikuläre Frakturen <ol style="list-style-type: none">1. Ausriß des Epicondylus ulnaris2. Supracondylärer Bruch3. Suprakondyläre Mehrfragmentfraktur
B: intraartikuläre, unikondyläre Frakturen <ol style="list-style-type: none">1. Querfraktur2. Kondylenfraktur3. Tangentialer Bruch (ohne Kondylus radialis)
C: intraartikuläre, bicondyläre Frakturen <ol style="list-style-type: none">1. Y-Fraktur2. Y-Fraktur mit supracondylärem Mehrfragmentbruch3. Trümmer-/ Eintauchungsfraktur

Diese Klassifikation bezieht sich aber auf Frakturen im Erwachsenenalter und ist nicht befriedigend anwendbar auf die kindliche suprakondyläre Humerusfraktur. Für diese wurden zahlreiche Versuche unternommen, um sie im Hinblick auf das wachsende Skelett als eigenständige Frakturform zu differenzieren, was dazu führte, dass heute eine Vielzahl von verschiedenen Klassifikationen existiert, wodurch nun ein Vergleich der einzelnen Studien und die Ableitung von einheitlichen Behandlungskriterien erschwert wird. Gemeinsam haben diese Klassifikationen, dass sie sich auf die Morphologie der Fraktur und das Ausmaß der Dislokation beziehen. Die im deutschen Sprachraum bisher meistverwendeten Klassifikationen sind die nach Felsenreich (23) und nach Baumann (4), die weitgehend übereinstimmen und im folgenden kurz vorgestellt werden sollen:

Klassifikation nach Felsenreich (23):

Gruppe I:	keine oder nur ganz geringe Achsenknickung bei unvollkommen durchgebrochenem Knochen
------------------	--

Gruppe II:	deutliche Achsenknickungen, gleichgültig in welcher Richtung bei erhaltenem Fragmentkontakt
Gruppe III:	vollkommene Verschiebung der Fragmente in Knochenbreite, kein Fragmentkontakt mehr

Die Klassifikation nach Baumann (4) stimmt weitgehend mit der nach Felsenreich überein:

Gruppe I:	Fissur mit minimaler Verschiebung der Fragmente
Gruppe II:	Verschiebungen mit gegenseitigem Kontakt der Bruchstücke
Gruppe III:	Fragmente ohne Kontakt

In der englisch-sprachigen Literatur taucht die Klassifikation nach Gartland (29) am häufigsten auf, die ebenfalls keine schwerwiegenden Unterschiede zur Felsenreich-Klassifikation aufweist:

Gruppe I:	nicht verschobene Bruchenden
Gruppe II:	Bruchenden bilden einen Winkel; posteriorer Kortex intakt
Gruppe III:	vollkommen verschobene Bruchenden

In der deutschsprachigen und in der internationalen Literatur gibt es noch eine Fülle von anderen Klassifikationen, die einander sehr ähneln und von denen im Folgenden noch einige Beispiele beschrieben werden sollen:

Klassifikation nach Lubinus (60):

Gruppe I:	ohne Dislokation
Gruppe II:	Dislokation mit Knochenkontakt
Gruppe III:	Dislokation ohne Knochenkontakt

Klassifikation nach Erne, Fricker und Müller (11):

Gruppe I:	Ohne Verschiebung
Gruppe IIA:	Seitverschiebung
IIB:	Verschiebung und Verdrehung
Gruppe III:	Kein Fragmentkontakt mehr

Klassifikation nach Pierre Chrestian (14):

Gruppe I:	Keine Dislokation
Gruppe II:	Einer der zwei Stützpfiler intakt
Gruppe III:	Dislokation erfasst beide Pfeiler; Fragmente noch in Kontakt
Gruppe IV:	Fragmente nicht mehr in Kontakt; Gefährdung der neurovaskulären Strukturen

Klassifikation nach Gehling und Gotzen (30):

Gruppe A:	Frakturen ohne oder mit geringer Abwinklung (unter 20°) ausschließlich in der Sagittalebene
------------------	---

Gruppe B:	Frakturen mit alleiniger Abwinklung (über 20°) in der Sagittalebene bei erhaltenem Kontakt der ventralen oder dorsalen Kortikalis
Gruppe C:	Frakturen mit einzelnen oder kombinierten Abwinklungen in der Frontalebene, Ad-latus-Verschiebungen, Rotationsdislokationen

Klassifikation nach Lagrange und Rigault (58):

Gruppe I:	keine Verschiebung (nur vordere Kortikalis betroffen)
Gruppe II:	keine oder nur minimale Verschiebung (Kortikalis beidseitig betroffen)
Gruppe III:	Verschiebung, evtl. mit Knick
Gruppe IV:	vollkommener Kontaktverlust der Fragmente

Die Klassifikationen für die suprakondyläre Humerusfraktur ähneln einander sehr stark, wie aus den obigen Beispielen ersichtlich ist. So bezeichnet Gruppe I immer eine undislozierte Fraktur und die letzte Gruppe eine dislozierte Fraktur ohne Fragmentkontakt. Die dazwischen liegt entweder eine oder zwei weitere Gruppen, die Zwischenstufen bezeichnen.

Da diese Klassifikationen die Rotation der Fragmente nicht mitberücksichtigen, sind sie in den letzten Jahren zunehmend in Misskredit geraten. V. Laer stellte eine neue, therapiebezogenere Klassifikation auf, die vier verschiedene Frakturtypen unterscheidet und auf die man sich bei der Konsenstagung für suprakondyläre Frakturen im Juni 1998 in Graz schließlich einigte.

Im Zuge der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (102) wurde diese Klassifikation noch differenzierter gestaltet, da die ursprüngliche Klassifikation in der Studie nur unzureichend die Wirkungen der Reposition und der Retention darstellen konnte. Diese neue

Klassifikation unterscheidet ebenfalls vier Typen, die nach den unterschiedlichen Dislokationsebenen definiert werden und noch einmal in Untergruppen unterteilt sind. Als Frontalebene definiert ist dabei die Ebene, die festgelegt wird durch die Gerade, die durch beide Kondylen läuft und die Gerade, die axial im Humerusschaft verläuft. Die Horizontalebene definiert sich durch die Ebene, die den Humerusschaft imaginär im 90°-Winkel durchtrennt. Die Sagittalebene ist festgelegt als die Ebene, die im 90°-Winkel auf die beiden vorher genannten Ebenen steht und in ventral-dorsaler und distal-proximaler Richtung verläuft.

Klassifikation nach van Laer (multizentrische Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (102):

Typ I:	vollständig undisloziert
Typ II:	Dislokation in einer Ebene (Sagittalebene)
Ila:	distales Fragment nach dorsal verschoben: Antekurvatur
Ilb:	distales Fragment nach ventral verschoben: Rekurvatur
Typ III:	Dislokation in zwei Ebenen, Sagittalebene sowie Horizontal- oder Frontalebene
IIIa:	Antekurvatur und Rotationsfehler
IIIb:	Rekurvatur und Rotationsfehler
IIIc:	Antekurvatur und Fehlstellung in der Frontalebene
IIId:	Rekurvatur und Fehlstellung in der Frontalebene (ohne Rotationsfehler)
Typ IV:	Dislokation in drei Ebenen, Sagittalebene, Horizontalebene und Frontalebene
IVa:	Ante-/Rekurvatur und Rotationsfehler und Varus-/Valgusfehlstellung (Fragmente noch in Kontakt)
IVb:	Vollständig disloziert ohne Kontakt, Ebenen nicht mehr exakt definierbar

Bei der vorliegenden Arbeit wurde sowohl die modifizierte Klassifikation nach v. Laer verwendet, als auch die Klassifikation nach Felsenreich, die aufgrund der

weitgehenden Übereinstimmung ebenfalls die Ergebnisse von Studien, in denen nach Baumann oder Gartland klassifiziert wurde, mit den Ergebnissen unserer Nachuntersuchung vergleichbar macht.

6. Therapiemethoden

Verfolgt man die Behandlungswege der suprakondylären Humerusfraktur über die Jahre und sogar Jahrhunderte zurück, so besteht eine weitgehende Einigkeit darin, dass die Fraktur sobald wie möglich eingerichtet werden müsse (83,106). Jedoch gibt es bis heute kontroverse Diskussionen darüber, ob dies bei dislozierten Frakturen geschlossen oder offen zu erfolgen hätte. Bei der Fixierung des Repositionsergebnisses lassen sich mehrere verschiedene Vorgehensweisen unterscheiden, die von konservativen Maßnahmen über nur wenig invasive, also Eingriffe mit nur minimalem Operationstrauma, bis hin zu operativen Verfahren mit offener Reposition und Osteosynthese reichen.

Diese Arbeit beschäftigt sich näher mit zwei dieser Therapiemethoden. Die konservativen Verfahren wurden hier weitgehend außer Acht gelassen, da nur Kinder mit dislozierten Frakturen nachuntersucht wurden. Vorwiegend wurde offen reponiert und anschließend mit Kirschner-Drähten in gekreuzter Konfiguration gespickt. In mehreren Fällen wurde primär geschlossen reponiert, um dann das Ergebnis perkutan mit Kirschner-Drähten zu spicken. Zeigte sich jedoch intraoperativ ein unzureichendes Repositionsergebnis, wurde im selben Operationsgang offen reponiert und anschließend gespickt.

Im Folgenden sollen kurz die einzelnen Therapiemethoden der suprakondylären Fraktur, die vermehrt in der Literatur auftauchen, beschrieben werden.

a) Konservative Therapie

Bei der konservativen Behandlung wird bei undislozierter Fraktur oder nach vollständiger Reposition entweder eine Gipsschiene oder der Blountverband zur Retention des Repositionsergebnisses herangezogen. Viele Autoren fordern, dass nur eine undislozierte Fraktur vom Felsenreich-Typ I konservativ behandelt werden solle (1,30,48,62,72), andere sind davon überzeugt, dass sich auch einige

Frakturen vom Felsenreich-Typ II oder sogar vom Typ III (43,90) nach erfolgter Reposition für die konservative Fixation eignen. V. Laer setzt die Entscheidung für eine konservative Behandlung auf eine rotationsfehlerfreie, nahezu undislozierte oder lediglich gering antekurvierte Fraktur (51).

Das Anlegen einer Gipsschiene erfolgt bei 90° flektiertem Ellbogen, wobei der Unterarm in mittlerer Drehstellung und das Handgelenk in Funktionsstellung gelagert sein sollten. Zunächst sollte nur das Anlegen einer dorsoradialen Gipsschiene erfolgen bis zum Abschwellen der Weichteile. Ca. am 4.-7. Tag nach dem Unfall kann dann der Gips zirkuliert werden (54).

Bei geringer Schwellung ist es auch möglich, eine reponierte Fraktur mit einer Blount-Schlinge, auch collar and cuff genannt, zu fixieren; dabei muss der Arm in einer Flexion von mindestens 120° ruhiggestellt werden, um ein erneutes Verrutschen der Bruchfragmente zu vermeiden. Die Fixationsschlinge wird hierbei um den Nacken und um das Handgelenk des Patienten angebracht und der Arm im Ellbogengelenk so weit wie möglich gebeugt. Um die Durchblutung des Unterarms und der Hand durch die extreme Flexionsstellung des Ellbogens nicht zu gefährden, muss diese in den ersten Tagen nach Anlage des Verbandes genau im Auge behalten werden, um die schwerwiegenden Folgen einer Durchblutungsstörung, die bis hin zur Volkmannschen Kontraktur führen kann, unbedingt zu vermeiden.

Bei dieser Art der Ruhigstellung erfolgt die Schienung der Fraktur durch die lange Trizepssehne, und den intakten dorsalen Periostmantel, die als Zuggurtung wirken(12). Der Muskelzug des Muskulus Trizeps brachii drückt dabei das proximale Fragment fest auf das distale.

Diese Art der Fixation kann problematisch sein, da die extreme Beugstellung anfangs unbequem und schmerzhaft sein kann und da die Fixation mobil, also nicht besonders gesichert ist, kann sie zur erneuten Frakturdislokation führen (55).

Wird der Arm in einer nur ungenügenden Flexionsstellung fixiert oder wird die Flexion durch eine Lockerung des Verbandes vermindert, besteht die Gefahr, dass



Abbildung 4: Schienung der reponierten Fraktur durch den Zug der Trizepssehne im Blountverband in 120° Flexion (12).

das proximale Fragment durch den Tonus der Rotatorenmanschette nach außen rotiert wird, während das distale Fragment am Körper fixiert bleibt. Durch diesen Vorgang entsteht ein Innenrotationsfehler des distalen Fragments, der durch die Abkipfung des ulnaren Pfeilers einen Cubitus varus hervorrufen kann. Diese Fehlstellungen können ebenfalls bei der Fixation in der Gipsschiene auftreten, da ja die Schulter nicht mitfixiert wird (41).

b) Wenig invasive Verfahren

Unter den wenig invasiven Maßnahmen werden laut Literatur die Extensionsbehandlungen, der radiale Fixateur externe und die perkutane Kirschnerdraht-Spickung verstanden.

Die Extensionsbehandlung

Die Extensionsbehandlung wird heute nur noch selten angewendet, da sie sehr lange Hospitalisationszeiten aufweist durch die notwendige lange Immobilisation der Patienten von 1-3 Wochen und eine latente Instabilität der Fraktur bis zur Durchbauung besteht, was zu unbefriedigenden Ergebnissen führen kann (51,82,90), und da ebenfalls die dabei aufkommenden höheren Behandlungskosten im Vergleich zum Ergebnis nicht lohnenswert sind (94). Sie soll hier trotzdem kurz am Beispiel der vertikalen Extensionsbehandlung nach Baumann beschrieben werden, da sie früher von einigen Autoren als die Standardtherapie der dislozierten suprakondylären Frakturen angesehen wurde, vor allem bei stark geschwellenem Ellbogen oder polytraumatisierten Patienten, da sie eigentlich eine sichere Methode der Fixation ist, die den heutzutage meist angewendeten Kirschnerdraht-Spickungen vergleichbare Ergebnisse aufweist (64,72).

Bei der Extensionsbehandlung nach Baumann wird nach erfolgreicher Reposition unter Allgemeinanästhesie ein Kirschnerdraht durch die proximale Ulna gebohrt. Bei der Extension befindet sich das Ellbogengelenk in 90°-Stellung, wobei der Oberarm vertikal nach oben gezogen wird. Der Unterarm, zusätzlich durch eine Schlinge festgehalten, steht horizontal über dem Kopf. Durch einen Zug am Unterarm und einen Gegenzug am Oberarm wird nun die Verschiebung der Fragmente in der Sagittalebene ausgeglichen. Eine Verschiebung in der Frontalebene kann durch

Verminderung oder durch Verstärkung der Pronationsstellung des Unterarmes korrigiert werden. Es müssen zahlreiche Röntgenkontrollen zur Stellungenüberprüfung durchgeführt werden, was zusätzlich zu der langen Immobilisation einen hohen Aufwand und große Belastung für den Patienten bedeutet. Die Dauer der Extension sollte mindestens 7-10 Tage betragen (64) bis die Fraktur durch den Kallus hinreichend stabilisiert ist, dass eine Ruhigstellung im Gipsverband für das Erhalten der Retention ausreichend ist.

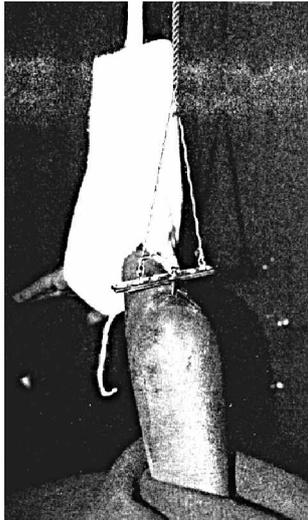


Abbildung 5: Extensionsbehandlung mittels Olekranonschraube (97).

Bei dieser Art von Extensionsbehandlung besteht ein gewisses Risiko für den Nervus ulnaris, für Gefäße und für die Wachstumsfuge, welches gemindert werden kann durch das Verwenden einer Olekranonschraube anstelle des Kirschnerdrahtes, da hierbei eine Kortikalisschraube direkt ins Olekranon auf Höhe des Processus Coronoideus eingebracht wird. Der aus dem Arm ragende Abschnitt der Schraube wird an einer DC-Platte („dynamic compression“) befestigt, und kann so ebenfalls im 90° Winkel bei vertikal nach oben gezogenem Oberarm fixiert werden (97).

Bei der Dunlopschen Extension wird bei in der Horizontalen mit dem Körper liegendem Oberarm der Unterarm im 90°-Winkel allein durch Schlingen, Bänder und Gewichte vertikal nach oben gezogen. Diese Extensionsmethode wird vorübergehend angewandt, wenn ausgedehnte Schwellung und drohende Zirkulationsstörung bestehen. Sie kann auch bis zur vollständigen Heilung liegen bleiben (8).

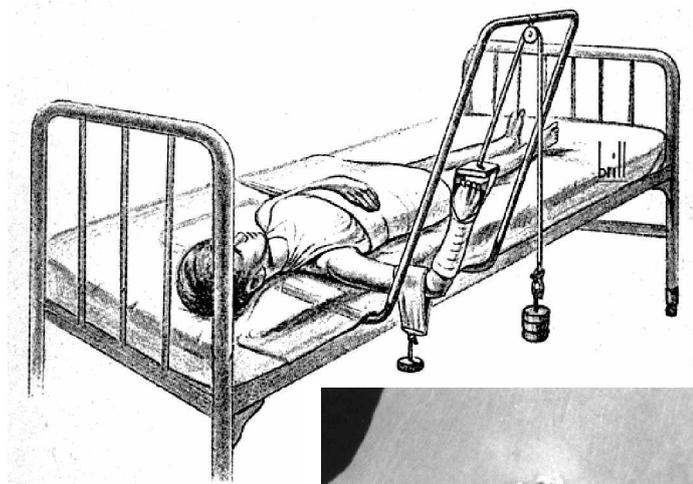


Abbildung 6: Extensionsb

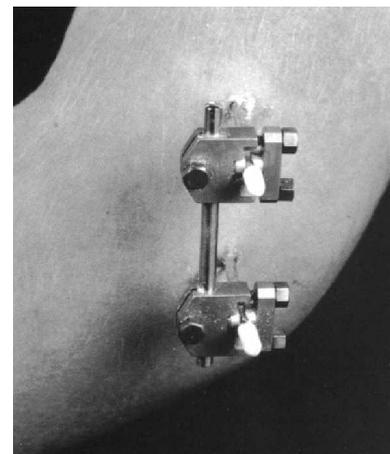
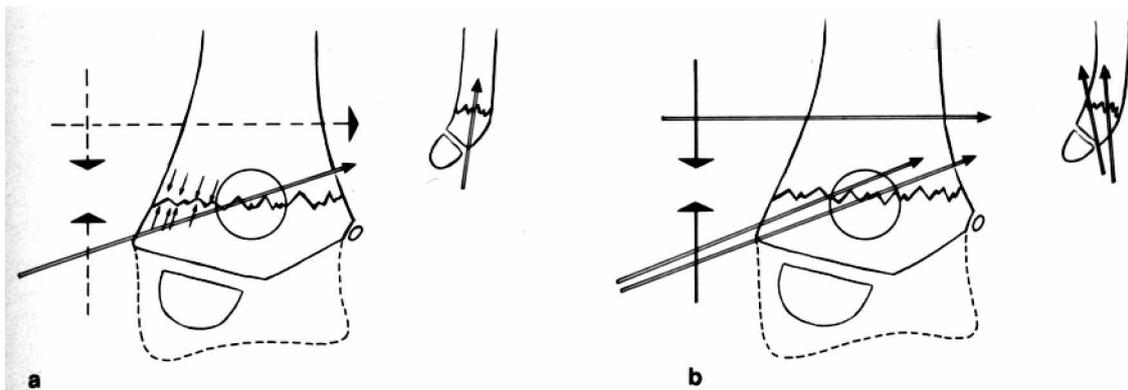


Abbildung 5: Radialer Fixateur externe (54).

Der radiale Fixateur externe

Der radiale Fixateur externe gilt als neuere Alternativmethode zur perkutanen Kirschnerdrahtspickung. Sein Vorteil besteht darin, dass durch das Fehlen eines ulnarseitigen Spickdrahtes das Risiko für den Nervus ulnaris wegfällt (56,54).

Nach gelungener Reposition wird ein Draht in gleicher Weise wie bei der perkutanen Kirschnerdraht-Spickung über den Epikondylus radialis bei flektiertem Ellbogen möglichst flach eingebracht, wobei beide Fragmente erfaßt werden müssen. Bei schlechtem Sitzen des ersten Drahtes sollte man parallel dazu einen zweiten Draht einbringen, dass eine möglichst breite Kompressionsfläche gewährleistet ist. Anschließend bohrt man ca. 4 cm weiter proximal einen zweiten Draht senkrecht zum Humerus ein; geschieht dies zu weit proximal, ist der Nervus radialis an seiner Kreuzungsstelle gefährdet. Die beiden Drähte werden nun unter manueller Kompression mit einer Querstange und Faßbacken miteinander verschraubt.



a) Abbildung 6: Schema des radialen Fixateur externe (8). b) Abbildung 9: Fixateur externe (54)

Die Fraktur ist so bewegungsstabil versorgt und durch den dorsoradial sitzenden Fixateur wird selbst im Falle eines vorhandenen Rotationsfehlers ein ulnares Abkippen der Fraktur verhindert (54).

Die perkutane Kirschnerdraht-Spickung nach geschlossener Reposition

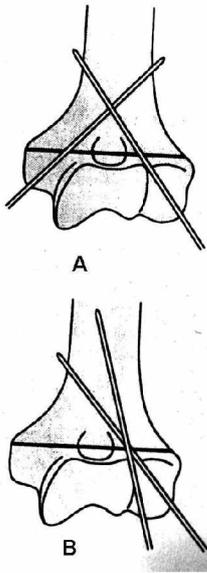


Abbildung 10: Spickdrahtos- teosynthese. A: in gekreuzter Konfiguration. B: durch zwei laterale divergente Spickdrähte

Diese Behandlungsmethode soll im folgenden genau beschrieben werden, so wie sie bei einem Teil der nachuntersuchten Patienten angewendet wurde.

Der Patient wird unter Allgemeinanästhesie in Rückenlage auf dem OP-Tisch gelagert mit dem frakturierten Arm auf dem Armtisch. Nach der üblichen Sterilwaschung und Abdeckung erfolgt nun die geschlossene Reposition der Fraktur unter Bildwandler-Kontrolle. Sobald sich eine anatomisch korrekte Stellung der Fragmente zeigt, werden die Kirschner-Drähte in gekreuzter Stellung sowohl in den radialen als auch in den ulnaren Pfeiler eingebracht; es wird mindestens mit 2, maximal mit 4 Spickdrähten fixiert. Gelegentlich, bei Fehllagen, wird ein Neupositionieren der Drähte notwendig. Die Kontrolle der 2 radiologischen Ebenen

wird erreicht durch Rotation des Humerus im Schultergelenk. Sobald die Spickdrähte richtig positioniert sind werden sie unmittelbar subkutan umgebogen und abgezwickelt. Nach steriler Abdeckung der Hautperforationen durch Pflasterverbände wird der Arm im gespaltenen Oberarmgips in Rechtwinkelstellung fixiert.

Über die bestmögliche Anzahl und die Positionierung der Spickdrähte zueinander gibt es zahlreiche Studien, wobei größtenteils eine gekreuzte Spickdrahtpositionierung (Abb. 10 A) als stabilste Form gefordert wird (11,18,30,51,65,72,106), aber manche Autoren stellen die Fixierung durch zwei laterale Spickdrähte (in divergenter Konfiguration, Abb. 10 B) als gleichwertig (26,92), oder wegen der Schonung des Nervus Ulnaris sogar als überlegen dar (2,31,59,88).

Die retrograde Stabilisierung nach Prevot

Diese neuere Behandlungsmethode, die erst Ende der siebziger Jahre in Frankreich entwickelt wurde, ist sehr schonend für den Patienten und verspricht im Hinblick auf eine komplikationsarme Heilung sehr gute Ergebnisse (73).

Nach exakter geschlossener Reposition der Fraktur vor Operationsbeginn und Bildwandlerkontrolle erfolgt eine kleine Hautinzision in Höhe des mittlereren Humerusdrittels. Dann wird in schräger Richtung mit dem Pfriem die Markhöhle eröffnet. Ein vorgebogener Titannagel wird unter Bildwandlerkontrolle in den Knochenmarkkanal vorgeschoben über die Frakturlinie hinweg in den radialen oder ulnaren Pfeiler. Intraoperativ kann das Repositionsergebnis unter Bildwandlerkontrolle noch durch die Rotation der gebogenen Nägel modifiziert werden.

Auf die gleiche Weise wird ein zweiter Nagel auf der gleichen Seite des Knochens eingeführt und im gegenüberliegenden Pfeiler fixiert, so dass die reponierte Fraktur schließlich durch die beiden in der distalen Metaphyse divergierenden Nägel stabil in ihrer Lage gehalten wird (74). Die beiden sich bogenförmig kreuzenden Schienen leiten die an der Fraktur auftretenden Zug- und Scherkräfte, die die Kallusbildung zwischen den Fragmenten negativ beeinflussen und dadurch die Heilung verzögern, in eine axiale Richtung um.

Nach kurzer Zeit sind bereits Teil- und sogar Vollbelastung möglich und versprechen für einen großen Teil der dislozierten suprakondylären Humerusfrakturen sehr gute Ergebnisse bei nur kurzem Klinikaufenthalt (74).

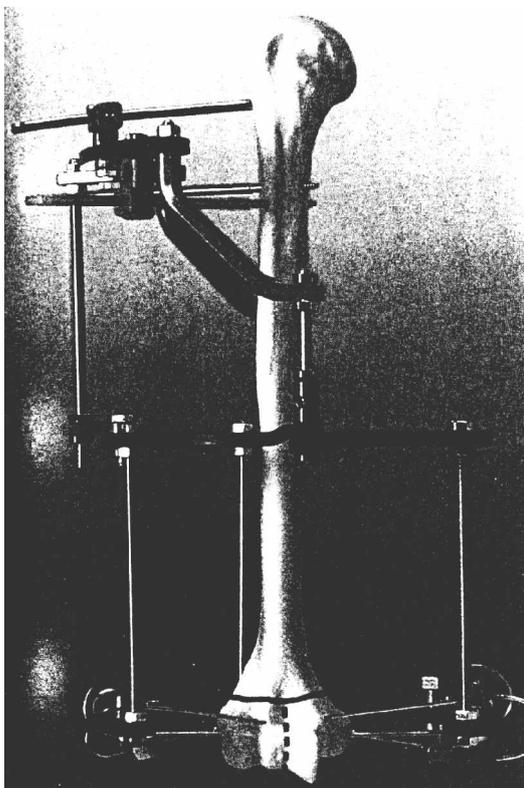


Abbildung 11: Der Ilizarov-Fixateur (34, hier abgebildet am Humerus eines Erwachsenen).

Der Ilizarov-Fixateur

Diese minimal invasive, aber technisch aufwändige und teure Technik kann zur Stabilisation der suprakondylären Humerusfraktur eingesetzt werden, wenn die Spickdrahtosteosynthese nicht ausreichend ist. Hierbei werden Drähte mit schmalen Durchmesser von medial und von lateral in das distale Fragment eingebracht. Ebenfalls werden zwei starke Drähte in den proximalen Humerus von lateral eingebracht. Diese sind mit den distalen Drähten durch ein System von Stangen und Ringen so

verbunden, dass die Fraktur sowohl stabilisiert, als auch nachreponiert werden kann. Dabei wird die komplette Funktion der betroffenen Extremität gewährleistet und die Blutzufuhr des Knochen- und Weichteilgewebes wird kaum beeinträchtigt. Die Belassungsdauer des Fixateurs beträgt 29-61 Tage (34). Zur Stabilisation nach Osteotomie wegen eines Cubitus varus hat sich der Ilizarov-Fixateur durch sehr gute Ergebnisse sehr bewährt (92).

c) Operative Maßnahmen

Unter den operativen Maßnahmen werden im folgenden die offene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese, die Transolekranon-Schraube nach Childress und die Plattenosteosynthese nach Lecestre und Dupont aufgeführt.

Die offene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese

Neben der perkutanen Kirschnerdraht-Spickung nach geschlossener Reposition wurde bei einem Teil unserer nachuntersuchten Patienten die offene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese angewendet. Im Folgenden soll der Operationsablauf, wie er bei den nachuntersuchten Patienten erfolgte, kurz beschrieben werden.

Der Patient wird ebenfalls in Rückenlage unter Allgemeinanästhesie auf dem OP-Tisch gelagert mit dem frakturierten Arm auf dem Armtisch. Es erfolgt die übliche Sterilwaschung und Abdeckung. Der Hautschnitt wird gesetzt vom Epikondylus ulnaris und vom Epilondylus radialis jeweils in proximaler Richtung. Nach Durchtrennung der Subcutis wird die Oberarmfaszie eröffnet. Daraufhin wird die Muskulatur in Faserrichtung zwischen Beugern und Streckern gespalten, wobei ulnarseitig auf sorgfältige Schonung des im Sulcus tastbaren Nervus ulnaris geachtet werden muss. Nach Absaugen des Frakturhämatoms wird die Fraktur dorsalseitig soweit dargestellt, dass sie mit dem Zeigefinger hinterfahren werden kann. Nach Reposition der Fraktur und digitaler Kontrolle des Repositionsergebnisses werden mindestens 2-4 Kirschner-Drähte in typisch gekreuzter Weise über den ulnaren und den radialen Pfeiler eingebracht. Zwischenzeitig und abschließend erfolgen radiologische Kontrollen auf anatomische Stellung der Fragmente und regelrechten Materialsitz. Schließlich werden die Drahtenden abgezwickelt und umgebogen. Nach Einlegen von Redon-Drainagen radial- und ulnarseitig, Versorgung des Operationszuganges durch

Subcutan- und Hautnähte und Abdeckung durch einen sterilen Pflasterverband wird der Arm in einem gespaltenen Oberarmgips in Rechtwinkelstellung fixiert.

Die Transolekranon-Schraube nach Childress

Unter Allgemeinanästhesie erfolgt ein Schnitt über dem Epicondylus medialis und die Freilegung des Nervus ulnaris. Wenn notwendig, kann so auch die Arteria brachialis und der Nervus medianus revidiert werden. Nach erfolgreicher Reposition der Fraktur und digitaler Kontrolle des Repositionsergebnisses wird bei in 90°-Winkel gebeugtem Ellbogen ein Spickdraht perkutan über das Olekranon, durch das Ellbogengelenk hindurch, in das distale Frakturfragment eingebracht und durch die reponierte Fraktur bis in den Humerusschaft vorgeschoben. Dabei muss man darauf achten, dass der Spickdraht nicht bereits in der Fossa olecrani austritt (13).

Die Plattenosteosynthese nach Lecestre und Dupont

Diese Operationsmethode für die suprakondyläre Humerusfraktur wurde vorwiegend für Erwachsene entwickelt, da sich bei älteren Patienten mit osteoporotischen Knochen große Schwierigkeiten bei innerer Fixation ergeben können. Es wurde eine Platte entwickelt, die auf die laterale Säule des Humerus zugeschnitten ist. Durch die anteriore konkave Krümmung kann eine Stabilität des normalen Winkels zwischen Kondylen und Humerusschaft sowohl in der Coronar- als auch in der Sagittalebene gewährleistet werden. Die Schraublöcher sind so in der Platte angebracht, dass mehrere Schrauben in das distale Ende der Platte eingebracht werden können, um das distale Fragment ausreichend zu stabilisieren. Zusätzlich kann eine lange schräge Schraube von der Platte aus bis zur medialen Säule des Humerus vorgeschraubt werden, ohne die Fossa olecrani zu durchqueren (101).

Bei Kindern ergeben sich bei der Kompressionsplattenosteosynthese einige Schwierigkeiten, da man beachten muss, dass die Platte nur epiperiostal platziert werden darf und das Periost nicht vom Knochen abgehoben werden darf wegen der charakteristischen Blutversorgung des kindlichen Röhrenknochens, der im

Unterschied zur zentrifugalen medullären Gefäßversorgung des Erwachsenen-Röhrenknochens zum größten Teil zentripetal über das periostale Gefäßnetz versorgt wird. Subperiostale Plattenplatzierung mit Abhebung des Periosts würde zur temporären Devitalisierung der Schaftkompakta führen, während bei epiperiostaler Plattenlage die Gefäßversorgung intakt bleibt (69).

d) Die Nachbehandlung

Bis zur Abschwellung des Armes ist je nach dem Befinden des Patienten und dem etwaigen Auftreten von Komplikationen ein stationärer Aufenthalt für wenige Tage notwendig, bei dem der neurovaskuläre Status des Armes täglich beurteilt werden sollte.

Bei konservativer Behandlung sind in der Regel nach der Ruhigstellung ambulante Kontrollen ausreichend, wobei aber den Eltern geraten werden sollte, für die ersten Tage die Durchblutung des Armes im Auge zu behalten, vor allem bei der Ruhigstellung in der Blount-Schlinge, die ca. 3-4 Wochen belassen werden sollte. In diesem Zeitraum sollte auch eine Röntgenkontrolle stattfinden.

Bei mit Spickdrähten oder einem radialen Fixateur externe versorgten Patienten werden ebenfalls nach Durchführung einer Röntgenkontrolle nach 3-4 Wochen bei guter periostaler Abstützung nach einer weiteren Woche, ohne erneute Röntgenkontrolle die Drähte entfernt, was bei den nachuntersuchten Patienten unter kurzer Allgemeinnarkose erfolgte; bei nicht unter der Haut versenkten Drähten können diese auch ohne Lokal- oder Allgemeinanästhesie entfernt werden (54). Als Minimum zur komplikationslosen Abheilung der Fraktur für die Belassung der Immobilisation durch Spickdrähte und Gips werden in der Literatur 14 Tage angegeben (99).

Bei mit Prevot-Nägeln versorgten Patienten muss kein Gipsverband angelegt werden und die Beweglichkeit kann sofort freigegeben werden. Als Zeitraum für die Metallentfernung (in Allgemeinnarkose) wird hier die 4.-6. Woche nach erfolgter Operation angegeben (102).

Ein Illizarov-Fixator sollte gemäß der Literatur (34) nach 29-61 Tagen entfernt werden.

Anschließend sind bei allen erwähnten Methoden alle spontanen Bewegungen des Arms erlaubt. Physiotherapie wird nicht verordnet, da man davon ausgeht, dass das Kind, anfangs nur in geringem Rahmen, von der mit der Zeit zurückgehenden Schmerzgrenze gehindert, bald wieder in seine normale Beweglichkeit zurückfindet. Sekundäre Physiotherapie kann verordnet werden, wenn der Funktionsausfall über längere Zeit stationär bleibt, nicht aber vor Ablauf von 12 Wochen (54). Mit zu früher Normalisierung der Bewegungsfähigkeit kann nicht gerechnet werden, da der Kallus in den Fossae olecrani und coronoidea bei der Frakturheilung der suprakondylären Humerusfraktur ein mechanisches Bewegungshindernis darstellt (88).

7. Komplikationen

Die dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur gehört zu den problematischen Frakturen im Kindesalter (90). Es gibt eine Reihe von Komplikationsmöglichkeiten, die aber in der Regel gut therapiert werden können: Nervenläsionen heilen, sofern keine Durchtrennung stattfindet, mit der Zeit von selbst ab, Durchblutungsstörungen nach der Reposition können meist durch Gefäßrevision korrigiert werden und eine Volkmannsche Kontraktur lässt sich durch zureichende Überwachung der Fraktur vermeiden. Einschränkungen des Bewegungsumfangs bilden sich meist mit der Zeit von selbst zurück, können aber auch als bleibende funktionelle Beeinträchtigung des Patienten bestehen bleiben. Als bleibende kosmetische Beeinträchtigungen sind Achsenfehlstellungen, wie vor allem der Cubitus varus, keine Seltenheit.

Man muss bei den Komplikationen unterscheiden zwischen denen, die primär durch die Verletzung bedingt werden, denen, die iatrogen durch die Behandlung entstehen und den Spätkomplikationen, die erst nach einigen Wochen oder Monaten manifest werden. Im Folgenden sollen jedoch die verletzungs- und behandlungsbedingten Komplikationen unter einem Punkt zusammengefasst werden, da sie zwar durch verschiedene Ursachen entstanden sind, aber doch die gleichen Symptome zeigen.

a) Verletzungs- und behandlungsbedingte Komplikationen

Nervenläsionen

Aufgrund ihres anatomischen Verlaufs durch das Frakturgebiet können sowohl der Nervus radialis, der Nervus medianus und der Nervus ulnaris verletzt werden. Dabei handelt es sich meist nur um reversible Neuropraxien (32), da nur in sehr seltenen Fällen Verletzungen oder gar Durchtrennungen durch die scharfen Bruchenden oder durch das Fixierungsmaterial vorliegen, sondern meist Überdehnungen, die bei der Dislokation der Bruchfragmente zustande kommen. Während Schädigungen des Nervus radialis und des Nervus medianus vorwiegend durch das proximale Humerusende bei einer posterioren Fragmentverschiebung entstehen, ist der Nervus ulnaris vor allem iatrogen bei der perkutanen Kirschnerdrahtspickung in seinem Verlauf im Sulcus ulnaris hinter dem Epikondylus radialis gefährdet (54). Wie oben bereits genannt, raten einige Autoren deswegen, von der perkutanen Spickung vom Epikondylus medialis aus abzulassen (2,31,88), oder durch intraoperative Nervenstimulation den Nervus ulnaris vor Einbringen des Spickdrahtes genau zu lokalisieren (104).

Die Rate der Nervenläsionen, die mit dieser Fraktur assoziiert sind, ist relativ hoch – gemäß der Literatur liegen sie bei 5%-19% aller suprakondylären Humerusfrakturen vor, 86%-100% davon bilden sich jedoch innerhalb von 8 Wochen bis 3 Monaten spontan wieder vollkommen zurück (17,40). Es besteht weitgehende Uneinigkeit darin, welcher der drei genannten Nerven am häufigsten beschädigt wird; in der letzten Zeit wird darüber hinaus zunehmend auf eine Läsion des Nervus interosseus anterior, eines Astes des Nervus medianus, aufmerksam gemacht.

Ergänzend zur klinischen Diagnostik von Nervenläsionen tragen die Elektromyographie und die Messung der Nervenleitgeschwindigkeit bei.

Die Behandlung der Nervenläsionen besteht zunächst einmal nur im Abwarten, ob sich der Nerv wie in den meisten Fällen von selbst wieder erholt. Sollte dies nicht der Fall sein, muss der betreffende Nerv operativ freigelegt und neurolysiert werden und daraufhin eventuell rekonstruiert werden.

Im Folgenden soll noch kurz auf die Diagnose der jeweiligen Nervenläsion eingegangen werden.

Nervus ulnaris:

Motorisch fallen bei einer Schädigung des Nervus ulnaris am Ellbogen die Endgelenk-Beugung der Finger 4-5 und die ulnaren Handbeuger aus und es kommt nach längerer Lähmung zu einer Atrophie der Handbinnenmuskulatur, besonders des Muskulus interosseus dorsalis I. Darüber hinaus kommt es zum bekannten Bild der Krallenhand. Sensibilitätsstörungen ergeben sich in seinem Innervationsgebiet an der ulnaren Handseite und am 4. und 5. Finger (44).

Nervus radialis:

Das Leitsymptom einer Radialis-Läsion ist die Fallhand, es kommt zustande durch die Parese der Handextension und der Fingerstreckung im Grundgelenk. Sensibles Versorgungsgebiet ist der Handrücken. Bei der Schädigung des Nervus radialis ist meist der Trizepssehnenreflex und der Radius-Periostreflex abgeschwächt, was jedoch bei der Neurologischen Diagnostik im Rahmen der Frakturbehandlung keine große Bedeutung hat (44).

Nervus medianus:

Bei Faustschluß ergibt sich bei einer Medianusläsion eine Schwurhand, bei der die Beugefähigkeit der Finger 1-3 im Endgelenk und zum Teil auch im Mittelgelenk, wie auch die Oppositionsfähigkeit des Daumens fehlt. Daneben besteht eine Pronationsschwäche des Unterarms, eine Handbeugerschwäche mit Ulnarabweichung und eine Sensibilitätsstörung der Finger 1-4 (44).

Nervus interosseus anterior:

Da es sich beim Nervus interosseus anterior um einen rein motorischen Nerv

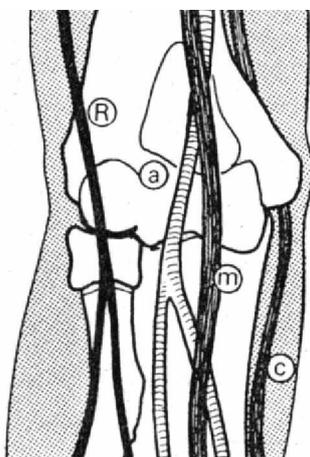


Abbildung 12: Gefäße und Nerven in der Ellbogenregion (75).

R=N. radialis, a=A. brachialis
m=N. medianus, c=N. ulnaris

handelt, gibt es bei seiner Läsion keine Sensibilitätsstörungen. Es tritt ein Ausfall der Flexion des Daumen- und Zeigefingerendgliedes auf, Spitzgriff und Bildung eines „O“ sind hierbei nicht mehr möglich. Für die Mitbeteiligung des distal vom Muskulus pronator teres abzweigenden Nerven gibt es zwei Haupterklärungen, am ehesten angenommen wird die indirekte Schädigung durch Zugkräfte, weniger

plausibel erscheint es, dass es beim Nervus interosseus anterior Syndrom um eine Schädigung des posterioren Anteils des Nervus medianus im Frakturgebiet handelt, da es unwahrscheinlich ist, dass hierbei ausnahmslos die motorischen Fasern beteiligt sind, während die sensiblen intakt bleiben (21,41,63).

Gefäßläsionen

Vor allem bei Extensionsfrakturen besteht die Gefahr, dass die Arteria brachialis bei ihrem Verlauf durch die Fossa cubitalis direkt durch die scharfen Ränder des proximalen Fragments verletzt wird. Es kann auch zu einer indirekten Schädigung kommen durch eine Schädigung der Intima oder einen Arteriospasmus mit nachfolgender Thrombosierung, die durch eine Kompression von außen – ein Hämatom, eine Schwellung oder auch durch Einklemmung der Arterie in den Frakturspalt – hervorgerufen werden können (49).

Gefäßläsionen kommen nicht ganz so häufig wie Nervenläsionen vor, sie werden in der Literatur mit einer Rate von 0,9% bis 20% angegeben (wobei dieser weite Bereich dadurch erklärt wird, dass ja manche Studien nur die besonders schweren Fälle untersuchen, bei denen häufiger Komplikationen vorkommen) (99).

Da die große Gefahr besteht, dass sich aus einer unbehandelten Gefäßläsion nach Reperfusion eine Volkmannsche Kontraktur (98) entwickelt, ist es besonders wichtig, beim Vorliegen einer suprakondylären Humerusfraktur sorgfältig den Gefäßstatus zu überprüfen.

Im Falle einer Beschädigung der Arteria brachialis ist es möglich, dass ein Kollateralkreislauf durch das Rete articulare cubiti, einem Gefäßnetz auf der Dorsalseite des Ellbogengelenks, entsteht, welches aber auch Gefahr läuft, mit der Zeit durch Schwellung oder Hämatom abgedrückt zu werden.

Einige Autoren raten im Zweifelsfall zu weiteren angiologischen Untersuchungen (27), während andere eine sofortige Reposition empfehlen (99).

Nach erfolgreicher Reposition ist bei etwa 70% der Fälle die anfängliche Pulslosigkeit wieder behoben, indem dadurch eine Abknickung oder Einklemmung der Arterie wieder beseitigt wurde (49).

Bei verbleibender Pulslosigkeit gibt es verschiedene Ansichten über das weitere Vorgehen. Manche Autoren empfehlen eine sofortige Angiographie (25,72). Andere messen einer weiterbestehenden verlängerten Rekapularisierungszeit und dem Bestehen von Schmerzen eine größere Bedeutung zu (99), und lehnen

zeitraubende diagnostische Verfahren ab, bevor sie zu einer operativen Freilegung der Arterie schreiten. Oft läßt sich dabei durch Befreien der Arterie aus dem Bruchspalt der Unterarmpuls wieder herstellen. Bei persistierender Pulslosigkeit muss eine Rekonstruktion der Arterie durch Arteriotomie erfolgen, wobei u. U. der betreffende Gefäßabschnitt reseziert wird und ein Vena-saphena-Interponat eingenäht wird (99), oder bei thrombosiertem Gefäß eine Thrombektomie mit anschließendem Patchverschluß der Arterie vorgenommen wird.

Die Volkmannsche Kontraktur und das Kompartmentsyndrom

Die ischämische Muskelkontraktur des Unterarms ist eine Schädigung der Muskulatur durch ein Kompartmentsyndrom und eine seltene, aber sehr schwerwiegende Komplikation der suprakondylären Humerusfraktur und wurde 1881 erstmals durch Volkmann beschrieben (98).

Das Kompartmentsyndrom kommt zustande durch eine Gewebedrucksteigerung in der Faszienloge, die ohne Behandlung zu durch Minderdurchblutung bedingten neuromuskulären Funktionsausfällen bis hin zur Muskelnekrose und dem Vollbild der Volkmann-Kontraktur führt, welche durch eine Pronationsstellung des Unterarmes mit Flexion in Hand- und Interphalangealgelenken, sowie Streckung in den Fingergrundgelenken charakterisiert ist.

Ein Kompartmentsyndrom kommt entweder zustande durch äußere Kompartimentverkleinerung, wie zum Beispiel den Druck durch einen zirkulären Gipsverband oder durch Zunahme des Kompartimentinhalts etwa durch ein Hämatom und sich daraus entwickelndem Ödem oder durch ein primäres Ödem. Ein solches Ödem kann durch eine Durchblutungsstörung bei Verletzung der Arteria brachialis entstehen (postischämisches Ödem) oder bei Fixation in extremer Spitzwinkelstellung im Blountverband. Da wegen der intakten Muskelfaszien kein Druckausgleich geschaffen werden kann, sistiert bei zunehmendem Druck auch der venöse und der lymphatische Abfluß, was den Druck in der Loge noch zusätzlich steigert, bis schließlich die kapilläre Gewebsperfusion vollkommen sistiert. Der Zeitraum bis zum Auftreten eines Kompartmentsyndroms kann von 2h nach der

Verletzung bis zu 6 Tagen reichen, während die ersten 15-36 Stunden nach dem Unfall als der gefährdetste Zeitraum gelten (79).

Die Diagnose erfolgt primär an den klinischen Zeichen Schmerz, Kompartmentschwellung, passiver Muskeldehnungsschmerz, Sensibilitätsstörung, und motorische Schwäche.

Der Schmerz wird als tiefklopfend beschrieben und erstreckt sich über das Gebiet des betroffenen Kompartments; er wird in der Regel bei einem Druck zwischen 30 und 40 mmHg unerträglich (79).

Die Kompartmentschwellung wird charakterisiert durch gleichmäßig verteilte Spannung über das gesamte Kompartiment und ist dadurch leicht von einer frakturbedingten Schwellung am Verletzungsbereich zu unterscheiden.

Der passive Muskeldehnungsschmerz gilt nur als unspezifisches Zeichen und wird ausgelöst durch passives Strecken der Muskulatur.

Sensibilitätsstörungen treten im Versorgungsgebiet des durch das Kompartmentsyndrom ischämisch gewordenen Nerven auf bei Druckwerten zwischen 30 und 40 mmHg zunächst in Form von Parästhesien, die schließlich zu vollkommenen Anästhesien werden können (79).

Die motorische Schwäche ist bereits ein Spätsymptom der neuralen Ischämie beim Kompartmentsyndrom und erfordert eine sofortige Faszienpaltung.

Charakteristisch ist, dass bei Druckwerten von 30-60 mmHg, die schon Gewebnekrosen erzeugen können, noch keine Pulslosigkeit auftritt, da der Blutdruck in den größeren Arterien noch weit höher liegt. Bei fehlendem Puls muss also eher an eine Gefäßläsion als an ein Kompartmentsyndrom gedacht werden.

Nach der klinischen Diagnose des Kompartmentsyndroms müssen als Sofortmaßnahmen alle Gipsverbände der betroffenen Extremität gespalten werden und die Nervendruckpunkte entlastet werden. Tritt innerhalb der nächsten Stunde keine klinische Verbesserung ein, muss eine sofortige Kompartmentspaltung erfolgen.

Bei einer länger als 6 Stunden andauernden Ischämie kann es schon zu Muskelnekrosen kommen, die dann durch fibrotische Vernarbungen zur ischämischen Kontraktur führen.

Dieser Weg wird nach Seddon in drei Schritte eingeteilt, die von diffuser, aber mäßiger Ischämie über intensiven, aber lokalen Muskelschaden bis zur ausgebreiteten Nekrose und Fibrose führen (86).

Die beste Behandlung der Volkmannschen Kontraktur ist ihre Vermeidung durch schnelle Beseitigung von Durchblutungsstörungen und Abnahme von Gipsverbänden, die Schmerzen hervorrufen, auch wenn durch diese Maßnahme das Repositionsergebnis verschlechtert wird. Liegt bereits nekrotisches Muskelgewebe vor, so hat eine sofortige radikale Nekrektomie des abgestorbenen Gewebes viele Befürworter (15). Andere warten mit diesen Maßnahmen mehr als 3 Monate. (86).

Die Volkmannsche Kontraktur als schwerwiegendste Komplikation der suprakondylären Humerusfraktur tritt heute kaum noch auf, da sie durch sorgfältige Behandlung und kontinuierliche Überwachung leicht vermieden werden kann.

Infektionen

Posttraumatische Weichteilinfekte und Osteitiden kommen im Wachstumsalter relativ selten vor. Selbst bei offenen Frakturen verhindert die schnelle Weichteilheilung meistens eine Infektion. Deswegen können selbst offene Frakturen nach primärer Wundversorgung, wenn der Frakturtyp es erlaubt, konservativ behandelt werden (53). Nach v. Laer ist nur bei offenen Frakturen 3. Grades eine Antibiotikaprophylaxe nötig, außerdem fordert er bei diesen Frakturen eine primäre stabile Osteosynthese zur Sicherung der Gefäß- und Nerven- und zur Infektionsprophylaxe. Andere Autoren fordern generell bei offenen Frakturen eine Antibiotikaprophylaxe (35).

Desweiteren sollten nach der perkutanen Spickdrahtosteosynthese zur Infektionsprophylaxe und auch zur Verminderung des Verletzungsrisikos die Spickdrähte auf Hautniveau gekürzt und an den Enden umgebogen werden.

b) Spätfolgen

Funktionelle Spätfolgen

Das Ellbogengelenk ist funktionell ein Drehscharniergelenk. Im Humero-Ulnargelenk erstreckt sich der Bewegungsumfang nach der Neutral-Null-Methode von Extension und Flexion von 0-0-150°, wobei Frauen und Kinder oft eine bis zu

10° erweiterte Extension haben. An der Pronations-Supinations-Bewegung ist neben dem proximalen Radio-Ulnargelenk auch das distale Radio-Ulnargelenk beteiligt, bei dessen Schädigung ebenfalls eine verminderte Rotationsbewegung des Unterarms zustande kommen kann. Für die Pronations-Supinationsbewegung gilt ein Bewegungsumfang von ca 90-0-90 (6,80).

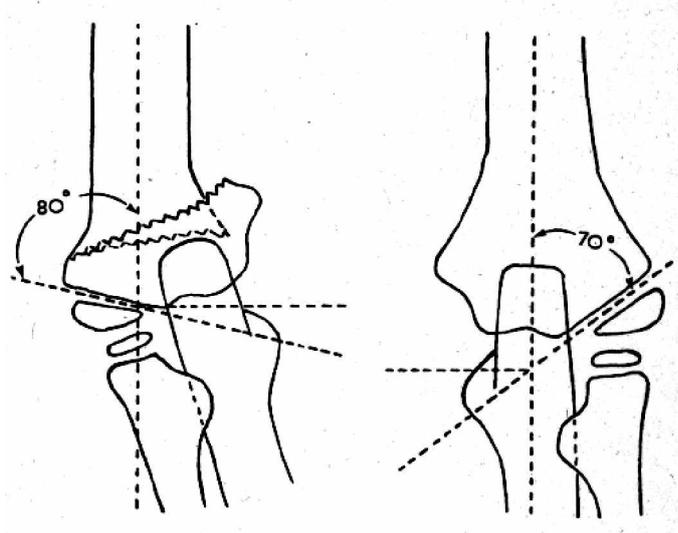
Eine suprakondylären Humerusfraktur kann als Folge eine persistierende Funktionsbeeinträchtigung der Ellengelenksbeweglichkeit nach sich ziehen. Eine nach der Gipsabnahme eingeschränkte Beweglichkeit gilt als normal und sollte sich mit der Zeit nach Verschwinden des Frakturkallus wieder von selbst zurückbilden.

Wichtig, ob der Patient durch eine Bewegungseinschränkung im Ellbogengelenk in seinem Alltagsleben eingeschränkt ist, ist jedoch nicht allein der tatsächliche Bewegungsumfang seines Ellbogengelenks, der ja ein wenig auch durch Bewegungen im Schultergelenk ausgeglichen werden kann, sondern der Effekt des Bewegungsverlustes auf die Beweglichkeit des gesamten Arms und auf das Gebiet, das er mit seiner Hand noch erreichen kann.

Für die meisten alltäglichen Aktivitäten wird das volle Potential der normalen Ellbogenbeweglichkeit gar nicht benötigt, wobei ein Flexionsverlust mehr einschränkend ist, als ein Extensionsverlust. Im Allgemeinen reichen 100° Flexionsfähigkeit (zwischen 30° und 130°) und 100° Rotationsfähigkeit des Unterarmes für den Alltag aus (64). Dabei ist jedoch das durch die Hand erreichbare Gebiet um etwa 20% vermindert.

Achsenfehlstellungen

Die häufigsten Langzeitkomplikationen der suprakondylären Humerusfraktur sind Achsenfehlstellungen, meist in Form des Cubitus varus (2,27,66,67).



In der Literatur finden sich Angaben, dass der Cubitus varus bei Wiederverletzung des betreffenden Ellbogens zu einer späteren Fraktur des Condylus lateralis führen kann (95).

Die Achsen des Ellbogengelenks, die in der Mitte des Humerusschaftes und der

Abbildung 13: Der Baumannwinkel (64).

Ulna liegen, bilden normalerweise miteinander einen Winkel von radiallyseitig aus gesehen 158° - 180° , den so genannten Kubitalwinkel; im Durchschnitt liegt er bei 165° bei Kindern und bei $162,2^{\circ}$ bei Erwachsenen, er nimmt also im Wachstum eher ab (5). Dieser Winkel bezeichnet den physiologischen Cubitus valgus. Ist er verkleinert, so besteht eine Valgisierung des Arms, ist er vergrößert, liegt eine Varisierung vor. Es soll hier zwischen den Begriffen Cubitus varus und Varisierung unterschieden werden, da bei einer Kubitalwinkelvergrößerung im Vergleich zum gesunden Arm eine Varisierung des Armes vorliegen kann, ohne dass bereits ein Cubitus varus besteht, bei dem ein Kubitalwinkel $>180^{\circ}$ vorliegen müsste.

Auf der Röntgenaufnahme sind diese Achsenfehlstellungen der Frontalebene nicht leicht zu identifizieren, da meistens gleichzeitig eine Seitverschiebung des distalen Fragments nach radial oder ulnar besteht. Man kann sie gegebenenfalls an einer Eindrückung der Fossa olecrani oder einem einseitigen klaffenden Frakturspalt erkennen.

Zur indirekten röntgenologischen Messung der Ellbogenachse wird meist der Baumannwinkel verwendet, der den Winkel zwischen der Achse des Humerusschafts und der Wachstumsfuge des Capitulum bezeichnet (7,104). Der Baumannwinkel beträgt normalerweise 64° - 82° (42) und zeigt mit zunehmendem Alter keine nennenswerten Veränderungen.

Im Gegensatz zu einer früheren Vermutung, dass der Cubitus varus durch Wachstumsstörungen an der distalen Epiphysenfuge des Humerus entsteht (14,36,41), oder durch einen fehlenden Kontakt der Frakturenden im kritischen

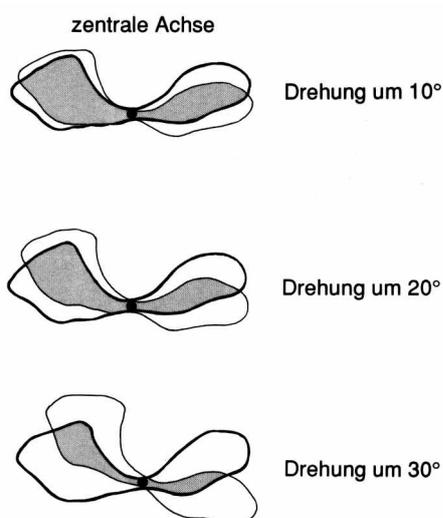


Abbildung 14: Verlust der Kontaktflächen bei Rotationsfehlstellung (54).

Bereich, das zu einem Überkippen nach medial prädisponiert (14,71), gilt es heute als gesichert, dass er meist durch einen vorher bestehenden Rotationsfehler ausgelöst wird (25,41,78,82). Das ist leicht zu verstehen, da die Frakturfläche im suprakondylären Bereich eine längliche Form besitzt, die man als schmetterlingsförmig bezeichnen könnte. Bei Rotationsfehlern liegt die Drehachse normalerweise zentral, so dass die beiden Fragmente nur noch auf der dünnen Lamelle der Fossa olecrani Kontakt haben. So beträgt der Verlust der Kontaktfläche schon bei

einer Fehlrotation von 20° über 50% und bereits bei einer Rotation von 50° geht der Kontakt zwischen den beiden Pfeilern vollkommen verloren (54). Durch die so entstandene Instabilität wird dann leicht ein Abkippen der ulnaren Seite des distalen Fragments nach proximal provoziert, es liegt dann ein Cubitus varus vor. Deswegen besteht ein wichtiges Ziel bei der Reposition und der Retention darin, einen Rotationsfehler so weit wie möglich zu beseitigen. Wie oben bereits aufgezeigt, kann ein Rotationsfehler auch entstehen bei der Fixierung der Fraktur im Gipsverband durch die Innenrotation des distalen Fragments durch die Fixierung des Unterarms am Thorax und die Außenrotation des proximalen Fragments durch den Zug nach außen, der durch den Tonus der Rotatorenmanschette bewirkt wird. Ein Rotationsfehler ist am besten im seitlichen Röntgenbild zu erkennen als ventraler oder dorso-ventraler Rotationssporn (11,12). Dieser Rotationssporn kommt zustande durch den Kalibersprung zwischen proximalem und distalem Fragment. Ein kleiner Rotationsfehler von weniger als 20° kann im ulno-radialen Röntgenbild durch den Epicondylus radialis verdeckt werden und ist nur im radio-

ulnaren Strahlengang erkennbar.

Weiterhin ist zur radiologischen Beurteilung, ob ein Rotationsfehler noch tolerabel ist, der Rotationsfehlerquotient nach v. Laer hilfreich. Man dividiert dabei die Breite des auf der seitlichen Aufnahme sichtbaren Rotationsspornes (in mm) durch die Breite der gesamten Trochlea in der ap-Aufnahme. Ein Rotationsfehlerquotient $>0,1$ gilt dabei als therapiebedürftig (54).

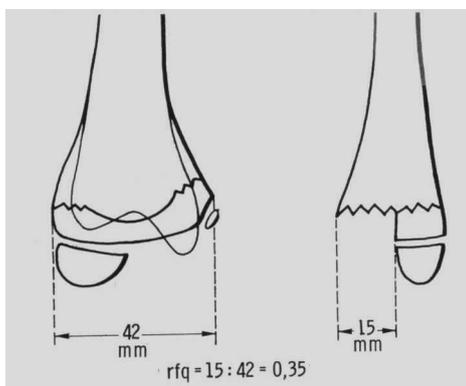
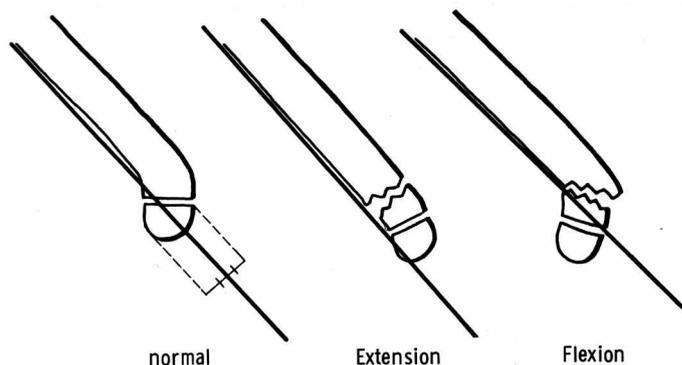


Abbildung 15: Rotationsfehlerquotient (54).

Der Cubitus varus und hypervalgus (dh. die über die physiologische Valgusstellung des gesunden Armes hinausgehende Valgisierung des frakturierten Armes) werden selbst am wachsenden Skelett, das in der Lage ist, viele Fehlstellungen wieder zu korrigieren, in keiner Weise mehr ausgeglichen. Es ist zwar bekannt, dass Rotationsveränderungen des Oberschenkels während des Wachstums spontan korrigiert worden sind, was jedoch im distalen Humerusbereich nicht möglich zu sein scheint. Der ventrale oder dorsale Rotationssporn wird jedoch mit der Zeit wieder abgebaut (54,68).

Re- und Antekurvationsfehlstellungen, welche eigentlich noch häufiger vorkommen durch die Extensionsstellung des distalen Fragments, werden während des Wachstums normalerweise spontan korrigiert, da sie entlang der determinierten Bewegungsachse des Ellbogengelenks liegen. Bis zum 7. Lebensjahr können diese Fehlstellungen in der Sagittalebene vollständig beseitigt werden (54).

Im Normalfall ist auf dem seitlichen Röntgenbild die Trochlea gegenüber dem Humerusschaft nach ventral abgelenkt. Legt man nun eine Gerade durch die Mitte



der Trochlea und eine Gerade entlang der ventralen Humerusdiaphyse, so ergibt sich ein Winkel, der bei Kindern ca. 30° bis 40° beträgt.

Im Röntgenbild kann man selbst minimale Achsenknicke in der Sagittalebene mit Hilfe der Rogers'schen Hilfslinie erkennen.

Abbildung16: Rogers'sche Hilfslinie (54).

Man legt hierzu eine Linie an die vordere Humeruskortikalis, die physiologischerweise das Capitulum humeri am Übergang vom mittleren zum hinteren Drittel schneidet. Liegt eine Extensionsfraktur (Antekurvatur) vor, so liegt der Schnittpunkt im vorderen Bereich des Capitulums oder sogar vor ihm, liegt eine Flexionsfraktur (Rekurvatur) vor, so schneidet die Linie das hintere Drittel oder liegt sogar hinter dem Capitulum (54).

Wachstumsstörungen

Bei der suprakondylären Humerusfraktur sind Wachstumsstörungen eher selten, da die Epiphysenfuge nicht tangiert wird (102); es konnte auch nachgewiesen werden, dass das Wachstum auch nicht durch die Spickdrahtosteosynthese gestört wird (25). Grundsätzlich können Wachstumsstörungen jedoch posttraumatisch bei jeder Fraktur im Wachstumsalter auftreten. Man muss unterscheiden zwischen zwei Arten von Wachstumsstörungen: Störungen mit Steigerung der Fugenfunktion und Störungen mit Hemmung der Fugenfunktion. Diese Arten können jeweils die gesamte Fuge oder auch nur Teile der Fuge betreffen. Bei einer Mehrdurchblutung der epiphysären Gefäße kommt es zu einer Stimulation des Stratum germinativum,

und so zu einem verstärkten Wachstum in der betreffenden Fuge. Die Dauer dieses vermehrten Wachstums ist jedoch abhängig von der Dauer der Reparations- und Umbauvorgänge im Frakturgebiet (55). Klinisch spielt diese Art der Wachstumsstörung bei der suprakondylären Humerusfraktur keine Rolle, da sie zu keiner nennenswerten Alteration der Ellbogenachse führt (54). Tritt aber eine Minderdurchblutung des Wachstumsknorpels auf, führt dies zu einer Nekrose dieses Knorpels mit nachfolgender Ausbildung einer knöchernen Narbe. Diese Form der Wachstumsstörung dauert deswegen bis zum Wachstumsabschluß an (55). Solche Wachstumsstörungen sind sehr selten bei suprakondylären Humerusfrakturen und treten zumeist als Folge von mehrfachen Bohrversuchen durch die Kondylen bei der perkutanen Kirschnerdraht-Spickung auf (54).

Jedoch gibt es am wachsenden Skelett nicht nur den Nachteil, dass bei Frakturen Wachstumsstörungen auftreten können, es besteht auch der Vorteil im Gegensatz zum Erwachsenenskelett, dass Achsenabweichungen grundsätzlich in allen 3 Ebenen des Raumes während des Wachstums wieder ausgeglichen werden können (54). So wirken im Falle von Achsenknicken periostale und periostal-epiphysäre Korrekturmechanismen, die gemäß dem Roux-Gesetz an der Seite der größten Druckbelastung den periostalen Anbau steigern, während sie gleichzeitig durch endostalen Abbau auf der Seite der schwächeren Belastung dafür sorgen, die ursprüngliche Form des Knochens wiederherzustellen. Achsenabweichungen in der Hauptbewegungsebene des Körpers, der Sagittalebene, werden in der Regel besser korrigiert, als Abweichungen in der Frontalebene. Die Korrekturfähigkeit ist also abhängig von der Wachstumserwartung der jeweiligen Wachstumsfuge, und damit vom Alter des Patienten, aber auch von der funktionellen Beanspruchung der Achsenabweichung selbst. Im Bereich des proximalen Humerus sind diese Korrekturpotenzen besonders stark ausgeprägt. Als Altersgrenze für diese Korrekturmechanismen, durch die Achsabweichungen in der Frontal- und Sagittalebene bis zu 60° korrigiert werden können, gibt wird für das 10.-12. Lebensjahr angegeben (54,69). Bei Rotationsfehlstellungen konnten diese direkten Korrekturmechanismen nicht nachgewiesen werden. Es wurden jedoch Spontankorrekturen von Rotationsfehlern am Oberarm und am Oberschenkel im Rahmen der Torsionsveränderungen, die physiologisch während des Wachstums stattfinden, beobachtet (52,53,54,69).

III. SPEZIELLER TEIL

Im folgenden Teil soll das für diese Studie nachuntersuchte Krankengut beschrieben werden und es erfolgt die Auswertung der Ergebnisse der Nachuntersuchung der Kinder, die zwischen 1993 und 1999 in der unfallchirurgischen Abteilung des Krankenhauses München-Harlaching wegen einer dislozierten suprakondylären Humerusfraktur behandelt wurden.

1. Material und Methoden

a) Patienten

Im Zeitraum vom 10.10.1993 – 15.12.2000 wurden insgesamt 65 Patienten im Alter von 1 bis 12 Jahren des Städtischen Krankenhauses München-Harlaching mit einer suprakondylären Humerusfraktur und stationärer Behandlung erfaßt. Da die vorliegende Studie sich nur mit den nicht-konservativ behandelten Frakturen beschäftigt, wurden die ambulanten, konservativ behandelten Patienten außer Acht gelassen. Die Patienten wurden folgendermaßen ermittelt:

1. Durchsicht der Stationsbücher der Kinderstation von 1993 – 2000 nach Patienten mit einer Humerusfraktur.
2. Selektion der suprakondylären Humerusfrakturen anhand der Röntgenbilder und der Patientenakten. Übrig blieben die genannten 65 Patienten, von denen noch einmal 5 aussortiert werden mußten, da sie aufgrund einer nur geringgradigen Dislokation eine konservative Behandlung erhalten hatten. So konnten schließlich 60 Patienten mit suprakondylärer Humerusfraktur und nicht-konservativer Behandlung ermittelt werden.

Nach Auswertung der Daten aus den Krankenakten und der Röntgenbilder wurden die Eltern zunächst schriftlich benachrichtigt und darauf wurde telefonisch ein Termin zur Nachuntersuchung vereinbart. 22 (37%) der angeschriebenen Patienten konnten nicht mehr ausfindig gemacht werden, 8 (13%) lehnten es aus verschiedenen Gründen ab, zur Nachuntersuchung zu erscheinen und 30 (50%) der ermittelten

Patienten erschienen schließlich zur Nachuntersuchung. Es gelang also die Hälfte der im oben genannten Zeitraum operativ oder wenig invasiv versorgten Patienten nachzuuntersuchen. Diese Arbeit bezieht sich im Weiteren auf die 30 nachuntersuchten Patienten.

b) Datenerfassung

Zur Datenerfassung wurde ein Erhebungsbogen erstellt, in dem alle für die Studie relevanten Daten eines jeden Patienten zusammengefaßt sind. Dieser Erhebungsbogen umfaßt Daten, die aus den Krankenakten, aus der Auswertung der vorhandenen Röntgenbilder, aus dem eigens für die Nachuntersuchung erstellten Fragebogen und aus den Ergebnissen der klinischen Nachuntersuchung entnommen wurden.

Die Nachuntersuchung bestand für jedes Kind darin, dass es zunächst zusammen mit den Eltern den genannten Fragebogen ausfüllen sollte, worauf dann die klinische Untersuchung des Arms folgte. Auf erneute Röntgenaufnahmen wurde aus Strahlenschutzgründen verzichtet.

Aus den Krankenakten entnommene Daten:

Aus den Krankenakten wurden zunächst allgemeine Daten entnommen zur Alters- und Geschlechtsverteilung, Unfallursache, zum betroffenen Arm, zum Zeitraum bis die Behandlung erfolgte und zum Zeitraum bis zur Nachuntersuchung.

Ebenfalls aus den Krankenakten stammen die Angaben über Begleitverletzungen und primäre Gefäß- und Nervenläsionen, über die therapeutische Versorgung der Fraktur, wie Art und Anzahl der Repositionen, Dauer des Klinikaufenthaltes und Dauer der Ruhigstellung und erfolgte Narkose und über bei der Therapie aufgetretene Komplikationen wie sekundäre Gefäß- und Nervenläsionen und Infektionen. Die Angaben zur Metallentfernung wurden ebenfalls aus den Krankenakten gewonnen.

Durch die Auswertung der Röntgenbilder gewonnene Daten:

Gemäß den präoperativen Röntgenaufnahmen der nachuntersuchten Patienten wurden die Frakturen nach der Klassifikation von v. Laer (102) und der Klassifikation von Felsenreich (23) eingeteilt, um dann bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen. Da die Klassifikation nach Gartland (29), wie bereits erwähnt, keine nennenswerten Unterschiede zur Felsenreich-Klassifikation aufweist, wird durch die Klassifikation nach Felsenreich auch eine Vergleichbarkeit mit Studien aus dem angloamerikanischen Sprachraum erreicht.

Aufgrund der Dislokationsrichtung nach ventral oder dorsal wurde dann das Vorliegen einer Flexions- oder Extensionsfraktur festgelegt. Aus postoperativen Röntgenbildern wurde die Lage und Anzahl der Spickdrähte und das Bestehen von Fragmenteinstauchungen festgehalten. Schließlich erfolgte die Bestimmung des Baumannwinkels, des Capitulumneigungswinkels und des Rotationsfehlerquotienten aus den letzten vorhandenen Röntgenbildern, die in den meisten Fällen kurz vor der Metallentfernung aufgenommen worden waren.

Daten aus dem Fragebogen:

Neben allgemeinen Daten, wie die Dauer vom Unfall bis zur Krankenhausaufnahme und dem dominanten Arm wurde vor allem nach der subjektiven Einschätzung des Patienten bzw. der Eltern gefragt. Es handelte sich um Fragen nach postoperativen und poststationären Schmerzen, nach der Zufriedenheit mit der Therapie und dem kosmetischen Ergebnis und dem Gefühl einer subjektiven Eingeschränktheit und dem Gefühl einer Seitendifferenz zwischen beiden Armen.

Des weiteren sollten die Patienten beantworten, ob sie in der Zeit nach dem stationären Aufenthalt eine Physiotherapie besucht hatten.

Daten aus der klinischen Nachuntersuchung:

Bei ausgestrecktem und supiniertem Arm wurde nach grober Inspektion der Kubitalwinkel mit dem Goniometer jeweils auf der gesunden und auf der verletzten Seite gemessen.

Die Armlänge wurde mit einem flexiblen Maßband vom Akromion bis zum Epicondylus radialis humeri und weiter bis zum Processus styloideus radii bei gestreckter und pronierter Armstellung festgestellt. Ebenfalls bei proniertem und gestrecktem Arm wurde der Armumfang beider Seiten jeweils 10 cm oberhalb und 10 cm unterhalb des Epicondylus radialis gemessen. Die Beweglichkeit wurde nach der Neutral-Null-Methode beim stehenden Patienten an beiden Armen mit dem Goniometer ausgemessen. Die Prüfung der Pronation-Supination erfolgte bei rechtwinklig gebeugten Armen mit an den Körper angelegten Ellbogen, um Mitbewegungen im Schultergelenk auszuschließen. Die Humerusrotation wurde überprüft, indem der Patient den im Schultergelenk in die Horizontale abduzierten Humerus bei 90° Flexion im Ellbogengelenk aus dem Schultergelenk maximal nach hinten und maximal nach vorne rotieren sollte.

Die Kraft bei Flexion und Extension und ebenso bei Pronation und Supination konnte leider nur subjektiv durch Halten und Gegenspannen durch den Arm des Untersuchers überprüft werden und ebenso die Greifkraft durch Drücken der Hände des Untersuchers. Hierbei erschwerend ist, dass beim Seitenvergleich der dominante Arm im Normalfall etwas, wenn auch nur minimal, kräftiger ist, als der nicht-dominante Arm. Die Fingermuskulatur wurde überprüft durch Adduktion und Abduktion gegen Widerstand.

Die Sensibilität wurde durch die Spitz-Stumpfpfeife und das Bestreichen der Dermatome mit der Fingerkuppe des Untersuchers im Seitenvergleich getestet, besonders die Kleinfingerkuppe für den Nervus ulnaris, die Zeigefingerkuppe für den Nervus medianus und der Handrücken für den Nervus radialis. Als weitere neurologische Untersuchung wurde der Radiusperiostreflex und der Trizepsreflex beider Arme überprüft, was aber bei sonstiger neurologischer Unauffälligkeit nur bedingt für aussagekräftig gehalten wird, weil diese Reflexe bei manchen Patienten nur schwer auslösbar sind, und zwar sowohl am verletzten, als auch am gesunden Arm.

Die Durchblutung wurde durch beidseitiges Tasten der Pulse der Arteriae radiales und ulnares und durch die Faustschlußprobe getestet.

2. Ergebnisse

a) Patienten- und Verletzungsdaten

Alters- und Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter der 30 nachuntersuchten Patienten betrug 5,5 Jahre, wobei der jüngste Patient 1 Jahr, der älteste 12 Jahre alt war. Am häufigsten trat die Fraktur im Alter von 4 bis 6 Jahren auf. Abbildung zeigt die Altersverteilung, wann sich die Patienten eine suprakondyläre Humerusfraktur zuzogen.

Abbildung 17 gibt ebenfalls eine Übersicht über die Geschlechtsverteilung. 47 Prozent der Patienten waren männlich (14), 53 Prozent weiblich (16).

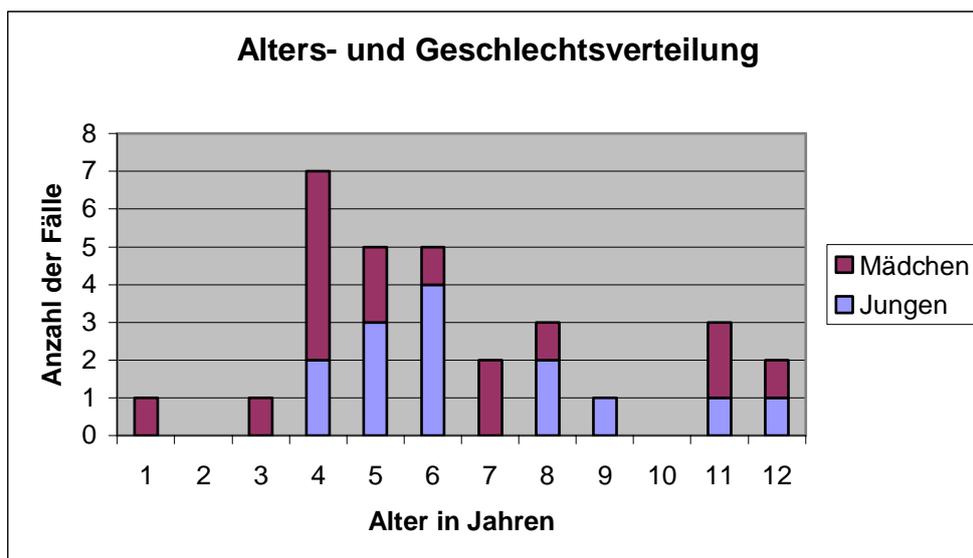


Abbildung 17

In 18 Fällen (60%) war der linke, in 12 Fällen (40%) der rechte Arm betroffen.

Jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit. Die Frakturen traten im Frühling und im Herbst gehäuft auf, während es im untersuchten Kollektiv in den Wintermonaten keine Frakturen gab. Die Häufung der Fraktur in den Sommermonaten könnte man darauf zurückführen, dass sich beim Spielen draußen mehr Unfälle ereigneten.

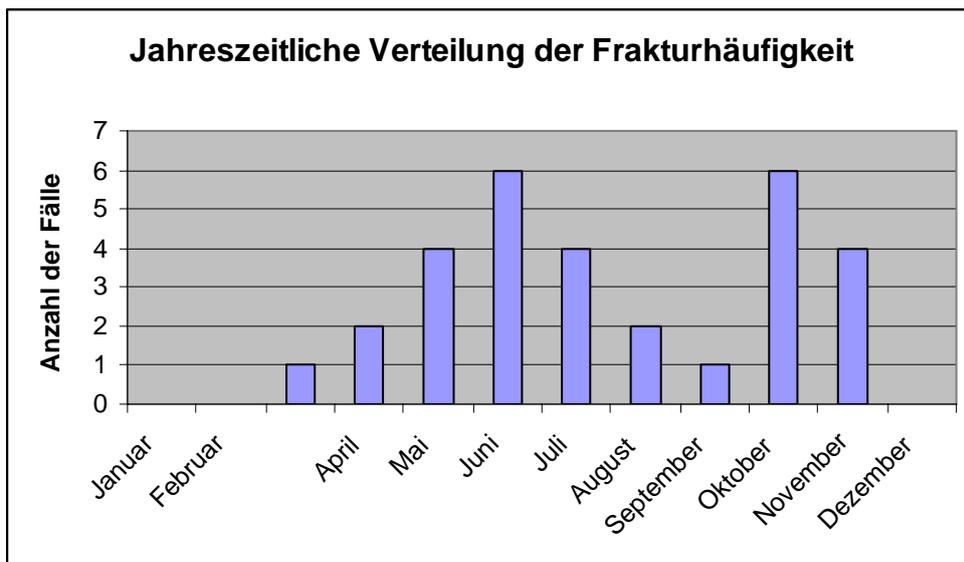


Abbildung 18

Unfallhergang

Bei den nachuntersuchten Patienten war die Ursache für die suprakondyläre Humerusfraktur stets ein Sturz, wobei sich dieser Sturz meist in der Freizeit (77%) ereignete. 18 Kinder davon stürzten im Freien, wie etwa von Spielgeräten, Fahrrädern oder Bäumen, 5 Kinder im Haus vom Bett, Tisch oder Fensterbrett. Während keine Frakturen durch Verkehrsunfälle verursacht wurden, zogen sich 4 Kinder eine suprakondyläre Humerusfraktur im Sport (13%) und 3 Kinder in der Schule bzw. im Kindergarten (10%) zu.

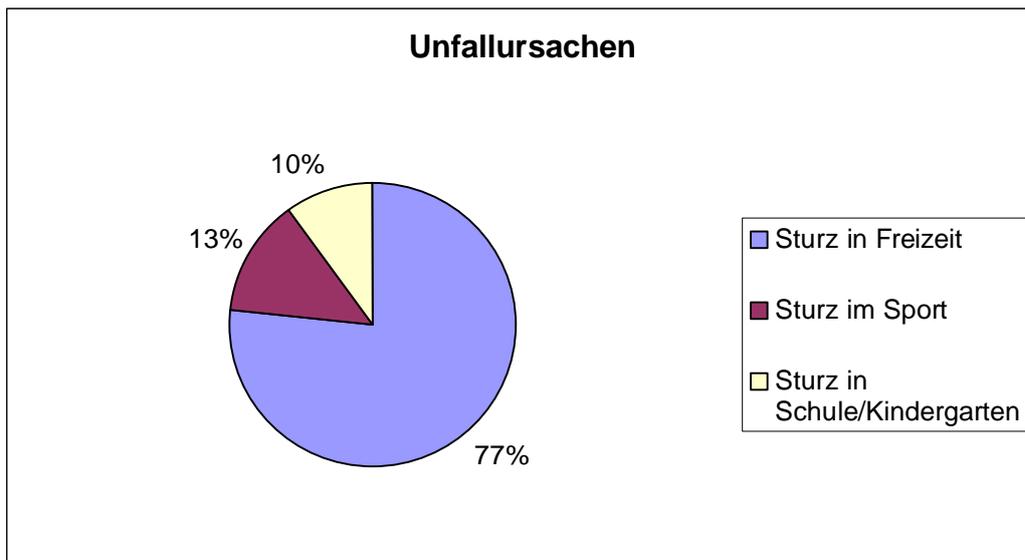


Abbildung 19

Aus den Unfallursachen wurde die ungefähre Sturzhöhe geschätzt; so ergibt sich, dass 7 Kinder aus einer Höhe von weniger als 0,5m (23%) gestürzt waren, nur 2 Kinder aus einer Höhe von 0,5m-1,0m (7%), 9 Kinder aus einer Höhe von 1,0m-1,5m (30%) und sogar 12 Kinder aus mehr als 1,5m (40%). Somit fällt auf, dass bei den nachuntersuchten Patienten die suprakondyläre Humerusfraktur eher bei Stürzen aus größerer Höhe auftrat.

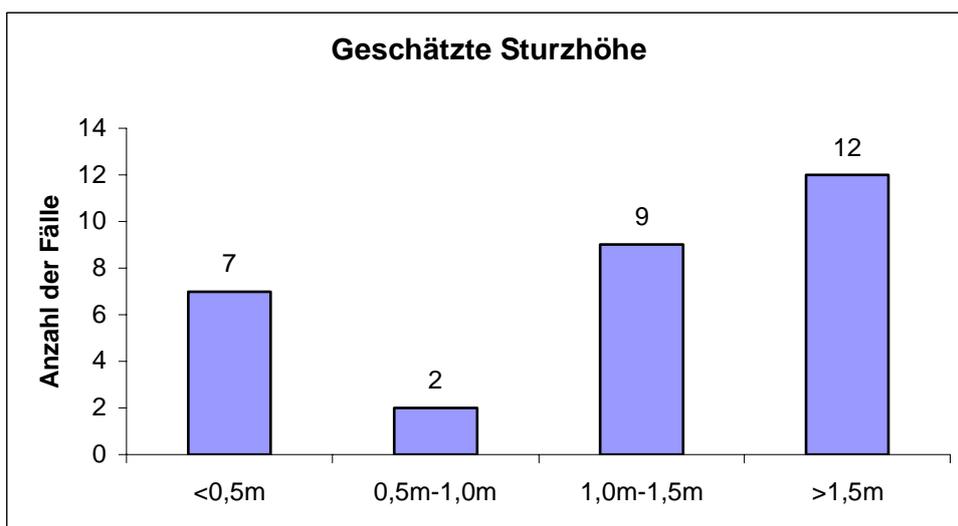


Abbildung 20

Klassifikationen

Unter den 30 nachuntersuchten Patienten war nur einer, der mit einem nach ventral dislozierten distalen Fragment eine Flexionsfraktur aufwies. Eine offene Fraktur kam in dem vorliegenden Patientenkollektiv nicht vor.

Die Frakturen wurden anhand der präoperativen Röntgenaufnahme jeweils nach der Klassifikation nach Felsenreich (23), die ja wie bereits erwähnt, weitgehend mit den oft verwendeten Klassifikationen nach Baumann (4) und nach Gartland (29) übereinstimmt, und nach der Klassifikation nach v. Laer (102) klassifiziert. Da in der vorliegenden Arbeit wie bereits erwähnt nur die nicht-konservativ behandelten Frakturen untersucht werden, wurden die undislozierten Frakturen außer Acht gelassen.

Bei der Klassifikation nach Felsenreich (Abbildung 21 und Abbildung 22) fallen unter den Grad FII 19 Frakturen (63%) und unter den Grad FIII 11 Frakturen (37%). Die größere Gruppe wies also noch einen, jedoch in den meisten Fällen nur noch einen geringen, Kontakt zwischen den beiden Bruchfragmenten auf.

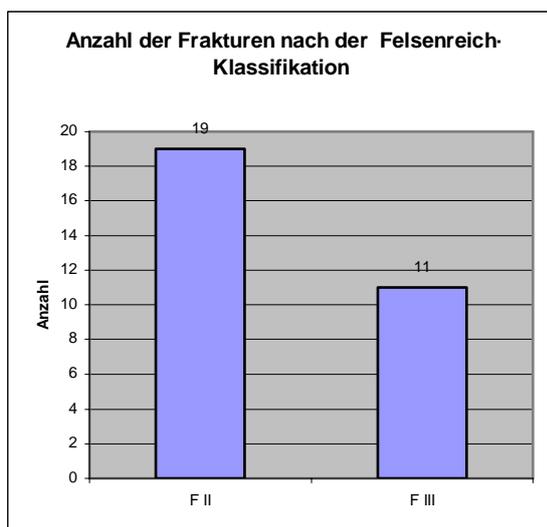


Abbildung 21

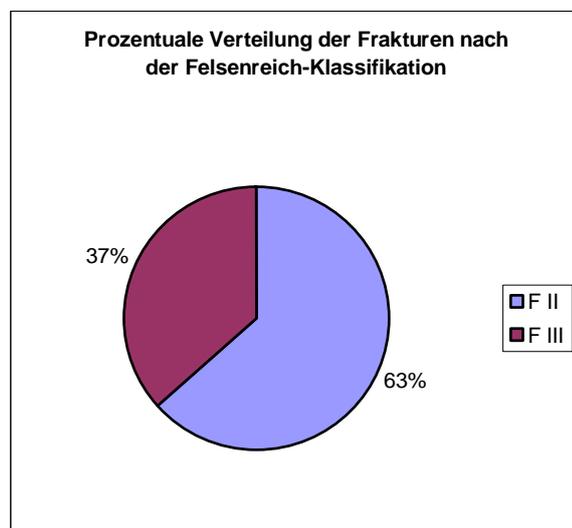


Abbildung 22

Bei der mehr untergliederten Klassifikation nach v. Laer (Abbildung 23 und Abbildung 24) fallen 2 Frakturen (7%), die nur in der Sagittalebene disloziert sind, unter den Grad

L 2. Bei den beiden Frakturen handelt es sich um Extensionsfrakturen, sie fallen also unter den Grad L 2a.

Die 10 L 3 Frakturen (33%) sind in zwei Ebenen disloziert, wovon 3 Extensionsfrakturen einen Rotationsfehler aufweisen (L 3a, 10%) und 7 Extensionsfrakturen eine Fehlstellung in der Frontalebene (L 3c, 23%).

18 Frakturen (60%) waren in allen drei Ebenen disloziert, wobei die beiden Bruchfragmente bei 7 Frakturen (23%) noch in Kontakt waren und bei 11 Frakturen (37%) überhaupt kein Fragmentkontakt mehr bestand. Eine der als 4a eingeordneten Frakturen konnte nur schätzungsweise innerhalb dieses Typs eingeteilt werden, da hier bei den Röntgenbildern die Aufnahme von lateral fehlte.

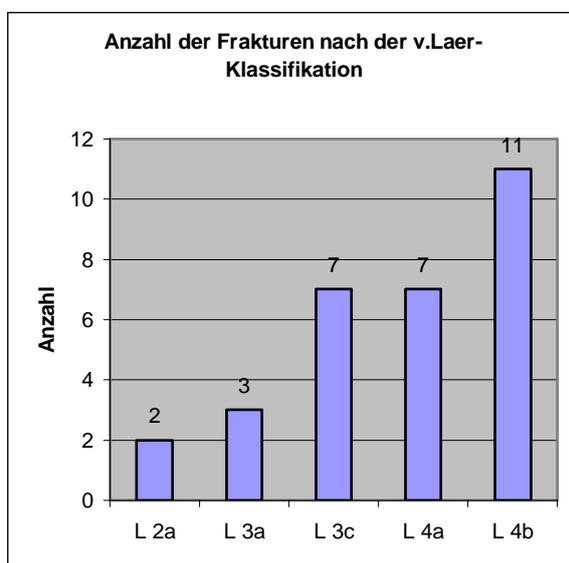


Abbildung 23

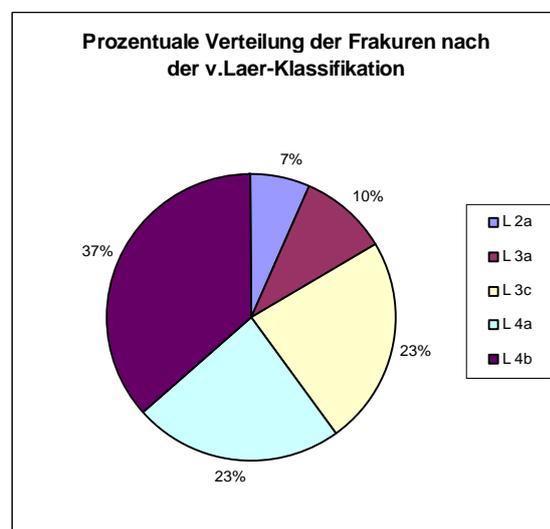


Abbildung 24

Tabelle 1 stellt die Aufteilung der Frakturen nach Felsenreich und v. Laer in Anzahl und Prozent einander gegenüber. Die F III-Frakturen entsprechen den L 4b-Frakturen, da in beiden Klassifikationen nach Verlust des Fragmentkontaktes eingeteilt wurde. In die Gruppe der F II-Frakturen fallen die L 2-, die L 3- und die L4a-Frakturen, wobei Felsenreich die Art der Achsenfehlstellung bei erhaltenem Fragmentkontakt nicht berücksichtigt.

Felsenreich			v. Laer		
Klassifikation	Anzahl	Prozent	Klassifikation	Anzahl	Prozent
F II	19	63%	L 2a	2	7%
			L 3a	3	10%
			L 3c	7	23%
			L 4a	7	23%
F III	11	37%	L 4b	11	37%

Tabelle 1

Bei der Zuordnung der jeweiligen Sturzhöhen zu den einzelnen Frakturtypen nach der v. Laer-Klassifikation ließ sich zeigen (Tabelle 2), daß bei einer Sturzhöhe von >1,5m die schwer dislozierten Frakturen am häufigsten vorkamen, wohingegen bei abnehmender Sturzhöhe eher leichtere Dislokationsgrade zu beobachten waren.

	<0,5m	0,5-1,0m	1,0-1,5m	>1,5m	Gesamt
2a	2(100%)				2
3a		1(33%)		2(37%)	3
3c	2(29%)		3(42%)	2(29%)	7
4a	1(14%)		4(57%)	2(29%)	7
4b	2(18%)	1(9%)	2(18%)	6(55%)	11

Tabelle 2

Zeitdifferenz von Unfall bis Behandlung

Abbildung 25 zeigt, wieviel Zeit verging, bis die Eltern mit ihren Kindern in die Klinik kamen. Durchschnittlich brauchten die 27 Patienten, die dazu Angaben machten, 1,2 Stunden. Alle kamen nach eigenen Angaben innerhalb von 4 Stunden in die Klinik, der Großteil sogar innerhalb der ersten Stunde; bei drei Patienten lag keine Aussage vor, es konnte jedoch der Akte entnommen werden, dass beide zumindest innerhalb des Unfalltages in die Klinik gekommen waren. Eine Patientin war zunächst innerhalb der ersten Stunde nach dem Unfall in ein anderes Krankenhaus eingeliefert worden und kam erst drei Tage nach dem Unfall auf Wunsch der Eltern zur postoperativen Behandlung ins Krankenhaus München-Harlaching.

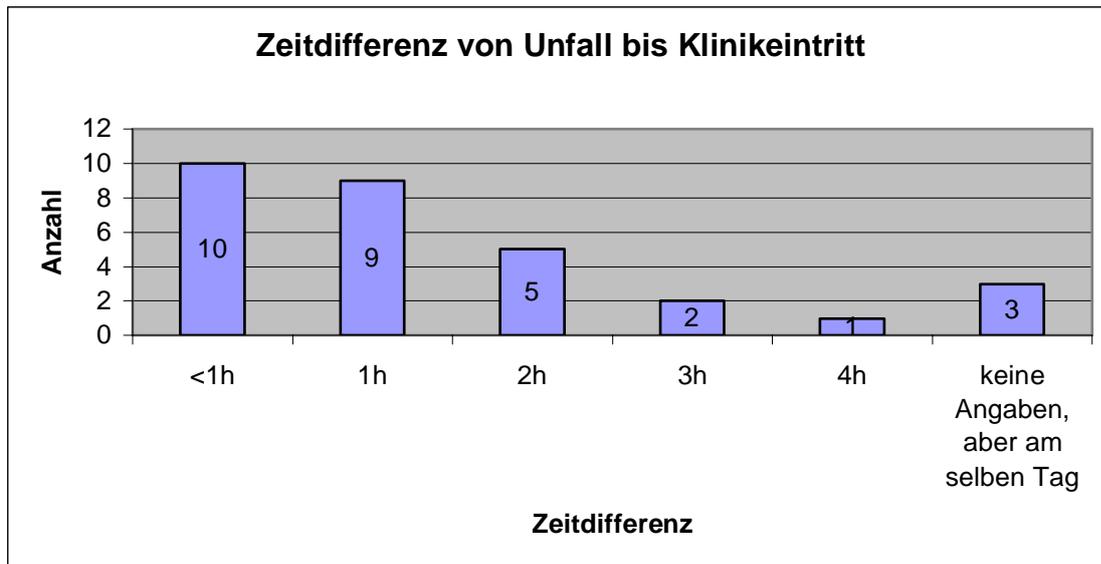


Abbildung 25

Der genaue Zeitraum vom Klinikeintritt bis zur Behandlung wird in Abbildung 26 dargestellt. Mit Behandlung ist hier die erstmalige Reposition gemeint, bei 2 Patienten erfolgte eine Spickung mit Kirschner-Drähten einige Stunden bzw. 2 Tage später. Bei einer weiteren Patientin erfolgte die Reposition in einem anderen Krankenhaus 2 Stunden später, gespickt wurde erst einige Stunden nach Reposition wegen des unbefriedigenden Ergebnisses, und weitere 2 Tage später erfolgte eine interfragmentäre Verschraubung wegen Ausbruchs eines großen Keils der ulnaren Metaphyse. Bei einer Patientin wurde erst 15 Stunden nach Klinikeintritt geschlossen reponiert und mit Spickdrähten fixiert.

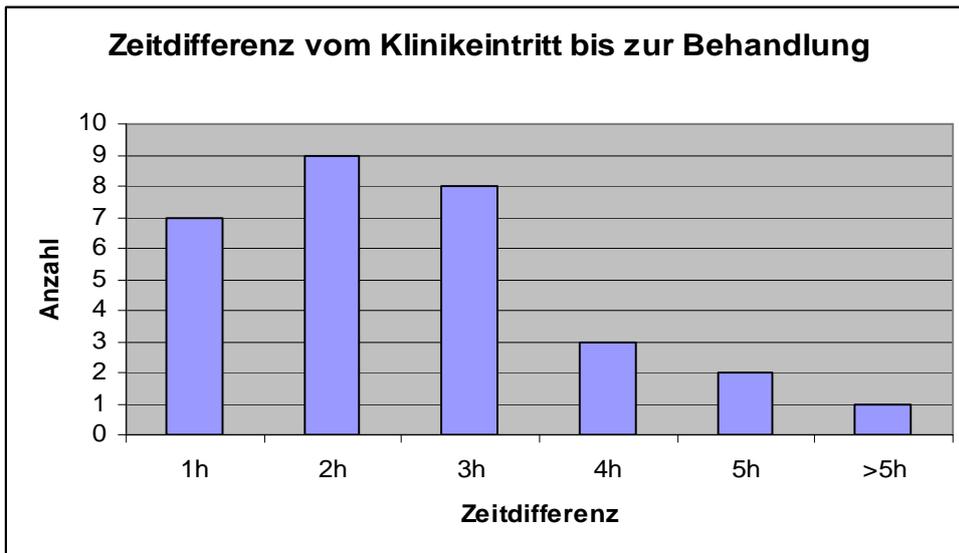


Abbildung 26

Abbildung 27 zeigt somit, dass, zumindest bei den Patienten, die Angaben gemacht hatten, in welchem Zeitraum sie in die Klinik gekommen waren, die Behandlung bis auf einen Fall im Zeitraum von 6 Stunden stattgefunden hat.

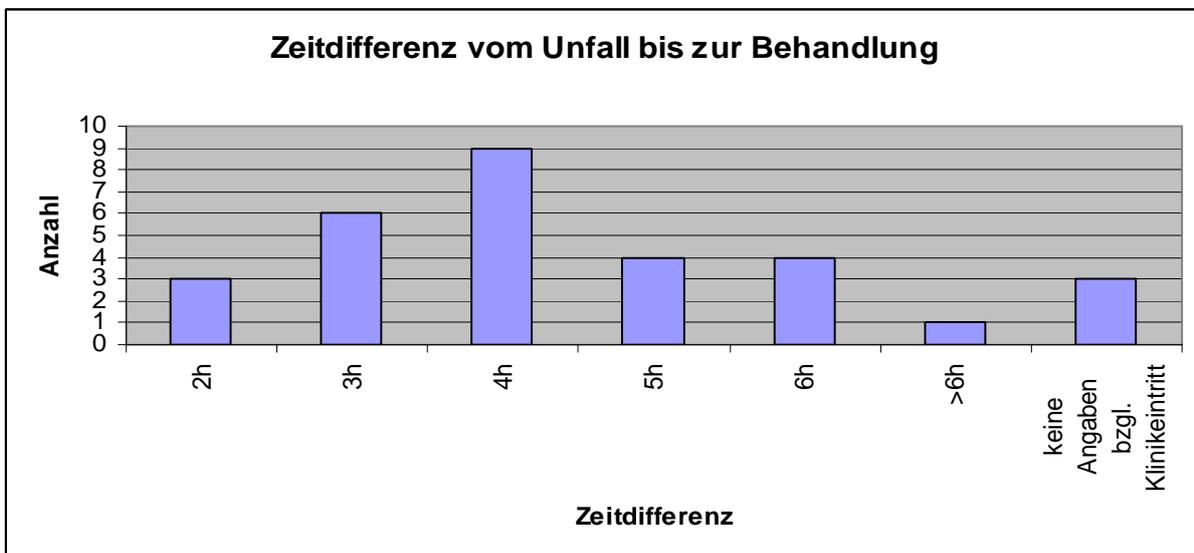


Abbildung 27

Betrachtet man, ob die Patienten unter der Woche tagsüber, also zur normalen Dienstzeit, aufgenommen worden sind, oder außerhalb dieser Zeiten, so zeigt sich, dass 10 Patienten innerhalb dieser Zeit (wofür als Grenze abends 17.00 Uhr angenommen wurde) im Krankenhaus aufgenommen wurden. 19 Patienten wurden erst später am Abend aufgenommen und bei der Patientin, die zunächst in einem

anderen Krankenhaus behandelt worden war, lässt sich die Aufnahmezeit nicht mehr nachvollziehen.

Begleitverletzungen

Begleitverletzungen ereigneten sich eher selten; so wiesen zwei Patienten am selben Arm mit der suprakondylären Humerusfraktur zusätzlich eine Radiusfraktur auf und ein Patient eine zusätzliche Schaftlängsfraktur des suprakondylär frakturierten Humerus. Eine der Radiusfrakturen betraf einen Arm mit suprakondylärer Fraktur der Klasse 4a und die andere Radiusfraktur einen Arm mit suprakondylärer Fraktur der Klasse 4b nach v. Laer. Die Schaftlängsfraktur war aufgetreten bei einer suprakondylären Fraktur der Klasse 3a nach v. Laer.

Gemäß den Krankenakten ließ sich bei keinem Fall eine primäre Gefäßläsion feststellen, primäre Nervenläsionen konnten bei zwei Fällen aus den Krankenakten entnommen werden, die sich nach der Reposition jedoch beide wieder vollkommen zurückbildeten. In einem Fall handelte es sich um eine Sensibilitätsstörung der Finger 1-3, im anderen Fall um eine Störung der Sensibilität und der Motorik der Finger 1 und 2, bei beiden Fällen handelte es sich also um eine Läsion des Nervus medianus.

Therapiemethoden

Die verschiedenen Therapiemethoden wurden bereits im allgemeinen Teil ausführlich beschrieben. Da die konservativ behandelten Fälle von der Nachuntersuchung ausgeschlossen wurden, kann im Folgenden nur auf die wenig invasiv und auf die operativ behandelten Fälle eingegangen werden. In der ausgewerteten Patientengruppe kam von den wenig invasiven Methoden ausschließlich die perkutane gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese nach geschlossener Reposition mit zwei oder mehreren Drähten 7 mal (23%) zur Anwendung. Als operative Methode kam die offene Reposition mit anschließender gekreuzter Kirschner-Draht-Osteosynthese 23 mal (77%) zum Einsatz.

Diese Zahlen beziehen sich auf die definitiven Behandlungsmethoden. Es war jedoch in mehreren Fällen nötig, nach einem zunächst geschlossenen Repositionsversuch

wegen erneuter Dislokation schließlich offen zu reponieren. In einem Fall wurde bei einem zunächst geschlossen reponiertem und nur im Gipsverband fixierten Arm aufgrund einer bei der Bildwandlerkontrolle bemerkten erneuten Rotationsfehlstellung ein zweiter geschlossener Repositionsversuch mit anschließender Spickung unternommen, der schließlich auch gelang. Bei dem bereits erwähnten, in einem anderen Krankenhaus behandelten Fall, war zunächst eine geschlossene Reposition unternommen worden und schließlich einige Stunden später mittels Spickdrähten aufgrund mangelnder Stabilität fixiert worden; wegen Instabilität musste jedoch zwei Tage später nach einer Metallentfernung offen reponiert werden, wobei eine Stabilisation der Fraktur und eines großen ausgebrochenen ulnaren Keils mit interfragmentärer Verschraubung und zusätzlicher Kirschner-Draht-Spickung erfolgte.

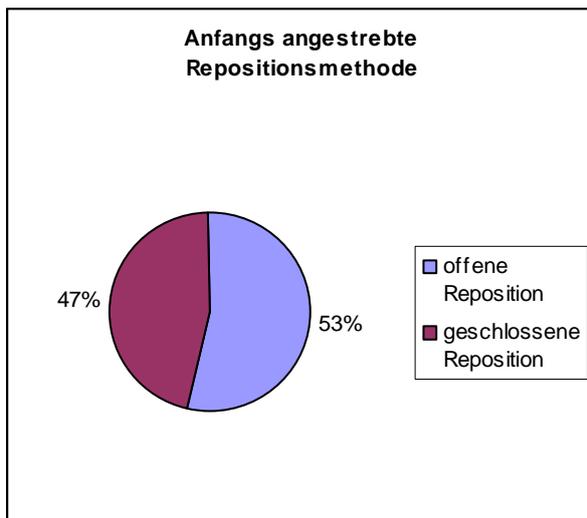


Abbildung 28

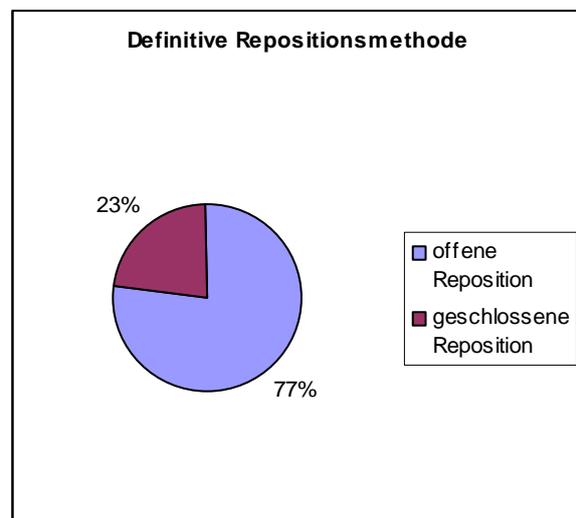


Abbildung 29

Abbildung 28 zeigt, dass zunächst in 14 Fällen (47%) eine geschlossene Reposition versucht wurde und bei 16 Fällen (53%) primär eine offene Reposition unternommen wurde.

Betrachtet man nur die Frakturen, bei denen zunächst ein geschlossener Repositionsversuch unternommen worden war, so zeigt sich, dass nur bei 6 Patienten (35,7%) der geschlossene Repositionsversuch gelungen war, einer (7%) musste, wie bereits oben erwähnt, nach einem geschlossenen Repositionsversuch mit Fixierung im Gipsverband nach der Bildwandlerkontrolle aufgrund einer Rotationsfehlstellung nochmal geschlossen nachreponiert und anschließend mit

Kirschner-Drähten gespickt werden. In 7 Fällen (57,1%) wurde nach geschlossenem Repositionsversuch schließlich offen reponiert. 4 dieser Frakturen wurden im selben Operationsgang offen nachreponiert aufgrund eines unbefriedigenden Repositionsergebnisses bei der geschlossenen Reposition. Der oben bereits genannte Patient, der zunächst in einem anderen Krankenhaus behandelt worden war, wurde zwei Tage nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils nocheinmal offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert. Eine weitere Fraktur war zunächst geschlossen reponiert und nur im Gipsverband fixiert worden, musste jedoch 2 Tage später offen nachreponiert und mittels Spickdrähten fixiert werden. Bei einem anderen Patienten war nach geschlossener Reposition und Fixierung im Gipsverband aufgrund eines bei der Kontrolluntersuchung entdeckten Abrutschens der Fraktur 5 Tage nach der geschlossenen Reposition eine offene Reposition mit Spickung vorgenommen worden.

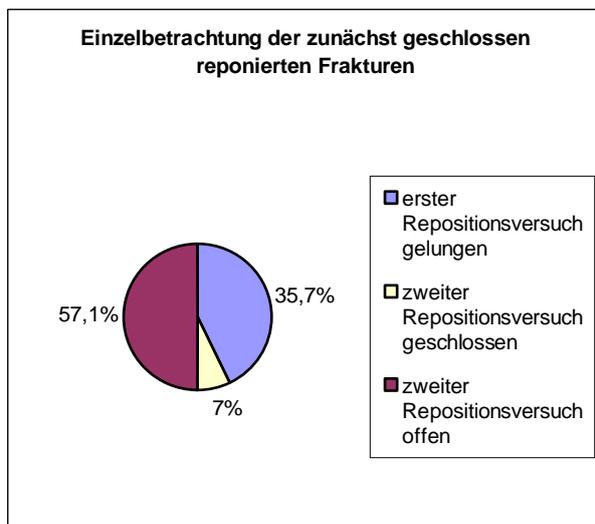


Abbildung 30

Die Kirschner-Drähte wurden wie bereits erwähnt immer in gekreuzter Konfiguration angebracht und bei jedem Fall unter die Haut versenkt. Bei 9 Kindern (30%) wurde mit zwei Spickdrähten fixiert, bei 3 Kindern (10%) mit drei Spickdrähten und bei 18 Kindern (60%) mit vier Spickdrähten.

Therapiemethoden im Vergleich zur Klassifikation

Innerhalb der Klassifikationsgruppen ist keine signifikante Gewichtung der anfänglich angestrebten Repositionsmethode erkennbar (Tabelle 3). Definitiv wurde jedoch bei höherem Dislokationsgrad eher offen reponiert (Tabelle 4).

Anfangs angestrebte Repositionsmethode

			geschlossene Reposition		offene Reposition	
v. Laer	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
L 2	2	7%	0	0	2	7%
L 3	10	33%	7	23%	3	10%
L 4	18	60%	7	23%	11	37%

Tabelle 3

Definitive Repositionsmethode

			geschlossene Reposition		offene Reposition	
v. Laer	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
L 2	2	7%	0	0	2	7%
L 3	10	33%	4	13%	6	20%
L 4	18	60%	3	10%	15	50%

Tabelle 4

Dauer der stationären Aufenthaltes

Die stationäre Behandlung dauerte im Schnitt für das gesamte Patientenkollektiv 6,5 (2-14) Tage. Betrachtet man die Durchschnittsdauer des stationären Aufenthaltes in Abhängigkeit vom Dislokationsgrad (Tabelle 5), so scheint dieser keine besondere Rolle gespielt zu haben. Auch ein Klinikaufenthalt länger als 5 Tage weist keine besondere Abhängigkeit vom Dislokationsgrad auf. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass Begleitverletzungen auch einen Beitrag zu einem längerem Klinikaufenthalt geleistet haben könnten. So betrug der stationäre Aufenthalt für die suprakondyläre L 3-Fraktur mit der zusätzlichen Schaftlängsfraktur 14 Tage. Das Kind mit der einen Radiusfraktur (bei suprakondylärer L 4-Fraktur) mußte 6 Tage in

der Klinik bleiben, das mit der anderen Radiusfraktur (bei suprakondylärer L 4-Fraktur) mußte 10 Tage in der Klinik bleiben.

	L 2	L 3	L4
Mittelwert (Range)	6 (4-8)	6,8 (2-14)	6,4 (3-10)
>5 Tage	1(50%)	5(50%)	12(67%)

Tabelle 5

Betrachtet man nun aber die Durchschnittsdauer des stationären Aufenthaltes in Abhängigkeit von der Art und Anzahl der Repositionen (Tabelle 6), so fällt auf, dass die geschlossene Reposition mit Kirschner-Draht-Spickung im Schnitt nur einen 3,7 (2-7) Tage langen stationären Aufenthalt erforderte, während die Kinder nach primär offener Reposition im Schnitt 6,6 (3-10) Tage in der Klinik bleiben mussten. Das eine Kind, bei dem nach konservativem Fixationsversuch im Gipsverband nach geschlossener Reposition eine geschlossene Nachreposition vorgenommen wurde, wurde 5 Tage lang in der Klinik behalten, die Fälle, bei denen offen nachreponiert wurde, wiesen einen durchschnittlichen stationären Aufenthalt von sogar 8,9 Tagen (4-14) auf. Dabei ist auffällig, dass die Patienten, bei denen die offene Nachreposition erst später stattfand, auch einen längeren stationären Aufenthalt aufwiesen. Darunter fällt der oben besprochene anfangs in einem anderen Krankenhaus behandelte Patient mit der Absprennung eines ulnaren Keils auf, der einen Gesamtaufenthalt in beiden Kliniken von 12 Tagen aufweist Die erst 2 Tage später offen nachreponierte Fraktur, die zunächst konservativ im Gipsverband ruhiggestellt worden war, wies einen stationären Aufenthalt von 9 Tagen auf. Nach geschlossener Reposition gab es nur einmal (17%) einen Aufenthalt von mehr als 5 Tagen, nach definitiver offener Reposition aber 17 mal (74%). Der Patient, der 5 Tage nach geschlossener Reposition und Fixation im Gipsverband offen nachreponiert wurde, wurde 12 Tage stationär behalten.

	Geschlossene Reposition	Offene Reposition	Geschlossene Nachreposition	Offene Nachreposition
Mittelwert (Range)	3,7 (2-7)	6,6 (3-10)	5,0 (5)	8,9 (4-14)
>5 Tage	1(17%)	12(75%)	0	5(71%)

Tabelle 6

Daten zum weiteren Fortgang der Behandlung

Bei suprakondylären Humerusfrakturen wurde angestrebt, den Gipsverband für ca. 4 Wochen zu belassen.

Die Spickdrähte wurden im Durchschnitt nach 50,6 (32-72) Tagen wieder entfernt; in diesen Mittelwert wurden die 124 Tage, während denen die Spickdrähte bei dem Fall, der zusätzlich mit interfragmentärer Verschraubung versorgt worden war, belassen wurden, nicht miteinberechnet. Bei drei weiteren Fällen lagen keine Daten vor, wann die Metallentfernung erfolgte. Die Metallentfernung wurde stets in Allgemeinnarkose vorgenommen, wobei die Kinder jedoch am selben Tag wieder entlassen werden konnten. Nur drei der 30 nachuntersuchten Kinder wurden länger als einen Tag in der Klinik behalten, alle drei kamen am Abend vor der Metallentfernung in die Klinik und zwei davon wurden am nächsten Tag wieder nach Hause entlassen. Bei dem dritten Kind handelte es sich um den Fall mit der zusätzlichen interfragmentären Verschraubung; es wurde erst zwei Tage nach der Metallentfernung aus der Klinik entlassen.

Physiotherapie wurde in der Regel nicht empfohlen; durch die Nachfrage im Fragebogen konnte aber festgestellt werden, daß nur 13 (43,5%) der Patienten ganz ohne Physiotherapie ausgekommen waren. 1 (3%) Patient machte dazu keine Aussage und sogar 16 (53,5%) der Patienten hatten sich doch in physiotherapeutische Behandlung begeben. Bei 7 Patienten davon (44%) betrug die Dauer der physiotherapeutischen Behandlung weniger als 1,5 Monate (2 Wochen bis 1,5 Monate), bei 4 Patienten (25%) weniger als 6 Monate (3-6 Monate) und bei 3 Patienten (19%) sogar 1 Jahr. 2 Patienten (12%) hatten keine Angaben zur Dauer ihrer physiotherapeutischen Behandlung gemacht.

Postoperative Komplikationen

Postoperativ wurden gemäß den Krankenakten keine sekundären Gefäß- oder Nervenläsionen festgestellt, wobei man aber davon ausgehen muß, daß vorübergehende Parästhesien bei Kindern oft unentdeckt bleiben, wenn man nicht gezielt danach sucht. In mehreren Fällen konnte eine postoperative starke

Schwellung des Ellbogens festgestellt werden. Infektionen an der Operationsstelle traten bei keinem der Kinder auf.

Im Fragebogen gab der Großteil der Patienten (80%; n=24) bei der Frage nach den postoperativen Schmerzen an, leichte oder mittelmäßige Schmerzen gehabt zu haben. Abbildung 30 zeigt die genaue Verteilung der Aussagen. Diese Aussagen können aber nur sehr vorsichtig gewertet werden, da zum einen die Einordnung von Schmerzen in eine sechsstufige Skala sehr subjektiv und vom individuellen Schmerzempfinden abhängig ist, zum anderen, da die Operation bei den Patienten lange zurückliegt (1,5-8,5 Jahre!!) und somit die Erinnerung an die damaligen Schmerzen nicht mehr realistisch reproduzierbar ist, zumal die meisten Patienten zum Zeitpunkt der Operation noch sehr jung waren.

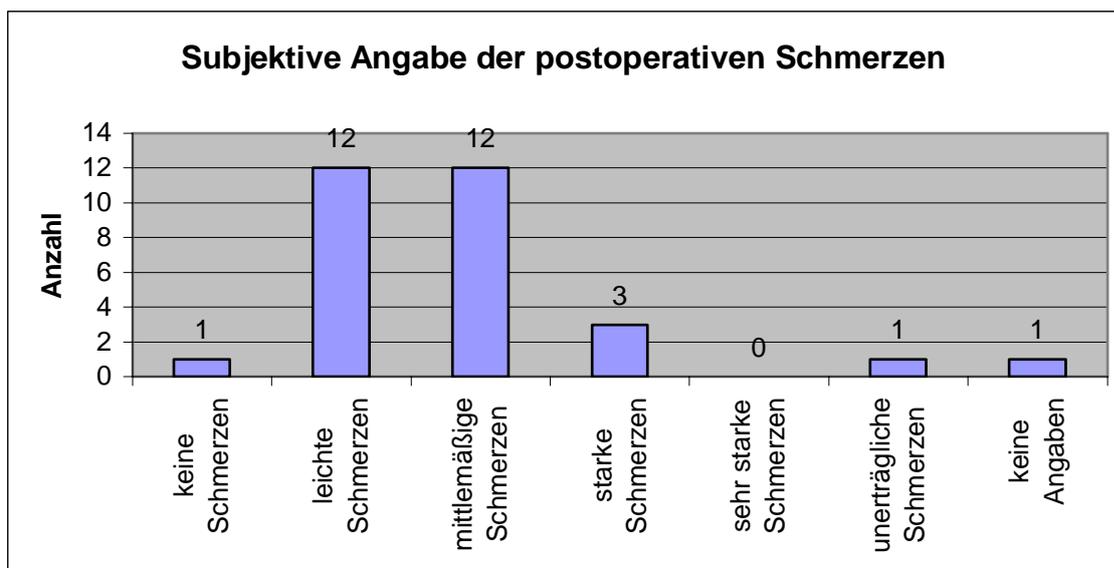


Abbildung 30

19 Patienten (63 %) gaben an, nach dem Klinikaufenthalt keine Schmerzen mehr gehabt zu haben, während 11 Patienten (37 %) angaben, dass zu dieser Zeit noch Schmerzen auftraten, vor allem bei Bewegungen wie Beugen und Strecken und beim Schlafen auf dem verletzten Arm, aber auch Wetterfühligkeit wurde einmal genannt.

Die meisten Patienten (87 %) kennzeichneten im Fragebogen, heute keine Schmerzen mehr zu haben, die 3 Patienten (10 %), die bis heute noch Schmerzen angaben, beschrieben diese als leichtes Ziehen zwischendurch und Wetterfühligkeit und ein Patient (3 %) machte zu dieser Frage keine Angabe.

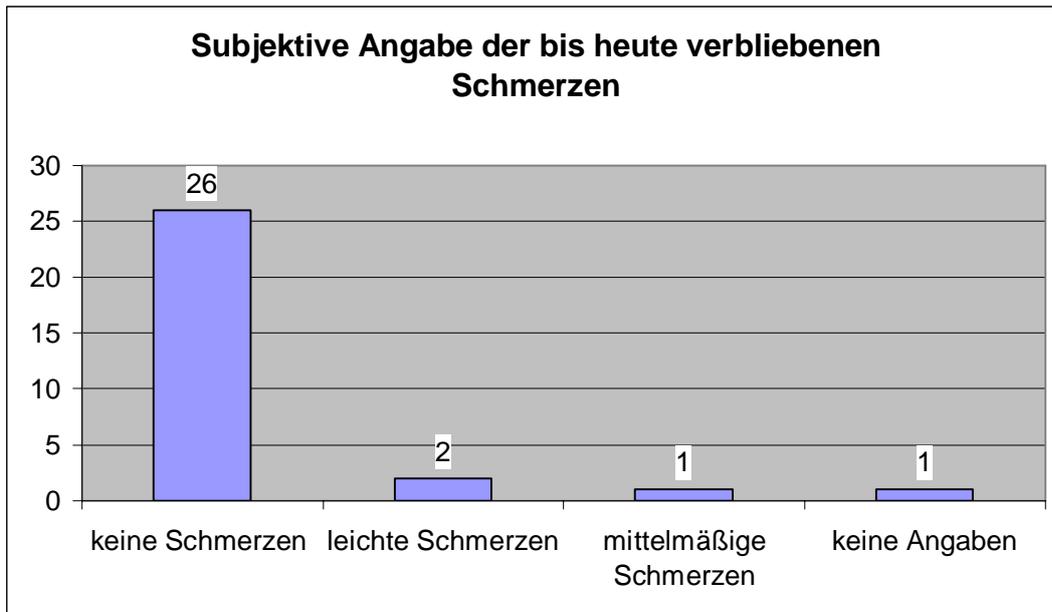


Abbildung 31

b) Ergebnisse der Nachuntersuchung

In Abbildung 32 ist dargestellt, in welchem zeitlichen Abstand zum primären Unfallereignis die Patienten zur Nachuntersuchung erschienen. Der durchschnittliche Abstand vom Unfall bis zur Nachuntersuchung betrug 5,4 Jahre (bei einer Zeitspanne von 2 bis 9 Jahre).

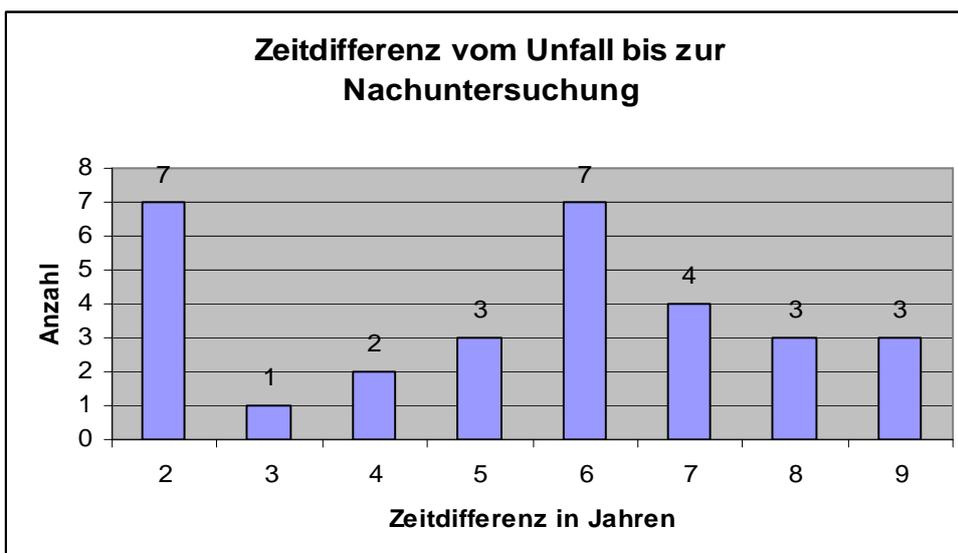


Abbildung 32

Angiologie und Neurologie

Keiner der Patienten hatte im Fragebogen die Frage nach bis zur Zeit der Nachuntersuchung auftretendem Kribbeln oder Taubheit des verletzten Armes mit „ja“ beantwortet.

Auch bei der neurologischen Nachuntersuchung (siehe oben) gab es bei keinem der Patienten Auffälligkeiten, wobei das Fehlen der getesteten Reflexe nicht als pathologisch bewertet wurde, da diese bei den betreffenden Patienten am anderen Arm ebenfalls nicht auslösbar waren.

Radialis- und Ulnarispuls waren bei allen Patienten an beiden Armen tastbar und die Faustschlußprobe brachte ebenfalls keine auffälligen Ergebnisse.

So läßt sich zusammenfassend sagen, dass bei den nachuntersuchten Patienten keine neurologischen oder angiologischen Langzeitschäden festzustellen waren.

Funktionelle Spätfolgen

Die Bewegungsmöglichkeiten wurden nach der Neutral-Null-Methode gemessen. Der Bewegungsspielraum am gesunden Arm zeigte bei der Flexions-/Extensionsbewegung Werte von (130-155)-0-(0-10). Bei der Bestimmung der jeweiligen Mittelwerte ergibt sich somit für den gesunden Arm eine durchschnittliche Beweglichkeit von 136-0-3. Der verletzte Arm hatte einen Bewegungsumfang bei Flexion/Extension von (130-150)-0-(0-10). Bildet man aus den Flexions-/Extensionsdaten aller nachuntersuchten verletzten Arme den Mittelwert, so ergibt sich eine durchschnittliche Beweglichkeit von 133-0-4. Abbildung 33 zeigt, dass zur Zeit der Nachuntersuchung bei der Flexionsbewegung in den meisten Fällen keine Winkeldifferenzen zwischen verletztem und gesundem Arm vorlagen; bei den Fällen mit Winkeldifferenzen hatten diese jedoch nur ein relativ geringes Ausmaß. Betrachtet man die Fälle mit Winkeldifferenzen ab 10°, so ist auffällig, dass alle vier Fälle zunächst geschlossen reponiert worden waren. Ein Patient von den vier mit 10° Flexionsdefizit war aber im selben Operationsgang noch einmal offen nachreponiert worden.

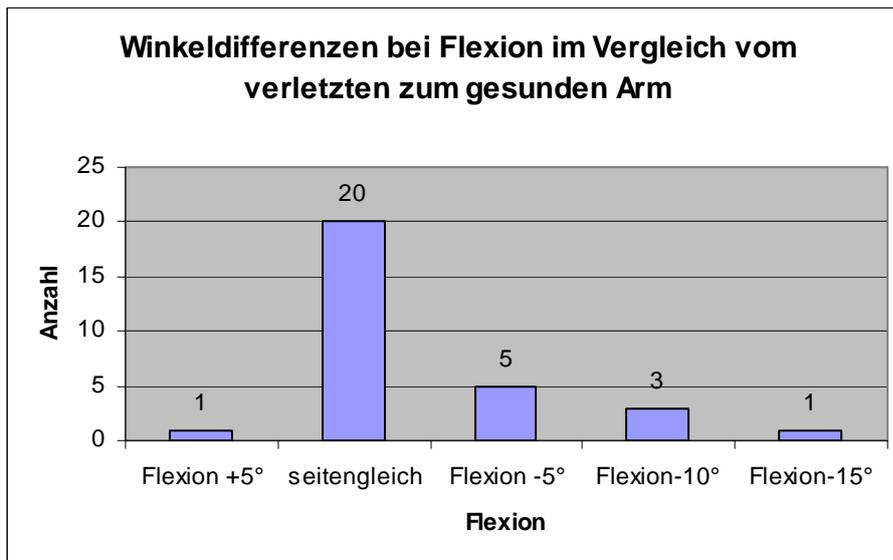


Abbildung 33

Bei der Extensionsbewegung des verletzten Arms ließen sich bei dem nachuntersuchten Patientenkollektiv kaum Unterschiede zum gesunden Arm aufzeigen. 27 Patienten (90%) hatten seitengleiche Extensionswinkel und nur 3 Patienten wiesen eine im Vergleich zum gesunden Arm vermehrte Streckfähigkeit des verletzten Arms um 5° auf. Davon lag in einem Fall eine echte Überstreckbarkeit von 5° auf, bei den beiden anderen Fällen lag gleichzeitig ein Flexionsdefizit von 10° bzw. von 15° vor, so dass man anstatt Hyperextension in diesen beiden Fällen von einer Rekurvationsfehlstellung von 5° sprechen muss mit gleichzeitigem Vorliegen eines Flexionsdefizits von 5° bzw. 10°. Betrachtet man das Alter zum Zeitpunkt des Unfalls, so fällt auf, dass beide Patienten mit 4 bzw. 5 Jahren noch in den Zeitraum bis zum 7. Lebensjahr fallen, in dem Ante- und Rekurvationsfehlstellungen nach v. Laer im Rahmen des natürlichen Wachstums noch korrigiert werden (siehe oben).

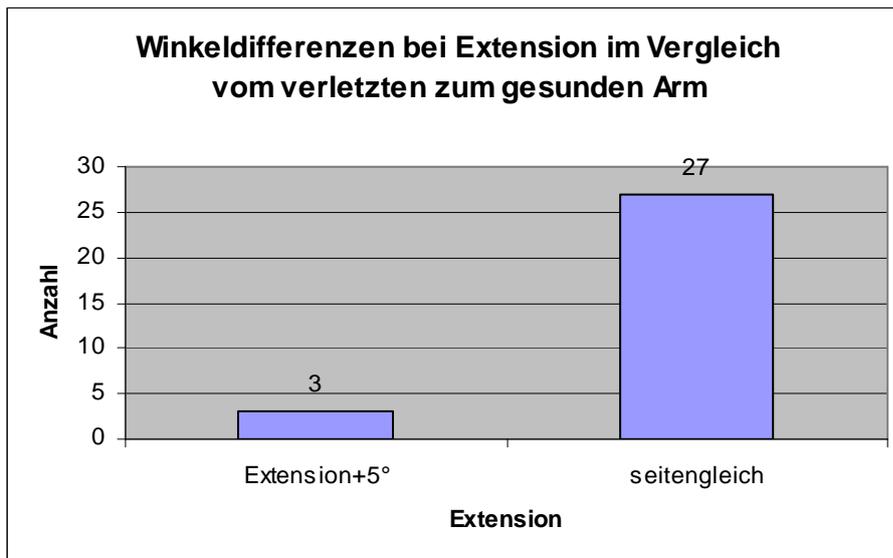


Abbildung 34

Die Pronations- /Supinationsbewegung blieb von der Fraktur unbeeinflusst, es ließen sich hier keine Seitendifferenzen in den Bewegungsumfängen feststellen. Auch die Humerusrotation wies keine auffälligen Befunde auf, bei ihr lagen ebenfalls bei allen Patienten seitengleiche Bewegungsumfänge vor.

Bei der Untersuchung der Muskelkraft, die ja, wie bereits beschrieben, leider nur subjektiv vorgenommen werden konnte, wiesen 28 Patienten (93 %) eine normale Muskelkraft im Vergleich zum gesunden Arm unter Beachtung der leichten normalen Kraftungleichheit zwischen dominantem und nicht-dominantem Arm auf. Bei einem Patienten war eine Verminderung der Kraft bei der Extensionsbewegung gegen Widerstand am verletzten Arm zu bemerken und bei einem weiteren Patienten war die Muskelkraft des verletzten Armes bei Bewegungen gegen Widerstand sowohl bei Flexion und Extension, als auch bei Pronation und Supination eingeschränkt und ebenfalls die Greifkraft beim Händedruck des verletzten Arms war im Vergleich zur Gegenseite vermindert- bei dem verletzten Arm handelte es sich hierbei um den nicht-dominanten Arm, die Krafteinschränkung war aber zu auffällig, um sie einfach nur auf diese Tatsache zurückzuführen.

Die Frage im Fragebogen, seit dem Unfall in irgendeinem Bereich ihres Lebens eingeschränkt zu sein, beantworteten 28 Patienten (93 %) mit „nein“, und nur 2 Patienten (7 %) mit „ja“, wobei es sich bei diesen beiden Patienten um diejenigen mit der in der Nachuntersuchung festgestellten verminderten Kraft des verletzten Arms handelte, wobei die Patienten den Fragebogen vor der Nachuntersuchung ausgefüllt hatten, und der Untersucher die Angaben erst nach der Nachuntersuchung zu

Gesicht bekommen hatte, so dass hier keine gegenseitige Beeinflussung sowohl des Untersuchers als auch der Patienten vorlag.

Achsenfehlstellungen

Wie bereits erwähnt, sind die häufigsten Langzeitkomplikationen der suprakondylären Humerusfraktur Achsenfehlstellungen wie der Cubitus valgus, und vor allem der Cubitus varus. Zur Feststellung dieser Achsenfehlstellungen wurde bei der Nachuntersuchung der Winkel von Oberarm- zu Unterarmachse mit dem Goniometer bestimmt. Um die Winkeldifferenz zwischen dem verletzten und dem gesunden Arm zu unterscheiden, werden, wie oben bereits erwähnt, die Begriffe Valgisierung, Varisierung und echter Varus verwendet. Valgisierung bezeichnet einen kleineren Kubitalwinkel des verletzten Arms im Vergleich zum gesunden Arm, also eine verstärkte Valgusstellung. Der Begriff Varisierung beschreibt, dass der verletzte Arm zwar mit einem größeren Kubitalwinkel verheilt ist, aber noch keinen echten Varus bildet. Als echter Varus wird die Armachse dann erst bezeichnet, wenn die 180°-Linie überschritten wird.

Bei der Ausmessung der Winkel muss man beachten, dass man mit einem Goniometer eine Meßgenauigkeit von höchstens $\pm 5^\circ$ erreicht.

Die ausgemessenen Armachsen auf der gesunden Seite wiesen im Durchschnitt einen Winkel von 9° (0° - 20°) Valgus auf.

Beim Winkelvergleich mit dem verletzten Arm (Abbildung) war dann zu bemerken, daß der Großteil der nachuntersuchten Patienten ($n=19$; 63,3 %) eine seitengleiche Armachse hatten. Bei 3 Patienten (10 %) bestand eine Valgisierung auf der verletzten Seite, einmal (3 %) um 5° , also noch im Bereich der Meßungenauigkeit, zweimal (7 %) um 10° . 8 Patienten (26,7 %) wiesen eine Varisierung des verletzten Arms auf, fünfmal (17 %) um 10° , zweimal (7 %) um 15° und einmal (3 %) um 20° , wobei dreimal (10 %) ein echter Varus nach der oben genannten Definition vorlag. Bei der einen Varisierung um 15° handelte es sich um einen echten Varus, der um 5° von der 0° -Linie abwich und bei der anderen Varisierung um 15° und der Varisierung um 20° handelte es sich jeweils um einen echten Varus, der um 10° von der 180° -Linie abwich.

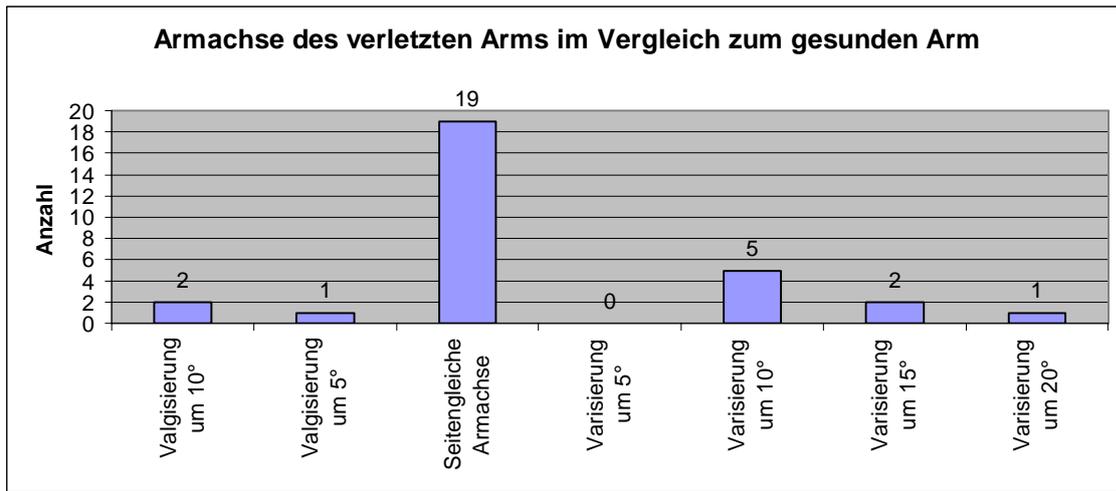


Abbildung 35

Abbildung 36 zeigt die Armachsen der verletzten Arme im Vergleich der Armachsen der gesunden Arme.

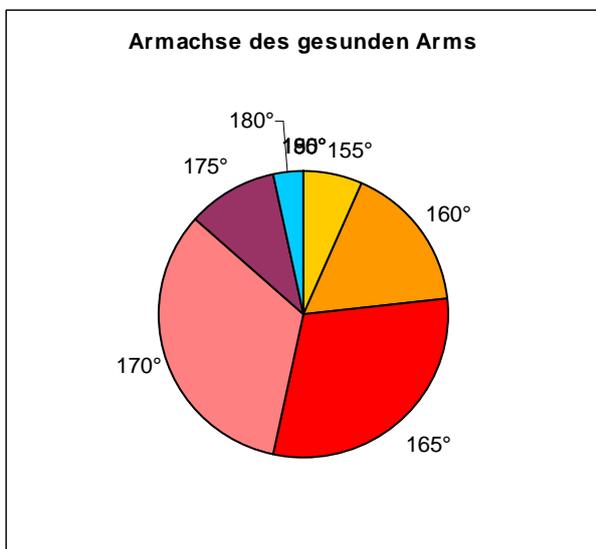
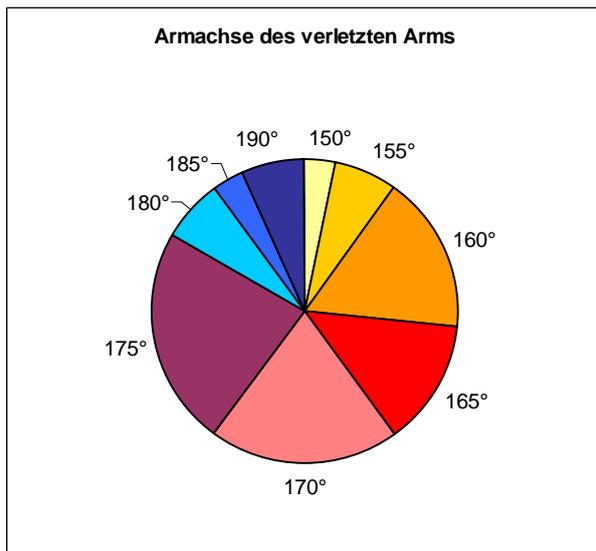


Abbildung 36

Im Folgenden sollen nun die Fälle mit einer Achsenabweichung ab 10° ($n=10$) betrachtet werden. Von den beiden Patienten mit einer Valgisierung von 10° war einer geschlossen und einer offen reponiert worden. Von den acht Patienten mit einer Varisierung um $>10^\circ$ waren 3 primär offen reponiert worden, zwei geschlossen (wobei es sich bei einem von beiden um den Patienten mit einer Varisierung um 20° handelt), einer zunächst geschlossen und im selben Operationsgang offen nachreponiert, bei einem Patienten handelt es sich um den, der zunächst in einem anderen Krankenhaus behandelt worden war, nach zwei Tagen nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils nocheinmal offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert worden war, und beim 8. Patient handelt es sich um den bereits genannten, der zunächst geschlossen reponiert und nur im Gipsverband fixiert worden war, jedoch 2 Tage später offen nachreponiert und mittels Spickdrähten fixiert werden musste.

Beim Betrachten der vorliegenden Fragmenteinstauchungen auf den postoperativen Röntgenaufnahmen waren diese nur bei 4 Fällen (13%), in nur minimaler Ausprägung, zu bemerken. 2 davon wiesen bei der Nachuntersuchung eine seitengleiche Armachse auf und 2 hatten jeweils eine Varisierung von 10° , d.h. 50% der Arme mit Fragmenteinstauchungen auf dem Röntgenbild wiesen auch später noch eine veränderte Armachse auf.

Bestimmt man den Baumannwinkel auf den Konsolidierungs-Röntgenbildern, so ist zu bemerken, dass er sich beim nachuntersuchten Patientenkollektiv im Rahmen des als allgemeingültig normalen Baumannwinkels ($64-82^\circ$, A11) befindet, bis auf einen Fall, in dem er 84° betrug, eine nur sehr geringfügige Abweichung also. Der Baumannwinkel betrug im Durchschnitt $74,1^\circ$ ($66^\circ-84^\circ$).

Bei diesen Messungen ist unbedingt zu beachten, dass bei der Festlegung des Baumannwinkels auf dem Röntgenbild große und nur schwer festlegbare Messungengenauigkeiten bestehen, da die Röntgenaufnahmen hierzu in ganz exakter ap-Stellung aufgenommen sein müssten, was aber normalerweise nicht der Fall war, zumal, da die Röntgenaufnahmen zum damaligen Aufnahme-Zeitpunkt nicht zum Zweck einer Baumannwinkelbestimmung hergestellt wurden.

Trotzdem soll ein Versuch der Korrelation des Baumannwinkels auf dem Röntgenbild zum Ergebnis der Nachuntersuchung bezüglich der Armachse unternommen werden (Tabelle 7). Leider kann hierbei kein Vergleich zum Baumannwinkel des gesunden Arms vorgenommen werden, da keine Röntgenaufnahmen des gesunden Arms vorliegen.

Baumannwinkel	66	68	70	72	73	74	76	77	78	80	82	84
Valgisierung um 10°			1		1							
Valgisierung um 5°									1			
Seitengleiche Armachse	2	1	5	2		3	2	2	1	1		
Varisierung um 10°			1	1				1			2	
Varisierung um 15°									1			1
Varisierung um 20°								1				

Tabelle 7

Es ist hier zu bemerken, dass die verletzten Arme, die bei der Nachuntersuchung eine Valgisierung aufwiesen, auf der Konsolidierungs-Röntgenaufnahme eher einen kleineren Baumannwinkel zeigen, und Arme, die bei der Nachuntersuchung eine Varisierung zeigten, eher einen größeren Baumannwinkel aufweisen.

Wie bereits ausführlich im allgemeinen Teil aufgezeigt, entstehen Achsenfehlstellungen vornehmlich durch einen belassenen Rotationsfehler. Auf den Konsolidierungs-Röntgenbildern war bei 19 Patienten (63 %) ein Rotationssporn zu sehen, während auf den Röntgenbildern von 11 Patienten (37 %) kein Rotationssporn erkennbar war. Von den Patienten mit Rotationssporn wiesen 11 (37 %) bei der Nachuntersuchung eine seitengleiche Armachse auf und bei 8 (26,5 %) wich die Armachse der verletzten Seite von der der gesunden Seite entweder als Valgisierung oder als Varisierung ab. Von den Patienten ohne Rotationssporn hatten 8 (26,5 %) bei der Nachuntersuchung eine seitengleiche Armachse und nur 3 (10 %) eine Abweichung der Armachse auf der verletzten Seite. Dieser Vergleich zeigt, dass ohne erkennbaren Rotationssporn auf der Konsolidierungs-Aufnahme später nur in sehr wenigen Fällen eine Achsenfehlstellung auftrat, während das Vorliegen eines Rotationsspornes in der Konsolidierungsaufnahme nicht unbedingt in einem Großteil der Fälle tatsächlich auch zu einer späteren klinisch feststellbaren Achsenfehlstellung führte.

Tabelle 8 gibt die Abhängigkeit einer Veränderung der Armachse bei den Patienten mit Rotationssporn von der Größe des vorliegenden Rotationsfehlers, festgelegt durch den im allgemeinen Teil beschriebenen Rotationsfehlerquotienten, wieder.

	<0,1	0,1	>0,1	ohne Rotationsfehler	gesamt
Abweichung der Armachse	5 (26%)	1 (5%)	2 (11%)	3 (10%)	11 (37%)
Seitengleiche Armachse	9 (47%)	2 (11%)	0	8 (26,5%)	19 (63%)

Tabelle 8

Bei beiden Patienten, die einen Rotationsfehlerquotienten von >0,1 zeigten, ließ sich später also auch klinisch eine Abweichung der Armachse nachweisen, einmal eine Varisierung um 10°, einmal eine Varisierung um 20° in echter Varusstellung. Die Patienten mit einem Rotationsfehlerquotienten <0,1 zeigten bei der Nachuntersuchung eher eine Seitengleiche Armachse (47 %), wobei bei dieser Gruppe aber auch später einige (26 %) Abweichungen der Armachse auftauchten. Soweit also bei einem so kleinen Patientenkollektiv beurteilbar, läßt sich in der vorliegenden Studie durchaus zeigen, dass durch das Vorliegen eines Rotationsspornes und weiterhin durch die Beurteilung des Rotationsfehlerquotienten gute Aussagen über die spätere Entwicklung einer Valgisierung oder Varisierung des Armes gemacht werden können.

Betrachtet man auf dem Konsolidierungs-Röntgenbild die Achsenknicke in der Sagittalebene mit Hilfe der Rogers'schen Hilfslinie, so schneidet diese beim nachuntersuchten Patientenkollektiv in nur einem Fall das Capitulum Humeri in seinem hinteren Drittel und zwar bei dem Patienten mit der Flexionsfraktur. Bei 13 Patienten (43,3 %) schneidet diese Linie das Capitulum Humeri regelrecht in der Mitte (Übergang vom mittleren zum hinteren Drittel gilt nach v. Laer als physiologisch), bei 10 Patienten (33,3 %) im vorderen Drittel und bei 6 Patienten (20 %) läuft die gedachte Linie sogar vor dem Capitulum Humeri vorbei. Tabelle 9 zeigt die Gegenüberstellung des Schnittpunktes der Rogers'schen Hilfslinie mit dem Capitulum Humeri zum Auftreten eines späteren Bewegungsdefizites.

Schnittpunkt am Capitulum	normaler Bewegungsumfang	Bewegungsdefizit
vorne vorbei	2	4
vorderes Drittel	7	3

Mitte	9	4
hinteres Drittel	1	0

Tabelle 9

Am ehesten auffällig wird hierbei, dass 4 von den 6 Patienten, bei denen die Rogers'sche Hilfslinie vor dem Capitulum Humeri vorbeilief, zur Zeit der Nachuntersuchung ein Bewegungsdefizit aufwiesen, 2 davon ein Flexionsdefizit von über 10°, beide jeweils noch kombiniert mit einer Überstreckfähigkeit von 5°. Diese 4 Patienten waren jedoch alle noch unter 7 Jahren (6, 6, und 4 Jahre), also in einem Alter, in dem Fehlstellungen in der Sagittalebene eigentlich noch vollständig beseitigt werden können (54). Die beiden Patienten, die bei der Nachuntersuchung einen normalen Bewegungsumfang hatten, waren jedoch noch jünger (4 und 1 Jahre). Die drei Patienten mit Bewegungsdefizit, mit Schnittpunkt der Rogers'schen Hilfslinie im vorderen Drittel waren 8 Jahre und älter, während 5 von den 7 Patienten dieser Gruppe mit normalem Bewegungsumfang 7 Jahre und jünger waren.

Wachstumsstörungen und Muskelatrophien

Die gestreckten Arme wurden zur Längenbestimmung in Pronationsstellung mit einem flexiblen Maßband anhand fester Knochenpunkte ausgemessen. Es wird hierbei mit einer Meßungengenauigkeit von 1 cm gerechnet. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse dieser Längenmessung im Vergleich zum gesunden Arm.

Längendifferenz des verletzten Arms zum gesunden Arm	Anzahl
1cm kürzer	2
0cm	21
1 cm länger	5
2 cm länger	2

Tabelle 10

Dabei hatten 28 Patienten (93%) im Bereich der Messungengenauigkeit seitengleiche Ergebnisse. Nur in 2 Fällen (7%) hatte der verletzte Arm einen minimalen Wachstumsvorsprung von 2 cm. Es war also verstärktes Wachstum infolge der

Umbau- und Reparationsvorgänge aufgetreten. Diese beiden Kinder hatten sich die Fraktur beide zwei Jahre vor der Nachuntersuchung zugezogen. Persönlich war ihnen keine Verlängerung des Armes aufgefallen.

Die Messung der Muskelumfänge war nur wenig aussagekräftig. Eine Oberarmumfangsdifferenz von mehr als 1 cm trat bei keinem der Patienten auf. Der Unterarmumfang unterschied sich nur in einem Fall um knapp 2 cm. Bei diesem Patienten waren aber sämtliche Prüfungen der Muskelkraft absolut unauffällig. Es kam also in keinem der Fälle zu einer Atrophie der Ober- oder Unterarmmuskulatur.

Subjektive Einschätzung

Die subjektive Einschätzung wurde durch einzelne Fragen im Fragebogen festgestellt. Die subjektiv empfundenen Schmerzen wurden bereits unter dem Punkt „postoperative Komplikationen“ abgehandelt.

Die Frage, ob sie eine Seitendifferenz zwischen beiden Armen empfänden, beantworteten 20 Patienten (67 %) mit „nein“, 2 Patienten (7 %) ließen diese Frage unbeantwortet und 8 Patienten (26 %) gaben an, eine Seitendifferenz zu empfinden. 2 von diesen Patienten beantworteten ebenfalls die Frage, ob sie sich in irgendeinem Bereich ihres Lebens eingeschränkt zu fühlen, ebenfalls mit „ja“, während die 28 übrigen Patienten kein Gefühl hatten, durch die Verletzung eingeschränkt zu sein.

Es sollen nun kurz die Nachuntersuchungsbefunde dieser beiden Patienten betrachtet werden. Der erste Patient hatte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angegeben, keine Schmerzen im verletzten Arm mehr zu verspüren, die Armachse war seitengleich und die Beweglichkeit war ebenfalls unauffällig. Bei diesem Patienten handelte es sich jedoch, wie bereits oben festgestellt, um denjenigen, bei dem in der Nachuntersuchung einen Kraftverlust bei Bewegungen gegen Widerstand bei Flexions- und Extensionsbewegung, bei Pronations- und Supinationsbewegung und ebenfalls beim Greifen festgestellt worden war.

Der zweite Patient hatte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angegeben, manchmal noch mittelmäßige Schmerzen in Form von Wetterfühligkeit zu verspüren. Der verletzte Arm wies eine Varisierung von 10° auf, die Bewegungsumfänge waren

unauffällig. Auch dieser Patient hatte, wie oben festgestellt, ein Kraftdefizit bei der Extensionsbewegung gegen Widerstand.

Von den anderen 6 Patienten, die eine Seitendifferenz angegeben hatten, wiesen 5 Bewegungseinschränkungen auf; Armachsenabweichungen wurden erst als eine Seitendifferenz empfunden ab einer Varisierung von über 10°. Ein Patient hatte noch zusätzliche leichte Wetterfühligkeit angegeben.

Diese Betrachtung zeigt, dass sich nur die Patienten mit einem Kraftverlust im Alltag eingeschränkt fühlten.

Einschränkungen im Bewegungsumfang führten zum Teil schon bei einem Flexionsverlust von 5° zu einem Gefühl der Seitendifferenz, während bei anderen Patienten zum Teil größere Bewegungseinschränkungen toleriert wurden, ohne dabei eine Seitendifferenz wahrzunehmen. Eine Abweichung der Armachse wurde erst ab einer Varisierung von 15° als Seitendifferenz zwischen beiden Armen empfunden.

c) Bewertung des Behandlungserfolgs

Bisher wurde bewußt darauf verzichtet, die Ergebnisse der Nachuntersuchung durch Bewertungsmethoden zu beurteilen, da es in der Literatur eine große Anzahl solcher Bewertungsmethoden gibt (9,24,38,44,64,75,96). Die Ergebnisse wurden bisher neutral ohne Bewertung dargestellt, um sie dann später in der Diskussion den Ergebnissen von anderen Arbeiten gegenüberstellen zu können, die verschiedene Bewertungsmethoden benutzt haben.

Dennoch sollen die Daten der Nachuntersuchung im Folgenden mit der Bewertungsmethode nach Flynn (25) beurteilt werden, da diese Methode in der Literatur am weitesten verbreitet ist. Diese Methode richtet sich ausschließlich nach einer Bewegungseinschränkung bzw. nach einer Gelenkfehlstellung im Vergleich zur gesunden Seite und hat vier Abstufungen mit denselben Gradeinteilungen. Ferner sollen die Daten auch mit den Kriterien beurteilt werden, die in der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie von v. Laer (102) benutzt wurden, um später eine bessere Vergleichbarkeit zu haben.

Bewertung nach Flynn

		Kosmetischer Faktor: Abweichung der Armachse	Funktioneller Faktor: Einschränkungen des Bewegungsumfangs
Zufriedenstellend	ausgezeichnet	0 bis 5°	0 bis 5°
	gut	5° bis 10°	5° bis 10°
	befriedigend	10° bis 15°	10° bis 15°
unbefriedigend	mangelhaft	> 15°	> 15°

Tabelle 11

Somit ergibt sich eine Einteilung bei der Auswertung der 30 nachuntersuchten Patienten wie in Tabelle 12 dargestellt

Bewertung		Anzahl	Prozent
Zufriedenstellend	ausgezeichnet	13	43%
	gut	5	17%
	befriedigend	8	27%
unbefriedigend	mangelhaft	4	13%

Tabelle 12

Bewertung nach v. Laer

In der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (102) werden nur zwei Abstufungen zur Beurteilung des Behandlungserfolges benutzt, die sich ebenfalls nach Bewegungseinschränkungen und Abweichungen der Armachse im Vergleich zur gesunden Seite richten.

Ergebnis	Abweichung der Armachse	Einschränkung des Bewegungsumfangs
befriedigend	0-5°	0-10°
unbefriedigend	mehr als 5°	mehr als 10°

Tabelle 13

Mit diesem System ergibt sich eine Einteilung bei der Auswertung der 30 nachuntersuchten Patienten wie in Tabelle 14 dargestellt.

Bewertung	Anzahl	Prozent
befriedigend	19	63%
unbefriedigend	11	37%

Tabelle 14

Anwendung der Bewertung nach Flynn in Bezug auf die verschiedenen Therapiemethoden

Abbildung 37 zeigt die Bewertung der verschiedenen Therapiemethoden, die bei dem nachuntersuchten Patientenkollektiv zur Anwendung kamen.

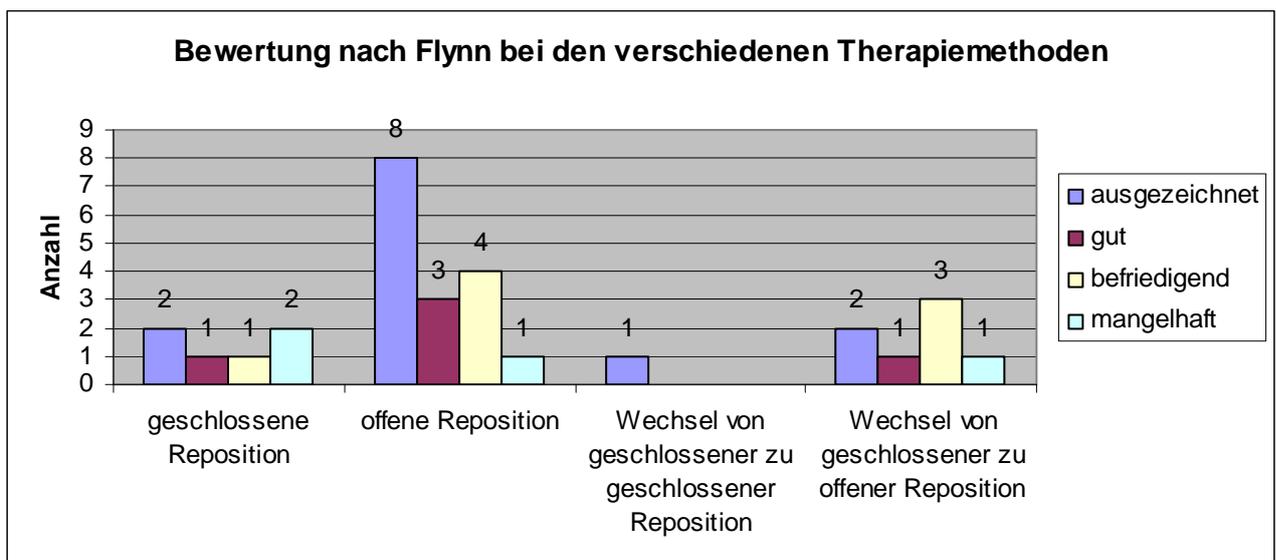


Abbildung 37

Von den 6 Patienten, die mit einmaliger geschlossener Reposition behandelt wurden, war bei 4 (67%) ein zufriedenstellendes Ergebnis feststellbar, bei 2 (33%) aber war das Behandlungsergebnis unbefriedigend.

Die Gruppe der einmalig mit offener Reposition behandelter Patienten stellt die größte Gruppe dar, nämlich 16 Patienten. In dieser Gruppe fiel nur 1 Fall (6%) mit

unbefriedigendem Ergebnis auf, während die restlichen 15 Patienten (94%) ein zufriedenstellendes Ergebnis aufwiesen.

Abbildung 38 zeigt einzeln die Ergebnisse der Patienten, die sich einer Nachreposition unterziehen mussten.

Bei dem Patienten, bei dem nach primär geschlossener Reposition und Fixierung im Gipsverband wegen mangelnder Stabilität noch ein zweiter geschlossener Repositionsversuch mit Fixierung durch Spickdrähte gestartet wurde, zeigt sich ein ausgezeichnetes Ergebnis nach dieser Behandlung und kann so in die Kategorie zufriedenstellend eingestuft werden.

Des Weiteren wurden ausgezeichnete Ergebnisse festgestellt bei einer Fraktur, die im selben Operationsgang nach anfänglich geschlossenem Repositionsversuch aufgrund mangelnder Stabilität offen nachreponiert wurde und bei der Fraktur, bei der nach geschlossener Reposition und Fixierung im Gipsverband aufgrund eines bei der Kontrolluntersuchung entdeckten Abrutschens der Fraktur 5 Tage nach der geschlossenen Reposition eine offene Reposition mit Spickung vorgenommen worden war.

Ein gutes Ergebnis wurde aufgrund einer um 5° eingeschränkten Beugefähigkeit des verletzten Arms festgestellt bei einem weiteren der 4 Patienten, die noch im selben Operationsgang nach anfänglich geschlossenem Repositionsversuch offen nachreponiert wurden.

Bei einem weiteren dieser 4 Patienten wurde aufgrund einer um 10° eingeschränkten Beugefähigkeit des verletzten Arms ein befriedigendes Ergebnis festgestellt. Ebenfalls befriedigende Ergebnisse wiesen 2 weitere Patienten auf, beide aufgrund einer Varisierung um 10°. Es handelt sich zum einen um die Fraktur, die anfänglich in einem anderen Krankenhaus behandelt worden war und zwei Tage nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils noch einmal offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert wurde, zum anderen um die Fraktur, die zunächst geschlossen reponiert und nur im Gipsverband fixiert worden war und dann jedoch 2 Tage später offen nachreponiert und mittels Spickdrähten fixiert werden musste.

Bei dem mangelhaften Ergebnis handelt es sich um einen der Fälle, die nach zunächst geschlossener Reposition im selben Operationsgang nochmal offen

nachreponiert wurden. Das mangelhafte Ergebnis, das in die Kategorie „unbefriedigend“ fällt, äußert sich durch eine Varusfehlstellung von 5° mit Varisierung des verletzten Arms gegenüber dem gesunden um 15°. Da aus der Krankenakte und der Patientenbefragung keine Komplikationen, die zu diesem Ergebnis geführt hatten, eruiert werden konnten, bleiben die Ursachen unbekannt.

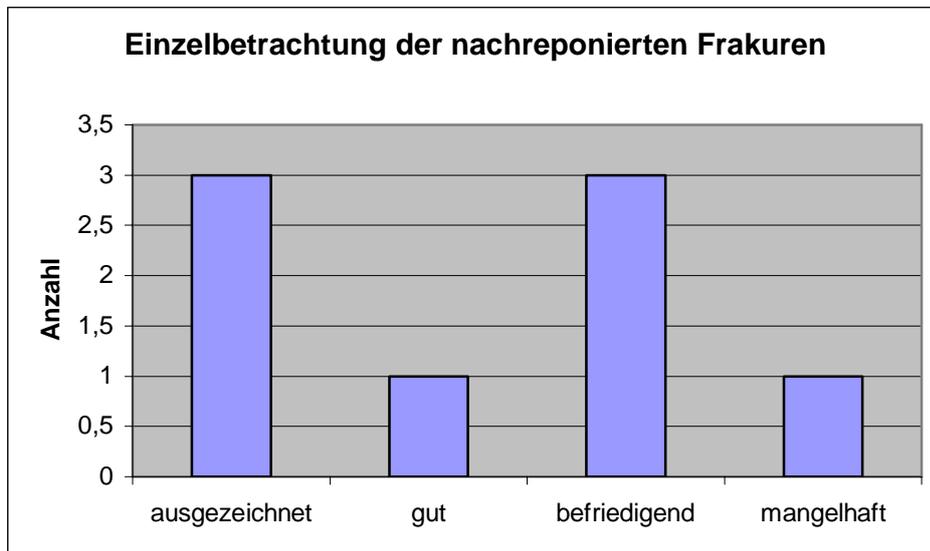


Abbildung 38

Anwendung der Bewertung nach v. Laer in Bezug auf die verschiedenen Therapiemethoden

Auf Abbildung 39 ist die Bewertung der verschiedenen Therapiemethoden nach v. Laer dargestellt.

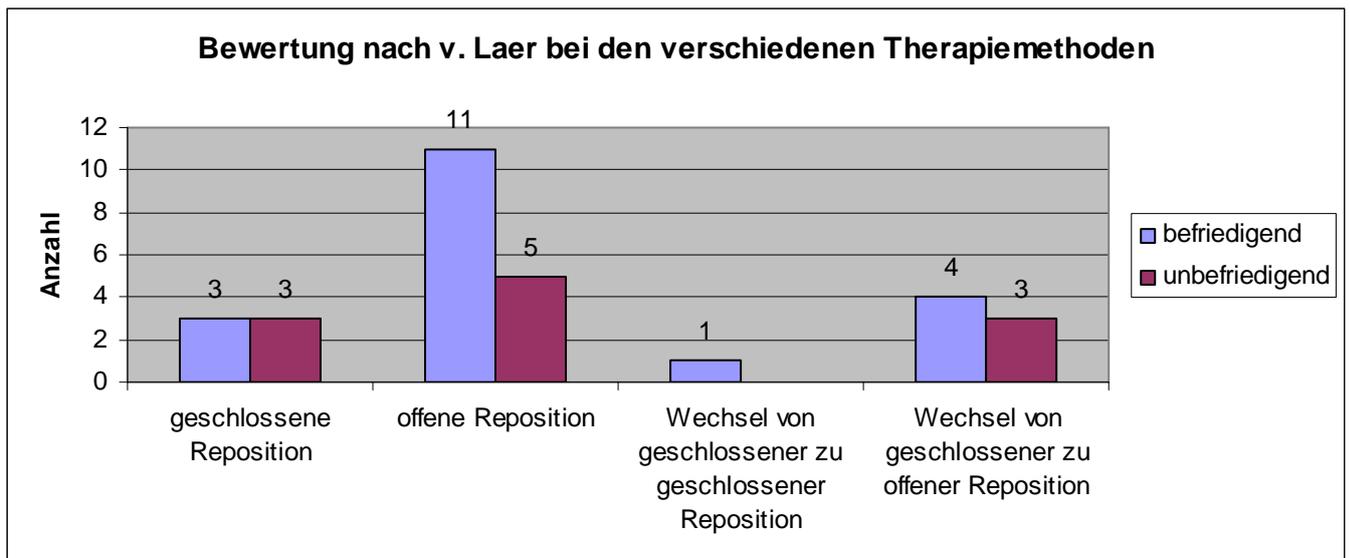


Abbildung 39

Mit dieser Bewertungsmethode kommt man zu deutlich schlechteren Ergebnissen für jede Therapiemethode.

3 (50 %) der 6 einmalig mit geschlossener Reposition behandelten Patienten kommen zu einem unbefriedigenden Ergebnis und nur 3 (50 %) zu einem befriedigendem.

Von den 16 einmalig offen reponierten Patienten konnten 11 (69 %) in die Kategorie befriedigend eingeordnet werden und 5 (31 %) mussten als unbefriedigend eingestuft werden.

Abbildung 40 zeigt noch einmal einzeln die Ergebnisse der Patienten betrachtet werden, die sich einer Nachreposition unterziehen mussten.

Der Patient, der nach primär geschlossener Reposition ein zweites Mal geschlossen reponiert wurde, kommt auch hier zu einem befriedigendem Ergebnis.

Bei der Patientengruppe, die nach einem primären geschlossenen Repositionsversuch schließlich offen reponiert wurden, kommen 4 (57%) zu einem befriedigendem Ergebnis, während 3 (43%) ein unbefriedigendes Ergebnis aufwiesen. Diese unbefriedigenden Ergebnisse sind alle 3 auf eine Varisierung des verletzten Arms zurückzuführen. Eine Varisierung um 10° im Vergleich mit dem gesunden Arm wiesen der Patient, der anfänglich in einem anderen Krankenhaus behandelt worden war und zwei Tage nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils noch einmal

offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert wurde, auf und der Patient, der zunächst geschlossen reponiert und nur im Gipsverband fixiert worden war und dann jedoch 2 Tage später offen nachreponiert und mittels Spickdrähten fixiert werden musste. Eine Varisierung um 15° im Vergleich zum gesunden Arm und eine daraus herrührende Varusstellung um 5° des verletzten Arms wies ein Patient, der nach anfänglicher geschlossener Reposition im selben Operationsgang nochmal offen nachreponiert wurde, auf. Wie oben bereits erwähnt, sind die Ursachen dieses schlechten Ergebnisses unbekannt.

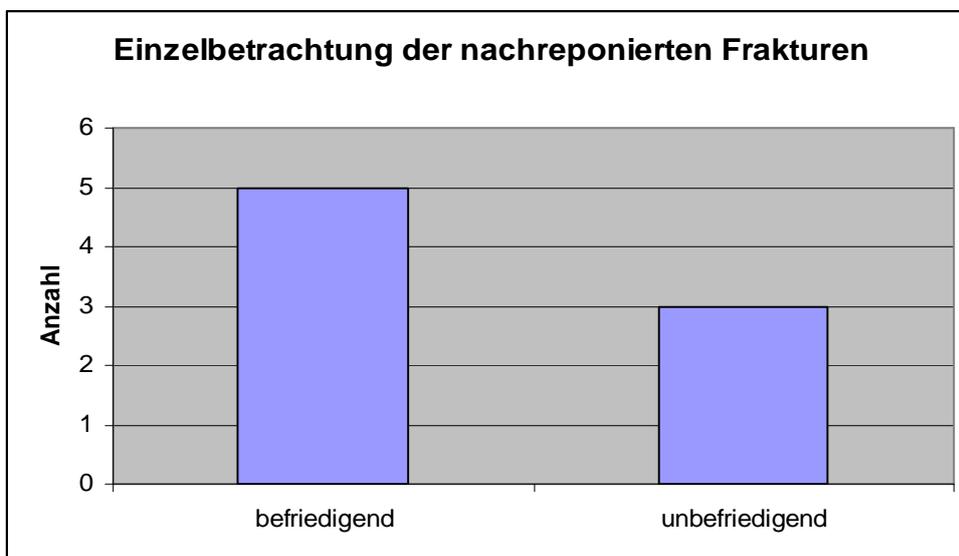


Abbildung 40

Aus Abbildung 41 bis Abbildung 43 ist ersichtlich, dass sich bei der Auswertung, welche Behandlungsmethode bei den jeweiligen Dislokationsgraden die besten Ergebnisse gebracht hat, aufgrund der niedrigen Fallzahlen leider keine signifikanten Schlüsse ziehen lassen.

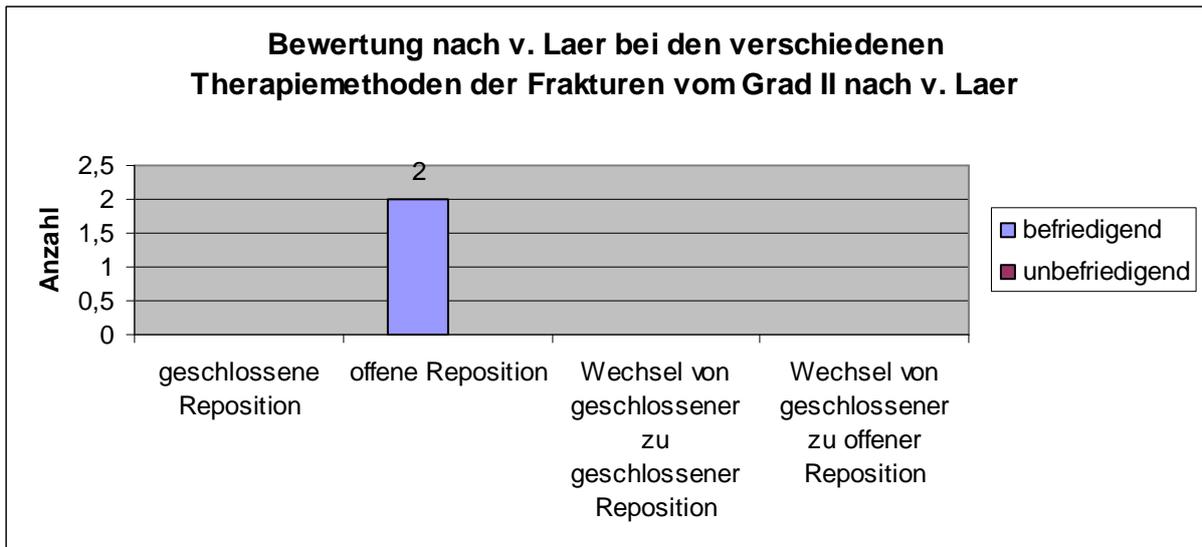


Abbildung41

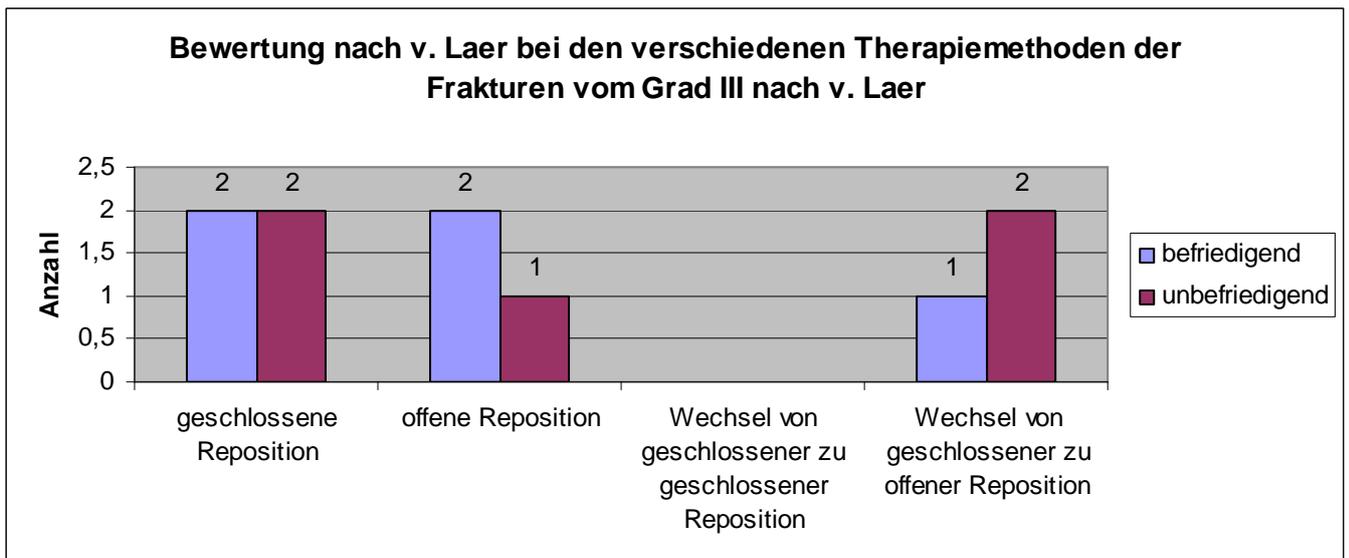


Abbildung 42

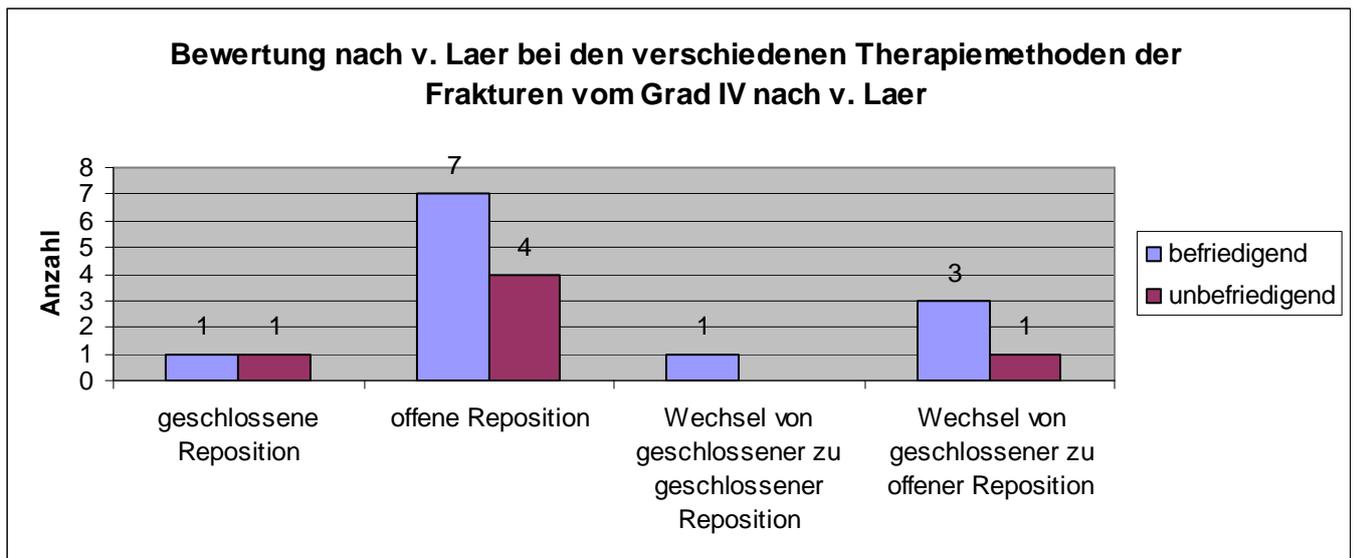


Abbildung 43

3. Vergleich eigener Daten mit anderen Studien

Im Folgenden wird ein Vergleich der eigenen Daten mit der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (51,102) und nachfolgend mit anderen Veröffentlichungen (30,37,70) gesucht. Aufgrund der unterschiedlichen Bewertungsmaßstäbe wird dieser Vergleich jedoch sehr erschwert und ist zum Teil gar nicht möglich. Die erschwerte Vergleichbarkeit liegt vor allem zum einen an den unterschiedlichen Klassifikationen, von denen zur Auswertung der vorliegenden Ergebnisse die wichtigsten verwendet wurden, zum anderen an unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben der Ergebnisse. Zur Auswertung der vorliegenden Arbeit wurde versucht, sowohl die am öftesten antreffbaren Klassifikationen, als auch die meistverwendeten Bewertungsmaßstäbe zu benutzen, um im Folgenden eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu erreichen.

a) Vergleich der eigenen Daten mit denen der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (51,102)

In der multizentrischen Studie wurden insgesamt 886 Patienten aus 12 verschiedenen Kliniken ausgewertet, von denen 540 nachuntersucht werden konnten.

Zunächst soll eine kurze Betrachtung der Basisdaten erfolgen. In der multizentrischen Studie waren in 53% der Fälle Jungen betroffen, in den eigenen Daten in 47%. Auch die Altersgruppen waren ähnlich, es wurden Kinder im Alter von 1-13 Jahren nachuntersucht- die eigenen Patienten waren im Alter von 1-12 Jahre. Ebenfalls bei der Betrachtung der Unfallursachen zeigen sich keinerlei epidemiologische Besonderheiten, wodurch eine Vergleichbarkeit gewährleistet ist.

Bei der vorliegenden Studie wurde die Fraktureinteilung nach v. Laer in vier Grade, vor ihrer Modifikation in weitere Untertypen, verwendet.

	L I	L II	L III	L IV
Multizentr. Studie (n=886)	314 (35,4%)	194 (21,9%)	160 (18,1%)	218 (24,6%)
Eigene Daten (n=30)		2(7%)	10 (33%)	18 (60%)

Tabelle 15

Das Fehlen der L I -Frakturen und der geringe Anteil der L II –Frakturen bei den eigenen Daten erklärt sich aus der Tatsache, daß in der vorliegenden Arbeit nur die im Krankenhaus Harlaching stationär, und nicht-konservativ behandelten Fälle untersucht wurden. Die multizentrische Studie dagegen zeigt einen großen Anteil (35,4%) an undislozierten L I-Frakturen. Betrachtet man isoliert die L III und die L IV Frakturen, so ergeben sich für die multizentrische Studie mit 160 Patienten 42% L III-Frakturen und mit 218 Patienten 58% L IV –Frakturen. Daraus kann man die Aussage treffen, dass im Krankenhaus Harlaching ungefähr der gleiche Prozentsatz an L IV –Frakturen behandelt wurde, wie in der multizentrischen Studie und der Prozentsatz der L III-Frakturen ist ebenfalls vergleichbar. Über die L II –Frakturen kann keine weitere Aussage gemacht werden, da keine Daten vorliegen, wie viele L

II- Frakturen im Zeitraum von 1993-2000 im Krankenhaus Harlaching konservativ behandelt wurden.

Primäre Gefäßläsionen gab es in der multizentrischen Studie bei 7 Patienten (0,7%), primäre Nervenschäden bei 45 Patienten (5,1%), während sich im eigenen Patientenkollektiv nur 2 Fälle (7%) mit primären Nervenschäden feststellen ließen- hierbei soll jedoch noch einmal auf die Schwierigkeit hingewiesen werden, leichte vorwiegend sensible Nervenschäden bei Kindern aufzudecken und da die Patienten in der eigenen Studie erst Jahre nach der Behandlung ausgewählt wurden, waren sie zum Zeitpunkt des stationären Aufenthaltes nicht standardisiert studienspezifisch untersucht worden.

In der multizentrischen Studie wurden von den 479 reponierten Patienten 347 (72%) geschlossen und 132 (28%) offen reponiert, unter den eigenen Patienten überwog jedoch die primäre offene Reposition mit 53%. Die jeweilige Behandlungsmethode je nach Dislokationsgraden zeigt Tabelle 16, wobei die 314 Patienten mit LI- Fraktur der Multizentrischen Studie außer Acht gelassen wurden.

		Keine Reposition	Geschlossene Reposition	Offene Reposition	Gesamt
L II	Multizentr. Studie	87 (44,8%)	94 (48,4%)	13 (6,8%)	194
	Eigene Daten	0	0	2 (100%)	2
L III	Multizentr. Studie	6 (3,7%)	114 (71,3%)	40 (25%)	160
	Eigene Daten	0	7 (70%)	3 (30%)	10
L IV	Multizentr. Studie	0	139 (63,8%)	79 (36,2%)	218
	Eigene Daten	0	7 (38,9%)	11 (61,1%)	18
Gesamt	Multizentr. Studie	93 (16,2%)	347 (60,7%)	132 (23,1%)	572
	Eigene Daten	0	14 (46,7%)	16 (53,3%)	30

Tabelle 16

Bei den eigenen Daten wurde das Repositionsergebnis endgültig ausschließlich durch Kirschner-Drähte gesichert, wobei bei 4 Patienten primär nach geschlossener Reposition durch Gipsverband fixiert wurde. Bei 2 dieser Patienten wurde aber wegen Abrutschens der Fraktur 2 bzw. 5 Tage nach Erstreposition nochmal offen nachreponiert und mit Spickdrähten fixiert, bei einem Patienten wurde nach anfänglicher Gipsfixation nach geschlossener Reposition wegen eines unbefriedigenden Repositionsergebnisses nochmal geschlossen nachreponiert und mit Spickdrähten fixiert und bei einem, zunächst in einem anderen Krankenhaus

behandelten Patienten wurde zwei Tage nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils nocheinmal offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert.

In der Multizentrischen Studie dagegen erfolgte bei 214 (37,4 %) Fällen die Retention nur durch einen Rechtwinkelgips oder eine Blount-Schlinge. Eine Osteosynthese durch Kirschner-Drähte wurde hier bei 47 (24,2%) L II- Frakturen, bei 116 (72,5%) L III- Frakturen und bei 195 (89,4%) L IV- Frakturen vorgenommen.

In der multizentrischen Studie wurden als postoperative Komplikationen 14 sekundäre Läsionen des N. ulnaris, 4 des N. medianus und 1 des N. radialis dokumentiert, weiterhin kam es in 17 Fällen zu einer postoperativen Infektion. Wie oben bereits aufgezeigt konnte bei keinem Fall in den eigenen Daten eine dieser Komplikationen nachgewiesen werden.

Nachrepositionen werden in der multizentrischen Studie für insgesamt nur 6% der Fälle angegeben, wobei sie für die Dislokationsgruppe L III bei einer Häufigkeit von 11,8%, für die Gruppe L IV bei einer Häufigkeit von 8,7% lagen. Bei den eigenen Daten musste insgesamt in 26,7% der Fälle (n=8) noch einmal nachreponiert werden, was sich bei der Gruppe L III auf 30%, bei der Gruppe L IV auf 27,8% beläuft. Die 4 Patienten, die im selben Operationsgang nach der geschlossenen Reposition nocheinmal offen nachreponiert wurden, waren alle Frakturen der Gruppe L IV, ebenso die nach geschlossener Reposition im Gipsverband fixierte und wegen Instabilität geschlossen nachreponierte Fraktur. Die nach 2 Tagen und die nach 5 Tagen offen nachreponierte Fraktur und die Fraktur mit der nachträglichen interfragmentären Verschraubung fallen in die Gruppe L III.

Betrachtet man die radiologischen Ergebnisse auf dem Konsolidationsröntgenbild (ohne Betrachtung der Fälle mit Dislokationsgrad L I), so wurde in der multizentrischen Studie bei 8% der hierbei ausgewerteten Patienten ein Rotationsfehler festgestellt. Da hierbei nicht klar definiert wurde, ab wann genau ein Rotationsfehler gewertet wurde, lassen sich diese Zahlen nicht leicht mit denen aus den eigenen Daten vergleichen, in denen ja bei 63% der Patienten auf den Konsolidationsröntgenbildern zumindest ein Rotationssporn zu sehen ist. Bezeichnet man aber einen Rotationsfehler erst ab einem Rotationsfehlerquotienten von 0,1 bzw. $>0,1$, so kommt man bei den eigenen Daten auf 16,7%

(Rotationsfehlerquotient=0,1) bzw. 6,7% (Rotationsfehlerquotient >0,1) der Fälle zu einem Rotationsfehler.

Ebenso schwierig ist es, einen Vergleich der Konsolidationsröntgenaufnahmen in der Sagittalebene hinsichtlich einer Antekurvations- oder Rekurvationsfehlstellung zu ziehen, da hier ebenfalls das Problem besteht, ab welchem Grad man diese Fehlstellungen definiert. In der multizentrischen Studie werden in 7% der Fälle ein Rekurvationsfehler, in 17% der Fälle ein Antekurvationsfehler genannt. Betrachtet man bei den eigenen Daten auf der Konsolidationsröntgenaufnahme die anhand der Rogers'schen Hilfslinie festgestellten Fehlstellungen, so müsste man 3,3% als Rekurvationsfehler, 53,3% als Antekurvationsfehler bestimmen. Da jedoch aber, wie oben bereits aufgezeigt, Fehlstellungen in der Sagittalebene durch das Wachstum in den meisten Fällen wieder korrigiert werden, ist es wichtiger, nun die klinischen Ergebnisse bei der Nachuntersuchung zu betrachten.

Bei der funktionellen Nachuntersuchung wurden in der multizentrischen Studie bei 88% der Fälle eine symmetrische Flexion, bei 2,2% der Fälle eine im Vergleich zur Gegenseite vermehrte und in 9,8% der Fälle eine im Seitenvergleich eingeschränkte Flexion dokumentiert. Bei den eigenen Daten findet sich in 66,7% eine seitengleiche Flexion, in 3,3% eine auf der verletzten Seite vermehrte und in 30% eine im Vergleich zur Gegenseite verminderte Flexion. Hinsichtlich der Extension finden sich in der multizentrischen Studie bei 89% der Patienten eine symmetrische Armfunktion, in 4,8% eine Hyperextension und in 6,2% eine Einschränkung der Extension auf der verletzten Seite. Die eigenen Daten weisen in 90% der Fälle eine seitengleiche Extension, in 3,3% eine Hyperextension und in keinem Fall eine Verminderung der Extension auf.

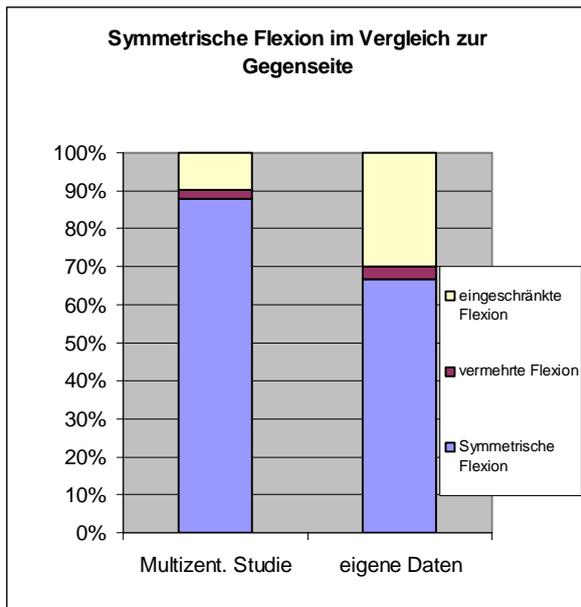


Abbildung 44

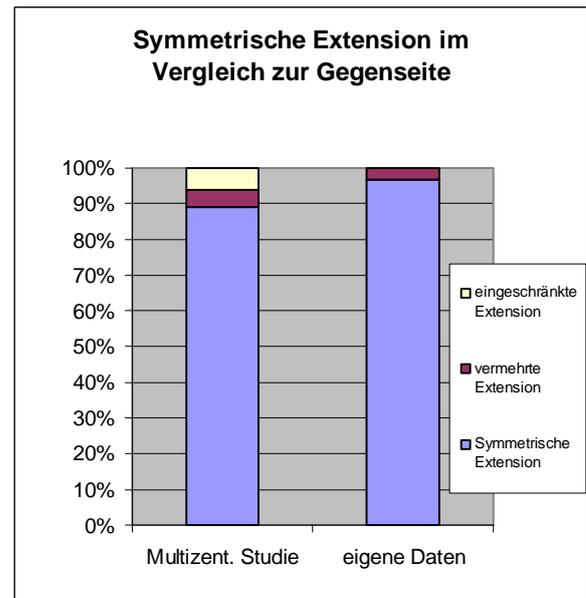


Abbildung 45

Bei der Betrachtung der Armachse finden sich bei der multizentrischen Studie in 81,1% der Fälle seitengleiche Armachsen, in 7,2% eine Valgusfehlstellung und in 11,7% eine Varusfehlstellung, wobei die Achsenabweichungen im Vergleich zur Gegenseite gewertet wurden. In den eigenen Daten wird eine symmetrische Armachse in 63,3% der Fälle gefunden, in 10% eine Valgusfehlstellung und in 26,7% eine Varusfehlstellung.

Wenn man hierbei bei den eigenen Daten diejenigen, bei denen die Fehlstellung noch im Bereich der Meßungenauigkeit liegt, noch zu den Daten mit symmetrischer Armachse rechnet, dann zeigt sich mit 6,7% ein den in der multizentrischen Studie errechneten Daten nahezu gleicher Prozentsatz an Valgusfehlstellungen, der Prozentsatz an Varusfehlstellungen jedoch bleibt bei den eigenen Daten nahezu doppelt so hoch wie in der multizentrischen Studie. Leider ist aus den Daten der Multizentrischen Studie nicht nachvollziehbar, welche Ergebnisse aus Behandlung nach geschlossener oder offener Reposition, konservativer oder Spickdrahtfixierung herrühren.

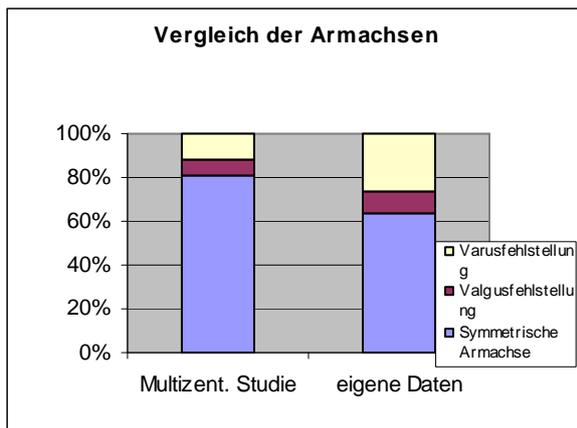


Abbildung 46

Betrachtet man nun die Dauer des stationären Aufenthaltes, so findet sich in der multizentrischen Studie eine durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 5,8 (1-26) Tage, bei den eigenen Patienten durchschnittlich 6,5 (2-14) Tage. Während wie oben bereits erwähnt, die Dauer des stationären Aufenthaltes bei den eigenen Daten nicht mit der Schwere des Dislokationsgrads korrelierte, wurde in der multizentrischen Studie eine Verlängerung der Hospitalisierung bei steigendem Dislokationsgrad festgestellt. Dies ist jedoch leicht zu erklären, da bei der eigenen Studie aufgrund der kleinen Fallzahl die stationäre Aufenthaltsdauer, die durch einige wenige Begleitverletzungen verursacht wurde, viel stärker einfließt.

Die Hospitalisierungszeit in Abhängigkeit von der Art der Reposition jedoch stimmte in beiden Studien darin überein, dass die Patienten nach geschlossener Reposition kürzer (5,2 (1-15) Tage in der multizentrischen Studie, 3,7 (2-7) Tage in der eigenen Studie) in der Klinik bleiben mußten als nach offener Reposition (7,4 (1-26) Tage in der multizentrischen Studie, 6,6 (3-10) Tage in der eigenen Studie).

Bewertet man nun die Behandlungsergebnisse in Abhängigkeit von der Repositionsart bei den Dislokationsgraden III und IV nach den Bewertungsmaßstäben von v. Laer, so zeigen sich in der multizentrischen Studie für die geschlossene Reposition in 77,8% der Fälle ein befriedigendes Endresultat, für die offene Reposition in 57,9% der Behandlungen.

In der eigenen Studie ergeben sich für die geschlossene Reposition in 28,6% der Fälle ein befriedigendes Ergebnis (wobei jedoch in 7% (=1 Fall) ein zweiter geschlossener Repositionsversuch erfolgt war, der dann jedoch ein befriedigendes Ergebnis brachte). Von den 71,4% Fällen mit unbefriedigendem Ergebnis nach geschlossener Reposition wurden jedoch 77,3% noch einmal offen Reponiert, von

denen dann aber doch noch 62,5% ein befriedigendes Ergebnis erbrachten (welche in Bild 48 unter „befriedigendes Ergebnis“ bei offener Reposition laufen). Für die offene Reposition zeigen sich in der eigenen Studie primär 64,3% befriedigende Ergebnisse. Nimmt man dazu noch die Fälle die nach primär geschlossener Reposition noch einmal offen nachreponiert werden mußten, kommt man für die offene Reposition auf 63,6% befriedigende Ergebnisse.

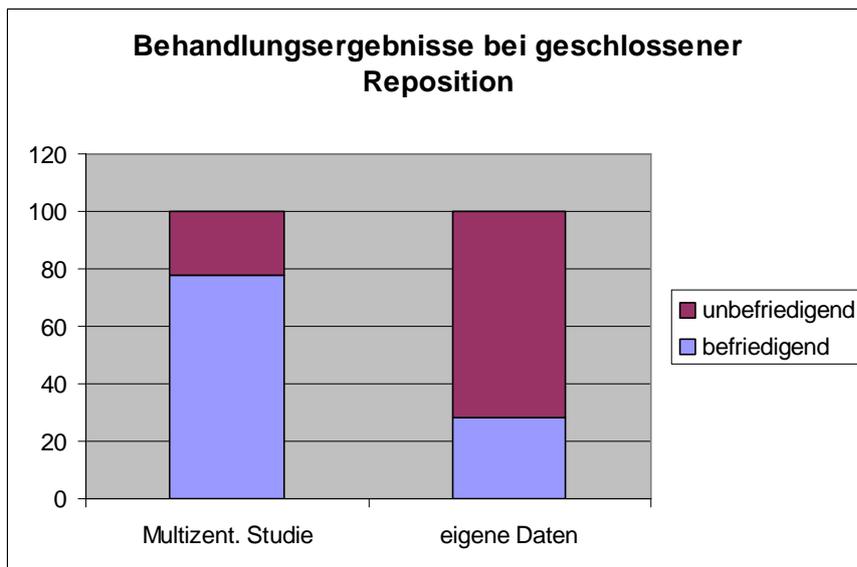


Abbildung 47

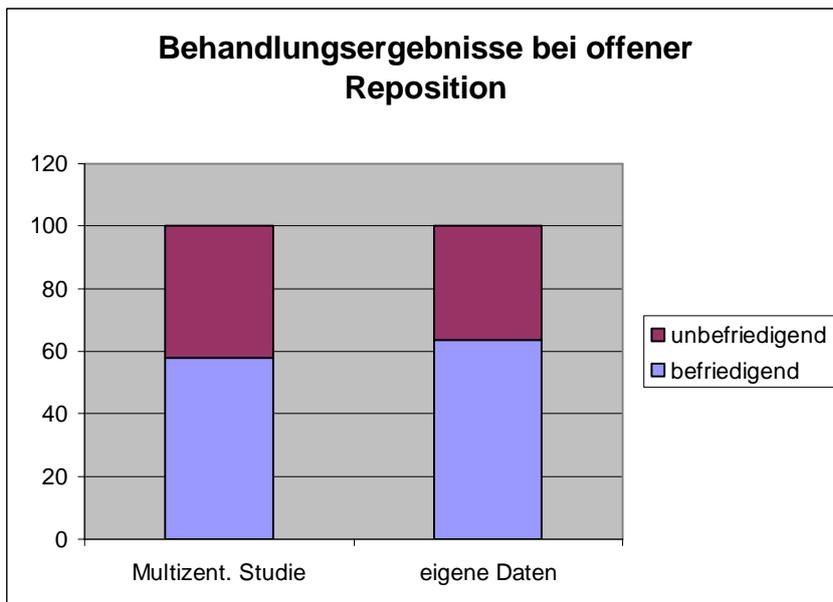


Abbildung 48

In der multizentrischen Studie konnte gezeigt werden, dass bei einer Ruhigstellungsdauer unter 4 Wochen mehr Patienten befriedigende Ergebnisse aufwiesen als bei einer längeren Ruhigstellung, und dass bei kürzerer Ruhigstellung

auch seltener später eine physiotherapeutische Behandlung nötig war (in 11,4% bei maximal 4-wöchiger, in 38,6% bei über 4-wöchiger Ruhigstellung). In den eigenen Daten läßt sich leider nicht feststellen, wie lange genau die Ruhigstellung erfolgte, nach eigenen Angaben hatten sich jedoch insgesamt 53,5% der Patienten später noch in physiotherapeutische Behandlung begeben.

Während bei den eigenen Patienten die Kirschner-Drähte in allen Fällen unter das Hautniveau versenkt wurden, wurden in der multizentrischen Studie bei 20% der Patienten die Drähte über dem Hautniveau belassen, wobei sich keine gehäufte Infektanfälligkeit finden ließ. Ein Vorteil zeigte sich darin, dass die Metallentfernung bei diesen Kindern ambulant und ohne jegliche Anästhesie oder Sedation erfolgte, während bei den Kindern mit versenkten Drähten in 82,2% in Allgemeinnarkose, in 17,8% in Lokalanästhesie und Sedation erfolgte. Die Metallentfernung wurde bei den eigenen Patienten in 83,3% der Fälle in Allgemeinnarkose vorgenommen, bei den restlichen 16,7% fanden sich in den Krankenakten keine Aufzeichnungen darüber. Während in der multizentrischen Studie bei den Patienten mit unter Hautniveau versenkten Kirschner-Drähten nur bei 23,1% die Metallentfernung ambulant gemacht wurde, und bei 76,9% im Rahmen einer stationären Behandlung von durchschnittlich 1,5 (1-12) Tagen, konnten die Kirschner-Drähte bei den eigenen Patienten 76,7% ambulant entfernt werden, und nur 10% mussten stationär aufgenommen werden bei einer durchschnittlichen Dauer von 3 (2-4) Tagen.

b) Vergleich der eigenen Daten mit Daten aus anderen Veröffentlichungen

Wie im Allgemeinen Teil bereits erwähnt gibt es in der Literatur zahlreiche Kontroversen über die Behandlung von dislozierten suprakondylären Humerusfrakturen. Verschiedene Meinungen sollen nun im Folgenden anhand von einzelnen aus sowohl der angloamerikanischen, als auch aus der deutschsprachigen Literatur gegriffenen Beispielen gegenübergestellt und anhand der eigenen Behandlungsergebnisse analysiert werden.

Vergleich mit den Daten von L. J. O'Hara

Beispielsweise stellte L. J. O'Hara (70) durch Untersuchung zweier Patientengruppen dar, dass diejenige Gruppe, die nach folgenden von ihm aufgestellten Richtlinien behandelt worden war, am Ende bessere Ergebnisse aufwies als die nicht nach diesen Richtlinien behandelte Referenzgruppe. In diesen Richtlinien wird für Frakturen vom Typ IIB und III, nach der Einteilung von Gartland, ein erfahrener Chirurg gefordert und eine Stabilisation der erfolgreich geschlossen reponierten Fraktur durch Kirschner-Drähte mit <1,6mm Durchmesser in gekreuzter Konfiguration, für einfache Frakturen vom Typ IIA eine geschlossene Reposition und konservative Immobilisation.

Den Daten aus dieser Studie sollen die eigenen Daten nur bezüglich der hier geforderten geschlossenen Reposition gegenübergestellt werden, da bei den eigenen Daten der Durchmesser der verwendeten Kirschner-Drähte nicht mehr nachvollziehbar ist, und da ausschließlich mit Kirschner-Drähten in gekreuzter Konfiguration stabilisiert wurde.

Hier ergeben sich nun erste Schwierigkeiten in der Vergleichbarkeit der beiden Studien, da bei O'Hara die Wilkins-Modifikation der Gartland-Klassifikation (29) verwendet wurde, die die Frakturen der Gartland-Gruppe II noch einmal in A und B unterteilt, wobei A eine Grünholzfraktur mit Antekurvationsfehlstellung und B eine Grünholzfraktur mit Rotationsfehler und Antekurvationsfehlstellung bezeichnen soll. Will man nun die Fälle aus dieser Studie den eigenen Fällen anhand der bei uns verwendeten ausführlichen Klassifikation nach v. Laer (102) gegenüberstellen, zeigt sich zunächst die Unklarheit, wo man die bei v. Laer in Gruppe 3c klassifizierten Frakturen mit Antekurvationsfehlstellung und Fehlstellung in der Frontalebene bei der Wilkins-Klassifikation einordnen soll. Im Folgenden sollen jedoch die Frakturen aus den eigenen Daten aus v. Laer Gruppe 3c gleichwertig mit Wilkins IIB behandelt werden, da sich eine durch Wilkins IIA dargestellte einfache Antekurvationsfehlstellung wie oben bereits aufgezeigt, mit der Zeit in den meisten Fällen wieder von selbst korrigiert, während eine Verschiebung in der Frontalebene eine erfolgreiche und stabile Reposition erfordert, um spätere bleibende Fehlstellungen zu vermeiden.

Bei O'Hara wurden 71 Kinder, 41 Jungen und 30 Mädchen im Alter zwischen 1 und 11 Jahren nachuntersucht, wobei 29 Kinder eine Fraktur vom Wilkins-Typ IIA, 22 vom Typ IIB und 20 vom Typ III aufwiesen. Demgegenüber finden sich in den

eigenen Daten, beim Versuch der Übertragung der Klassifikation, 2 Kinder mit Fraktur vom Wilkins-Typ IIA, 17 mit Typ IIB und 11 mit Typ III. Die großen Unterschiede der Häufigkeiten für Typ IIA läßt sich ganz leicht dadurch erklären, dass es sich hierbei um keine komplizierte Fraktur handelt, die sich leicht konservativ behandeln läßt, und so bei den eigenen Daten nicht miterfaßt wurde.

Die Frakturen vom Typ IIA wurden bei O'Hara alle 29 konservativ im Blount-Verband oder im Gips ruhiggestellt und nur 7 benötigten zuvor eine geschlossene Reposition, bei keinem war eine Nachreposition nötig. Alle 29 Kinder wiesen bei der Nachuntersuchung ein exzellentes Ergebnis mit vollem Bewegungsumfang und seitengleicher Armachse auf. Die beiden eigenen Patienten mit Wilkins-Typ IIA waren beide offen reponiert worden, benötigten beide keine Nachreposition und wiesen beide seitengleiche Armachsen auf. Einer jedoch hatte bei der Nachuntersuchung ein kleines Flexionsdefizit von 5°.

Von den Typ IIB Frakturen bei O'Hara wurden 3 konservativ im Gips ruhig gestellt, bei 7 Typ IIB und bei 1 Typ III erfolgte eine geschlossene Reposition mit anschließend konservativer Immobilisierung, 7 Typ IIB und 10 Typ III wurden geschlossen reponiert und mit Kirschner-Drähten fixiert und 5 Typ IIB und 9 Typ III wurden nach offener Reposition mit Kirschner-Drähten fixiert. O'Hara stellt dar, dass von den 42 Typ IIB und III Frakturen bei den Patienten, bei denen die oben genannten Richtlinien befolgt worden waren, keine Nachreposition nötig war, und alle Patienten eine seitengleiche Armachse aufwiesen. Unter den 11 Patienten mit unbefriedigendem Ergebnis waren 5, die nicht mit Kirschner-Drähten stabilisiert worden waren, was zu Nachrepositionen oder Varusfehlstellung führte. Von den 7 Patienten, die nur durch laterale Kirschner-Drähte stabilisiert worden waren, wiesen 4 (57,1%) unbefriedigende Ergebnisse auf, wie nötige Nachrepositionen und Varusfehlstellungen. Bei den Fällen mit geschlossener Reposition traten in 2 Fällen Infektionen des Drahtes und in 1 Fall eine postoperative Neurapraxie des Nervus radialis auf.

Betrachtet man bei den eigenen Daten die dem Wilkins-Typ IIB und III zuordenbaren Frakturen, so wurden zunächst 14 geschlossen und 14 offen reponiert und daraufhin alle mit Kirschner-Drähten in gekreuzter Konfiguration stabilisiert. Von unseren 28 Typ IIB und III Frakturen kamen 17 zu einem idealen Ergebnis, ohne dass eine Nachreposition notwendig war. Bei 8 (57,1%) Patienten, die zunächst geschlossen reponiert worden waren, musste eine Nachreposition erfolgen, bei einem noch

einmal geschlossen und bei 7 offen. 11 Patienten, 3 nach einmaliger geschlossener, 4 nach einmalig offener Reposition und 2 nach einem Wechsel von zunächst geschlossener zur offenen Reposition, wiesen bei der Nachuntersuchung eine seitenungleiche Armachse auf und bei 10 Patienten, 4 nach einmaliger geschlossener Reposition, 4 nach einmalig offener Reposition und 2 nach einem Wechsel von zunächst geschlossener zur offenen Reposition, ließ sich bei der Nachuntersuchung eine Einschränkung im Bewegungsumfang feststellen.

Betrachtet man nun die Daten und Ergebnisse der beiden Studien, so erscheint es im Nachhinein nicht nachvollziehbar, warum die beiden eigenen Patienten (Wilkins IIA) beide offen reponiert worden waren, während die konservative Behandlung bei O'Hara in allen Fällen gute Ergebnisse mit kleinerem Aufwand sowohl für die Krankenhauskosten als auch für die Patienten erbracht hat. Dazu muss man aber anmerken, dass, wie bereits aufgezeigt, die konservativ behandelten Patienten in der eigenen Studie nicht mit erfasst wurden, und die beiden Fälle mit Gruppe IIA nur einen kleinen Prozentsatz aus einer unbekannt großen Gruppe darstellen. Außerdem können andere Faktoren bei der Behandlungswahl eine Rolle gespielt haben, die in der gewählten Klassifikation keine Rolle spielen.

Ansonsten scheint nach der Studie von O'Hara die von ihm gestellte Forderung, wenn möglich zunächst geschlossen zu reponieren, bei Betrachtung seiner Ergebnisse gerechtfertigt, da er alle nicht zufrieden stellenden Fälle auf ungenügende Fixierung des Repositionsergebnisses, auf konservative Stabilisierung oder ausschließlich laterale Spickdrähte, zurückführt. Bei den eigenen Daten fällt jedoch auf, dass in 57,1% der zunächst geschlossenen Repositionen noch einmal nachreponiert werden musste, um ein zufrieden stellendes Repositionsergebnis zu erreichen. Davon wurde, wie oben bereits mehrmals beschrieben, in einem Fall nach geschlossener Reposition und Fixation im Gipsverband wegen Verlust des Repositionsergebnisses nochmal geschlossen nachreponiert und mit Spickdrähten fixiert, in 4 Fällen nach zunächst geschlossener Reposition im selben Operationsgang offen nachreponiert und in 3 Fällen, die oben näher beschrieben sind, erst nach Tagen nach primär geschlossener Reposition offen nachreponiert und mit Spickdrähten fixiert. Im Vergleich der Ergebnisse (nach der v. Laer-Bewertung) der zunächst geschlossen reponierten zu den primär offen reponierten Frakturen kommt man jedoch zu einem bei unserer kleinen Fallzahl statistisch nicht signifikantem Unterschied von 36% unbefriedigenden Ergebnissen nach primär

offener Reposition zu 45% nach zunächst geschlossener Reposition. Bei dieser Betrachtung der eigenen Daten könnte man sich die Frage stellen, ob die Indikation zur primär offenen Reposition nicht großzügiger gestellt werden sollte, zumal bei den eigenen Daten nach einem Wechsel von geschlossener zu offener Reposition in 50% der Fälle nach der v. Laer-Bewertung ein unbefriedigendes Ergebnis verzeichnet werden musste.

Vergleich mit den Daten von Wessel

Demgegenüber soll nun im Folgenden eine Studie von Wessel (37) betrachtet werden, in der ebenfalls primär eine geschlossene Reposition, sogar unabhängig vom Dislokationsgrad und eventueller Gefäß- und Nervenbeteiligung gefordert wird. In dieser Studie wurden 128 Kinder im Alter von 1-12 Jahren nachuntersucht, von denen 54 eine Fraktur nach einer nicht näher benannten Klassifikation vom Grad I mit Rotationsfehler, 29 vom Grad II und 34 vom Grad III aufwiesen, 11 Frakturen werden als sogenannte Y-Frakturen dargestellt. Wenn man die gängigen Klassifikationen betrachtet, die sich ja wie im allgemeinen Teil bereits aufgezeigt im Großen und Ganzen sehr ähneln, so findet sich zumeist als Grad III ein vollständig verlorener Fragmentkontakt, als Grad II eine hochgradige Verschiebung der Fragmente ohne Verlust des Fragmentkontaktes und als Grad I eine fehlende bis geringgradige Fragmentverschiebung. Da bei Wessel die Frakturen vom Grad I als „mit Rotationsfehler bezeichnet werden“, sollen sie, ebenso wie die als Grad II bezeichneten Frakturen zum Vergleich mit den eigenen Daten den Frakturen aus der eigenen Studie vom Grad II der Felsenreichklassifikation gegenübergestellt werden, da Grad I in der Felsenreichklassifikation einen „unvollkommen durchgebrochenen Knochen“ bezeichnet, und somit hier kein Rotationsfehler vorliegen kann. Bei Wessel erfolgte in 87 Fällen eine geschlossene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese, bei 68 Patienten davon lag eine Fraktur vom Grad II bezogen auf die Felsenreichklassifikation vor und bei 19 Patienten vom Grad III. In 41 Fällen musste offen reponiert und gespickt werden, 15 davon fallen unter die Felsenreich-Gruppe II und 15 unter die Gruppe III; die restlichen 11 Fälle fallen auf die Y-Frakturen.

Wessel kommt nach den Bewertungskriterien nach Flynn in 77 Fällen (60,2%) zu einem sehr guten, in 44 Fällen (34,4%) zu einem guten, in 3 Fällen (2,3%) zu einem befriedigendem und in 4 Fällen (3,1%) zu einem schlechten Ergebnis, wobei leider nicht nachvollziehbar ist, wie in diesen

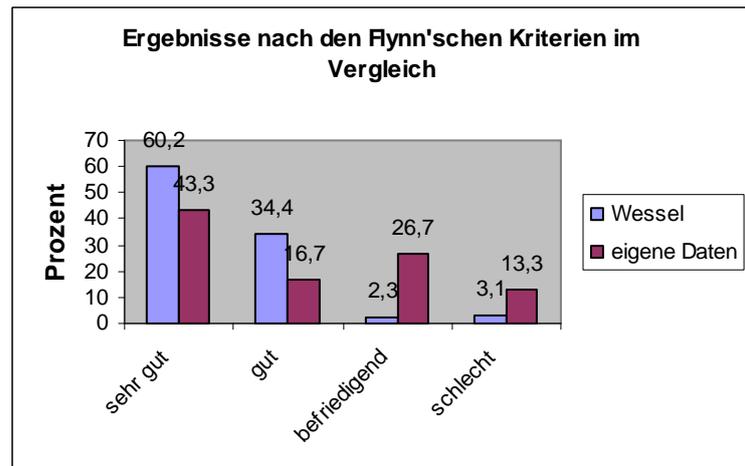


Abbildung 49

Ergebnissen die geschlossenen und die offenen Repositionen verteilt sind.

Bei den eigenen Patienten kommen 13 (43,3%) zu einem sehr guten, 5 (16,7%) zu einem guten, 8 (26,7%) zu einem befriedigendem und 4 (13,3%) zu einem schlechten Ergebnis.

Betrachtet man nun die eigenen Daten, die gegenüber den Daten aus Wessel's Studie nach den Flynn'schen Kriterien insgesamt schlechtere Ergebnisse bieten, gesondert im Anbetracht auf die primäre Repositionsart, so zeigt sich, dass in den Fällen, in denen primär offen reponiert wurde gegenüber den Fällen, bei denen zunächst eine geschlossene Reposition angestrebt wurde, bei der Nachuntersuchung gemäß den Flynn'schen Kriterien deutlich bessere Ergebnisse erzielt wurden (Abbildung 50).

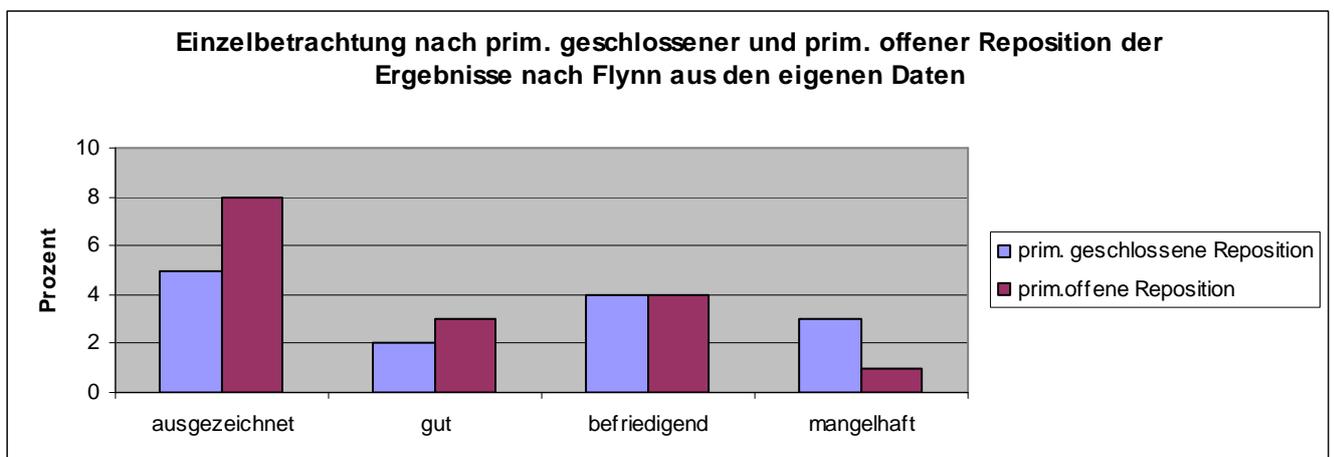


Abbildung 50

Vergleich mit den Daten von Gehling

Während die geschlossene Reposition mit anschließender perkutaner Spickung von den meisten Autoren bevorzugt wird, soll nun als Beispiel für eine Studie, in der das primär offene Vorgehen bevorzugt wird, die Studie von Gehling (30) vorgestellt werden. Hier wird postuliert, dass eine geschlossene Reposition nur für die Fälle vorbehalten sein sollte, die nur in der Sagittalebene abgewinkelt sind, Fragmentkontakte über die ventrale oder dorsale Kortikalis aufweisen und bei denen kein Rotationsfehler vorliegt.

Im Untersuchungszeitraum wurden 51 Kinder im Alter von 1-14 Jahren behandelt, die Frakturen nach der Felsenreichklassifikation vom Grad II und III aufwiesen. In 7 Fällen (13,7%), 5 (9,8%) aus Gruppe II und 2 (3,9%) aus Gruppe III, wurde geschlossen reponiert mit anschließender perkutaner Spickung. In 44 Fällen (86,3%) wurde offen reponiert, wobei 6 Kinder (11,8%) mit Gruppe II Fraktur und 4 Kinder (7,8%) mit Gruppe III Fraktur ulnar- oder radialeseitig offen reponiert wurden, 15 Kinder (29,4%) mit Gruppe II Fraktur und 19 Kinder (37,3%) mit Gruppe III Fraktur offen mit ulnar- und radialeseitigem Zugang und gekreuzter Kirschnerdraht-Osteosynthese. 37 Kinder mit Gruppe II und III Fraktur konnten nachuntersucht werden. Die Nachuntersuchungsergebnisse nach Defiziten im Bewegungsumfang und Achsenfehlstellungen werden in Tabelle 17 den Ergebnissen aus den eigenen Daten gegenübergestellt.

Gruppe	Gehling		eigene Daten	
	II (n=15)	III (n=19)	II (n=19)	III (n=11)
Beugedefizit				
5°-10°	1 (2,9%)	2 (5,9%)	4 (13,3%)	1 (3,3%)
10°-20°	0	0	3 (10%)	1(3,3%)
Streckdefizit				
≤5°	2 (5,9%)	3 (8,8%)	0	0
Varusfehlstellung				
≤5°	2 (5,9%)	2 (5,9%)	0	0
5°-10°	0	1 (2,9%)	4 (13,3%)	1 (3,3%)
10°-20°	0	1 (2,9%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)
Valgusfehlstellung				
≤5°	0	0	1 (3,3%)	0
5°-10°	0	0	2 (6,7%)	0

Tabelle 17

Leider lässt sich bei der Studie von Gehling wieder nicht feststellen, welche Ergebnisse von den Kindern, die mit geschlossener Reposition behandelt wurden, und welche von denen mit offener Reposition stammen. Was jedoch bei Betrachten von Tabelle 17 wieder auffällt, ist, dass die eigenen Daten abgesehen davon, dass bei uns in keinem Fall ein Streckdefizit auftrat, in allen anderen Bereichen schlechter abschneiden.

Betrachtet man die eigenen Daten aufgeteilt in Fälle nach primär offener und primär geschlossener Reposition (Tabelle 18) so zeigt sich wieder, dass die schlechteren Ergebnisse nach primär geschlossener Reposition auftraten.

Gruppe	eigene Daten		Gehling (Gruppe II + III)
	prim. geschl. Rep.	prim. offene Rep.	
Beugedefizit			
5°-10°	2 (6,7%)	3 (10%)	3 (8,8%)
10°-20°	4 (13,3%)	0	0
Streckdefizit			
≤5°	0	0	5 (14,7%)
Varusfehlstellung			
≤5°	0	0	4 (11,8%)
5°-10°	3 (10%)	2 (6,7%)	1 (2,9%)
10°-20°	2 (6,7%)	1 (3,3%)	1(2,9%)
Valgusfehlstellung			
≤5°	1 (3,3%)	0	0
5°-10°	0	2 (6,7%)	0

Tabelle 18

Gesamtbetrachtung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das nachuntersuchte Patientenkollektiv im Vergleich mit den anderen Studien, die auch ein mit Spickdrahtosteosynthese nach geschlossener bzw. offener Reposition behandeltes Patientenkollektiv nachuntersucht haben, nach den hierbei verwendeten Bewertungskriterien nach Flynn bzw. v. Laer, ein wenig schlechter abschneidet.

Dies bezieht sich auf funktionelle Kriterien wie Beugedefizit und Achsenfehlstellungen, wie der Cubitus varus und der Cubitus valgus.

Die einzelnen Fälle unserer Patienten mit schlechteren Ergebnissen wurden im speziellen Teil bereits näher betrachtet.

Alle drei Patienten mit größerem Flexionsdefizit und drei mit einer Achsenabweichung um $>10^\circ$ waren geschlossen reponiert und mit Kirschner-Drähten fixiert worden.

Vier Patienten mit Achsenabweichung waren bereits primär offen reponiert worden, drei weitere Patienten mit Achsenabweichung waren zunächst geschlossen reponiert worden und mussten später offen nachreponiert werden, einer davon bereits im selben Operationsgang.

Beim zweiten dieser Patienten handelte es sich um den mehrmals beschriebenen komplizierteren Fall, der zunächst in einem anderen Krankenhaus behandelt worden war und dann nach zwei Tagen nach der geschlossenen Reposition wegen mangelnder Stabilität bei ebenfalls Absprengung eines ulnaren Keils noch einmal offen nachreponiert und durch interfragmentäre Verschraubung und Kirschner-Drähte fixiert worden war, beim dritten um den Patienten um den bereits geschilderten Fall, der zunächst geschlossen reponiert und nur im Gipsverband fixiert worden war, jedoch 2 Tage später offen nachreponiert und mittels Spickdrähten fixiert werden musste.

Man muss sich nun fragen, ob es besser gewesen wäre, wenn in den betreffenden Fällen primär offen reponiert worden wäre, oder ob das schlechtere Ergebnis an ungenügender Fixation des gelungenen Repositionsergebnisses lag und durch eine andere Fixationstechnik vermieden werden hätte können.

So schildert Prevot (113) in seiner Studie durch retrograde Stabilisierung mittels intramedullärer Marknagelung in 80% exzellente, 16% gute und nur 4% schlechte Ergebnisse und betont vor allem das seltene Auftreten des Cubitus Varus. Weinberg betont vor allem das seltene Auftreten von Funktionsdefiziten (nur 1 Patient (2%) in der betreffenden Studie mit 50 Kindern) bei der intramedullären Marknagelung (26), da keine zusätzliche Fixierung im Gipsverband nötig ist und die Kinder den verletzten Arm bereits in vollem Bewegungsumfang nutzen können.

Abschließend soll noch kurz auf das derzeit favorisierte Verfahren im Krankenhaus Harlaching eingegangen werden. Seit einiger Zeit wird bevorzugt geschlossen reponiert, auch bei höhergradigen Frakturen, in soweit eine gute Reposition auf geschlossenem Wege erreichbar ist. Als Fixation erfolgt eine perkutane Spickdrahtosteosynthese unter Simultandurchleuchtung mit 2 Bildwandlergeräten. Zur Behandlungszeit der nachuntersuchten Patienten war nur 1 Bildwandlergerät

verwendet worden, was ein häufigeres Bewegen der Armes erforderte, und dadurch eine größere Redislokationswahrscheinlichkeit der Fraktur sowohl bei offenem als auch bei geschlossenem Vorgehen mit sich brachte.

IV. DISKUSSION

Die suprakondyläre Humerusfraktur wird auch in der heutigen Zeit noch von Vielen als eine Problemfraktur bezeichnet. Die Bedeutung dieses Frakturtyps zeigt sich auch in der Fülle von Veröffentlichungen, die sicherlich nicht nur darin begründet ist, dass es sich um eine der häufigsten Frakturformen im Kindesalter handelt, sondern dass im Bezug auf die Behandlung dieser Fraktur ein großer Diskussionsbedarf besteht.

Dies ist vor allem begründet in den Schwierigkeiten, die sich bei der Auswahl und der Durchführung ihrer Therapie ergeben, aber auch darin, dass die in der vorliegenden Arbeit bereits mehrfach beschriebenen Komplikationen bei diesem Frakturtyp häufig auftreten, und durch die diversen möglichen Therapiemethoden nicht in allen Fällen vermieden werden können.

So sollen im folgenden Teil der Arbeit einige Fragen aufgeworfen und diskutiert werden im Bezug auf eine etwaige Verbesserung der Diagnostik und Behandlung der Fraktur, aber auch im Bezug auf die Wichtigkeit und die Aussagekraft von Nachuntersuchungen für Studien über die suprakondyläre Humerusfraktur.

1. Betrachtungen zur Diagnostik

Neben der Unfallanamnese und der klinischen Untersuchung kommt bei der suprakondylären Humerusfraktur, wie bei den meisten Frakturformen, der Röntgendiagnostik eine besonders wichtige Rolle zu. Bei schwer dislozierten Frakturen bereitet die Diagnose aufgrund des typischen suprakondylären Verlaufs der Bruchlinie keine nennenswerten Schwierigkeiten. Bei nur mäßig dislozierten Frakturen, Frakturen mit Achsenknick oder mit Rotationsfehler bieten sich jedoch häufig diagnostische Schwierigkeiten, vor allem im Hinblick auf die Einschätzung des Grades der Fraktur. Diese Schwierigkeiten sind oft darin begründet, dass die Röntgenaufnahme wegen nicht ideal im Bezug auf den Bruchspalt verlaufenden Strahlengang oder wegen Artefakten nicht optimal zu beurteilen ist. Standardisierte Röntgenaufnahmen jedoch, wie sie vor allem für Studienzwecke häufig gefordert werden, sind bei der suprakondylären Humerusfraktur oft nicht durchführbar wegen Schmerzen des Kindes bei der nötigen Positionierung des Armes im Strahlengang

oder wegen Überlagerung des Röntgenbildes durch Schienen, in denen der frakturierte Arm ruhiggestellt ist.

Man muss sich jedoch fragen, ob präoperative standardisierte Röntgenaufnahmen überhaupt notwendig und im Hinblick auf das spätere Therapieergebnis entscheidend sind.

Um eine optimale präoperative Diagnostik zu erzielen, könnte man in unklaren Fällen auch die Forderung nach einer erweiterten Diagnostik, wie etwa die Durchführung eines CT mit 3D-Rekonstruktion, so wie es bereits beim Erwachsenen häufig z.B. bei Tibiakopf-, Pilon tibiale- und Humeruskopffrakturen durchgeführt wird, stellen. Hier muss man sich jedoch wirklich fragen, ob die Durchführung eines CT bei der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter wirklich Sinn macht und besonders im Hinblick auf die dabei auftretende Strahlenbelastung, aber auch im Hinblick auf ihre Effektivität und die erhöhten Kosten nicht eine übertriebene diagnostische Maßnahme darstellt. Würde eine so genaue Abbildung der Fraktur entscheidend zur Auswahl des Therapieverfahrens beitragen?

Sicherlich ließe sich die Fraktur auf diese Weise sicherer klassifizieren, wobei sich aber die nächste Frage stellt- ist denn eine Klassifizierung der suprakondylären Humerusfraktur in verschiedene Untergruppen im klinischen Alltag überhaupt so wichtig? Wie bereits im allgemeinen Teil dargestellt, existieren in der Literatur eine Vielzahl solcher Klassifizierungen, wobei zunächst auffällig ist, dass sich die meisten sehr ähnlich sind und nur zwischen nicht dislozierten, mäßig dislozierten und schwer dislozierten Frakturformen unterscheiden. Die Unterteilung in nicht disloziert und disloziert spielt sicherlich im klinischen Alltag in vielen Fällen eine Rolle bei der Entscheidung zur konservativen oder zur minimal invasiven bzw, operativen Behandlung. Aber können aufgrund der Frakturklassifizierung eindeutige Therapieempfehlungen gegeben werden? Und welches Therapieverfahren wäre dann bei welchem Dislokationsgrad zu empfehlen?

Die genaueren Klassifikationen, die mehrere Untergruppen verwenden, sind sicherlich für Studienzwecke gut zu gebrauchen, ihre Verwendung im klinischen Alltag wird bisher jedoch wohl kaum praktiziert, zum einen aus den oben genannten Gründen, dass eine standardisierte diagnostische Methode, die solch eine untergliederte Klassifikation möglich machen würde, kaum routinemäßig verwendbar ist, zum anderen bleibt auch die Frage offen, ob eine exakte präoperative Klassifikation der Fraktur überhaupt für die Auswahl des Therapieverfahrens so relevant ist, zumal sich für die suprakondyläre Humerusfraktur im Kindesalter nur

zwei wirkliche Therapieoptionen ergeben: Die konservative Behandlung in Gips oder Blountschlinge oder minimal invasive oder operative Verfahren mit Kirschner-Drähten oder Prevotnägeln, die alle zum Ziel haben, das Repositionsergebnis zu retinieren.

2. Betrachtungen zur Therapie

Die dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur lässt sich in den meisten Fällen problemlos erfolgreich reponieren, das Hauptproblem bei der Behandlung besteht meist darin, das Repositionsergebnis durch eine geeignete Fixationsmethode aufrecht zu erhalten.

a) Im klinischen Alltag selten durchgeführte Therapiemethoden

Die diversen Therapiemethoden der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter wurden bereits im allgemeinen Teil ausführlich beschrieben. Neben der konservativen Therapie bei nicht oder kaum dislozierten Frakturen spielt im klinischen Alltag bei dislozierten Frakturen vor allem die perkutane und die offene Kirschnerdraht-Spickung eine Rolle, aber auch die retrograde Stabilisierung nach Prevot wird zunehmend erfolgreich angewendet. Andere von einigen Autoren beschriebene Behandlungsmethoden, wie z.B. oben beschriebene der Ilizarov-Fixateur, die Plattenosteosynthese, die Olekranonschraube und die Extensionsbehandlung, kommen im klinischen Alltag kaum zur Anwendung. Man kann sich nun die Frage stellen, warum sich diese Verfahren für die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur nicht bewährt haben. Der Ilizarov-Fixateur scheidet sicherlich als technisch aufwändige und teure Technik, die darüber hinaus für das Kind optisch belastend ist, bei der Auswahl der Therapieoptionen aus, wenn das Repositionsergebnis durch eine viel einfachere Fixationsmethode ebenso gehalten werden kann. Dass sich die Plattenosteosynthese und die Olekranonschraube als Therapieverfahren nicht durchgesetzt haben, mag daran liegen, dass bei beiden Verfahren die Gelenkkapsel tangiert wird, was wohl eine größere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Komplikationen mit sich bringt- dies ist jedoch aus den nur wenigen dazu vorliegenden Studien nicht eindeutig ersichtlich und müsste sich erst durch weitere große standartisierte Studien beweisen lassen.

Die Extensionsbehandlung wurde vor einiger Zeit noch häufiger zur Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur hinzugezogen, ist heute als Behandlungsmethode jedoch weitgehend verlassen worden. Warum konnte sich diese minimal invasive Methode nicht bewähren? Es liegt sicherlich daran, dass dieses Fixationsverfahren sehr aufwendig in der Pflege des Kindes ist, durch die lange Immobilisation für den Patienten sehr belastend ist und hohe Behandlungskosten aufweist, wobei die Effektivität im Vergleich zum Aufwand nicht optimal ist, da durchaus unbefriedigende Ergebnisse beobachtet wurden durch die latente Instabilität der Fraktur bis zu ihrer Durchbauung.

b) Konservative Therapie

Wie bereits oben erwähnt, halten einige Autoren die konservative Behandlung mit Blountschlinge, Oberarmgips, oder beides in Kombination, durchaus für geeignet zur Behandlung von mäßig dislozierten Frakturen. Dies kann jedoch problematisch sein und zu Komplikationen führen, da mit dem an den Körper angelegtem Unterarm eine Innenrotation des distalen Fragments gegenüber dem proximalen Humerus provoziert wird, was bei ungenügender Flexion noch unterstützt wird durch den Zug der Rotatorenmanschette. Der dabei möglicherweise auftretende Kontaktverlust der Fragmente im Bereich des ulnaren Pfeilers kann über einen Rotationsfehler zu einer eventuell später auftretenden Varusfehlstellung führen. Hierbei könnte man Überlegungen anstellen, ob sich diese Innenrotation des distalen Fragmentes durch eine Modifikation der Methode vermeiden lässt und ob andere konservative Techniken für die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur denkbar sind. Aber trotz dieser Gefahren der sekundären Dislokation hat sich die konservative Behandlung auf jeden Fall bei der nicht dislozierten suprakondylären Humerusfraktur bewährt und auch bei mäßig dislozierten Frakturen weist sie in einigen Fällen gute Ergebnisse auf, hier ist jedoch immer abzuwägen, ob das Repositionsergebnis risikolos durch eine konservative Fixation stabil retiniert werden kann.

c) Spickdrahtosteosynthese

Aber, wie auch die vorliegende Studie gezeigt hat, können nicht nur bei der konservativen Behandlung im späteren Verlauf Fehlstellungen auftreten, sondern auch bei der eigentlich viel stabileren und bei der suprakondylären Humerusfraktur

im Kindesalter meist verwendeten Retentionsmethode der perkutanen oder offenen Spickdrahtosteosynthese. Durch diese Methoden werden, wie sowohl durch die vorliegende Studie, als auch durch eine Vielzahl von anderen Studien in der Literatur dargestellt, größtenteils gute Ergebnisse erzielt, jedoch treten immer wieder Fälle mit Rotationsfehlern, Varus- und Valgusfehlstellungen und Antekurvationsfehlstellungen auf. Hierbei stellt sich die Frage, ob und wie man die Anzahl dieser Fälle weiter reduzieren kann. In vielen Studien wurde gefordert, die Spickdrähte in gekreuzter Konfiguration einzubringen, wobei die Kreuzungsstelle oberhalb und nicht zu nahe am Frakturspalt liegen sollte, da auf diese Weise die größte Stabilität zustande komme. Eine große Schwierigkeit besteht sicherlich darin, dass nach gelungener Reposition während der Spickung, bevor die Retention durch die endgültig platzierten Spickdrähte stabil ist, bei der Manipulation durch den Vorgang des Einbringens der Spickdrähte eine erneute Dislokation auftreten kann. Diesem Problem kann begegnet werden durch eine geeignete intraoperative Bildgebung, die ein Erkennen der Dislokation und somit eine Nachkorrektur erlaubt.

Bei der Spickdrahtosteosynthese bestehen jedoch generell Schwierigkeiten bei der operativen Bildgebung. Im Frakturbereich überlagern sich auf dem Röntgenbild bis zu vier Strukturen, nämlich jeweils der ventrale und der dorsale Anteil des radialen und des ulnaren Pfeilers, was die Beurteilung des Frakturbereiches erschwert und wodurch ein eventuell noch vorhandener Rotationssporn leicht übersehen werden kann. So kann es unter Umständen vorkommen, dass bei Übersehen eines Rotationsspornes ein unerkannter relevanter Rotationsfehler vorliegen kann. Wie aufwändig muss also die intraoperative Durchleuchtung sein, um derartige Fehlstellungen rechtzeitig zu erkennen und diese korrigieren zu können? In den meisten Studien in der Literatur, auch in der multizentrischen Studie der Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, wird auf dieses Problem nicht näher eingegangen. Hier stellt sich nun die Frage, ob durch eine Verbesserung der intraoperativen Durchleuchtung die nicht optimalen Ergebnisse eher vermieden werden können.

d) Derzeitiges Behandlungsverfahren im Krankenhaus Harlaching

Wie bereits im speziellen Teil kurz beschrieben wurde das Behandlungsverfahren im Krankenhaus Harlaching, wie es bei den nachuntersuchten Kindern verwendet wurde, in der Zwischenzeit modifiziert. Derzeit wird in unserem Hause bevorzugt geschlossen reponiert, auch bei höhergradigen Frakturen, in soweit eine gute Reposition auf geschlossenem Wege erreichbar ist. Als Fixation erfolgt eine perkutane Spickdrahtosteosynthese unter Simultandurchleuchtung mit zwei Bildwandlergeräten. Diese Bildwandlergeräte sind auf neuestem Stand der Technik in 90°-Stellung zueinander aufgestellt und haben eine Vergrößerungsmöglichkeit. Zur Behandlungszeit der nachuntersuchten Patienten war nur ein Bildwandlergerät verwendet worden, was ein häufigeres Bewegen der Armes erforderte, und dadurch eine größere Redislokationswahrscheinlichkeit der Fraktur sowohl bei offenem als auch bei geschlossenem Vorgehen mit sich brachte. Ob diese neue Technik der intraoperativen Durchleuchtung im Hinblick auf die Therapieergebnisse entscheidende Vorteile bringt, wird die Zukunft zeigen müssen.

Es hat sich gezeigt, dass in der Regel alle Frakturen, auch Frakturen höheren Grades, auch geschlossen reponierbar sind. Die Retention wird hierbei durch den gebeugten Unterarm während des Spickvorganges stabil gehalten. Die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung des Nervus ulnaris kann beim geschlossenen Spickvorgang für relativ gering gehalten werden, da durch die Durchleuchtung in der lateralen Ebene eine sichere Kontrolle des Kirschnerdrahtes im Hinblick auf seine Lage bezüglich des Sulcus Nervi ulnaris gewährleistet werden kann. Bisher erwiesen sich multiple Spickversuche als weitgehend unnötig und durch die erweiterte Bildwandlerkontrolle kann eine Fehllage der Kirschner-Drähte nahezu ausgeschlossen werden.

e) Retrograde Stabilisierung nach Prevot

Als neueres Operationsverfahren der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter, das zunehmend in der Literatur auftaucht, wurde bereits im allgemeinen Teil die Technik der retrograden Stabilisierung nach Prevot beschrieben. Die ersten Studien zu dieser neueren Operationstechnik sind ermutigend und weisen darauf hin, dass die Prevot-Nagelung eine ernstzunehmende Therapiealternative für die suprakondyläre Humerusfraktur sein könnte. Bei dieser Technik werden

Rotationsfehler offenbar dadurch vermieden, dass der ulnare sowie auch der radiale Pfeiler intramedullär gesichert werden. So entsteht eine große Kontaktfläche im Frakturbereich, die Rotation der Fragmente gegeneinander wird durch die intramedulläre Schienung beider Pfeiler verhindert und einem Abkippen der Fraktur und somit der Entstehung einer Valgus- oder Varusfehlstellung wird entgegengetreten. Zur intraoperativen Bildgebung wird in der Studie von Weinberg et al. beschrieben, dass nach Einbringen der intramedullären Marknagelung unter Bildwandlerkontrolle die freie Beweglichkeit in Rotation und Flexion im Ellbogengelenk getestet wird und schließlich nach Schließen der Hautwunden eine Abschlussröntgenaufnahme in zwei Ebenen stattfindet. Das Verfahren der intramedullären Schienung gestattet eine gipsfreie Nachbehandlung und sofortige Übungsstabilität. Die positiven Ergebnisse bei diesem Verfahren weisen darauf hin, dass es in Zukunft wohl eine größere Rolle bei der Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter spielen wird.

f) Erfahrung des behandelnden Chirurgen

Stellt man Überlegungen zur Therapie der suprakondylären Humerusfraktur an, sollte abgesehen von den verschiedenen Therapieformen auch in die Betrachtungen die Erfahrung des behandelnden Chirurgen miteinbezogen werden. Zunächst sollte man einmal hinterfragen, wann denn der Großteil der nachuntersuchten und diskutierten Patienten zum Zeitpunkt des Unfalles in die Notaufnahme kamen. Dies lässt sich aus Studien in der Literatur meist nicht nachvollziehen, in unserer Studie zeigte sich jedoch, dass ein bedeutend größerer Teil (20 der 30 nachuntersuchten Patienten) außerhalb der Regeldienstzeit, also am Abend oder am Wochenende, in die Notaufnahme kamen. Dies bedeutet, dass in diesen Zeiten ein erfahrener Chirurg oft nicht sofort zur Verfügung stand.

An dieser Stelle taucht also die Frage auf, wie man den Schwierigkeitsgrad der Versorgung der suprakondylären Humerusfraktur überhaupt einschätzen sollte. Ist sie eine eher leichtere Operation, die schon von Anfängern vorgenommen werden kann, eine mittelgradige Operation, die erst ein erfahrener Assistenzarzt vornehmen sollte, oder ist sie so schwierig, dass ein Oberarzt mit sehr viel Erfahrung zu ihrer Behandlung erforderlich ist? Des Weiteren stellt sich die Frage, welche Konsequenzen aus diesen Überlegungen zu ziehen sind, sollte die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur nur an Zentren mit erfahrenen Unfallchirurgen

durchgeführt werden? Andererseits besteht auf jeden Fall die Forderung, dass die suprakondyläre Humerusfraktur möglichst schnell versorgt werden sollte, um ein möglichst gutes Repositionsergebnis zu erreichen.

Auch bei der neueren Methode der retrograden Stabilisierung nach Prevot muss noch geklärt werden, wie schwierig diese eingeschätzt wird, und welche Anforderungen an die Erfahrung des durchführenden Chirurgen dabei gestellt werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht besteht im Zeitalter der DRG's ein Trend zu möglichst kurzen Krankenhausaufenthalten; somit sind vom ökonomischen Gesichtspunkt her eher minimal invasive Verfahren mit möglichst geringer Morbidität und möglichst kurzer Hospitalisationszeit gefragt. Die Anwendung solcher minimal invasiven Therapieoptionen sind im Falle der suprakondylären Humerusfraktur vom Therapieerfolg und der geringeren Belastung für das Kind in vielen Fällen durchaus gerechtfertigt, jedoch wird in komplizierteren Fällen, bei denen durch eine geschlossene Reposition mit minimal invasiver Retention ein gutes Therapiergebnis nicht erreicht werden kann, auch in Zukunft weiterhin auf operative Behandlungsverfahren der suprakondylären Humerusfraktur zurückgegriffen werden müssen.

3. Betrachtungen zur postoperativen Kontrolle

Auch postoperativ spielen bildgebende Verfahren zur Kontrolle des Repositionsergebnisses und der Retention eine wichtige Rolle. Im klinischen Alltag werden normalerweise Röntgenbilder im a.p. und im seitlichen Strahlengang angefertigt. Hier stellt sich wieder die gleiche Frage wie bei den präoperativen Röntgenaufnahmen, nämlich ob die Darstellung durch Röntgenbilder ausreichend ist und eine gute Beurteilung des Repositionsergebnisses zulässt, oder ob, um optimale Ergebnisse zu erzielen, zusätzliche bildgebende Verfahren, wie etwa ein CT mit 3D-Rekonstruktion notwendig sind, oder ob hierbei die Strahlenbelastung und der Mehraufwand im Hinblick auf die Effektivität nicht zu vertreten wäre. Es ist auch noch die Frage offen, ob die routinemäßigen Röntgenbilder eindeutig die Entdeckung eines etwaig noch vorhandenen Rotationssporns zulassen, oder ob dies nur durch Zusatzaufnahmen gewährleistet werden kann. Des Weiteren bleibt zu diskutieren, ob

die Entdeckung eines Rotationsspornes überhaupt Konsequenzen hätte. Hat als Hinweis auf einen noch vorhandenen Rotationsfehler als Konsequenz eine Reosteosynthese stattzufinden, und wie stark müsste der Rotationsfehler sein, um die Indikation für eine Revision zu stellen? Die Indikation zu einer Revision könnte man vom Grad des Rotationsfehlerquotienten abhängig machen, aber es bleibt noch unklar, ob der Rotationsfehlerquotient tatsächlich einen guten prognostischen Wert für die spätere Funktion des Arms und für spätere Fehlstellungen hat. In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass ein Rotationsfehlerquotient $>0,1$ später in einer Vagus- oder Valgusfehlstellung resultierte, aber aufgrund der niedrigen Fallzahlen kann dieses Ergebnis nicht als allgemein gültig betrachtet werden. Dies werden weitere größere Studien in der Zukunft noch zeigen müssen.

Auch der Baumannwinkel könnte als ein Maß für eine etwaige Indikationsstellung zur Revision dienen. Aber auch hier müsste der prognostische Wert dieses Maßes durch größere Studien zunächst eindeutig definiert werden - in der vorliegenden Studie zeigte sich ja bereits unter der geringen Fallzahl, dass Patienten, die auf der Konsolidierungs-Röntgenaufnahme eher einen kleineren Baumannwinkel zeigten, bei der Nachuntersuchung zu einer Valgisierung tendierten, Patienten mit einem eher größerem Baumannwinkel in der Konsolidierungsaufnahme wiesen eher eine Varisierung bei der Nachuntersuchung auf.

Diese Überlegungen zur Verbesserung der postoperativen Kontrolle kann man jedoch auch mit einbeziehen in die Diskussion über die Verbesserung der intraoperativen bildgebenden Kontrolle – eine intraoperative Nachreposition ist immer leichter zu bewerkstelligen als eine spätere postoperative Revision. Sollte man also bei einer aufwendigeren intraoperativen Kontrolle, wie oben bereits diskutiert, bereite intraoperativ durch Ausmessen bestimmter Hilfslinien und Maße, wie etwa dem Rotationsfehlerquotient, die Indikation zur Nachreposition ab einer bestimmten festgelegten Schwelle festmachen, um eine größere Anzahl optimaler Ergebnisse zu erzielen?

4. Betrachtungen zur Beurteilung des Therapieerfolges

In der vorliegenden Studie, wie auch in vielen anderen Studien in der Literatur, wurde der Therapieerfolg anhand verschiedener Bewertungsmethoden, die als Bewertungskriterien die Armachse und den Bewegungsumfang heranziehen, beurteilt. Bei diesen Bewertungsmethoden, wie oben bereits näher beschrieben, werden die Abweichung der Armachse und die Einschränkung des Bewegungsumfanges im Vergleich zum gesunden Arm abgestuft und in verschiedene Bewertungsklassen eingeteilt. Bei der Nachuntersuchung der eigenen Patienten zeigte sich jedoch, dass sich keiner der Patienten aufgrund einer abweichenden Armachse oder eines eingeschränkten Bewegungsumfanges im Vergleich zur Gegenseite im alltäglichen Leben eingeschränkt fühlte und die Grenze, ab wann eine Abweichung der Armachse oder eine Bewegungseinschränkung des verletzten Arms subjektiv überhaupt wahrgenommen wurde, war interindividuell sehr verschieden. Besonders bei Betrachtung der Armachsen ist auffällig, dass eine Varisierung um $>15^\circ$, der Bereich, wo sich bei den nachuntersuchten Patienten erst die Wahrnehmungsschwelle befand, in den verwendeten Bewertungsmethoden bereits als unbefriedigend eingestuft wird.

So wirft sich hier die Frage auf, ob die Diskussion über die Verbesserung des diagnostischen und therapeutischen Aufwands überhaupt gerechtfertigt ist, da Fehlstellungen und Bewegungseinschränkungen, die in Studien oft als unbefriedigendes Ergebnis eingestuft werden, oft subjektiv gar nicht wahrgenommen werden.

Will man Ergebnisse von Nachuntersuchungen allgemein vergleichbar machen, sind Bewertungsmethoden sicherlich in gewissem Rahmen notwendig, jedoch muss man immer vorsichtig sein bei der Beurteilung von Ergebnissen anhand einer Einteilung, die nur „gut“ und „schlecht“ unterscheidet und die jeweiligen subjektiven Ergebnisse außer Acht lässt. Des weiteren könnte man sich hier auch noch fragen, ob allein ein nicht optimales kosmetisches Ergebnis Grund genug ist, ein Therapieergebnis als schlecht einzustufen – bei dieser Frage muss wieder auf die subjektive Einschätzung des betroffenen Patienten verwiesen werden, fühlt sich der Patient selbst kosmetisch beeinträchtigt, ist die Lage sicherlich eine andere, als wenn der Patient den Seitenunterschied gar nicht bemerkt.

Diese Überlegungen sollten unbedingt in die Diskussion über die Verbesserung der Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter miteinbezogen werden, um nicht nur eine Zahlenkosmetik zu betreiben, sondern die bestmögliche Effizienz bei der Behandlung zu erreichen, d.h. mit möglichst wenig Mitteln und möglichst geringem Eingreifen in den Lebensablauf des Kindes das möglichst beste Ergebnis zu erzielen.

Des Weiteren sollte man bei der Beurteilung der Ergebnisse der Nachuntersuchung nicht vergessen, dass zu Zeitpunkt der Nachuntersuchung in der vorliegenden Studie, so wie auch in vielen Studien in der Literatur, bei einem Großteil der Patienten das natürliche Knochenwachstum noch nicht abgeschlossen war. Hierbei bleibt die Frage offen, ob die erhobenen Daten wirklich als letztgültige therapeutische Ergebnisse herangezogen werden dürfen, oder ob bis zum Abschluss des natürlichen Wachstums noch weitere Veränderungen im positiven oder negativen Sinn auftreten können, die bei der Diskussion über die Beurteilung der Ergebnisse der Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur eigentlich Beachtung finden sollten. Um diesen Punkt zu klären, könnte man das Heranziehen von weiteren Studien mit Patienten, die sich im Kindesalter eine suprakondyläre Humerusfraktur zugezogen hatten, bei denen aber zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung das natürliche Wachstum bereits vollständig abgeschlossen ist, postulieren.

Auch könnte man die Forderung nach weiteren Studien zur Optimierung der Therapie der suprakondylären Humerusfraktur stellen, die einen längeren Nachbeobachtungszeitraum aufweisen, des Weiteren werden in näherer Zukunft sicherlich standardisierte größere Studien bezüglich der retrograden Stabilisierung nach Prevot interessant werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Diskussion zur Therapie der suprakondylären Humerusfraktur zum einen aufgrund ihrer Häufigkeit, zum anderen aufgrund der sicherlich bestehenden Schwierigkeiten bei ihrer Behandlung durchaus eine wichtige Bedeutung hat und auch in Zukunft fortgeführt werden muss. Man sollte aber dabei nicht vergessen, dass zwar viele Komplikationen vorkommen können, dass die Komplikationen aber, die heutzutage hauptsächlich noch vorkommen, wie etwa geringfügige Bewegungseinschränkungen und Achsenabweichungen, nicht überbewertet werden sollten. Im Hinblick darauf, dass in den meisten Fällen die Ergebnisse für den Patienten äußerst zufrieden stellend sind, sollten die Diskussionen nicht dahin führen, die Frakturen über zu therapieren, sondern zu einer effizienten Optimierung der Therapie, die im Vergleich zum

Therapieaufwand möglichst ideale und vor allem subjektiv zufriedenstellende Ergebnisse bringt.

Trotz der bestehenden großen Zahl von Studien in der Literatur, die aber leider oft interessante Details nicht berücksichtigen und oft mangels Standardisierung nicht viel weiter führen auf dem Weg zur Therapieoptimierung, werden dazu in Zukunft weitere standardisierte Studien notwendig sein die einen längeren Nachbeobachtungszeitraum aufweisen, des weiteren werden in näherer Zukunft sicherlich standardisierte größere Studien bezüglich der retrograden Stabilisierung nach Prevot interessant werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die Nachuntersuchungsergebnisse von 30 der 65 Patienten im Alter von 1-12 Jahren, die im Städtischen Krankenhaus München-Harlaching zwischen 1993 und 2000 aufgrund einer dislozierten suprakondylären Humerusfraktur stationär behandelt worden waren, ausgewertet, und den Ergebnissen aus anderen Studien gegenübergestellt.

Zunächst fiel bei der Betrachtung der Behandlungsmethoden auf, dass in 53% der Fälle (n=16) ein primär offenes Vorgehen der Reposition gewählt wurde, was letztendlich nach den Bewertungskriterien von Flynn in 93% der Fälle ein sehr gutes bis befriedigendes Ergebnis bei der Nachuntersuchung erbrachte, nach der etwas strengeren Bewertung nach v. Laer in 69% der Fälle, was als Endergebnis durchaus vergleichbar mit den Endergebnissen anderer Studien ist.

Bei den 14 (47%) primär geschlossen reponierten Frakturen mußte jedoch in 57% (n=8) der Fälle noch eine Nachreposition mit Spickdrahtosteosynthese vorgenommen werden, bei 5 noch im selben Operationsgang, bei 3 erst am nächsten Tag, 2 Tage später, oder 5 Tage später. Alle 8 nachreponierten Frakturen waren anfänglich nicht mit Spickdrähten fixiert gewesen. Die Endergebnisse aller Frakturen nach primär geschlossenem Repositionsversuch wiesen nach den Bewertungskriterien von Flynn in 79% der Fälle ein sehr gutes bis befriedigendes Ergebnis auf, nach der Bewertung nach v. Laer in 57%, was im Vergleich zu anderen Studien ein deutlich schlechteres Ergebnis darstellt.

Der Hauptgrund für schlechte Ergebnisse war die Varusfehlstellung, die in 17% der Fälle nach primär geschlossener Reposition auftrat und in 10% der Fälle nach offener Reposition. Desweiteren spielten v. a. Beugedefizite eine Rolle, die insgesamt 20% der primär geschlossenen Repositionen ausmachten und 10 % der offenen, wobei ein Beugedefizit von über 10° nur nach anfänglich geschlossener Reposition auftrat.

Diese objektiv in der Nachuntersuchung festgestellten Ergebnisse wurden jedoch von den meisten Patienten und ihren Eltern subjektiv gar nicht wahrgenommen.

Ein Gefühl der subjektiven Eingeschränktheit gaben nur 2 (7%) der Patienten an, welches, wie oben beschrieben, vor allem auf einen Kraftverlust im betroffenen Arm, welcher gar nicht in die verwendeten Bewertungskriterien miteinfließt, zurückzuführen war. Es zeigte sich, dass in Fällen mit nur geringer

Bewegungseinschränkung ab 5° eine subjektiven Seitendifferenz wahrgenommen wurde, aber dass in anderen Fällen auch größere Bewegungseinschränkungen vom Patienten gar nicht bemerkt wurden. Eine Varisierung wurde erst ab 10° von den Patienten oder ihren Eltern bemerkt. So empfanden insgesamt 73% aller Patienten dieser Studie bei der Nachuntersuchung beide Arme als seitengleich.

Operationskomplikationen wie Wundinfektionen oder Nervenläsionen wurden bei keinem Kind dieser Studie beobachtet.

Weitere Studien werden zeigen müssen, ob die jetzt im Krankenhaus München Harlaching häufiger angestrebte geschlossene Reposition mit Spickdrahtosteosynthese unter Kontrolle mit 2 Bildwandlern bessere Ergebnisse bringt.

Desweiteren muss sich mit der Zeit zeigen, ob mit den beiden relativ neuen Methoden der intramedullären Marknagelung oder des radialen Fixateur externes, die in der Literatur noch nicht sehr häufig diskutiert werden, bei der höhergradigeren suprakondylären Humerusfraktur bessere Ergebnisse im Hinblick auf Funktion und Armachsen bringen können.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. **Archibald D.A.A., Roberts J.A., Smith M.G.H.:**
Transarticular fixation for severely displaced supracondylar fractures in children.
J Bone Joint Surg (Br) 1991; 73-B:147-9
2. **Aronson D.D., Prager B.I.:**
Supracondylar fractures of the humerus in children. Clin Orthop 219 (1987):174-84
3. **Baumann E.:**
Beiträge zur Kenntnis der Frakturen am Ellbogengelenk.
Bruns Beitr klin Chir 1929; 146:369-416
4. **Baumann E.:**
Zur Behandlung der Brüche des distalen Humerusendes beim Kind.
Chir. Praxis 4 (1960), 317
5. **Beals R.:**
The normal carrying angel of the Elbow. Clin Orthop 1976; 119: 194-196
6. **Bhende H.S.:**
Clinical measurement of varus-valgus deformity after supracondylar fracture of the humerus.
J Bone Joint Surg (Br) 1993; 76-B: 329-330
7. **Biyani A., Gupta S.P., Sharma J.C.:**
Determination of medial epicondylar epiphyseal angle for supracondylar humeral fractures
in children. J Pediatr Orthop 1993; 13: 94-97
8. **Blount, Walter P.:**
Knochenbrüche bei Kindern. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1957:26-42
9. **Broberg M.A., Morrey B.F.:**
Results of delayed excision of the radial head after fracture.
J Bone Joint Surg (Am) 1986; 68-A: 669-674
10. **Cave E.F., Burke J.F., Boyd R.J.:**
Trauma Management. 1974: 469-495

- 11. Chapchal, George:**

Fractures in children (9. International Symposium on topical problems in orthopedic surgery, Lucerne/Switzerland)
Georg Thiema Verlag Stuttgart - New York 1981: 141-148, 178-179, 183-186
- 12. Charnley, John:**

Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen. Springer Verlag 1967: 103-112
- 13. Childress H.M.:**

Transarticular pin fixation in supracondylar fractures at the elbow in children.
J Bone Joint Surgery (Am) 1972; 54-A: 1548-52
- 14. Chrestian P.:**

Kinderfrakturen. Verlag Hans Huber Bern, Stuttgart, Toronto 1989: 90-112
- 15. Chuang D.C., Carver N., Wie F.C.:**

A new strategy to prevent the sequelae of severe Volkmann's ischemia. Plastic and reconstructive surgery, Nov 1996: 1023-1031
- 16. Cramer K.E. Devito D.P., Green N.E.:**

Comparison of closed reduction and percutaneous pinning versus open reduction and percutaneous pinning in displaced supracondylar fractures of the humerus in children.
J Orthop Trauma 6 No 4 (1992): 407-412
- 17. Culp R.W., Osterman A.L., Davidson R.S., Skirven T., Bora F.W.:**

Neural Injuries associated with supracondylar fractures of the humerus in children.
J Bone Joint Surg (Am) 1990; 72-A: 1211-1214
- 18. Davis R.T., Gorczyca J.T., Pugh K.:**

Supracondylar humerus fractures in children. Clin Orthop.2000 Jul; (376): 49-55
- 19. De Boeck H.:**

Radiology of the elbow in children. Acta Orthop Belg 1996, 62 Suppl 1; 34-40
- 20. Dietz H.G., Schmittenbecher P.P, Illing P.:**

Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter.
Urban-&-Schwarzenberg-Verlag, München-Wien-Baltimore, 1997
- 21. Dormans J.P., Squillante R., Sharf H., Wayne F.:**

Acute neurovascular complications with supracondylar humerus fractures in children.
J Hand Surg 1995, 20A: 1-3

- 22. Ewald F.C., Scheinberg R.D., Poss R., Thomas W.H., Scott R.D., Sledge C.B.:**
Capitellocondylar total elbow arthroplasty. J Bone Joint Surg (Am) 1980; 62-A: 1259-1263
- 23. Felsenreich F.:**
Kindliche suprakondyläre Frakturen und posttraumatische Deformitäten des Ellbogengelenkes.
Arch orthop Unfallchir 29 (1931): 555-578
- 24. Figgie M.P., Inglis A.E., Mow C.S., Figgie H.E.:**
Total elbow arthroplasty for complete ankylosis of the elbow.
J Bone Joint Surg (Am) 1989; 71-A: 513-520
- 25. Flynn J.C., Matthews J.G., Benoit R.L.:**
Blind Pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children.
J Bone Joint Surg (Am) 1974; 56-A: 263-272
- 26. France J., Strong M.:**
Deformity and Function in supracondylar fractures of the humerus in children variously treated by closed reduction and splinting, traction, and percutaneous pinning.
J Pediatr Orthop (1992) 12:494-498
- 27. Franke F., Reilmann H., Weinreich M.:**
Langzeitergebnisse der Behandlung von suprakondylären Humerusfrakturen bei Kindern.
Unfallchirurg 1992, 95: 401-404
- 28. Furrer M., Mark G., Rüedi Th.:**
Die Behandlung der dislozierten suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter.
Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr 1989; 82(4):264-5
- 29. Gartland J.J.:**
Management of supracondylar fractures of the humerus in children.
Surg Gynecol Obstet 1959; 109: 143-154
- 30. Gehling H., Gotzen L., Giannadakis K., Hessmann M.:**
Behandlung und Ergebnisse bei suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter.
Unfallchirurg (1995) 98: 93-97
- 31. Gjerloff C., Shobjerg J.O.:**
Percutaneous pinning of supracondylar fractures of the humerus.
Acta Orthop Scand 1978; 49: 597-9

- 32. Gosens T., Bongers K.J.:**
Neurovascular complications and functional outcome in displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *Injury* 2003 May;34(4):267-73
- 33. Goudarzi Y.M.:**
Indikationsbereiche der verschiedenen Behandlungsverfahren zur Therapie der suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter. *Unfallchirurgie* 13 (1987), 8-13
- 34. Gugenheim J.J.:**
The Ilizarov fixator for pediatric and adolescent supracondylar fracture variants. *J Pediatr Orthop* 2000; 20: 177-182
- 35. Gustilo R.B., Anderson J.T.:**
Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58-A: 453-458
- 36. Höllwarth M., Hausbrandt:**
Suprakondyläre Frakturen im Kindesalter. *Hefte Unfallheilk.* 184 (1979) 452
- 37. Hohl H.-P., Wessel L., Waag K.-L.:**
Korreliert der Grad der Dislokation mit dem Therapieverfahren bei suprakondylären Humerusfrakturen im Kindesalter? *Unfallchirurgie* 22 (1996).202-208
- 38. Houshian S., Mehdi B., Larsen M.S.:**
The epidemiology of elbow fracture in children: analysis of 355 fractures, with special reference to supracondylar humerus fractures. *J Orthop Sci* 2001;6(4):312-5
- 39. Hudak P.L., Amadio P.C., Bombardier C., UECG:**
Development of an upper extremity outcome measure: The DASH (Disabilities of the arm, shoulder and hand). *Am J Ind Med* 1996; 29:602-608
- 40. Joist A., Scherf F.G., Joosten U., Neuber M.:**
Posttraumatisches Nervus-interosseus-anterior-Syndrom nach supracondylärer Humerusfraktur beim Kind. *Chirurg* (1997) 68:738-741
- 41. Jonasch E.:**
Unfall-Chirurgische Operationen. *De Gruyter* 1970: 71-102

42. Keenan W.N.W., Clegg J.:

Variation of Baumann's angle with age, sex and side: Implications for its use in radiological monitoring of supracondylar fractures of the humerus in children.

J Pediatr Orthop 1996; 16: 97-98

43. Kennedy J.G., El Abed K., Soffe K., Kearns S., Mulcahy D., Condon F., Moore D., Dowling F., Fogarty E.:

Evaluation of the role of pin fixation versus collar and cuff immobilisation in supracondylar fractures of the humerus in children. Injury. Int. J. Care Injures 31 (2000) 163-167

44. Klingelhöfer J., Spranger M.:

Klinikleitfaden Neurologie/ Psychiatrie. 2. Auflage. Verlag G. Fischer

45. Knirk J.L., Jupiter J.B.:

Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults.

J Bone Joint Surg (Am) 1986; 68-A: 647-659

46. Konrad J., Braunsdorf M., Waldschmidt J.:

Begleitverletzungen und Komplikationen bei der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter. Med. Welt (1976) 27:978

47. Kuhn A., Winkler H.:

Ergebnisse operativ versorgter kindlicher distaler Humerusfrakturen.

Akt Traumatol 25, 1995: 31-37

48. Kurer M.H.J., Regan M.B.:

Completely displaced supracondylar fracture of the humerus in children.

Clin Orthop 256 (1990):205-214

49. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo T.:

Kindertraumatologie. Universums Verlagsanstalt (1999); 30-54

50. v. Laer L., Gruber R., Dallek M., Dietz H.-G., Kurz W., Linhart W., Marzi I.:

Classification and documentation of children's fractures. Eur J Trauma 2000;no1:2-12

51. v. Laer L., Günter S.M., Knopf S., Weinberg A.M.:

Die suprakondyläre Oberarmfraktur im Kindesalter- eine Effizienzstudie Teil II.

Unfallchirurg 2002. 105:217-223

52. v. Laer L.:

Beinlängendifferenzen und Rotationsfehler nach Oberschenkelschaftfrakturen im Kindesalter. Arch Orthop Unfall-Chir 1977, 89: 121-137

53. v. Laer L.:

Die klinische Bedeutung des posttraumatischen Rotationsfehlers nach Oberschenkel-schafffrakturen im Wachstumsalter. Hefte zur Unfallheilkunde 1987, 158: 159-161

54. v. Laer L.:

Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter.
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1996

55. v. Laer L.:

Klinische Aspekte zur einteilung kindlicher Frakturen insbesondere zu den traumatischen Läsionen der Wachstumsfuge. Unfallheilkunde 1981, 84: 229-236

56. v. Laer L.:

Kommentar zur Arbeit von W. Mutschler: Die radiale Spickdrahtosteosynthese der dislozierten suprakondylären Humerusfraktur beim Kind.
Operat Orthop Traumatol 5, 1993: 243-244

57. v. Laer L.:

Skelettraumata im Wachstumsalter. Hefte zur Unfallheilkunde 1984, 66; 61-67

58. Lagrange J., Rigault P.:

Les fractures de l'extrémité inférieure de l'humérus chez l'enfant.
Rev Chir Orthop 1962, 48: 337-414

59. Lee S.S., Mahar A.T., Miesen D., Newton P.O.:

Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. J Pediatr Orthop 2002 Jul-Aug;22(4):440-3

60. Lubinus H.H.:

Über den Entstehungsmechanismus und die Therapie der suprakondylären Humerusfrakturen. Dtsch Z Chir 1924 (186):289-98

61. McKee M.D., Kim J. Kebaish K., Stephen D.J.G., Kreder H.J., Schemitsch E.H.:

Functional outcome after open supracondylar fractures of the humerus.
J Bone Joint Surg (Br) 2000; 82-B: 646-651

62. Mehserle W.L., Meehan P.L.:

Treatment of the displaced supracondylar fracture of the humerus (Type III) with closed reduction and percutaneous cross-pin fixation.
J Pediatr Orthop 11 (1991): 705-711

63. Moehring H.D.:

Irreducible supracondylar fracture of the humerus complicated by anterior interosseous nerve palsy. Clin Orthop 1986; 206:228-232

64. Morrey B.F., An K.N., Chao E.Y.S.:

The Elbow and its disorders.

W.B.-Saunders, Philadelphia: 62-72, 73-91, 92-113, 153-160, 182-221

65. Mostafavi H.R., Spero C.:

Crossed pin fixation of displaced supracondylar humerus fractures in children.

Clin Orthop 2000; 376: 56-61

66. Müller H.A., Schild H., Kirschner P.:

Zur Diagnostik und Therapie der knöchernen Ellenbogenverletzungen am wachsenden Skelett. Unfallchirurgie 8, 1982: 205-218

67. Müntz P., Kuner E.H., Beckmann M.:

Konservative Behandlung kindlicher Ellenbogenfrakturen. Orthopädie (1988) 17: 287-296

68. Nigst H.:

Spezielle Frakturen- und Luxationslehre - Ellenbogen.

Georg Thieme Verlag Stuttgart 1965: 31-37

69. Oestern H.-J., Probst J.:

Unfallchirurgie in Deutschland. Springer 1997: 278-291

70. O'Hara L.J., Barlow J.W., Clarke N.M.P.:

Displaced supracondylar fractures of the humerus in children.

J Bone Joint Surg (Br) 2000;82-B:204-10

71. Paradis G., Lavallee P., Gagnon N., Lemire L.:

Supracondylar fractures of the humerus in children. Clin Orthop 1993; 297: 231-237

72. Pirone A.M., Graham H.K., Krajchich J.I.:

Management of displaced extension-type supracondylar fractures of the humerus in children. J Bone Joint Surg (Am) 1988;70-A:641-649

73. Prevot J.:

Stable elastic nailing. Z Unfallchir Versicherungsmed Berufskr. 1989;82(4): 252-60

- 74. 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
- 75. Pritchard R.W.:**
Joint replacement in the upper limb.
Mechanical engineering publications, London 1977: 63-68
- 76. Putz R., Pabst R.:**
Sobotta, Atlas der Anatomie Band I. 20. Auflage, Urban und Schwarzenberg Verlag 1993
- 77. Rauh V.:**
Gelenknahe Frakturen des Ellenbogens bei Kindern – Operative oder konservative
Therapie. Verlag für Med. Publikationen, Burweg-Bossel Klinik Magazin Nr. 4 (Okt. 1995)
- 78. Resch H., Helweg G.:**
Die Bedeutung des Rotationsfehlers bei der suprakondylären Oberarmfraktur des Kindes.
Akt Traumatol. 17 (1987): 65-72
- 79. Reschauer R.:**
Die Diagnostik des Kompartmentsyndroms. Unfallchirurg 1991, 94: 216-219
- 80. Schiebler T., Schmidt W.:**
Anatomie. 4. erweiterte und völlig überarbeitete Auflage, Springer Verlag (1984)
- 81. Schück R., Bartsch M., Link W.:**
Die chirurgische Behandlung distaler humerusfrakturen im Kindesalter.
Z Kinderchir 44 (1989): 283-285
- 82. Schütz W., Börner M.:**
Indikation zur operativen und konservativen Behandlung der kindlichen suprakondylären
Oberarmfrakturen sowie deren Ergebnisse. Unfallchirurgie 11, 1985: 17-27
- 83. Schumpelick V., Bleese N.M., Mommsen U.:**
Chirurgie, 4. Auflage Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1999)
- 84. Schwarz D.:**
Historische Aspekte der therapie suprakondylärer Humerusfrakturen.
Beitr Orthop Traumatol 37 (1990): 337-341

- 85. Scola E., Jezussek D., Kerling H.P., Yedibela S.:**
Die dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur des Kindes.
Unfallchirurg 2002; 105: 95-98
- 86. Sesson H.J.:**
Volkman's Ischaemia, Br med J 1 (1964) 1587
- 87. Seddon H.:**
Volkman's Ischaemia. Brit Med J 1964, 1: 1587-1592
- 88. Shamsuddin S.A., Penafort R., Sharaf I.:**
Crossed-pin versus lateral-pin fixation in pediatric supracondylar fractures.
Med J Malaysia 2001 Dec;56 Suppl D:38-44
- 89. Sharrard W.J.W.:**
Paediatric Orthopaedics and Fractures.
Blackwell scientific publications Oxford, London, Edinburgh, Melbourne 1971: 925-956
- 90. Sigge W., Behrens K., Roggenkamp K., Würtenberger H.:**
Vergleich von Blountscher Schlinge und Kirschner-Drahtfixation zur Behandlung der dislozierten suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter. Unfallchirurgie 13 (1987), 82-90
- 91. Skaggs D.:**
Pediatric elbow trauma. Pediatr Emerg Care 1997 Dec, 13(6); 410-412
- 92. Solak S., Aydin E.:**
Comparison of two percutaneous pinning methods for the treatment of the pediatric type III supracondylar humerus fractures. J Pediatr Orthop B 2003 Sep;12(5):346-9
- 93. Song H-R, Cho S-H, Jeong S-T, Park Y-J, Koo K-H:**
Supracondylar osteotomy with ilizarov fixation for elbow deformities in adults.
J Bone Joint Surg (Br) 1997; 79-B: 748-752
- 94. Sutton W.R., Greene W.B., Georgopoulos G., Dameron T.B.:**
Displaced supracondylar humeral fractures in children. Clin Orthop 1992; 278:81-87
- 95. Takahara M., Sasaki I., Takumi K., Kato H., Minami A., Ohino T.:**
Second fracture of the distal humerus after varus malunion of a supracondylar fracture in children. J Bone Joint Surg (Br) 1998; 80-B: 791-797

- 96. Turchin D.C., Beaton D.E., Richards R.R.:**
Validity of observer-based aggregate scoring systems as descriptors of elbow pain, function and disability. *J Bone Joint Surg (Am)* 1998; 80-A: 154-162
- 97. Vishwanath J., Pankaj J., Dhal A.:**
Olecranon traction using a recycled plate: a new technique for supracondylar humeral fractures. *Injury* 1999; 30: 713-715
- 98. Volkmann R.U.:**
Die ischämischen Muskellähmungen und –kontrakturen. *Zentralbl. Chir.* 8 (1881): 801
- 99. Vuckov S., Kvesic A., Rebac Z., Cuculic D., Lovasic F., Bukvic N.:**
Treatment of supracondylar humerus fractures in children: minimal possible duration of immobilization. *Coll Antropol* 2001 Jun;25(1):255-62
- 100. Vugt A.B., Severijnen R.V.S.M., Festen C.:**
Neurovascular complications in supracondylar humeral fractures in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 1988, 107:203-205
- 101. Waddell J.P., Hatch J., Richards R.:**
Supracondylar fractures of the humerus- results of surgical treatment. *J Trauma* 1988; 28(12): 1615-1621
- 102. 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. 105:208-216
- 103. Weinberg AM, von Bismarck S, Castellani C, Mayr J:**
Descending intramedullary nailing for the treatment of displaced supracondylar humeral fractures in children. *Chirurg* 2003 May;74(5):432-6
- 104. Wind W.M., Schwend R.M., Armstrong D.G.:**
Predicting ulnar nerve location in pinning of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop* 2002 Jul-Aug;22(4):444-7
- 105. Worlock P.:**
Supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg (Br)* 1986; 68-B:755-757
- 106. Wu J., Perron A.D., Miller M.D., Powell S.M., Brady W.J.:**
Orthopedic pitfalls in the ED: pediatric supracondylar humerus fractures.

Am J Emerg Med 2002 Oct;20(6):544-50

107. Zions L.E., McKellop H.A., Hathaway R.:

Torsional strength of pin configurations used to fix supracondylar fractures of the humerus in children. J Bone Joint Surg (Am) 1994; 76-A: 253-256

Danksagung

Herrn Prof. Dr. H. Hertlein gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas und seine jederzeit gewährte Unterstützung.

Bei Herrn Dr. A. Huber möchte ich mich herzlich bedanken für die Betreuung der Durchführung und Abfassung meiner wissenschaftlichen Arbeit, für seinen jederzeit gewährten Rat und seine konstruktive Kritik.

Insbesondere danke ich den Mitarbeitern der Kinderklinik, des Krankenblattarchivs, des Röntgenbildarchivs und der chirurgischen Nothilfe für die gute Zusammenarbeit.

Nicht zuletzt möchte ich mich noch bedanken bei meiner Familie sowie bei allen Freunden, die direkt und indirekt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Daniela Erhard

Personalien	<ul style="list-style-type: none">▪ Geburtsdatum: 11.10.1977▪ Geburtsort: Schongau▪ Familienstand: ledig▪ Nationalität: deutsch														
<hr/>															
Schulbildung	<table><tr><td>1984 - 1988</td><td>Grundschule in Rott</td></tr><tr><td>1988 - 1997</td><td>Gymnasium Weilheim Abschluss: Allgemeine Hochschulreife</td></tr></table>	1984 - 1988	Grundschule in Rott	1988 - 1997	Gymnasium Weilheim Abschluss: Allgemeine Hochschulreife										
1984 - 1988	Grundschule in Rott														
1988 - 1997	Gymnasium Weilheim Abschluss: Allgemeine Hochschulreife														
<hr/>															
Hochschulbildung	<table><tr><td>10/1997 – 09/1999</td><td>Vorklinisches Studium an der Technischen Universität München</td></tr><tr><td>08/1999</td><td>Ärztliche Vorprüfung, Note: gut</td></tr><tr><td>10/1999</td><td>Beginn des klinischen Studiums an der Technischen Universität München</td></tr><tr><td>08/2000</td><td>Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut</td></tr><tr><td>03/2003</td><td>Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut</td></tr><tr><td>04/2003</td><td>Beginn des Praktischen Jahres 1. Terial: Augenheilkunde in der Augenklinik und Poliklinik im Klinikum Rechts der Isar</td></tr><tr><td>04/2004</td><td>Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut</td></tr></table>	10/1997 – 09/1999	Vorklinisches Studium an der Technischen Universität München	08/1999	Ärztliche Vorprüfung, Note: gut	10/1999	Beginn des klinischen Studiums an der Technischen Universität München	08/2000	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut	03/2003	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut	04/2003	Beginn des Praktischen Jahres 1. Terial: Augenheilkunde in der Augenklinik und Poliklinik im Klinikum Rechts der Isar	04/2004	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut
10/1997 – 09/1999	Vorklinisches Studium an der Technischen Universität München														
08/1999	Ärztliche Vorprüfung, Note: gut														
10/1999	Beginn des klinischen Studiums an der Technischen Universität München														
08/2000	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut														
03/2003	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut														
04/2003	Beginn des Praktischen Jahres 1. Terial: Augenheilkunde in der Augenklinik und Poliklinik im Klinikum Rechts der Isar														
04/2004	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut														
<hr/>															
Beruf	<table><tr><td>07/2004 - 09/2004</td><td>Ärztin im Praktikum in der Augenklinik des Klinikum Augsburg</td></tr><tr><td>10/2004 seit 10/2004</td><td>Approbation als Ärztin Assistenzärztin in der Augenklinik des Klinikum Augsburg</td></tr></table>	07/2004 - 09/2004	Ärztin im Praktikum in der Augenklinik des Klinikum Augsburg	10/2004 seit 10/2004	Approbation als Ärztin Assistenzärztin in der Augenklinik des Klinikum Augsburg										
07/2004 - 09/2004	Ärztin im Praktikum in der Augenklinik des Klinikum Augsburg														
10/2004 seit 10/2004	Approbation als Ärztin Assistenzärztin in der Augenklinik des Klinikum Augsburg														
<hr/>															
Promotion	<table><tr><td>2001</td><td>Beginn der Promotion an der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching</td></tr></table>	2001	Beginn der Promotion an der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching												
2001	Beginn der Promotion an der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Städtischen Krankenhaus München-Harlaching														
<hr/>															

München, 25.01.2007

Daniela Erhard