

Aus der Klinik und Poliklinik für Chirurgie
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. A. Thiede

**Die suprakondyläre Humerusfraktur
im Kindesalter**

Nachuntersuchung und Auswertung der
136 Fälle von 1986 bis 1996

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Gabriele Hennig
aus Hannover

Würzburg, April 2001

Referent: Prof. Dr. med. B. Höcht

Korreferent: Prof. Dr. med. A. Weckbach

Dekan: Prof. Dr. med. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 26.10.2001

Die Promovendin ist Ärztin

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG.....	1
I. ALLGEMEINER TEIL.....	3
I.1 Anatomie und Physiologie.....	3
I.1.1 Ellenbogengelenk.....	3
I.1.2 Gefäßversorgung.....	7
I.1.3 Nerven.....	9
I.2 Wachstum und Wachstumsstörungen.....	11
I.2.1 Wachstum.....	11
I.2.2 Fugenschluß.....	12
I.2.3 Wachstumsstörungen.....	13
I.3 Epiphysen und Knochenkerne.....	14
I.3.1 Knochenkerne.....	14
I.3.2 Epiphysenfugen.....	15
I.4 Spontankorrektur von Fehlstellungen.....	16
I.4.1 Korrekturmöglichkeiten.....	17
I.5 Die Suprakondyläre Humerusfraktur.....	20
I.5.1 Definition.....	20
I.5.2 Epidemiologie.....	21
I.5.3 Unfallhergang und –mechanismus.....	22
I.5.4 Diagnosestellung.....	23
I.5.5 Klassifikationen.....	29
I.5.6 Therapiemethoden.....	32
I.5.7 Die Nachbehandlung.....	44
I.5.8 Komplikationen.....	45

II. SPEZIELLER TEIL.....	53
II.1 Material und Methoden.....	53
II.1.1 Datengewinnung.....	53
II.1.2 Untersuchungsmethoden.....	53
II.2 Ergebnisse.....	59
II.2.1 Allgemeine Daten.....	59
II.2.2 Altersverteilung.....	60
II.2.3 Geschlechtsverteilung	61
II.2.4 Rechts/ Links Verteilung der Fraktur.....	61
II.2.5 Jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit.....	62
II.2.6 Unfallursachen.....	62
II.2.7 Klassifikationen.....	64
II.2.8 Zeitlicher Verlauf von Unfall bis Behandlungsbeginn.....	67
II.3. Therapiemethoden.....	71
II.3.1 Therapiemethoden in der Felsenreich- und v. Laer Klassifikation.....	72
II.3.2 Therapiemethoden von 1986 bis 1996.....	73
II.4 Klinikaufenthalt.....	77
II.5 Bewertung des Behandlungserfolges nach Morger.....	78
II.6 Komplikationen.....	81
II.6.1 Nervenläsionen.....	82
II.6.2 Gefäßläsionen.....	86
II.6.3 Kompartmentsyndrom und Ischämische Kontraktur.....	87
II.6.4 Infektionen.....	87
II.7 Auswertung weiterer Einzelaspekte.....	88
II.7.1 Inspektion.....	88
II.7.2 Klinischer Kubitalwinkel	90
II.7.3 Bewegungsumfänge und –einschränkungen.....	91
II.7.4 Armlängen und Armumfänge.....	93
II.7.5 Subjektive Beschwerden.....	94
II.8 Kasuistiken.....	96

III. DISKUSSION.....	101
III.1 Vergleich der eigenen Daten mit denen der Sammelstudie.....	102
III.2 Vergleich der eigenen Daten mit denen der Vorgänger- arbeiten von Geißler und Pallitza	108
III.3 Die Dauer des Klinikaufenthalts im Vergleich mit der Sammelstudie.....	110
III.4 Vergleich der Häufigkeit von Komplikationen.....	111
IV. ZUSAMMENFASSUNG.....	118
V. LITERATURVERZEICHNIS.....	120

Danksagung

EINLEITUNG

Knöcherne Verletzungen am Ellenbogen stehen bei Kindern und Jugendlichen nach Unterarm-, Unterschenkel- und Schlüsselbeinbrüchen an vierter Stelle. Von diesen ist die suprakondyläre Humerusfraktur mit ca. 60% (50% - 70%) die häufigste Fraktur (76,61,58,30). Bedeutend ist sie, weil es sich um eine gelenknahe Fraktur handelt, deren exakte Reposition und Fixation schwierig ist und Wachstumsfugen nicht tangiert werden dürfen. Es treten auch relativ häufig Nerven- und Gefäßläsionen, sowie Gelenkfehlstellungen und Bewegungseinschränkungen auf, die immer wieder erneut Anlaß zu Diskussionen über neue, verbesserte Therapiemaßnahmen geben. Selbst wenn der Arm keiner statischen Belastung ausgesetzt ist und somit eine Verlängerung, eine Achsfehlstellung oder Bewegungseinschränkung nicht von funktioneller Bedeutung sind, so fühlen sich die Kinder doch immer wieder durch den Cubitus varus bei sportlicher Betätigung wie Boden- und Geräteturnen und auch kosmetisch beeinträchtigt.

Das Bestreben, Komplikationen zu vermindern, hat in der Vergangenheit zu einer Vielzahl von Therapiemaßnahmen geführt. Erschwert wurde das Vergleichen der Ergebnisse durch verschiedene Klassifikationen und Bewertungsmethoden. Erst 1998 einigte sich die Arbeitsgemeinschaft Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie auf eine einheitliche Klassifikation der Frakturen, die im Vergleich zu den früher gebräuchlichen Klassifikationen, die Rotationsstellung, den wichtigsten Grund für die Entstehung für Fehlstellungen, mit berücksichtigt. Es wurden auch, nach der Auswertung einer retrospektiven deutschlandweiten Sammelstudie (109), Therapieempfehlungen nach Dislokations- und Rotationsgrad der neuen Klassifikation herausgegeben. Leider konnte man sich immer noch nicht auf einheitliche Bewertungskriterien einigen. Erfreulicherweise wurde in der Universitätsklinik Würzburg in den Jahren 1986 bis 1996 schon im weitesten Sinne nach diesen Richtlinien therapiert, da man frühzeitig die Bedeutung des Rotationsfehlers erkannt hatte.

Im Allgemeinen Teil wird auf die speziellen Grundlagen eingegangen, die Besonderheiten der Ellenbogenregion und des wachsenden Skeletts erläutert, um das Entstehen der verschiedenen Komplikationen zu verdeutlichen.

Der Spezielle Teil stellt die Auswertung der Nachuntersuchung von 1986 bis 1996 von allgemeinen Daten über die Klassifikationen, Therapiemethoden und aller Komplikationen detailliert vor.

In der Diskussion werden die eigenen Ergebnisse in Bezug zur deutschlandweiten Sammelstudie (109), zu Vorgängerarbeiten (Fälle von 1975 – 1985 (34) und 1964 – 1974 (73)) und weiteren aktuellen Veröffentlichungen gebracht.

I. ALLGEMEINER TEIL

Im Allgemeinen Teil wird zunächst ein knapper Überblick über die anatomischen Besonderheiten der Ellenbogenregion mit der Lage der Arterien und Nerven gegeben, die bei einer suprakondylären Humerusfraktur geschädigt werden können. Weiterhin wird auf die Definition der suprakondylären Humerusfraktur, die Diagnosestellung, Klassifikation, Therapiemethoden, Besonderheiten bei der Frakturheilung und Komplikationen nacheinander eingegangen.

I.1 Anatomie und Physiologie

I.1.1 Ellenbogengelenk

Die drei am Ellenbogengelenk beteiligten Knochen sind der Humerus, die Ulna und der Radius. Das Ellenbogengelenk ist aus drei Teilgelenken zusammengesetzt, ist jedoch nur von einer Gelenkkapsel umgeben. Es besteht aus dem Humero-Ulnargelenk, Humero-Radialgelenk und dem proximalen Radio-Ulnargelenk. Es wird funktionell als ein Drehscharniergelenk angesehen.

I.1.1.1 Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Ellenbogens wird durch drei Bänder verstärkt. Das Ligamentum collaterale ulnare, das Innenband, zieht vom Epicondylus medialis humeri fächerartig zur Incisura trochlearis ulnae. Das Ligamentum collaterale radiale, das Außenband, zieht vom Epicondylus lateralis humeri zum Ligamentum anulare radii. Das Ligamentum anulare radii liegt vollständig in der Gelenkkapsel. Es entspringt und setzt an der Ulna an, bildet einen

osteofibrösen Ring, der das Caput radii umschließt und somit fest an der Ulna fixiert (63).

I.1.1.2 Gelenkachsen und Winkel

Legt man eine horizontale Linie durch die Trochlea humeri, markiert dies die Hauptbewegungsachse für die Extension und Flexion. Die Achsen des Gelenkes liegen in der Mitte des Humerusschaftes und der Ulna und schneiden sich mit der Horizontalen in einem nach lateral offenen Winkel (Alpha + Beta). Er umfaßt 158° bis 180° . Bei Frauen ist er geringfügig größer als bei Männern (180° bzw. 175°). Im Durchschnitt liegt er bei $168,5^\circ$ (56,75). Dies entspricht dem physiologischen Cubitus valgus. Einen kleineren Winkel bezeichnet man als Cubitus valgus und einen größeren als Cubitus varus. Ein Bewegungsumfang nach der Neutralnullmethode von 10/0/150 (Extension/Flexion) wird als normal bezeichnet. Bei Kindern kann es physiologischerweise zu größerer Überstreckbarkeit und kleinerem Kubitalwinkel kommen (95).

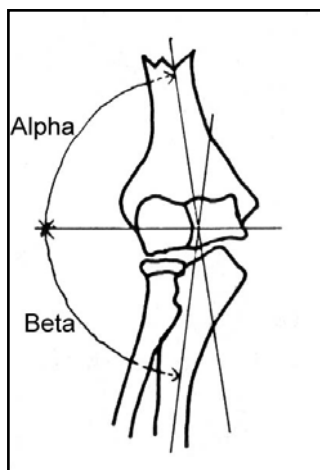


Abb. 1. Skizze der Ellenbogenwinkel (34).

Man unterscheidet die zwei Teilwinkel oberhalb (Alpha) und unterhalb (Beta) der Horizontalen. Der Winkel (Alpha) zwischen Humerus und Gelenkachse umfaßt Werte von 76° bis 89° (56). Der Winkel (Beta) zwischen Ulna und Gelenkachse hat eine Schwankungsbreite von 82° bis 95° (56). Die Abbildung 1 zeigt die beiden Winkel.

Die physiologische Torsion des Humerus zwischen proximalem und distalem Ende verändert sich während des Wachstums; man kann diesen Winkel folgendermaßen bestimmen: Die Oberarmkopf-achse, die in der Aufsicht durch eine Gerade durch die Mitte des Tuberculum majus humeri zum Zentrum des Caput humeri festgelegt wird, schneidet die

Ellenbogenachse, die durch die Epicondylus medialis und lateralis geht, in dem Humerustorsionswinkel. Er verändert sich während des Wachstums und beträgt bei Neugeborenen 60° und im Erwachsenenalter 14° bis 20° . Der Winkel ist in Abbildung 2 dargestellt (31).

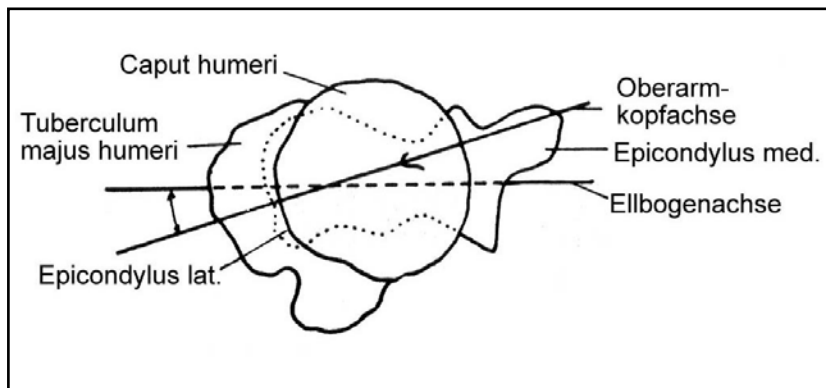


Abb. 2. Der Humerustorsionswinkel (Pfeil) zwischen der Oberarmkopfachse und der Ellenbogenachse (31,34).

In der seitlichen Ansicht ist die Trochlea zum Humerusschaft hin nach ventral abgekippt (Abbildung 3). Daher beschreibt man auch noch den Trochlea- oder Epiphysen-Diaphysenwinkel, der aus einer durch die Mitte der Trochlea gelegten Geraden und der Geraden entlang der Humerusdiaphyse gebildet wird. Bei Kindern beträgt er ungefähr 30° bis 40° (76).

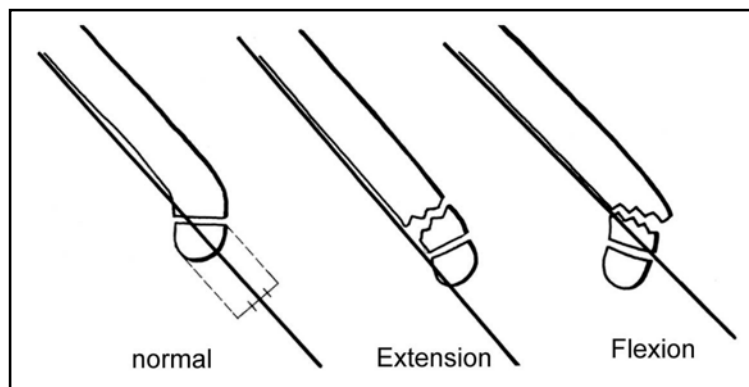


Abb. 3. Darstellung der Rogers'schen Hilfslinie und ihre Bedeutung der Projektion zur Diagnostik von Extensions- und Flexionsfrakturen (76).

Diagnostisch macht man sich den Ephysen-Diaphysenwinkel bei der Auswertung von Röntgenbildern zunutze: Man legt die sogenannte *Rogers'sche* Hilfslinie an der vorderen Humeruskorticalis an. Diese sollte im Normalfall das Capitulum humeri am Übergang vom mittleren zum hinteren Drittel schneiden (76,103,104). Weicht sie davon ab, wird eine Flexions- oder Extensionsfraktur diagnostiziert wie in Abbildung 3 dargestellt (s. u. Kapitel Röntgendiagnostik).

I.1.1.3 Bewegungen

Im Ellenbogengelenk können im Humero-Ulnargelenk, einem Scharniergelenk, die Flexion und Extension im Umfang von 10/0/150 nach der Neutral-Null-Methode durchgeführt werden (Abbildung 4). An diesen Bewegungen sind folgende Muskeln beteiligt:

An der Beugung (Flexion) bis 150°: M. brachialis, M. biceps brachii, M. brachioradialis und an der Streckung (Extension) bis 10°: M. triceps brachii, M. anconeus.

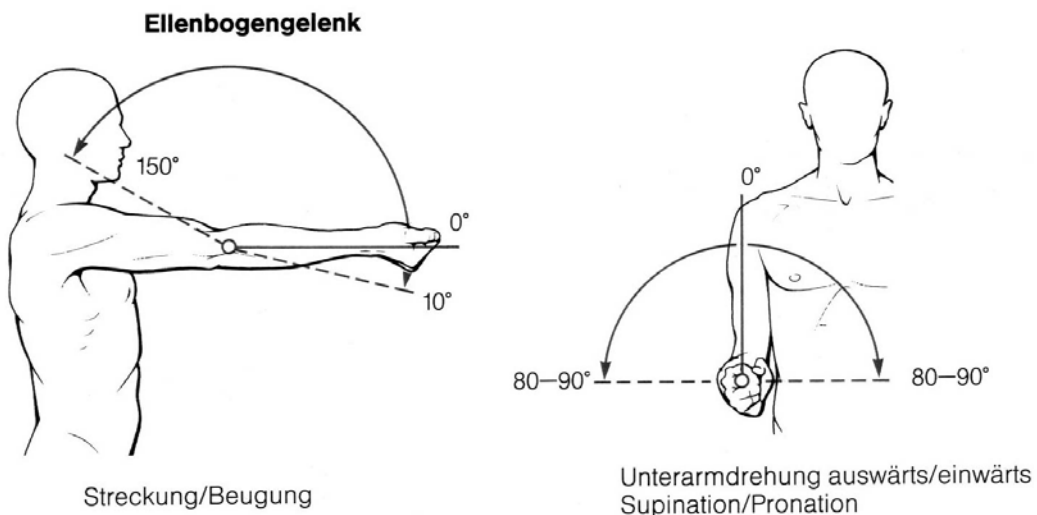


Abb. 4. Winkelwerte der Ellenbogengelenkbeweglichkeit nach der Neutralnullmethode (68).

Die Pronations- und Supinationsbewegung des Unterarmes werden im proximalen und distalen Radio-Ulnargelenk durchgeführt. Der Bewegungsumfang beträgt 90/0/90 nach der Neutral-Null-Methode (Abbildung 4). An der Supination (70° bis 90°) sind der M. biceps brachii, M. supinator und M. brachioradialis (aus der Pronationsstellung heraus) beteiligt. Die Pronationsbewegung (60° bis 80°) wird durch die M. pronator teres, M. pronator quadratus, M. flexor carpi radialis und M. brachioradialis (aus der Supinationsstellung heraus) ausgeführt (62).

I.1.2 Gefäßversorgung

Wegen der engen anatomischen Beziehung zwischen dem Verlauf der Gefäße und Nerven zum Gebiet der suprakondylären Humerusfraktur soll der Verlauf der Gefäße und Nerven, die durch die Fraktur häufig in Mitleidenschaft gezogen werden, kurz dargestellt werden.

I.1.2.1 Arterien

Aus der Arteria axillaris geht die A. brachialis hervor. Sie verläuft vom Unterrand des M. pectoralis major durch den Sulcus bicipitalis medialis und unter der Aponeurosis m. bicipitis brachii zur Ellenbeuge (Fossa cubitalis). Im unteren Teil der Ellenbogengrube, etwa in Höhe des Collum radii, teilt sich die A. brachialis in die A. ulnaris und die A. interossea communis, aus der die A. radialis hervorgeht. In ihrem Verlauf wird die A. brachialis von den Vv. brachiales und dem N. medianus begleitet.

Das Rete articulare cubiti liegt als arterielles Gefäßnetz vor allem auf der dorsalen Seite um das Ellenbogengelenk herum und ist ein wichtiger Umgehungskreislauf bei Verletzungen oder Thrombosen der A. brachialis. Es erhält Zuflüsse aus folgenden Arterien: A. profunda brachii (über die A. collateralis ulnaris superior und inferior), A. brachialis (über die A. collateralis

ulnaris superior und inferior), A. radialis (über die A. recurrens radialis), A. ulnaris (über die A. recurrens ulnaris) und A. interossea communis (über die A. interossea recurrens) (62).

Aufgrund der anatomischen Lage zum Ellenbogengelenk besteht die Gefahr, daß die A. brachialis besonders bei Extensionsfrakturen verletzt wird. Es kann zur direkten Schädigung durch spitze Kanten des proximalen Fragmentes und indirekten Schädigung durch Kompression des Gefäßes von außen (Schwellung, Ödeme, Hämatome, Einklemmung in den Frakturspalt) kommen. Dies kann zu Intimaläsionen oder einem Arteriospasmus mit nachfolgender arterieller Thrombosierung führen (4,5,34,56,63,82) (Siehe auch Kapitel Komplikationen).

Kommt es aufgrund eines Unfalltraumas im Bereich des Ellenbogens zu einem Verschuß der A. brachialis zwischen dem Abgang der A. brachialis profunda und den Aa. recurrentes, kann die arterielle Blutversorgung des Unterarmes über das Rete articulare cubiti gewährleistet werden. Diese Kollateralkreisläufe bleiben aber nicht immer auf Dauer suffizient (4,5,34,56,63,82). Abbildung 5 zeigt Beispiele für einen suffizienten und einen insuffizienten Kollateralkreislauf.

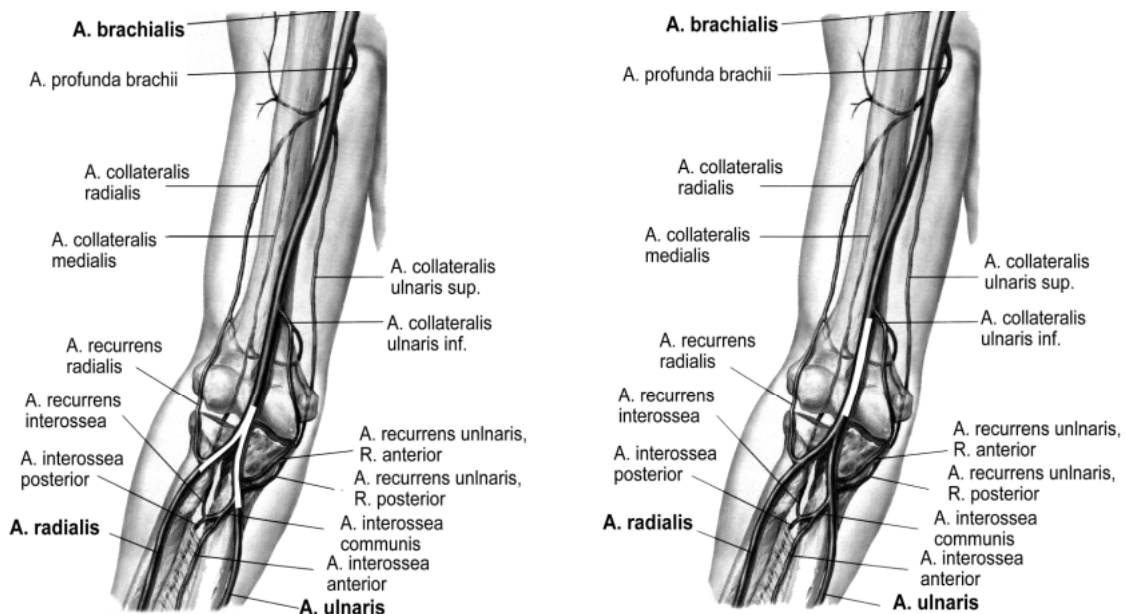


Abb. 5. **links** insuffizienter Kollateralkreislauf, **rechts** suffizienter Kollateralkreislauf bei Gefäßverschuß (**weiße Markierung**) (66).

I.1.3 Nerven

Die drei Hauptnerven des Armes, N. medianus, N. ulnaris und N. radialis, können alle durch eine suprakondyläre Humerusfraktur verletzt werden (60,63,4,5,56,81). Die Nerven sind insbesondere durch Überdehnung bei Dislokation der Frakturfragmente gefährdet. Scharfe Verletzungen und Durchtrennungen sind eher selten. Der N. medianus ist besonders bei postero-lateraler Fehlstellung des distalen Fragmentes gefährdet, während N. radialis-Läsionen häufiger bei postero-medialer Fehlstellung beobachtet werden (60,42,29,51). Der N. ulnaris wird häufig iatrogen durch die mediale Kirschner-Draht-Fixierung geschädigt (60,4,5,56,81,63,11,13,14,24,46).

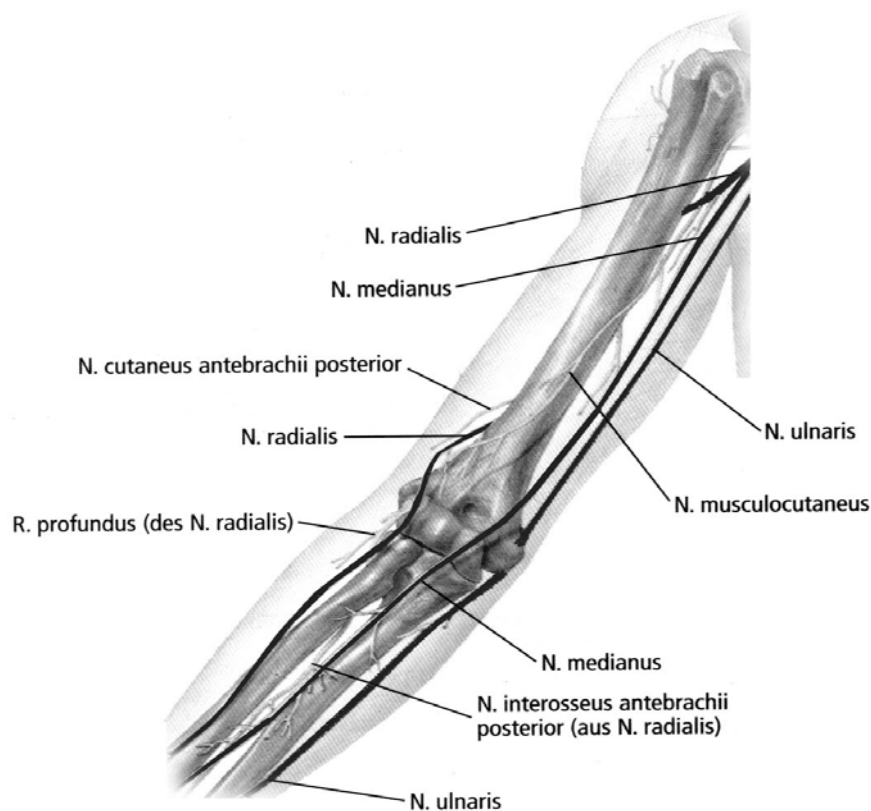


Abb. 6. Situs eines rechten Ellenbogens von ventral (116).

I.1.3.1 N. medianus

Der N. medianus verläuft zusammen mit der A. brachialis im Gefäß-Nervenbündel des Sulcus bicipitis medialis. Im Bereich des Ellenbogengelenks liegt er medial unter der Aponeurosis m. bicipitis brachii, durchbohrt anschließend den M. pronator teres und zieht unterhalb seiner Leitstruktur, dem M. flexor digitorum superficialis, den Unterarm entlang bis zum Handgelenk (62).

I.1.3.2 N. ulnaris

Der N. ulnaris liegt hinter dem Septum intermusculare, bis er medial zur Streckseite zieht und zwischen dem Epicondylus medialis humeri und dem Olekranon im Sulcus n. ulnaris um das Ellenbogengelenk herumgeführt wird. Unter den beiden Köpfen seines Leitmuskels, dem M. flexor carpi ulnaris, gelangt er zur Vorderseite und folgt ihm gemeinsam mit der A. ulnaris zum Handgelenk (62).

I.1.3.3 N. radialis

Der N. radialis zieht gemeinsam mit der A. profunda brachii zwischen dem Caput mediale und laterale des M. triceps brachii zum Sulcus n. radialis. Dieser liegt spiralartig um den mittleren Teil des Humerus und führt zur Beugeseite. Der N. radialis liegt in der Beugerloge zwischen dem M. brachialis und M. brachioradialis, wo er sich in seine zwei Äste, den R. superficialis (sensorisch) und R. profundus (motorisch), aufzweigt. Der R. profundus durchbohrt den M. supinator und zieht dann an der Streckseite des Radius den Unterarm entlang. Der R. superficialis folgt zusammen mit der A. radialis seinem Leitmuskel, dem M. brachioradialis, bis zum Handgelenk (62).

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei Extensionsfrakturen vor allem die ventralen Anteile, wie der M. brachialis, die A. brachialis und der N. medianus gefährdet sind. Disloziert das distale Fragment seitlich, können auch der N. radialis und N. ulnaris mitgeschädigt werden. Die dorsalen Anteile, wie der M. triceps brachii, werden hingegen häufiger bei Flexionsfrakturen verletzt. Gefäß- und Nervenschäden sind bei diesem Frakturtyp selten, da diese Strukturen ventral liegen.

I.2 Wachstum und Wachstumsstörungen

I.2.1 Wachstum

Die langen Röhrenknochen benutzen zu ihrem Wachstum zwei Vorgänge, die enchondrale und die perichondrale Ossifikation. In der Diaphyse findet das perichondrale Wachstum statt und in den Epiphysen die enchondrale Ossifikation (75). Aufbau eines langen Röhrenknochens in Abbildung 7 dargestellt.

I.2.1.1 Perichondrale und enchondrale Ossifikation

In der Diaphyse findet das Dickenwachstum durch die perichondrale Ossifikation statt. Die Ablagerung des Knochenmaterials findet unter dem Periost statt, während sich gleichzeitig die Markhöhle durch den Abbau überflüssigen Materials von innen her erweitert (75).

Die Verknöcherung der Epiphysenfugen hingegen, die an der Grenze zwischen Epiphyse und Metaphyse stattfindet und für das Längenwachstum der Knochen verantwortlich ist, benutzt den Vorgang der enchondralen Ossifikation. Die Bildung von Knochen aus Knorpel findet in vier Zonen statt (Abbildung 8). In der Epiphyse befindet sich die Zone des hohen Knorpels, bestehend aus dem

ruhenden Knorpelmaterial. Daran schließt sich die Zone der Knorpelzellsäulen (1), die eigentliche Wachstumszone, an. Hier finden die Teilung und Vermehrung der Knorpelzellen statt. Es folgt die Zone des großblasigen Knorpels (2), in der die Verkalkung beginnt. Direkt an die Diaphyse anschließend liegt die Zone des Knorpelabbaus, wo durch Chondroklasten der Knorpel abgebaut und durch Osteoblasten Knochen gebildet wird. Sekundär wird dieser endochondrale Knochen (3) von perichondralem Knochen ersetzt (siehe Abbildung 8).

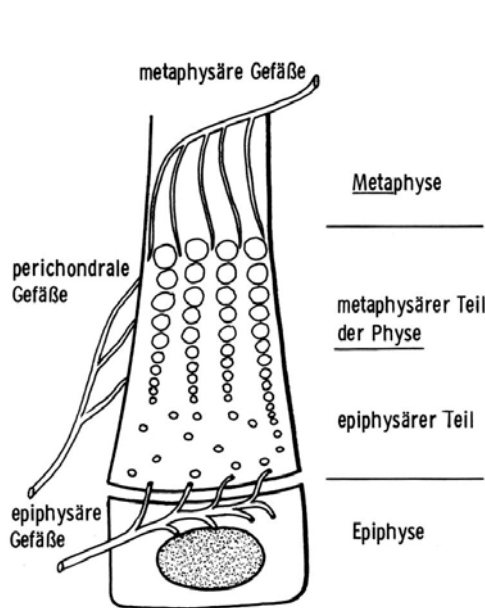


Abb. 7

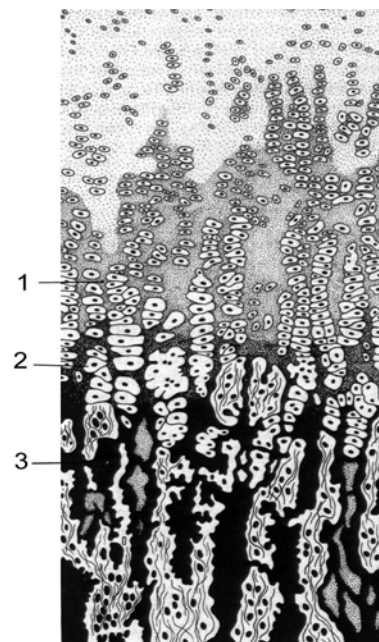


Abb. 8

Abb. 7. Aufbau der Epiphyse und Übergang zur Metaphyse (103,104).

Abb. 8. Die verschiedenen Knorpelzonen der Epiphysenfuge, 1 Säulenknorpel, 2 großblasiger Knorpel, 3 enchondraler Knochen (75).

I.2.2 Fugenschluß

Der Schluß der Epiphysenfugen findet in drei Stadien statt. In der Wachstumsphase gleichen sich Proliferation und Mineralisation aus, und die Fuge ist weit offen. Vor dem Wachstumsabschluß kommt es zu einer prämaturen Ruhephase, in der keine Proliferation mehr stattfindet, die

Mineralisation aber noch nicht auf den metaphysären Teil der Fuge übergriffen hat. Die Proliferation ist durch entsprechende Reize noch stimulierbar, was in der eigentlichen Verschlußphase nicht mehr möglich ist. Die Proliferation sistiert und die Mineralisation greift vom metaphysären Bereich langsam auf den epiphysären Teil der Fuge über, bis es zur Verschmelzung von Metaphyse und Epiphyse gekommen ist. Die Ausbreitung der Mineralisation erfolgt exzentrisch und beginnt bei der wichtigsten epiphysären Blutversorgung. (Siehe Abbildung 9 am Beispiel der distalen Tibiaepiphysenfuge).

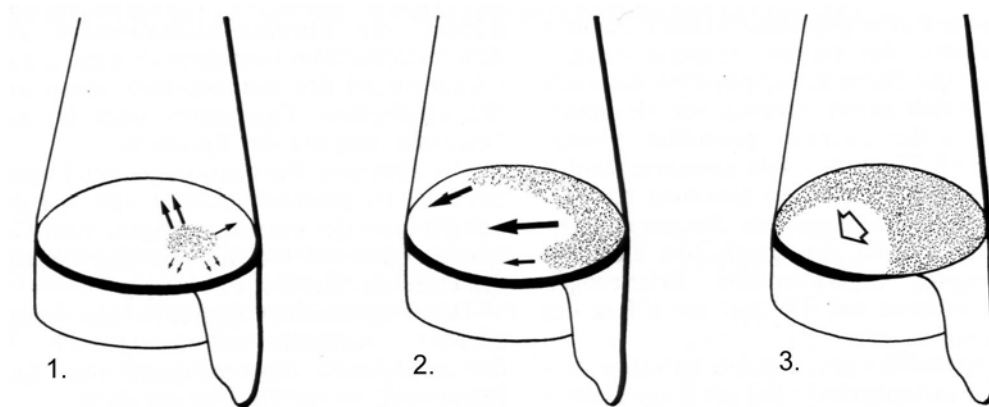


Abb. 9. Der physiologische Fugenschluß am Beispiel der distalen Tibiaepiphysenfuge. (1) Beginn des Fugenschlusses am medialen Malleolus, (2) Ausbreitung nach dorsal und (3) lateral. Der vordere und laterale Quadrant wird erst zum Schluß mineralisiert (104).

Radiologisch wird der Verschluß erst sicher nachweisbar, wenn Metaphyse und Epiphysenkern zumindest partiell miteinander verschmolzen sind, davor ist höchstens eine leichte Verschmälerung zu sehen (103,104).

I.2.3 Wachstumsstörungen

Bei Wachstumsstörungen unterscheidet man gesteigertes und gehemmttes Wachstum. Stimulative Wachstumsstörungen sind abhängig von Ausmaß und Dauer der Reparaturvorgänge und somit zeitlich begrenzt. Hemmende

Wachstumstörungen sistieren erst mit dem Schluß der Epiphysenfugen und treten nur bei direkter Schädigung der Epiphysenfugen auf. Dies geschieht umso häufiger, je näher die Läsion der Fuge und dem Gelenk liegt (103,104).

Wachstumsstörungen sind bei der suprakondylären Humerusfraktur eher selten, da die Epiphysenfuge nicht tangiert wird.

I.3 Epiphysen und Knochenkerne

I.3.1 Knochenkerne

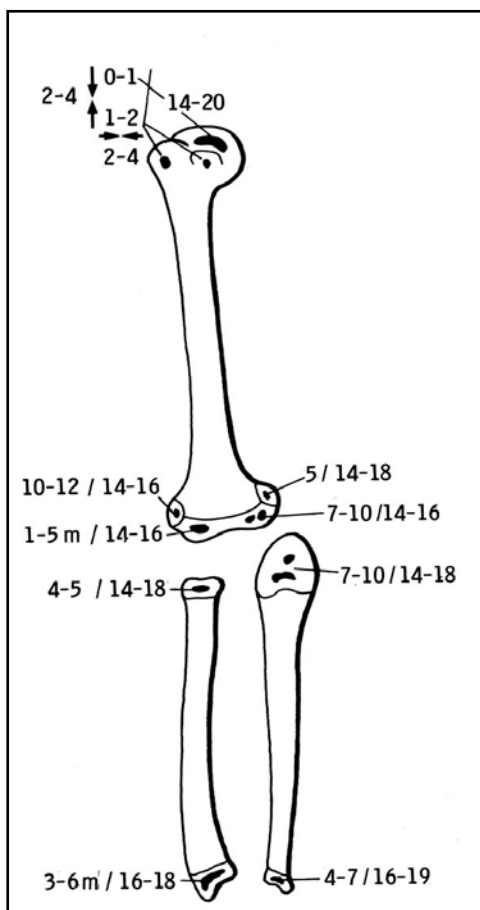


Abb. 10. Auftreten und Verschmelzen von Knochenkernen am Ellenbogen (103,104).

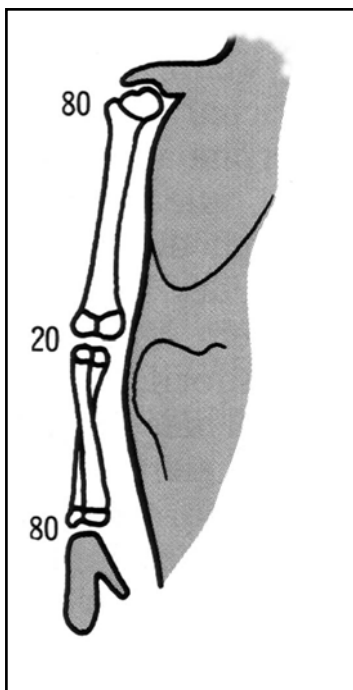
Im Kindesalter verändert sich das wachsende Skelett ständig. Im Bereich der Epiphysen bilden sich über den Zeitraum von ein bis fünf Monaten bis 14 Jahren die verschiedenen Knochenkerne aus, die dann zwischen dem 14. und 18. Lebensjahr miteinander verschmelzen (Abbildung 10). Aufgrund der Abhängigkeit von Geschlecht und verschiedenen genetischen Einflüssen ist die Entwicklung individuell sehr unterschiedlich. Das Wissen, wann der einzelne Knochenkern auftaucht und verschmilzt, ist für die radiologische Diagnose einer suprakondylären Humerusfraktur jedoch unabdingbar, damit man die Knochenkernsysteme im Ellenbogen nicht mit einer Fraktur oder freien Gelenkkörpern verwechselt. Knochenkerne sind in Abgrenzung zu Frakturen meist rundlich,

unregelmäßig begrenzt und schmerzlos. Der Verschluss sämtlicher Epiphysenfugen schwankt relativ stark: Bei Mädchen findet er im 14. bis 15. Lebensjahr statt, während Jungen im 18. bis 21. Lebensjahr zeitlich später zum Wachstumsabschluß kommen (76,87,103,104).

Tabelle 1. Auftreten und Verschmelzen der Knochenkerne im Ellenbogengelenk (76).

Knochenkern:	Auftreten	Verschwinden
Capitulum humeri	1. – 5. Monat	14. – 16. Lebensjahr
Caput radii	4. – 5. Lebensjahr	14. – 18. Lebensjahr
Epicondylus ulnaris	5. Lebensjahr	14. – 18. Lebensjahr
Trochlea humeri	7. – 10. Lebensjahr	14. – 16. Lebensjahr
Olekranon	7. – 10. Lebensjahr	14. – 18. Lebensjahr
Epicondylus radialis	10. – 12. Lebensjahr	14. – 16. Lebensjahr

I.3.2 Epiphysenfugen



Der Humerus hat zwei Wachstumsfugen, die proximale und die distale, wobei die proximale mit 80% und die distale mit 20% am Gesamtlängenwachstum beteiligt ist. Am Unterarm sind ebenfalls die ellenbogengelenknahen Epiphysenfugen von Radius und Ulna nur mit 20% beteiligt, während die distalen den Hauptanteil des Längenwachstums mit 80% tragen. Daher führen Frakturen im Ellenbogenbereich nur zu geringen Störungen des Längenwachstums. (Abbildung 11).

Abb. 11. Die Prozentanteile der Epiphysenfugen am Gesamtwachstum des Armes (104).

I.4 Spontankorrektur von Fehlstellungen

Das wachsende Skelett hat die Möglichkeit, in allen drei Ebenen Korrekturen vorzunehmen. Man unterscheidet direkte von indirekten Korrekturmechanismen (49,108). Bei den direkten Korrekturmechanismen differenziert man weiter in periostal-endostale und epiphysäre Korrekturmechanismen wie in Abbildung 12 dargestellt. Beide versuchen mit möglichst wenig Material und einem Maximum an Stabilität die ursprüngliche Form wieder herzustellen (103,104).

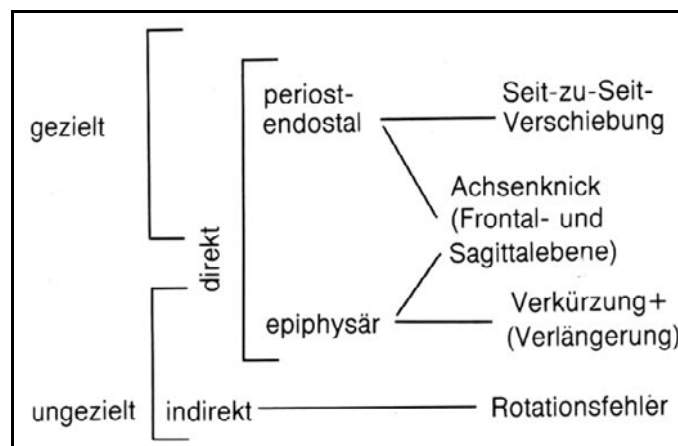


Abb. 12. Übersicht über verschiedenen Korrekturmechanismen (104).

Die Möglichkeit, solche Korrekturen vorzunehmen, ist abhängig vom Alter des Patienten. Bis zum 10. Lebensjahr werden sie sehr viel zuverlässiger durchgeführt als danach (103,104). Ein weiterer bedeutender Faktor ist auch der Wachstumsanteil der angrenzenden Epiphysenfuge: Höherprozentige Fugen schließen sich langsamer und später und können somit Fehlstellungen länger aktiv ausgleichen als die niedrigprozentigen Fugen. Abbildung 11 zeigt die prozentuale Verteilung der einzelnen Wachstumsfugen am Gesamtwachstum der oberen Extremität.

Fehlstellungen in der Sagittalebene, der Hauptbewegungsebene des Körpers, werden besser korrigiert als Fehlstellungen in der Frontalebene (103,104). So werden besonders in der Nähe von Schamiergelenken wie dem Ellenbogen-

gelenk Achsenfehler in der Frontalebene auch durch weiteres Wachstum nicht mehr ausgeglichen, während Achsenfehler in der Sagittalebene gut korrigiert werden können (103,101,111,39).

I.4.1 Korrekturmöglichkeiten

Es werden nur die Korrekturmöglichkeiten herausgegriffen, die bei der suprakondylären Humerusfraktur eine Rolle spielen können.

I.4.1.1 Seit-zu-Seit-Verschiebung

Die Korrektur der Seit-zu-Seit-Verschiebung erfolgt durch rein periostal-endostalen Anbau. Auf der Seite, die statisch stärker beansprucht wird, erfolgt ein Knochenanbau bei gleichzeitigem Knochenabbau auf der unbelasteten Seite. Der Ausgleich einer Seit-zu-Seit-Verschiebung, bis zur vollen Schaftbreite ist bis zum 10. bis 12. Lebensjahr möglich (103,104).

I.4.1.2 Achsenknick in der Frontal- und Sagittalebene

Bei der Korrektur eines Achsenknickes in der Frontal- und Sagittalebene werden neben periostal-endostalen auch epiphysäre Mechanismen beansprucht. Der Achsenknick in der Metaphyse oder Diaphyse wird genau wie die Seit-zu-Seit-Verschiebung durch periostalen Anbau und endostalen Abbau in die ursprüngliche Form modelliert. Parallel dazu richtet sich die Epiphysenfuge durch ungleichmäßiges Längenwachstum wieder senkrecht zur Belastungsebene aus (103,104,85,54). Sind die Patienten jünger als 10 bis 12 Jahre, so sind Korrekturen bis zu 60° in der Frontal- und Sagittalebene möglich (108).

I.4.1.3 Rotationsfehler

Die körpereigene Möglichkeit, Rotationsfehler auszugleichen, beschränkt sich auf solche, die minimal und daher primär klinisch nicht nachweisbar sind. Sie beruht auf der indirekten Fähigkeit, Torsionsveränderungen der Röhrenknochen während des Wachstums herbeizuführen. Dieser physiologische Vorgang kann nicht systematisch ausgenutzt werden. Allerdings wurden diese sogenannten Spontankorrekturen bisher nur am Oberschenkel beschrieben (99,100,10, 98,69).

Der Rotationsfehler, wie er nach suprakondylären Humerusfrakturen vorkommen kann, wird in Fehlstellung in Sagittal- und Frontalebene differenziert. Achsenabweichungen in der Sagittalebene, die bis zum Alter von fünf bis sechs Jahren auftreten, können spontan korrigiert werden, später ist das nicht mehr möglich. Achsabweichungen in der Frontalebene hingegen, wie

ein Varus oder Valgus, können auch durch weiteres Wachstum nicht mehr korrigiert werden (102).

Die Form der Auflagefläche ist von der Höhe der Fraktur abhängig. Liegt die Fraktur eher proximal, so ist die Frakturfläche relativ rund und konzentrisch. Weiter distal, im suprakondylären Bereich, wird die Fläche immer langgezogener und keulen- oder schmetterlingsförmig (102), siehe Abbildung 13. V. Laer untersuchte am Modell einer suprakondylären Humerusfraktur, wie sich die Stabilität der Fraktur durch Herbeiführen einer Rotation der Auflagefläche der Kondylenpfeiler verändert (Abbildung 14).

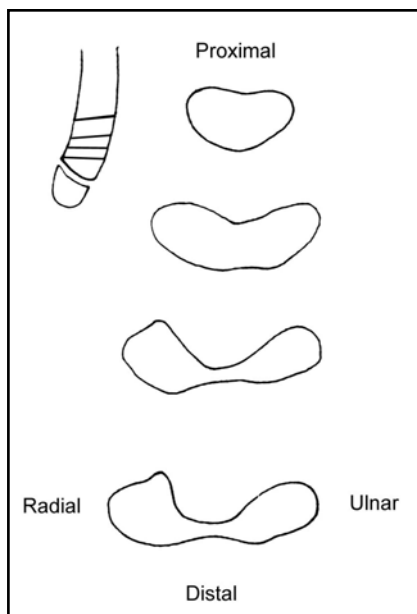


Abb. 13. Das Aussehen der Frakturfläche von verschiedenen distalen Oberarmfrakturen je nach ihrer Verlaufshöhe (102).

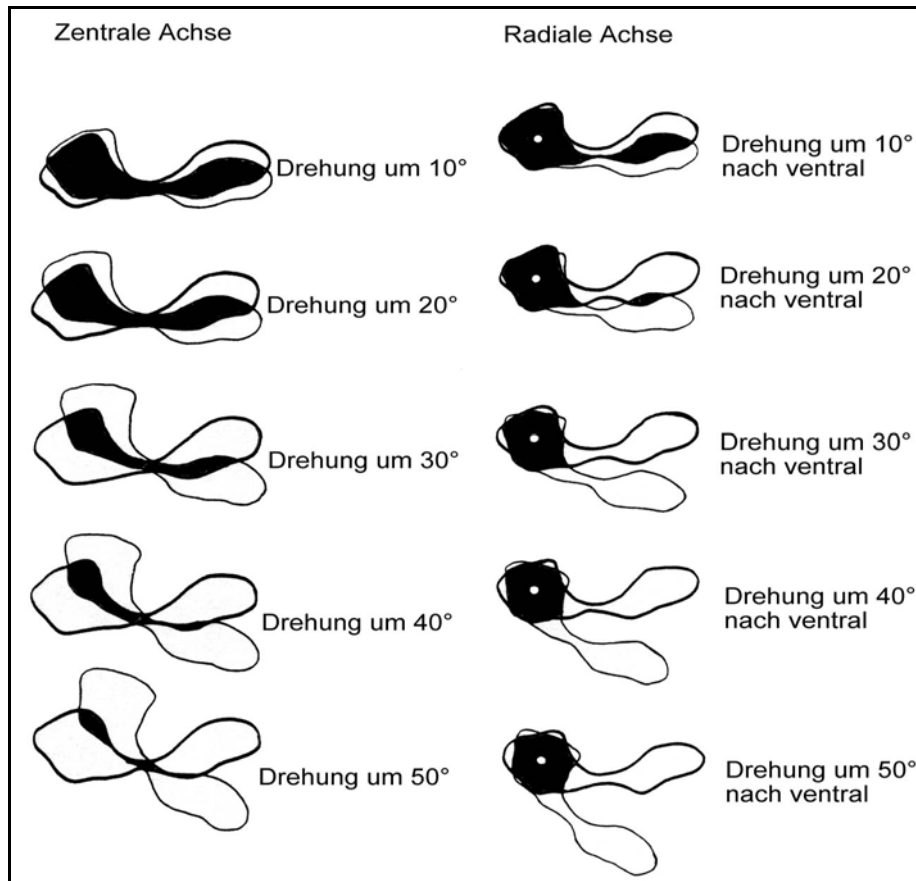


Abb. 14. Einfluß der Lokalisation des Drehpunktes auf die verbleibende Frakturfläche, links um die zentrale Achse, rechts um den radialen Condylus (102).

Abbildung 14 links zeigt, wie durch einen zunehmenden Rotationsfehler, um die zentrale Achse, die Frakturauflagefläche abnimmt. Findet die Rotation um eine zentrale Achse statt, so hat die Fraktur bei einer Fehlstellung von 20° einen Verlust der Auflagefläche von 50% und bei 40° bis 50° nur noch eine Abstützung von 10 bis 20%. Der Verlust der Auflagefläche geht auf Kosten beider Pfeiler.

In Abbildung 14 rechts ist die Rotation um den radialen Pfeiler dargestellt. Auch bei einer Fehlrotation von 20° besteht immer noch eine Auflagefläche von 80%. Bei Rotation von mehr als 30° wird die radiale Kondylenauflagefläche auf nicht weniger als 50% reduziert. Der Verlust der Auflagefläche geht auf Kosten des kleineren, ulnaren Pfeilers. L. v. Laer folgert daraus, daß der Condylus radialis als Hauptstützpfeiler am meisten zur Stabilisierung der Fraktur beiträgt.

Außerdem wird deutlich, daß ein Rotationsfehler unbedingt therapiert werden muß und keinesfalls verbleiben darf, denn man führt Fehlstellungen, wie den Cubitus varus, auf einen verbliebenen Rotationsfehler zurück, der durch Instabilität zum Abkippen des ulnaren Fragmentes geführt hat. Der Cubitus valgus entspräche demnach einem Abkippen des radialen Pfeilers.

I.5 Die suprakondyläre Humerusfraktur

I.5.1 Definition

Die suprakondyläre Humerusfraktur ist mit ca. 60% (50% - 70%) die häufigste Ellenbogenfraktur im Kindesalter (76,57,30). Die Bruchlinie der extraartikulären Fraktur zieht außerhalb der Gelenkkapsel durch die Metaphyse. Man unterscheidet die Extensionsfrakturen und Flexionsfrakturen; letztere sind mit ca. 5% recht selten.

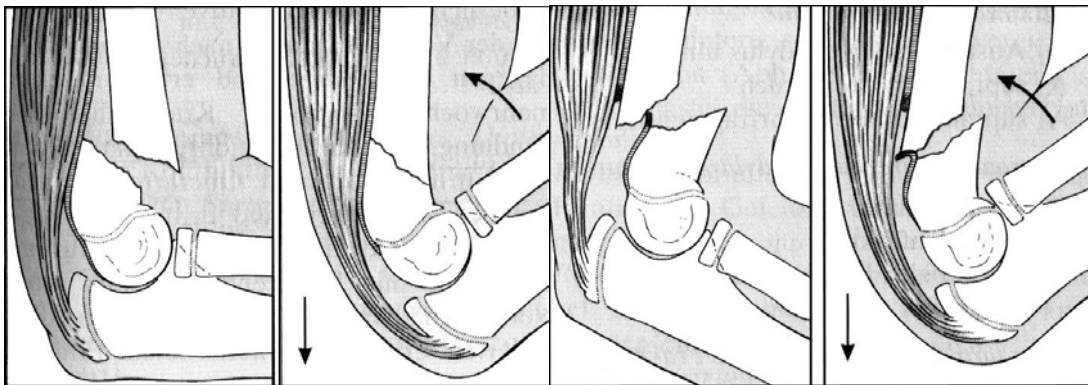


Abb. 15. Verlauf der Extensions (links)- und Flexionsfraktur (rechts) (89).

Die Bruchlinie zieht bei der Extensionsfraktur von dorsal-proximal nach ventral-distal und führt zu einer dorsalen Dislokation des distalen Fragmentes (Abbildung 15 links). Die Bruchlinie der Flexionsfraktur läuft genau entgegengesetzt von ventral-proximal nach dorsal-distal und führt zu einer ventralen Dislokation des distalen Fragmentes (Abbildung 15 rechts).

Abbildung 16 zeigt, daß die suprakondyläre Humerusfraktur weiterhin von den epikondylären Frakturen, die ebenfalls extraartikulär liegen, und den transkondylären Frakturen, die definitionsgemäß intraartikulär sind, abgegrenzt wird (s. u. AO-Klassifikation).

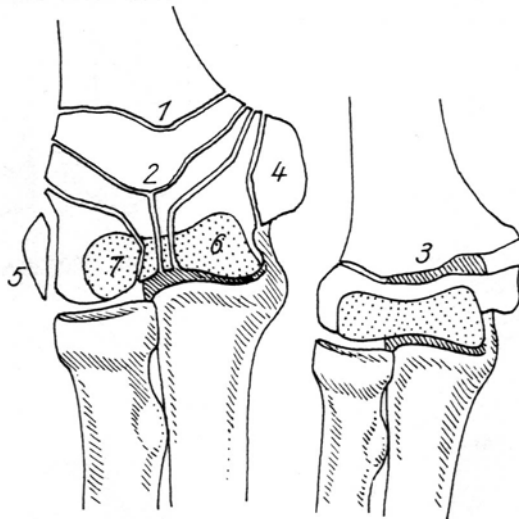


Abb. 16. Extra- (1,4,5) und intraartikulären (2,3,6,7) Frakturverläufe: (1) supracondylär, (2) Y-Fraktur, (3) transkondylärer Querbruch, (4) Abbruch des Epicondylus ulnaris, (5) Abbruch des Epicondylus radialis, (6) Abbruch der Trochlea, (7) Abbruch des Capitulum Humeri. (3).

I.5.2 Epidemiologie

Die suprakondyläre Humerusfraktur betrifft vorwiegend Kinder. Der Häufigkeitsgipfel wird um das 5. – 7. Lebensjahr angegeben (34,30,57,65,113), was dem gesteigerten Bewegungsdrang und der noch bestehenden motorischen Ungeschicklichkeit zugeschrieben wird (34). Die anatomischen Bedingungen am wachsenden Skelett sind ebenfalls maßgeblich daran beteiligt. Der Knochen hat einen sehr hohen Bindegewebsanteil und ist somit noch sehr elastisch. Das knorpelige und ebenfalls sehr elastische Kondylenmassiv, umgeben von dem festen Kapsel- und Bandapparat des Ellenbogengelenkes, disloziert eher als Ganzes, als daß es auseinanderbricht. Zudem liegt in der suprakondylären Region die Stelle des geringsten Durchmessers. Die Kompaktastärke dieser Region beträgt nur 1 bis 2 Millimeter. Man kann somit von einem Locus minoris resistentiae sprechen, was die Häufigkeit der Fraktur an dieser Stelle erklären würde (51,57,76). Gleichzeitig begründet dies auch das viel seltenere Auftreten

im späteren Jugend- und Erwachsenenalter, wo derselbe Unfallmechanismus eher zu einer distalen Radiusfraktur führt (38,43,53,68).

I.5.3 Unfallhergang und Unfallmechanismus

Der Unfallhergang bei suprakondylären Humerusfrakturen ist uneinheitlich. Die Frakturen sind teilweise Folge von sportlicher Aktivität zu ebener Erde, z.B. Inlineskaten, Rollschuhfahren und Stürze beim Rennen. Stürze aus geringer Höhe, z.B. vom Spielgerät, Fahrrad, von der Mauer, aber auch Stürze aus größerer Höhe (mehr als 1,5 m), z.B. vom Baum, von der Leiter oder vom Hochbett, können ebenfalls zu einer suprakondylären Humerusfraktur führen. Die Einteilung in Schulunfälle, Spielunfälle oder häusliche Unfälle berücksichtigt den Unfallort. Allen Unfallhergängen gemeinsam ist stets ein adäquates Trauma.

Bei den Unfallmechanismen unterscheidet man zwei Fälle: Ein Sturz auf den ausgestreckten oder leicht angewinkelten Arm führt zu einem Extensionsbruch (Abbildung 17) (89).

Einen Flexionsbruch hingegen zieht man sich eher nach direktem Sturz auf den dorsalen Ellenbogen zu (Abbildung 18) (78,57).



Abb. 17



Abb. 18

Abb. 17. Unfallmechanismus, der zu einer Extensionsfraktur führt (89).

Abb. 18. Unfallmechanismus, der zu einer Flexionsfraktur führt (78,57).

I.5.4 Diagnosestellung

I.5.4.1 Anamnese

Für die Anamnese reicht es aus, ein adäquates Trauma zu eruieren anstatt den genauen Unfallhergang zu rekonstruieren. Dieser ist wegen der vielfältigen Ursachen nicht unbedingt notwendig und wegen der posttraumatischen Schocksituation häufig ungenau und nur zeitintensiv zu erfragen (103,104,47,49). Es ist sinnvoller, sich der klinischen Untersuchung zuzuwenden.

I.5.4.2 Klinische Untersuchung

Die Inspektion des schmerzenden Armes steht zunächst im Vordergrund. Man sucht nach Schwellungen, Deformität, Einschränkungen der aktiven Beweglichkeit und Durchblutungsstörungen. Eine Palpation des Gelenkes und Suche nach "sicheren" Frakturzeichen wird heutzutage nicht mehr durchgeführt (76,103,104): Unnötige Schmerzen würden nur das Vertrauen des Kindes in den Arzt und somit den Arzt-Kind-Kontakt zerstören.

Wichtig ist hingegen das Tasten des A. radialis- und A. ulnaris-Pulses, sowie die Bestimmung der Dauer der Rekapillarierungszeit, die Hinweise auf die momentane Durchblutungssituation des Armes distal der Frakturstelle gibt. Ob eine Verletzung der A. brachialis vorliegen kann, läßt sich aber nicht immer sicher abschätzen, da der Umgehungskreislauf des Rete articulare cubiti noch erhalten sein kann. Durch eine frakturbedingte Schwellung oder ein Frakturhämatom kann es aber sekundär zum Verschuß dieser Anastomosen kommen. Deshalb ist es obligat, daß die Pulse der A. radialis und der A. ulnaris in regelmäßigen Abständen getastet werden (12,36,47,103,104). Bei fraglichem Puls werden eine Gefäßdoppleruntersuchung oder/ und eine Arteriographie zur genauen Abklärung der Durchblutungssituation empfohlen (4,5,27,35,77,60).

Folgende Befunde weisen auf eine arterielle Gefäßverletzung hin:

- Pulslosigkeit (pulslessness)
- Pulsabschwächung
- Temperaturdifferenz (Kälte der verletzten Seite)
- unterschiedliches Hautkolorit, weiße Hand (paleness)
- Schmerzen (pain)
- Gefühlsstörungen (paresthesia)
- Bewegungsunfähigkeit (paralysis)
- Verminderte Pulsoxymeteramplitude
- Verminderte Sauerstoffsättigung am betroffenen Arm (Pulsoxymetrie)
- Rekapillarierungszeit > 1 sec.
- Dopplersonographische oder Farbdopplersonographische Gefäßverschlusssymptome
- Angiographischer Gefäßabbruch
(4,5,27,35,60,77,89)

Eine neurologische Untersuchung des Armes sollte ebenfalls angestrebt werden (76,4,5,56,81,63). Die Prüfung der motorischen Funktion für die einzelnen Nerven kann man z.B. wie in Tabelle 2 aufgeführt prüfen.

Tabelle 2. Einige motorische Tests auf zur Prüfung der drei Hauptnerven des Armes (76).

Nerv:	Motorischer Test:
<i>N. Ulnaris:</i>	Abduzieren und Adduzieren der Finger bzw. Lateralbewegung des Mittelfingers
<i>N. Radialis:</i>	Strecken des Handgelenkes und der Finger im Grundgelenk, Strecken des Daumens
<i>N. Medianus:</i>	Abspreizen des Daumens beim Ergreifen eines Gegenstandes bzw. Berühren der Spitze des Kleinfingers mit der volaren Daumenkuppe (Oppositions- oder Spitzgriff)

Die sensible Nervenfunktion kann man durch Bestreichen der spezifischen Hautareale testen. Die Angaben sind zwar häufig wegen der allgemeinen Schmerzen ungenau, können aber eine sensible Nervenstörung, wie ein Pelzigkeitsgefühl oder fehlende Empfindung, aufdecken. Die Hautareale für die drei Hauptnerven sind in Tabelle 3 angegeben und in der Abbildung 19 dargestellt (66).

Tabelle 3. Die sensiblen Hautareale der drei Armnerven (66).

Nerv:	Sensibles Testareal:
<i>N. Ulnaris:</i>	Kleinfingerkuppe
<i>N. Radialis:</i>	Handrücken
<i>N. Medianus:</i>	Zeigefingerkuppe

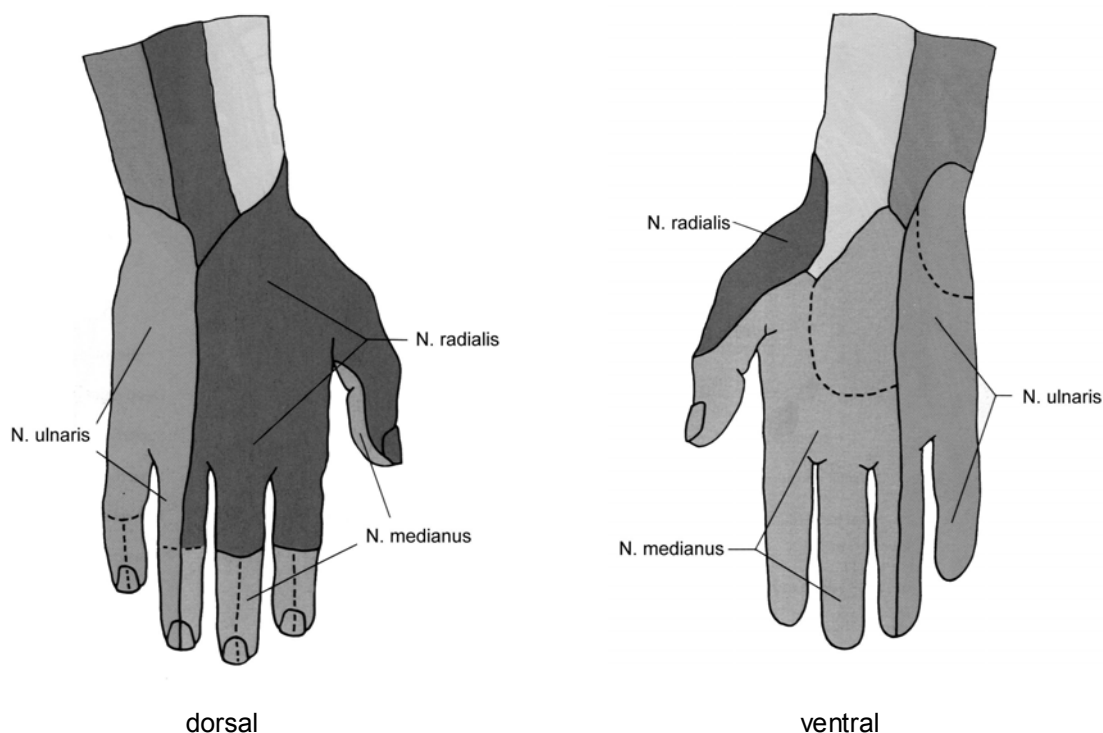


Abb. 19. Die sensiblen Hautareale der drei Armnerven von dorsal und ventral (66).

I.5.4.3 Röntgenuntersuchung

Die sicherste Diagnose bzw. der Ausschluß einer Fraktur gelingt durch eine Röntgenuntersuchung des Ellenbogens in zwei Ebenen.

Das Gegenseitenröntgen bei nicht eindeutigen Befunden wird immer wieder durchgeführt. Nach L. v. Laer ist die genaue Kenntnis von der Entwicklung des Ellenbogengelenkes und seiner Knochenkerne dem Röntgen der Gegenseite eindeutig überlegen (103,104,60,114). Schwierigkeiten beim beidseitigen Röntgen bereiten nämlich nicht nur die Entwicklungsstadien der einzelnen Knochenkerne, sondern auch noch die nicht exakt übereinstimmenden Ebenen (103,104,76,61,114). Bestehen Zweifel am Vorhandensein einer Fraktur, so bringt das Röntgen der Gegenseite auch keine weitere Erkenntnis (103,104,76,61,114). Es empfiehlt sich dann die Ruhigstellung des Gelenkes im Gipsverband und eine zweite Röntgenaufnahme 8 Tage nach dem Unfall. Auf diesem zweiten Röntgenbild ist möglicherweise dann eine beginnende Kallusbildung, eine Knochenlamelle, oder die Verdrängung des periartikulären Fettes durch einen intraartikulären Erguß, das sogenannte „fat-pad-sign“, zu sehen. Diese Zeichen weisen auf eine abgelaufene Fraktur hin; gleichzeitig wird mit dem zweiten Röntgenbild die Frakturstellung kontrolliert (114). Auch die sekundäre Diagnostik, z.B. das Aussehen des Gipses, kann wertvolle Hinweise liefern: Ist der Gips nach 8 Tagen schon völlig zerstört, so spricht das eher gegen eine Fraktur, ist er hingegen nach 14 Tagen noch intakt, wird eine Fraktur wahrscheinlich (114).

Anhand der Röntgenaufnahmen wird der Dislokationsgrad und die Rotation der Fragmente bestimmt. Mit der *Rogers'schen* Hilfslinie, einer Linie, die im seitlichen Röntgenbild an der Ventralfläche des Humerus angelegt wird, kann man auch diskrete Achsknickungen in der Sagittalebene erkennen (siehe auch Kapitel Anatomie, Gelenkachsen und Winkel). Im Normalfall schneidet diese Linie das Capitulum humeri am Übergang vom mittleren zum hinteren Drittel. Bei den Extensionsfrakturen (Antekurvatur) liegt der Schnittpunkt im vorderen,

bei den Flexionsfrakturen (Rekurvatur) im hinteren Drittel oder sogar dorsal des Capitulum humeri, wie in Abbildung 20 dargestellt.

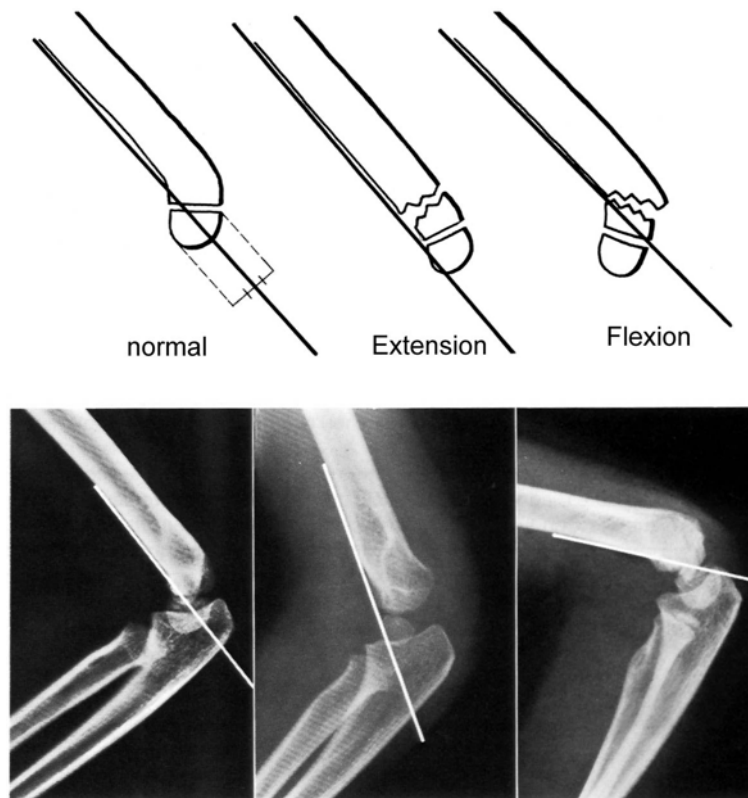


Abb. 20. Verlauf der Rogers'schen Hilfslinie im Normalfall, bei Extensions- und bei Flexionsfrakturen (104).

Achsabweichungen in der Frontalebene wie ein Varus oder Valgus sind schwierig zu messen, da meistens gleichzeitig eine Seit-zu-Seit-Verschiebung nach radial oder ulnar besteht. Ein klaffender Frakturspalt auf einer Seite oder die eingedrückte Fossa olecrani kann jedoch ein Hinweis auf eine derartige Fehlstellung sein.

Achsabweichungen in der Horizontalebene wie ein Rotationsfehler werden von einer einfachen Seit-zu-Seit-Verschiebung abgegrenzt (Abbildung 21). Ein Rotationsfehler wird am besten im seitlichen Röntgenbild sichtbar. Ein Rotationssporn, eine sogenannte „Nase“, entspricht einem Kalibersprung zwischen proximalem und distalem Fragment. Der Rotationssporn kann ventral

und dorso-ventral ausgeprägt sein (102,103,104). Besteht kein Kalibersprung, so weist dies eher auf eine Seit-zu-Seit-Verschiebung der Fragmente hin. Ein kleiner Rotationsfehler bis 20° kann in der ulno-radialen Seitenaufnahme vom Condylus radialis verdeckt werden. Er stellt sich aber im radio-ulnaren Strahlengang dar (103,104,102).

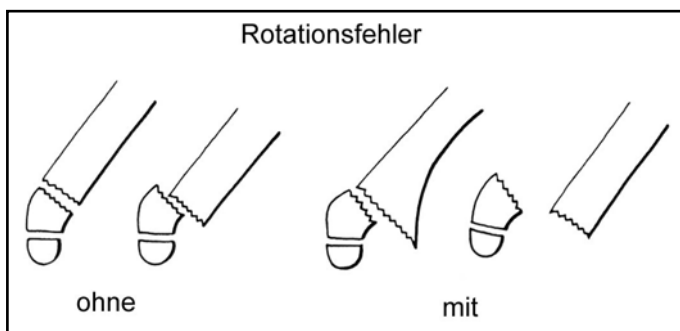


Abb. 21. Unterschied einer Fraktur mit Seit-zu-Seit Verschiebung (links) oder einem Rotationsfehler (rechts) (102).

Ein weiteres radiologisches Kriterium ist der Rotationsfehlerquotient (rfq) nach v. Laer: $rfq = \text{Breite des Rotationsspornes in der seitlichen Ebene in (mm)}$:

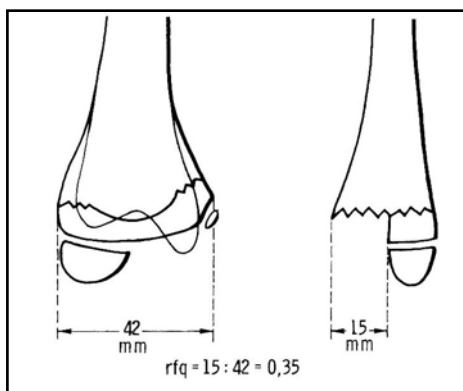


Abb. 22. Darstellung des Rotationsfehlerquotienten nach v. Laer (103,104).

Gesamtbreite der Trochlea in der ap-Ebene in (mm) (34,103,104). Er hilft bei der Quantifizierung eines Rotationsfehlers und dient somit der Entscheidungsfindung ob er therapiert werden soll, oder belassen werden kann. Rotationsfehlerquotienten ab 0,1 müssen beseitigt werden (103,104). In diesem Beispiel liegt ein Rotationsfehlerquotient (rfq) von 0,35 vor, der somit therapiebedürftig ist (Abbildung 22).

I.5.5 Klassifikationen

In den letzten Jahrzehnten wurden viele verschiedene Klassifikationen verwendet. Man hat zunehmend versucht, ein einheitliches System zu finden, und einigte sich bei der Klassifikation der Frakturen im Wachstumsalter auf die AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese). Die AO-Klassifikation des distalen Humerus wird eingeteilt in extraartikuläre, intraartikuläre unikondyläre und intraartikuläre bikondyläre Frakturen (Abbildung 23):

Extraartikuläre Fraktur

- A₁ Ausriß des Epicondylus ulnaris
- A₂ Suprakondylärer Bruch
- A₃ Suprakondyläre Mehrfragmentfraktur

Intraartikuläre, unikondyläre Fraktur

- B₁ Querfraktur
- B₂ Kondylenfraktur
- B₃ Tangentialer Bruch (ohne Condylus radialis)

Intraartikuläre, bikondyläre Fraktur

- C₁ Y-Fraktur
- C₂ Y-Fraktur mit suprakondylärem Mehrfragmentbruch
- C₃ Eintauchungs-, Trümmerfraktur

(89)

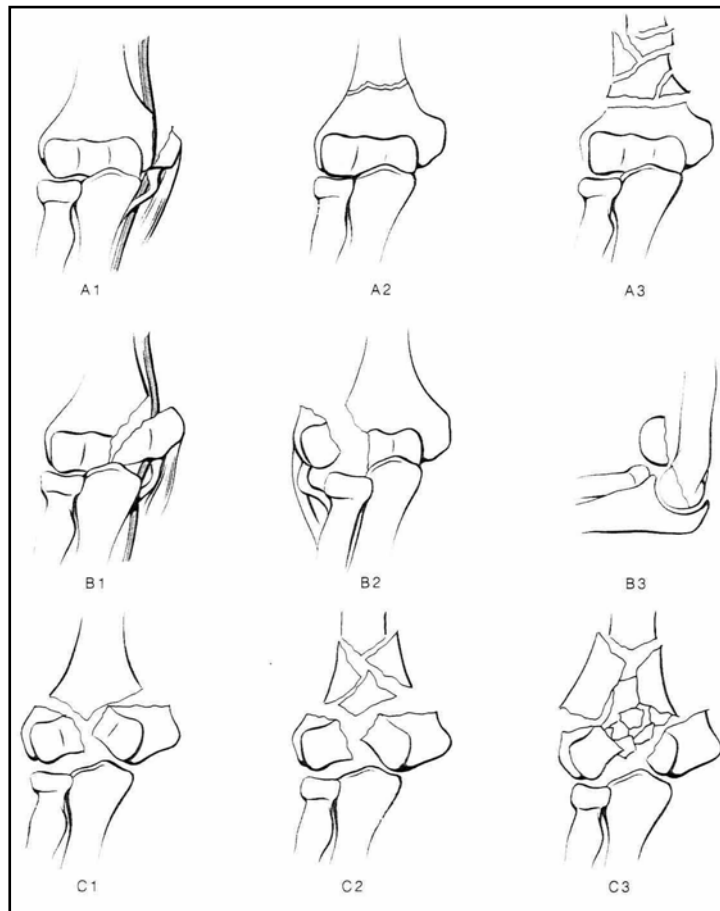


Abb. 23 zeigt die AO-Klassifikation (9)

Die suprakondylären Humerusfrakturen sind hier also unter A_2 , die suprakondyläre Trümmerfraktur unter A_3 eingeordnet.

Die suprakondylären Humerusfrakturen werden noch weiter differenziert: Grundsätzlich werden die Extensions- und Flexionsfrakturen unterschieden. Die Extensionsbrüche wurden lange Zeit nach dem Ausmaß der Dislokation des distalen Fragmentes eingeteilt. Die Flexionsfrakturen hingegen bilden eine eigene, davon unabhängige Gruppe. Häufig wurden die Klassifikationen nach Felsenreich (26), Baumann (2) und Lubinus (58) verwendet.

Felsenreich-Klassifikation:

Typ I: Angulation vermindert

Typ II: Fragment nach dorsal disloziert, Fragmentkontakt noch vorhanden

Typ III: Fragment nach dorsal disloziert, kein Fragmentkontakt mehr vorhanden

(Abbildung 24) (26).

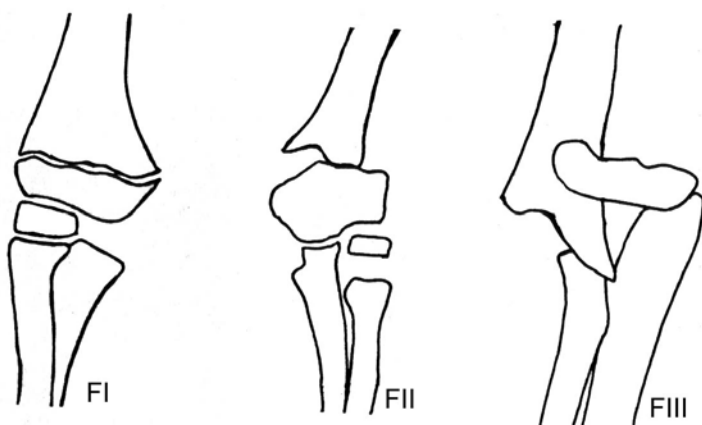
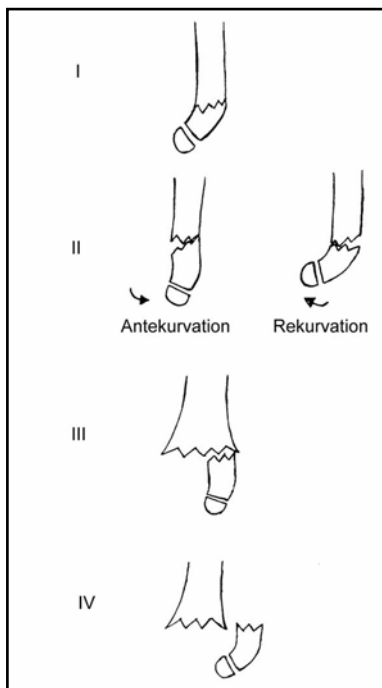


Abb. 24. Skizzen von Supracondylären Humerusfrakturen Typ I-III nach Felsenreich in der AP-Ansicht (34).

Die Klassifikation nach Baumann stimmt mit der nach Felsenreich überein.

Beide Klassifikationen wurden in den letzten Jahren zunehmend in Frage gestellt, da sie die Rotation der Fragmente nicht berücksichtigen. Vor allem v. Laer initiierte eine neue Klassifikation, auf die man sich im Juni 1998 in Graz auf der 17. Tagung der Arbeitsgemeinschaft „Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie“ einigte, wie in Abbildung 25 dargestellt (114).

V. Laer-Klassifikation



- Typ I: Undislozierte Frakturen
- Typ II: Frakturen mit Achsenabweichung in der Sagittalebene, ohne Rotationsfehler
- Typ III: Frakturen mit Achsenabweichungen in der Sagittal- und Horizontalebene (= Rotationsfehler)
- Typ IV: Frakturen mit Achsenabweichungen in allen drei Ebenen (114)

Abb. 25. Darstellung der Frakturtypen I-IV nach v. Laer (109).

I.5.6 Therapiemethoden

Auch bei den Therapiemöglichkeiten versuchte man eine einheitliche Linie zu finden. Die Nachuntersuchung von Geißler (34) 1975 bis 1985 erfaßte elf verschiedene Therapiemethoden. Dagegen untersucht diese Arbeit im Zeitraum 1986 bis 1996 lediglich noch vier Therapiemethoden. Als konservative Verfahren kamen der Oberarmgips in Rechtwinkelstellung und das Verfahren nach Blount zur Anwendung. Halbkonservativ wurde die geschlossene Reposition mit anschließender gekreuzter, perkutaner Kirschner-Draht-Spickung bevorzugt. Führte diese Methode nicht zum Erfolg, so wurde offen reponiert und anschließend perkutan mit Kirschner-Drähten gespickt. In seltenen Fällen wurde auch primär offen reponiert.

I.5.6.1 Indikationen

Allgemein gilt, daß die suprakondyläre Humerusfraktur als Notfall behandelt wird, also zu dem frühestmöglichen Zeitpunkt und vor dem Auftreten einer zu starken Schwellung. Es sollte nicht zugunsten abschwellender Maßnahmen mit einer adäquaten Behandlung gewartet werden. Man strebt die Behandlung in einem Zeitrahmen von 6 Stunden an. Nach oben beschriebener Diagnosefindung sollte möglichst bald eine anatomische Reposition mit anschließender Ruhigstellung erfolgen.

In der nachuntersuchten Patientengruppe von 1986 bis 1996 richtete man sich, nachdem die Indikation zur Behandlung gestellt war, nach dem Dislokationsgrad der Fraktur. Die wenig dislozierten Frakturen wurden zunächst mit konservativen Methoden behandelt. Waren diese nicht auf Dauer effizient, d. h. kam es zu einem Abrutschen der Fragmente, so wurde nachreponiert und mit Kirschner-Drähten fixiert. Lag auf den Ursprungsaufnahmen eine Rotation oder starke Dislokation vor, so wurde zunächst die geschlossene Reposition mit anschließender Kirschner-Draht-Spickung durchgeführt. Führt die geschlossene Reposition zu keinem befriedigenden Ergebnis, lag ein Repositionshindernis vor, oder kam es zur persistierenden Pulslosigkeit des Armes, so wurde offen reponiert.

Lutz v. Laer schlägt mit seiner neuen Klassifikation vor, sich mit der Therapie an dem Vorhandensein oder Fehlen eines Rotationsfehlers zu orientieren, wobei es oberstes Therapieziel sei, bei dislozierten suprakondylären Humerusfrakturen ulnares Abkippen und radiales Vordrehen zu verhindern (104,114).

Therapievorschlage anhand der Typisierung (s.o.)

Fur den Dislokationsgrad LI wird eine ambulante Therapie in einer Oberarmgipsschiene empfohlen.

Der Dislokationsgrad LII sollte möglichst in einer ambulanten Behandlung erfolgen. Bei einer nur mäßigen **Ante-** (bzw. *Recurvations-*) fehlstellung genügt die Redression in **Spitzwinkel** (bzw. in die *volle Streckung*) und Ruhigstellung in der **Blount'schen Schlinge** oder im **Spitzwinkelgips** (bzw. in *80° Flexionsstellung*), da die Ergebnisse der nicht redressierten Fälle schlechter ausgefallen waren. Bei den Frakturen mit einer Achsenabweichung von mehr als 30° wird 2-3 Tage nach dem Unfall eine Röntgenkontrolle empfohlen, die eine Redislokation und besonders nachträgliche Rotation ausschließen soll. Im Falle einer Dislokation wird wie bei LIII und LIV verfahren.

Die Frakturen mit dem Dislokationsgrad LIII und LIV sollen in einer Notfalloperation in Narkose geschlossen reponiert und anschließend perkutan mit Kirschner-Drähten gespickt oder mit einem radialen Fixateur extern stabilisiert werden (114).

Es folgt eine kurze Beschreibung der einzelnen Therapiemethoden.

I.5.6.2 Die geschlossene Reposition

Die Reposition erfolgt notfallmäßig in schonender Allgemeinnarkose (104), bei älteren Patienten auch in Plexus- oder i.v. Regionalanästhesie (15). Die Reposition kann mit geringfügigen Unterschieden durchgeführt werden.

V. Laer (104) beschreibt den Vorgang folgendermaßen: Der Arzt gibt dem Patienten die Hand, so daß diese sich in Nullstellung bezüglich Pro- und Supination befindet, und bringt so den gestreckten Arm unter Zug. Unter diesem kurz, aber kontinuierlich andauernden Zug wird der Vorderarm proniert, bzw. supiniert, je nachdem, in welcher Richtung der Rotationsfehler ausgeprägt ist. Dann wird der Ellenbogen in Spitzwinkelstellung gebracht, indem man den Vorderarm anbeugt. Dabei wird das proximale Fragment nach hinten und das distale Fragment gleichzeitig nach vorne gedrückt (104,6,54,60,87,88).

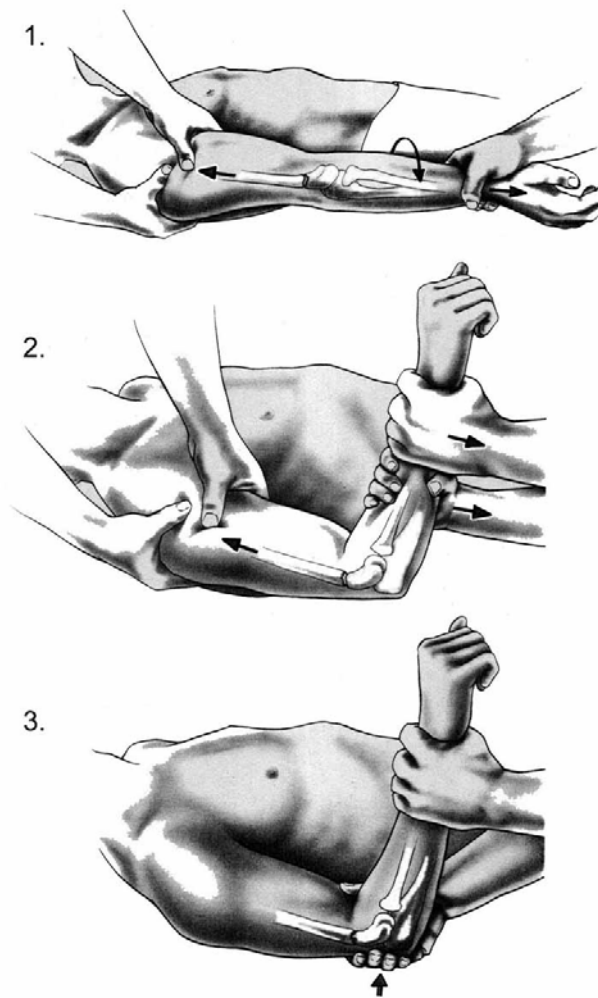


Abb. 26. Darstellung der einzelnen Repositionsschritte (9).

In der Chirurgischen Operationslehre (9) ist der Vorgang der Reposition folgendermaßen beschrieben: Bei Extensionsfrakturen erfolgt die Reposition unter Längszug in Streckstellung bei supiniertem Vorderarm. Danach wird unter Zug die Beugung im Ellenbogengelenk, bei gleichzeitigem Druck von dorsal auf das distale Fragment, herbeigeführt. Bei Flexionsfrakturen wird bei Überstreckung im Ellenbogengelenk unter Längszug und Supination Druck von ventral auf das distale Gelenkfragment gebracht (Abb. 26).

Mit der Supinationsbewegung wird der Muskelzug des M. pronator teres ausgenutzt. Sein Ursprung am Epicondylus medialis humeri und Ansatz in der Mitte der Radiusaußenfläche führt dazu, daß die Zugbewegung den medialen Kondylenpfiler aus der Innenrotationsfehlstellung durch eine Auswärtsbewegung wieder in die anatomische Position bringt. Die Supination vermindert somit das ulnare Abkippen und stellt daher eine Varusprophylaxe dar (34).

Die Reposition muß anschließend immer stabilisiert und das Repositionsergebnis radiologisch kontrolliert werden. Liegt ein Rotationssporn vor (siehe

Abbildung 21), so wird geschlossen nachreponiert, jedoch nicht häufiger als zweimal. Bei zu häufiger Reposition kann es zu übermäßiger Stimulation der Wachstumsfuge (siehe Abbildung 12) oder zu neuro-vaskulären Störungen kommen (34,104). Liegen dann immer noch Fehlstellungen der Knochenfragmente, persistierende oder neu aufgetretene Durchblutungsstörungen vor, wird ein Wechsel zur offenen Reposition, möglichst in der selben Narkose, angestrebt (104,76,64,92).

An die Reposition schließen sich die verschiedenen Stabilisierungsverfahren an. Hierbei werden drei Möglichkeiten unterschieden.

1. Die konservative Behandlung,
 2. Die halbkonservative Behandlung und
 3. Die offene operative Behandlung
- (104)

I.5.6.3 Die konservative Behandlung

Als konservative Behandlung werden Gips und Blountverband verwendet. Wenn man wählen kann, so ist zu bedenken, daß die Kinder lieber eine Gipsschiene als einen Blountverband tragen.

I.5.6.3.1 Der Gipsverband

Bei frischer Fraktur, die noch die Gefahr der Schwellung nach Weichteilquetschung oder sich vergrößerndem Hämatom birgt, wird zunächst eine 90°-Oberarmgipsschiene von den dorsalseitigen Fingergrundgelenken bis dorsal 2 Querfinger unter der Achselhöhle angelegt. Das Anlegen des Gipses erfolgt in folgenden Schritten:

- Der Ellenbogen wird in 90°, der Unterarm in mittlerer Drehstellung, das Handgelenk in Funktionsstellung gelagert.

- Der Schlauchmull (mit Daumenloch) wird bis zur Schulter hochgezogen und mit einem Pflasterstreifen fixiert.
- Mit der Polsterwatte zirkulär von den dorsalen Fingergrundgelenken bis zur Achselhöhle polstern. In der Ellenbeuge einreißen und faltenfrei anlegen.
- Ausreichend im Bereich des Olekranon und N. ulnaris polstern.
- Erste Longuette an den dorsalseitigen Fingergrundgelenken anlegen, auf der Dorsalseite des Unterarms zum Ellenbogen führen und kurz anstreichen.
- Einschneiden (in der Achsenrichtung des Oberarm), rechtwinklig umlegen und dorsalseitig anlegen, ggf. kürzen.
- Zweite Longuette zur dorsalen Verstärkung über das Ellenbogengelenk legen, gut anmodellieren.
- Alle Gipsränder umschlagen und gut einmodellieren.
- Eine feuchte Mullbinde anwickeln
- Schiene bei Bedarf an den Fingerknöcheln und Oberarm kürzen und abrunden. Schlauchmull und Polsterwatte umschlagen und auf ganzer Schienenlänge bis zur letzten Faser aufschneiden. Zum Teil wird nur bei Bedarf gespalten (104).
- Mit einer elastischen Binde anwickeln
(116).

Es wird empfohlen, daß ein 2-3 cm gipsfreier Raum ventral auf der Gesamtlänge des Gipses verbleiben soll (104).

Nachdem der Arm abgeschwollen ist, was meist nach ca. 4 Tagen der Fall ist, kann der Gipsschluß vorgenommen werden (104).

I.5.6.3.2 Der Blountverband

Der Blountverband, auch „Cuff and Collar“ genannt, wird ebenfalls nach erfolgreicher Reposition angebracht (Abbildung 27) (21). Das Handgelenk wird mit einem breiten Filz abgepolstert. Dann wird ein wattegefüllter tg-Schlauch um

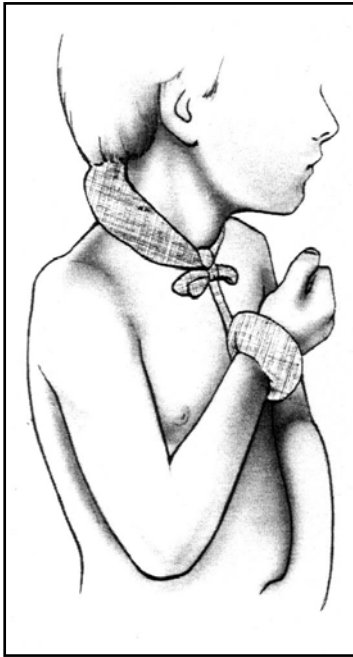


Abb. 27 Fertiger
Verbandsaufbau eines
„Cuff and Collar“(8).

das Handgelenk und den Hals gelegt. Das Ellenbogengelenk des verletzten Armes wird so weit wie möglich gebeugt und der distale Unterarm im Bereich des Handgelenkes in Spitzwinkelstellung an die Halskrause angebunden.

Dabei darf die Durchblutung der Hand und des Unterarmes durch die Beugung des Armes nicht gefährdet sein und sollte nach Anlage des Verbandes mehrfach über mindestens 48 Stunden kontrolliert werden. Eventuell wird mit abnehmender Schwellung im Frakturbereich die Beugung durch Anziehen des Verbandes verstärkt (8). Ein praktisches Problem besteht häufig darin, daß bei Anlage dieses Verbandes durch den vorgegebenen Abstand zum Hals,

keine echte Spitzwinkelstellung, sondern häufig nur eine 90°-Stellung erreicht werden kann. Dadurch wird der Redressionseffekt vermindert (Dr. Rauh, Kinderchirurgie Universität Würzburg, persönliche Mitteilung).

Man versucht bei diesem Verfahren, ein Zuggurtungsprinzip durch den dorsal erhaltenem Periostschlauch und den M. triceps brachii auszunutzen. Sitzen die beiden Bruchfragmente nach erfolgreicher Reposition fest aufeinander, so wird in Spitzwinkelstellung durch den erhaltenen dorsalen Periostschlauch und den Muskelzug des M. triceps brachii das distale Fragment fest auf das proximale Fragment gepreßt. Wenn der Verband wegen zunehmender Schwellung, Durchblutungs- oder Nervenstörungen gelockert werden muß, kann dies Probleme bereiten: Der Tonus der Rotatorenmaschette führt dann zu einer Auswärtsdrehung des Humerus und damit zu einem Kontaktverlust der Fragmente. Durch diese Bewegung wird das proximale Fragment nach außen gedreht, während das distale Fragment fixiert bleibt (76,34,64,68,79, 83,103,104). Es resultiert ein Innenrotationsfehler des distalen Fragmentes von

bis zu 30° (103,104). Dies führt im weiteren Verlauf zum Abkippen des ulnaren Pfeilers und somit zu einer Varusfehlstellung. Diese Komplikationen können aber auch nach einer Behandlung im 90°-Winkel- oder Spitzwinkelgips auftreten, da hierbei die Schulter nicht mitfixiert wird.

I.5.6.4 Die halbkonservative Behandlung

Als halbkonservative Behandlungsmethoden werden die Extensionen, der Fixateur externe, die intramedulläre dynamische Nagelung und die perkutane Kirschner-Draht-Spickung bezeichnet (103,104). Wobei zu überlegen wäre, den Begriff der halbkonservativen Behandlungsmethode nur noch für die Extension zu benutzen und für die anderen Methoden einen neuen Ausdruck zu prägen, wie z.B. geschlossene Reposition und perkutane Osteosynthese. Bei den nachuntersuchten Patienten kam von den halbkonservativen Behandlungsmethoden nur die geschlossene Reposition und perkutan gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese zur Anwendung.

I.5.6.4.1 Die Extension

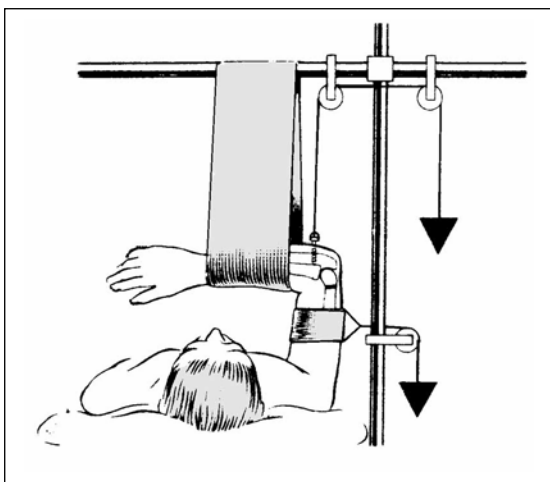


Abb. 28. Das Extensionsverfahren nach Baumann (2).

Als Extensionsverfahren kommt z.B. die vertikale Extension nach Baumann (2) heutzutage immer noch zur Anwendung (Abbildung 28). Nach erfolgter Reposition wird ein Kirschner-Draht 1-2 cm vor dem Olekranon durchgebohrt. Zu beachten ist, genügend Knochensubstanz zu fassen und dabei die Nerven, Gefäße, Epiphysenfuge und Knochenkerne nicht zu schädigen. Bei der Extension wird der

Unterarm in 90°-Stellung gebracht. Der Extensionsbügel wird senkrecht nach

oben angebracht, so daß der Oberarm senkrecht/ vertikal nach oben steht. Am Unterarm, der quer über dem Gesicht hängt, wird ein Gegenzug angebracht, der aus einer nicht einschnürenden Manschette besteht. Durch diesen Zug soll die dislocatio ad peripheram ausgeglichen werden. Desweiteren wird ein Gegenzug am Oberarm angebracht. Die Verschiebung der Fragmente läßt sich nun durch Zug am Unterarm und Gegenzug am Oberarm ausgleichen. Eine Adduktion- oder Abduktionsstellung kann durch Verstärkung oder Verminderung der Pronationsstellung des Unterarmes korrigiert werden.

Obwohl es noch einige Befürworter dieser Methode gibt, so hat sie vor allem den Nachteil der langen Immobilisierung der Kinder, die drei Wochen ans Bett gebunden sind und einen darauffolgenden langen Krankenhausaufenthalt. Im Allgemeinen wird diese Methode jedoch als nicht kind- und zeitgemäß abgelehnt.

1.5.6.4.2 Die geschlossene Reposition und perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese

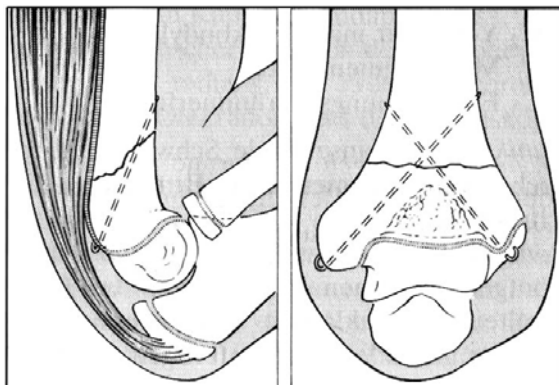


Abb. 29. Optimale Lage der Kirschner-Drähte nach geschlossener Reposition und perkutaner Spickung (89).

Die perkutane Kirschner-Draht-Spickung ist seit Jahren das Standardverfahren zur Fixierung einer supracondylären Humerusfraktur (Abbildung 29). Es wird empfohlen, nach erfolgreicher Reposition zuerst den radialen Draht perkutan über eine laterale Stichinzision einzubringen (104, 76,30,51), da sich der Epicondylus radialis auch bei erheblicher Schwellung und in Spitzwinkel-

stellung stets gut tasten läßt. Alternativ kann man aber auch zuerst den medialen Draht einbringen (15). Der laterale Kirschner-Draht sollte exakt im Epicondylus radialis von schräg hinten nach vorn verlaufend eingebracht

werden und die Gegenkortikalis gerade noch durchbohren. Dabei darf die Epiphysenfuge und die Fossa olecrani nicht tangiert werden, was durch zu weit distales Einbringen geschehen könnte (15). Sitzt der laterale Draht unter Durchleuchtungskontrolle gut, so kann die Spitzwinkelstellung kurzfristig aufgegeben werden, um den Epicondylus ulnaris besser tasten zu können. Zum Schutze des N. ulnaris wird der Sulcus nervi ulnaris abgetastet und der mediale Draht unter Durchleuchtungskontrolle in sicherer Entfernung davon auf dem Epicondylus ulnaris aufgesetzt. Es wird dann die Spitzwinkelstellung wieder hergestellt und der Draht von hinten nach vorne verlaufend eingebracht. Die Kreuzungsstelle der beiden Drähte darf nicht im Frakturspalt und ihr Verlauf in der seitlichen Aufnahme nicht in einer Ebene liegen. Beides würde eine Instabilität verursachen und könnte zur nachfolgenden Rotation und Fehlstellung der Fragmente führen. Die richtige Lage der Kirschner-Drähte muß durch gipsfreie Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen kontrolliert und dokumentiert werden. Erst dann dürfen die Enden gekürzt und umgebogen unter der Haut versenkt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die gekürzten Enden herausstehen zu lassen. Dann muß aber auf eine entsprechend große Aussparung im Gips geachtet werden (103,104). Ein ständiges Anstoßen der Drähte am Gips könnte zu einer Lockerung oder Infektion der Bohrlöcher führen (103,104).

I.5.6.4.3 Der radiale Fixateur externe

Der radiale Fixateur externe (siehe Abbildung 30), ist eine der gekreuzten Kirschner-Draht-Spickung sehr ähnliche Methode, die aber den Vorteil hat, die mediale Seite nicht zu tangieren. Dadurch kann der sonst häufig geschädigte N. ulnaris geschont werden. Diese Methode wird in letzter Zeit verstärkt vorgeschlagen (104), ist aber bei dem nachuntersuchten Patientengut noch nicht angewendet worden. Nach erfolgreicher Reposition wird noch in Flexionsstellung der erste Draht von radial so flach wie möglich eingebracht, wobei aber beide Fragmente erfaßt werden müssen. Dann wird zwei Querfinger darüber, im rechten Winkel zum Humerus, aber nicht zu weit proximal

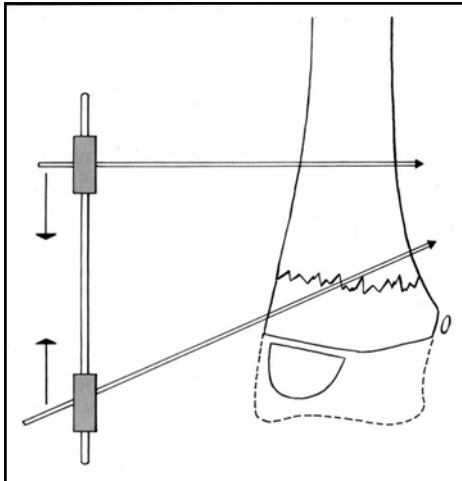


Abb. 30. Die korrekte Lage des radialen Fixateur externe (104).

(Gefährdung des N. radialis) der zweite Draht (nicht unter 2mm Dicke) eingebracht. Diese beiden Drähte werden nun manuell gegeneinander komprimiert und mit einer Querstange und Faßbacken aus dem kleinen Hofmann-Instrumentarium unter Kompression verschraubt (104).

Wichtig ist bei der Röntgenkontrolle einen Rotationssporn auszuschließen. Der ulnare Frakturspalt erscheint als Folge der radialen Kompression auf dem Röntgenbild häufig leicht klaffend. Die Fraktur ist

jedoch bewegungsstabil und braucht nicht zusätzlich im Gips stabilisiert zu werden. Die wichtigsten Anforderungen an die Fixation sind, ein Vordrehen des Condylus radialis und Abkippen des ulnaren Pfeilers zu verhindern. Beide Forderungen werden durch den radialen Fixateur erfüllt.

I.5.6.5 Die offene operative Behandlung

Die operative Behandlung wird zumeist eingesetzt, wenn die geschlossene Reposition zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis führt (30,52,44). Es wird dann, möglichst in derselben Narkose, auf die offene Reposition umgestellt. Selten wird primär, d.h. ohne einen vorausgegangenen, geschlossenen Repositionsversuch, offen reponiert (59,65,90). Es gibt mehrere Zugangswege; im nachuntersuchten Patientengut ist fast immer der dorsale gewählt worden.

Hier eine kurze Beschreibung für die Technik des dorsalen Zuganges, wie sie die Chirurgische Operationslehre (15) beschreibt. Der Patient wird in Bauchlage gebracht und der Arm im Ellenbogen freibeweglich ausgelagert. Der Hautschnitt erfolgt als Längsinzision ca. 10 – 15 cm proximal der Gelenklinie, in der Mitte der Rückfläche des Oberarmes, und wird, das Olekranon radial umkreisend, bis zur hinteren Ulnakante fortgesetzt. Die Haut wird nach medial vom M. triceps

brachii abpräpariert, bis man den N. ulnaris sicher darstellen kann. Um zum Gelenk vorzudringen, wird der M. triceps brachii, unter sorgfältiger Blutstillung längs gespalten. Die Gelenkkapsel wird H-förmig inzidiert, so daß man freie Sicht auf die Fossa olecrani bekommt. Nun kann man unter Sicht die beiden Frakturen reponieren und durch radial- und ulnarseitige Hautinzisionen mit Kirschner-Drähten stabilisieren. Das Versenken der Drähte unter das Hautniveau und die gipsfreie Röntgenaufnahme schließen sich an (15).

Daneben gibt es den medialen und lateralen Zugang, die in den letzten Jahren in der Kinderchirurgie bevorzugt werden (Dr. Rauh, Kinderchirurgie Universität Würzburg, persönliche Mitteilung). Es wird dann nach geschlossener Reposition entweder medial oder lateral, ggf. auch beidseits eröffnet, je nachdem wo sich die Fraktur nicht geschlossen reponieren läßt. Damit bleibt die dorsale Gelenkkapsel und die Trizepssehne im Verbund und kann so zu einer zusätzlichen Stabilisierung beitragen. Ein Vorteil ist auch, daß der Patient weiterhin in Rückenlage verbleiben kann und nicht umgelagert werden muß.

Eine Zusammenfassung der Beschreibung des medialen Zuganges nach der Chirurgischen Operationslehre (15): Der Patient liegt auf dem Rücken, der Arm wird frei beweglich entweder auf dem Körper oder auf einem Armtisch gelagert. Die Inzision wird von dem Epicondylus medialis (ulnaris) bogenförmig bis zur hinteren Ulnakante durchgeführt. Nach dem Spalten der Faszie und des Septum intermusculare wird zunächst der N. ulnaris im Sulcus n. ulnaris dargestellt und angeschlungen. Danach wird in Beugestellung des Ellbogengelenkes der M. flexor carpi ulnaris zwischen humeralem und ulnarem Ursprung in Längsrichtung gespalten. Die distalen motorischen Äste des N. ulnaris sind zu schonen. Der M. pronator teres wird nach ventral, der M. flexor carpi ulnaris nach dorsal weggehalten, danach gelangt man auf die Gelenkkapsel. Wird diese inzidiert, so erhält man einen eingeschränkten Blick in den medialen Gelenkanteil. Die Fraktur kann anatomisch reponiert und mit einem Kirschnerdraht fixiert werden.

Der laterale Zugang wird nach der Chirurgischen Operationslehre (15) folgendermaßen beschrieben. Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Arm wird beweglich abgedeckt, er kann entweder auf dem Körper oder auf einem

Armtisch gelagert werden. Der Hautschnitt beginnt oberhalb des Epicondylus lateralis (radialis), verläuft nach distal geschwungen über das Radiusköpfchen und erstreckt sich bis zur hinteren Ulnakante (Ausdehnung je nach Frakturlokalisation). Man gelangt auf die Gelenkkapsel, indem man die Faszie zwischen dem M. extensor carpi ulnaris und dem M. anconaeus in Streckstellung längs spaltet. (Die radiale Streckermuskulatur sollte maximal 4-5 cm eingekerbt werden, da sonst der N. radialis gefährdet ist. Das Lig. anulare ist zu schonen und das Ablösen des lateralen Seitenbandes soll nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden). Die Fraktur wird anatomisch reponiert und mit einem Kirschner-Draht fixiert.

I.5.7 Die Nachbehandlung

Man sollte versuchen, diejenige Behandlungsmethode zu wählen, die das Kind am wenigsten beeinträchtigt und den kürzesten Klinikaufenthalt zur Folge hat. Eine Gips- oder Blountbehandlung kann nach der radiologischen Stellungskontrolle prinzipiell ambulant weiter verfolgt werden. Es ist dann im folgenden nur notwendig, die Eltern einzuweisen und zur regelmäßigen neurovaskulären Kontrolle für mindestens 24, besser 48 Stunden anzuhalten (34). Sollte dies nicht möglich sein, so ist es besser, das Kind für diesen Zeitraum stationär in die Klinik aufzunehmen. Einer geschlossenen Reposition mit Kirschner-Draht-Osteosynthese folgt ein ca. fünf Tage langer Klinikaufenthalt, währenddessen eine tägliche Kontrolle und Dokumentation des neurovaskulären Status erfolgen sollte.

Die suprakondyläre Humerusfraktur braucht eine Ruhigstellungsphase von drei bis vier Wochen (76,104). Danach kann das Material entweder ambulant in Lokalanästhesie oder stationär in kurzer Allgemeinanästhesie entfernt und die Bewegung freigegeben werden. Stehen die Drähte heraus, so können sie auch ohne Lokal- oder Allgemeinanaesthesie entfernt werden (104).

Eine krankengymnastische Behandlung wird normalerweise nicht angeschlossen. Man geht davon aus, daß das Kind von selber in sein ursprüngliches Bewegungsmuster hineinfließt (51,87,59,103,104). Es übt automatisch immer bis an die Schmerzgrenze und hört dann auf, d.h., die individuellen Unterschiede der Schmerzempfindung sind hiermit berücksichtigt. Sollte nach längerer Zeit (12 Wochen) noch kein ausreichender Bewegungsumfang erreicht sein, so kann man eine krankengymnastische Nachbehandlung anschließen (104).

I.5.8 Komplikationen

An Komplikationen können

- Nervenläsionen
- Gefäßläsionen
- Ischämische Kontraktur (*Volkmann'sche Kontraktur*)
- Achsenfehlstellungen
- Bohrdrahtkomplifikationen

auftreten. Auf die Achsenfehlstellungen wurde schon weiter oben eingegangen.

I.5.8.1 Nervenläsionen

Die anatomischen Ursachen der Gefäß- und Nervenläsionen wurden bereits im Kapitel Anatomie und Physiologie erläutert. Die Rate der primären Nervenläsionen ist mit 14% (9,5% - 49%) relativ hoch (60,63,4,5,56,81). Die Inzidenz von einer reinen N. ulnaris-Läsion wird in der Literaturrecherche (63) von 1974 – 1995 und anderen Angaben (60,4,5,56,81,11,13,14,24,46) mit einer Häufigkeit von 2,5% angegeben. Das entspricht 27 N. ulnaris-Läsionen in 1068 Fällen von suprakondylären Humerusfrakturen. Dabei unterscheidet man inkomplette von kompletten Nervenläsionen. Inkomplette Nervenläsionen entstehen durch Überdehnung oder kurzfristiges Einklemmen im Bruchspalt und heilen nach einiger Zeit wieder von alleine aus. Komplette Nervenläsionen

entstehen bei Durchtrennung, dauerhaftem Einklemmen im Bruchspalt oder Schädigung des Nerven durch Fixationsmaterial. Die wichtigste Maßnahme ist hier die unverzügliche Reposition, um die Überdehnung des Nerven zu beenden. Eine scharfe Schädigung durch Bruchfragmente kommt selten vor, häufiger ist das Einklemmen im Frakturspalt. Die meisten Nervenläsionen bilden sich im Zeitraum von 2 bis 4 Monaten ohne weitere Therapiemaßnahmen oder Ergotherapie zurück (60). Sollte der Schaden jedoch nicht rückläufig sein, so muß eine komplette Nervenläsion durch anhaltende Einklemmung im Bruchspalt oder Schädigung durch Fixationsmaterial ausgeschlossen werden. Eine Operation mit Freilegung des betroffenen Nerven, Neurolyse und eventueller Rekonstruktion ist die beste therapeutische Maßnahme. Nachfolgend schließen sich regelmäßige klinische und neurophysiologische Kontrollen an, um den Heilungsprozeß zu verfolgen und zu dokumentieren. Die Prognose der inkompletten Nervenläsion ist meist sehr gut, da sie voll reversibel ist; eine spannungsfreie Lage und Ergotherapie kann die Heilung der kompletten Nervenläsion begünstigen (60).

I.5.8.2 Gefäßläsionen

Primäre Gefäßläsionen werden in den oben genannten Studien (34,4,5,56,63, 82,60,18,28,74,86) mit einer Häufigkeit von 2,1% (1,5% - 18%) angegeben und sind somit etwas seltener als die Nervenläsionen (60). Verschlüsse der A. brachialis können durch Thromben nach Abknicken, Kontusion oder Spasmus ausgelöst werden. Die Pulslosigkeit ist bei zwei Dritteln der primär aufgetretenen Fälle nach schneller Reposition behoben, so daß nur bei einem Drittel mit verbleibender Pulslosigkeit eine Nachbehandlung zur Diskussion stand (34,4,5,56,63,82). Befunde, die auf eine arterielle Gefäßverletzung hinweisen, sind in dem Kapitel Diagnosestellung der suprakondylären Humerusfraktur aufgeführt.

Die Ansichten über die Behandlungsform einer Gefäßläsion divergieren sehr. Einige Autoren empfehlen die konservative Behandlung, solange die

Durchblutung des Unterarmes über das Rete articulare gewährleistet ist, also eine Pulslosigkeit vorliegt, während der Umgehungskreislauf noch intakt ist (27,35,13,17,28,33,74,86). Andere fordern bei dopplersonographisch (97) oder angiographisch nachgewiesenem Gefäßschaden der A. brachialis, unabhängig von einem intakten Kollateralkreislauf, die Gefäßrekonstruktion (27,32,18,24,72,4). Bei der operativen Therapie der Gefäßläsion wird in den meisten Veröffentlichungen der ventrale mediale Schnitt bevorzugt. Die am häufigsten vorgeschlagene Behandlungsmethode umfaßt weiterhin die Spaltung des Lacertus fibrosus und das Befreien der Arterie aus dem Bruchspalt. Häufig ist nach kurzer Zeit schon wieder ein Unterarmpuls tastbar. Sollte kein Puls auffindbar sein, so kann entweder 30 Minuten unter Narkose gewartet werden, um einen Arteriospasmus auszuschließen (18), oder gleich eine Arteriotomie erfolgen. Häufig finden sich in dem Gebiet ein Thrombus und eine lädierte und eingerollte Intima (35). Ein Therapievorschlagn ist die Resektion des betroffenen Gefäßabschnittes mit nachfolgendem Vena saphena-Interponat (35). Eine andere Möglichkeit stellt eine Thrombendarteriektomie mit anschließender Intimastufennaht dar (89). Mittlere und kleinere GefäÙe, d.h. auch die A. brachialis, werden angeschrägt, oder mit einem Patch verschlossen (Fadenstärke 5-0 oder 6-0) (89). Der VerschlulÙ erfolgt mittels Einzelknopfnähten oder fortlaufender Naht mit monofilem, atraumatischem Nahtmaterial. Nach jeder Arteriotomie erfolgt eine Vollheparinisierung über 24 Stunden. Eine weiterführende Behandlung mit Monoemborex® über 10 bis 14 Tage wird empfohlen (4).

I.5.8.3 Kompartmentsyndrom und ischämische Kontraktur

Die ischämische Kontraktur oder auch *Volkmannt'sche* Kontraktur ist eine der schwerwiegendsten Komplikationen der suprakondylären Humerusfraktur (18,33,41,70,84,96,112). Zur Entstehung eines Kompartmentsyndrom tragen zwei Faktoren bei. 1. Die feste Begrenzung eines Raumes, wie z.B. Faszien um Muskellogen. 2. Die Druckerhöhung innerhalb dieses begrenzten Raumes, die durch Kompression von außen, durch Vermehrung des Kompartimentinhaltes

oder durch Verminderung des Kompartimentvolumens bedingt sein kann (70).
Tabelle 4 führt einige Ätiologien des Kompartmentsyndroms auf.

Tabelle 4. Ätiologie des Kompartmentsyndroms (70).

I.	Verkleinerung eines Kompartments
I.1	Verschuß eines Fasziendefektes
I.2	Konstringierende Verbände
II.	Inhaltsvermehrung des Kompartments
II.1	Blutung (a. Gefäßverletzung, b. Antikoagulantientherapie, c. vermehrte Blutungsbereitschaft z.B. Hämophilie)
II.2	Erhöhte Kapillarpermeabilität (a. Postischämische Schwellung z.B. Arterielle Verletzung, Arterielle Thrombosen oder Embolien, Rekonstruktive Gefäßchirurgie, Replantation, Verlängerte Blutsperre, Arterieller Spasmus, b. Verbrennungen und Erfrierungen, c. Gift z.B. Schlangenbiß, d. Intensiver Muskelgebrauch z.B. Sport, Tetanus, Eklampsie, e. Lagerung unter Kompression einer Extremität z.B. bei Intoxikationen)
III.	Kombination von Blutung und erhöhter Kapillarpermeabilität
III.1	Frakturen (Unterschenkel, Unterarm, suprakondyläre Oberarmfrakturen)
III.2	Weichteilverletzungen
III.3	Osteotomie
IV.	Unterschiedliche Ursachen
IV.1	Paravasale Infusion
IV.2	Entzündungen

Bei den suprakondylären Humerusfrakturen gehen ursächlich ein Frakturhämatom und posttraumatisches Muskelödem (ca. 70%) oder eine Gefäßschädigung und dadurch bedingte Ischämie voraus. Die verminderte Durchblutung führt pathogenetisch zur Ausbildung eines Ödems, dieses führt zu einem Anstieg des Druckes in den Muskellogen, da die Muskelfaszien nicht zu einem Druckausgleich in der Lage sind. Daraufhin sistiert der venöse und lymphatische Abfluß und führt zu einer erneuten Drucksteigerung. Der arterielle Zustrom wird weiter eingeschränkt, und schließlich kommt es zum Erliegen der kapillären Gewebsperfusion. Der kritische Druck in der Muskelloge (Kompartiment) liegt bei ca. 40 mm Hg (Druckdifferenz diastolischer Blutdruck/

Kompartiment-Druck < 30 mm Hg) (89). Eine zusätzliche Kompression von außen durch einschnürende Verbände (Gips), oder Fixation in Spitzwinkelstellung (Blountverband) kann diesen Vorgang noch beschleunigen.

Die klinischen Symptome, die überprüft werden müssen, da sie auf ein beginnendes Kompartmentsyndrom mit eventuell nachfolgender Ischämischer Kontraktur hinweisen, sind: Schmerzen, Kompartmentschwellung, passiver Muskeldehnungsschmerz, Sensibilitätsstörung, motorische Schwäche und Puls.

- Schmerzhaftes Unterarmmuskulatur (dieser Schmerz wird als atypisch heftig, tiefklopfend und hartnäckig beschrieben)
- Kompartmentschwellung (der einzige objektivierbare und früheste Befund ist ein geschwollenes und unter Palpation straffes Kompartiment. Diese Weichteilschwellung ist nicht im Frakturbereich lokalisiert.)
- Hyp- und Parästhesien (die ein Kompartiment durchquerenden Nerven zeigen, als erstes Zeichen einer Ischämie, Gefühlsstörungen in Form von Parästhesie im Verteilungsgebiet des betroffenen Nerven, gefolgt von Hyp- und Anästhesie.)
- Neu aufgetretene Lähmungen der Finger- und Handmuskulatur (eine Parese infolge der Ischämie eines Nerven ist ein Spätsymptom. Der Ablauf ist Parästhesie, Sensibilitätsverlust, motorische Schwäche, Paralyse)
- Pulse (periphere Pulse und Kapillardurchblutung sind bei Kompartmentsyndrom in der Regel vorhanden. Bei fehlendem peripheren Puls liegt entweder ein arterieller Verschluss oder eine Arterienverletzung vor.)
- Passiver Streckschmerz der Finger (Schmerzen bei passivem Strecken der Muskulatur des betroffenen Kompartiments infolge der Muskelischämie ist ein häufiger, jedoch unspezifischer Befund. Besonders Kinder zeigen nach Ellenbogen- oder Unterarmverletzungen Schmerzen bei passiver Streckung der Finger auch ohne wesentliche Druckerhöhung im Kompartiment.)
- Primär ist die Haut in diesem Bereich glänzend und warm. Livide Verfärbung der Hand, Venenzeichnung, Blasenbildung sind Spätzeichen.

(80).

Eines oder mehrere dieser Symptome sollten ohne langwierige zeitraubende Ursachenforschung zu einer Behandlung führen. Reschauer R. (80) empfiehlt eine Checkliste durchzugehen.

1. Name des Patienten
2. Datum und Zeitpunkt des Unfalls
3. Zeitpunkt der Untersuchung, Name des Untersuchers
4. Schmerzen (keine, leicht, mittel, stark)
5. Palpationsbefund (weich, gespannt, hart)
6. Muskeldehnungsschmerz (+/-)
7. Sensibilität (normal, vermindert, fehlt; spitz-stumpf, 2-Punktdiskriminierung)
8. Motorik (normal, abgeschwächt, aufgehoben)
9. Puls peripher (+/-)
10. Haut (Farbe, Kapillardurchblutung, Blasen)

Als Sofortmaßnahmen bei neuromuskulärem Defizit werden empfohlen (80)

1. Gipsverbände spalten, aufspreizen, schalenförmig ausschneiden
2. Sämtliche Verbände aufschneiden
3. Nervendruckpunkte entlasten

Nach 60 Minuten sollte ein 2. Checkup erfolgen. Liegt keine klinische Verbesserung vor, sondern ein unveränderter Zustand oder eine Verschlechterung, sollte eine Gewebsdruckmessung erfolgen. Ist der Patient normotensiv und der Druck im Kompartiment unter 40mmHg, sollen weitere stündliche Kontrollen erfolgen. Ist der Druck über 40mmHg, soll eine sofortige Kompartimentspaltung und anschließende klinische Verlaufskontrolle erfolgen (80).

Eine länger als 6 Stunden andauernde Ischämie kann schon zu Muskelnekrosen und fibrotischer Kontraktur führen, die dann einen kompletten oder Teilverlust der Unterarm- und Handmuskulatur bedeuten (*Volkmannsche Kontraktur*).

Die Behandlung strebt eine möglichst schnelle und schonende Reposition an, wenn diese noch nicht erfolgt ist. Gelingt es dadurch nicht, eine Durchblutung des Armes wieder herzustellen, so erfolgt eine Gefäßrekonstruktion. Weiterhin wird ein bestehendes Frakturhämatom ausgeräumt, um den lokalen Druck zu vermindern. Häufig wird bei schon bestehendem Druckanstieg, oder bei starker Schwellung eine Spaltung der Unterarmfaszien vorgenommen (22,82,70,89). Dies ist die einzige Möglichkeit, ein Kompartmentsyndrom suffizient zu therapieren. Zur Frakturstabilisierung sollten nie einschnürende Verbände oder Fixation in Spitzwinkelstellung angewendet werden. Eine Fixation mit Kirschner-Drähten ist jedoch möglich. Nach dem Abschwollen des Gewebes beginnt man schrittweise mit dem Wundverschluß. Liegt nekrotisches Muskelgewebe vor, so empfehlen mehrere Autoren (40,16,45) eine frühe radikale Nekrektomie mit Neurolyse innerhalb der ersten drei Wochen. Andere warten mit solchen Korrekturoperationen drei (91) oder sechs Monate (37).

Dank des Wissens um diese schwere Komplikation und der konsequenten Behandlung wird nur noch selten eine *Volkmann'sche* Kontraktur als Folge einer Ischämie oder eines Kompartmentsyndrom beobachtet. Abbildung 31 zeigt das Aussehen der *Volkmann'schen* Kontraktur (94).

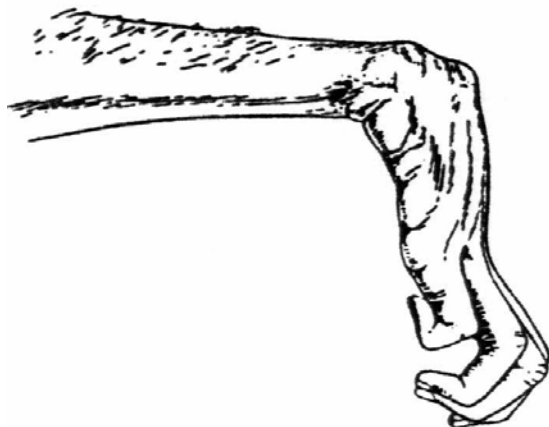


Abb. 31. Endstadium einer *Volkmann'schen* Kontraktur (57,94).

I.5.8.4 Bohrdrahtkomplikaionen

Es werden folgende Bohrdrahtkomplikaionen erwähnt: Dislokation, Hindurchwandern, Lockerung oder Infektion (102,109). Am schwerwiegensten ist sicherlich die Infektion, weil sich daraus möglicherweise eine Osteomyelitis entwickeln kann. Zur Infektionsprophylaxe, zur Verhinderung einer Dislokation, Verminderung eines Verletzungsrisikos, besseren Handhabung und Verhinderung eines Fensterödems im Gips wurden die Drähte daher meistens umgebogen und unter der Haut versenkt.

II. SPEZIELLER TEIL

II.1 Material und Methoden

II.1.1 Datengewinnung

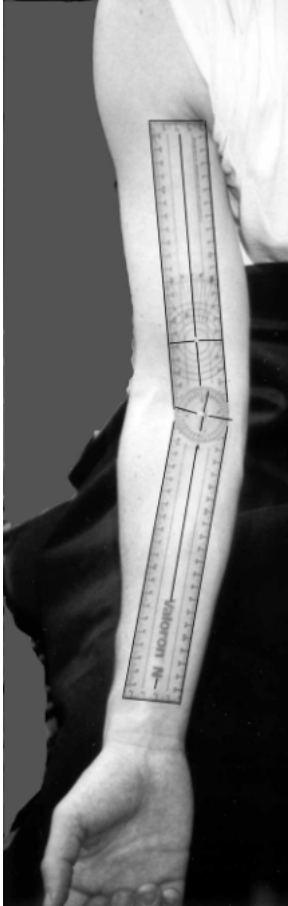
In den Jahren 1986 bis 1996 wurden 136 Patienten im Alter von sechs Monaten bis 15 Jahren mit einer suprakondylären Humerusfraktur behandelt. Es erschienen 90 Patienten (66%) zur Nachuntersuchung, von denen 80 Fälle (59%) hier weiter analysiert werden. Zehn Patienten mußten aus verschiedenen Gründen nachträglich aussortiert werden. Diese Arbeit bezieht sich im Weiteren auf die 80 nachuntersuchten Patienten. Die Patientendaten wurden den Patientenakten und Röntgenbildern aus den Archiven der Würzburger Universitätsklinik, Abteilung Chirurgie, entnommen und umfassen den Zeitraum vom 1. Januar 1986 bis 31. Dezember 1996.

Bei der praktischen Nachuntersuchung wurde auch eine Befragung der Patienten miteinbezogen.

II.1.2 Untersuchungsmethoden

Die Methoden waren ausschließlich klinisch orientiert. Nach Erfragen von Beschwerden, Schmerzen bei Belastung, Sport, Schreiben oder anderen Bewegungen und Wetterfühligkeit wurden die lokalen Hautverhältnisse und Narbenzustände sowie lokale Druckschmerzhaftigkeit untersucht. Im Einzelnen wurde bei der Nachuntersuchung die Inspektion, Armlängen und –umfangsmessung, die Bewegungsmessung von Extension/Flexion und Pronation/Supination, Winkelbestimmung des klinischen Kubitalwinkels vorgenommen, ein neurologischer Test der Sensibilität und Motorik, eine grobe Kraftmessung und das Tasten der beiden Unterarmpulse durchgeführt.

II.1.2.1 Inspektion



Die Inspektion wurde bei ausgestrecktem, supiniertem Arm durchgeführt. In dieser Armhaltung ließ sich schon beim Hinsehen eine eventuelle Varisierung oder Varusfehlstellung erkennen. Zusätzlich wurde mit dem Winkelmesser (Goniometer) der Ellbogenachswinkel beider Arme ausgemessen. Dabei wurde, wie in Abbildung 32 gezeigt wird, entlang der Ober- und Unterarmachse in der Mitte der Arminnenflächen gemessen.

Abb. 32. Messen des klinischen Kubitalwinkels mit einem Goniometer während der Inspektion.

II.1.2.2 Armlänge und Armumfang

Die Arme wurden entlang fester Knochenpunkte mit einem flexiblen Maßband in ausgestrecktem, pronierten Zustand ausgemessen. Die Oberarmlänge wurde vom Acromnion bis zum Epicondylus radialis humeri, die Unterarmlänge vom Epicondylus radialis humeri bis zum Processus styloideus radii, die Gesamtarmlänge vom Acromnion bis zum Processus styloideus radii gemessen.

Der Armumfang wurde bei proniertem, gestrecktem Arm nach Alter gestaffelt (bis 7 Jahre 5 cm; 7-15 Jahre 7 cm; älter als 15 Jahre 10 cm) ober- und unterhalb des Epicondylus radialis humeri gemessen.

II.1.2.3 Bewegungen

Die Beweglichkeit wurde nach der Neutralnullmethode mit einem Winkelmesser im Seitenvergleich ausgemessen. Es wurde beim stehenden Patient in seitlicher Aufsicht, die Extension/ Flexion und die Pronation/ Supination bei gestrecktem und gebeugten Arm bestimmt (siehe Abbildung 4, Allgemeiner Teil).

II.1.2.4 Klinischer Kubitalwinkel

Die Definition des klinischen Kubitalwinkels wird folgendermaßen angegeben: „Der klinische Kubitalwinkel entspricht dem Winkel zwischen der Ventralebene des Unterarms und der Lotrechten in Pronationsstellung beider Arme“ (34). Er wurde zur Beurteilung eines verbliebenen Rotationsfehlers mittels zweier Methoden bestimmt.

Die in Würzburg entwickelte Methode beruht auf einer Messung mit einem Goniometer. Der Patient wurde gebeten, sich je nach Körpergröße an einen Tisch zu setzen oder zu knien. Dann wurden beide Hände des Patienten gefaßt und die Arme oberhalb des Tisches parallel zueinander ausgestreckt, wobei die geschlossenen Fäuste zueinander gedreht wurden. Im nächsten Schritt wurden die Hände bei weiterhin gestreckten Armen proniert und anschließend mit den Unterarmen auf der Tischoberfläche aufgelegt. Durch die passive Bewegung entspannt sich der Patient, und das aktive Anspannen der Schultermuskulatur konnte somit verhindert werden, was in der Regel zu einer verstärkten Innenrotation und somit einem vergrößerten klinischen Kubitalwinkel geführt hätte. Der Patient sollte während der Messung aus diesem Grund auch nicht mehr die Schultern rotieren. Gemessen wurde der Winkel von der proximalen Unterarminnenfläche zur Tischkante. Da es gerade den Kindern nahezu unmöglich war, völlig still zu halten, wurde die Messung 2-3 mal wiederholt, um durch die Bestimmung eines Mittelwertes eine Artefaktbewegung in den Schultern auszugleichen. Der ermittelte Winkel wurde noch von 180 Grad

abgezogen, um den in der Definition des klinischen Kubitalwinkels beschriebenen Wert zu erhalten. Die Abbildungen 33 und 34 zeigen den Meßvorgang.



Abb. 33. Meßvorgang des klinischen Kubitalwinkels, von vorne



Abb. 34. Meßvorgang des klinischen Kubitalwinkels nach der in Würzburg entwickelten Methode, von oben.

II.1.2.5 Klinischer Kubitalwinkel nach Höllwarth

Die Meßmethode mit der Schrotwaage wurde durch Herrn Prof. Dr. M. Höllwarth an der Universitätsklinik Graz entwickelt: Der Patient stellt sich mit ausgestreckten Armen vor den Untersucher. Dieser faßt beide Hände und führt nun die Fäuste mit ihren Innenseiten zueinander. Anschließend werden die Hände proniert und mit einer Hand des Untersuchers zusammengehalten. So kann ein weiteres Rotieren in den Schultern vermieden werden. Anschließend wird die Schrotwaage mit der freien Hand nacheinander an die proximale Unterarminnenfläche gehalten. Diese Werte entsprechen dem Winkel nach der Definition des klinischen Kubitalwinkels und können somit direkt ausgewertet werden. Es konnte leider nur eine kleine Gruppe der Patienten mit dieser Methode untersucht werden. Die Abbildungen 35a und 35b zeigen den Meßvorgang.



Abb. 35a

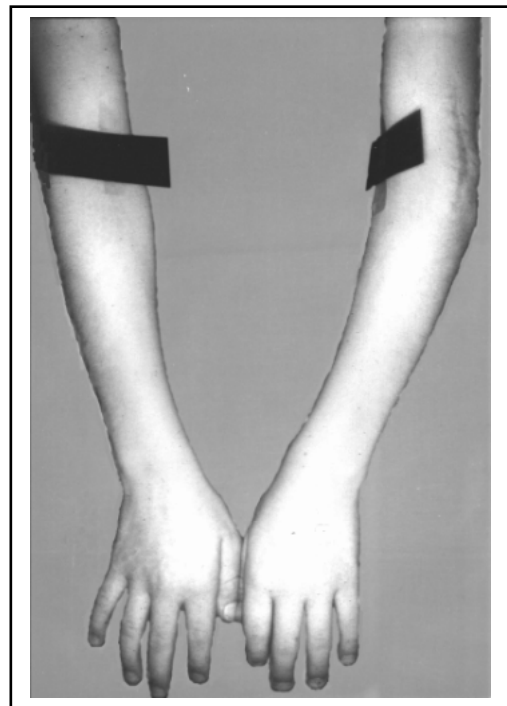


Abb. 35b

Abb. 35a. Meßvorgang mit der Grazer Schrotwaage (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof. Dr. M. Höllwarth).

Abb. 35b zeigt ein Kind mit einem Cubitus varus (mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof. Dr. M. Höllwarth).

II.1.2.6 Neurologie

Neurologisch wurde die Sensibilität durch Bestreichen der Dermatome mit der Fingerkuppe des Untersuchers im Seitenvergleich getestet. Für den Nervus ulnaris wurde die Kleinfingerkuppe, für den Nervus medianus die Zeigefingerkuppe und für den Nervus radialis der Handrücken getestet.

Die Kraft von Muskulus biceps und triceps brachii wurde orientierend durch Halten und Gegenspannen gegen den Arm des Untersuchers getestet. Die kleine Fingermuskulatur wurde durch Abduktion und Adduktion jeweils gegen Widerstand und Opposition von DII bis DV zum Daumen in ihrer Kraft und Schnelligkeit geprüft. Zusätzlich wurde, bei unklarem Befund, der Blatthalteversuch im Spitzgriff, bei dem ein Blatt Papier zwischen Daumen und Kleinfinger gegen Ziehen des Untersuchers festgehalten werden mußte, durchgeführt. Es wurde die gängige Einteilung der Kraftgrade oder Paresegrade 1-5 (67) verwendet, wie in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5. Quantitative Beurteilung der Muskelkraft durch Einteilung in Paresegrade nach Bestimmung der Muskelkraft (67).

Paresegrad	Muskelkraft
0	Keine Aktivität
1	Sichtbare Kontraktion ohne motorischen Effekt
2	Bewegungen unter Ausschaltung der Schwerkraft
3	Bewegungen gegen die Schwerkraft
4	Bewegungen gegen Widerstand
5	Normal

II.1.2.7 Durchblutung

Die Durchblutung wurde orientierend durch beidseitiges Tasten der Pulse der Arteriae radiales und ulnares überprüft.

II.1.2.8 Röntgen

Es wurde weitgehend auf Röntgenaufnahmen verzichtet, um die Strahlenbelastung der Kinder so gering wie möglich zu halten. Geröntgt wurde nur bei schlechtem Ergebnis (Einteilung nach *Morger*) und vorangegangener unauffälliger Vorgeschichte oder zur Kontrolle eines schwierigen Verlaufs.

II.2 Ergebnisse

II.2.1 Allgemeine Daten

In den Jahren 1986 bis 1996 wurden 80 Patienten nachuntersucht und ausgewertet.

In Abbildung 37 ist dargestellt, in welchem zeitlichen Abstand zum primären Unfallereignis die Patienten zur Nachuntersuchung erschienen. Je länger der Unfall zurück lag, desto weniger Patienten erschienen zur Nachuntersuchung, da kaum noch aktuelle Adressen vorlagen und somit weniger Patienten erreicht werden konnten. Der durchschnittliche Zeitabstand vom Unfall bis zur Nachuntersuchung betrug 4,7 Jahre (bei einer Varianz zwischen 1 und 13 Jahren).

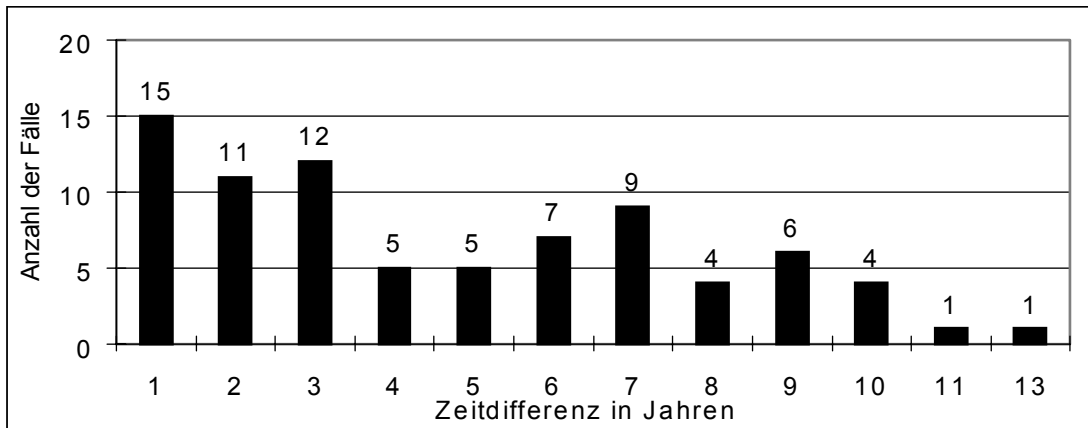


Abb. 36. Zeitdifferenz vom Unfall bis zur Nachuntersuchung.

II.2.2 Altersverteilung

Die Patienten waren beim Unfall zwischen sechs Monaten und 15 Jahren alt. Die Abbildung 37 zeigt, in welchem Alter sich die Patienten eine suprakondyläre Humerusfraktur zuzogen. Am häufigsten trat die Fraktur im Alter von vier bis sieben Jahren auf, das Durchschnittsalter betrug 5,9 Jahre.

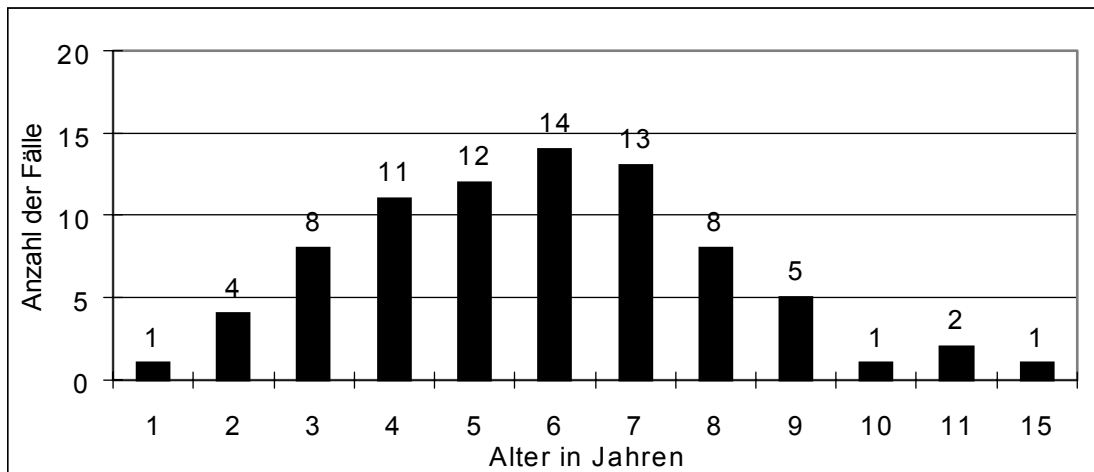


Abb.37. Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt.

II.2.3 Geschlechtsverteilung

Es verletzten sich je 40 Mädchen und 40 Jungen, so daß dies einer Geschlechtsverteilung von jeweils 50% entspricht. In den Jahren 1986 bis 1993 stellten sich mehr Jungen mit einer Fraktur vor, während in den Jahren 1993 und 1994 doppelt soviel Mädchen wie Jungen behandelt wurden. Im Jahr 1996 war es dann in etwa ausgeglichen. Die Abbildung 38 stellt eine Übersicht der Geschlechtsverteilung dar.

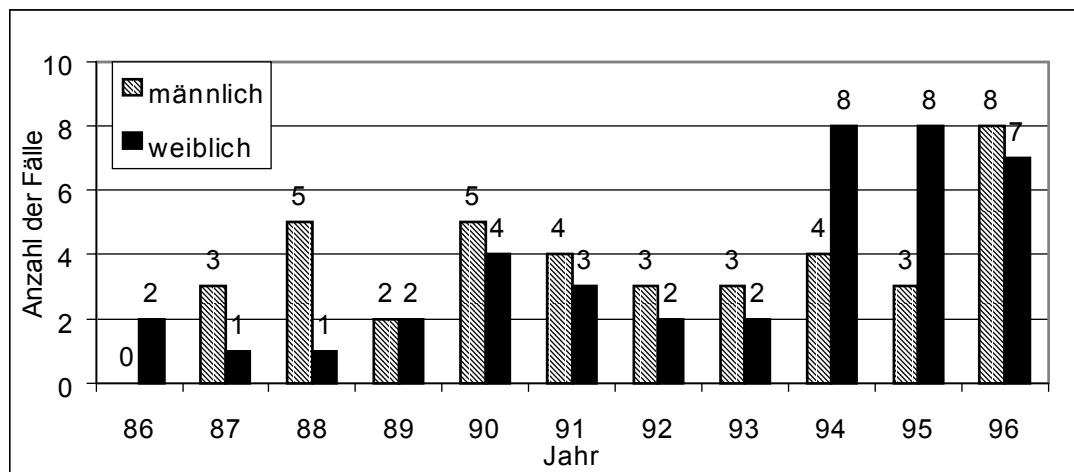


Abb. 38. Geschlechtsverteilung von Mädchen und Jungen über den Nachuntersuchungszeitraum 1986-1996.

II.2.4 Links/ Rechts Verteilung der Fraktur

Es war 56 mal (70%) der linke und 24 mal (30%) der rechte Arm verletzt, womit eine deutliche Präferenz für den linken Arm bestand. Eine Patientin hatte sich im Abstand von einigen Jahren beide Arme gebrochen.

II.2.5 Jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit

Die Abbildung 39 gibt einen Überblick über die jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit. Im April bis September traten häufiger Frakturen auf, als in den Wintermonaten November bis Februar. Offensichtlich waren die Kinder im Frühjahr, in den Monaten April und Mai, besonders frakturgefährdet.

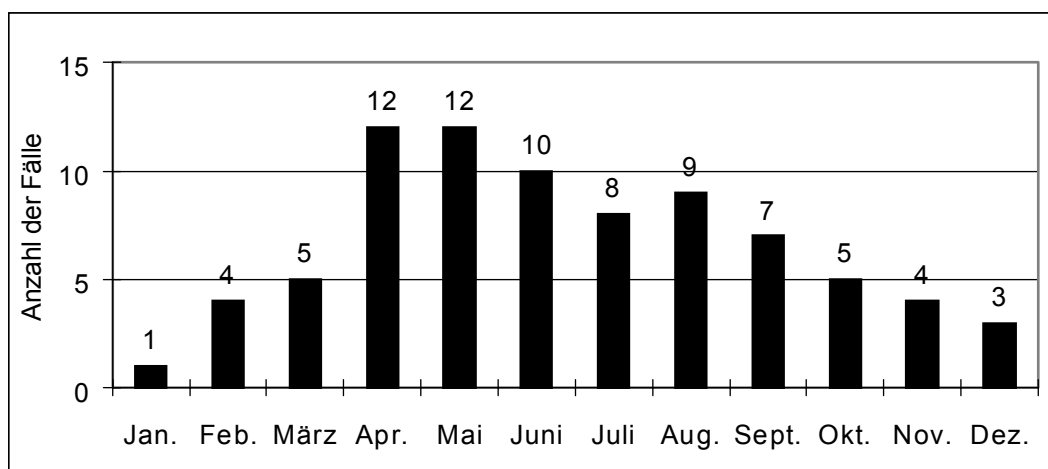


Abb. 39. Jahreszeitliche Verteilung der Frakturhäufigkeit.

II.2.6 Unfallursachen

Als gemeinsame Ursache einer suprakondylären Humerusfraktur ist das Trauma eines Sturzes zu nennen, wobei die Ursachen, die zum Sturz führten, sehr unterschiedlich waren.

Tabelle 6. Tätigkeiten bei denen sich die Kinder eine suprakondyläre Humerusfraktur zuzogen.

Ätiologie:	Einzelfälle:	Gesamt:	Prozent:
Ball sport	1		
Schul sport	1		
Sportunfälle gesamt:		2	2,5%
Fahrrad, Inlineskaten etc.	13		16,3%
Sturz von Baum, Leiter, Mauer	15		18,8%
Sturz vom Spielgerät	20		25%
Sturz zu ebener Erde: Fangen spielen, Ausrutschen, Stolpern	14		17,5%
Sturz beim Spiel im Freien, gesamt:		62	77,5%
Unfälle im Haus, gesamt:	16	16	20%
Gesamt:		80	100%

Die Tabelle 6 macht deutlich, daß die Kinder am häufigsten beim Spiel im Freien stürzten (77,5%), wobei die Stürze von Spielgeräten mit 25% die führende Ursache waren. Aber auch Stürze vom Fahrrad oder beim Inlineskaten, bzw. Rollschuhfahren (16,3%), Stürze von Baum, Leiter und Mauer (18,8%) und Stürze zu ebener Erde beim Fangenspiel, Ausrutschen, Stolpern (17,5%) spielten eine große Rolle. Dagegen wies die Gesamtanzahl von diversen Stürzen im Haus (20%) auf eine geringere Verletzungswahrscheinlichkeit in geschlossenen Räumen hin. Die suprakondyläre Humerusfraktur nach Ball- oder Schulsport war eine Seltenheit.

Legt man eine willkürliche Sturzhöhe von niedrig (bis zu 50 cm), mittel (50 cm bis zu 1 m) und hoch (1,5 m und höher) fest, so kommt man zu einer Aufteilung wie in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Häufigkeit der Suprakondyläre Humerusfraktur in Abhängigkeit der Sturzhöhe.

Sturzhöhe:	Anzahl:	Prozent:
Bis 0,5 m	34	42,5%
0,5 m bis 1 m	36	45%
1,5 m und höher	10	12,5%

Stürze bis 50 cm waren genauso häufig wie Stürze aus einer Höhe von 50 cm bis 1 m, während Stürze aus mehr als 1,5 m seltener waren. 87,5% der Ursachen einer suprakondylären Humerusfraktur sind somit Stürze aus einer Höhe von weniger als 1,5 m.

II.2.7 Klassifikationen

Von den 80 Patienten hatten 75 eine Extensionsfraktur und fünf eine Flexionsfraktur. Die 75 Extensionsfrakturen wurden, wie im allgemeinen Teil beschrieben, mit Hilfe der Röntgenbilder nach Felsenreich (I bis III) (26) und von Laer (I bis IV) (60) klassifiziert. Die Flexionsfrakturen werden nicht mit aufgeführt. Abbildung 40 stellt die Anzahlen innerhalb der Felsenreich Klassifikation dar.

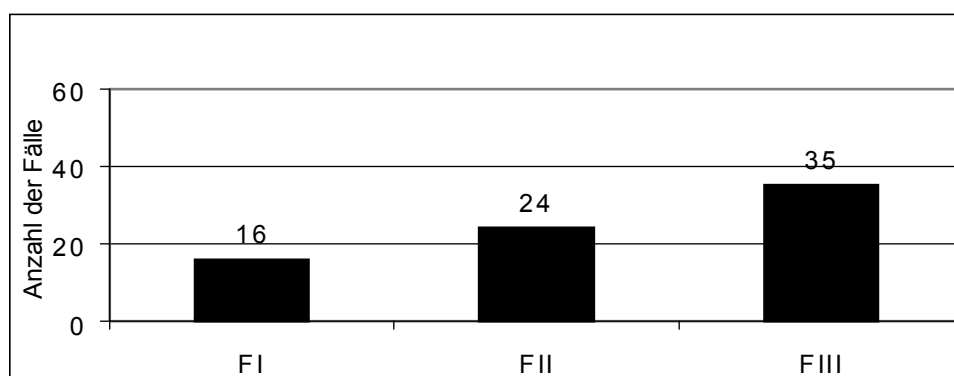


Abb. 40. Anzahl der Extensionsfrakturen nach der Felsenreich Klassifikation.

Die in den Abbildungen 40 und 41 dargestellte Gruppe der nicht dislozierten FI-Frakturen bestand aus 16 Personen (21,3%). Den FII-Frakturen, die maximal bis zur Schaftbreite disloziert sind, wurden 24 Frakturen (32%) zugeordnet. Die größte Gruppe waren die vollständig dislozierten FIII-Frakturen mit 35 Patienten (46,7%).

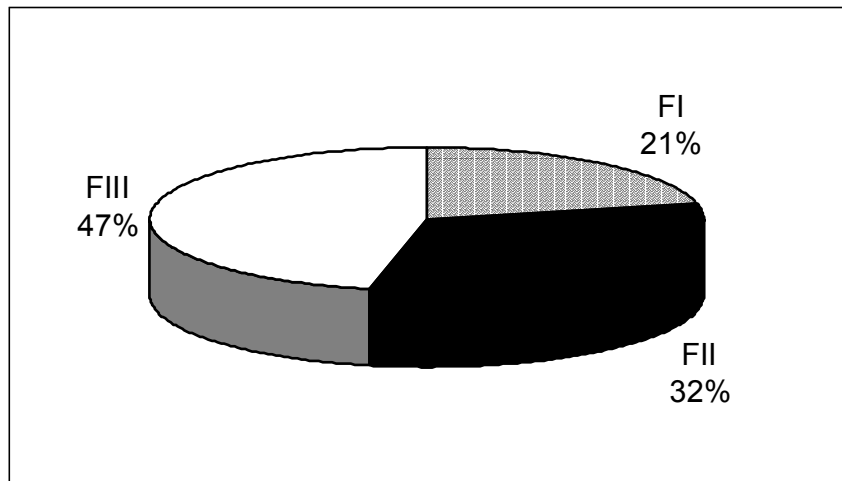


Abb. 41. Verteilung der Extensionsfrakturen nach der Felsenreich Klassifikation in Prozent.

In der Klassifikation nach von Laer sah die Verteilung der Extensionsfrakturen wie in Tabelle 8 aufgeführt aus.

Tabelle 8. Anzahl und prozentualen Verteilung der Extensionsfrakturen nach v. Laer

L.v.Laer gesamt:	Anzahl	Prozent
LI	3	4%
LII:	23	30,7%
LIII:	14	18,7%
LIV:	35	46,7%
Gesamt:	75	100%

Die Gruppe der undislozierten LI-Frakturen umfaßte nur drei Personen (4%). Den LII-Frakturen mit Achsenabweichung in der Sagittalebene, aber ohne Rotationsfehler waren 23 Patienten (30,7%) zuzuordnen. Frakturen mit Achsabweichung in der Sagittal- und Horizontalebene (=Rotationsfehler) wurden mit LIII bezeichnet und kamen 14 mal (18,7%) vor. Die meisten Patienten hatten Achsenabweichungen in allen drei Ebenen. 35 Frakturen (46,7%) wurden dieser Gruppe der LIV-Frakturen zugeordnet.

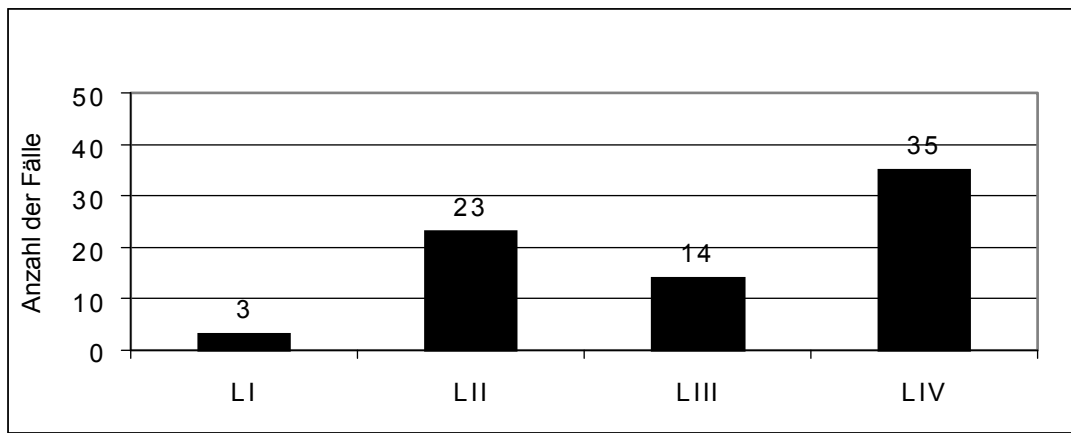


Abb. 42. Anzahl nach der Klassifikation von L.v. Laer.

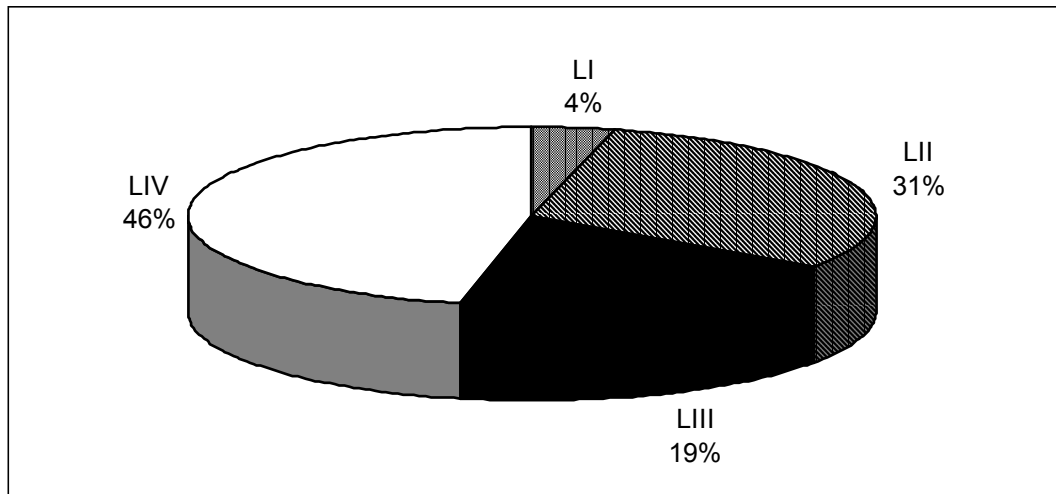


Abb. 43. Verteilung der Extensionsfrakturen in Prozent nach der Klassifikation von L.v. Laer.

Tabelle 9 zeigt die Aufteilung der Frakturen nach Felsenreich und v. Laer in Anzahl und Prozent. Man sieht, daß die LI-Frakturen mit den FI-Frakturen und die LIII mit den FII-Frakturen übereinstimmen. Die LII-Frakturen müssen, sofern

sie undisloziert waren, den FI-Frakturen und im dislozierten Fall den FII-Frakturen zugeordnet werden. Die LIV-Frakturen entsprechen den FIII-Frakturen. Da diese Klassifikationen sich nur auf die Extensionsfrakturen beziehen, sind die Flexionsfrakturen separat aufgeführt.

Tabelle 9. Anzahl und prozentuale Verteilung in den beiden Klassifikationen.

Felsenreich			v.Laer		
Klassifikation	Anzahl	Prozent	Klassifikation	Anzahl	Prozent
FI:	16	20%	LI:	3	3,75%
			LII:	13	16,25%
FII:	24	30%	LII:	10	12,5%
			LIII:	14	17,5%
FIII:	35	43,75%	LIV:	35	43,75%
Flexion:	5	6,25%	Flexion:	5	6,25%
Gesamt:	80	100%	Gesamt:	80	100%

II.2.8 Zeitlicher Verlauf von Unfall bis Behandlungsbeginn

Die suprakondyläre Humerusfraktur ist ein Notfall und wird auch als ein solcher behandelt, d.h., es wird eine schnelle Behandlung angestrebt, die möglichst im Zeitraum von 6 Stunden stattfinden soll. Diese Arbeit analysierte die verschiedenen Zeitspannen, die verstrichen, bis es zur Behandlung kam. Zunächst verstrich unterschiedlich viel Zeit bis zum Eintreffen der Patienten in der Klinik. Dies geschah durch Verzögerung der Eltern oder durch die Primärversorgung in einem auswärtigen Krankenhaus mit anschließender Weiterverlegung. Außerdem verstrich innerhalb der Klinik unterschiedlich viel Zeit, bis es zur Behandlung kam. Zudem wurde die insgesamt von Unfall bis Behandlungsbeginn verstrichene Zeit bestimmt. Leider war die Dokumentation in dem Bereich der Zeiterfassung sehr lückenhaft und ließ sich nicht immer rekonstruieren.

II.2.8.1 Zeitdifferenz von Unfall bis Klinikeintritt

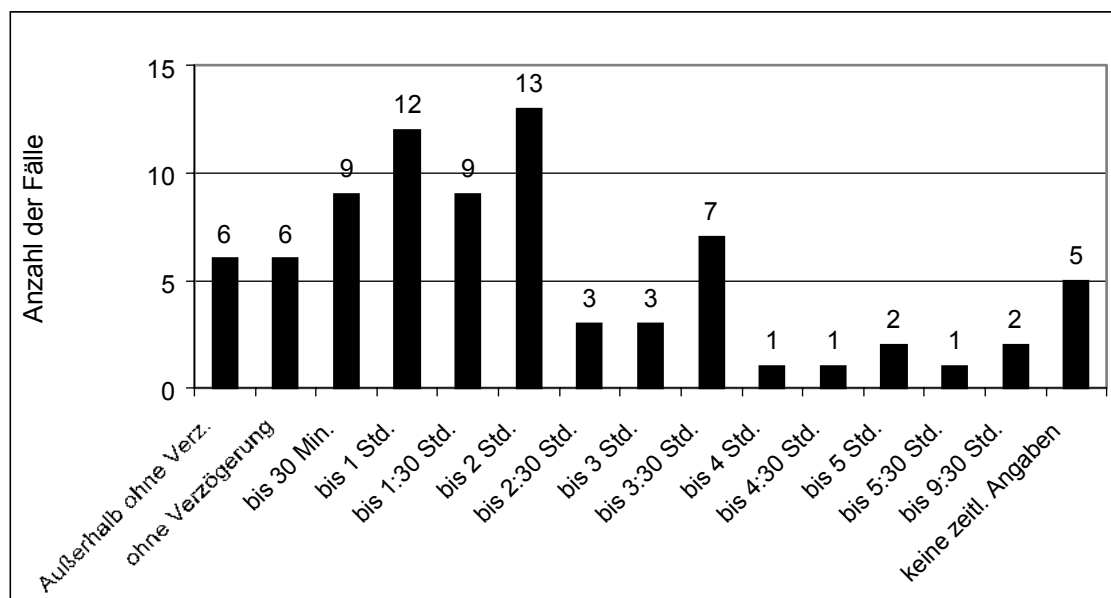


Abb. 44. Zeitdifferenz vom Unfall bis Klinikeintritt.

Die Abbildung 44 zeigt wieviel Zeit verstrich, bis die Eltern mit ihren Kindern in die Klinik kamen. Im Durchschnitt brauchten die 75 Patienten (5 keine zeitlichen Angaben) 1,85 Stunden. Der Großteil, 68 Personen (85%), kam innerhalb von 3,5 Stunden in die Klinik. Davon wurden sechs Patienten primär außerhalb versorgt. Der normale Weg vom Sturz bis zum Klinikeintritt ging über Primärversorgung und Diagnose in einem regionalen Krankenhaus, den zuständigen Notarzt, Hausarzt oder Radiologen. Nach der radiologischen Diagnose der Fraktur wurden erste Stabilisierungsmaßnahmen ergriffen, wie z.B. eine Schiene, ein Gips- oder Blountverband. In diese Gruppe fallen auch die sechs außerhalb versorgten Patienten, die erst später wegen erneuter Dislokation zur Operation überwiesen wurden. Hervorzuheben sind weitere zwölf Patienten, die konservativ und meistens kurz nach Klinikeintritt behandelt wurden. Bei fünf Patienten waren die zeitlichen Angaben nicht dokumentiert.

II.2.8.2 Zeitdifferenz von Klinikeintritt bis Behandlungsbeginn

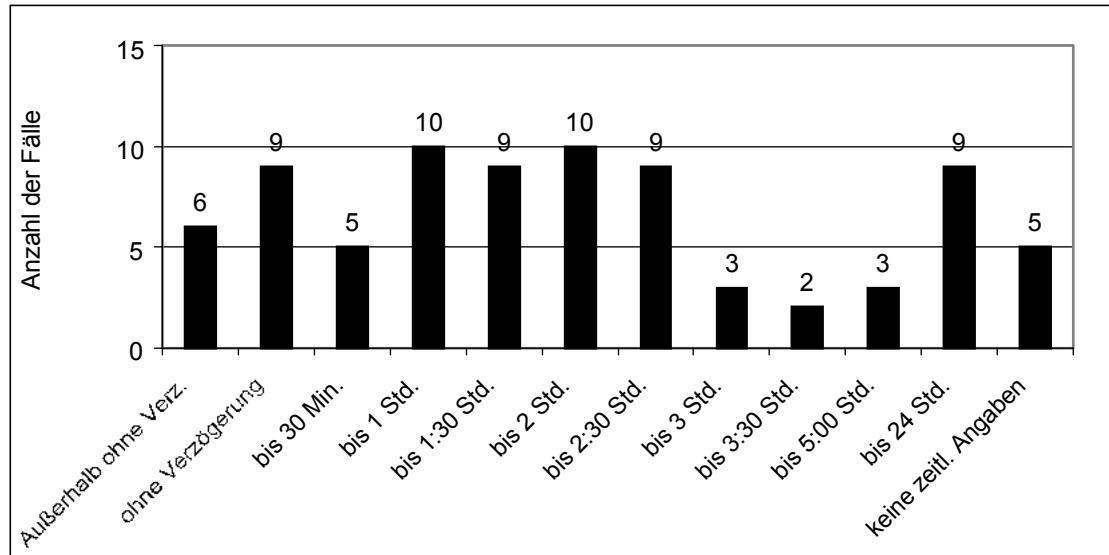


Abb. 45. Zeitdifferenz von Klinikeintritt bis Behandlungsbeginn

Dieser Zeitraum stellt die Verzögerung innerhalb der Klinik dar. Abbildung 45 verdeutlicht die zeitliche Verteilung. 48 Patienten wurden in den ersten fünf Stunden operiert und 18 weitere konservativ behandelt (davon sechs außerhalb). Im Durchschnitt betrug die zeitliche Verzögerung durch den Klinikbetrieb 1,7 Stunden, wenn man die neun Patienten nicht berücksichtigt, bei denen die Operation auf den nächsten Tag verschoben wurde und auch die sechs außerhalb versorgten Patienten nicht hineinrechnet. Berücksichtigte man die neun am nächsten Tag versorgten Patienten, dann betrug die Verzögerung im Durchschnitt 3,2 Stunden. Bei fünf Patienten fehlten die genauen zeitlichen Angaben.

II.2.8.3 Zeitdifferenz von Unfall bis Behandlungsbeginn

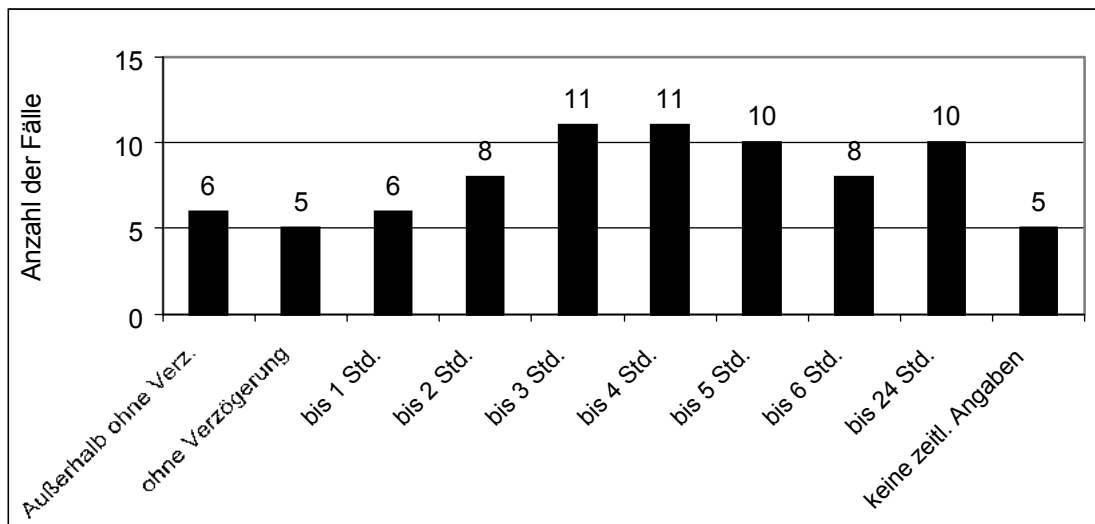


Abb. 46. Zeitdifferenz vom Unfall bis Behandlungsbeginn.

Betrachtete man nun die gesamte Zeitdifferenz vom Unfall bis zum Behandlungsbeginn, so zeigt die Abbildung 46, daß 59 Patienten (73,8%) in dem geforderten Zeitraum von sechs Stunden in der Chirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Würzburg behandelt wurden. Weitere sechs Patienten wurden außerhalb versorgt. Die 59 Patienten wurden durchschnittlich in 3,3 Stunden versorgt. Bei zehn Patienten (12,5%) erfolgte die Operation am nächsten Tag oder später. Berücksichtigt man die zeitliche Verzögerung durch diese zehn Personen, so entsteht eine Versorgungszeit von 5,2 Stunden. Damit lag die durchschnittliche Versorgungszeit immer noch unter den geforderten sechs Stunden.

II.3 Therapiemethoden

Die verschiedenen Therapiemethoden wurden im allgemeinen Teil ausführlich beschrieben. In der ausgewerteten Patientengruppe kamen als konservative Behandlungsmethoden der Oberarmrechtwinkelgips fünf mal (6,3%) und der Blountverband ebenfalls fünf mal (6,3%) zur Anwendung. Von den halbkonservativen Methoden wurde ausschließlich die perkutan, gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese mit zwei oder mehreren Drähten 52 mal (65%) angewendet. Als operative Methode kam 18 mal (22,5%) die offene Reposition mit anschließender gekreuzter Kirschner-Draht-Osteosynthese zum Einsatz.

Diese Zahlen beziehen sich auf die definitiven Behandlungsmethoden. Es waren jedoch einige Therapiewechsel notwendig.

Von den neun Blountverbänden mußten vier auf ein anderes Verfahren wechseln. Von 19 primären Gipsen blieben nur fünf das definitive Verfahren. 14 Patienten wurden einem operativen Verfahren zugeführt. Aber auch die geschlossene Reposition und Kirschner-Draht-Osteosynthese blieb nur in 52 von 58 Fällen die definitive Behandlungsmethode. Sechs Patienten wurden anschließend offen reponiert.

Von den konservativ durch Blount oder Gips behandelten Patienten, waren einige außerhalb vorbehandelt und wurden dann wegen sekundärer Dislokation zur Operation vorgestellt, andere waren intern primär konservativ behandelt und wurden später wegen Dislokation operativ versorgt. Tabelle 10 zeigt die Verteilung der Fälle.

Tabelle 10. Aufteilung der konservativen Behandlungsmethoden in definitive, primär außerhalb versorgte und dann zur OP überwiesene und klinikinterne konservativ behandelte und später operierte Patienten.

Behandlungsmethoden	Blount (n=9)	Gips (n=19)
Definitiv	5	5
Prim. Außerhalb/ später OP	1	7
Prim. Intern/ später OP	3	7

II.3.1 Therapiemethoden in der Felsenreich- und v. Laer Klassifikation

Die Tabellen 11 und 12 geben eine Übersicht über die Verteilung der einzelnen Behandlungsmethoden innerhalb der verschiedenen Klassifikationen.

Tabelle 11. Behandlungsmethoden innerhalb der Felsenreich Klassifikation.

Felsenreich	Anzahl	Prozent	Behandlungsmethode	Anzahl	Prozent
FI	16	20%	Blount	5	31,3%
			Gips	4	25%
			Perkutane KD-Spickung	7	43,8%
FII	24	30%	Gips	1	4,2%
			Perkutane KD-Spickung	20	83,3%
			Offene Reposition + KD-Spickung	3	12,5%
FIII	35	43,8%	Perkutane KD-Spickung	21	60%
			Offene Reposition + KD-Spickung	14	40%
Flexion	5	6,3%	Perkutane KD-Spickung	4	80%
			Offene Reposition + KD-Spickung	1	20%

Tabelle 12. Behandlungsmethoden innerhalb der Klassifikation nach v. Laer.

L. v. Laer	Anzahl	Prozent	Behandlungsmethode	Anzahl	Prozent
LI	3	3,8%	Blount	1	33,3%
			Gips	1	33,3%
			Perkutane KD- Spickung	1	33,3%
LII	23	28,8%	Blount	4	17,4%
			Gips	4	17,4%
			Perkutane KD- Spickung	15	65,2%
LIII	14	17,5%	Perkutane KD- Spickung	11	78,6%
			offene Reposition + KD- Spickung	3	21,4%
LIV	35	43,8%	Perkutane KD- Spickung	21	60%
			offene Reposition + KD- Spickung	14	40%
Flexion	5	6,25%	perkutane KD- Spickung	4	80%
			offene Reposition + KD- Spickung	1	20%

Es wird eine Gewichtung der Therapiemethoden innerhalb Klassifikationsgruppen sichtbar. Die nicht dislozierten (LI), oder wenig dislozierten Frakturen (LII, FI) wurden überwiegend konservativ behandelt, während die stärker dislozierten (FII) und vollständig dislozierten, bzw. rotierten (FIII, LIII, LIV) Frakturen ausschließlich halbkonservativ oder operativ offen therapiert wurden. Die Flexionsfrakturen wurden genauso wie die stark dislozierten und rotierten Frakturen durch perkutan, gekreuzt eingebrachte Kirschner-Drähte stabilisiert.

II.3.2 Therapiemethoden von 1986 bis 1996

Abbildung 47 gibt einen Überblick über die Anwendungshäufigkeit der verschiedenen Behandlungsmethoden in den Jahren 1986 bis 1996. 1987 begann man erstmals in Würzburg die geschlossene Reposition und perkutane

Kirschner-Draht-Osteosynthese durchzuführen. Es dauerte bis 1990, bis sie zur überwiegenden Behandlungsmethode wurde. Die Anwendung von konservativen Behandlungsmethoden wurde bis 1989 noch gleichwertig eingesetzt und dann zugunsten einer primären perkutanen Kirschner-Draht-Osteosynthese fast gänzlich verlassen. Konservative Methoden, vor allem der Oberarmgips kamen nur noch als überbrückende Maßnahme vor, wenn für eine primäre Osteosynthese eine zu starke Schwellung vorlag. Die offene Reposition blieb vor allem den Revisionseingriffen vorbehalten. Ihre Anzahl blieb über die Jahre ziemlich unverändert (Abbildung 47 und 48).

Um den Wandel der Therapiemaßnahmen noch stärker zu verdeutlichen, wurde

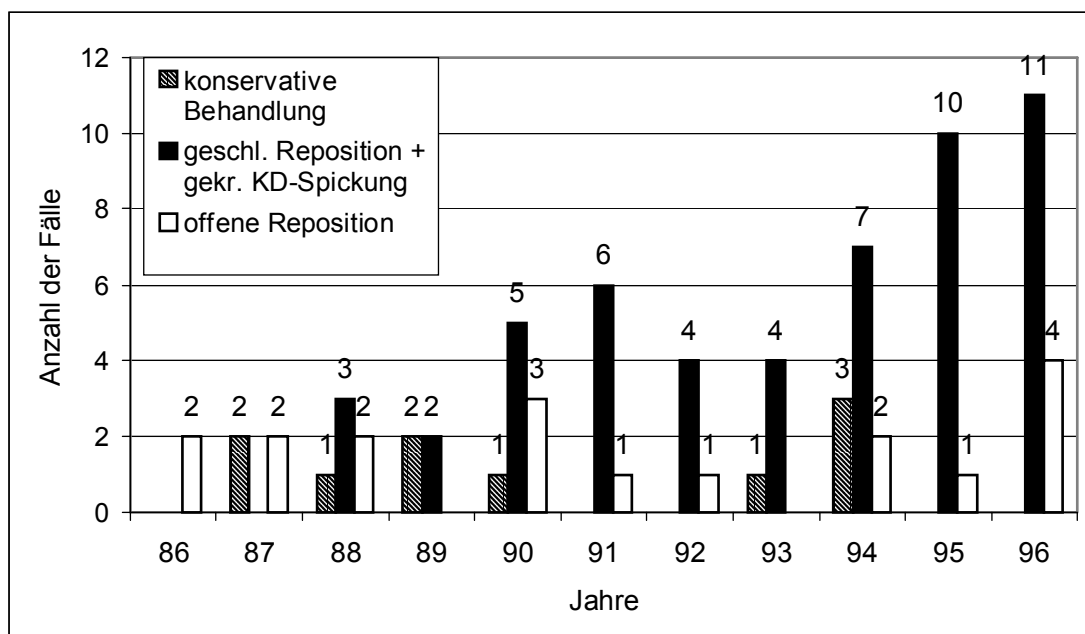


Abb. 47. Behandlungsmethoden 1986-1996 n=80.

auch das nicht nachuntersuchte Patientengut berücksichtigt. Abbildung (48) bezieht sich auf die Gesamtpatientenzahl n=136

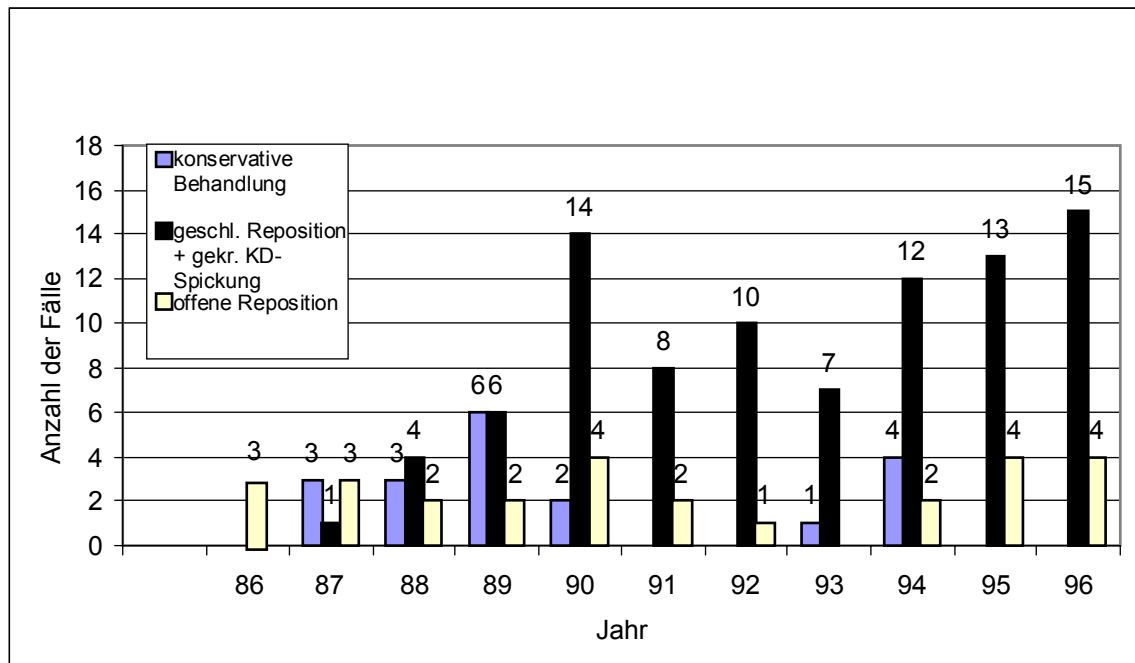


Abb. 48. Behandlungsmethoden von 1986-1996 n=136.

Die offenen Repositionen wurden noch einmal genauer analysiert, da sich die Frage stellte, wer diese hausintern durchführte. Vor 1988 hätte eine Operationsindikation immer eine offene Reposition bedeutet, da die Methode der geschlossenen Reposition noch nicht etabliert war. Nach 1988 war die Arbeitsstrategie, zuerst eine geschlossene Reposition durchzuführen und nur, wenn diese nicht erfolgreich war, auf das Verfahren der offenen Reposition umzusteigen (Tabelle 13).

Tabelle 13. Offenen Repositionen (n=18, aus dem Patientengut von n=80), die über die Jahre 1986 bis 1996 durchgeführt wurden. (KCH= Kinderchirurgie, UCH= Unfallchirurgie)

Jahr	Primär geschlossene Reposition/ sekundär offene Reposition, KCH	Primär offene Reposition KCH	Primär offene Reposition UCH	Primär geschlossene Reposition/ sekundär offene Reposition, UCH
86	1	1		
87	1		1	
88	2			
89				
90	1		1	1
91	1			
92	1			
93				
94		1		1
95				1
96	3		1	
n=18 gesamt (100%)	10 (55,6%)	2 (11,1%)	3 (16,7%)	3 (16,7%)

Es wird deutlich, daß die zehn Revisionseingriffe entweder nach primär geschlossen nicht zu reponierender, oder nach sekundär dislozierter Fraktur, ausschließlich von Kinderchirurgen durchgeführt wurden. Da hausintern die Notfallversorgung gelegentlich von den Unfallchirurgen bestritten wird, wurde in der Primärversorgung durch die Unfallchirurgen sechs mal das offene Verfahren gewählt, wobei zu beachten ist, daß in drei von sechs Fällen zunächst eine geschlossene Reposition vorausgegangen war. Bei insgesamt zehn unfallchirurgisch durchgeführten Operationen wurde viermal eine geschlossene Reposition und sechs mal eine offene Reposition mit anschließender perkutaner Kirschner-Draht-Osteosynthese durchgeführt.

II.4 Klinikaufenthalt

Die erforderliche Dauer des Klinikaufenthaltes nach suprakondylärer Humerusfraktur ist ein sehr umstrittenes Thema. Tabelle 14 zeigt die Dauer der einzelnen Klinikaufenthalte im Anschluß an die konservative, halbkonservative und operative Therapie an. Es wird ein Klinikaufenthalt von weniger und mehr als 5 Tagen unterschieden, da in der Sammelstudie (109) darüber diskutiert wurde, ob ein Klinikaufenthalt, der länger als fünf Tage andauert, noch medizinisch begründet werden kann.

Tabelle 14. Länge des Klinikaufenthalt nach verschiedenen Behandlungsmethoden.

Therapie:	Weniger als 5 Tage	Mehr als 5 Tage
Konservativ	9 Patienten	1 Patient
Halbkonservativ	21 Patienten	31 Patienten (davon 26 primär therapiert, 5 sekundär therapiert)
Operativ	2 Patienten	16 Patienten (davon 7 primär, 7 sekundär, 2 mehrfach therapiert)

Bei den konservativen Therapien wurde der Zeitraum von fünf Tagen in neun von zehn Fällen mühelos eingehalten. In einem Fall blieb das Kind sechs Tage, weil es wegen protrahierter Schwellung länger in Beobachtung blieb.

Von den 52 Fällen mit halbkonservativer Therapie war in fünf Fällen wegen eines Therapiewechsels ein längerer Krankenhausaufenthalt erforderlich; bei den übrigen Patienten ist der längere Aufenthalt im Nachhinein nicht nachzuvollziehen. Mit eingerechnet wurden die Tage, die zur der Metallentfernung in der Klinik verbracht wurden, die in der Sammelstudie (109) vernachlässigt wurden.

Bei den mittels operativer Therapie behandelten Patienten erklärt schon die große Anzahl der erst sekundär oder mehrfach therapierten die Verlängerung des Klinikaufenthalts. Auch hier sind die Tage des Klinikaufenthalts bei Metallentfernung mit eingerechnet (Vergleiche Diskussion).

II.5 Bewertung des Behandlungserfolges nach Morger

Um die Daten mit den Fällen aus den Jahren 1964 – 1974 und 1975 – 1985 vergleichen zu können, wurde die Bewertung nach Morger (34,76) gewählt, da diese Bewertung bei den Vorgängerarbeiten ebenfalls verwendet wurde. Es ist eine vergleichsweise strenge Bewertungsmethode und hat die in Tabelle 15 dargestellten Bewertungsmaßstäbe.

Tabelle 15. Bewertung des Behandlungserfolges nach Morger.

Bewertung nach Morger:	Beschreibung der Einteilung:
Ideal	Seitengleiche Befunde
Gut	Bewegungseinschränkungen bis zu 10°, Gelenkfehlstellung bis 10° Seitendifferenz
Genügend	Bewegungseinschränkung bis 15°, Gelenkfehlstellung von 10° bis 15° Seitendifferenz
Schlecht	Bewegungseinschränkungen von mehr als 15°, deutliche Gelenkfehlstellung von mehr als 15° Seitendifferenz

Die Auswertung der 80 Patienten ergab die Einteilung, wie in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16. Bewertung der Therapieergebnisse der 80

Patienten nach Morger

Bewertung:	Anzahl:	Prozent:
Ideal	59	73,8%
Gut	13	16,3%
Genügend	5	6,3%
Schlecht	3	3,8%

In Abbildung 49 werden die Daten graphisch dargestellt.

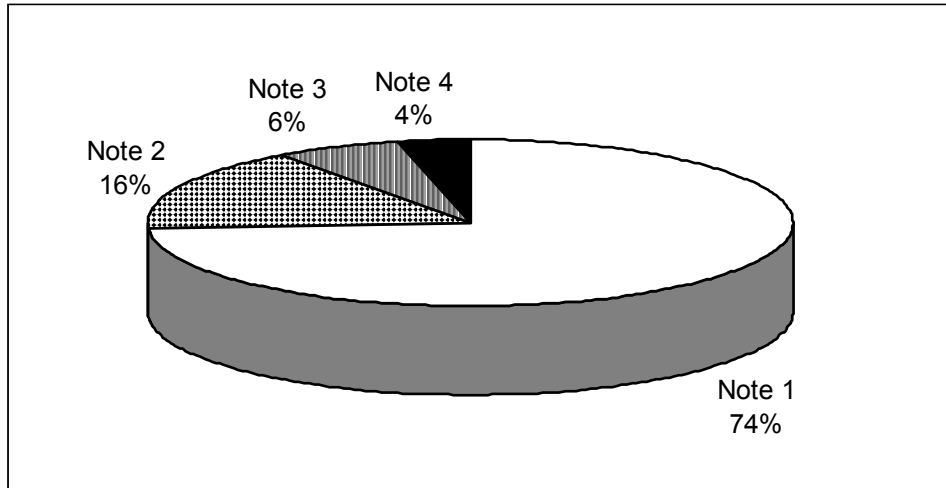


Abb. 49. Auswertung nach Morger in Prozent, ohne Berücksichtigung des klinischen Kubitalwinkel.

Diese Bewertung richtet sich ausschließlich nach einer Bewegungseinschränkung bzw. Gelenkfehlstellung im Vergleich zur gesunden Seite. Es stellte sich heraus, daß es sinnvoll war, den klinischen Kubitalwinkel mit zu berücksichtigen. Unter Hinzunahme der Werte des klinischen Kubitalwinkels veränderte sich die Bewertung. Da es sich um die Bestimmung eines Winkels handelte, wurden die Werte entsprechend der vorgegebenen Zahlen- und Winkelwerte in die Bewertung nach Morger eingefügt (für Ideal, seitengleiche Werte; für Gut, Werte bis zu einer Seitendifferenz von 10° usw.). Die Werte, die aus der Inspektion hervorgingen, die eine Gelenkfehlstellung in der Frontalebene beschrieb, wurden schon in der Tabelle 16 berücksichtigt. Die Werte der als klinischer Kubitalwinkel bezeichneten Messung wurden in der Bewertung nach Morger zunächst unberücksichtigt. Werden diese Werte mit ausgewertet (Tabelle 17), so verändert sich die Anzahl der Bewertungstufen ideal und gut, indem sieben Fälle mit der Bewertung Ideal der Gruppe Gut zu geordnet werden müssen. Die Anzahl in den Gruppen genügend und schlecht bleibt unverändert.

Tabelle 17. Bewertung der 80 Patienten unter Berücksichtigung des klinischen Kubitalwinkels

Bewertung:	Anzahl:	Prozent:
Ideal	52	65%
Gut	20	25%
Genügend	5	6,3%
Schlecht	3	3,8%

Insgesamt wurden bei 72 Patienten (90%) gute bis ideale Ergebnisse erzielt (Abbildung 50).

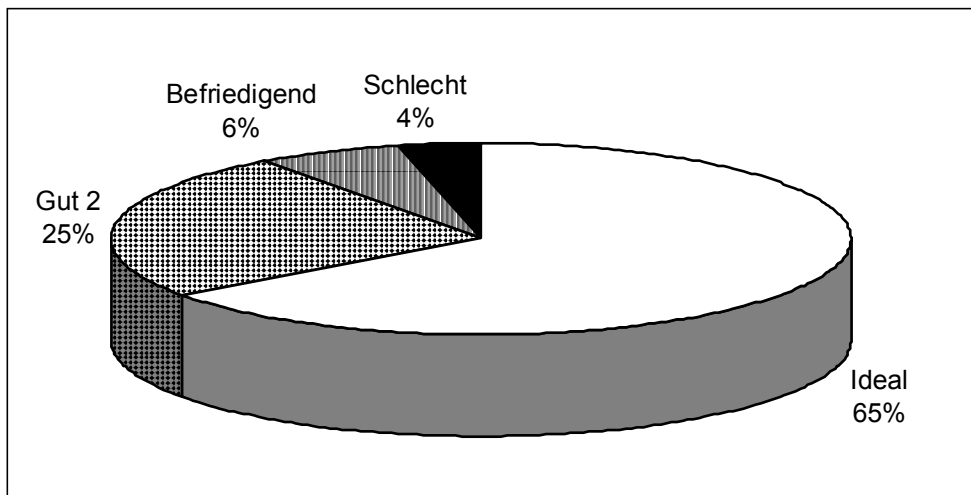


Abb. 50. Bewertung nach Morger mit klinischem Kubitalwinkel

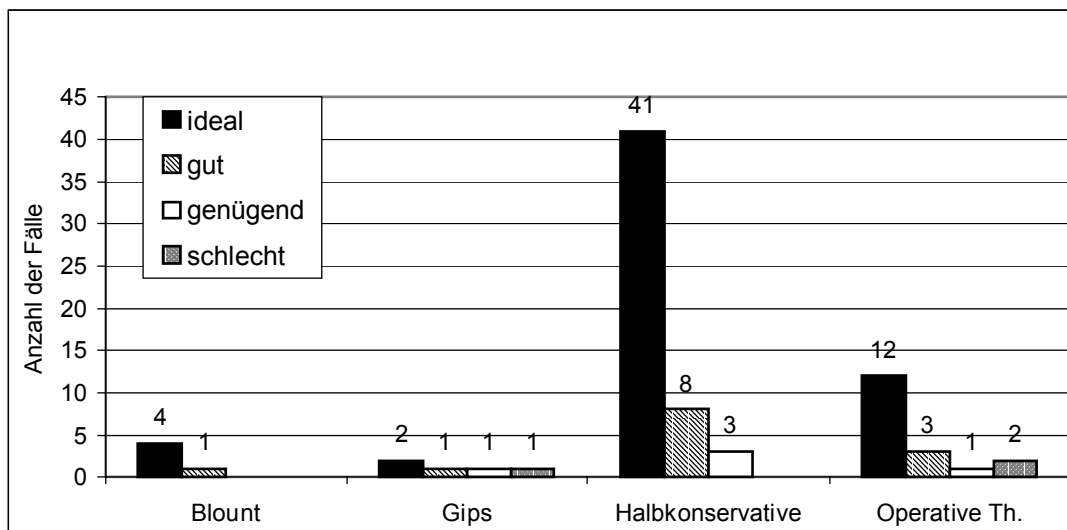


Abb. 51. Bewertung nach Morger bei den verschiedenen Therapiemethoden.

Die Behandlung nach Blount und der Gipsverband werden zu einer Gruppe der konservativ therapierten Patienten zusammengefaßt. Sie ist mit zehn Patienten sehr klein. Sechs Patienten (60%) bekamen die Bewertung Ideal, zwei (20%) die Bewertung Gut, einer (10%) Genügend und einer (10%) die Note Schlecht. Es wurden acht Patienten (80%) gut bis ideal mit einer konservativen Therapie behandelt.

52 Patienten (65%), die größte Gruppe, wurde durch die halbkonservative Therapiemethode einer geschlossenen Reposition und anschließender perkutaner, gekreuzter Kirschner-Draht-Spickung behandelt. In dieser Gruppe fiel die Bewertung folgendermaßen aus: 41 Patienten (78,9%) bekamen die Bewertung ideal, acht (15,4%) wurden mit gut eingestuft und bei drei (5,8%) war das Ergebnis genügend. Somit wurden in dieser Gruppe 49 Patienten (94,2%) gut bis ideal therapiert.

Betrachtet man die Gruppe der 18 operativ durch offene Reposition behandelten Patienten, ergibt sich ein differenzierteres Bild. Hier ist zu berücksichtigen, daß dies die Methode der zweiten Wahl war und hauptsächlich zur Anwendung kam, wenn die Fraktur durch geschlossene Reposition nicht zu stabilisieren war. Zwölf Patienten (66,7%) wurden als ideal beurteilt, drei (16,7%) als gut, ein Patient (5,6%) genügend und bei zweien (11,1%) wurde ein schlechtes Ergebnis erzielt. Es wurden somit 15 Patienten (83,3%) gut bis ideal behandelt. In den drei Fällen, wo ein schlechtes Ergebnis erzielt wurde, ist ein schwieriger Verlauf vorausgegangen. Diese Fälle werden im Kapitel Kasuistiken noch einmal genauer besprochen.

II.6 Komplikationen

Im nachuntersuchten Patientengut von 80 Kindern mit suprakondylärer Humerusfraktur traten einige Komplikationen auf. Insgesamt wurden 18 (22,5%) Nervenläsionen registriert, davon betrafen zehn (55,6%) N. ulnaris, fünf (27,8%)

N. medianus und drei (16,7%) N. radialis. Das sind in Bezug auf das Gesamtpatientengut für den N. ulnaris 12,5%, den N. medianus 6,3% und für den N. radialis 3,8%. Bis auf drei N. ulnaris-Läsionen, die in Form von dezenten Sensibilitätsstörungen bei der Nachuntersuchung noch nachweisbar waren, sind alle Nervenschädigungen folgenlos abgeheilt.

Alterationen der A. brachialis bzw. A. cubitalis traten achtmal (10%) auf. Die Pulslosigkeit wurde viermal durch die Reposition behoben und viermal durch operatives Vorgehen. Somit traten nur vier (5%) richtige Gefäßläsionen auf.

An Infektionen traten eine Spickdrahtinfektion und eine Nahtinfektion auf. Der Spickdraht wurde vorzeitig entfernt und die Fraktur verheilte problemlos. Die Nahtinfektion trat bei selbstauflösendem Faden auf, der ebenfalls entfernt wurde. Danach verheilte die Wunde ohne weite Komplikationen.

Einmal traten Spannungsblasen bei zu engem Gips auf, die eröffnet wurden und daraufhin verheilten.

Bei fünf Patienten (6,3%) trat eine echter cubitus varus auf (Vergleiche Kapitel Inspektion II.7.1).

II.6.1 Nervenläsionen

II.6.1.1 Nervus ulnaris-Läsionen

Insgesamt traten zehn N. ulnaris-Läsionen auf. Tabelle 18 zeigt eine Zusammenstellung, die einen Überblick gibt, wann die Läsionen auftraten, welche Form der Schädigung vorlag, wie sie therapiert und wann sie verschwunden waren.

Tabelle 18. Übersicht über die einzelnen N. ulnaris-Läsionen, deren Auftreten, Art der Schädigung, Behandlung und Verlauf.

Fall	Auftreten:	Art der Schädigung:	Nachkontrollen/ Behandlung:	Verlauf:
1.	vor OP	Sensibilitätsstörung (Kribbeln)	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung noch vorhanden, (Unfall < 1Jahr)
2.	vor OP	Sensibilitätsstörung	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung noch vorhanden, (Unfall vor < 6 Monaten)
3.	vor OP	Sensibilitätsstörung (Bizzeln)	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
4.	vor OP	Sensibilitätsstörung (Kribbeln)	Nachkontrollen	Nach Reposition verschwunden
5.	vor OP	Hypästhesie	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung noch diskrete Schwä- che vorhanden, aber besser (Unfall < 8 Monaten)
6.	vor OP	Diskrete Schwäche D IV + D V	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
7.	intra-OP ulnaris Kontusion	Sensibilitätsverlust D IV + D V	Neurolyse bei ME.	Nach 4 Monaten verschwunden
8.	Intra-OP ulnaris-Lä- sion bei offener Reposition		Nervennaht intraoperativ	Bei Nachuntersuchung diskr. mot. Schwäche, elektrophysiologischer Untersuchungsverlauf: unauffällige Ausheilung
9.	nach OP	Leichte Parästhesie	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
10.	nach OP		Bei ME. Entfernung von Narbenneuri- nom + Nervennaht + Fibrinumscheidung	Bei Nachuntersuchung verschwunden

Aus Tabelle 18 wird deutlich, daß sechs N. ulnaris-Läsionen schon vor Behandlungsbeginn bestanden. Zwei entstanden intraoperativ und zwei wurden nach Behandlung manifest. Sieben N. ulnaris-Läsionen heilten folgenlos aus. Bei zwei Fällen (Nr. 1 und Nr. 2) war noch eine diskrete Sensibilitätsstörung in Form von Kribbeln nachzuweisen; beide Unfälle lagen weniger als ein Jahr zurück. Im Fall Nr. 8 lag eine diskrete motorische Schwäche vor, die aber erst bei der genauen Untersuchung auffiel und im alltäglichen Leben keinerlei Einschränkung bedeutete. Dieser Unfall lag ebenfalls weniger als ein Jahr zurück. In den drei Fällen, in denen die Kinder bei der Untersuchung eine kleine Reststörung bemerkten, erwarten wir eine Ausheilung in den nächsten Monaten. In keinem der länger zurückliegenden Fälle kam es zu einem persistierenden N. ulnaris-Schaden. Im Fall Nr. 4 trat gleichzeitig eine Sensibilitätsstörung am N. medianus auf, die aber ebenfalls schnell nach der Reposition verschwunden war.

II.6.1.2 Nervus medianus-Läsion

Es traten insgesamt fünf Fälle von N. medianus-Läsionen auf (Tabelle 19).

Tabelle 19. Auftreten, Art der N. medianus-Störung, Behandlung und Verlauf.

Fall	Auftreten:	Art der Störung:	Nachkontrollen/ Behandlung:	Verlauf:
1.	vor OP	Motorische Teilparese	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
2.	nach OP	Thenarschwäche	Nachkontrollen	Nach 4 Monaten ver- schwunden
3.	nach OP	Thenaratrophie	Nachkontrollen	Nach 4 Monaten noch leichte Schwäche, aber bei Nachuntersuchung o.B.
4.	nach OP	Beugedefizit DII	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
5.	nach OP	Kribbeln	Nachkontrollen	Kurzfristig verschwunden

Wie aus Tabelle 19 hervorgeht, waren vier der N. Medianus- Läsionen motorische Teilparesen, einmal trat eine Sensibilitätsstörung auf. Alle fünf Patienten wurden klinisch nachkontrolliert und teilweise auch elektrophysiologisch untersucht. Bei der Nachuntersuchung waren alle Fälle folgenlos verheilt. Besonders erfreulich war, daß die Thenaratrophy im Fall Nr. 3 sich vollständig zurückgebildet hatte. In den Fällen 1, 2, und 3 kam es gleichzeitig zu Pulslosigkeit und Schädigung der A. brachialis. In Fall Nr. 5 trat gleichzeitig eine Störung des N. ulnaris auf, die nach der Reposition ebenfalls schnell verschwand.

II 6.1.3 Nervus radialis-Läsion

Insgesamt wurden drei N. radialis-Läsionen bei den 80 ausgewerteten Patienten festgestellt (Tabelle 20).

Tabelle 20. Auftreten, Art der N. radialis-Schädigung und Verlauf.

Fall	Auftreten:	Art der Schädigung:	Nachkontrollen/ Behandlung:	Verlauf:
1.	nach OP	Parese durch Druck- läsion im Supinator- kanal	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
2.	nach Plexus- anästhesie	Sensibel und motorisch	Nachkontrollen	Bei Nachuntersuchung verschwunden
3.	nach OP	Parese	Nachkontrollen	Nach 4,5 Monaten verschwunden

Die drei N. radialis-Läsionen wurden postoperativ registriert und verheilten folgenlos ohne therapeutische Intervention.

II.6.2 Gefäßläsionen

Von den 80 ausgewerteten Patienten wurden acht mit abgeschwächtem oder fehlendem Radialispuls eingeliefert. Die Einzelfälle mit der jeweiligen Art der Schädigung und nachfolgenden Therapie sind in der Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21. Klinische Zeichen der Schädigung der A. radialis, die Therapie und das Therapieergebnis auf.

Fall	Klinisches Zeichen:	Therapie:	Ergebnis:
1.	Pulslosigkeit	Revision, Thrombektomie, Arteriotomie und Venenpatchplastik	Nach OP wieder guter Puls, bei Nachuntersuchung o.B.
2.	Blauverfärbung des Armes vor Reposition (Pulslosigkeit nicht dokumentiert)	Reposition	Nach Reposition wieder guter Puls
3.	Pulslosigkeit	Naht der Intimaläsion mit Einzelknopfnähten und Venenpatchplastik	Nach OP wieder guter Puls, bei Nachuntersuchung o.b.
4.	abgeschwächter Puls	Reposition	Nach Reposition wieder guter Puls
5.	Pulslosigkeit	Thrombektomie und Venenpatchplastik	Nach OP wieder guter Puls, bei Nachuntersuchung o.b.
6.	Pulslosigkeit nach Repositionsversuch außerhalb	2. Reposition	Nach zweiter Reposition wieder guter Puls
7.	Pulslosigkeit nach Repositionsversuch außerhalb, bei Beugung >90°	2. Reposition	Nach zweiter Reposition wieder guter Puls
8.	Pulslosigkeit	Lösung aus dem Frakturspalt, Nähen des Intimaeinrisses mit distaler Intimastufennaht	Nach OP wieder guter Puls, bei Nachuntersuchung o.b.

Tabelle 21 zeigt, daß das klinische Zeichen der Pulsabschwächung oder Pulslosigkeit der A. radialis meist auf ein Einklemmen im Bruchspalt, eine Thrombenbildung oder einen Intimaeinriß hinwies. In vier Fällen (50%) reichte eine weitere Reposition aus, um Durchblutung und Puls dauerhaft wieder herzustellen. Die Patienten waren zum Zeitpunkt des Unfalls drei, vier, vier und sechs Jahre alt. Der Puls der A. radialis und A. ulnaris war auch noch bei der Nachuntersuchung an beiden Armen gleichstark zu tasten. In den anderen vier Fällen wurden über einen medialen Zugang die Arterie aus dem Bruchspalt befreit, nach einer Arteriotomie eine Thrombektomie und eine Intimastufennaht durchgeführt. Als Verschlusstechnik wurde in allen Fällen die Venenpatchplastik gewählt. Die Patienten waren beim Unfall vier, sechs, sechs und sieben Jahre alt. Bei allen Patienten wurde eine gute Reperfusion erreicht, die dauerhaft bestehen blieb und auch bei der Nachuntersuchung durch gut tastbaren Puls bestätigt werden konnte. Lediglich im Fall Nr. 1 war bei der Nachuntersuchung der Radialispuls des verletzten Armes schwächer zu tasten als am unverletzten Arm.

Bei den Patienten Nr. 1,3 und 4 trat gleichzeitig eine N. medianus-Läsion auf, die jedoch innerhalb kurzer Zeit ohne Therapie verschwand.

II.6.3 Kompartmentsyndrom und Ischämische Kontraktur

Ein Kompartmentsyndrom oder eine Ischämische Kontraktur trat bei keiner der 80 nachuntersuchten Personen auf.

II.6.4 Infektionen

Von den 80 Patienten wurden 70 operativ behandelt. Die Kirschner-Drähte wurden immer unter der Haut versenkt und es trat eine Spickdrahtinfektion auf. Dieser Draht wurde vorzeitig entfernt, und die Fraktur und Hautinfektion heilten folgenlos ab.

Bei einem Kind infizierte sich die Naht. In diesem Fall war mit selbstauflösendem Faden genäht worden, der daraufhin entfernt wurde. Es trat eine Abheilung der Hautinfektion und ordnungsgemäße Frakturheilung ein.

II.7 Auswertung weiterer Einzelaspekte

II.7.1 Inspektion

Als Inspektion wird das Ausmessen des Winkels von Oberarm- zu Unterarmachse bezeichnet. Dieses ist eine Möglichkeit, den Winkel klinisch, d.h. ohne Röntgenbild, zu bestimmen und eine Achsenveränderung zu verifizieren. Die seitengleichen Arme hatten Winkelwerte von 0° bis 20° Valgus und im Durchschnitt 8° Valgus. Um davon eine Winkeldifferenz zwischen den Armen zu unterscheiden, wurden die Begriffe Valgisierung, Varisierung und echter Varus benutzt. Der Begriff Valgisierung bedeutet, daß der ehemals verletzte Arm im Vergleich zum gesunden Arm einen kleineren Kubitalwinkel hat, also in stärkerer Valgusstellung verheilt ist.

Varisierung beschreibt, daß der verletzte Arm zwar mit einem größeren Kubitalwinkel verheilt ist, aber noch keinen wirklichen Varus bildet. Das ist deshalb möglich, weil die Unterarmachse zur Oberarmachse physiologischer Weise eine leichte Valgusstellung einnimmt.

Ein echter Varus tritt also nur auf, wenn die 0° -Linie überschritten wird.

Tabelle 22. Art und Anzahl der Winkeldifferenzen von gesundem zu verletztem Arm.

Art der Winkelveränderung:	Anzahl:	Prozent:
Valgisierung um 10°	1	1,3%
Valgisierung um 5°	11	13,8%
Seitengleich	48	60%
Varisierung um 5°	8	10%
Varisierung um 5° auf 0°	2	2,5%
Varisierung um 10°	3	3,75%
Varisierung um 10° auf 0°	1	1,25%
Varisierung um 15° auf 0°	1	1,25%
Echter Varus von 5°	3	3,75%
Echter Varus von 10°	2	2,5%

Tabelle 22 zeigt die Verteilung der Winkelveränderungen von 10° Valgisierung bis 15° Varisierung am verletzten Arm. Dabei beträgt die Meßungenaugigkeit eines Goniometers ungefähr 5°.

Eine Valgisierung trat elf mal in der Ausprägung von 5° auf, was im Bereich der Meßungenaugigkeit eines Winkelmessers liegt und einmal um 10°.

Eine Varisierung um 5° kam achtmal vor, zweimal gab es eine Varisierung um 5° auf einen Winkel von 0°, was bedeutet, daß der frakturierte Arm gerade war. Diese zehn Fälle mit einer Veränderung von 5° liegen ebenfalls im Bereich der Meßungenaugigkeit. Rechnet man die Fälle mit einer Winkelveränderung von 5° und die mit seitengleichem Ergebnis zusammen, so haben 69 Patienten (86,3%) einen seitengleichen Befund oder eine minimale Abweichung.

Außerdem kamen Varisierungen um 10° und 15° vor, ohne daß ein wirklicher Varus entstand. Dabei verheilten zwei Arme mit einem Winkel von 0°.

Ein Varus, im Sinne der Überschreitung der 0°-Linie, kam dreimal um 5° und zweimal um 10° vor. Fünf Patienten (6,3%) hatten also einen echten Cubitus varus.

II.7.2 Klinischer Kubitalwinkel

Der klinische Kubitalwinkel wurde wie in dem Kapitel Material und Methoden beschrieben gemessen. Er umfaßte Werte von 30° bis 90° und lag im Durchschnitt beim Gesunden um die 60°, wie auf der Abbildung 52 zu sehen ist.

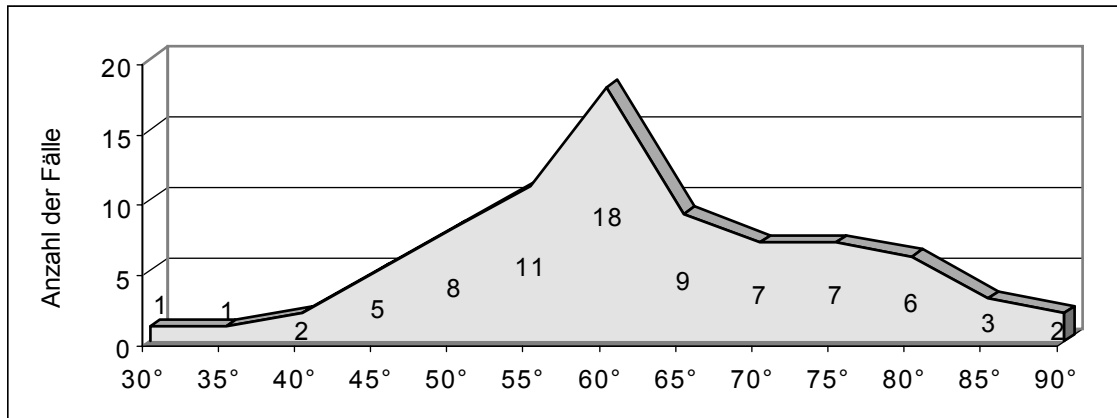


Abb. 52. Variationsbreite des klinischen Kubitalwinkels am gesunden Arm.

Für den verletzten Arm sah die Kurve etwas unharmonischer aus, der Durchschnitt lag aber auch um die 60° (59,32°).

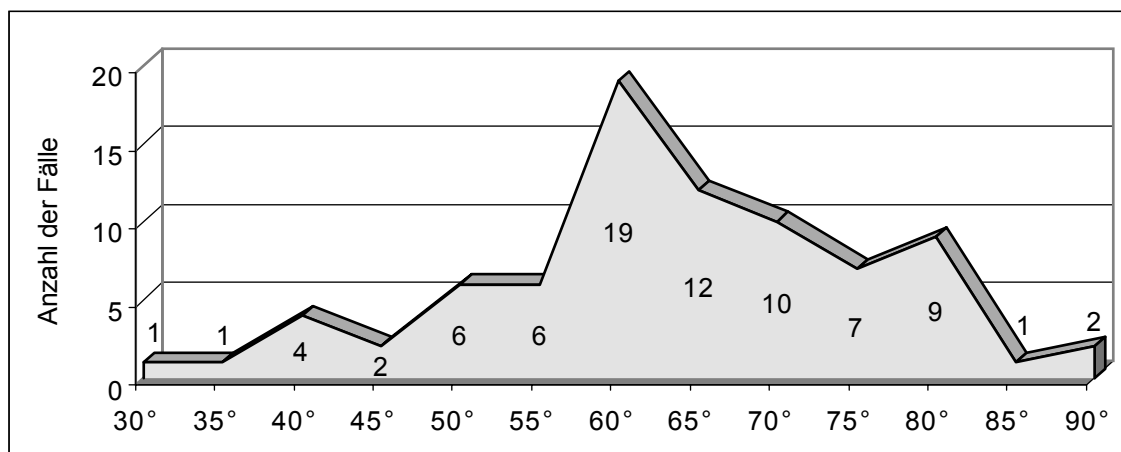


Abb. 53. Variationsbreite des klinischen Kubitalwinkels am verletzten Arm.

Der Schwankungsbereich der Differenz von gesundem zu krankem Arm war sehr groß und betrug zwischen $+20^\circ$ bis -15° . Abbildung (55) zeigt die Verteilung der Winkeldifferenzen.

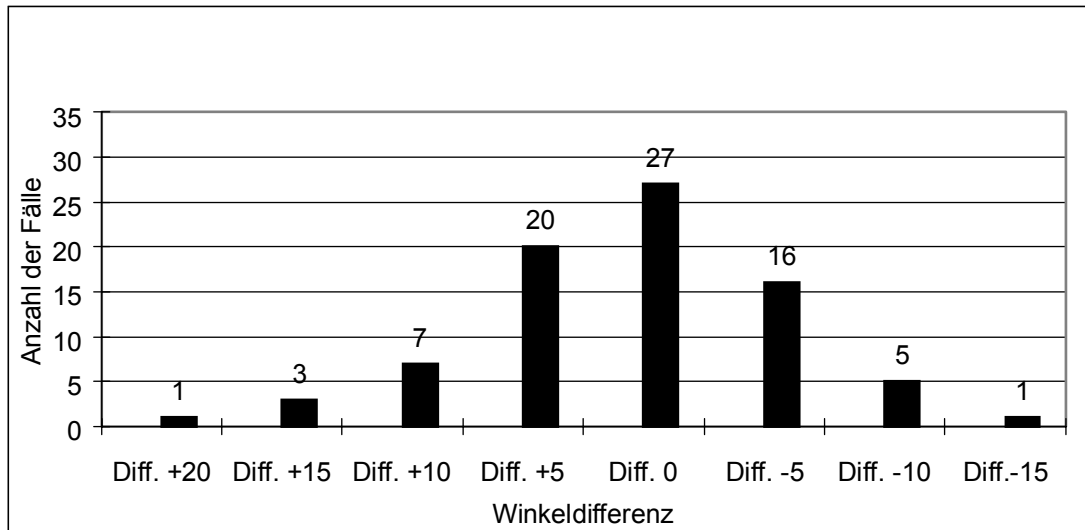


Abb. 54. Differenz des klinischen Kubitalwinkels vom gesunden zum verletzten Arm.

Die Differenzen um $+5^\circ$ bis -5° entsprachen wieder der Meßungengenauigkeit, somit hatten 63 Patienten (78,8%) seitengleiche Ergebnisse. Die größeren Differenzen wurden in der Bewertung nach Morger berücksichtigt.

II.7.3 Bewegungsumfänge und -einschränkungen

Die Bewegungsmöglichkeiten wurden nach der Neutral-Null-Methode gemessen. Es wurden die Flexion und Extension im Ellenbogengelenk sowie die Pronation und Supination am Unterarm gemessen. Der Bewegungsspielraum am gesunden Arm zeigte bei der Extension/ Flexionsbewegung Werte von (0-20)/0/(130-150). Errechnete man daraus die Mittelwerte, so ergab sich eine durchschnittliche Beweglichkeit von 10/0/147 am gesunden Arm. Der verletzte Arm hatte eine Bewegungsmöglichkeit von Extension/ Flexion von (0-25)/0/(110-150). Daraus ergab sich eine durchschnittliche Beweglichkeit von

9/0/139. Nach der Fraktur verblieb eine Einschränkung der Beugung um ca. 5°. Die Pronations- und Supinationsbewegung bleibt von der Fraktur unbeeinflusst. Abbildung 55 und 56 zeigen die jeweiligen Bewegungseinschränkungen.

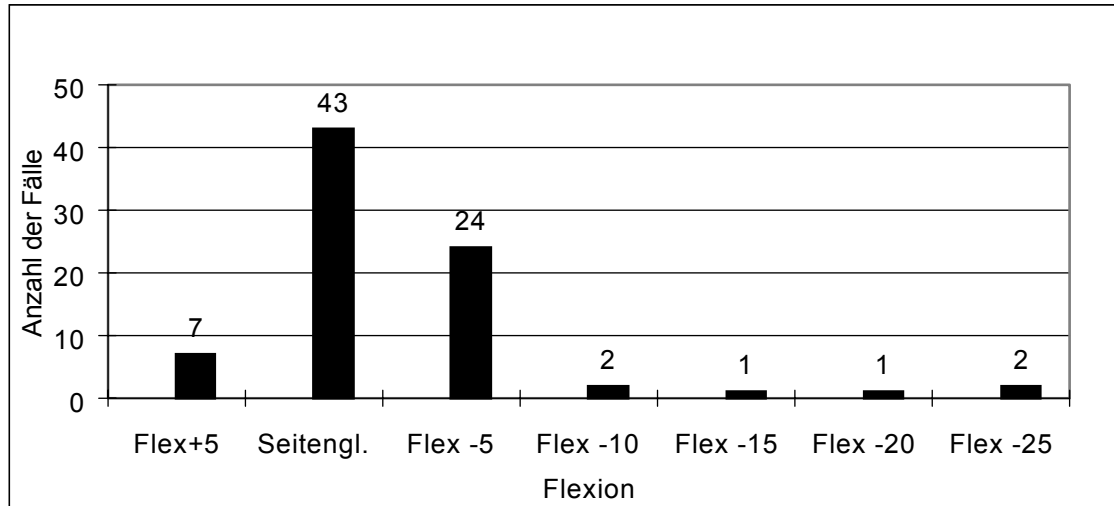


Abb. 55. Winkeldifferenzen in Beugung im Vergleich vom verletzten zum gesunden Arm.

Die meisten Bewegungseinschränkungen lagen auch hier in dem Bereich der Meßungenauigkeit. In der Beugung hatten 74 Patienten (92,5%) eine seitengleiche Beweglichkeit oder minimale Einschränkung. Zwei Patienten wiesen eine Einschränkung um 10° auf. Das entspricht nach Morger einer guten Beweglichkeit. Somit hatten 76 Patienten (95%) eine gute oder ideale Beugungsmöglichkeit des Armes. Vier Patienten fielen unter die Bewertung genügend bis schlecht.

Die Armstreckung (Abbildung 56) blieb bei 71 Patienten (88,8%) seitengleich oder minimal verändert. Drei Patienten hatten eine Überstreckbarkeit des verletzten Armes von 10°-15°, und fünf Patienten können den frakturierten Arm um 10°-15° weniger strecken als den gesunden. Ein Patient fiel mit einer Streckhemmung von 40° besonders auf. Dieser Fall wird im Kapitel Kasuistiken diskutiert.

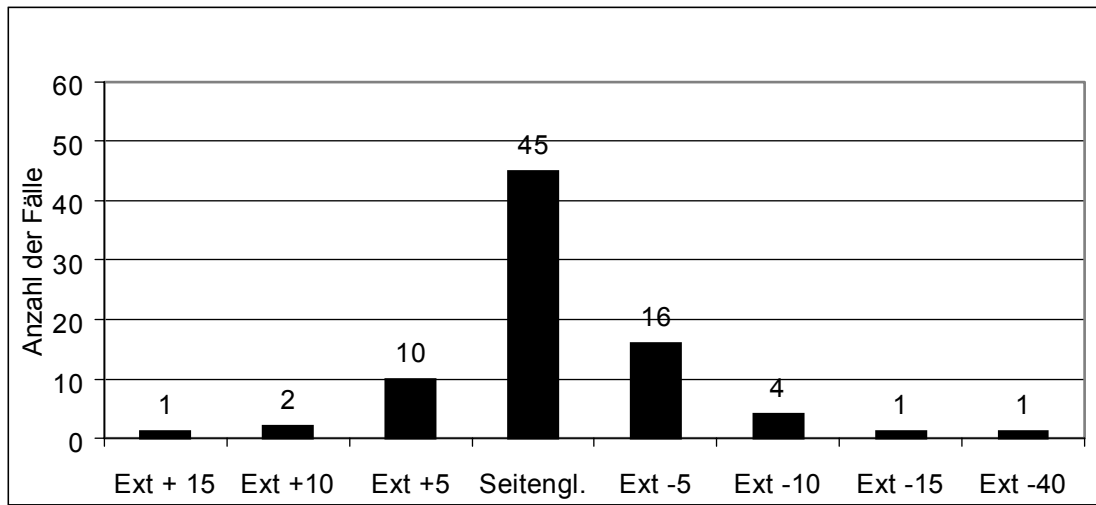


Abb. 56. Winkeldifferenzen der Streckung vom verletzten zum gesunden Arm.

II.7.4 Armlängen und -umfänge

Die Armlängen und -umfänge wurden mit einem flexiblen Maßband ausgemessen. Die Meßungenaugkeit dieser Methode liegt bei 1 cm. Die Längenmessung beider Arme ergab die in Tabelle 23 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 23. Längenunterschied vom gesunden zum verletzten Arm.

Längenunterschied:	Anzahl:
0 cm	38
0,5 cm	4
1 cm	26
1,5 cm	2
2 cm	8
3 cm	2

68 Patienten (85%) lagen im Bereich der Meßungenaugkeit und seitengleicher Befunde. In zwölf Fällen (15%) hatte der frakturierte Arm einen Wachstumsvorsprung von 1,5 bis 3 cm. Dies entsprach einem gesteigerten Wachstum

nach Fraktur. Keinem der Kinder war diese Verlängerung des Armes vor der Nachuntersuchung aufgefallen; kein Patient hatte sich dadurch in der alltäglichen Bewegung beeinträchtigt gefühlt.

Die Armumfangsmessung von Ober- und Unterarm waren nur wenig aussagekräftig. Nur bei drei Patienten trat eine Oberarmumfangsdifferenz von mehr als 1 cm auf. Einmal war der verletzte Oberarm um 1,5 cm stärker, einmal um 1,5 cm und einmal um 2 cm schwächer. Der Unterarmumfang unterschied sich nur einmal um 1,5 cm. In diesem Fall war der ehemals verletzte Arm sogar im Umfang kräftiger. Daraus ist zu schließen, daß es in keinem der Fälle zu einer Atrophie von Ober- oder Unterarmmuskulatur kam.

II.7.5 Subjektive Beschwerden

Die subjektiven Beschwerden wurden durch Befragen bei der Nachuntersuchung eruiert. Es wurde gezielt nach Bewegungs-, Berührungs-, Druckschmerz, Schmerzen beim Schreiben oder sportlicher Betätigung, Sensibilitätsstörungen und Wetterfühligkeit gefragt. Tabelle 24 gibt eine Übersicht über die Häufigkeit der Beschwerden.

Tabelle 24. Art und Häufigkeit von subjektiven Beschwerden bei suprakondylären Humerusfrakturen

Art der Beschwerden:	Anzahl:
Bewegungsschmerz	2
Druckschmerz	0
Berührungsschmerz	1
Schreibschmerz	2
Schmerz beim Sport	7
Sensibilitätsstörungen	3
Wetterfühligkeit	3

Der Bewegungsschmerz trat einmal bei Drehbewegungen des ausgestreckten Armes und einmal bei der Kraftprüfung auf.

Über den Berührungsschmerz klagte die Patientin (Nr. 152) spontan, er trete wie elektrisierende Schläge auf, besonders wenn sie mit Eisen in Berührung käme. Aber er sei auch durch vorsichtiges Bestreichen der Haut auszulösen. Das sei manchmal sehr hinderlich, wenn sogar der vorsichtig darüber gezogene Pullover diese elektrisierenden Schläge auslöse. Die Patientin war im primären Verlauf, nach der ME und den frühen Kontrolluntersuchungen völlig unauffällig gewesen. Sie wurde hinsichtlich einer schmerztherapeutischen Behandlung beraten, sollte es nicht zu einer spontanen Besserung kommen.

Die Schreibschmerzen traten beim Schreiben langer Aufsätze oder langem Malen auf. Beides waren unkomplizierte Fälle. Es hatte auch keine Pulslosigkeit vorgelegen die eine Claudicatio intermittens verursacht haben könnte.

Die Schmerzen unter sportlicher Anstrengung wurden bei stärkerer Anstrengung wie Bodenturnen, Kugelstoßen, Liegestützen, Handstand und Geräteturnen manifest.

Die Sensibilitätsstörungen wurden schon bei den Nervenläsionen besprochen. Wetterfühligkeit bedeutete eine Empfindlichkeit bei Wetterumschwüngen, die sich durch Ziehen und leichte Schmerzen bemerkbar machten.

Zwei Patientinnen klagten besonders über die Varusfehlstellung des Armes, durch die sie sich sehr beeinträchtigt fühlten. Beide wurden hinsichtlich einer Korrekturoperation beraten.

Eine Patientin klagte darüber, daß das Ellenbogengelenk manchmal blockiere, ein Patient verspüre bei bestimmten Bewegungen das Hüpfen einer Sehne. Beides lies sich nicht reproduzieren. Eine Patientin beschrieb, daß die Angst, erneut zu stürzen, sie von einigen Aktivitäten abhalten würde.

Diese Aufzählung subjektiver Beschwerden führte nur in wenigen Einzelfällen zu einer Beeinträchtigung der Kinder im Alltag.

II.8 Kasuistiken

Besonders interessant und aufschlußreich waren die drei Fälle, die zu einem schlechten Ergebnis führten.



Abb. 57. Fall Nr. 11 supracondyläre Humerusfraktur links seitlich, rechts ap.

Patientin Nr. 11 war am Unfalltag (19.4.88) vier Jahre alt. Die Diagnose einer dislozierten supracondylären Humerusfraktur links (mit ausgeprägter Trümmerzone) wurde im Kreiskrankenhaus radiologisch gestellt und sofort geschlossen reponiert (Abbildung 57). Nach der Reposition bemerkte man, daß bei Beugung um mehr als 90° eine Pulslosigkeit auftrat. Mit diesem Befund wurde die Patientin nach Würzburg verlegt.

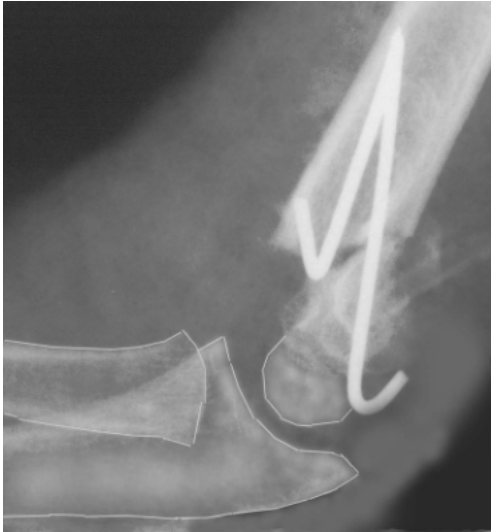


Abb. 58. Die Frakturstellung nach der ersten Osteosynthese.



Abb. 59. Die Frakturstellung nach Reosteosynthese.

Am nächsten Morgen wurde die Fraktur in Narkose offen reponiert und mit 2 Kirschner-Drähten fixiert (Abbildung 58). Die Pulslosigkeit war danach nicht mehr vorhanden. 5 Tage später wurde wegen erneuter Dislokation nochmals reponiert und mit 3 Kirschner-Drähten stabilisiert (Abbildung 59). Obwohl die Stellung radiologisch immer noch suboptimal war, entschied man sich, keine weitere Operation durchzuführen. Bei den vorangegangenen Repositionen war klar geworden, daß wegen der ausgeprägten Trümmerzone keine bessere Frakturstellung erreicht werden konnte. Nach 13 Tagen Klinikaufenthalt wurde das Kind entlassen. Nach einer Zeit, in der man das Kind selber üben ließ, wurde über ein halbes Jahr lang 2 mal wöchentlich, Krankengymnastik verordnet.



Abb. 60. Röntgenergebnis bei der Nachuntersuchung, links seitlich, rechts ap.

Bei der Nachuntersuchung war die Patientin 13 Jahre alt. Am deutlichsten fiel eine starke Beugehemmung des ehemals verletzten linken Armes von 25° auf, bei einer Beweglichkeit von rechts 15/0/140 zu links 20/0/115. Bei der Inspektion fiel eine Varisierung um 5° auf, wodurch ein gerader linker Arm entstand. Die andere Messung des klinischen Kubitalwinkels verdeutlichte die erhebliche Fehlstellung mit einem Wert von 20° Differenz besser. Das bedeutete, daß der klinische Kubitalwinkel links um 20° größer als rechts war. Die Armlängenmessung ergab einen Wachstumsvorsprung des linken Armes um 2 cm. Die Testung der Motorik und Sensibilität der Handmuskeln und die Durchblutung waren unauffällig. Die Patientin klagte über Schmerzen bei sportlicher Betätigung, besonders bei Liegestützen, die sich auch in der Kraftprüfung von *M. biceps* und *M. triceps brachii* bemerkbar machten. Weder Mutter noch Tochter beklagten sich wegen des *Cubitus varus*. Wegen der Fehlstellung und der Schmerzen wurde ein Röntgenbild des linken Ellenbogens in zwei Ebenen angefertigt, welches einen unauffälligen Befund ergab (Abbildung 60). Es war kein Knochenvorsprung zu sehen, der die Bewegungseinschränkung oder Schmerzen erklärt hätte. Auf die Möglichkeit einer Korrekturoperation wurde zwar hingewiesen, aber es bestand von Seiten der Eltern und des Kindes kein besonderes Interesse.

Patientin Nr. 96 war am Unfalltag (9.8.94) drei Jahre alt. Sie war aus ca. 1,5 m Höhe von einer Leiter gefallen, ohne zeitliche Verzögerung in die Uniklinik gebracht worden und hatte sich eine radiologisch gesicherte, nicht dislozierte suprakondyläre Humerusfraktur und eine dislozierte Unterarmfraktur rechts zugezogen. Da die Unterarmfraktur klinisch führend war, wurde diese geschlossen reponiert und der distale Radius operativ mit Kirschnerdrähten gespickt. Die suprakondyläre Humerusfraktur wurde in der Oberarmgipsschiene mit ruhiggestellt. Schon bei der Metallentfernung des Unterarmes war ein deutlicher Varus um 10° und ein Beugedefizit von 20° (5/0/110 re. zu 5/0/130 li.) aufgefallen, die ein Jahr danach weiterhin unverändert bestanden. Auch die in diesem Jahr verordnete Krankengymnastik führte zu keiner Besserung.

Bei der Nachuntersuchung war die Patientin sechs Jahre alt. Schon bei der Inspektion fiel ein deutlicher Varus von 10° auf. Im rechts/links Seitenvergleich (rechts 10° Varus zu links 10° Valgus) betrug die reelle Differenz sogar 20° . Der Bewegungsumfang hatte sich zwar verbessert, es bestand aber weiterhin ein Beugedefizit von 20° (0/0/120 rechts zu 0/0/140 links). Die Armlängen und – umfänge, sowie Kraft- und Sensibilitätsprüfungen waren unauffällig. Das angeforderte Röntgenbild zeigte keine Ursache für die Beugehemmung.

Der dritte Patient mit der Nr. 130 war am Unfalltag (13.12.96) 15 Jahre alt. Der Patient kam ohne wesentliche zeitliche Verzögerung in die Uniklinik, trotzdem lag bei der radiologisch bestätigten Diagnose einer stark dislozierten suprakondylären Humerusfraktur eine so starke Schwellung vor, daß eine primäre geschlossene Reposition und Osteosynthese nicht möglich und eine offene Reposition nicht angestrebt wurde. Es wurde nach geschlossener Reposition eine Oberarmgipsschiene für vier Tage angelegt, bis der Arm soweit abgeschwollen war, daß eine Kirschner-Draht-Osteosynthese durchgeführt werden konnte. Die Reposition gestaltete sich schwierig und erforderte mehrere Versuche, so daß schließlich von ulnar offen reponiert werden mußte, während die Drähte von radial perkutan eingebracht werden konnten. Die Stabilisierung wurde bei dem kräftigen 15-jährigen Jungen mit vier Kirschnerdrähten

ausgeführt worden. Zudem wurde präoperativ eine leichte Dysästhesie im kleinen Finger des verletzten Armes festgestellt.

Bei der Nachuntersuchung ein halbes Jahr später bestand eine extreme Bewegungseinschränkung von Extension/ Flexion 0/40/110 links zu 5/0/135 rechts. Auch der klinische Kubitalwinkel wies eine Differenz von 15° auf, die jedoch bei dieser ausgeprägten Streckhemmung nicht aussagekräftig war. Die Sensibilitätsstörung am Kleinfinger war ebenfalls noch nachweisbar. Der insgesamt schlecht zu motivierende Patient wurde zu verstärktem Üben aufgefordert und auf die Notwendigkeit eventueller Krankengymnastik hingewiesen. Nach sechs Monaten weiterem eigenständigen Üben sollte er sich erneut in der kinderchirurgischen Sprechstunde vorstellen.

III. DISKUSSION

In der Diskussion wird ein Vergleich der eigenen Daten mit der deutschlandweiten Sammelstudie (109), den Vorgängerarbeiten von Geißler (34), Pallitza (73) und weiteren Publikationen angestrebt. Da es jedoch keine einheitlichen Bewertungsmaßstäbe gibt, ist entweder kein oder nur ein eingeschränkter Vergleich möglich.

In den letzten Jahren wurden verstärkte Anstrengungen unternommen, eine einheitliche Klassifikation zu entwickeln, die im Juni 1998 von der Arbeitsgemeinschaft Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie in Graz erfolgreich verabschiedet wurde (60). Auf demselben Kongreß wurde über ein einheitliches Behandlungsregime und Therapieschema diskutiert. Die neu entwickelten Vorschläge haben sich jedoch noch nicht deutschlandweit einheitlich durchgesetzt, so daß es immer noch schwierig ist, verschiedene Veröffentlichungen miteinander zu vergleichen.

Die vorliegenden eigenen Daten aus den Jahren 1986 bis 1996 wurden nach der in diesem Hause bei der Voruntersuchung verwendeten Klassifikation nach Felsenreich und nach der neuen von L. v. Laer entwickelten, in der Sammelstudie (109) veröffentlichten, Klassifikation eingeteilt. Somit ist es möglich, diese Daten mit den klinikinternen früheren Daten der Jahre 1964 bis 1974 und 1975 bis 1985, sowie mit der vorliegenden Sammelstudie (109) zu vergleichen.

Ein einheitliches Bewertungsschema wurde aber noch nicht gefunden. In der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Würzburg wird das strenge Bewertungsregime nach Morger angewendet, während andere Nachuntersuchungen wesentlich weniger strenge Maßstäbe setzen. Diese sind somit nicht direkt mit unseren Ergebnissen vergleichbar. Auf Unterschiede wird jedoch weiter unten eingegangen.

III.1 Vergleich der eigenen Daten mit denen der Sammelstudie (109)

Um die aktuellen eigenen Daten mit denen der Sammelstudie (109) vergleichen zu können, wurde die Fraktуреinteilung nach v. Laer durchgeführt (Tabelle 25).

Tabelle 25. Vergleich der Daten der Sammelstudie mit den eigenen Daten klassifiziert nach v. Laer.

Datenquelle:	LI:	LII:	LIII:	LIV:
Sammelstudie: (n=719)	270 (38%)	147 (20%)	133 (18%)	169 (24%)
Eigene Daten (n=75)	3 (4%)	23 (30%)	14 (18,7%)	35 (46,7%)

Wie in Tabelle 25 aufgeführt zeigt die deutschlandweite Sammelstudie eine starke Gewichtung im Bereich der nicht und wenig dislozierten Frakturen (LI und LII), die zusammen 58% (417 Patienten) ausmachen. Die rotierten (LIII) und stark dislozierten plus rotierten Frakturen (LIV) machen 42% (302 Patienten) aus. In unserem nachuntersuchten Patientengut bildeten 34% (26 Patienten) die Gruppe der nicht oder wenig dislozierten Frakturen und 65% (49 Patienten) die Gruppe der rotierten und stark dislozierten Frakturen. Es wurde also in der Uniklinik Würzburg im deutschlandweiten Vergleich ein größerer Prozentsatz der komplizierteren Frakturen (LIII und LIV) behandelt.

Beim exakten Vergleich der beiden Untersuchungen sind die unterschiedlichen Bewertungsmaßstäbe zu berücksichtigen: In der Sammelstudie (109) wird von einem Idealen Ergebnis gesprochen, wenn das Flexions-/ Extensionsdefizit unter 10° liegt, und die Achsenabweichung weniger als 5° zur Gegenseite beträgt. Eine Bewegungseinschränkung von bis zu 10° wird aber nach Morger nur mit Gut bewertet, eine Achsabweichung von bis zu 5° wird als Ideal beschrieben.

Die Sammelstudie wertet nach Dislokationsgrad aus. Für den Dislokationsgrad LII werden für die reponierten Frakturen 90% und für die nicht reponierten nur 56% Ideale Ergebnisse angegeben. Von den nicht reponierten Frakturen waren die nach Blount behandelten zu 100% Ideal, die im Rechtwinkelgips behandelten nur zu 52%.

Bei uns waren von den 23 LII-dislozierten nach denselben Bewertungskriterien 21 (91,3%) mit Idealem Ergebnis und zwei mit schlechterem Ergebnis (genügend und schlecht) einzustufen. Bei den LII-Frakturen wurden vier nach Blount und vier mit einem Rechtwinkelgips und 15 durch perkutane, gekreuzte Kirschner-Draht-Spickung behandelt. Somit wurden sowohl die nach Blount als auch die mit Kirschner-Draht gespickten zu 100% Ideal behandelt. Lediglich zwei mit Rechtwinkelgips versorgte Frakturen fielen schlechter (Genügend und Schlecht) aus.

Für den Dislokationsgrad LIII und LIV wird in der Sammelstudie (109) nach geschlossener und offener Reposition differenziert. Die geschlossene Reposition erreichte zu 66% und die offene Reposition zu 56% Ideale Ergebnisse. Es wird dort daraus der Schluß gezogen, daß weder die eine noch die andere Methode einen Vorteil bringe. Die offene Reposition könne das Endergebnis gegenüber der geschlossenen nicht verbessern, weil sie keine bessere Retention anzubieten habe (103,104).

Im eigenen Patientengut wurden von den 54 Frakturen, die entweder LIII oder LIV disloziert waren, 36 geschlossen und 18 offen reponiert. 48 Patienten (88,9%) erreichten ein Ideales Ergebnis. Sechs wurden schlechter eingestuft, wovon je drei offen und drei geschlossen reponiert worden waren. Somit erreichten 33 (91,7%) der geschlossen reponierten und 15 (83%) der offen reponierten ein Ideales Ergebnis. Dies sind erfreulich gute Ergebnisse, wobei auch hier kein deutlicher Vorteil der offenen zur geschlossenen Reposition festzustellen war.

In der Schlußdiskussion gibt die Sammelstudie (109) folgende Therapie-vorschläge in Abhängigkeit vom Dislokationsgrad:

Für den Dislokationsgrad LI wird eine ambulante Therapie in einer Oberarmgipsschiene empfohlen.

Der Dislokationsgrad LII sollte möglichst eine ambulante Behandlung erfolgen. Bei einer nur mäßigen **Ante-** (bzw. *Rekursions-*) fehlerstellung genüge die Redression in **Spitzwinkel** (bzw. in die *volle Streckung*) und Ruhigstellung in der **Blount'schen Schlinge** oder im **Spitzwinkelgips** (bzw. in *80° Flexionsstellung*), da die nicht redressierten Fälle deutlich schlechter ausgefallen waren. Bei den Frakturen mit einer Achsabweichung von mehr als 30° wird 2-3 Tage nach Unfall eine Röntgenkontrolle empfohlen, die eine Redislokation und besonders nachträgliche Rotation ausschließen soll. Im Falle einer Dislokation wird wie bei LIII und LIV verfahren.

Die Frakturen mit dem Dislokationsgrad LIII und LIV sollen in einer Notfalloperation in Narkose geschlossen reponiert und anschließend perkutan mit Kirschner-Drähten gespickt oder mit einem radialen Fixateur extern stabilisiert werden.

In der Uniklinik Würzburg ist in etwa nach diesen Vorstellungen therapiert worden, doch wurde relativ häufig nach primär konservativem Therapieversuch wegen erneuter Dislokation operativ nachtherapiert. Während v. Laer bezüglich der wenig dislozierten Frakturen sehr viel Wert auf eine ordentliche Redression legt, wurde in Würzburg zwar häufig primär ein konservativer Therapieversuch begonnen, jedoch wegen erneuter Dislokation auch häufig gleich bei der Primärreposition in Narkose eine perkutane Kirschner-Draht-Spickung durchgeführt, um somit eine erneute Reposition und Narkose nach Möglichkeit vermeiden zu können.

In der ausgewerteten Patientengruppe kam als konservative Behandlungsmethoden der Oberarmrechtwinkelgips fünf mal (6,3%) und der Blountverband ebenfalls fünf mal (6,3%) zur Anwendung. Von den halbkonservativen Methoden wurde ausschließlich die perkutan, gekreuzte Kirschner-Draht-

Osteosynthese mit zwei oder mehreren Drähten bei 52 Patienten (65%) angewendet. Als operative Methode kam 18 mal (22,5%) die offene Reposition mit anschließender gekreuzter Kirschner-Draht-Osteosynthese zum Einsatz (Tabelle 26).

Tabelle 26. Die definitive Anzahl der Therapiemethoden pro Dislokationsgrad.

Dislokationsgrad:	Blount	Gips	Geschlossene Repos.	Offene Reposition
LI (n=3)	1	1	1	
LII (n=23)	4	4	15	
LIII (n=14)			11	3
LIV (n=35)			21	14
Flexion (n=5)			4	1
Gesamt 80 (100%)	5 (6,25%)	5 (6,25%)	52 (65%)	18 (22,5%)

Die Zahlen, wie in Tabelle 26 dargestellt, beziehen sich auf die definitiven Behandlungsmethoden. Es waren jedoch einige Therapiewechsel notwendig. Von den neun Blountverbänden mußte man vier auf ein anderes Verfahren umstellen. Von 19 primären Gipsen blieben nur fünf das definitive Verfahren. 14 der primär mit Gips behandelten Patienten wurden einem operativen Verfahren zugeführt. Aber auch die geschlossene Reposition und Kirschner-Draht-Osteosynthese blieb nur in 52 von 58 Fällen die definitive Behandlungsmethode. Sechs Patienten mußten anschließend offen reponiert werden.

Für die einzelnen Dislokationsgrade zeigt Tabelle 27, wie häufig ein Therapiewechsel notwendig war.

Tabelle 27. Häufigkeit von Therapiewechsel. Vor der Klammer steht jeweils die Gesamtzahl; (W) bedeutet, welcher Anteil von der Gesamtzahl einem Therapiewechsel zugeführt wurde, (gW) ist der Anteil der Personen mit gewechseltem Therapieverfahren.

Dislokations-grad:	Blount	Gips	Wechsel Konservativ /operativ	Geschl. Reposition	Wechsel geschl./ offen R.	Offene Reposition
LI (n=3)	1	2 (1W)	1 Wechsel	(1gW)		
LII (n=23)	6 (2W)	7 (3W)	5 Wechsel	15 (5gW)		
LIII (n=14)	1 (1W)	1 (1W)	2 Wechsel	13 (2gW, 2W)	2 Wechsel	3 (2gW)
LIV (n=35)		8 (8W)	8 Wechsel	25 (4gW, 3W)	7 Wechsel	14 (7gW)
Flexion (n=5)	1 (1W)	1 (W)		4 (1gW)		1 (gW)

Wie aus Tabelle 27 ersichtlich, erfolgte der Therapiewechsel bei LI vom Oberarmgips zur geschlossenen Reposition mit Kirschner-Draht-Osteosynthese.

Bei LII wurde zweimal nach einem primären Blountverband und drei mal nach einer Gipsbehandlung zur geschlossenen Reposition Kirschner-Draht-Osteosynthese gewechselt.

Die Therapiewechsel bei LIII waren einmal nach einem Blountverband und einmal nach einer Gipsbehandlung zur geschlossenen Reposition mit Kirschner-Draht-Osteosynthese notwendig. Es war aber auch zweimal nötig, von dem geschlossenen Repositionsversuch auf eine offene Reposition umzusteigen.

Bei den LIV-Frakturen scheiterten alle acht konservativen Therapieversuche (Acht Gipse). Es wurde in allen Fällen sekundär auf eine operative Methode gewechselt (vier geschlossene Repositionen mit Kirschner-Draht-Osteosynthese, vier offene Repositionen mit Kirschner-Draht-Osteosynthese). Es waren drei weitere Therapiewechsel nach zunächst geschlossener zur offenen Reposition notwendig. Diese große Anzahl von Therapiewechseln macht deutlich, daß die LIV dislozierten Frakturen am schwierigsten zu behandeln waren. Eine primär konservative Therapie der LIV-Frakturen erscheint wenig sinnvoll, da sie zu 100 % redislozierten und nachreponiert werden mußten. Aber auch die LIII-dislozierten Frakturen konnten

ausschließlich operativ definitiv therapiert werden. Obwohl in der Sammelstudie (109) für die LI- und LII-Dislokationen konservative Therapiemethoden empfohlen werden, mußten bei uns sechs von 16 Patienten nachreponiert und mit Kirschner-Drähten fixiert werden. Das entspricht einer Wechselrate von 7,5%. Die Sammelstudie gibt bei einer Gesamtanzahl von 417 Patienten mit LI und LII-dislozierten Frakturen eine Wechselrate von 21 Fällen (5%) an.

Unsere Auswertung bestätigt die Empfehlung, LIII- und LIV-dislozierte Frakturen primär halbkonservativ oder offen operativ anzugehen. Während L. v. Laer bezüglich der wenig dislozierten Frakturen sehr viel Wert auf eine ordentliche Redression legt, wird in Würzburg zwar häufig primär ein konservativer Therapieversuch gemacht, jedoch wegen der erneuten Dislokationen auch häufig bei der ersten Reposition in Narkose gleich eine perkutane Kirschner-Draht-Spickung durchgeführt, um spätere Eingriffe möglichst zu vermeiden.

Von den konservativ durch Blount oder Gips behandelten Patienten, waren einige außerhalb vorbehandelt und wurden wegen sekundärer Dislokation zur Operation vorgestellt; andere waren klinikintern primär konservativ behandelt und später wegen Dislokation operativ versorgt worden. Tabelle 28 zeigt die Verteilung der Fälle.

Tabelle 28. Aufteilung der konservativen Behandlungsmethoden in definitive, primär außerhalb versorgte und dann zur OP überwiesene und klinikinterne konservativ behandelte und später operierte Patienten.

Behandlung:	Blount (n=9)	Gips (n=19)
Prim. außerhalb/ später OP	1	7
Prim. klinikintern/ später OP	3	7
Definitiv	5	5

III.2 Vergleich der eigenen Daten mit denen der Vorgängerarbeiten von Geißler (34) und Pallitza (73)

Vergleicht man die Daten der nachuntersuchten Patienten der Jahre 1975-1985 (34) und 1986-1996 (eigene Daten), so sieht man, daß sich das Patientengut nicht sehr verändert hat. Es ist zwar in jüngerer Zeit ein größerer Teil weniger dislozierter Frakturen hinzugekommen, doch liegt der Hauptanteil weiterhin bei den stark dislozierten Frakturen. Bei der Felsenreich-Klassifikation sind die Flexionsfrakturen nicht berücksichtigt (Tabelle 29).

Tabelle 29. Vergleich der in den Jahren 1975-1985 von Geißler erhobenen Daten, mit den eigenen Daten von 1986-1996 nach Felsenreich klassifiziert.

Datenquelle:	FI:	FII:	FIII:
Geißler (n=57)	4 (7,0%)	26 (45,6%)	27 (47,4%)
Eigene Daten (n=75)	16 (21,3%)	24 (32,0%)	35 (46,7%)

Obwohl in den Vorgängerarbeiten Geißler und Pallitza (34,73) ebenfalls der Bewertungsmaßstab nach Morger verwendet wurde, ist ein direkter Vergleich wegen der unterschiedlichen Zielsetzung der Datenerhebung und Therapiemethoden schwer möglich: Geißler (34) untersuchte in den Jahren 1975 bis 1985 57 Patienten, die mit einer Vielzahl von verschiedenen Therapien behandelt wurden, während im Zeitraum 1986 bis 1996 sehr viel einheitlicher therapiert wurde. Geißler und Pallitza (34,73) fassen die nachuntersuchten Patienten nur in zwei Gruppen zusammen, die konservativ und die der operativ therapierten. Eine genaue Angabe bezüglich der Zuordnung einzelner Therapieformen erfolgte nicht. Von den eigenen Patienten wurden die im Blountverband und Gips therapierten den konservativen, und die geschlossene Reposition und offene Reposition mit anschließender perkutaner, gekreuzter Kirschner-Draht-Spickung den operativen Therapiemethoden zugeordnet.

Tabelle 30. Vergleich der Daten der drei Nachuntersuchungen (Pallitza 73, Geißler 34, eigene Daten) aufgeteilt in konservativ und operativ behandelte Patienten in der Bewertung nach Morger

Therapieform:	Bewertung nach Morger			
Konservativ:	Ideal:	Gut:	Genügend:	Schlecht:
Pallitza (n=23)	21,7% (5)	60,9% (14)	4,3% (1)	13,0% (3)
Geißler (n=26)	38,5% (10)	34,6% (9)	19,2% (5)	7,7% (2)
Eigene Daten (n=10)	60% (6)	20% (2)	10% (1)	10% (1)
Operativ:				
Pallitza (n=13)	23,1% (3)	38,5% (5)	7,7% (1)	30,8% (4)
Geißler (n=27)	22,2% (6)	48,1% (13)	11,2% (3)	18,5% (5)
Eigene Daten (n=70)	75,7% (53)	15,7% (11)	5,7% (4)	2,9% (2)

Während in den vergangenen 20 Jahren die konservativen Behandlungsmethoden bevorzugt wurden, vergrößerte sich in den letzten zehn Jahren der Anteil operativ therapierten auf 87,5% (70 Patienten). Pallitza (73) verzeichnete bei den konservativ therapierten bei 82,6% (19 Patienten) ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Bei Geißler (34) brachten 73% (19 Patienten) der konservativ therapierten ein gut bis sehr gutes Ergebnis. In der aktuellen Nachuntersuchung wurden lediglich zehn Patienten konservativ therapiert, davon 80% (acht Patienten) gut bis sehr gut (Tabelle 30).

Bei Pallitza (73) wurden lediglich 13 Patienten operiert, davon 61,5% (acht Patienten) mit gutem bis sehr gutem Ergebnis. 30,8% (vier Patienten) schnitten mit einem schlechten Ergebnis ab. In den darauffolgenden zehn Jahren wurden bei Geißler (34) 27 Patienten operiert, davon 70,4% (19 Patienten) mit einem guten bis sehr guten Ergebnis. Der Anteil der schlechten Ergebnisse ging auf fünf Patienten (18,5%) zurück. Aktuell wurden 70 Patienten operiert und davon 64 (91,4%) mit einem guten bis sehr guten Ergebnis, siehe auch Tabelle (30). Daraus läßt sich der Trend erkennen, daß einerseits eine größere Anzahl Patienten einer operativen Therapie zugeführt, und andererseits damit auch

bessere Ergebnisse damit erzielt wurden. Bei den konservativ therapierten Patienten gab es jedoch kaum eine Veränderung der Ergebnisse.

III.3 Die Dauer des Klinikaufenthalts im Vergleich mit der Sammelstudie (109)

Ein stark diskutiertes Thema betrifft die Dauer des Klinikaufenthaltes. Die Sammelstudie (109) gibt ein Limit von fünf Tagen vor und hält einen längeren Aufenthalt nur in begründeten Ausnahmefällen für sinnvoll. Es sind in der Analyse der Sammelstudie (109) nur die Fälle mit einem Klinikaufenthalt von mehr als fünf Tagen in Prozent aufgeführt, wie in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31. Prozentangaben der Klinikaufenthalte in der Sammelstudie (109) von mehr als 5 Tagen klassifiziert

Nach v. Laer (114)

Dislokationsgrad:	Dauer > 5 Tage (n=149)
LI	5%
LII	39%
LIII	41%
LIV	49%

Schlüsselt man die eigenen Daten nach diesen Kriterien auf, so ergeben sich folgende Verteilung, wie sie in Tabelle 32 dargestellt wird.

Tabelle 32. Dauer des Klinikaufenthaltes von mehr und weniger als fünf Tagen innerhalb der Klassifikation nach v. Laer in Anzahl und Prozent.

Dislokationsgrad:	Dauer < 5 Tage (n=54)	Dauer > 5 Tage (n= 29)
L1 (n=3)	3 (100%)	0 (0%)
L2 (n=23)	18 (78%)	5 (22%)
L3 (n=14)	9 (65%)	5 (35%)
L4 (n=35)	16 (46%)	19 (54%)

Diese Angaben stimmen ziemlich genau mit den in der Sammelstudie (109) veröffentlichten deutschlandweiten Liegezeiten überein.

III.4 Vergleich der Häufigkeit von Komplikationen

Neben den Liegezeiten ist auch das Vorkommen von Komplikationen ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse. Im nachuntersuchten Patientengut von 1986 bis 1996 traten bei 80 Kindern insgesamt 18 Nervenläsionen (22,5%) auf: Zehn (12,5%) N. ulnaris-, fünf (6,3%) N. medianus- und drei (3,8%) N. radialis-Läsionen. Von den N. ulnaris Läsionen bestanden sechs schon präoperativ, zwei wurden intra und zwei postoperativ festgestellt. Von den Medianus Läsionen bestand eine präoperativ und vier wurden postoperativ festgestellt. Alle drei Radialis Läsionen wurden postoperativ registriert. Insgesamt ist die präoperative Sensibilitätsprüfung bei einem schmerzgeplagten Kind aber nur eingeschränkt beurteilbar. Man kann deshalb nicht unbedingt davon ausgehen, daß alle postoperativ registrierten Sensibilitätsstörungen iatrogen verursacht wurden. Es ist durchaus möglich, daß die Sensibilitätsstörung erst im schmerzärmeren postoperativen Zustand differenziert werden konnte. Als mögliche iatrogene Nervenschädigung können also vier (5%) der Ulnaris-, vier (5%) der Medianus- und drei (3,8%) Radialis-Läsionen vermutet werden. Das entspricht einer Gesamtanzahl von 11 (13,8%) postoperativ registrierten Nervenschädigungen. Mit Ausnahme von drei sehr kurz zurückliegenden N. ulnaris Läsionen bildeten sich alle Nervenläsionen problemlos zurück.

An Gefäßläsionen wurden vier Fälle (5%) von Verletzungen der A. brachialis registriert. Bei weiteren vier Patienten war die Pulslosigkeit durch eine Reposition zu beheben.

Die „Kindertraumatologie“ (66) gibt einen Einblick über die Häufigkeit von Komplikationen in anderen Kliniken. Mayr J.M. und andere Autoren (60,63,4,5,56,81) geben die Rate der primären Nervenläsionen mit durchschnittlich 14% (9,5% bis 49%) an. Gefäßläsionen werden mit

durchschnittlich 2,1% (1,5% bis 18%) registriert. Vergleicht man diese Angaben mit unseren Zahlen, so sieht man, daß die in unseren Daten registrierten Komplikationen der Nerven- und Gefäßläsionen im üblichen Schwankungsbereich liegen.

Die Angaben über das Auftreten eines Cubitus varus schwanken von Hohl H.-P. (45) 3,1%, über Franke C. (30) 7,5%, bis Dallek M. (21) 21%. v. Laer L. schreibt sogar von einer Häufigkeit von 20-50% (104,101,55). In unserem nachuntersuchten Patientengut hatten fünf Patienten (6,25%) einen Cubitus varus.

Eine vergleichbare Komplikationshäufigkeit bei einem größeren, aber ähnlich gewichteten Patientengut verzeichnet Bennek J. et al. (4). Im Zeitraum von 1990 bis 1996 wurden in Leipzig 229 Kinder mit einer suprakondylären Humerusfraktur versorgt. Die Frakturen wurden nach Lubinus klassifiziert und ergaben folgende Aufteilung wie in Tabelle 33 dargestellt.

Tabelle 33. Vergleich des Patientengutes von Bennek aus Leipzig (4) mit den eigenen Daten.

Bennek et al. (n=229)	Anzahl	Prozent
Lubinus I	71	31%
Lubinus II	67	29%
Lubinus III	91	40%
Eigene Daten (n=75)		
FI	16	21%
FII	24	32%
FIII	35	47%

Die Klassifikation nach Lubinus entspricht in etwa der Felsenreich Klassifikation. Anhand der Prozentzahlen sieht man, daß das Patientengut sehr ähnlich aufgeteilt ist (Tabelle 33).

Tabelle 34. Komplikationsraten von Bennek et.al. (4) und den eigenen Daten.

Komplikation	Bennek et.al. (n=229)	Eigene Daten (n=80)
N. ulnaris-Läsion	20 (8,5%)	10 (12,5%)
N. medianus-Läsion	11 (4,8%)	5 (6,25%)
N. radialis-Läsion	6 (2,6%)	3 (3,75%)
Vaskuläre Schädigung	13 (5,7%)	8 (10%)

Bennek J. et al. (4) gibt den Anteil neuraler Defizite mit 16,2%, und die der primären vaskulären Defizite mit 5,7% an. Die genaue Aufschlüsselung ergab 20 (8,7%) N. ulnaris- Läsionen, elf (4,8%) N. medianus- Läsionen und sechs (2,6%) N. radialis- Läsionen. Alle verschwanden nach ca. sechs Monaten unter abwartender Beobachtung. Dies entspricht genau den Beobachtungen unserer Nachuntersuchung.

Vaskuläre Schädigungen wurden von Bennek J. et al. (4) bei 13 Kindern (5,7%) verzeichnet. Nach der Reposition blieb in sechs Fällen ein Pulsdefizit bestehen. In diesen Fällen wurde operativ eingegriffen. Es lagen verschiedene vaskulären Störungen vor: Eine Pulslosigkeit mit Ischämie bei Durchtrennen der A. cubitalis, vier Pulslosigkeiten ohne Ischämie, davon drei Intimaläsionen mit Thrombosierung, eine Fesselung im Frakturspalt, und eine Fesselung im Frakturspalt bei Ligatur der A. collateralis ulnaris. Die Patienten wurden dopplersonographisch kontrolliert und zeigten nach vier Monaten bis 5,5 Jahren ein normales Flußmuster.

Bei uns lag in acht Fällen (10%) ein Pulsdefizit vor. Viermal wurde nach Reposition eine normale Zirkulation hergestellt, viermal wurde operativ eingegriffen. Die genaue Beschreibung ist im Kapitel Komplikationen zu finden. Sieben Patienten hatten bei der Nachuntersuchung einen beidseits gut tastbaren Puls, nur in einem Fall lag ein einseitig schwächerer, aber vorhandener Radialispuls vor.

Somit zeigen die eigenen Ergebnisse, daß in 50% der Fälle eine Reposition eine primäre Pulslosigkeit beheben konnte. In der Literatur wird sogar von einem Erfolg in zwei Dritteln der primär aufgetretenen Pulslosigkeiten ausgegangen, so daß nur bei einem Drittel eine erweiterte Behandlung zur

Diskussion stand (4,5,34,56,63,82). Die Ansichten über die Behandlungsform einer Gefäßläsion divergieren sehr. Einige Autoren empfehlen die konservative Behandlung bei Pulslosigkeit, solange die Durchblutung des Unterarmes über das Rete articulare gewährleistet wird somit der Umgehungskreislauf noch intakt ist (27,35,13,17,28,33,74,86). Andere fordern bei dopplersonographisch (97) oder angiographisch nachgewiesenem Gefäßschaden der A. brachialis, unabhängig von einem intakten Kollateralkreislauf, die Gefäßrekonstruktion (27,32,18,24,71,4).

In Würzburg wurde zunächst ein Repositionsversuch unternommen. War dieser nicht erfolgreich wurde, bei meist vorliegendem kompliziert dislozierten Bruch die offene Reposition durchgeführt. Intraoperativ wurde dann die Arteria brachialis exploriert und je nach Befund aus dem Bruchspalt gelöst und/ oder eine Gefäßrevision durchgeführt. Es wurde keine primäre Angiographie oder Dopplersonographie durchgeführt.

Müller Ch. (63) veröffentlichten eine Literaturrecherche, die mit Medline durchgeführt wurde, einen Zeitraum von 30 Jahren (1966 – 1996) umfaßte und die postoperativen N. ulnaris Schädigungen nach Kirschner-Draht-Osteosynthese erfaßte. Es wurden 22 Eintragungen gefunden. Drei Angaben aus den frühen 80er Jahren zeigten keine N. ulnaris Läsion. Dies läßt sich damit erklären, daß die Methode der Kirschner-Draht-Osteosynthese erst in den späten 80er Jahren verstärkt eingesetzt wurde, wie man auch anhand der Abbildung 47 (Behandlungen von 1986-96) im Kapitel Therapiemethoden sehen kann. Greift man die Daten des gleichen Zeitraumes heraus, so ergibt sich die in Tabelle 35 dargestellte Übersicht.

Tabelle 35. Übersicht der in der Literatur angegebenen N. ulnaris-Schädigungen von 1985-1996)

Autor	Jahr	Anzahl der N. ulnaris-Läsionen	Gesamtanzahl der Fälle	Prozent
Aronson	1985	1	20	5,0%
Goudarzi	1987	0	21	0,0%
Kurer	1988	1	120	0,8%
Furrer	1989	0	30	0,0%
Gerardi	1989	0	25	0,0%
Royce	1991	4	143	2,8%
Franke	1992	1	44	2,3%
Piton	1993	5	32	15,6%
Paradis	1993	0	26	0,0%
Cheng	1995	1	82	1,2%
Brown	1995	5	162	3,1%
Topping	1995	1	27	3,7%
v.Laer	1996			13,0%
Gesamt		19	732	2,6%

Tabelle 35 zeigt, daß N. ulnaris- Läsionen nach Kirschner-Draht-Osteosynthese mit unterschiedlicher Häufigkeit auftreten. Die Autoren, bei denen keine solche Komplikation auftraten, hatten alle eine relativ kleine Patientenzahl. Rechnet man anhand der angegebenen Gesamtpatientenzahlen und der Anzahl der N. ulnaris- Läsionen die Häufigkeit aus, so kommt man auf den Wert von 2,6%. Legt man die in Tabelle 35 angegebenen Prozentzahlen zugrunde, so ergibt sich ein durchschnittliches Auftreten von 3,7% N. ulnaris-Läsionen. Der Unterschied entsteht, weil v.Laer keine Angaben über die Gesamtanzahl und die Anzahl der N. ulnaris-Läsionen macht, sondern nur eine Prozentangabe von 13% Ulnarisschädigungen. Der Wert von 3,7% entsteht, wenn man diese 13% N. ulnaris-Schädigungen berücksichtigt.

Von den nachuntersuchten 80 Patienten aus unserem Patientengut wiesen vier (5%) eine postoperativen Ulnarisschaden auf. Damit liegt die Anzahl an N.

ulnaris-Läsionen in unserem Patientengut in einem ähnlichen Bereich wie die Ergebnisse der Literaturrecherche (63).

Auch wenn alle Nervenschädigungen nach kurzer Zeit folgenlos abheilen, wird wegen der iatrogenen Verletzungsgefahr des N. ulnaris bei der gekreuzten Kirschner-Draht-Osteosynthese diskutiert, die Fraktur beispielsweise durch zwei von radial eingebrachte gekreuzte Kirschner-Drähte, oder mittels eines radialen Fixateur externe zu stabilisieren, um diese Komplikation von vornherein zu vermeiden (104). Es muß sich noch zeigen, ob diese Methoden die suprakondyläre Humerusfraktur genau so gut stabilisieren können wie die bisher verwendete gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese.

In der Literatur werden folgende Bohrdrahtkomplifikationen erwähnt: Dislokation, Hindurchwandern, Lockerung oder Infektion (109). Am schwerwiegensten ist sicherlich die Infektion, weil sich daraus möglicherweise eine Osteomyelitis entwickeln kann. Zur Infektionsprophylaxe, zur Verhinderung einer Dislokation, Verminderung eines Verletzungsrisikos, besseren Handhabung, und Verhinderung eines Fensterödems im Gips wurden die Drähte daher meistens umgebogen und unter der Haut versenkt. In einer Sammelstudie (109) wurden bei 229 Patienten (75%) die Kirschner-Drähte unter das Hautniveau versenkt, während sie bei 78 Patienten (25%) herausragten. Bei den versenkten Kirschner-Drähten wurden sieben Infektionen (3%), bei den nicht versenkten eine Infektion (1,3%) beschrieben (109). Von unseren 80 Patienten wurden 70 operativ behandelt. Die Kirschner-Drähte wurden immer unter der Haut versenkt, es trat eine Spickdrahtinfektion auf, das sind 1,4% und entspricht der Infektionsrate der nicht versenkten Drähten aus der Sammelstudie (109). Der infizierte Draht wurde vorzeitig entfernt, und die Fraktur und Hautinfektion heilten folgenlos ab.

Generell kann man von einer positiven Entwicklung der Behandlung der Suprakondylären Humerusfraktur und einem Rückgang der schwerwiegenden Komplikationen sprechen. Dennoch bleiben immer noch ungefähr 10% der

Fälle mit einem ungenügenden oder schlechten Ergebnis bestehen, wobei hier eher eine Gewichtung bei den konservativ therapierten Patienten lag. Es bleibt also immer noch die Frage offen, wie man diese schlechten Ergebnisse vermeiden kann. Wie z.B. therapiert man die im Abschnitt Kasuistiken diskutierten Fälle besser? Hätte man im Fall (Nr. 96) der Kombinationsverletzung von Unterarm- und Suprakondylärer Fraktur nicht gleich den suprakondylären Bruch spicken sollen, ehe man beide Frakturen im Oberarmgips ruhigstellt? Hätte man im Fall (Nr. 130) des 15 jährigen Jungen trotz initialer Schwellung vielleicht eher primär offen reponieren sollen um bei frischerem Bruch eine bessere Reposition zu erreichen? Welches Vorghen hätte bei Fall (Nr. 11) mit der radialen Trümmerzone vielleicht zu besserem Erfolg geführt? Auch ein radialer Fixateur externe hätte dort wahrscheinlich nicht besser stabilisieren können, da eine Trümmerzone keine Abstützung zulässt.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1986 bis 1996 wurden 136 Patienten im Alter von sechs Monaten bis 15 Jahre mit einer suprakondylären Humerusfraktur behandelt. Es erschienen 90 Patienten (66%) zur Nachuntersuchung, von denen 80 Fälle (59%) weiter analysiert wurden. Die Auswertung dieser 80 Patienten ergab, daß in Würzburg eine größere Anzahl schwierigerer Fälle behandelt wurden, als durchschnittlich von den Kliniken in Deutschland angegeben wurden (109).

An Behandlungsmethoden kamen zwei konservative (Blount und Gips), eine halbkonservative, nämlich die perkutane gekreuzte Kirschner-Draht-Osteosynthese und die operative offene Reposition als Therapiemethoden zum Einsatz. Zu besonders erfreulichen Ergebnissen führte die perkutane Kirschner-Draht-Osteosynthese, die mit 94% in der Bewertung nach Morger Ideale und Gute Ergebnisse erzielte. Bei den konservativen Therapien wurden 80% mit ideal und gut bewertet. Das Ergebnis der offenen Repositionen lag mit 83% auch noch weit über dem deutschlandweiten Durchschnitt von 56% Idealen Ergebnissen (109).

Die größere Anzahl an schwierigen Fällen führten auch zu dem Auftreten einer relativ hohen Anzahl primärer Komplikationen wie Nerven- (22,5%) und Gefäßläsionen (5%), die jedoch fast alle innerhalb kurzer Zeit folgenlos ausheilten. Schwerwiegende Komplikationen wie die *Volkmann'sche* Kontraktur traten nicht auf. Trotz der sehr guten Ergebnisse schließen auch wir uns den Überlegungen an, die Methode der gekreuzten Kirschner-Draht-Osteosynthese zu überdenken, um mögliche iatrogene N. ulnaris- Läsionen zu vermeiden.

Generell kann man von einem Erfolg in der Behandlungsstrategie der suprakondylären Humerusfraktur und einem Rückgang der schwerwiegenden Komplikationen sprechen. Dennoch verbleiben immer noch ungefähr 10% der Fälle mit einem ungenügenden oder schlechten Ergebnis, wobei eher eine Häufung bei den konservativ therapierten Patienten besteht. Es bleibt also

immer noch die Frage offen, wie man diese schlechten Ergebnisse vermeiden kann. So sehr wir und über die ca. 90% guten Fälle freuen, wollen wir durch Diskussion und Anregungen unsere Aufmerksamkeit und Konzentration besonders auf diese schwierigen Fälle und deren bessere Lösung konzentrieren.

V. LITERATURVERZEICHNIS

1. Aitken A.P., Magill H.K.: Fractures involving the distal femoral epiphyseal cartilage, J. Bone J Surg. 96 A (1952) 17.
2. Baumann E.: Spezielle Frakturen- und Luxationslehre, H. Nigst (Hrsg) Bd. II/1 Ellbogen, Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York (1965) 1-138.
3. Becker T., Markgraf E.: Grundriß der speziellen Unfallchirurgie, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1986) 341-343.
4. Bennek J., Gräfe G., Klötzer B., Mende L.: Neurovaskuläre Defizite bei suprakondylärer Humerusfraktur, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 30-33.
5. Besch L., Manner H., Zenker W., Havemann D.: Nerven- und Gefäßverletzungen suprakondylärer kindlicher Humerusfrakturen - Analyse von 123 Fällen, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 34-36.
6. Blount W.P., Schulz I., Cassidy R.H.: Fractures of the elbow in children, J. Am. Med. Ass. 146 (1951) 699-708.
7. Boelitz R., Dallek M., Meenen N.M., Jungbluth K.H.: Die Reaktion der Epiphysenfuge auf fugenkrenzende Bohrdrahtosteosynthesen, Unfallchirurgie 20 (1994) 131.
8. Breitner: Chirurgische Operationslehre Band VIII, Traumatologie 1, Konservative und operative Frakturbehandlung, Hrsg. Schweiberer L., Urban & Schwarzenberg Verlag München, Wien, Baltimore (1987).
9. Breitner: Chirurgische Operationslehre Band X, Traumatologie 3, Schulter und obere Extremität, Hrsg. Hertel P., Urban & Schwarzenberg Verlag München, Wien, Baltimore (1991)
10. Brouwer K.J.: Torsional deformities after fractures of the femoral shaft in childhood, Acta orthop. Scand., Suppl. 195 (1981).
11. Brown I.C., Zinar D.M.: Traumatic and iatrogenic neurological complications after supracondylar humerus fractures in children, J Pediatr Orthop 15 (1995) 440-443.
12. Brühlhart K., Hofmann R., Schärli A.: Frakturen des Ellbogenbereichs im Kindesalter, Therapeutische Umschau (1983) 40:943.
13. Campell C.C., Waters M.D., Emans J.B., Jasser H.R., Millis M.B.: Neurovascular injury and displacement in type III supracondylar humerus fractures, J pediatr Orthop 15 (1995) 47-52.
14. Cheng J.C., Lam T.P., Shen W.Y.: Closed reduction and percutaneous pinning for type III displaced supracondylar fractures of the humerus in children, J Orthop Trauma 9 (1995) 511-515.

15. Chirurgische Operationslehre Schultergürtel und obere Extremität, Hrsg. Platzer W., Weller S., Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1995).
16. Chuang D.C.C., et al.: A new strategy to prevent the sequale of severe Volkmann's ischaemia, *Plast Reconst Surg* 98 (1996) 1023.
17. Clement D.A.: Assessment of a treatment plan for managing acute vascular complications associated with supracondylar fractures of the humerus in children, *J pediatr Orthop* 10 (1990) 97-100.
18. Copley L.A., Dormans J.P., Davidson R.S.: Vascular injuries and their sequelae in pediatric supracondylar humeral fractures: toward a goal of prevention, *J Pediatr Orthop* 16 (1996) 99-103.
19. Dallek M.: Einfluß von autologen und homologen Knorpeltransplantaten in experimentell gesetzten Epiphysenfugendefekten, *Habil.-Schr. Hamburg* (1990).
20. Dallek M., Lorke D., Meyer-Pannwitt U., Jungbluth K.H.: Die periostale Knochenresorption im metaphysären Bereich des wachsenden Knochens als Wegbereiter von Epiphysenverletzungen, *Unfallchirurgie* 14 (1988) 57.
21. Dallek M., Mommsen U., Jungbluth K.H., Kahl H.J.: Die suprakondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, ihre Behandlung und Ergebnisse nach der Methode von Blount, *Unfallchirurgie* 11 (1985) 192-196.
22. Degenhardt P., Beyer W., Mau H.: Verlauf eines Kompartment-Syndroms nach supracondylärer Humerusfraktur *Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 55-57.*
23. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, *Abstraktband 62, Hefte zu der Unfallchirurg* 272-273, *Kindertraumatologie B9* (1999).
24. Dormans J.P., Squillante R., Sharf H.: Acute neurovascular complications with supracondylär humerus fractures in children, *J Hand Surg Am* 20 (1995) 1-4.
25. Eulert J., Thomas W.: *Der partielle Verschuß der Epiphysenfuge*, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1980).
26. Felsenreich F.: Kindliche supracondyläre Frakturen und posttraumatische Deformitäten des Ellbogengelenkes, *Arch Orthop* 29 (1931) 555-564.
27. Fitze G., Roesner D.: Sollte bei einem arteriellen Gefäßverschuß nach supracondylärer Humerusfraktur im Kindesalter eine Gefäßrekonstruktion erfolgen?, *Kindertraumatologie Frakturen des distalen Humerus Segment 13, Universum Verlagsanstalt Wiesbaden Hrsg S. Hofmann-v. Kap-herr Mainz* (1999) 19-25.
28. Flynn J.C., Matthews J.G., Benoit R.L.: Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children, *J. Bone and Joint Surg* 56-A (2) (1974) 263-272.
29. Fowles I.V., Kassab M.T.: Displaced supracondylar fractures of the elbow in children, *J. Bone Joint surg* (1974) 56B:490.
30. Franke C., Reilmann H., Weinreich M.: Langzeitergebnisse der Behandlung von suprakondylären Humerusfrakturen bei Kindern, *Unfallchirurg* (1992) 95:401-404.

31. Frick H., Leonhardt H., Starck D.: Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie I, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York 2. Aufl. (1980).
32. Friedman R.J., Jupiter J.B.: Vascular injuries and closed fractures in children, Clin Orthop and Related Res 188 (1984) 112-119.
33. Garbuz D.S., Leitch K., Wright J.G.: The treatment of supracondylar fractures in children with an absent radial pulse, J Pediatr Orthop 16 (1996) 594-596.
34. Geißler W.: Die Supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, Diss. Würzburg (1989).
35. Gottschalk E.: Zur Versorgung suprakondylärer Humerusfrakturen mit vasculärer Schädigung, Kindertraumatologie Frakturen des distalen Humerus Segment 13, Universum Verlagsanstalt Wiesbaden Hrsg S. Hofmann-v. Kap-herr Mainz (1999) 15-18.
36. Goudarzi Y.M.: Die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur bei Kindern und Jugendlichen, Akt. Traumatol. 10:153 (1980).
37. Green: Operative Hand Surgery Management, 3. Auflage New York-Churchill-Livingstone (1993) 593-605.
38. Hagen R.: Zur Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur beim Kind, Der Chirurg 39:414 (1968).
39. Hahn F., Rahmzadeh R., Boese-Landgraf J.: Schulunfälle und Schulwegunfälle, Sozialpädiat. Prax. Klin. 3 (1981) 202.
40. Hargitai E., Renner A., Kövari T., Kassai T.: Die Volkmannsche ischämische Kontraktur im Kindesalter Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 58-60.
41. Harris I.E.: Supracondylar fractures in children, Orthopedics 15 (1992) 811-817.
42. Hirt H.J.: Die Komplikationen bei der kindlichen suprakondylären Humerusfraktur, ihre Behandlungsmöglichkeiten und Ergebnisse, Zb. Chir. (1974) 100:1020.
43. Hofmann V.: Zur Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter, Zbl. Chir. (1968) 93:1678.
44. 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 Nr.5.
45. Holden C.E.A.: Compartmental syndromes following trauma, Clin Orthop 113 (1975) 95.
46. Ikram M.A.: Ulnar nerve palsy: a complication following percutaneous fixation of supracondylar fractures of the humerus in children, Injury 27 (1996) 303-305.
47. Jaschke W., Stojanovic R.: Zur Behandlung der Verletzung des Gefäßnervenbündels bei der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter, Z. Kinderchir. (1981) 32:353.
48. Kahle W., Leonhardt H., Platzer W.: Taschenatlas der Anatomie Bd. 1, Bewegungsapparat Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1991).
49. Kehrer B.: Frakturen im Kindesalter in Bettex M., Genton N., Stockmann M., Kinderchirurgie Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1982).

50. Kehrer B., Kaiser G.: Hinweise zur ambulanten Frakturbehandlung, Therapeutische Umschau (1983) 40:928.
51. Konrad J., Braunsdorf M., Waldschmidt J.: Begleitverletzungen und Komplikationen bei der suprakondylären Humerusfraktur im Kindesalter, Med. Welt (1976) 27:978.
52. Kuhn A., Winkler H.: Ergebnisse operativ versorgter kindlicher distaler Humerusfrakturen, Akt. Traumatol. 25 (1995) 31-37.
53. Kutscha-Lissberg E., Rauhs R.: Frische Ellbogenverletzungen im Wachstumsalter, Hefte Unfallheilkunde 118:1 (1974).
54. Langenskold A.: Consideration of growth factors in the treatment of fractures of long bones in children, In Chapchal G.: Fractures in Children Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1981).
55. Lanz v. T., Wachsmuth W.: Praktische Anatomie Bd I Berlin-Göttingen-Heidelberg Springer 2. Aufl. (1959).
56. Laurer H., Walcher F., Marzi I.: Inzidenz prä- und postoperativer Nervenschäden bei kindlichen distalen Humerusfrakturen, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 37-40.
57. Lohbauer B.: Die supracondyläre Humerusfraktur bei Kindern, Diss. Erlangen (1995).
58. Lubinus F.: Über den Entstehungsmechanismus und die Therapie der supracondylären Humerusfraktur, Dt. Z. Chir. 186 (1924) 289-350.
59. Magerl F., Zimmermann H.: Suprakondyläre Humerusfrakturen in Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen, Springer-Verlag Berlin (1978).
60. Mayr J.M.: Die supracondyläre Humerusfraktur mit Nerven- und Gefäßverletzung – Übersicht, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 8-14.
61. Merten D.F.: Rational use of diagnostic imaging in paediatrics: musculoskeletaltrauma, European Society of Paediatric Radiology, 15th Post-graduate Course, München (1990).
62. Moll K.-J., Moll M.: Anatomie Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog Jungjohann Verlagsgesellschaft Neckarsulm, Stuttgart (1993).
63. Müller Ch., Harnath Ch., Schauwecker H.H.: Nervenschäden nach Spickdrahtosteosynthese bei supracondylärer Humerusfraktur im Kindesalter, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 45-48.
64. Müller H.A., Schild H., Kirschner P.: Zur Diagnostik und Therapie der knöchernen Ellbogenverletzungen am wachsenden Skelett, Unfallchirurgie (1982) 8:205.
65. Mutschler W., Suger G.: Die radiale Spickdraht-osteosynthese der dislozierten supracondylären Humerusfraktur beim Kind, Operative Orthopädie und Traumatologie 5 (1993) 253-242 Heft 4.
66. Netter Frank H.: Atlas of human anatomy, Ciba-Geigy Corporation Students edition (1989).

67. Niethhard F.U., Pfeil J.: Orthopädie, Duale Reihe Hippikrates Verlag Stuttgart (1992).
68. Nolte U.: Grenzen der rein konservativen Therapie kindlicher distaler Humerusfrakturen, Unfallheilk. (1975) 78:254.
69. Oberhammer J.: Degree and frequency of rotational deformities after infant femoral fractures and their spontaneous correction, Arch orthop. Traum. Surg. 97 (1980) 249.
70. Oestern H.J.: Kompartmentsyndrom. Definition, Ätiologie, Pathophysiologie. Unfallchirurgie 94 (1991) 210-215.
71. Ogden J.A.: Skeletal injury in the child, 370-423. 2nd Edition, Philadelphia: W.B. Saunders Company (1990).
72. Olson T.R., Wojciech P.: A.D.A.M. Anatomie-Atlas, Mediscript-Verlag Bad Wörishofen (1998).
73. Pallitza E.: Die suprakondyläre Humerusfraktur des Kindesalters, Diss. Würzburg (1980).
74. Pirone A.M., Graham H.K., Krajbich J.I.: Management of displaced Extension-type Supracondylar Fractures of the humerus in children, J. Bone and Joint Surg 70-A (5) (1988) 641-650.
75. Platzer W.: Taschenatlas der Anatomie in 3 Bänden, Band Bewegungsapparat, Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York (1991).
76. Rauh V.: Gelenknahe Frakturen des Ellenbogens bei Kindern – Operative oder konservative Therapie, Verlag für Med. Publikationen in Burweg-Bossel Klinik Magazin Nr.4 (Oktober 1995).
77. Reber D., Geissler C., Hiemer W., Tekin R.: 3 Kinder mit dislozierter suprakondylärer Humerusfraktur und Gefäßbeteiligung, Kindertraumatologie Frakturen des distalen Humerus Segment 13, Universum Verlagsanstalt Wiesbaden Hrsg S. Hofmann-v. Kap-herr Mainz (1999) 26-29.
78. Reiser S.: Distale Humerusfrakturen im Kindesalter, Diss. Bochum (1978).
79. Reismann B., Vittali H.P.: Die Behandlung der suprakondylären Humerusfraktur des Kindesalters – Fehler, Gefahren, Ergebnisse, Z. Kinderchir. (1970) 9:250.
80. Reschauer R.: Die Diagnostik des Kompartmentsyndroms, Unfallchirurg (1991) 94:216-219.
81. Richter H., Kiel T.: Nervenschäden bei Frakturen des distalen Humerus, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 41-44.
82. Richter H.: Kompartmentsyndrom nach suprakondylärer Humerusfraktur – Ursachen und Behandlung, Kindertraumatologie Universums Verlagsanstalt Hrsg. Kurz W., Linhart W., Schärli A., Schwarz N., Slongo Th., (1999) 51-54.
83. Ritter G., Sarvestani M.: Problematik und Therapie der kindlichen suprakondylären Oberarmfraktur, Fortschr. Med. (1973) 91:617.
84. Rockwood Jr.Ch.A., Wilkins K.E., Beaty J.H.: Fractures in Children, Philadelphia – New York: Lippincot – Raven (1996) 722-728.

85. Ryloppy S.: Characteristics of the growing skeleton from the traumatological point of view In Chapchal G.: Fractures in Children, Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York (1981).
86. Sabharwal S., Tedwell S.J., Beauchamp R.D., Mackenzie W.G., Jacubek D.M., Cairns R., LeBlanc J.G.: Management of pulseless pink hand in pediatric supracondylar fractures of humerus, J pediatr Orthop 17 (1997) 303-310.
87. Sauer H.: Suprakondyläre Oberarmfrakturen in: Das verletzte Kind, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1984) 442-450.
88. Sauer H., Hurz R.: Frakturen und Luxationen im Ellbogenbereich, Checkliste Kinderchirurgie Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York (1981).
89. Schumpelick V., Bleese N.M., Mommsen U.: Chirurgie, 4. Auflage Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1999).
90. Schütz W., Börner M.: Indikationen zur operativen und konservativen Behandlung der kindlichen suprakondylären Oberarmfraktur sowie deren Ergebnisse, Unfallchirurgie (1985) 11:17.
91. Sesson H.J.: Volkmann's Ischaemia, Br med J 1 (1964) 1587.
92. Simeon B., Cadalbert M., Matta S.: Konservative und operative Behandlung von kindlichen Ellbogenfrakturen, Hefte Unfallheilkunde (1980) 148:444.
93. Trueta J.: The role of the vessels in osteogenesis, J.Bone A Surg 45B (1963) 402.
94. Tscherne H., Muhr G., Trentz O.: Brüche des Oberarmknochens, in Spezielle Chirurgie für die Praxis, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York Bd. III/1 (1976) 227-259.
95. Valeton J.: Eine Methode zur Behandlung der suprakondylären Humerusfrakturen?, Zbl. Chir. (1974) 99:1018.
96. Van Vught A.B., Severijnen R.V.S.M., Festen C.: Neurovascular complications in supracondylar humeral fractures in children, Arch Orthop Trauma Surg 107 (1988) 203-205.
97. Vasli L.R.: Diagnosis of vascular injury in children with supracondylar fractures of the humerus, Injury Br J Accident Surg 19 (1988) 11-13.
98. Verbeek H.O.F.: Does rotation deformity following femur shaft fracture correct during growth?, Surg. Traumatol. 17 (1979) 75.
99. Von Laer L.R.: Beinlängendifferenzen und Rotationsfehler nach Oberschenkelfrakturen im Kindesalter, Arch. Orthop Unfall-Chir. 89 (1977) 121.
100. Von Laer L.R.: Die klinische Bedeutung des posttraumatischen Rotationsfehlers nach Oberschenkelchaftfrakturen im Wachstumsalter, H. Unfallheilk. 158 (1982) 159.
101. Von Laer L.R.: Die supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter, Arch. Orthop. Traum. Surg. 95 (1979) 123.
102. Von Laer L.R.: Die supracondyläre Humerusfraktur im Wachstumsalter- Anatomie und Biomechanik, H. Unfallchirurg (1999) 272-273.
103. Von Laer L.R.: Frakturen und Luxationen im Kindesalter, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York (1986).

104. Von Laer L.R.: Frakturen und Luxationen im Kindesalter, Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York (1996).
105. Von Laer L.R., Gerber B., Jehle B.: Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen der distalen Tibia, Z. Kinderchir. 36 (1982) 125.
106. Von Laer L.R.: Grundsätzliches zur Diagnostik und Verlaufskontrolle kindlicher Frakturen und Luxationen, Ther. Umsch. 40 (1983) 920.
107. Von Laer L.R., Jakob-Frey H., Girard T., Kalin L.: Die Behandlung der Schafffrakturen der unteren Extremitäten aus der Sicht der Effektivität und der Effizienz. In Rahmanzadeh R., Breyer H.-G.: Verletzung der unteren Extremitäten bei Kindern und Jugendlichen, 8. Steglitzer Unfalltagung Springer Berlin (1990).
108. Von Laer L.R.: Klinische Aspekte zur Einteilung kindlicher Frakturen, insbesondere zu den traumatischen Läsionen der Wachstumsfuge Unfallheilkunde 84 (1981) 229.
109. Von Laer L.R., Knopf S.: Aufwand und Nutzen bei der Behandlung der supracondylären Humerusfraktur im Wachstumsalter - Resultat und Konsens aus einer retrospektiven multizentrischen Studie, Hefte zu der Unfallchirurg 272-273 (1999) B9 612-617.
110. von Laer L.R.: Skelettraumata im Wachstumsalter, H. Unfallheilkunde 166 (1983).
111. Von Laer L.R.: Spätfolgen nach Ellenbogenläsionen im Wachstumsalter – Ursache, primäre Therapie, Orthopädie 10 (1981) 264.
112. Von Volkmann R.: Die ischämischen Muskellähmungen und Kontrakturen, Zbl Chir 8 (1881) 801-803.
113. Weise K., Schwab E., Scheufele T.M.: Ellenbogenverletzungen im Kindesalter, Unfallchirurg 100 (1997) 255-269.
114. Wessel L.: Diagnostik der suprakondylären Oberarmfraktur, Hefte zu der Unfallchirurg, Kindertraumatologie B9 272-273 (1999) 598-607.
115. Wilde C.D., Lange Th., Hesse W., Goetz J.: Einfluß der Druckplattenosteosynthese auf das Längenwachstum im Tierversuch Langenbecks, Arch. Klin. Chir. Suppl. (1973) 95.
116. Voltz T., Gips- und Stützverbände leicht gemacht. Urban & Fischer (1996).

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. B. Höcht für die freundliche Überlassung des Themas und Herrn Dr. med. V. Rauh für die Betreuung bei der Durchführung und Ausarbeitung der Arbeit danken.

Mein ganz besonderer Dank geht an Sr. Brigitte und Ihr Team von Krankenschwestern und Pflegern der Station für Kinderchirurgie, der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg, die mir bei der Organisation und Durchführung der Nachuntersuchung große Hilfe geleistet haben.

Ein weiterer Dank geht an Frau Dr. Juliane Feurle, Herrn Carsten Gimmler mit seinen Eltern und Herrn Dr. med. V. Rauh, die sich der schwierige Aufgabe des Korrekturlesens gestellt haben.

Nochmals geht ein Dank an Herrn Carsten Gimmler, der mir besonders bei den immer wieder auftauchenden Computerproblemen geholfen hat.

Danken möchte ich Frau Barbara Frosch und Herrn Carsten Gimmler, die sich für einige Photographien als Demonstrationsmodelle zur Verfügung gestellt haben.

Besonders möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden danken, die mich über die ganze Zeit unermüdlich aufgebaut und unterstützt haben.