

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. A. Thiede

**BEHANDLUNG KINDLICHER SCHAFTFRAKTUREN
MITTELS INTRAMEDULLÄRER MARKRAUMSCHIENUNG**

Inaugural-Dissertation
Zur Erlangung der Doktorwürde
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Julia Wrede
aus Mettmann

Würzburg, Mai 2001

Referent: Professor Dr. med. B. Höcht
Korreferent: Professor Dr. med. A. Weckbach
Dekan: Professor Dr. med. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2001

Die Promovendin ist Ärztin

Meinen lieben Eltern

In Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1. Frakturen im Wachstumsalter.....	1
1.2. Besonderheiten bei Frakturen im Wachstumsalter.....	4
1.3. Die Entwicklung intramedullärer Osteosynthesemethoden.....	6
2. SPEZIELLE PROBLEMSTELLUNG	9
2.1. Biomechanik der Markraumschienung.....	9
2.2. Implantate und Instrumente.....	11
2.3. Operationstechnik, am Beispiel einer Oberschenkelfraktur.....	12
3. MATERIAL UND METHODE	14
3.1. Patientengut.....	14
3.2. Methode der Datenerfassung.....	14
4. ERGEBNISSE AUS DEM EIGENEN KRANKENGUT	17
4.1. Allgemeines.....	17
4.2. Einteilung nach Lokalisation der Fraktur.....	18
4.3. Fraktur des Oberschenkels.....	18
4.4. Fraktur des Unterarms.....	22
4.5. Fraktur des Oberarmes.....	25
4.5.1. Traumabedingte Frakturen.....	25
4.5.2. Pathologische Frakturen bei juveniler Knochenzyste.....	27
4.6. Fraktur des Unterschenkels.....	29
5. DISKUSSION	31
5.1. Fraktur des Oberschenkels.....	32
5.1.1. Aspekte zur Pathogenese.....	32
5.1.2. Ausführung der operativen Versorgung.....	34
5.1.3. Beurteilung des postoperativen Verlaufes.....	36
5.1.4. Bewertung der Nachuntersuchung.....	39
5.2. Fraktur des Unterarmes.....	40
5.3. Fraktur des Oberarmes.....	44
5.3.1 Traumabedingte Frakturen des Oberarms.....	44
5.3.2. Pathologische Frakturen bei juveniler Knochenzyste.....	45
5.4. Fraktur des Unterschenkels.....	48
6. ZUSAMMENFASSUNG	50
7. LITERATURVERZEICHNIS	52

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

Abb.	Abbildung
AO	Allgemeine Osteosynthese
ap	anterior-posterior
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
°	Grad
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
evt.	eventuell
etc.	et cetera
Hrsg.	Herausgeber
Kap.	Kapitel
m	Meter
o.g.	oben genannt
OP	Operation
s.o.	siehe oben
s.u.	siehe unten
Tab.	Tabelle
vgl.	vergleiche
zit. nach	zitiert nach

1. EINLEITUNG

Kinder sind in einer Zeit stark zunehmender Verkehrsdichte und immer größerer Mobilität vermehrt am Verkehrsgeschehen beteiligt und gehören somit häufig zu den in Unfallgeschehen verwickelten Personen.

Pro Jahr erleiden ca. 1,5 Millionen Kinder einen Unfall im Straßenverkehr, sowie auch bei Spiel und Sport. Die Hälfte der Verletzungen sind Knochenbrüche. Damit sind kindliche Frakturen ein häufiges Verletzungsbild (LAER1996).

Frakturen im Kindesalter haben ihre eigene Gesetzmäßigkeit. Das im Wachstum befindliche Skelett kann zum einen Fehlstellungen korrigieren und ausgleichen. Es weist eine schnellere Heilungstendenz auf als das Skelett des Erwachsenen. Zum anderen können aber auch Wachstumsstörungen in Form von Extremitätenverlängerungen, -verkürzungen und/ oder Achsenabweichungen entstehen. Gesteigertes Längenwachstum nach Schafffrakturen ist eine seit langem bekannte Tatsache.

Die Wahl der geeigneten Therapie war und ist meist nicht einfach, da die bisherige Frakturbehandlung bei kindlichen Schafffrakturen, ob konservativ wie auch operativ, oft nicht als kindgerecht eingestuft werden mußte.

Das Verfahren der intramedullären Osteosynthese, das die Markhöhle als Raum für eine innere Schiene benützt, hat in den letzten 50 Jahren gerade hinsichtlich der Fraktur im Kindesalter eine rege Entwicklung durchlaufen.

1977 wurde in Nancy das Konzept der elastisch stabilen Markschienung (ECMES: l'embrochage centro-medullaire élastique stable) eingeführt. Das Verfahren nach den Begründern **Prévot**, **Ligier** und **Metaizeau** kommt der Hauptforderung an die Therapie einer kindlichen Fraktur, „Restitutio ad integrum“, in möglichst kurzer Zeit und mit wenig Beeinflussung des Kindes sehr nah.

1.1. Frakturen im Wachstumsalter

Frakturen bei Kindern sind die zweithäufigste Traumafolge nach oberflächlichen Wunden. Kontusionen, Distorsionen oder Schädelverletzungen sind weitaus seltener

(LAER1996). Knaben sind doppelt so häufig betroffen wie Mädchen. Die Häufigkeitsverteilung in den Altersgruppen bis 16 Jahre ist weitgehend ausgeglichen. Nach einer Studie von Buckley und Mitarbeitern (BUCKLEY et al.1994) weisen 60 % der verletzten Kinder, die stationär aufgenommen wurden, eine isolierte Skelettverletzung auf. Bei den übrigen 40% liegen Begleitverletzungen vor, die sich wie folgt aufteilen:

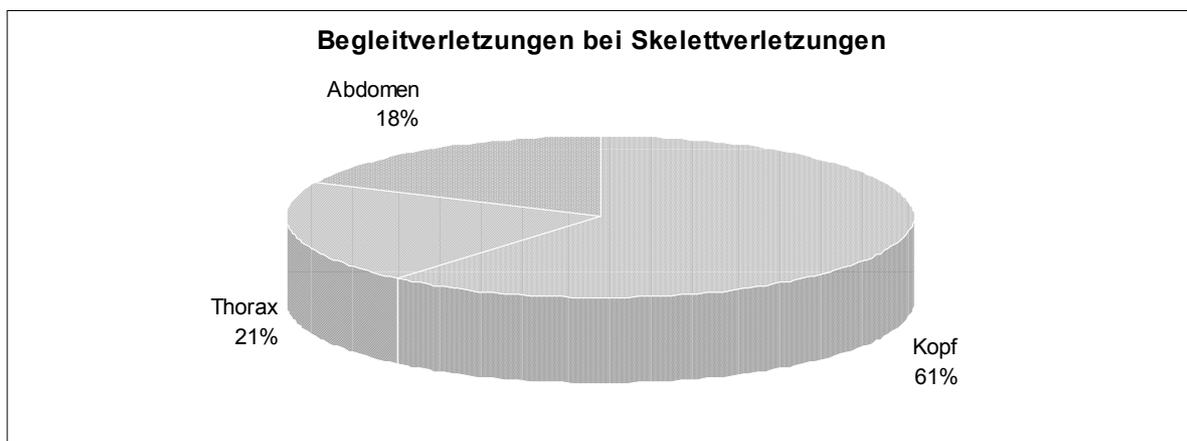


Abbildung 1.1 Begleitverletzung bei Skelettverletzung (Buckley et al.1994)

Die Unfallursache verteilt sich wie folgt :

- Stürze 34% (v.a. Frakturen der oberen Extremität)
- Fußgängerunfälle 34% (v.a. Frakturen der unteren Extremität)
- Verkehrsunfälle 13%
- Sportverletzungen 5%
- Fahrradstürze 5%
- Kindesmißhandlung 5%
- andere Verletzungen 4%

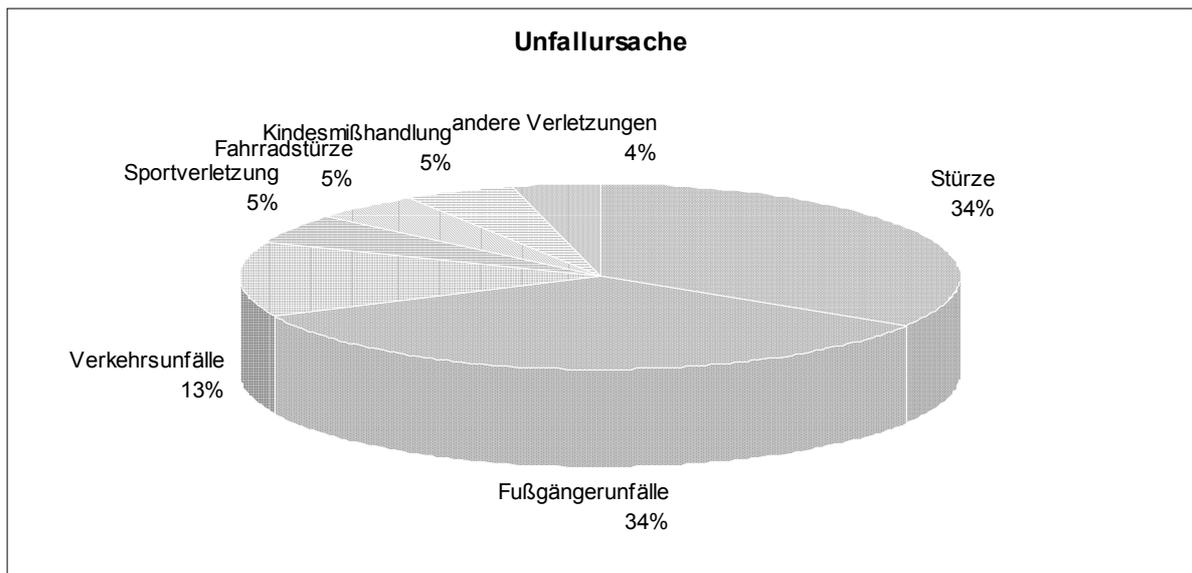


Abbildung 1.2. Unfallursache (Buckley et al.1994)

Die Verteilung der Frakturen bei langen Röhrenknochen:

Bei kindlichen Frakturen ist meist der diaphysäre Anteil betroffen (70%). Die obere Extremität ist dabei doppelt so häufig beteiligt wie die untere:

1. Radius	28%
2. Unterarm	23%
3. Humerus	15%
4. Femur	12%
5. Tibia	11%
6. Unterschenkel	5%
7. Ulna	4%
8. Fibula	2%

Die meta- und epiphysären gelenknahen Abschnitte sind nur in 30 % involviert. Ausgeglichen ist dabei das Verhältnis von oberer zu unterer Extremität.

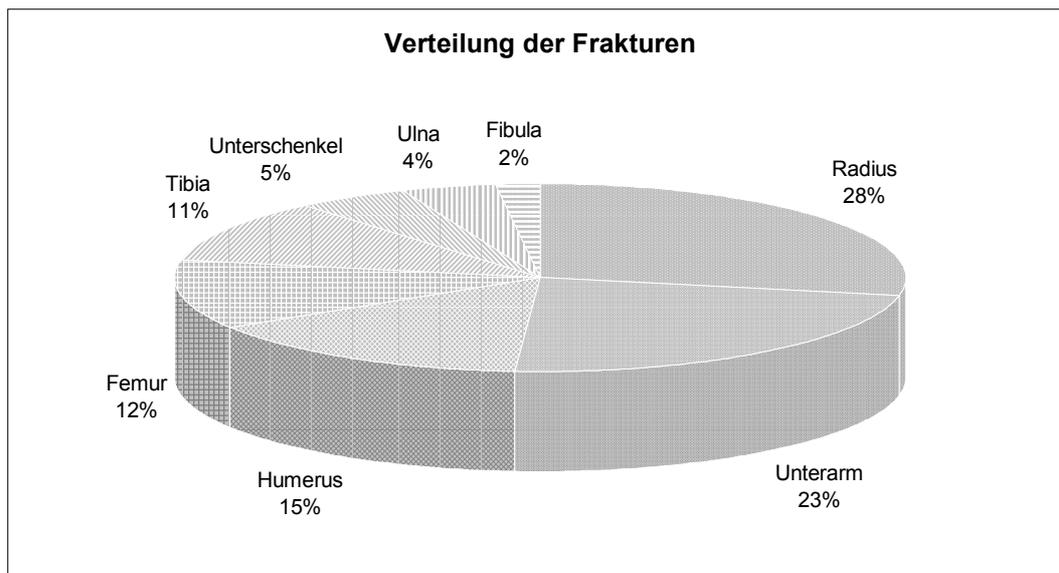


Abbildung 1.3. Verteilung der Frakturen (Buckley et al.1994)

1.2. Besonderheiten bei Frakturen im Wachstumsalter

Durch die Physiologie des wachsenden Knochens ergeben sich bei kindlichen Frakturen einige Besonderheiten (DIETZ1997). Ab dem Alter von vier bis fünf Jahren wird der elastische mesenchymale Geflechtknochen durch Lamellenknochen ersetzt. Diese mesenchymale Elastizität erlaubt Biegungsfrakturen und plastische Deformität. Mit zunehmender Umwandlung in Lamellenknochen, gekennzeichnet durch Mineralisation und Organisation der Knochenmatrix, nimmt die Steifheit des Knochens zu. Damit wird die Frakturform der erwachsenen Form immer ähnlicher. Neben den üblichen Formen der Quer-, Schräg- oder Spiralbrüche läßt sich so bei Kindern zusätzlich zwischen Frakturen mit vollständiger Kontinuitätsunterbrechung und unvollständiger Kontinuitätsunterbrechung (Grünholzfraktur, plastische Deformierung, Wulstfraktur, „Toddler“-fraktur) unterscheiden (DIETZ1997).

Die Frakturheilung verläuft an jedem Knochenabschnitt in einer festgelegten zeitlichen Reihenfolge. Beeinflusst wird dieser Ablauf von äußeren Umständen wie Weichteilverletzungen oder Immobilisation. Nach der Hämatombildung kommt es zur Entzündungsreaktion im Frakturgebiet, eingeleitet durch eine Vielzahl von humoralen Mediatoren. Kurz darauf wird durch die eingeleitete desmale Ossifikation schon wieder Knochen auf der Periostoberfläche gebildet. Diese Überbrückung ist bei

Kindern nach 2 Wochen schon so deutlich, daß Nachrepositionen zu diesem Zeitpunkt nur erswert gelingen. Bei der chondralen Ossifikation wird mehr Zeit benötigt, da zunächst mesenchymales Gewebe und Knorpelsubstanz aufgebaut wird. Dieses wird direkt wieder abgebaut und dadurch die Matrix zur Kalzifizierung vorbereitet. Kapillargefäße dringen durch die verkalkte Knorpelsubstanz. Nach Abbau des Knorpels bilden Osteoblasten Osteoid und beginnen mit der Knochensynthese. Die faserige Struktur des neugebildeten Knochens wird bald durch den mechanisch belastbaren Lamellenknochen ersetzt.

Im Kindesalter kommt der Remodellierungsphase des Knochens eine größere Bedeutung zu als bei Erwachsenen. Jedoch ist diese Phase altersabhängig, genauso wie die Dauer der Frakturheilung: je jünger das Kind, je näher die Fraktur an der Wachstumsfuge, je wachstumsaktiver diese ist, und je weniger die Achsenabweichung der normalen Bewegungsebene der benachbarten Gelenke ist, desto größer ist die Chance für eine spontane und vollständige Korrektur (DIETZ1997).

Da aber die Möglichkeiten der spontanen Korrektur nicht von vornherein abgeschätzt werden können, ist die Remodellierungsphase nur bedingt in das Therapiekonzept einzubinden. Besonders die untere Extremität darf in der Fähigkeit zur Selbstkorrektur nicht überschätzt werden.

Besonderheiten der Frakturbehandlung im Wachstumsalter

„Die Frakturbehandlung hat beim Kind die Restitutio ad integrum anzustreben. Wachstum und Korrekturpotenz tragen dazu beträchtlich bei, selbst dann, wenn das primäre Heilungsergebnis nicht optimal ist“ (WEBER1978). Beim Erwachsenen wird eine anatomisch exakte Reposition angestrebt, die oft nur operativ zu erreichen ist. Beim Kind können Achsenkorrekturen nach dislozierten Femurschaftfrakturen, die nicht exakt reponiert worden sind, im Lauf des Wachstums spontan erfolgen (WEBER1978,KEHRER1982,LAER1984). Das oberste Ziel einer Frakturbehandlung im Kindesalter lautet, das weitere Wachstum nicht zu stören und einen zum Wachstumsabschluß funktionell intakten Bewegungsapparat zu gewährleisten.

Die Vorstellung, daß sich am wachsenden Skelett Frakturfehlstellungen in gewissem Maße selbständig korrigieren, bewirkt jedoch teilweise eine zu große Akzeptanz von Fehlstellungen durch den Therapeuten und somit eine unzureichende Therapie. Andererseits stellt die kritiklose Übernahme von Operationsverfahren der

Erwachsenentraumatologie bei kindlichen Frakturen eine Gefährdung des Knochens dar. Durch Verletzung des Knochenmarks und/oder der Wachstumsfugen kann es zu Wachstumsstörungen oder Defektheilung kommen.

Die Forderung nach einer kindgerechten Osteosynthese besteht seit langem. Viele Chirurgen und Orthopäden entwickelten Methoden oder eine Modifikation derselben. Das Bestreben, vorhandene Operationsmethoden abzuändern und neue Verfahren zu entwickeln, ist stets ein Zeichen dafür, daß die Behandlungsergebnisse vielfach nicht befriedigend sind (LAER1983).

1.3. Die Entwicklung intramedullärer Osteosynthesemethoden

Die Wegbereiter der modernen und heute verwendeten intramedullären Marknagelung waren die Brüder **Rush**, die erstmals 1936 die Ulna bei einer Monteggia- Fraktur mit einem Nagel stabilisierten.

Noch früher, 1848, machte **Dieffenbach** den Vorschlag, die Frakturrenden mit Elfenbeinstiften zu verbinden. 1860 folgten weitere Versuche durch **Nussbaum** osteosynthetisch mit Knochenspänen zu arbeiten (BÖHLER1937). Anfänglich wurde auch tierischer Knochen, entweder frisch oder präpariert, verwendet (GLUCK1990). Um die Jahrhundertwende trat die Osteosynthese gegenüber der konservativen Therapie weiter in den Vordergrund, dazu trugen vor allem die Erkenntnis über das Wesen der Asepsis durch **Lister** im Jahre 1860 und die verbesserte Diagnostik mit Hilfe der **Röntgen**-technik bei. Verschiedene Metallimplantate wurden in der folgenden Zeit beidseits des Atlantiks an unterschiedlichen Frakturen erprobt, nachdem **Hey- Groves** 1913 eine Arbeit über die Gewebeverträglichkeit von Metallimplantaten verfaßt hatte (HEY-GROVES1913). 1918 stabilisierte er Femurfrakturen mit dicken Metallstiften (LANGE1963).

Im Jahr 1932 wurde zum ersten Mal das Verfahren der Drahtspickung nach **Kirschner** veröffentlicht, bei dem die Drähte direkt eingebohrt wurden. **Küntschner** stabilisierte im Herbst 1939 einen Oberschenkelbruch mit einem von ihm erdachten Nagel.

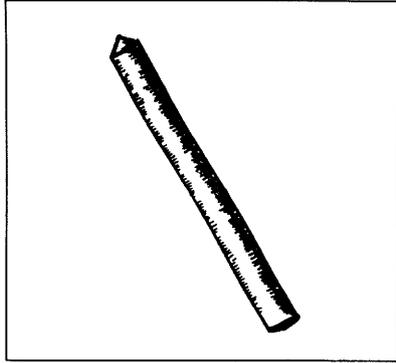


Abbildung 1.4. Knochenmarkstift nach Hey-Groves (Hey-Groves1913)

Hackethal führte schließlich 1961 die Stabilisierung von Humerusfrakturen durch das Einführen von Drähten ein. Die sogenannte Bündelnagelung entstand. Es „...entwickelte sich schließlich die Idee, zur Nagelung nur dünne elastische Stahlnägel zu benutzen und von der Seite her so viele in den Markraum einzuführen, daß der Querschnitt voll aufgefüllt wurde...“ (HACKETHAL1961).

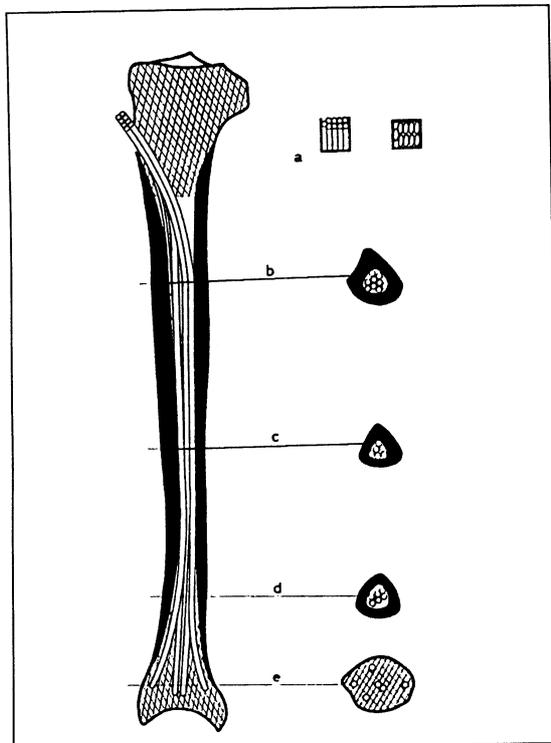


Abbildung 1.5. Prinzip der Bündelnagelung an der Tibia (Hackethal1961)

Ender und **Simon-Weidner** entwickelten im Jahr 1970 aus dem Prinzip des Kondylennagels nach Küntscher die sogenannte Ender-Nagelung: Zur Stabilisierung von pertrochanteren und subtrochanteren Frakturen werden drei bereits vorgebogene flexible Rundnägel ohne Eröffnung der Fraktur in den medialen aber auch in den lateralen Epikondylus femoris eingeschlagen und über den Markraum bis in den Schenkelkopf vorgetrieben. Dazu erläutert Ender: „Demgegenüber (dem Kondylennagel) sehen wir die Vorteile unseres Verfahrens darin, daß die fächerartige Verteilung der Nägel im zentralen Kopfhalsfragment einen vorzüglichen Halt gibt...“(ENDER1970).

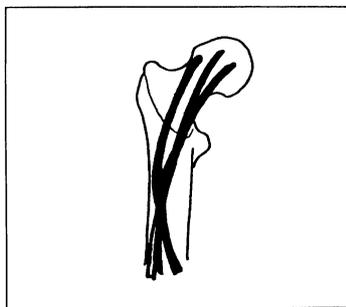


Abbildung 1.6. Fächerartige Verteilung der Ender Nägel im Schenkelkopfhalsfragment

Aus den zuletzt genannten Techniken, der Ender-Nagelung und der Bündelnagelung nach Hackethal entwickelten Metaizeau, Ligier und Prévot im Jahr 1977 die Methode der elastisch stabilen Markschienung. Auf diese wichtige Entwicklung wird im folgenden Kapitel eingegangen.

2. SPEZIELLE PROBLEMSTELLUNG

Im Jahr 1977 führten **Metaizeau**, **Prévo**t und **Ligier** die elastisch stabile intramedulläre Schienung (ECMES: l'embrochage centro-medullaire élastique stable) einer Oberschenkelschaftfraktur in der kinderchirurgischen Klinik von Nancy/ Frankreich ein. Wie die Mitbegründer Metaizeau und Ligier in ihrem Artikel aus dem Jahr 1988 schrieben, wurde die Methode von dem Prinzip des elastischen Ender-Nagels nach Ender und Simon-Weidner und von anderen Methoden der intramedullären Fixierung abgeleitet (METAIZEAU1984). Eine erste öffentliche Vorstellung erfolgte auf dem „Congrès de' Chirurgie infantile de Nancy“ im Jahr 1982. Ligier überblickte bereits 1985 ein Patientengut von 170 Kindern, deren Schaftfrakturen an Arm und Bein mit der ECMES behandelt wurden (LIGIER1985).

2.1. Biomechanik der Markraumschienung

Das Therapieprinzip beruht auf der Tatsache, daß bei Kindern die Heilung der Fraktur vom Periost ausgeht. Durch die Verkalkung des Frakturhämatoms entsteht ein Kallus. Durch kleinste Kompressions- und Dekompressionsbewegungen, sowie durch rasche Wiederaufnahme der Muskelaktivität wird die Konsolidierung der Fraktur beschleunigt. Im Gegensatz dazu bewirkt eine operative Freilegung des Bruches mit langer Immobilisation eine Verzögerung der Konsolidierung. Diese Gründe waren ausschlaggebend für die Entwicklung der stabilen, elastischen Schienung. Die Technik ist bei allen diaphysären und metaphysären Brüchen anwendbar. Das Prinzip der ECMES beruht im wesentlichen auf dem scheinbaren Widerspruch einer „elastisch stabilen“ Fixation durch Markraumschienung. Durch Implantation von zwei sich bogenförmig kreuzenden Schienen werden die an der Fraktur auftretenden Zug- und Scherkräfte, die die Brückenbildung zwischen den Fragmenten negativ beeinflussen und somit die Heilung verzögern, in axiale Richtung umgeleitet.

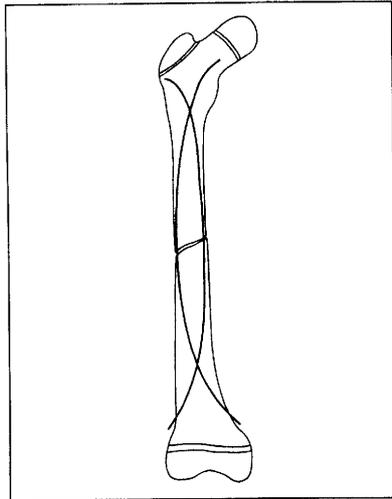


Abbildung 2.1. Prinzip der ECMES (Linhart1992)

Die axiale Kraft T, Abb.2.2, die durch den Tonus der Muskulatur entsteht und sich auf die intrafragmentäre Kompressionskraft C aufteilt, sowie zwei Kräfte, eine gleitende und eine scherende, die versuchen, die Fraktur in die Richtung ihrer lateralen Komponenten L zu verschieben, sind die auf die Bruchstelle einwirkenden Kräfte. Der sich in je drei Punkten auf dem Knochen abstützende Stift, läßt eine Kraft R entstehen, die der sägenden Kraft L entgegenwirkt. So verbleiben nur axiale Kräfte, die bei frühzeitiger Belastung zu einer mächtigen Kallusbildung führen und somit eine frühe Konsolidierung der Fraktur provozieren. Durch eine Reihe experimenteller Arbeiten (FIRICA et al.1981;GOOSHIP1985;MCKIBBIN1978) wurde dies eindrucksvoll demonstriert. Durch die Eigenelastizität der Stifte besteht eine geringe Rotationsinstabilität, diese läßt minimale Wackelbewegungen zu. Die ausgezeichnete Kallusbildung bei der ECMES deutet darauf hin, daß Minimalrotationen der Fraktarenden einen besonderen Kallusreiz darstellen (LINHART et al.1992). Die ECMES kann als eine Methode beschrieben werden, die durch Polarisierung und daher Optimierung der an den Fraktarenden wirkenden Kräfte zur Konsolidierung führt.

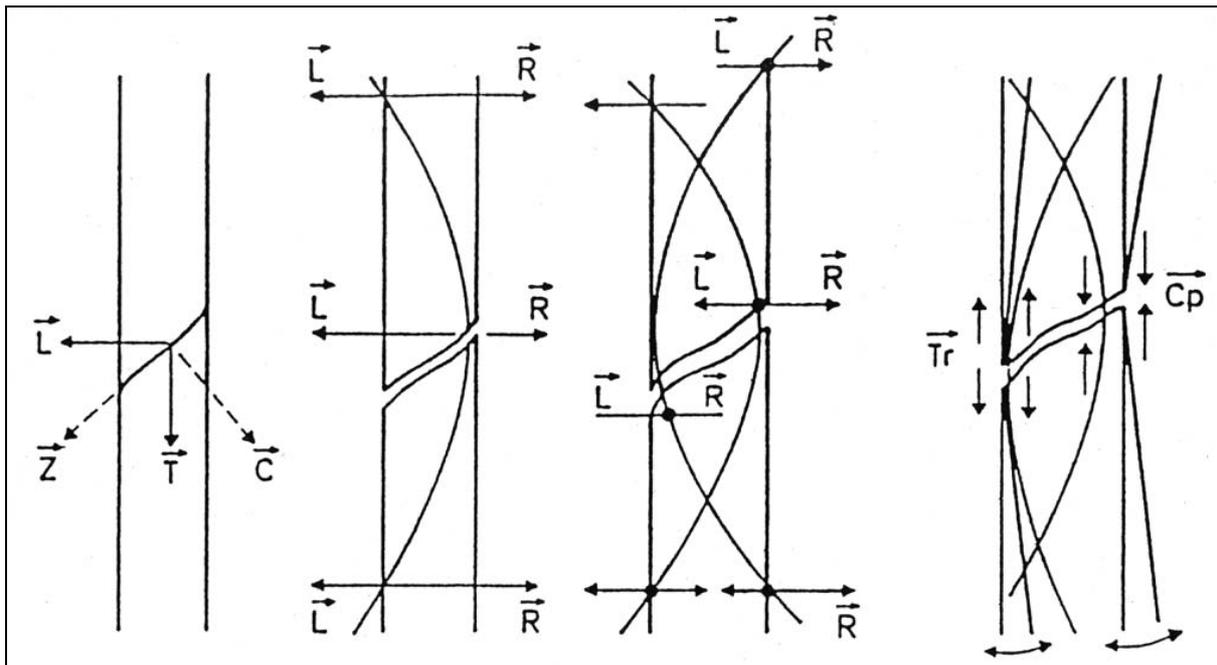


Abbildung 2.2 Biomechanisches Prinzip der ECMES (Christinaz1994)

2.2. Implantate und Instrumente

Die Nägel für die Markraumschienung bestehen aus Titan oder Stahl. Die Länge und der Durchmesser der Implantate richtet sich nach dem Alter des Kindes und dem Markraum des frakturierten Knochens. Folgende Titanstifte werden verwendet:

Oberschenkel:	Durchmesser 3,0 bis 4,0 mm
Unterschenkel:	Durchmesser 3,5 mm
Oberarm:	Durchmesser 1,5 bis 2,5 mm
Unterarm:	Durchmesser 2,0 bis 2,5 mm

Ein Nagelende ist auf einer Strecke von 2 cm schnabelförmig um 45° abgewinkelt. Vor der Implantation kann der Titannagel durch plastische Deformation in eine andere Form gebracht (manuell gebogen) werden. Anschließend werden ein Pfriem zum Vorbohren, ein Handbohrfutter und ein Ein- bzw Ausschlaghammer benötigt. Zur Kontrolle der Lage der Implantate ist ein Bildwandler unerlässlich.

2.3. Operationstechnik

Die Operationstechnik wird am Beispiel einer Oberschenkelfraktur dargestellt: Der Patient wird auf dem Extensionstisch gelagert, die nicht betroffene Extremität zur Durchleuchtung abgespreizt. Es erfolgt dann die exakte Reposition der Fraktur noch vor Operationsbeginn. In Höhe der Metaphyse, an der von der Fraktur am weitesten entfernten Stelle, erfolgt eine circa 2 cm lange Hautinzision. Dann wird eine Öffnung mit dem Pfriem schräg in den Knochen gebohrt.

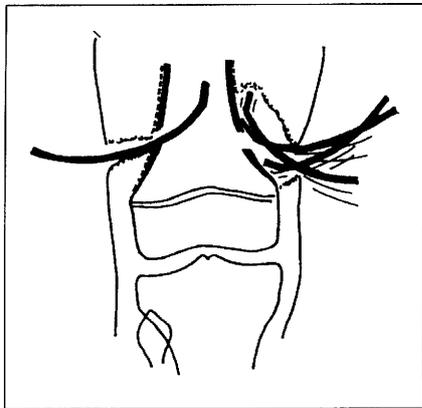


Abbildung 2.3. Links: Problemloser Eintritt der vorgeschränkten Nagelspitze durchs Knochenfenster. Rechts: Ein zu weit angelegter Zugang verhindert ein leichtes Auffinden des Knochenfensters (Metaizeau1984)

Der vorher, wie oben geschildert, präparierte Titannagel wird unter Bildwandlerkontrolle in den Knochenmarkskanal vorgeschoben und unter Beachtung der Reposition mit leichten Schlägen auf das Nagelende in den Knochen vorgetrieben. Die Reposition kann intraoperativ durch Rotation der Nagelspitze gehalten oder korrigiert werden. Anschließend wird die Nagelspitze in die dichte metaphysäre Spongiaschicht vorgeschoben, wo sie sich spontan blockiert. Der zweite Nagel wird auf der gegenüberliegenden Seite des Knochens auf gleiche Weise eingeführt. Anschließend werden die Nägel bei Überlänge gekürzt. Auf die Nagelenden werden Silikonschutzkappen gestülpt.

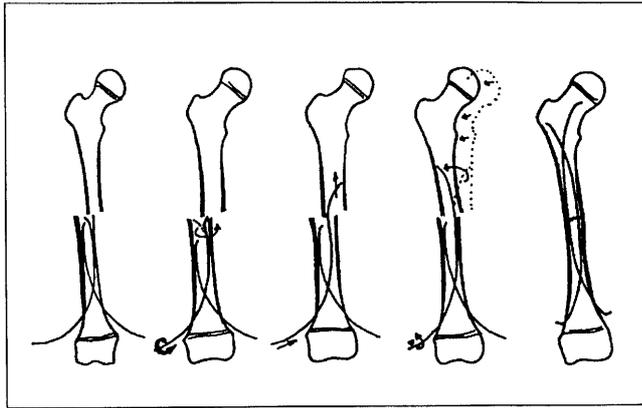


Abbildung 2.4. Operationstechnik der ECMES nach Metaizeau (Metaizeau1984)

In der Nachbehandlung erfolgt eine Schaumstoff-Schienen-Behandlung. Ruhigstellung ist nicht indiziert. Muskelaktivität sollte sofort aufgenommen werden. Eine Teil- und anschließende Vollbelastung ist schnell möglich. In der Regel sind die Patienten nach wenigen Tagen wieder gehfähig und können nach Hause entlassen werden.

Die ersten Publikationen bestätigen Prévot durch gute Behandlungsergebnisse bei kurzem Krankenhausaufenthalt.

1991 wurde die Behandlung kindlicher Schafffrakturen mittels intramedullärer Markraumschienung an der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg eingeführt. Eine Nachuntersuchung im Jahr 1996 soll anhand der Operationsergebnisse die Indikation und Berechtigung der Methode überprüfen.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Patientengut

In der Kinderchirurgie der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg wurden zwischen Dezember 1991 bis Januar 1996 54 Kinder mit Frakturen des Femurs, des Humerus, des Unterschenkels oder des Unterarms operativ mit der ECMES-Methode versorgt.

5 der Patienten waren inzwischen unbekannt verzogen oder in ihr Heimatland zurückgekehrt, so daß eine Nachuntersuchung nicht möglich war und man von einer Aufnahme ins Patientenkollektiv absehen mußte.

3.2. Methode der Datenerfassung

Nach gründlichem Studium der Krankenakten und Überprüfung der letzten Röntgenverlaufskontrollen wurden 49 Patienten in der Universitätsklinik Würzburg nachuntersucht.

Folgende Kriterien wurden dabei berücksichtigt:

I. Fragen zur Person:

1. Alter und Geschlecht des Patienten

II. Fragen zur Fraktur

1. Betroffene Extremität
2. Unfalltag und Unfallursache
3. Isolierte Fraktur oder Polytrauma
4. Geschlossene oder offene Fraktur
5. Frakturklassifikation (Frakturlokalisierung)

III. Fragen zur Operation

1. Zeitpunkt der Operation nach dem Unfall
2. OP-Dauer
3. Blutverlust

4. Eintrittsort der Nägel
5. Durchmesser der Nägel
6. Verwendung von Schutzkappen
7. Komplikationen, intraoperativ

IV. Fragen zur stationären Behandlung

1. Dauer
2. Zeitpunkt der Teilbelastung
3. Zeitpunkt der Vollbelastung
4. Komplikationen

V. Fragen zur Zeit **nach** der stationären Behandlung

1. Beobachtungszeitraum
2. Zeitpunkt der Metallentfernung
3. Narbenverhältnisse
4. Allgemeinbefinden
5. Komplikationen

VI. Röntgen (Beurteilung der letzten Aufnahme im Behandlungszeitraum; auf Neuaufnahmen wurde aus Strahlenschutzgründen verzichtet.)

Bei der Nachuntersuchung in der Kinderchirurgie wurden zunächst folgende Fragen gemeinsam mit den Eltern und den kleinen Patienten geklärt:

1. Zeitpunkt der Teilbelastung
2. Zeitpunkt der Vollbelastung
3. Rückkehr in die Schule/ Kindergarten
4. Wiederaufnahme von Hobbys und/ oder (Schul-) Sport
5. Sonstige Komplikationen
6. Fragen zum aktuellen Zustand
 - a. Zustand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Schmerzen, Schonung, Bewegungseinschränkung, Längendifferenzen)
 - b. Narbe (Form, Größe, Juckreiz, kosmetisch störend)
 - c. subjektives Operationsergebnis

Im Anschluß an die Befragung erfolgte die Untersuchung nach folgendem Schema:

1. Messung der Beweglichkeit der benachbarten Gelenke auch im Seitenvergleich
(nach Neutral-Null-Methode)
2. Messung des Extremitätenumfangs beidseits
3. Überprüfung von evt. Längendifferenzen
4. orientierende neurologische Untersuchung

4. ERGEBNISSE AUS DEM EIGENEN KRANKENGUT

4.1. Allgemeines

Im Zeitraum von Dezember 1991 bis Januar 1996 wurden in der Kinderchirurgie 55 kindliche Schafffrakturen mit der elastischen intramedullären Nagelung versorgt. 49 Kinder erschienen zur Nachuntersuchung. Ein Junge erlitt sowohl eine Oberschenkel- als auch eine Unterschenkelfraktur bei einem Verkehrsunfall. Die männlichen Patienten überwogen mit 35 von 49 Fällen, was eine Geschlechterverteilung von 3:1 ergibt. Die 49 untersuchten Kinder befanden sich zum Zeitpunkt des Unfalls im Alter zwischen 3 und 15 Jahren (Median 9 Jahre). 45 von ihnen erlitten einen Unfall. Bei den verbleibenden vier Kindern kam es zu Spontanfrakturen aufgrund juveniler Knochenzysten im Humerus.

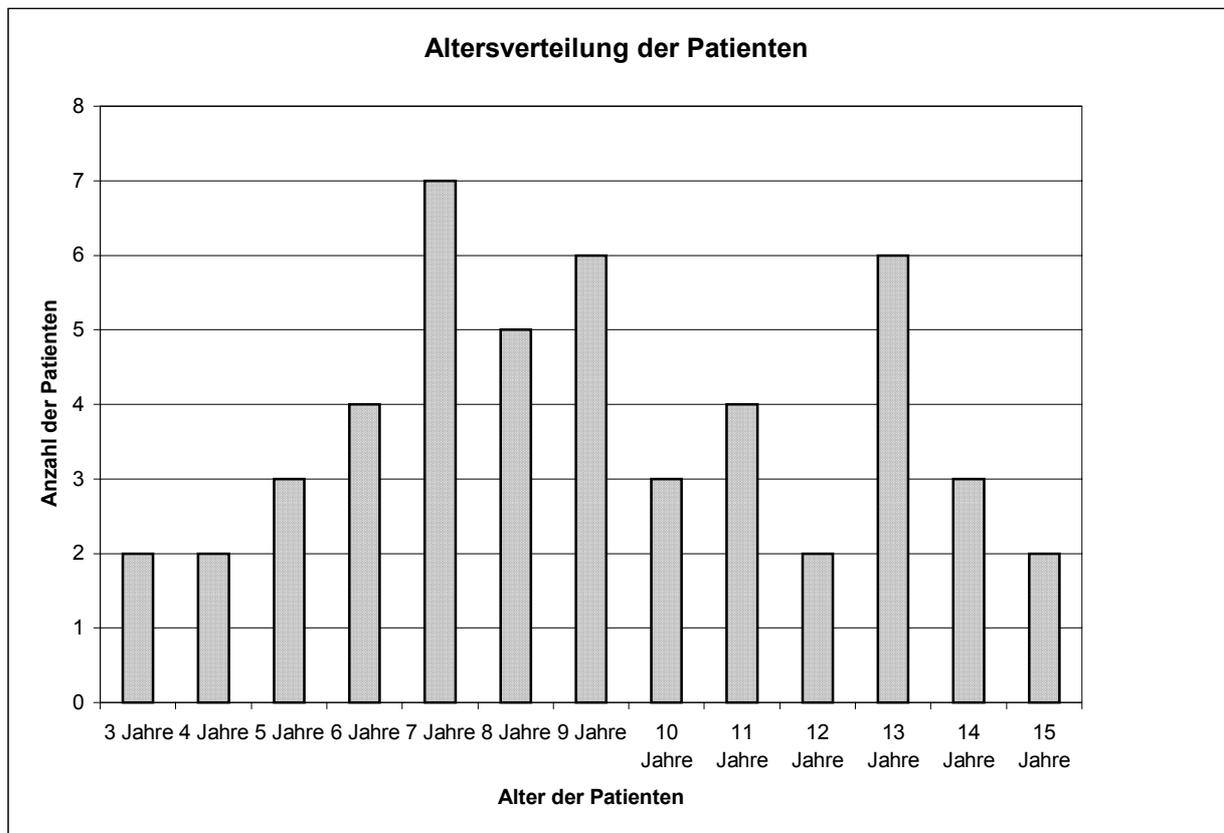


Abbildung 4.1. Altersverteilung der Patienten

4.2. Einteilung nach Lokalisation der Fraktur

1. Fraktur des Oberschenkels (OS) 23
2. Fraktur des Unterarms (UA) 15
3. Fraktur des Oberarms (OA) 10
4. Fraktur der Unterschenkel (US) 2

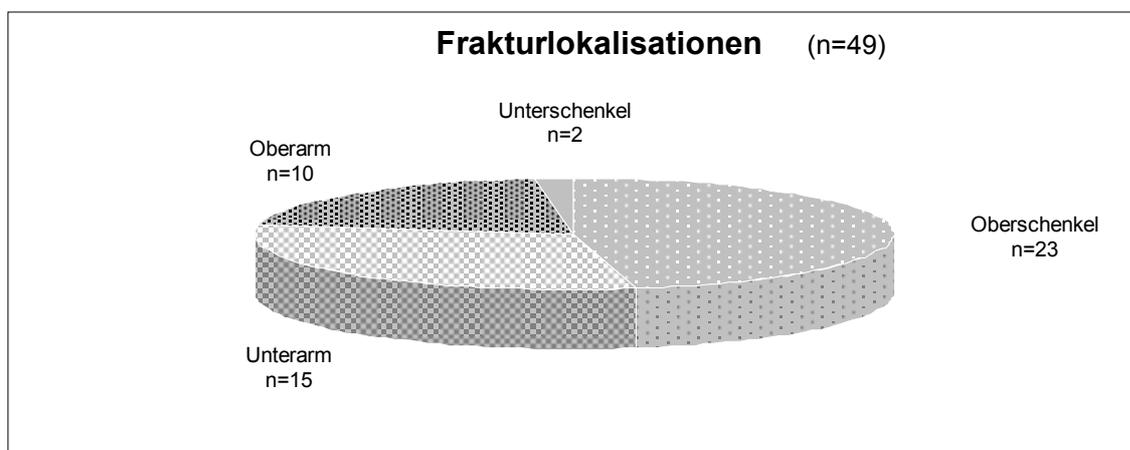


Abbildung 4.2. Häufigkeit der Frakturlokalisationen, (n=49 Patienten, ein Patient erlitt zwei Frakturen)

4.3. Fraktur des Oberschenkels

In dem Untersuchungskollektiv fanden sich 23 Patienten mit einer Fraktur des Femurs. 15 Brüche betrafen das linke Femur und acht das rechte Femur. Das Unfallereignis betraf 17 Jungen und sechs Mädchen zwischen vier und 15 Jahren (Median acht Jahre). In acht Fällen fand das Ereignis im Straßenverkehr und fünfzehnmal bei Freizeitaktivitäten statt.

Die Frakturen betrafen sechsmal das proximale Drittel des Oberschenkels, 12 mal das mittlere Drittel, dreimal das distale Drittel und zweimal den Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel des Oberschenkels. Es fanden sich zwei offene Frakturen (Grad-I nach AO-Klassifikation), bei denen es zur oberflächlichen Weichteilverletzung kam.

LOKALISATION	ANZAHL
proximales Drittel	6
mittleres Drittel	12
distales Drittel	3
Übergang proximales-mittleres Drittel	2

Abbildung 4.3. Lokalisation der Oberschenkelfrakturen

Zwei Kinder waren wegen eines Schädel-Hirn-Traumas primär nicht operationsfähig, und wurden daher zunächst konservativ mittels Overhead-Extension behandelt.

Unter den Verletzten waren zwei Polytraumapatienten, die postoperativ jeweils drei Tage intensivpflegepflichtig waren: ein Patient nach Verkehrsunfall mit Commotio cerebri, zweifacher Beckenfraktur, Clavicula- und Tibiafraktur. Ein weiterer Patient erlitt bei einem Autounfall ebenfalls eine Commotio cerebri, eine Lendenwirbelkörper-III-Fraktur und eine Humerusfraktur.

Operation:

Hauptsächlich erlitten die Kinder nachmittags in ihrer Freizeit ihren Unfall. Vier Patienten wurden noch am Unfalltag operiert. Der Großteil, zwölf Kinder, wurden am folgenden Tag operiert, sechs Kinder zwei Tage später und ein Kind drei Tage später.

Operationzeitpunkt	Anzahl der Operationen
Unfalltag	4
1.Tag posttraumatisch	12
2.Tag posttraumatisch	6
3.Tag posttraumatisch	1

Abbildung 4.4 Operationszeitpunkt nach Unfall

Die OP-Dauer betrug im Median 60 Minuten.

Es wurden jeweils zwei Titannägel im Durchmesser von 3,0 mm bis 4,0 mm in das frakturierte Femur eingebracht.

Bei keinem der Kinder konnte ein nennenswerter Blutverlust festgestellt werden.

In allen Fällen wurde zunächst der Zugang durch eine Inzision oberhalb des medialen Femurkondylus gewählt. In einem Fall war dieser Zugang nicht möglich, lediglich ein Nagel wurde durch eine Inzision oberhalb des lateralen Femurkondylus in den Knochen eingebracht. Silikonschutzkappen wurden in 15 Fällen auf die Nagelenden zum Weichteilschutz angebracht .

Krankenhausaufenthalt:

21 Patienten blieben sieben bis achtzehn Tage in der Klinik (Median 13 Tage), die beiden Polytraumapatienten sieben bzw. acht Wochen.

Mit Unterarmgehstützen wurde je nach Weichteilverhältnissen und Compliance ab dem ersten bis 11. Tag teilbelastet (Median siebter Tag).

Ein fünfjähriges Mädchen begann am dritten Tag wieder voll zu belasten, bis sechs Wochen post-OP belasteten alle Kinder ihr Bein wieder im normalen Maße (Median vier Wochen).

Komplikationen:

Ein Junge mit erworbener Klebsiellen-Sepsis wurde nach Austestung antibiotisch behandelt. Nach 22 Tagen wurde er beschwerdefrei nach Hause entlassen. Desweiteren erhielten die zwei Kinder mit den offenen Frakturen eine Antibiotikaphylaxe. Es kam zu keiner Infektion.

Zwei weitere Kinder erhielten perioperativ ein Cephalosporin, da sich bei Problemen mit dem Vorschieben der Nägel eine verlängerte OP-Dauer ergab. Auch hier trat eine Infektion nicht auf. Bei zwei Kindern kam es postoperativ zu einer starken Schwellung des Beines, die jedoch unter konservativen Maßnahmen sistierte.

Bei drei Patienten kam es im Rahmen der Mobilisation zur Dislokation eines Nagels. In zwei Fällen wurde der Nagel operativ ein bis zwei cm gekürzt, bei dem anderen Kind reichte ein Nachschlagen des Nagels in den Knochen aus.

Ausnahmen bei der Mobilisation bildeten die Patienten, die zusätzliche Frakturen bei ihren Unfällen erlitten: Zum einem der Junge mit einem Beckenbruch und ein anderer mit einer Tibiafraktur an dem selben Bein. Sie konnten nach zwei bis drei Wochen wieder teilbelasten und waren nach sechs Wochen wieder im normalen Umfang mobil.

Ein Junge mit einem konservativ behandelten Lendenwirbelbruch konnte erst wieder nach sieben Wochen auf Gehstützen teilbelasten. Nach zehn Wochen belastete auch er sein Bein wieder normal.

Eine schwerbehinderte Patientin (Trisomie 8, Spastik, Epilepsie) konnte nur im Gehwagen mobilisiert werden. Sie befand sich hinsichtlich ihrer Mobilisation nach drei Monaten wieder in ihrem Ausgangsbefund.

Poststationärer Verlauf:

21 Kinder mit Oberschenkelfrakturen konnten aufgrund ihrer Behandlung zehn Tage bis vier Wochen nicht zur Schule oder in den Kindergarten gehen (Median drei Wochen). In ihren Hobbies oder im Schulsport haben sie vier bis zwölf Wochen pausiert. Ausnahmen bildeten wieder die beiden Multitraumapatienten, die erst nach acht, bzw. neun Wochen zur Schule gingen. Acht Monate nahmen die beiden nicht am Schulsport teil, bzw. gingen ihren Hobbies nicht nach. Vier Jungen mit Freizeitsportarten wie Judo, Fußball oder Handball nahmen erst nach der Metallentfernung sportliche Aktivitäten wieder auf.

Metallentfernung:

Nach zwei bis acht Monaten (Median fünf Monate) wurden die Kinder zur Metallentfernung in Allgemeinanästhesie einbestellt, zu der sie zwei bis vier Tage stationär aufgenommen wurden. Bei einem Jungen mußten die Nägel bereits nach sieben Wochen wegen Weichteilirritationen entfernt werden.

Nachuntersuchung:

Im Median kamen die Patienten nach 32 Monaten zur Nachuntersuchung. Der Beobachtungszeitraum lag zwischen 14 und 56 Monaten.

Die letzten Röntgenaufnahmen der Patienten sind in drei Fällen vor der Metallentfernung angefertigt, in den anderen danach. Es zeigen sich bei 17 Patienten eine gänzliche Durchbauung und eine gute Achsenstellung. Die sechs anderen Fälle zeigen eine gute Durchbauung mit einer geringen Achsenabweichung. Diese Abweichungen fanden sich einmal im Sinne einer Varusstellung von 10°, dreimal im Sinne einer vermehrten Antekurvation von 10° sowie einer Valgusstellung von 5-10° und in einem Fall im Sinne einer Rekurvation von 18°.

Wie die körperliche Untersuchung zeigte, waren die röntgenologischen Fehlstellungen ohne klinische Relevanz.

Vor der klinischen Untersuchung gaben alle 23 Patienten anamnestisch an, keine Beschwerden seit der Metallentfernung zu haben. Auch die Eltern vermochten keine Beschwerden oder Einschränkungen bei ihren Kindern festzustellen.

Bei keinem der untersuchten Kinder fanden sich Bewegungseinschränkungen. Das Gangbild war unauffällig. Die Beweglichkeit der angrenzenden Hüft- und Kniegelenke war funktionell frei, gemessen nach der Neutral-Null-Methode, und seitengleich. Ausnahmen bildeten ein Junge mit einer Muskeldystrophie Typ Kiener-Becker und das schwerbehinderte spastische Mädchen. Sie wiesen funktionelle Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit auf, die jedoch nicht nur die angrenzenden Gelenke des Frakturbereichs betrafen.

Beinlängendifferenzen fanden sich bei fünf kleinen Patienten, sie beliefen sich auf 0,5 - 2 cm zugunsten der frakturierten Seite. In zwei Fällen war das betroffene Bein zwei cm länger, wobei hier in einem Fall der Muskeldystrophie dies keine Rolle spielte. Bei den drei weiteren Patienten betrug die Differenz 0,5 –1 cm.

Bei einem Mädchen war klinisch eine Außenrotationsstellung des frakturierten Beines zu beobachten, radiologisch (in ap- und seitlicher Aufnahme) war der Befund unauffällig. Bei allen Patienten fanden sich gute Narbenverhältnisse. Die zwei bis drei cm langen Narben waren alle reizlos und kosmetisch vertretbar. An den Nagel-Einschlagstellen wurden keine Serome beobachtet.

4.4. Frakturen des Unterarms

Von insgesamt 15 Frakturen im Bereich des Unterarms fanden sich 12 Brüche des Radius **und** der Ulna, zwei Radiusköpfchenfrakturen und in einem Fall eine isolierte Fraktur des Radius in Höhe der Schaftmitte. 10 Jungen und fünf Mädchen im Alter von drei bis 15 Jahren verletzten sich bei Stürzen auf den Arm. In fünf Fällen handelte es sich um Refrakturen. Bei zwei Kindern fand sich eine offene Fraktur.

Operation:

Bei acht Patienten wurde zunächst konservativ behandelt. Ein Kind wurde drei Tage nach dem Unfall operiert, drei Kinder nach zwei Tagen und drei Patienten am Folgetag des Unfalles.

Die beiden Kinder mit der offenen Fraktur erhielten präoperativ eine Antibiotikaprophylaxe.

Die OP-Dauer betrug zwischen 30 und 95 Minuten (Median 50 Minuten). Ein nennenswerter Blutverlust konnte bei keinem der Patienten festgestellt werden. Bei sechs Frakturen (zwei Radiusköpfchenfrakturen, zwei isolierte Radiusfrakturen, zwei Unterarmfrakturen) wurde nur ein Nagel verwendet, bei den neun übrigen Frakturen wurde jeweils ein Nagel in die Ulna und ein Nagel in den Radius eingebracht. Der Durchmesser der Nägel betrug entweder 2,0 mm (13 mal verwendet) oder 2,5 mm (10 mal verwendet). Der Zugang bestand klassischerweise einmal nach einer Inzision am distalen Radius und/ oder nach einer Inzision an der proximalen Ulna.

Am Radius wurde nur einmal eine Schutzkappe verwendet, an der Ulna wurde in drei Fällen eine Plastikkappe aufgestülpt. In den anderen Fällen wurden die Nagelenden umgebogen.

Komplikationen:

In fünf Fällen gestaltete sich das Vorschieben besonders über die Frakturrenden als sehr schwierig (Nagelbruch in einem Fall). In zwei dieser Fälle mußte daher eine offene Reposition durchgeführt werden. Hier wurde ein Cephalosporin perioperativ gegeben.

Krankenhausaufenthalt:

Drei bis 11 Tage (Median sieben Tage) blieben die Patienten stationär. Mit einer Gipsschiene, die zur Schonung der Weichteile und gegen Schmerzen angepaßt wurde, begannen alle Kinder direkt mit der Mobilisierung. Zwei Patienten erhielten einen BayCast®-Kunststoffverband.

In keinem Fall kam es zu einer Infektion der Wunde oder des Knochens.

Poststationärer Verlauf:

Nach vier bis sieben Wochen (Median vier Wochen) wurde der Arm von den Kindern wieder vollbelastet. Die Kinder fehlten zwischen drei und 14 Tagen in der Schule (Median acht Tage) und konnten für drei bis sechs Wochen ihren Hobbies nicht nachgehen (Median vier Wochen).

In vier Fällen waren die Patienten bei Bewegungen durch Schmerzen durch den Nagel so beeinträchtigt, daß sie bis zur Metallentfernung mit der Ausübung ihres Hobbys (Handballspielen, Rollerbladen, Tennis) warten mußten.

Metallentfernung:

Nach vier bis 30 Wochen (Median fünfzehn Wochen) wurden die Kinder zur Metallentfernung in Allgemeinanästhesie einbestellt, zu der sie ein oder zwei Tage stationär in der Klinik waren.

Nachuntersuchung:

Zur Nachuntersuchung kamen die Kinder im Median nach 21 Monaten, insgesamt beträgt der Beobachtungszeitraum zwischen 10 und 48 Monate.

Vor der klinischen Untersuchung gaben 13 Kinder an, seit der Metallentfernung keine Beschwerden zu verspüren. Auch die befragten Eltern konnten keine Beschwerden oder Einschränkungen ihres Kindes feststellen.

Zwei Patienten erwähnten, persistierende Beschwerden zu haben. Diese äußerten sich bei einer Patientin (mit offener Fraktur und Knochendurchspießung) in Weichteil-Schmerzen distal der Fraktur (vor allem über dem Handgelenk volar) sowie verminderter Kraft der Handbeuger und Dysästhesien. Ein anderer junger Patient mit bisher unauffälligem Verlauf am Daumen, Zeige- und Mittelfinger klagte über Taubheitsgefühl am 1. und 2. Finger. Sein Beschwerdebild entspricht einer partiellen Medianusirritation, die präoperativ zumindest nicht dokumentiert worden war. Die Symptome sind jedoch bereits rückläufig.

Insgesamt zeigten die letzten angefertigten Röntgenaufnahmen, in fünf Fällen vor der Metallentfernung, in den anderen 10 nach der Metallentfernung, in acht Fällen eine achsengerechte Stellung und kräftige Callusbildung oder zunehmende knöcherne Konsolidierung. Bei vier Patienten fand sich eine geringe Achsendeviation. In drei Fällen wurden eine dorsale Abwinkelung um 10° und/ oder eine radiale Abwinkelung um 15° nachgewiesen.

Bei der klinischen Untersuchung nach der Neutral-Null-Methode wurde in neun Fällen keine Bewegungseinschränkung, sondern eine seitengleiche und funktionell freie Gelenkbeweglichkeit festgestellt.

Bei einem Jungen mit einer Radiusköpfchenfraktur sowie bei einem Jungen mit einer Unterarmfraktur fand sich eine Armlängendifferenz bzw. Armlängenzuwachs von

jeweils zwei cm. Bei einer weiteren Patientin mit Unterarmfraktur ließ sich eine Einschränkung in der Unterarmdrehung nach auswärts um 15° (das Röntgenbild zeigte eine geringe Achsendeviation) nachweisen.

Es fanden sich unauffällige und reizlose Narben. In einem Fall fiel außer der Medianusirritation eine Keloidbildung über der Inzision am distalen Radius auf.

Komplikationen:

Ein Junge stürzte zehn Wochen nach der Operation erneut auf den verletzten Unterarm. Dabei frakturierte der Radius distal. In diesem Fall entfernte man die Prévot-Nägel und ersetzte im Radius den Nagel durch einen Kirschner-Draht. Dieser wurde nach fünf Wochen wieder entfernt. Radiologisch fand sich zum Zeitpunkt der Entfernung des Kirschner-Drahts eine knöcherne Konsolidierung der Ulna in Achsenstellung ohne Abweichung. Bei der Radiusfraktur betrug die dorsale Abkipfung 10°.

4.5. Fraktur des Oberarmes

Bei den 10 Humerusfrakturen handelte es sich um sechs traumabedingte Frakturen und um vier pathologische Frakturen bei juveniler Knochenzyste.

Sieben Knaben und drei Mädchen im Alter von acht bis 13 Jahren erlitten ihren Bruch während der Freizeit.

4.5.1. Traumabedingte Frakturen

In zwei von sechs Fällen handelte es sich um proximale Humerusfrakturen. In einem Fall bestand eine offene Fraktur in der Schaftmitte. Der Rest waren geschlossene Frakturen in der Schaftmitte.

Operation:

Die Kinder wurden in vier Fällen einen Tag nach dem Unfall operiert, die beiden anderen am zweiten Tag. Die OP Dauer betrug im Median 57 Minuten. Ein nennenswerter Blutverlust konnte bei keinem der Patienten festgestellt werden. Es wurden jeweils zwei Titannägel im Durchmesser von 1,5 -2,5 mm in den Knochen

eingbracht. In allen Fällen wurde der erste Zugang durch eine Inzision über dem radialen Kondylus gewählt, der zweite Nagel wurde entweder etwas weiter proximal radial oder über dem Kondylus ulnaris eingebracht. Bei allen Patienten wurde auf jedes Nagelende eine Schutzkappe aufgebracht.

Krankenhausaufenthalt:

Fünf bis neun Tage blieben die Kinder anschließend in der Klinik (Median sieben Tage). Der Arm wurde im Gilchrist-Verband ruhiggestellt, jedoch am dritten spätestens am sechsten Tag postoperativ abgenommen. Mit der Teilmobilisierung wurde nach drei bis sechs Tagen begonnen. Nach zwei bis vier Wochen (im Median nach 19 Tagen) wurde der Arm wieder vollbelastet.

Eine Antibiotikaphylaxe erhielt lediglich das Kind mit der offenen Fraktur präoperativ. Infektionen der Wunde oder des Knochens traten in keinem Fall auf.

Postoperativer Verlauf:

Die Kinder fehlten zwischen sechs und vierzehn Tagen in der Schule und haben für durchschnittlich 19 Tage in ihren Hobbies oder im Schulsport ausgesetzt.

Metallentfernung:

Nach 11 bis 15 Wochen (Median 13 Wochen) wurden die Patienten zur Metallentfernung einbestellt, zu der sie zwei Tage stationär in der Klinik waren.

Nachuntersuchung:

Zur Nachuntersuchung kamen die Kinder im Durchschnitt 18 Monate nach der Operation, was einen Beobachtungszeitraum zwischen sieben und 40 Monaten ausmacht.

Vor der klinischen Untersuchung gaben alle sechs Patienten an, keine subjektiven Beschwerden seit der Metallentfernung zu haben. Auch die Eltern vermochten keine Beschwerden oder Einschränkungen bei ihren Kindern festzustellen.

Bei der Untersuchung konnte in keinem Fall eine Bewegungseinschränkung nachgewiesen werden. Die Gelenkbeweglichkeit, gemessen nach der Neutral-Null-Methode, war seitengleich und funktionell frei. Der Längenzuwachs des Humerus betrug im Fall der offenen Fraktur 3 cm. In den anderen Fällen fand sich keine Differenz.

Die zwei bis vier cm lange Narbe war bei allen Kindern reizlos und kosmetisch vertretbar. Druckschmerz war nicht vorhanden.

Die letzten Röntgenaufnahmen, in einem Fall vor der Metallentfernung angefertigt, in den anderen fünf Fällen nach der Metallentfernung, ergaben keinen pathologischen Befund. Es zeigten sich keine Zeichen von Infektion, pathologischer Frakturheilung oder Fehlstellung.

An den Einschlagstellen der Nägel fand sich keine Serombildung.

4.5.2. Pathologische Frakturen bei juveniler Knochenzyste

Bei den vier pathologischen Frakturen des Humerus fanden sich drei Trümmerbrüche im oberen Drittel und einer im mittleren Drittel des Oberarms. Drei Jungen und ein Mädchen im Alter zwischen sieben und elf Jahren erlitten ihre Fraktur durch Bagateltraumen während der Freizeit .

Operation:

Zwei Kinder wurden drei Tage nach dem Unfall operiert, ein Kind fünf Tage später. In einem Fall wurde erst nach 14 Tagen operiert, zunächst hatte der Hausarzt die konservative Therapie mittels Gipsanlage begonnen.

Die OP-Dauer betrug zwischen 20 und 80 Minuten, im Durchschnitt 56 Minuten. Ein nennenswerter Blutverlust wurde in keinem Fall festgestellt. Es wurden jeweils zwei Titanmarknägel, im Durchmesser von 2,0 oder 2,5 mm, in den Humerus eingebracht. In allen Fällen wurde der erste Nagel durch eine Inzision oberhalb des radialen Kondylus und durch ein mit der Pfriem gebohrtes Loch in den Knochen eingeschlagen. Der zweite Nagel wurde entweder durch dieselbe Inzision in den Knochen vorgeschoben, oder es wurde ein zweiter Zugang über dem ulnaren Epicondylus gewählt. Beim Vorschieben des zweiten Nagels wurde dieser auch mehrmals wieder zurückgezogen, um einen eventuellen Zystenrand zu zerstören. Eine in der Literatur beschriebene zusätzliche Therapie mittels Kochsalz- oder Kortison-Injektion in den Zystenraum wurde nicht durchgeführt. An fünf Nagelenden wurde eine Schutzkappe verwendet.

Krankenhausaufenthalt:

Die vier Patienten blieben zwischen drei und sechs Tagen in der Klinik (Median fünf Tage). Bei Schmerzfreiheit wurde mit der Mobilisation aus dem elastischen Gilchristverband als auch im Oberarmbrace sofort postoperativ begonnen. Nach drei bis acht Wochen wurde der Arm wieder vollbelastet (Median fünf Wochen).

Von einer Antibiotikaprophylaxe wurde in allen Fällen abgesehen. Es kam zu keiner Infektion der Wunde oder des Knochens.

Poststationärer Verlauf:

Die Kinder fehlten zwischen drei und acht Tagen in der Schule (Median sechs Tage) und haben zwischen drei und zehn Wochen in ihren Hobbies oder im Schulsport ausgesetzt (Median neun Wochen). Nach 40 bis 64 Wochen (Median 52 Wochen) wurden die Patienten zur Metallentfernung einbestellt, zu der sie zwei Tage stationär in die Klinik aufgenommen wurden. Zur Nachuntersuchung kamen die Kinder im Median nach 23 Monaten, das heißt, der Beobachtungszeitraum beträgt 16 Monate bis 42 Monate postoperativ.

In drei Fällen war die Knochenzyste nach einem Jahr röntgenologisch nicht mehr nachweisbar. Bei einem Jungen verlängerte sich die Therapie dadurch, daß auch nach fünf Monaten der Arm schmerzte und die Zyste röntgenologisch noch nachweisbar war. Man entschloß sich zur erneuten Operation mit Nageltausch und Punktion der Zyste sowie einer Kortikoid-Injektion. Als der Junge nach 10 Monaten zur Metallentfernung kam, wurde bei einem weiteren Eingriff erneut Kortison in die Zyste injiziert. Auch sechs Monate nach diesem Eingriff zeigte das Röntgenbild einen im wesentlichen unveränderten Befund der zystischen Veränderung. Allerdings fand sich diese Veränderung weiter distal zur Metaphyse hin. Der Junge kam nun halbjährlich zur Röntgenkontrolle. Vier Jahre nach dem Unfall war die Zyste röntgenologisch nicht mehr nachweisbar.

Nachuntersuchung:

Vor der klinischen Untersuchung gaben alle vier Patienten an, keine subjektiven Beschwerden seit der Metallentfernung zu haben. Auch die Eltern vermochten keine Bewegungseinschränkungen bei ihren Kindern festzustellen.

Bei der Untersuchung wurde bei keinem Patienten eine Bewegungseinschränkung manifestiert, die Gelenkbeweglichkeit, gemessen nach der Neutral-Null-Methode,

war seitengleich und funktionell frei. Desweiteren fand sich keine Längendifferenz der Arme.

Die letzten Röntgenaufnahmen, in zwei Fällen vor der Metallentfernung angefertigt, in den anderen beiden nach der Metallentfernung, ergaben keinen pathologischen Befund. Es fand sich in allen Fällen eine knöcherne Konsolidierung, regelrechte Achsenstellung und gute Durchbauung.

Eine Serombildung an den Einschlagstellen der Nägel war in einem Fall trotz Verwendung von Schutzkappen zu finden. Die zwei bis vier cm langen Narben waren alle reizlos und kosmetisch vertretbar.

4.6. Fraktur des Unterschenkels

In unserem Untersuchungskollektiv fanden sich zwei Jungen, deren Unterschenkelfrakturen mittels intramedullärer Nagelung behandelt wurden. Die Patienten waren zum Zeitpunkt des Verkehrsunfalls 12 und 15 Jahre alt.

Der 15-jährige Junge wurde zunächst mit einem Unterschenkel-Gips behandelt. Die Unterschenkelfraktur wurde am zweiten Tag nach dem Unfall mit zwei Titannägeln (3,5 mm Durchmesser) operativ versorgt. Die beiden Nägel wurden jeweils von proximal in die Tibia eingebracht. Nach 11 Tagen entließ man den Jungen nach Hause. Es wurde selbständig eine zügige Vollbelastung nach drei Wochen begonnen. 12 Wochen postoperativ fand sich röntgenologisch eine Fehlstellung im Sinne einer Valgusstellung von ca. 10° und einer geringen Rekurvation von ca. 7°. Man entschloß sich wegen unzureichender Fixierung zum erneuten Eingriff und versorgte die Fraktur mit einem Russel-Taylor-Nagel.

Bei der Nachuntersuchung 42 Monate nach dem Unfall bot der Junge einen unauffälligen Befund. Beinlänge und Beweglichkeit waren seitengleich. Es zeigten sich unauffällige Narbenverhältnisse.

Im Falle des zwölfjährigen Jungens kam es im Rahmen eines Autounfalls zu einer Oberschenkelschaftfraktur links, sowie zu einer Unterschenkelschaftfraktur am rechten Bein. Beide Frakturen am Unterschenkel und am Oberschenkel wurden am Tag nach dem Unfall mit jeweils zwei Titannägeln (4,0 mm und 3,5 mm Durchmesser) versorgt. Nach unauffälligem Verlauf wurde der Junge nach acht Tagen nach Hause entlassen. Am 15. postoperativen Tag mußte eine Nagelkürzung

des lateralen Tibianagels vorgenommen werden. Nach drei Wochen belastete der Junge seine beiden Beine wieder voll.

Rund ein halbes Jahr nach dem Eingriff kam es im Bereich des rechten Unterschenkels zu rezidivierenden Schwellungen. Röntgenologisch war zu diesem Zeitpunkt die Tibiaquerfraktur weitestgehend knöchern konsolidiert. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Implantatentfernung vorgenommen. Bei der Nachuntersuchung vier Jahre nach der Metallentfernung zeigt sich ein unauffälliger Befund. Das Gangbild war unauffällig. Es fand sich eine freie Streck- und Beugebeweglichkeit im Kniegelenk.

5. DISKUSSION

Gegenstand dieser Arbeit sind die Krankheitsverläufe und Nachuntersuchungsergebnisse von 49 Kindern, die in einem Fünf-Jahres-Zeitraum eine Schafffraktur erlitten und mit der elastischen intramedullären Nagelung nach Prévot versorgt wurden.

Von Laer (LAER1996) erläuterte die Therapie von Schafffrakturen folgenderweise: „Die Behandlung von Frakturen im Kindes- und Jugendalter erfolgt in der Regel konservativ durch Ruhigstellung im Gips, meist nach vorgängiger geschlossener Reposition. Dabei ist weniger eine exakte Reposition wichtig als vielmehr eine schmerzfreie sichere Ruhigstellung, da die Potenz zur Korrektur von Fehlstellungen enorm ist. Ausnahmen bilden Epiphysenfugenfrakturen (Typ Salter II,III,IV) sowie die schwer zu reponierenden und zu haltenden Schafffrakturen. Diese wurden bisher durch Extension, mit Fixateur externe, oder aber mittels Plattenosteosynthese unter Schonung der Epiphysenfugen behandelt.“

Ein mehrwöchiger Krankenhausaufenthalt für die Extensionsbehandlung ist für Kind und Eltern nicht mehr zumutbar. Der Fixateur externe ist vom Patientenkomfort her häufig unbefriedigend (RATER1992). Die klassische Plattenosteosynthese stellt ein erhebliches operatives Trauma, häufig mit kosmetisch unbefriedigender Narbenbildungen dar.

Die Vorteile der intramedullären Nagelung nach Prévot sind vor diesem Hintergrund offensichtlich: eine Methode, die mit geringem operativen Aufwand und Trauma ohne Tangierung der Epiphysenfugen eine elastische stabile Osteosynthese mit früher Belastung oder funktioneller Nachbehandlung ermöglicht.

Die Auswertung der von uns erhobenen Daten soll auch im Vergleich mit der Literatur die Vorteile der Therapie bestätigen.

5.1. Fraktur des Oberschenkels

5.1.1. Aspekte zur Pathogenese

Das **Alter** der 23 Patienten, deren Femurschaftfraktur mit der intramedullären Nagelung versorgt wurden, lag zwischen vier und 15 Jahren. Bei einem Durchschnittsalter von acht Jahren war hauptsächlich das männliche Geschlecht mit 74% (n=17) betroffen. Im Vergleich mit anderen Autoren findet sich ein ähnliches Patientenkollektiv. Mit einer Studie an 100 Patienten im Zeitraum von 1990 bis 1996, die von einer Femurschaftfraktur betroffen waren, ist unser Patientenkollektiv bezüglich des Alters (Durchschnittsalter acht Jahre) und der altersabhängigen Unfallhäufigkeit vergleichbar (BUESS1998).

Auch in der Verteilung der **Unfallursache** auf Sport-/ Freizeitunfälle (65%) und Verkehrsunfälle (35%) sowie der Anteil des am häufigsten betroffenen mittleren Femurdrittels (60%), deckte sich unser Patientenkollektiv mit dem der o.g. Studie.

Ligier veröffentlicht mit Prévot 1988 (LIGIER1988) die Nachuntersuchung von 118 Kindern im Alter von fünf bis 16 Jahren mit Femurschaftfraktur. Er gibt ein medianes Alter von 10 Jahren und eine Jungenwendigkeit von 67% an. Auch diese Zahlen decken sich mit unserer Auswertung.

Bei unseren Patienten war in 15 Fällen das linke Femur betroffen, in acht Fällen das rechte. Bei über der Hälfte (=12 Fälle) der Patienten frakturierte das mittlere Drittel des Femur. Proximales und distales Femurende waren jeweils sechs und fünf mal betroffen. Mazda (MAZDA1997) beschreibt eine ähnliche Verteilung der **Frakturlokalisationen**. In seinem Patientengut fanden sich 14 rechtsseitige und 16 linksseitige Frakturen, drei Frakturen waren offenen (AO-Grad II). Auch bei ihm war in 53% das mittlere Femurdrittel betroffen.

Bourdelat (BOURDELAT1996) behandelte ein Kind mit einer juvenilen Knochenzyste im distalen Drittel des Femurs, die ohne Probleme gut durchbaut ausheilte. In unserem Patientengut fand sich keine pathologische Fraktur aufgrund einer Knochenzyste des Femurs.

In der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg wurden die Femurschaftfrakturen von Kindern im Alter von vier bis 15 Jahren mit der intramedullären Nagelung nach Prévot versorgt. Ligier und Prévot (LIGIER1988) behandelten Kinder im Alter von

fünf bis 16 Jahren. Beim Blick in die Literatur wird die untere **Altersgrenze** zunehmend auf vier Jahre erweitert (SKAK1996, BOURDELAT1996, PARSCH1997, MAZDA1997). Einige Autoren setzen als obere Altersgrenze 12 bis 13 Jahre (CAREY1996, BAR-ON1997).

In einer Studie für die Altersgruppe der bis zu fünf Jahre alten Patienten wird der sofortige Becken-Bein-Gips empfohlen. Für die fünf- bis 12 jährigen Patienten sei hier die intramedulläre Schienung die Methode der Wahl. Patienten über 12 Jahre wurden erfolgreich mit AO- Nägeln behandelt (BUESS1998).

In anderen Veröffentlichungen wurden drei Jahre und sogar 18 Monate alte Kinder mit der intramedullären Nagelung behandelt (REINBERG1994,HUBER1996). Im speziellen Fall einer pathologischen Fraktur bei Histiozytose X wurde nach Tumorentfernung auch ein 18 Monate altes Mädchen mit intramedullären Titannägeln erfolgreich behandelt (KNORR1996). Dietz (DIETZ1997) setzt die untere Altersgrenze bei fünf Jahren fest. Seiner Meinung nach ist bei Kindern unter fünf Jahren die Over-Head-Extension die Methode der Wahl. Allerdings wurden von ihm auch Kinder unter fünf Jahren behandelt, jedoch nur bei einer unzureichenden Reposition oder Retention.

Ausschlaggebend waren dabei folgende Kriterien:

- Varus/ Valgus-Fehlstellung $>10^\circ$
- Ante-/Rekursion $>10^\circ$
- Verkürzung $>2\text{cm}$
- multiple andere Frakturen (z.B. Schädel-Hirn- oder Polytrauma)
- Quer-, Schräg-, Spiral-, Kettenfraktur

Ligier (LIGIER1985) berichtet von **assozierten Verletzungen** in 42% der Fälle. In unserem Patientengut fanden sich lediglich zwei Polytraumapatienten (= 9%). Die mehrfach verletzten Kinder profitierten, wie auch Huber (HUBER1996) berichtete, besonders von der intramedullären Schienung: eine kürzere, schmerzreduzierte postoperative Zeit, geringerer pflegerischer Aufwand sowie die frühere Mobilisation.

Eine Behandlung **offener Frakturen** durch intramedulläre Schienung wird kontrovers diskutiert. In unserem Patientengut kam es bei 91 % aller verunfallten Kindern zu keiner offenen Verbindung vom Knochen zur Haut. Bei einem unserer behandelten Patienten kam es zur Durchspießung des frakturierten Knochens nach außen. Zwei Kinder waren von einer Weichteilverletzung (Grad I nach AO-Klassifikation)

betroffen. Zweit- und drittgradige Verletzungen (nach AO-Klassifikation) fanden sich nicht. Keiner dieser Patienten war von einer Knocheninfektion oder einer Wundheilungsstörung betroffen. In der Anfangszeit der intramedullären Nagelung am Oberschenkel wurde diese von den meisten Autoren (SCHWEIBERER1973,VECSEI1978) bei zweit- und drittgradig offenen Frakturen abgelehnt. Aber auch über die Versorgung drittgradig offener Frakturen mit der intramedullären Schienung wird berichtet. Kempf und Grosse (KEMPF1985) sehen allein den sauberen Wundverschluß nach Debridement als Voraussetzung für die Nagelung an.

5.1.2. Ausführung der operativen Versorgung

Als notwendiges **Instrumentarium** für die operative Behandlung der Oberschenkelschaftfraktur ist nach Prévot (LIGIER1985) ein Extensionstisch, ein Bildwandler, Pfriem, Titannägel verschieden konfektionierter Dimensionen, Handgriff, Hammer sowie ein starker Seitenschneider oder ein spezielles Abschneideinstrument erforderlich. Beim Blick in die Literatur zeigt sich, daß sich dieses Instrumentarium bewährt hat.

Hinsichtlich der **Lagerung** des Patienten auf dem Extensionstisch hat sich bei unseren Patienten und beim Blick in die Literatur die Rückenlage bewährt. Abweichend davon berichtet Bourdelat von einer seitlichen Lagerung des Patienten (BOURDELAT1991). Obwohl die klassische **Vorgehensweise** nach Prévot durch Nagelung von distal her erfolgt, bevorzugt der Autor die Nagelung von proximal. Bourdelat sieht die Vorteile besonders in der technischen Vereinfachung und in der besseren Verträglichkeit der Nagelenden (kräftigeres „Weichteilpolster“ schützt vor Reizzuständen und Bursabildung). Bei 61 von 73 Frakturen brachte er jeweils zwei Nägel von proximal lateral mittels eines drei bis vier cm langen Hautschnitt über der Fascia lata in das Femur ein. Es traten keine Beschwerden auf, die eine Lageveränderung der Nägel erforderten. Bei der klassischen Methode, die Bourdelat bei 12 Frakturen anwendete, werden am distalen Femur medial und lateral je ein Schnitt gesetzt. Bei drei dieser Patienten mußte eine Nagelkorrektur vorgenommen werden. Die Nagelenden können zu Reizzuständen und Bursabildung an den Eintrittsstellen führen. In unserem Patientengut kam es trotz Anwendung von Schutzkappen über den Nagelenden bei zwei Kindern zu Reizzuständen, die eine Lageveränderung der Nägel erforderlich machten. Es kann zu einer

Bewegungseinschränkung kommen, die mit der Entfernung der Nägel endet. Auch kosmetisch unbefriedigende Narbenbildung kann auftreten (BOURDELAT1996).

Der **Zeitpunkt der Operation** wird häufig durch Begleitumstände und technische Bedingungen bestimmt. Bei 17% (n=4) unserer Patienten wurde ein zu dem Unfalltrauma hinzukommendes Operationstrauma in Kauf genommen. Die Mehrzahl der Patienten (n=19) wurde postprimär mit dem Beginn der Wundheilungsphase zwischen dem ersten und dritten Tag operiert. Ausnahmen bildeten die Schädel-Hirn-Verletzten. Ihr Zustand wurde zunächst stabilisiert, bevor sie der intramedullären Nagelung zugeführt wurden. Ecke (ECKE1985) gibt für Deutschland ähnliche Zahlen an, während in der Schweiz 54,2% der Patienten noch am Unfalltag versorgt wurden. In Deutschland wurden 19,7% am Unfalltag und 29,1% am ersten bis fünften Tag operativ versorgt und weitere 20,6% am 11. bis 20. Tag (ECKE1985). Die intramedulläre Nagelung der Femurdiaphyse ist kein dringlicher Eingriff. Blutungen im Frakturbereich und dadurch bedingte Muskelspasmen und -verkürzungen können sich bis zum aufgeschobenen Operationstermin zurückbilden. Auch die periostale Blutversorgung wird verbessert, ein für die Revaskularisierung der Fragmente entscheidender Faktor. Der Patient befindet sich in der Erholungsphase nach dem Unfallstress, Atmung und Kreislauf normalisieren sich. Zudem kann der Eingriff bei der aufgeschobenen Versorgung durch ein optimales Operationsteam durchgeführt werden (MACLAUGHLIN1984).

Die **Operationsdauer** wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben, was sicherlich auch von der Erfahrung des Operateurs mit der Methode abhängt. Christinaz (CHRISTINAZ1994) spricht von 45 bis 450 benötigten Minuten. Mazda (MAZDA1997) gibt eine Zeitspanne von 50 bis 240 Minuten an, im Median 96 Minuten. Bar-On (BAR-ON1997) berichtet über 74 Minuten OP-Dauer und 2.6 Minuten Durchleuchtung im Median. Bourdelat (BOURDELAT1996) benötigte im Median 60 Minuten. Die OP-Dauer in unserem Kollektiv betrug zwischen 20 und 130 Minuten. 1991 wurden für den Eingriff 78 Minuten im Median benötigt. 1995 wurde in 64 Minuten im Median operiert.

Autor	Operationsdauer
Christinaz, 1994	45-450 min
Mazda, 1997	50-240 min
Bar-On, 1997	74 min im Median
Bourdelat, 1996	60 min im Median
Kinderchirurgie Würzburg, 1997	20-130 min, 60 min im Median
Prévot	keine Angabe

Abb. 5.1. Operationsdauer in der Literatur verschiedener Autoren

Die Dauer der Durchleuchtung während der Operation der Femurschaftfraktur ist in der Literatur nur selten erwähnt, und die Angaben differieren sehr. Von Laer (LAER1996) berichtet von 0,4 bis 4,7 Minuten, im Durchschnitt 2,1 Minuten für das Anbringen eines Fixateur externe. Bei intramedullärer Nagelung berichtet Reinberg (REINBERG1994) über benötigte sechs Sekunden bis 3,73 Minuten bei der Durchleuchtung, im Median 1,12 Minuten. Parsch (PARSCH1997) benötigt im Maximum 12 Sekunden für die Durchleuchtung bei intramedullärer Nagelung unter Verwendung der Siroton-Technik. Auch Rehli (REHLI1993) berichtet über die **Anwendungszeit des Bildwandlers** von durchschnittlich weniger als 2,6 Sekunden. Seiner Meinung nach ist mit entsprechender Routine diese Zeit noch zu senken. In der Literatur ergeben sich keine Hinweise auf weitere **perioperative Komplikationen**. Auch in unserem Patientenkollektiv kam es zu keinem nennenswerten Operationszwischenfall, sowie zu keinem relevanten **Blutverlust**.

5.1.3. Beurteilung des postoperativen Verlaufs

Ligier und Prévot (LIGIER1985) berichten in ihren ersten Veröffentlichungen über eine kontinuierlich reduzierte **Hospitalisationszeit** der Kinder nach isolierter Femurschaftfraktur. Anfangs blieben die Kinder 15 bis 20 Tage stationär, diese Zeit konnte im Median auf 4,5 Tage reduziert werden. Ähnlich erläutert er seine Erfahrungen mit der Belastung der frakturierten Extremität. Zunächst erhielten die Patienten zusätzlich einen Gips oder eine Extensionsbehandlung. Schnell kam man davon ab und erlaubte den Kindern eine Belastung des Beines abhängig von ihrem

Schmerzempfinden. Im weiteren wurde so auch die Entlassung am 4,5. Tag nach der Operation toleriert.

Autor	Hospitalisationszeit	Vollbelastung nach
Ligier,1985	15-20 Tage > 4,5 Tage	3 Wochen
Schmittenebecher,1995	8-10 Tage	Keine Angaben
Mazda,1997	3-28 Tage , Median (11)	12 Wochen
Bar-On ,1997	6 Tage	3-10 Wochen (Median 7)
Buess, 1998	10 Tage	4-8 Wochen (Median 6,4)
Stans, 1999	2-4 Tage	8 Wochen
Kinderchirurgie Würzburg,1997	13-18 Tage > 7 Tage	4 Wochen

Abb.5.2. Hospitalisations- und Mobilisationszeiten verschiedener Autoren

In unserem Kollektiv fand man einen Krankenhausaufenthalt von 7 bis 18 Tagen (13 Tage im Median) bei isolierten Femurschaftfrakturen. Auch hier ist im Verlauf der Studie die Tendenz zu früheren Entlassungen zu erkennen. Beim Blick in die Literatur finden sich ähnliche Angaben über eine Aufenthaltsdauer im Median von acht bis 11 Tagen (SCHMITTENBECHER1995, BUESS1998, MAZDA1997).

In unserem Patientengut wurde zwischen dem ersten und 11. Tag die frakturierte Extremität teilbelastet. Aber es fanden sich auch Kinder, die ihr Bein direkt am ersten Tag nach der Operation voll belasteten. Bar-On berichtet (BAR-ON1997) 1997 von einer **Vollbelastung** nach im Median sieben Wochen, volle Beweglichkeit war nach neun Wochen möglich und im Median konnten die Patienten nach fünf Wochen wieder die **Schule** besuchen. Er vergleicht in dieser Arbeit die intramedulläre Nagelung nach Prévot mit der Fixateur-externe-Therapie. Im Hinblick auf die oben genannten Parameter zeigen die Patienten mit der intramedullären Nagelung eine schnellere Rekonvaleszenz. (Patienten mit dem Fixateur externe benötigten in dieser Studie im Median 10 Wochen zur Vollbelastung, 16 Wochen zur vollen Beweglichkeit und konnten erst nach 13 Wochen wieder die Schule besuchen.)

Eine Vollbelastung des frakturierten Beines nach im Median 6 Wochen nach intramedullärer Nagelung wird von Buess in der o.g. Studie (BUESS1998) berichtet.

Die Kinder unseres Kollektivs belasteten nach 4 Wochen im Median ihr Bein wieder voll und besuchten dann auch die Schule.

In den Vereinigten Staaten, wo die intramedulläre Nagelung nach Prévot nur zögerlich angewendet wird, geben Stans und Morrissy (STANS1999) eine postoperative Liegedauer von drei Tagen an. Volle Belastung des frakturierten Beines gestatteten sie ihren Patienten wieder nach acht Wochen.

Im Zusammenhang mit der Liegedauer werden auch die **Behandlungskosten** erwähnt. Alle Angaben zu Behandlungskosten beziehen sich auf die Behandlung einer isolierten Femurschaftfraktur ohne weitere Komplikationen: Prévot (LIGIER1988) gibt eine Kostenreduktion von 70% im Verhältnis zur konservativen Therapie an. Andere Autoren (REEVES1990) kalkulieren die Kosten auf \$ 11.000 für einen 26-tägigen Krankenhausaufenthalt mit Extensions- und Gipsbehandlung bei einem Jugendlichen mit Femurschaftfraktur. \$ 8.078 müssen für eine Behandlung mit Küntscher- oder AO-Nägeln aufgewendet werden. Aktuellere Daten zu Behandlungskosten veröffentlichte Stans 1999 (STANS1999):

Therapie	Krankenhausaufenthalt	Kosten in US\$
Extensionsbehandlung	18-27 Tage	15.980\$
Fixateur externe	2-6 Tage	14.478\$
Intramedulläre Nagelung	2-4 Tage	13.953\$
Verplattung	5-14 Tage	17.041\$

Abb.5.3. Therapiekosten nach Stans (1999)

Zu **Komplikationen im postoperativen Verlauf** kam es bei unseren Patienten in sechs Fällen: Bei zwei Kindern trat postoperativ eine starke Schwellung des Beines auf, die jedoch unter Hochlagern und Kühlen problemlos zurückging. Bei drei Kindern kam es im Rahmen der Mobilisation zur Dislokation eines Nagels (13%), die in zwei Fällen operativ korrigiert wurde. In der Literatur werden als postoperative Komplikationen häufig Schmerzen und Irritation des Gewebes mit Bewegungseinschränkung, auch Reizbursabildung über der Nageleintrittsstelle angegeben. So gibt Buess (BUESS1998) eine Häufigkeit von 33% in seinem Patientengut an. 18% mußten operativ korrigiert werden. Außerdem kam es in einem Fall zur Verbiegung eines Nagels, in einem anderen Fall sogar zum Nagelbruch.

Andere Autoren (PARSCH1997,SCHMITTENBECHER1995,LIGIER1988) geben die Häufigkeit der Irritationen über den Nagelenden mit 8 bis 17% an. Diese Beschwerden sistierten jedoch mit Nagelentfernung. Auch die Verwendung von Kunststoffkappen bei unseren Patienten, die über die gekürzten Nagelenden gestülpt wurden, konnte diese Reizzustände nicht immer verhindern. Vielmehr ergab sich bei vier Patienten das Problem der verrutschten Kunststoffkappe, was in einem Fall zu einer frühzeitigen Metallentfernung (nach einem Monat) führte. Weitere Komplikationen wie verzögerte Bruchheilung, Pseudarthrosen oder Infektionen fanden in der Literatur keine Erwähnung. Sie traten auch in unserem Untersuchungskollektiv nicht auf.

Die **Metallentfernung** wurde bei unseren Patienten im Median nach fünf Monaten (zwei bis acht Monate) in Allgemeinanästhesie vorgenommen. Nach zwei bis vier Tagen konnten die Kinder wieder nach Hause entlassen werden. Auch in der Literatur finden sich ähnliche Angaben zum Zeitpunkt der Metallentfernung. So bewegt sich die Zeit um vier bis elf Monate nach der Implantation (CHRISTINAZ1994,BAR-ON1997,MAZDA1997). Linhart (LINHART1992) berichtet von einer Entfernung der Nägel nach durchschnittlich zwei Monaten, vielfach in Lokalanästhesie.

5.1.4. Bewertung der Nachuntersuchung

Viele Autoren bevorzugen es, unterschiedliche Kriterien der Nachuntersuchung zu einer **Gesamtbeurteilung** mit einer Bewertung von sehr gut bis schlecht zusammenzufassen. Dabei verfügt der Untersucher über einen Spielraum; der objektive Vergleich wird schwieriger. In unserer Studie sollen daher die relevanten Untersuchungsergebnisse einzeln dargestellt werden.

Bei der Bewertung der Beinlängendifferenzen ist immer zu berücksichtigen, daß idiopathische Beinlängenunterschiede bei 70% aller Menschen in einem Ausmaß von 0,5-3 cm anzutreffen sind (LAER1984). Nach einem **Beobachtungszeitraum** im Median von 32 Monaten (14-56 Monate) fand sich bei fünf unserer Patienten eine **Beinverlängerung** (klinische Messung) zwischen 0,5 cm und 1,0 cm. Bei einem Kind kam es zu einer Verlängerung von 2,0 cm. Dieser Junge litt an einer Muskeldystrophie Typ Kiener-Becker, war bereits in orthopädischer Behandlung und trug einen Schuhausgleich. Beim vergleichenden Blick in die Literatur unter

Berücksichtigung der Beinlängendifferenzen nach intramedullärer Nagelung lassen sich ähnliche Untersuchungsergebnisse finden. Eine Beinverkürzung trat in unserem Untersuchungsgut nicht auf.

Mazda (MAZDA1997) berichtet von einer Beinlängendifferenz bei 38% seines Patientengutes. Der Unterschied zwischen 10 mm und 15 mm fand sich bei 8% der Patienten. Sie waren alle zwischen sieben und acht Jahren alt. Desweiteren berichtet Mazda von einer Beinverlängerung von weniger als 10 mm des frakturierten Beines bei Kindern, die älter als acht Jahre waren. Diese Differenz bildete sich innerhalb der ersten 18 Monaten nach der Fraktur und persistierte. Die Wachstumsfuge wurde in keinem Fall lädiert.

Stans (STANS1999) findet bei zwei von elf mit intramedullärer Nagelung versorgten Patienten im Alter zwischen acht und zwölf Jahren eine Beinverkürzung von 10 mm bis 20 mm. Er fand keine Beinverlängerung bei seinen Patienten.

Ligier (LIGIER1988) berechnet eine röntgenologische Beinlängendifferenz von im Median 1,2 mm (algebraischer Mittelwert aus Beinverlängerung und –verkürzung). Dabei vermutete er, daß Querfrakturen eher eine Beinverlängerung verursachen, wohingegen Spiralfrakturen eher zu einer Verkürzung des Beines führen. Bei 29 Querfrakturen kam es in vier Fällen zu einer Beinverlängerung von über 10 mm. Im Gegensatz dazu fanden sich bei den Spiralfrakturen auch Verkürzungen von 12 mm bis 17 mm, wobei der Median der Beinverkürzung nur bei 0,7 mm lag.

In der Literatur finden Serome oder auch Narbenkeloide an den Nageleintrittsstellen nach Entfernung der Nägel keine Erwähnung. Auch bei unseren Patienten bildete sich weder ein Serom oder Keloid nach Nagelentfernung.

5.2. Fraktur des Unterarmes

5.2. Die Unterarmschaftfraktur

Im Kindes- und Jugendalter gehört der Unterarmschaftbruch zu den häufigsten knöchernen Verletzungen. In nahezu 90% der Fälle führen einfache Stürze sowie Spiel- und Sportunfälle zu diesen Verletzungen (JONASCH1982, FELDKAMP1978). Seit langem werden diese Frakturen überwiegend konservativ behandelt. In 91 bis 97% wird nicht-operativ therapiert (DIETZ1997). Grundsätzlich besteht die Übereinkunft, daß eine Ostosynthese nur dann indiziert ist, wenn die konservativen

Therapiemöglichkeiten ausgereizt sind. Bezüglich der chirurgischen Behandlung und deren Indikation herrschen verschiedene teils kontroverse Meinungen (KAY1986, LANGKAMER1991, LASCOMBES1990, MANTOUT1984, PONNET1989).

Eindeutige Indikation zur operativen Versorgung besteht bei offenen diaphysären Unterarmfrakturen Grad II-III (AO-Klassifikation) oder begleitenden Gefäß-Nerven-Läsionen sowie bei den seltenen Pseudarthrosen (DIETZ1997).

In den meisten Fällen werden dislozierte Frakturen größtenteils in Narkose reponiert und anschließend im Gips ruhiggestellt. Jedoch werden instabile Brüche häufig nicht als solche erkannt, so daß mehrfache Narkosen und Repositionsmanöver zur definitiven Stabilisierung erforderlich werden. Dies ist eine nicht zumutbare Belastung für Kind und Eltern, ganz abgesehen von den Risiken, die mit jeder Narkose verbunden sind. Die Zurückhaltung bei der operativen Intervention rührt jedoch auch daher, daß bisher wenig kindgerechte Alternativen vorhanden waren:

- Die intramedulläre Osteosynthese mittels Kirschner-Drähten oder Rusch-Pins stabilisieren nicht ausreichend in der Rotation. Eine zusätzliche Gipsbehandlung ist erforderlich.
- Die Plattenosteosynthese ist häufig kosmetisch unbefriedigend, sehr aufwendig und bietet die Gefahr einer Refraktur nach Metallentfernung. Zudem sind keine kindgerechten Implantate vorhanden.
- Der Fixateur externe ist bei offenen Läsionen angezeigt.
- Somit bleibt die konservative Therapie für viele Frakturen die Methode der Wahl.

Klinische Nachuntersuchungen von Kindern nach einer konservativen Therapie einer Unterarmschaftfrakturen zeigen, daß die funktionellen Ergebnisse zum Teil nicht zufriedenstellend sind (DIETZ1997). Viele Autoren warnen davor, bei dislozierten Frakturen den Remodelling-Effekt bei Kindern zu überschätzen. Sie akzeptieren daher bei Kindern über 10 Jahren nicht mehr als 10° Achsenabweichung (LARSEN1988, SCHMITTENBECHER1991, VITTAS1991, VOTO1990). Heilen die Brüche mit mehr als 10° Achsendeviation aus, resultieren fast bei einem Drittel der Patienten Einschränkungen in den Drehbewegungen (DIETZ1997).

Für die Behandlung der kindlichen Vorderarmschaftfraktur ist zu fordern, daß die primäre Therapie die definitive zu sein hat. Die definitive Versorgung - ob nun konservativ oder operativ - sollte nur **eine** Narkose erforderlich machen (BAUER1993).

In der Forderung nach einer primär definitiven Behandlung der kindlichen Unterarmschaftfraktur eröffnet die intramedulläre Nagelung nach Prévot neue Therapieprinzipien. Es steht eine Osteosynthese zur Verfügung, die über kleine Zugänge implantiert wird und in allen Bewegungsebenen übungstabil ist.

Die Nachbehandlung kommt den Forderungen einer kinderfreundlichen Therapie nahe: Eine Gipsschiene ist meist nicht erforderlich, die Belastung erfolgt nach Schmerzfreiheit. Häufige Röntgenkontrollen sind nicht erforderlich.

Wie der Blick in unsere Untersuchungsergebnisse und in die Literatur zeigt, kann die Umsetzung dieses Therapiekonzeptes Schwierigkeiten bereiten.

Bei der Analyse der eigenen Behandlungsergebnisse fällt auf, daß nur bei weniger als der Hälfte der mit elastischer Markraumschienung versorgten Kinder primär am Unfalltag eine **Operationsindikation** gestellt wurde. Häufig wurden diese Kinder zunächst in peripheren Häusern und/ oder vom Haus- oder Kinderarzt mit einem Gips versorgt. Erst nach Redislokation der Frakturen im Gips erfolgte die Überweisung in die Kinderchirurgie. Ähnliches wird auch von anderen Autoren berichtet (SCHMITTENBECHER1991,BAUER1993,CZERNY1994,HAHN1996). (Die Notwendigkeit einer Nachreposition aufgrund primärer Fehleinschätzung der Fraktur wird sogar als Behandlungsfehler gewertet (LAER1986).)

Bei unseren Patienten wurden acht Kinder, die zunächst auswärts konservativ versorgt wurden, letztendlich der intramedullären Nagelung zugeführt.

Bei neun Kindern wurden jeweils zwei Nägel in den Unterarm eingebracht. In sechs Fällen wurde nur ein Nagel zur Stabilisierung der Fraktur verwendet. Darunter fanden sich zwei Radiusköpfchenfrakturen, zwei Unterarmfrakturen, sowie eine Ulna- und eine Radiusfraktur. Es ist nicht immer erforderlich, eine Unterarmfraktur mit zwei Nägeln zu stabilisieren, da Ulna und Radius durch die Membrana interossea auch als physiologische Einheit gelten können. Eine eventuelle Rotationsinstabilität verhindert in dem Falle eine Gipsnachbehandlung (DIETZ1997).

Das Verschieben der Nägel über die Fraktarenden gestaltete sich bei fünf unserer Patienten schwierig. Bei zwei Kindern war die geschlossene Reposition unmöglich. Es wurde offen reponiert. Von Schwierigkeiten bei der Reposition mittels intramedullärer Nagelung bei Unterarmfrakturen berichten verschiedene Autoren (HAHN1996, LASCOMBES1990, LIGIER1987). Häufig kommt es aufgrund von Weichteilinterponaten im Frakturspalt zu Repositionsschwierigkeiten. Durch eine kleine separate Inzision auf der Höhe der Fraktur kann dann offen reponiert werden.

Bei unseren Patienten erhielten zu Beginn der Serie 12 Kinder postoperativ eine Gipsnachbehandlung. Diese ist nach Meinung mehrerer Autoren nicht indiziert (LIGIER1987, LASCOMBES1990). Auch bei unseren Patienten wurde zuletzt auf den Gipsverband verzichtet. Drei Patienten wurden gipsfrei funktionell nachbehandelt.

Bei vier unserer Patienten führten die Nagelenden zu Schmerzen bei Bewegungen. Nach im Median 15 Wochen wurde bei unseren Patienten die Metallentfernung vorgenommen. Auch Lascombes (LASCOMBES1990) stellt fest, daß es bei neun von 80 Kindern in seiner Studie zu Irritationen durch den Nagel kam. In fünf Fällen mußte ein Nagel gekürzt werden.

Andere Autoren berichten über Metallentfernungen, die wegen beobachteter Refrakturen im weiteren auf 10 bis 12 Monate postoperativ gelegt wurden (LASCOMBES1990).

Die letzten angefertigten Röntgenaufnahmen zeigen bei unseren Patienten in acht Fällen eine achsengerechte Stellung. Nur bei vier Patienten war eine geringe Achsendeviation zu erkennen. Bei drei Patienten wurde eine dorsale Abwinkelung um 10° und/oder eine radiale Abwinkelung um 15° festgestellt. Die Beweglichkeit war in 14 von 15 Fällen funktionell frei und seitengleich.

Ein Mädchen litt zur Zeit der Nachuntersuchung an Dysästhesien distal der Fraktur, sowie verminderter Kraft der Handbeuger. Diese Beschwerden sind wahrscheinlich Folge der Weichteilverletzung durch die Fraktarenden. Bei einer späteren Befragung der Patientin waren diese Beschwerden rückläufig. Der junge Patient mit dem Verdacht einer partiellen, postoperativ aufgetretenen Medianusirritation gab an, daß seine Beschwerden temporär auftreten. Präoperativ und während des stationären Aufenthaltes wurde diese Symptomatik nicht dokumentiert. Insgesamt war die Beschwerdehäufigkeit rückläufig.

Die kurze Operationszeit, die geringe Hospitalisationszeit und die guten Ergebnisse, die in der Literatur (LIGIER1985, PRÉVOT1989, HAHN1996) dokumentiert sind, sowie die eigenen Analysen zeigen, daß sich besonders Unterarmfrakturen durch die elastische intramedulläre Nagelung nach Prévot gut stabilisieren und zur Ausheilung bringen lassen. Bei nicht sicher konservativ retinierbaren kindlichen Unterarmschaftfrakturen ermutigen diese Ergebnisse dazu, eine Stabilisierung durch elastische Markraumschienung durchzuführen. Diese kann direkt während der für die Reposition ohnehin notwendigen Narkose oder Plexusanästhesie ohne wesentliche

Zusatzbelastung durchgeführt werden. Bei vielen Kindern kann, je nach Bruchtyp und Kooperationsfähigkeit des Kindes, die von den meisten Autoren (KELLER1993, PRÉVOT1989) empfohlene Gipsruhigstellung durch eine funktionelle Nachbehandlung ersetzt werden.

5.3. Fraktur des Oberarmes

5.3.1 Traumabedingte Frakturen des Oberarms

Die kindliche Oberarmschaftfraktur gilt, genau wie beim Erwachsenen, als die unproblematischste aller großen Schafffrakturen hinsichtlich ihrer Behandlung (LAER1986, JONASCH1982). Die Angaben zur Häufigkeit der kindlichen Oberarmschaftfrakturen schwanken zwischen 0,6 und 5% der Frakturen an der oberen Extremität (JONASCH1982, HASSE1987). Außer einer statistischen Arbeit (JONASCH1982) gibt es zu diesem Thema keine aussagekräftige Veröffentlichung, der ein großes Zahlenmaterial und umfangreiche Nachuntersuchungsergebnisse zugrunde liegt.

In unserem Patientengut fanden sich sechs traumabedingte Humerusfrakturen. Eine Fraktur war offen. Bei allen Patienten verlief die Operation sowie auch der postoperative Zeitraum komplikationslos. Die Patienten blieben fünf bis neun Tage in der Klinik. Nach 11 bis 15 Wochen wurde die Metallentfernung vorgenommen.

Bei der Nachuntersuchung zeigten alle Patienten eine freie Beweglichkeit der Extremität sowie der angrenzenden Gelenke. Eine Nervenläsion trat bei unseren Patienten nicht auf.

In einer Untersuchung zur kindlichen Oberarmschaftfraktur von Machan und Vinz (MACHAN1993) wurden folgende Behandlungsverfahren bei 222 Frakturen des Oberarms angewendet: am Thorax fixierende Verbände (24%), Oberarmgipsverbände (34%), Extensionsbehandlung (29%) Wechsel von Extension auf fixierende Verbände (27%) und die Osteosynthese (10%).

Die kindliche Oberarmschaftfraktur ist überwiegend eine instabile Fraktur (MACHAN1993). Daß eine instabile Fraktur nur in 10% der Fälle operativ stabilisiert wird, erscheint beinahe als Widerspruch. Primäre Indikation zur operativen Behandlung der kindlichen Oberarmschaftfraktur sind die offenen Frakturen und in der Regel das Polytrauma. Unter Berücksichtigung von fast 10% bleibenden

Fehlstellungen nach konservativer Behandlung (MACHAN1993), die durch eine angemessene Osteosynthese vermutlich vermeidbar gewesen wären, ergibt sich aus der Untersuchung der Schluß, daß bei Kindern über zehn Jahren etwa ein Fünftel bis ein Viertel aller Humerusschaftfrakturen der Osteosynthese bedürfen. Machan gibt dabei der intramedullären Nagelung den Vorzug, wobei er je nach Alter des Kindes Kirschner- Drähte, Bündelnägel oder stärker dimensionierte Implantate verwendet. Weitere Autoren (SESSA1990, SPINA1998) veröffentlichen Erfahrungen zu kindlichen Oberarmschaftfrakturen, die erfolgreich mit der intramedullären Nagelung behandelt wurden.

Spina (SPINA1998) nennt folgende drei Vorteile der Methode:

- der biologische Aspekt (physiologische Heilung),
- der mechanische Aspekt (flexible Stabilität),
- der praktische Aspekt (Patientenkomfort).

Auch Oetiker (OETIKER1996) berichtet über die Therapie von sechs diaphysären Oberarmfrakturen mit der intramedullären Nagelung nach Prévot. Bei einem seiner Patienten fand sich postoperativ eine neu aufgetretene iatrogene Radialislähmung, die mit einer Radialislagerungsschiene behandelt wurde. Die durchschnittliche Hospitalisationszeit betrug 5,2 Tage. Die Metallentfernung wurde durchschnittlich nach sieben Monaten vorgenommen (OETIKER1996).

Die in der Literatur beschriebenen positiven Behandlungsergebnisse wurden durch eigenen guten Erfahrungen mit der intramedullären Nagelung von Oberarmfrakturen bestätigt. Dies könnte Anlaß geben, die 10% bleibenden Fehlstellungen nach konservativer Therapie (MACHAN1993) bei Kindern über 10 Jahren kritisch zu bewerten, und die Operationsindikation bei kindlichen Oberarmfrakturen zu erweitern.

5.3.2. Pathologische Frakturen bei juveniler Knochenzyste

Knochenbrüche an einem präexistenten „Locus minoris resistentiae“ sind per definitionem **pathologische Frakturen**. Zum einen gehören zum pathologischen Charakter ein atypisches Trauma und die atypische Frakturlokalisierung, zum anderen das präexistente Leiden. Häufig ist diese Fraktur die Erstmanifestation der zugrundeliegenden Knochenerkrankung, die sowohl lokal begrenzt als auch

disseminiert auftreten kann. Mit der intramedullären Nagelung nach Prévot steht eine Osteosynthesemethode zur Verfügung, die sich im Kindesalter bereits bestens bewährt hat (KNORR1996).

In unserem Patientengut fand sich bei drei von vier Patienten mit Spontanfraktur des Humerus eine juvenile Knochenzyste, die ein Jahr nach der Therapie und Nagelentfernung röntgenologisch nicht mehr nachweisbar war. Die Frakturen der drei Patienten zwischen sieben und elf Jahren wurden jeweils mit zwei Titanmarknägeln versorgt, welche nach 10 bis 18 Monaten wieder entfernt wurden.

Knorr und Schmittbecher (KNORR1996) berichten 1996 von acht Kindern im Alter von 6 bis 16 Jahren mit Spontanfrakturen des Humerus. Fünf der Patienten litten an einer juvenilen Knochenzyste. Desweiteren litten die drei anderen Kinder jeweils an einem Lymphangiom, an einem Hämangiom und an Osteoporose bei frühkindlichem Hirnschaden, was zur pathologischen Fraktur des Humerus führte. Alle acht Patienten wurden durch die intramedulläre Osteosynthese mit Titanmarknägeln versorgt. Zum Zeitpunkt der Publikation des Artikels lagen alle Nägel noch in situ, was eine **Implantatdauer** von mindestens 18 Monaten bis zwei Jahren ausmachte.

Sowohl im Patientengut der oben genannten Autoren, als auch in unserem fand sich ein Kind mit einer **prolongierten Ausheilung** der Knochenzyste. Bei dem Patienten unseres Untersuchungskollektivs wurde wegen anhaltender Schmerzen im Arm nach fünf Monaten eine Nagelkorrektur vorgenommen. Das Röntgenbild zeigte weiterhin die zystische Veränderung. Wegen der nicht ausgeheilten Zyste wurde zusätzlich Methylprednisolon in die Zyste injiziert. Auch sechs Monate nach diesem Eingriff war die zystische Veränderung noch auf dem Röntgenbild zu sehen. Man entschloß sich aufgrund anhaltender Schmerzen durch den Nagel nach zehn Monaten zur Metallentfernung. Es wurde erneut Methylprednisolon injiziert. Bei halbjährlichen röntgenologischen Kontrollen war die Zyste erstmals nach vier Jahren nicht mehr nachweisbar.

Knorr berichtet (KNORR1996), daß bei seinen Patienten trotz Frakturkonsolidierung die Nägel belassen wurden. Über zwei Jahre hinweg wurde eine langsame Sklerosierung und Auffüllung der Zyste mit spongiösem Knochen beobachtet. Allerdings erlitt ein Junge nach zwei Jahren beim Sport eine erneute Fraktur im Bereich der Zyste bei liegenden Nägeln, die sich dabei verbogen. Es erfolgte eine neue intramedulläre Nagelung mit stärkeren Nägeln.

Santori (SANTORI1986) berichtet 1986 von sechs Kindern mit juvenilen Knochenzysten und deren Therapie mit der intramedullären Nagelung. Der Vorteil der Therapie besteht seiner Meinung nach vor allem in der kontinuierlichen Drainage der Zyste durch die Nägel. Diese führe zur schnellen Ausheilung der Zyste. 1988 berichtet ebenfalls Santori (SANTORI1988) von der Therapie kindlicher Knochenzysten mit der intramedullären Nagelung und zusätzlicher Kortikoidinjektion in die Zyste.

Insgesamt befürworten sowohl Knorr (KNORR1996) als auch Linhart (LINHART1995) die Therapie von pathologischen Frakturen mittels der intramedullären Nagelung nach Prévot, bei der Heilungsergebnisse bis 87% (LINHART1996) beschrieben werden. In der insgesamt spärlichen Literatur über pathologische Frakturen im Kindesalter werden bei operativer Therapie sämtliche Osteosynthesemethoden nach den Prinzipien der AO angegeben: Angefangen bei Minimalosteosynthesen bis hin zu ausgedehnten Segmentresektionen mit Plattenosteosynthese und Spongiosaplastik (FRANZ1987, RUSSE1982). Diese aggressive und invasive Therapie mag zu guten Heilerfolgen führen, ist aber nicht immer gerechtfertigt, da mit der intramedullären Nagelung nach Prévot eine gute Therapiealternative zur Verfügung steht. Nach jetzigem Wissenstand kann das Metall problemlos bis zur Ausheilung im Knochen verbleiben, da es keinen Einfluß auf das Knochenwachstum ausübt.

Hypothetisch bewirken die Nägel eine kontinuierliche Dekompression der Zyste sowie eine osteogene Reizwirkung (LINHART1995).

Bei myelogenen Osteopathien läßt sich durch die intramedulläre Nagelung der gefürchtete Circulus vitiosus (Fraktur- äußere Ruhigstellung- Osteoporose- erneute Fraktur) umgehen.

Weitere Indikationen für die intramedulläre Nagelung nach Prévot sind pathologische Frakturen aufgrund gutartiger Knochentumoren, Konstitutionsanomalien und myelogene Osteopathien (KNORR1996), wie in der folgenden Tabelle dargestellt wird:

Indikationen	Kontraindikationen
Generalisierte Osteopathien: <ul style="list-style-type: none"> • Osteoporose • Osteomalazie 	Epiphysennahe Frakturen
Konstitutionsanomalien	Entzündliche Osteopathien
Myelogene Osteopathien	Maligne Knochentumoren
Primäre Knochentumoren: <ul style="list-style-type: none"> • Benigne • semimaligne 	

Abb. 5.4. Weitere Indikationen für die intramedulläre Nagelung nach Prévot (KNORR1996)

5.4. Fraktur des Unterschenkels

In unserem Patientenkollektiv fanden sich zwei Jungen, deren Unterschenkelfrakturen mit der intramedullären Nagelung nach Prévot behandelt wurden. Bei einem 15 jährigen Jungen erfolgte ein Implantatwechsel (Russel-Taylor-Nagel) nach 12 Wochen wegen einer zunehmenden Dislokation der Fraktur. In dem anderen Fall führte bei einem 12jährigen Jungen eine verzögerte Heilung des Unterschenkels über acht Monate hinweg immer wieder zu Schwellungen im Frakturbereich.

Die Behandlungsergebnisse dieser beiden Patienten gaben in unserer Abteilung Anlaß, die Indikation zur intramedulläre Nagelung bei Unterschenkelschaftfrakturen sehr eng zu stellen. Vor diesem Hintergrund ist allerdings nicht die Therapie mit der intramedullären Nagelung kritisch zu sehen, sondern vielmehr die Indikationstellung zur intramedullären Nagelung der Tibia. Metaizeau (METAIZEAU1983), einer der Mitentwickler der intramedullären Nagelung nach Prévot, gibt die Unterschenkelfraktur als Indikation an. Er erwähnt, daß die Fraktur durch die Nagelung nicht belastungsstabil sei (CHRISTINAZ1994). So bietet sich die intramedulläre Nagelung der Tibia besonders bei länger bettlägerigen Patienten (z.B. Schädel-Hirn-Traumata) an. Dietz (DIETZ1997) formuliert die Indikation zur intramedullären Osteosynthese folgendermaßen: Sofern der konservative Behandlungsversuch mißlingt, besteht :

- bei geschlossenen instabilen Unterschenkel-Schaftfrakturen, besonders wenn die Frakturen von Tibia und Fibula auf gleicher Höhe sind,
- bei nicht reponiblen und nicht retinierbaren Frakturen am Unterschenkelschaft,
- in Ausnahmefällen bei isolierten Frakturen der Tibia, die sich nicht achsengerecht retinieren lassen

die Indikation zur intramedullären Nagelung. Die isolierten Tibiafrakturen tendieren durch die „sperrende“ Fibula in eine Varusfehlstellung und neigen zur Pseudarthrose.

Beim Blick auf die wenigen Literaturstellen zur Tibiafrakturbehandlung mit der intramedullären Nagelung fallen besonders im Verhältnis zur Oberschenkelnagelung die geringen Fallzahlen (REINBERG1994) auf. Dieses lässt auch auf eine enge Indikationsstellung schließen, da die Frakturhäufigkeit an Ober- und Unterschenkel ähnlich ist. Reinberg (REINBERG1994) gibt als obere Altersgrenze sieben und acht Jahre an.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Anhand des Krankengutes und der Nachuntersuchung von 49 Kindern im Alter zwischen drei und 15 Jahren wird über die Ergebnisse der Behandlung in der Kinderchirurgie der Chirurgischen Universitätskliniken Würzburg mit der intramedullären Nagelung nach Prévot berichtet. In einem Fünf-Jahreszeitraum zwischen 1991 und 1995 wurden 50 Frakturen des Oberschenkels, des Oberarmes, des Unterarmes, sowie des Unterschenkels mit der intramedullären Nagelung versorgt. In keinem Fall kam es zu Komplikationen hinsichtlich der Narkose und des perioperativen Management.

Außer einer Schwellung im Bereich des frakturierten Oberschenkels bei zwei Kindern, sowie einer Dislokation der Nägel in drei Fällen kam es im postoperativen Verlauf der Oberschenkelschaftfrakturen zu keinen Auffälligkeiten. Mit Unterarmgehstützen waren die Kinder zwischen dem ersten und elften Tag wieder mobil und blieben im Median 14 Tage in der Klinik.

Im Falle der Ober- und Unterarmfrakturen kam es zu keinen postoperativen Komplikationen. Die Schaftfrakturen, ebenso die pathologischen Oberarmfrakturen, heilten folgenlos aus. Bei einem Patienten zeigte sich eine Nervenläsion, die jedoch rückläufig war. Bei den Kindern fand sich bei der Nachuntersuchung keine Bewegungseinschränkung der oberen Extremität. Die Gelenkbeweglichkeit war funktionell frei und seitengleich.

Der postoperative Verlauf der zwei Unterschenkelfrakturen zeigte sich prolongiert. In einem Fall mußte wegen einer Fehlstellung ein Implantatswechsel vorgenommen werden. In dem anderen Fall kam es zur verzögerten Durchbauung der Fraktur.

Die Auswertung unserer Behandlungsergebnisse sowie der Blick in die Literatur zeigen, daß die intramedulläre Nagelung ein elegantes Verfahren ist, das besonders (in der Hand des Geübten) rasch und ohne wesentliche Strahlenbelastung durchführbar ist. Es eignet sich besonders zur Stabilisierung geschlossener Oberschenkel-, Unterarm-, sowie Oberarmfrakturen. Grundsätzlich ist die intramedulläre Nagelung auch bei Unterschenkelfrakturen anwendbar. Die Methode

garantiert Übungsstabilität und frühe Belastbarkeit. Gegenüber der Plattenosteosynthese sind die geschlossene Reposition und die geringe Gewebeverletzung bei ausreichender Stabilität, sowie der geringe Aufwand zur Metallentfernung von Vorteil.

Wesentliche Bein- oder Armlängendifferenzen treten nach intramedullärer Nagelung nicht auf.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- (BAUER1993) Bauer G, Gonschorek O: Zum Management instabiler Vorderarmschaftfrakturen bei Kindern
Unfallchirurg 1993, 96:224-228
- (BAR-ON1997) Bar-On E, Sagiv S, Porat S: External fixation or intramedullary nailing for femoral shaft fractures in children. A prospective, randomised study
J Bone Joint Surg 1997;79;6: 975-9;
- (BOURDELAT1991) Bourdelat D, Sanguina M: Fracture de la diaphyse fémorale chez l'enfant. Embrochage centro-médullaire ascendant ou descendant?
Ann Chir 1991;45:52-67
- (BOURDELAT1996) Bourdelat D: Fracture of the femoral shaft in children: advantages of the descending medullary nailing
J Pediatr Orthop 1996,5;2:110-4
- (BÖHLER1937) Böhler L: Die Technik der Knochenbruchbehandlung
Auflage, Bd.1, Maudrich Verlag, Wien,1937
- (BUCKLEY1994) Buckley S, Gotschall C, Robertson W, Sturm P, Tosi L, Thomas M, Eichelberger M: The relationships of skeletal injuries with trauma score, injury severity score, length of hospital stay, hospital charges, and mortality in children admitted to a regional pediatric trauma center
J Pediatr Orthop 1994;14: 449-54
- (BUESS1998) Buess E, Kaelin A: One hundred pediatric femoral fractures: epidemiology, treatment attitudes, and early complications
J Pediatr Orthop 1998; 7; 3:186-92

- (CAREY1996) Carey TP, Galpin RD: Flexible intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures
Clin Orthop North Am 1996; 332:110-8
- (CHRISTINAZ1994) Christinaz D: Embrochage élastique stable pour les fractures de l'enfant
Rev medical de la suisse romande 1994, 114:319-26,
- (CZERNY1994) Czerny F, Linhart W, Rueger JM, Sommerfeldt D, Pannike A: Frakturen im Bereich des Unterarmes bei Kindern
Unfallchirurgie 1994;20:203-5
- (DIETZ1997) Dietz HG, Schmittenebecher PP, Illing P: Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter
München-Wien-Baltimore, Urban-Schwarzenberg 1997
- (ECKE1985) Ecke H, Neubert; Neeb W: Analyse des Behandlungsergebnisses von 1127 Patienten mit Oberschenkelfrakturen aus der Bundesrepublik und der Schweiz
Unfallchirurgie 1985;6:38-43
- (ENDER1970) Ender S, Simon-Weidner R: Die Fixierung der trochantären Brüche mit runden, elastischen Condylennägeln
Act Chir Austr 1970;1:40-42
- (FELDKAMP1978) Feldkamp D, Daum R: Langzeitergebnisse kindlicher Unterarmschaftbrüche
Unfallheilkunde1978;132:389-392

- (FIRICA1981) Firica A, Popescu R, Scarlet M: L'osteosynthese stable, elastique, nouveau concept biomechanique: etude experimentale
Rev Chir Orthop (suppl)1987; 67:82-91
- (FRANZ1987) Franz R: Pathologische Frakturen im Kindesalter
Beitr Orthop 1987;35:200-207
- (GLUCK1990) Gluck T: Autoplastik-Transplantation-Implantation von Fremdkörpern
Berliner klinische Wochenschrift 1890; 27:421
- (GOODSHIP1985) Goodship AE, Kenwright J: The influence of induced micromove-ment upon the healing of experimental tibial fractures
J Bone Joint Surg 1985;67B:650-655
- (HASSE1987) Hasse H: Die Operationsindikation am Oberarmschaft
In Hofmann v. Kap-herr S: Operationsindikationen bei Frakturen im Kindesalter
Fischer, Stuttgart 1987
- (HACKETHAL1961) Hackethal F: Die Bündelnagelung
Springer Verlag, Wien, 1961
- (HAHN1996) Hahn MP, Richter D, Ostermann PA, Muhr G:
Die elastische Markraumschienung- ein Konzept zur Behandlung der instabilen Unterarmschaftfraktur im Kindesalter
Chirurg 1996;67;4:409-12
- (HEY-GROVES1913) Hey-Groves EW: An Experimental Study of the operative Treatment of Fractures
Br J Surg 1913:438-501

- (HUBER1996) Huber RI, Keller HW, Huber PM, Rehm KE:
Flexible intramedullary nailing as fracture treatment in
children
J Pediatr Orth 1996; 16:602-605
- (JONASCH1982) Jonasch E: Knochenbruchbehandlung bei Kindern
De Gruyter, Berlin- New York 1982
- (JONASCH1982) Jonasch E, Bertel E: Verletzungen bei Kindern bis zum
14.Lebensjahr
Hefte Unfallheilkunde 1982,150:1-146
- (KAY1986) Kay S, Smith C, Oppenheim W: Both-bone midshaft
forearm fractures in children
J Pedr Orthop 1986, 6, 306-310
- (KEHRER1982) Kehrer B: Frakturen im Kindesalter
Grob, Kinderchirurgie, 11.54-11.64,
Stuttgart: Thieme-Verlag, 1982
- (KEMPF1985) Kempf I, Grosse A, Beck G, et al.: Closed locked
intramedullary nailing
J Bone and Joint Surgery 1984;67A (4):709-719
- (KELLER1993) Keller HW, Huber R, Rehm KE: Die intramedulläre
Schienung von Frakturen im Wachstumsalter mit einem
neuen Implantat
Chirurg 1993;64:180-4
- (KNORR1996) Knorr P, Schmittbecher PP, Dietz HG : Die Behandlung
pathologischer Frakturen der langen Röhrenknochen im
Kindesalter mittels elastisch stabiler Markraumschienung
Unfallchirurg 1996; 99;6:410-4

- (LANGE1964) Lange M: Orthopädische chirurgische Operationslehre
2. Auflage von J. F. Bergmann 1962, S. 280ff.
- (LAER1984) v. Laer L: Skelettraumata im Wachstumsalter
Hefte zur Unfallheilkunde 1984;66: 61-67, Berlin, Springer
- (LAER1986) v. Laer L: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter
Stuttgart-NewYork: Thieme, 1986
- (LAER1991) v. Laer L: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter
Stuttgart-NewYork: Thieme, 2nd Edition, 1991
- (LAER1996) v. Laer L: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter
Stuttgart-NewYork: Thieme, 3rd Edition, 1996
- (LANGE1963) Lange M: Orthopädisch chirurgische Operationslehre
Bermann Verlag, München, 1962
- (LANGKAMER1991) Langkamer VG, Ackroyd C: Internal fixation of forearm
fractures in children in the 1980`s: lessons to be learnt
Injury 1991;22:97-102
- (LARSEN1988) Larsen E, Vittas D, Torp-Pedersen S: Remodelling of
angulated distal forearm fractures in children
Clin Orthop 1988;237:190-195
- (LASCOMBES1990) Lascombes P, Prévot J, Ligier JN, Metaizeau JP:
Elastic stable intramedullary nailing of forearm shaft
fractures in children: 85 cases
J Pedr Orthop 1990; 10;2:167-171
- (LEIXNERING1989) Leixnering M, Schwarz N: Osteosynthesen kindlicher
Unterarmbrüche und deren Ergebnisse
Unfallheilkunde 1989; 201:403-405

- (LIGIER1985) Ligier JN, Metaizeau JP, Prévot J, Lascombes P: Elastic stable intramedullary pinning of long bone fractures in children Z Kinderchir 1985; 10:209-212
- (LINHART1992) Linhart WE, Spendel S, Mayr H: Die elastisch stabile intramedulläre Schienung kindlicher Schaftfrakturen Z Kinderchir 1992; 1:215-220
- (LINHART1995) Linhart WE, Helou D: Die Behandlung von Knochenzysten mit der elastisch stabilen Fixation Z Kinderchir 1995; 4:134-139
- (MACHAN1993) Machan FG, Vinz H: Die Oberarmschaftfraktur im Kindesalter Unfallchirurgie 1993; 19:166-174
- (MACLAUGHLIN1984) MacLaughlin TP, Pillsbury SL: Internal Fixation of femoral shaft fractures by a closed technique Connecticut Medicine 1984; 48 (1): 9-13
- (MANTOUT1984) Mantout JP, Metaizeau JP, Ligier JN, Prévot J: Embrochage centro-médullaire des fractures des deux os de l'avant-bras chez l'enfant. Technique. Indications Ann Med Nancy 1984; 23:149-151
- (MAZDA1997) Mazda K, Khairouni A, Pennecot GF, Bensahel H: Closed flexible intramedullary nailing of the femoral shaft fractures in children J Pediatr Orth 1997;6;3:198-202
- (MCKIBBIN1978) Mc Kibbin B: The biology of fracture healing in long bones J Bone Joint Surg 1978; 60B:150-162

- (METAIZEAU1984) Metaizeau JP, Ligier JN: Le traitement chirurgical des fractures des os longs chez l'enfant
J Chir (Paris) 1984;121,68-9:651-655
- (NEWTON1994) Newton PO, Mubarak SJ: Financial aspects of femoral shaft fracture treatment in children and adolescents
J Pediatr Orthop 1994;14:508-12
- (OETIKER1996) Oetiker J, Komorek W, Meyer RP, Kappeler U: Die Prévot-Nagelung, eine elegante Methode. Erfahrungen mit 38 eigenen Fällen
Unfallchirurg 1996; 99; 5; 327-31
- (OGDEN1992) Ogden IA: Skeletal injury in the child
Philadelphia, Lea and Febiger, 1982:329-337
- (PARSCH1997) Parsch KD: Modern trends in internal fixation of femoral shaft fractures in children. A critical review
J Pediatr Orthop 1997 Part B; 2:117-25
- (PRÉVOT1989) Prévot J: L'embrochage élastique stable
Z Unfallchir Vers Med 1989;82:252-60
- (PRÉVOT1990) Prévot J, Lascombes P, Métaizeau JP, Blanquart D: Supracondylar fractures of the humerus in children, treatment by downward pinning
Rev Chir Orthop 1990;76:191-197
- (PONNET1989) Ponnet M, Jawish R: Stable flexible nailing of fractures of both bones of the forearm in children
Chir Pedr 1989, 30:117-120

- (RATER1992) Rater CP, Keller HW, Rehm KE: Erfahrung mit dem Fixateur externe bei geschlossenen Oberschenkelschaftfrakturen im Kindesalter
Aktuel Chir 1992; 27:289-292
- (REEVES1990) Reeves RB, Ballard RI: Internal fixation versus traction and casting of adolescent femoral shaft fractures
J Pediatr Orthop 1990, 10:592-5
- (REINBERG1994) Reinberg O, Frey P, Meyrat BJ: Traitement des fractures de l'enfant par enclouage centro-médullaire élastique stable (ECMES)
Z Unfallchir Vers Med 1994; 87:2
- (RUSSE1982) Russe W, Bauer R: Pathologische Frakturen im Kindesalter bei Tumoren
Orthopäde 1982;11:122-127
- (SANTORI1986) Santori FS, Ghera S, Castelli V, Tollis A: Dynamic endomedullary nailing in the treatment of extensive bone cysts in young patients. A pathogenetic interpretation
Ital J Orthop Traumatol 1986;12(4): 411-417
- (SANTORI1988) Santori FS, Ghera S, Castelli V: Treatment of solitary bone cysts with intramedullary nailing
Orthop 1988;11(6): 873-878
- (SESSA1990) Sessa S, Lascombes P, Gagneux E, Blanquart D: Embrochage centro-medullaire dans les fractures de l'extremite superieure de l'humerus chez l'enfant et l'adolescent
Chir Pediatr 1990; 31(1):43-6

- (SCHMITTENBECHER1991) Schmittenebecher PP, Dietz HG, Uhl S: Late results of forearm fractures in childhood
Unfallchirurg 1991; 266:197-204
- (SCHMITTENBECHER1995) Schmittenebecher PP, Dietz HG: Die Osteosynthese der Femurschaftfraktur im Kindesalter mit elastisch-stabiler Markraumschienung („Nancy-Nagelung“)
Operat Orthop Traumat 1995; 7:215-24
- (SCHRATZ1998) Schratz W, Worsdorfer O, Klockner C, Gotze C:
Behandlung der Oberarmschaftfraktur mit intramedullären Verfahren (Seidel-Nagel, Marchetti-Vicenzi-Nagel, Prévot-Pins)
Unfallchirurg1998; 101(1):12-7
- (SCHWEIBERER1973) Schweiberer L, Lindemann M: Infektionen nach Marknagelung
Chirurg 1973;44: 542-548
- (SKAK1996) Skak SV, Overgaard S, Nielsen JD, Andersen A, Nielsen ST: Internal fixation of femoreal shaft fractures in children and adolescents: a ten- to twenty-one-year follow-up of 52 fractures
J Pediatr Orthop 1996;5;3:195-9
- (SPINA1998) Spina N, Mus L, Basile G, Santamaria S:
Flexible intramedullary „classical“ nailing in childhood: use in fractures of the femur and humerus
Chir Organ Mov 1998, 83(3):277-83
- (STANS1999) Stans AA, Morissy RT, Renwick SE: Femoral shaft treatment in Patients Age 6 to 16 years
J Pediatr Orthop 1999;19:222-28

- (VECSEI1978) Vecsei V, Bayer HW, Beck H u.a.:
"Verriegelungsnagelung" Symposium 3. Februar 1978.
Verlag Wilhelm Maudrich
- (VITTAS1991) Vittas D, Larsen E, Torp-Pedersen S: Angular
Remodelling of midshaft forearm fractures in children
Clin Orthop 1991;265:261-4
- (VOTO1990) Voto SJ, Weiner DS, Leighley B: Use of pins and
plaster in the treatment of unstable pediatric forearm
fractures in children
J Pediatr Orthop 1990;10: 85-89
- (VOTO1990) Voto SJ, Weiner DS, Leighley B: Redisplacement
after closed reduction of forearm fractures in children
J Pediatr Orthop 1990;10:79-84
- (WEBER1978) Weber BG, Brunner Ch, Freuler F: Die Frakturbehandlung
bei Kindern und Jugendlichen
Berlin, Springer-Verlag 1978
- (WESSELY1978) Wessely J, Heydenreich K: Indikation zur Operation
kindlicher Unterarmschaftfrakturen
Unfallheilkunde 1978;132:392-3

DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. Höcht danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Sabine Freys, für Ihre hervorragende Betreuung, für ihr beständiges Engagement und die kritische Durchsicht der Manuskripte.

Bei Herrn Prof. Dr. Weckbach bedanke ich mich für die freundliche Übernahme des Korreferats.

Lebenslauf

Angaben zur Person

Name	Julia Wrede
Geburtstag, -ort	13.08.1972 in Essen
Geburtsname	Dreisilker
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet
Eltern	Dr. med. Ulrich Dreisilker, Facharzt für Orthopädie Antje Dreisilker, geb. Milte, Physiotherapeutin

Ausbildungsdaten

1979 - 1983	Grundschule Spessartstraße, Mettmann
1983 - 1992	Heinrich-Heine -Gymnasium, Mettmann
1993 - 1998	Medizinstudium an der Julius- Maximilians- Universität zu Würzburg
1998 - 1999	Praktisches Jahr des Medizinstudiums an der Technischen Universität, München

Prüfungen

05/1992	Abitur
04/1995	Physikum
04/1996	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
09/1998	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
11/1999	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Ärztin im Praktikum

Dez 1999 - Nov 2000	Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt
Seit Dez 2000	Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Universitätsklinikum der TU Dresden