
Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Universitätskrankenhaus Hamburg Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. J. M. Rueger

Längendifferenzen nach Oberschenkelfrakturen im Wachstumsalter

Dissertation

Zur Erlangung eines Doktors der Medizin
am Universitätskrankenhaus Hamburg Eppendorf

vorgelegt von Dörte Frabetti

Hamburg 2003

Angenommen von dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg am: 23.12.2003

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss: Der/die Vorsitzende: Prof. Dr. M. Dallek

Prüfungsausschuss : 2.Gutachter/in: Prof. Dr. J. Windolf

Prüfungsausschuss : 3.Gutachter/in: Prof. Dr. L. Meiss

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	2
1.1	Anatomie des Oberschenkelknochens und Besonderheiten der Frakturheilung beim Kind	4
1.2.1.	Operative Therapieverfahren.....	6
1.2.2.	Konservative Therapieverfahren	11
2	MATERIAL UND METHODIK	13
2.1	Krankengut	13
2.2	Untersuchungsmethoden	14
3	ERGEBNISSE	15
3.1	Subjektive Beschwerden.....	20
3.2	Gangbild	21
3.3	Beinlängenmessung, Längendifferenzen und Zusammenhänge	22
3.4	Bewegungseinschränkungen nach der Neutral – Null - Methode	28
4	DISKUSSION	29
4.1	Zusammenhang zwischen posttraumatischer Längendifferenz und dem Alter des Kindes	31
4.2	Zusammenhang zwischen Frakturlokalisierung und – form in Bezug auf ein posttraumatisches Längenwachstum.....	34
4.3	Zusammenhang zwischen Therapieform und posttraumatisches Mehrwachstum.....	37
4.4	Beeinflussbarkeit des posttraumatischen Längenwachstums und daraus resultierende Konsequenzen für die Behandlung von Oberschenkelfrakturen bei Kindern	44
5	ZUSAMMENFASSUNG	47
6	LITERATURVERZEICHNIS	49
7	ANHANG	61

1 EINLEITUNG

Das Phänomen des posttraumatischen Längenwachstums nach Oberschenkelfrakturen bei Kindern im Wachstumsalter gibt seit nunmehr fast 100 Jahren Anlass zur Diskussion.

Volkman (84) wies bereits 1862 darauf hin, dass es nach einer Fraktur des Oberschenkels beim Kind zu einem veränderten Längenwachstum kommen kann. Trueta (75,76) erklärt dieses Mehrwachstum mit einer frakturbedingten Hyperämie im Bereich der Epiphysenfuge.

Inwieweit weitere Faktoren wie das Alter des Kindes, die Frakturform und – lokalisation und die Art und Weise der Behandlung einen Einfluss auf das Längenwachstum haben, ist Thema zahlreicher Publikationen und wird bis heute kontrovers diskutiert.

Ein wichtiger Teil dieser Diskussion besteht in der Frage nach der bestmöglichen Therapieform von kindlichen Oberschenkelfrakturen. Hierbei haben sich gerade die Entscheidungskriterien in den letzten Jahren entscheidend gewandelt.

Während die Femurfraktur im Wachstumsalter in früheren Jahren fast ausschließlich Domäne der konservativen Therapie war, zeichnet sich heute immer mehr der Trend zur operativen Behandlung ab. Die Gründe hierfür sind vielfältig. So ist diese Behandlungsmethode kostengünstiger, familien- und patientenfreundlicher, da die Kinder nach kurzem Krankenhausaufenthalt schnell wieder in das ihnen vertraute Umfeld entlassen werden können. Eine Optimierung und Verbesserung der operativen Methoden trägt zusätzlich dazu bei.

Auch in der Universitätsklinik Eppendorf zeichnet sich diese Tendenz ab. So wurden in den Jahren 1974- 1990 nur 16 % der kindlichen Oberschenkelfrakturen operativ versorgt, während es von 1990- 1999 bereits 43 % waren.

Autoren wie L.von Laer (38,39) und Hofmann von Kap-herr (25) unterstützen die Forderung nach vermehrt operativer Therapie während E. Brug (9), von Breitfuß und Muhr (8) die besten Ergebnisse bezüglich des posttraumatischen Längenwachstums in der konservativen Therapie sehen.

Im Allgemeinen ist man der Ansicht, dass sich ein Mehrwachstum des betroffenen Beines auf die ersten zwei Jahre nach der Fraktur beschränkt (79). Unklar ist aber, ob diese Beinlängendifferenzen bis zum Wachstumsabschluss ausgeglichen werden können.

Nach Morscher et al. (47) kann eine Längendifferenz von 1 cm durch eine leichte Neigung des Beckens, welche sich nicht störend auf die Funktion des Bewegungsapparates auswirkt, toleriert werden. Differenzen von über 3 cm können Spätschäden wie z.B. einen Beckenschiefstand, eine skoliotische Fehlhaltung der Wirbelsäule und Verkürzungshinken mit nachfolgenden Problemen in Knie- und Hüftgelenk nach sich ziehen und sollten daher noch innerhalb des Wachstumsalters mit der Epiphysenfugenklammerung nach Blount behandelt werden.

Das Ziel der Therapie von Oberschenkelfrakturen bei Kindern sollte darin bestehen, mit einem Minimum an Aufwand achsengerechte Verhältnisse zu schaffen und das Ausmaß einer Längendifferenz so gut wie möglich einzuschränken, um damit möglichen Spätschäden aus dem Weg zu gehen.

Angeregt durch die oben dargestellte Meinungsvielfalt und die wachsende Tendenz zu mehr operativer Therapie, entschlossen wir uns zur Klärung dieser Problematik beizutragen.

Im Rahmen einer retrospektiven Studie untersuchten wir die entsprechenden Patienten nach und stellten die Ergebnisse zusammen.

Das Ziel der Arbeit besteht darin, einen Vergleich der bereits bestehenden Arbeiten vorzunehmen und mit dem eigenen Patientengut auf folgende Fragestellungen hin zu prüfen.

- 1) Kommt es nach Femurfrakturen im Kindesalter zu Beinlängendifferenzen?
- 2) Hat das Alter des Kindes zum Zeitpunkt der Fraktur einen Einfluss auf das Längenwachstum?
- 3) Besteht ein Zusammenhang zwischen überschießendem Längenwachstum und dem Frakturtyp bzw. der Frakturlokalisation?
- 4) Inwieweit hat die Art der Therapie einen Einfluss auf ein posttraumatisches Mehrwachstum?
- 5) Kann ein posttraumatisches Längenwachstum verhindert werden?
- 6) Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Beantwortung der vorliegenden Fragestellungen?

1.1 Anatomie des Oberschenkelknochens und Besonderheiten der Frakturheilung beim Kind

Das Femur gilt als der längste und gleichzeitig stärkste Knochen des menschlichen Skeletts. Den genauen anatomischen Bau des Knochens kann man der Abbildung 1 entnehmen.

Das Femur steht in einer leichten, physiologischen X- Bein- Stellung, die durch den CCD-Winkel bestimmt wird. Die Schenkelhalse befinden sich in einer Antetorsionsstellung, die sich im Laufe der Entwicklung durch Detorsionsvorgänge von 40° bis 50° bei Geburt auf ca. 10° bis 15° bei Wachstumsabschluss verringern. Zusätzlich weist das Femur eine leichte Antekurvatur auf, die dem Zug der Muskelmassen entsprechend ist.

Ansicht von ventral

Ansicht von dorsal

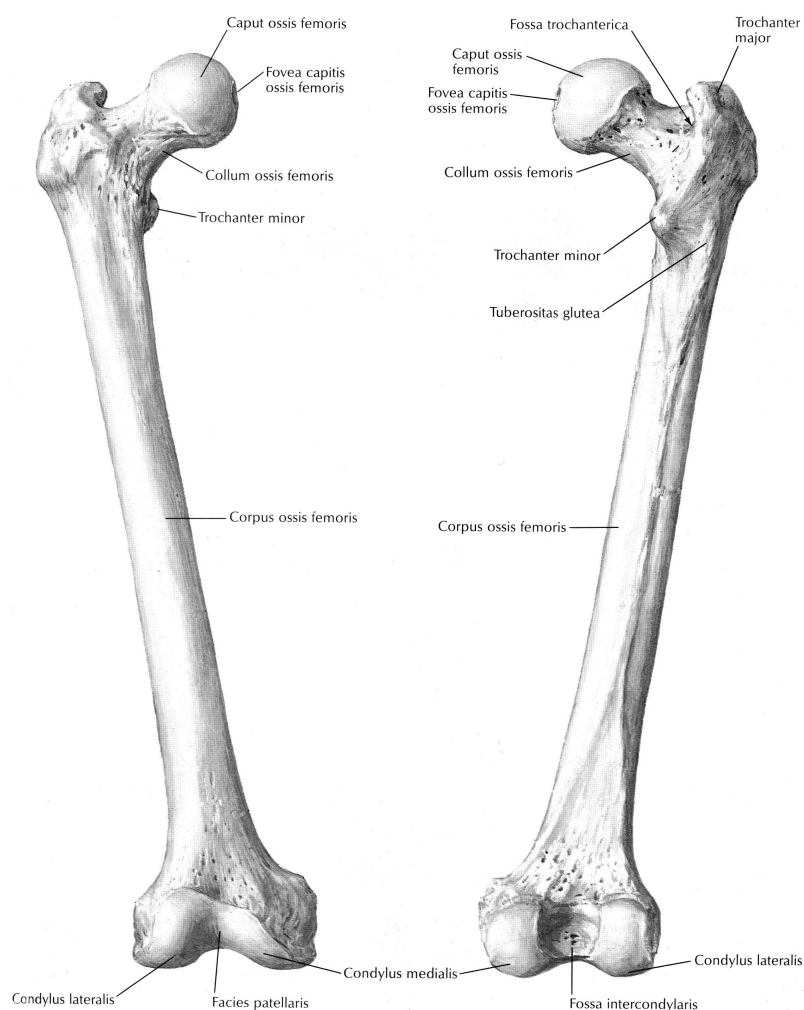


Abbildung 1: Oberschenkelknochen des Menschen (modifiziert aus 49)

Das Wachstum des Knochens geht von 5 Ossifikationszentren aus, die sich auf den Schaft, den Kopf, die Condylen und die Trochanter verteilen. Es verläuft in drei Schüben, die folgendermaßen unterteilt werden (52):

1. Wachstumsphase im Säuglings- und Kleinkindalter (schnelles Wachstum)
2. Wachstumsphase im Schulkindalter (langsames, gleichbleibendes Wachstum)
3. Wachstumsphase in der Pubertät (schnelles Wachstum).

Es ist bekannt, dass die Wachstumsfugen des Femurs in unterschiedlicher Weise am Längenwachstum beteiligt sind. So ist die distale Epiphysenfuge mit 70%, die proximale Epiphysenfuge allerdings nur zu 30 % am Längenwachstum beteiligt. (47) Der Schluss der Epiphysenfugen vollzieht sich zwischen dem 16. und 18. Lebensjahr.

Wie beim Erwachsenen so läuft die Frakturheilung auch am wachsenden Skelett sekundär über Callusbildung ab. Der Callus wird auch als Reiz- oder Fixationscallus bezeichnet, dessen Bildung vom Grad der Unruhe und der Fehlstellung der Frakturrenden direkt abhängig ist. Eine wichtige Voraussetzung für eine gleichmäßige Callusbildung und den Durchbau der Fraktur ist vor allem eine gleichmäßige Druck- und Zugverteilung der Frakturfragmente gegeneinander über die gesamte Frakturbene. Die zunehmende Stabilisierung der Fraktur erfolgt über den Weg der Verknorpelung. Das Einsprossen von Gefäßen und die Einwanderung von Chondroklasten und Osteoblasten führt zur zunehmenden Ossifikation des Callus.

Die Frakturheilung erfolgt dagegen wesentlich schneller als beim Erwachsenen und ist umso kürzer, je jünger das Kind ist. (27)

Im weiteren Wachstum können Fehlstellungen durch direkte und indirekte Korrekturmechanismen in einem bestimmten Umfang noch ausgeglichen werden.

Zu den direkten Korrekturmechanismen zählen die periostal- endostale Korrektur der Seit- zu Seitverschiebung und der Korrekturmechanismus für Achsenfehler in der Frontal- oder Sagittalebene. Beide sind laut L. v. Laer (34) wachstumsabhängig, was bedeutet, dass Fehlstellungen bis zum 10. Lebensjahr korrigiert werden können.

Eine Oberschenkelfraktur oder direkte Verletzungen der Epiphysenfugen im Wachstumsalter können ein vermehrtes Längenwachstum des Oberschenkels bewirken oder zu einer Verkürzung des Knochens führen.

1.2. Therapieformen zur Behandlung von kindlichen Oberschenkelfrakturen

1.2.1. Operative Therapieverfahren

Die operative Therapie wird auch heute nicht unbedingt als die Therapie der ersten Wahl bei Femurfrakturen im Kindesalter angesehen. Im Wesentlichen wird dies zum einen damit begründet, dass die Sekundärheilung beim Kind sehr viel schneller erfolgt als beim Erwachsenen. Diese Tatsache wird von den konservativen Therapieverfahren genutzt. Zum anderen konnten nach operativen Behandlungsverfahren keine besseren Ergebnisse in Bezug auf ein posttraumatisches Längenwachstum ermittelt werden, sondern eher schlechtere. Weiterhin argumentieren viele Autoren, dass bei einer operativen Behandlung eine Infektionsgefahr vorhanden ist, die bei konservativen Behandlungsmethoden entfällt. Daher wird eine strenge Indikationsstellung gefordert, nachdem eine operative Therapie zum Einsatz kommen sollte bei (9,27):

- zweit- und drittgradigen offenen Frakturen
- pathologischen Frakturen (wie z.B. der juvenilen Knochenzyste, malignen Knochentumoren etc.)
- polytraumatisierten Kindern
- bestehenden Gefäß- und Nervenverletzungen
- nach erfolgloser konservativer Therapie

In den letzten Jahren wurde am Universitätsklinikum Eppendorf vermehrt primär operiert, die Indikationsstellung somit erweitert, da die Operation kostengünstiger und patientenfreundlicher erscheint und die oben beschriebenen Gefahren in Arbeiten nicht eindeutig bewiesen werden konnten. Zu geringe Fallzahlen sind hierfür als eine Ursache zu nennen.

Im Folgenden sollen die einzelnen operativen Verfahren vorgestellt werden, die zur Behandlung von Oberschenkelbrüchen bei Kindern zur Anwendung kommen.

Die operativen Verfahren werden unterteilt in stabile (wie Plattenosteosynthese, intramedulläre Federdrahtosteosynthese, Prevot- Nagel und Fixateur externe) und adaptierende Osteosynthesen (wie Bohrdrähte, Cerclagen und Schrauben).

Das an unserer Klinik bis 1998 am häufigsten angewendete operative Verfahren war die Plattenosteosynthese. Die Vorteile dieser Operationstechnik liegen in der sofortigen

Wiederherstellung der anatomischen Form und Funktion des Femurs ohne direkte Schädigung der Wachstumsfugen, dem relativ kurzen Krankenhausaufenthalt und der schnellen Mobilisation des Kindes. Es müssen nur wenige Röntgenaufnahmen vorgenommen werden. Häufige Repositionsmanöver werden umgangen. Als Nachteile dieses Verfahrens wären die erneute stationäre Aufnahme und Anästhesie des Kindes bei Metallentfernung, die Gefahr des Implantatbruches und der Refraktur zu nennen. Hinzu kommt, dass durch die Operation eine relativ breite Keloidnarbe entsteht. Ein Fallbeispiel zu dieser Therapieform ist in der Abbildung 2 dargestellt.

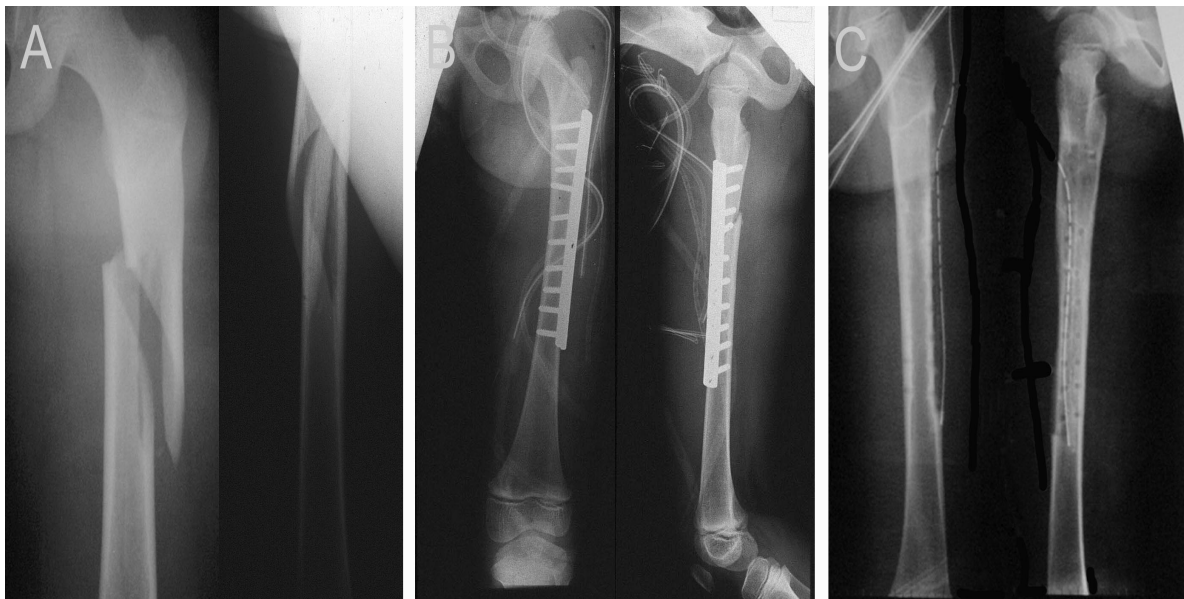


Abbildung 2

A: Unfallbild einer nicht dislozierten Spiralfaktur im mittleren Drittel des linken Oberschenkels bei einem 5-jährigen Mädchen nach einem Spielunfall im Kindergarten

B: plattenosteosynthetische Versorgung der Fraktur am Unfalltag

C: Ausheilungsbild nach Metallentfernung

Seltener kam der Fixateur externe zur Anwendung. Ohne große Verletzung der Weichteile kann die Fraktur stabilisiert werden. Das System wird von den Kindern gut toleriert und kann meistens ohne weitere Narkose entfernt werden. Die Narbenbildung ist geringer als bei der Plattenosteosynthese. Die Kinder können ebenfalls recht schnell mobilisiert werden. Allerdings ist der Krankenhausaufenthalt gegenüber der Plattenosteosynthese etwas verlängert. Als Nachteile wären die Pin- Infektion und die Gefahr einer Refraktur zu nennen. (28,60,79) Die Abbildungen 3 und 4 zeigen einen Patienten im Fallbeispiel, der in der Universitätsklinik Eppendorf mit dieser Methode erfolgreich behandelt worden ist.

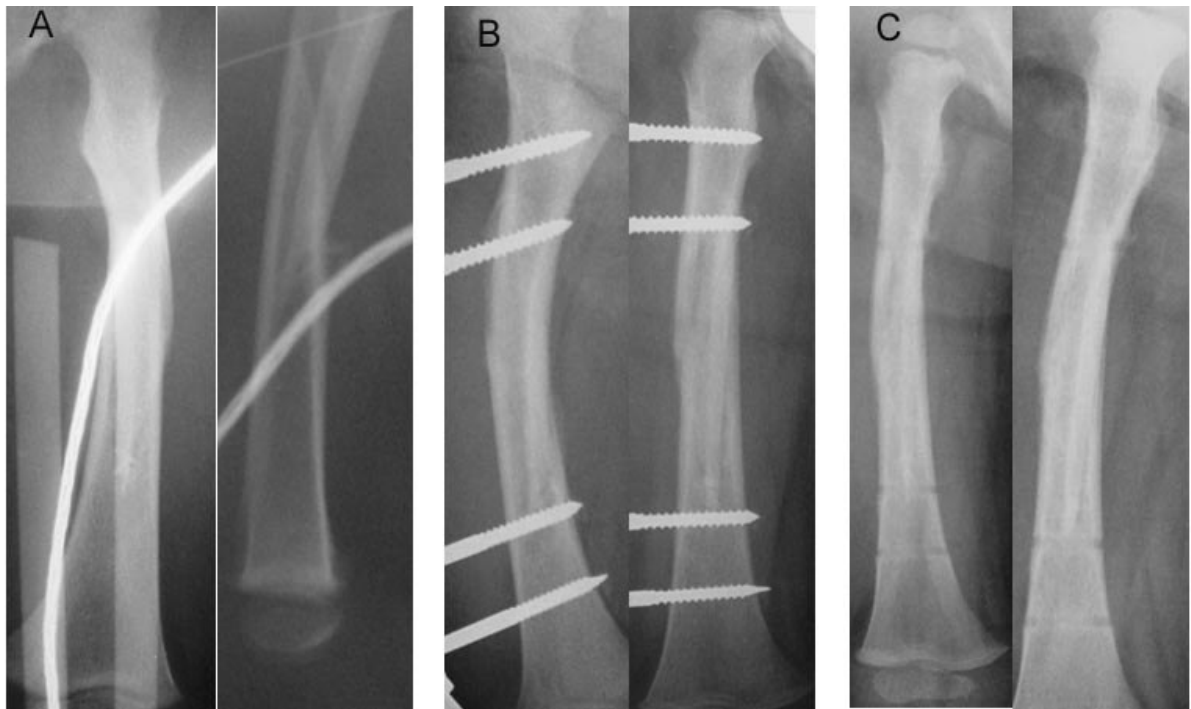


Abbildung 3

A: Unfallbild einer geschlossenen Spiralfraktur des rechten Oberschenkels im mittleren Drittel

B: Versorgung der Fraktur mit dem Fixateur externe

C: Ausheilungsbild nach Entfernung des Fixateur externe



Abbildung 4: Fixateur externe

Eine von uns in den letzten 5 Jahren eingeführte neue Therapieform, ist die Behandlung von kindlichen Oberschenkelbrüchen mit der Methode der Prevot- Nagelung. Die Methode der intramedullären Schienung von Frakturen ist seit langem bekannt und kam bis vor kurzem vor allem bei Frakturen des Erwachsenen zum Einsatz.

Prevot und seine Mitarbeiter entwickelten allerdings 1978 ein spezielles Instrumentarium und eine Technik speziell für Kinder, das EES- Embrochage Elastique Stable = stabiles elastisches Pinning. Seitdem ist ein intramedulläres Pinning auch bei kindlichen Oberschenkelfrakturen möglich.(61,62) Aufgrund der guten Ergebnisse, die mit dieser Methode erzielt wurden, entschlossen sich viele Kliniken dieses Therapieverfahren anzuwenden. (40,55,56)

Die Vorteile dieser Methode liegen, wie bei der Plattenosteosynthese, in einem kurzen Krankenhausaufenthalt und einer frühfunktionellen Nachbehandlung. Zusätzlich ist der operative Aufwand gegenüber der Plattenosteosynthese deutlich geringer, die verbleibende Operationsnarbe wesentlich kleiner. Zudem sind die septischen Risiken sehr gering. Als Nachteil wäre der Zweiteingriff zur Metallentfernung zu nennen. Gelegentlich kommt es zu Weichteilirritationen mit Bursabildung. Aussagen über das eventuelle Längenwachstum nach Anwendung dieses Therapieverfahrens stehen noch aus, da es sich, wie oben bereits erwähnt, um eine relativ neue Operationsmethode handelt und Langzeitergebnisse noch nicht zur Verfügung stehen. Die Abbildung 5 zeigt ein Fallbeispiel für diese Therapiemethode.



Abbildung 5

A: Unfallbild einer geschlossenen nicht dislozierten, diaphysären Spiralfraktur des rechten Oberschenkels bei einem 3-jährigen Jungen nach einem häuslichen Unfall

B,C: Versorgung der Fraktur mittels Prevot-Nagelung

D: Ausheilungsbild nach Metallentfernung

1.2.2. Konservative Therapieverfahren

Viele Autoren sahen in der konservativen Therapie die Therapie der ersten Wahl bei kindlichen Oberschenkelfrakturen. (9,27,40) Vorteilhaft war die wenig invasive Behandlung und die Möglichkeit der Korrektur von Achsenfehlstellungen während der Therapie. Andererseits ist der relativ lange Aufenthalt nicht unbedingt patientenfreundlich und muss unter der heutzutage geforderten Wirtschaftlichkeit des Gesundheitswesens neu überdacht werden.

Für eine konservative Frakturbehandlung stehen prinzipiell drei Möglichkeiten zur Verfügung: die Lagerung, die Extension (Overhead- Extension, supracondyläre Femurextension) und das Anlegen eines Becken- Bein- Gipses.

Die an unserer Klinik in früheren Jahren häufig angewandte Methode war die supracondyläre Femurextension. Mit Gewichten, die etwa ein Fünftel des Körpergewichtes betrug, versuchte man ein überschießendes Wachstum durch eine Überlappung der Fragmente von 1- 1,5 cm zu erreichen. Das Bein wurde auf einer Braunschen- oder Krappschen- Schiene gelagert.

Mit der Overhead- Extension wurden in unserer Klinik vorwiegend Kinder im Alter zwischen 1- 4 Jahren behandelt. Es handelt sich hierbei um eine vertikale Extension des gebrochenen oder beider Beine mittels Heftpflasterzügen. Die Gewichte sollten so ausgewählt werden, dass sich das Becken des Kindes gerade eben von der Unterlage anhebt. Diese Therapieform wird von den Kindern gut toleriert und weist gute Ergebnisse auf. Ein Fallbeispiel dieses Therapieverfahrens zeigen die Abbildungen 6 und 7.

Das Anlegen eines Becken- Bein Gipses kam in früheren Jahren meist im Anschluss an eine Overhead- Extensionsbehandlung zur Anwendung. Wenn die Kinder in der Extension zu unruhig waren, so dass keine befriedigende Fragmentstellung erreicht werden konnte, oder die Fraktur nicht ausreichend durchbaut war, wurde ein Becken- Bein- Gips angelegt. Heute wird diese Methode nur noch in absoluten Ausnahmefällen angewandt.



Abbildung 6: Bild eines Kindes in Overhead- Extension

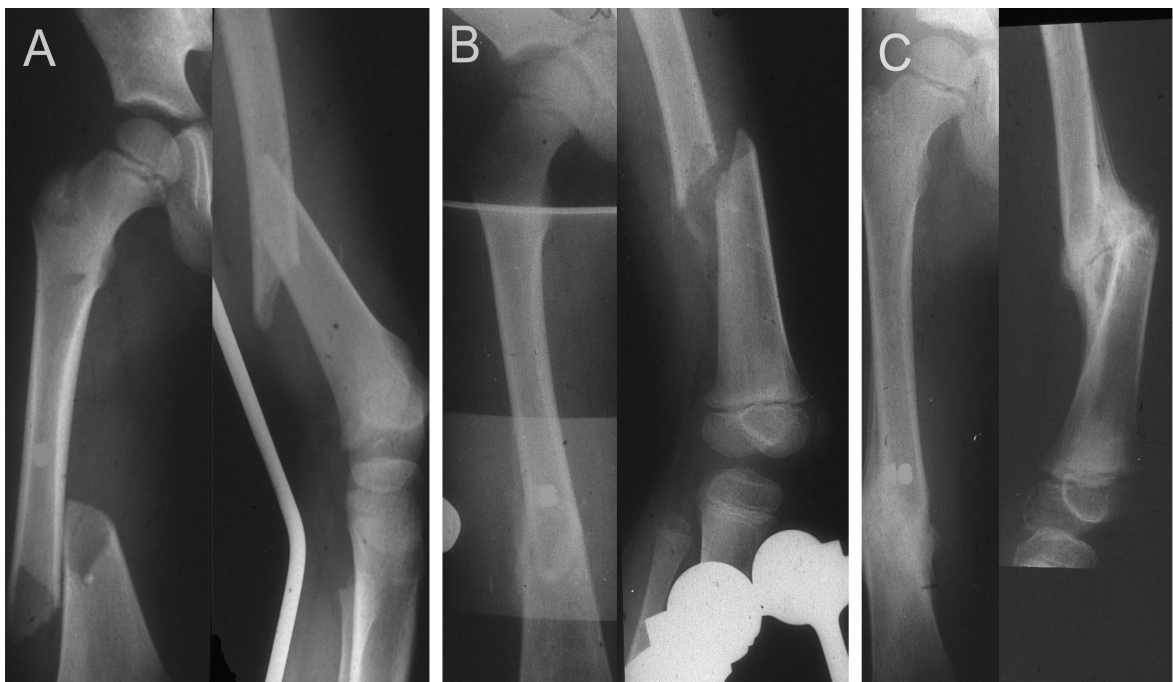


Abbildung 7

A: Unfallbild einer geschlossenen dislozierten Oberschenkelfraktur im distalen Drittel

B: Versorgung der Fraktur mit Overhead- Extension

C: Ausheilungsbild

2 MATERIAL UND METHODIK

2.1 Krankengut

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Unterlagen von 220 Kinder, die in den Jahren 1974 bis 1999 im Universitätskrankenhaus Eppendorf mit einer Femurschaftfraktur versorgt worden sind, ausgewertet.

Aus den archivierten Unterlagen der Patienten wurden Kriterien wie das Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt, das Geschlecht, eventuelle Vorerkrankungen, die Unfallursache, Begleitverletzungen, die Therapieart, mögliche Komplikationen, die nach der Behandlung der Fraktur aufgetreten waren, der Zeit der Metallentfernung bei operativer Therapie und die Dauer der Therapie entnommen und in einer Excel- Tabelle zusammengestellt.

Die in Frage kommenden Kinder wurden dann zu einer Nachuntersuchung in die Universitätsklinik Eppendorf eingeladen. Hier erfolgte die Nachuntersuchung nach vorher bestimmten Kriterien, welche auf einem speziell angefertigten Untersuchungsbogen zusammengefasst wurden. (siehe Anhang)

Weiterhin wurden die Frakturen mit Hilfe der am Unfalltag angefertigten Röntgenbilder nach den Kriterien der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesen) eingeteilt in:

1. Die Frakturlokalisation:
 - subtrochantär
 - proximales Drittel
 - mittleres Drittel
 - distales Drittel
 - supracondylär

 2. Die Frakturform:
 - Spiralfaktur
 - Schrägfraktur
 - Querfraktur
 - Mehrfragmentfraktur
 - Grünholzfraktur
 - Trümmerfraktur

 3. Die Art der Dislokation.
-

2.2 Untersuchungsmethoden

Die Nachuntersuchung erfolgte dann anhand eines Untersuchungsbogens, der folgende Kriterien beinhaltete:

- Frage nach subjektiven Beschwerden
- Messung der Beinlängen von der Spina iliaca anterior superior bis zur Spitze des Malleolus externus
- Umfangsmessung beider Beine an den Messpunkten 10 und 20 cm oberhalb des medialen Kniegelenksspalt, an der Kniescheibenmitte und 15 cm unterhalb des medialen Kniegelenksspaltes
- Beurteilung der Beweglichkeit von Hüft- und Kniegelenk nach der Neutral- Null-Methode
- Beurteilung der Operationsnarbe

Dieser Untersuchungsbogen ist im Anhang dieser Arbeit ersichtlich.

Die Beinlängen wurden mit Hilfe eines Maßbandes von der Spina iliaca anterior superior bis zum Malleolus externus von einer Person gemessen. Zum anderen erfolgte die Messung der Oberschenkelänge vom Trochanter major bis zum lateralen Kniegelenksspalt. Die Ergebnisse wurden von einer zweiten Person überprüft. Wenn Längendifferenzen vorlagen, wurde untersucht, ob ein Beckenschiefstand oder mögliche Wirbelsäulenveränderungen zu erkennen waren.

Um eine unnötige Strahlenbelastung der Kinder zu vermeiden, verzichteten wir auf eine allgemeine Röntgenkontrolluntersuchung.

Bei Kindern, die eine Fehlstellung des frakturierten Beines aufwiesen, führten wir allerdings eine radiologische Verlaufskontrolle durch.

Anschließend wurden die Ergebnisse der Nachuntersuchung in einer Excel-Tabelle systematisch zusammengestellt und mögliche Zusammenhänge betrachtet.

3 ERGEBNISSE

Zur Auswertung kamen die Unterlagen von 220 Kindern. Von diesen 220 Patienten erschienen 149 Kinder (67,7 %) zur Nachsorgeuntersuchung. Es handelt sich hierbei um 91 der konservativ versorgten und 58 der operierten Kinder.

Der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Nachuntersuchung betrug im Mittel 5,92 Jahre. Die zeitlichen Schwankungen lagen zwischen 5 Monaten und 14,8 Jahren.

44 der behandelten Mädchen und 105 Jungen wurden gesehen.

Die meisten Kinder verletzten sich bei Verkehrsunfällen (64,5%), gefolgt von Unfällen im häuslichen Bereich (20,9%). Die restlichen Kinder zogen sich die Verletzungen bei Spiel oder Sport, in der Schule oder im Kindergarten zu. Bei zwei Jungen kam es nach einer Grunderkrankung wie der Muskeldystrophie vom Typ Duchenne und dem Morbus Ollier zu einer Spontanfraktur. Ein weiterer Junge wurde durch eine Miene im Libanon verletzt. Die genaue Verteilung der Unfallursachen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Unfallursachen	gesamt n=220	konservativ n=149	operativ n=71
Verkehr	142	93	49
Häuslicher Bereich	46	39	7
Schule	7	0	7
Spiel/Sport	21	17	4
Spontan	2	0	2
Kindergarten	1	0	1
Krieg	1	0	1

Tabelle 1: Unfallursachen

Jungen (n=145) waren ca. zweimal so häufig wie Mädchen (n=75) betroffen. Das Durchschnittsalter zum Unfallzeitpunkt lag bei 6,7 Jahren (5 Wochen – 14 Jahre), wobei das Alter der operativ versorgten Kinder mit 7,9 Jahren etwas über dem der konservativen mit 5,2 Jahren lag. Die genaue Altersverteilung bei den Patienten zum Unfallzeitpunkt ist in der Abbildung 8 zu ersehen.

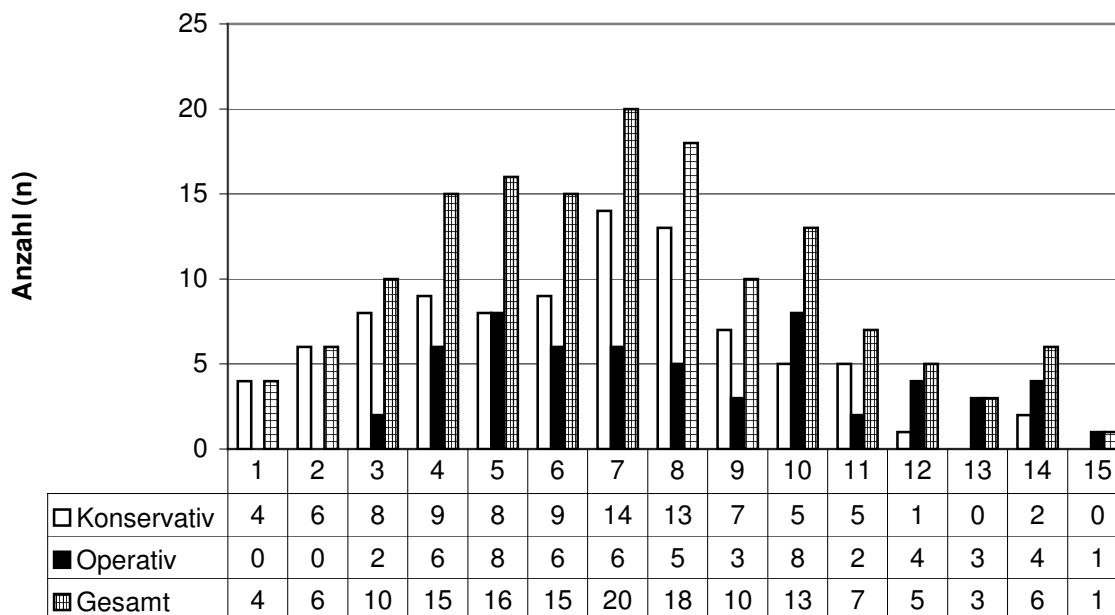


Abbildung 8: Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt (nachuntersuchte Patienten)

In 135 Fällen (61,4%) trat eine isolierte Oberschenkelfraktur auf. Zusätzliche Verletzungen wurden bei 85 Patienten (38,6%) gesehen, wobei das Verletzungsmuster von Frakturen der unteren oder oberen Extremität über ein begleitendes Schädelhirntrauma bis hin zum Polytrauma reicht.

Bei 5 Patienten kam es zu beidseitigen Oberschenkelfrakturen, davon viermal im Rahmen eines Polytraumas.

Von 11 gleichzeitig aufgetretenen Unterschenkelfrakturen waren 10 ipsilateral. (Tabelle 2)

Verletzungsmuster	Gesamt n=220	Konservativ n=149	Operativ n=71
Oberschenkel isoliert	135	99	36
Polytrauma	33	8	25
Oberschenkel + SHT	30	27	3
Oberschenkel + obere Extremität	7	4	3
Oberschenkel + Unterschenkel	11	7	4
Oberschenkel + Abdomen	3	3	0
Oberschenkel + Unterschenkel + obere Extremität	1	1	0

Tabelle 2: Verletzungsmuster

Die Frakturen wurden nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesen eingeteilt. Hierbei überwiegen in der vorliegenden Arbeit die Querfrakturen im mittleren Drittel des Femurschaftes, gefolgt von Schräg- und Spiralfrakturen mit der gleichen Lokalisation. Während die Mehrfragmentfrakturen vorwiegend im proximalen Drittel auftraten war die Verteilung der Trümmerfrakturen gleichmäßig auf den gesamten Femurschaft verteilt. Die Grünholzfrakturen fanden sich am ehesten im supracondylären Bereich. Die genauen Verteilungen sind in der Tabelle 3 und in der Abbildung 9 dargestellt.

Frakturform	gesamt	subtr.	proximal	mittleres Drittel	distal	supracondylär
Querfraktur	86	4	18	56	6	2
Schrägfraktur	52	3	14	25	8	2
Spiralfraktur	38	3	8	26	1	0
Trümmerfraktur	19	3	4	4	4	4
Mehrfragmentfraktur	17	1	9	5	2	0
Grünholzfraktur	8	1	1	1	1	4

Tabelle 3: Fraktureinteilung (nach AO)

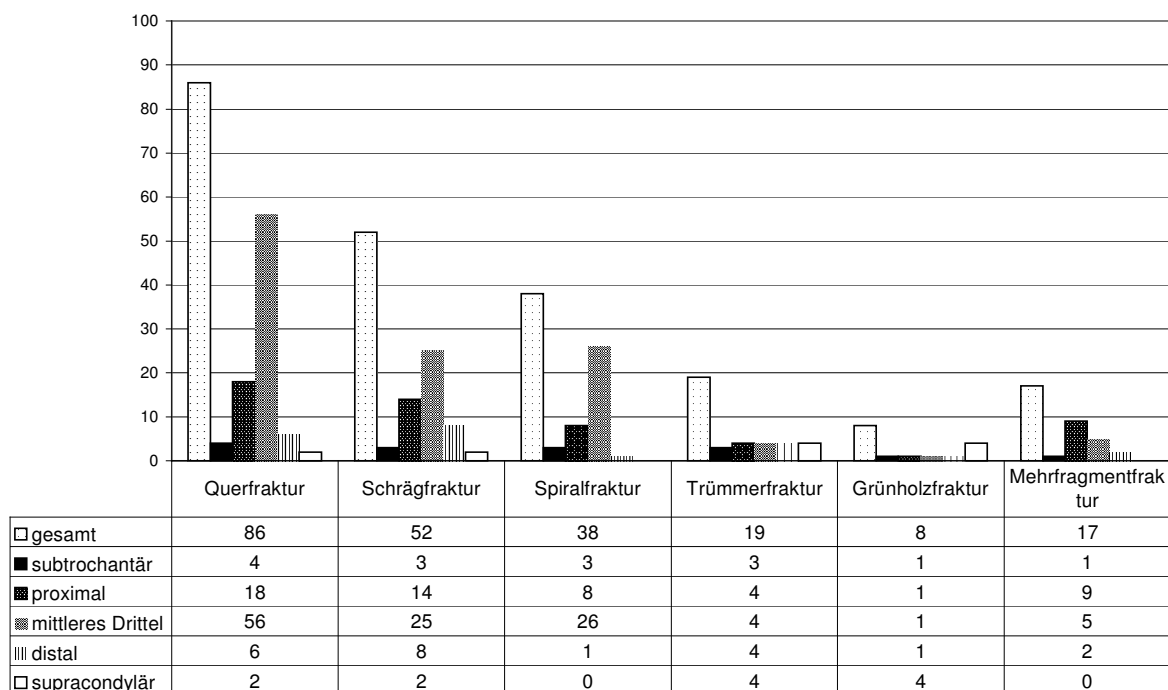


Abbildung 9: Fraktureinteilung nach AO

Von den 220 Kindern wurden 149 konservativ und die übrigen 71 operativ behandelt.

Bei den konservativen Therapieverfahren war die supracondyläre Femurextension in 99 Fällen am häufigsten vertreten, wobei sie bei drei Patienten sekundär angelegt wurde, nachdem zweimal die Overhead- Extension nicht zufriedenstellend war. Bei einem Patienten kam es nach einer primär angelegten Tibiakopf- Extension zu einer Borloch-Osteomyelitis, die dann eine Umextension erforderlich machte.

Die Overhead- Extension kam in 34 Fällen zum Einsatz. Acht Kinder behandelte man hier im Anschluss an eine kurze Extensionsphase mit einem Becken- Bein - oder Oberschenkelgips.

Vorwiegend in den Jahren 1976- 1977 wurde bei 18 Kindern nach einer Extensionsbehandlung ein Oberschenkelliegegips angelegt. Die genaue Verteilung der konservativen Therapieverfahren ist in der Tabelle 4 zusammengetragen worden.

Konservative Therapieform	Gesamt n=149	Nachuntersucht n=91
Overhead- Extension	26	11
Supracondyläre Extension	78 (2* beidseits; 3 mit Seitenzug)	47 (1* beidseits)
Tibiakopf- Extension	8 (1* beidseits)	6 (1* beidseits)
Becken- Bein- Gips	1	0
Oberschenkelliegegips	5	4
Overhead- supracondylär	2	2
Overhead- Gips	8	5
Supracondylär- Tibiakopf	2 (wegen Ausriss)	1
Tibiakopf- supracondylär	1 (wegen Infekt)	0
supracondyläre Femurextension- Gips	18	15

Tabelle 4: Verteilung konservativer Therapieverfahren

Die Tendenz zur vermehrt primär operativen Behandlung, spiegelt sich in dieser Studie sehr gut wieder. Wie bereits erwähnt wurden am Universitätsklinikum Eppendorf in den Jahren 1974- 1990 nur 29 Patienten operativ versorgt, während es in den letzten 10 Jahren schon 42 Kinder waren.

Insgesamt wurden 51 Kinder primär der Operation zugeführt. Bei 20 Kindern schloss sich an eine anfänglich konservative Therapie die Operation an.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Beobachtungszeiträume im Einzelnen kommt man zu folgendem interessanten Ergebnis, was die Verteilung der primär und

sekundär operierten Patienten betrifft. So wurden im Beobachtungszeitraum von 1974 – 1990 37,9 % der Kinder primär operativ versorgt und 62,1 % sekundär, nach einem konservativen Therapieversuch, operiert. In den Jahren von 1990– 1999 wurden hingegen 90,9 % Kinder primär operiert. Lediglich bei 9 % der Patienten erfolgte eine sekundäre Operation.

Von den Operationsverfahren war die Plattenosteosynthese, die in 50 Fällen durchgeführt wurde, am häufigsten vertreten.

Die Marknagelung kam in vier Fällen in früheren Jahren zur Anwendung und wurde aufgrund der Gefahr der avaskulären Hüpfkopfnekrose und der Beschädigung der Wachstumsfugen durch andere Therapieverfahren ersetzt. Mit dem Fixateur externe wurden 4 Patienten behandelt. Vorwiegend in den letzten Jahren setzte man verstärkt Prevot - Nägel ein. Mit dieser Methode wurden bis zur Durchführung dieser Studie insgesamt 5 Patienten versorgt.

	Operative Therapieverfahren	Gesamt n=71	Nachuntersucht n=58
Primär	Plattenosteosynthese	36	32
	Prevot – Nagel	5	5
	Küntscher – Nagel	1	0
	Fixateur externe	3	2
	Schrauben	1	1
	Rush – Pin	2	1
	Cerclage	1	1
	K-Drähte	2	2
Sekundär	Plattenosteosynthese	14	11
	Nagel	4	1
	Schrauben	1	1
	Fixateur externe	1	1

Tabelle 5: Verteilung operativer Therapieformen

Drahtcerclagen und andere Operationsmethoden kamen nur in seltenen Fällen zum Einsatz. Einzelheiten über die Art der Verteilung der operativen Therapieformen können der Tabelle 5 entnommen werden.

3.1 Subjektive Beschwerden

Von 149 Patienten waren 102 (68,5 %) völlig beschwerdefrei. Unter diesen befanden sich auch Kinder, die bei der späteren Untersuchung eine Längendifferenz aufwiesen.

Wenige Kinder klagten über leichte Beschwerden, wie z.B. Wetterfühligkeit und Ermüdbarkeit, die das Allgemeinbefinden aber nicht weiter beeinträchtigten.

Von den 17 Patienten die Rückenschmerzen nach längerer Belastung angaben, wiesen 13 Kinder (76,5%) eine Längendifferenz von 10- 20 mm auf.

Eine Bewegungseinschränkung der benachbarten Gelenke, über die 5 Patienten klagten, ließ sich in allen Fällen klinisch nachvollziehen. Bei einem Fall kam es zur Bewegungseinschränkung im Bereich der Hüfte, aufgrund einer Epiphysiolysis capitis femoris, die mit großer Wahrscheinlichkeit in späteren Jahren aufgetreten war. Bei drei von den angesprochenen fünf Kindern konnten wir Längendifferenzen feststellen. Ein Kind hatte zusätzlich eine Fehlstellung.

Beschwerdeart	Gesamt n=149	Konservativ n=91	Operativ n=58
Keine Beschwerden	102	66	36
Wetterfühligkeit	8	4	4
Knieschmerzen	7	5	2
Rückenbeschwerden	17	11	6
Oberschenkelschmerz	7	2	5
Ermüdbarkeit	3	1	2
Subjektive Bewegungseinschränkung	5	2	3

Tabelle 6: Subjektive Beschwerden

Kniegelenksbeschwerden wurden von 7 Kindern angegeben. In einem Fall fand sich als organisches Korrelat eine habituelle Patellaluxation. Ein Kind hatte ein Überrolltrauma erlitten, bei dem das Knie soweit beschädigt wurde, dass eine Arthrodeese durchgeführt werden musste. Bei 6 Kinder wurden Längendifferenzen festgestellt.

Einige der operierten Patienten klagten über die entstandene Operationsnarbe, was aber eher als kosmetisches Problem zu betrachten ist.

Einen Überblick über das Beschwerdemuster der Patienten gibt die Tabelle 6.

3.2 Gangbild

Bei der Nachuntersuchung der Patienten konnten wir bei 118 Patienten ein völlig unauffälliges Gangbild feststellen. Das entspricht einem Prozentsatz von 79,2%. Acht Kinder hatten sich aufgrund der Fraktur eine Schonhaltung des Beines angewöhnt, obwohl sie ansonsten völlig beschwerdefrei waren. Wenn man die Kinder auf diese Schonhaltung aufmerksam machte, erfolgte prompt und mühelos die Umstellung in ein normales, ausgeglichenes Gangbild.

Bei 11 Kindern war ein mehr oder weniger diskret hinkender Gang zu beobachten. Dieser stand in den meisten Fällen im Zusammenhang mit einer Längendifferenz von 20 mm und mehr.

Weitere Auffälligkeiten hingen nicht mit der Fraktur selbst zusammen, sondern eher mit den Komplikationen eines Schädel - Hirn - Traumas, neurologischen Ausfällen oder anderen Grunderkrankungen. In fünf Fällen war das Gangbild durch das Auftreten spastischer Hemi- oder Paraparesen geprägt. (siehe Tabelle 7)

Gangbild	Gesamt n=149	Konservativ n=91	Operativ n=58
Unauffällig	118	75	43
Hinkend	11	5	6
Schonhaltung	8	5	3
Neurologisch/Hirnorganisch gestört	9	4	5
Innenrotiert	2	1	1
Außenrotiert	1	1	0

Tabelle 7: Gangbild

3.3 Beinlängenmessung, Längendifferenzen und Zusammenhänge

Bei 98 Patienten von 149 (65,8 %) traten Beinlängendifferenzen auf, wobei es bei 93 Patienten (62,4%) zu einer Verlängerung und bei 5 Kindern (3,3%) zu einer Verkürzung kam. Damit hatten 51 Kinder (34,2%) genau gleich lange Beine. Von diesen waren 18 Kinder operativ versorgt worden, die anderen 33 wurden konservativ behandelt.

Bei den operativ behandelten Patienten kam es ausschließlich zu Beinverlängerungen. Beinverkürzungen wurden nur bei den konservativ Therapierten gesehen. Eine Ursache dafür könnte eventuell in einer belassenen Verkürzung der Frakturfragmente bei der Behandlung mit der Extension gesehen werden. Drei dieser konservativ behandelten Kinder wurden bei bestehender Längendifferenz von 20 und 30 mm mit einer Wachstumsklammerung nach Blount therapiert, um ein Fortschreiten der Verlängerung zu verhindern.

Am häufigsten wurden Längendifferenzen von 10 mm gemessen, wobei dies gleichzeitig dem Häufigkeitsgipfel der konservativ, sowie der operativ versorgten Patienten entspricht.

Die durchschnittliche Längendifferenz betrug 9,6 mm. Dabei lagen die konservativ behandelten mit einer durchschnittlichen Längendifferenz von 7,2 mm etwas unter diesem Wert als die operativ versorgten Kinder mit 10,5 mm.

Fünf der operativ versorgten Patienten kamen auf eine Verlängerung von 30 mm oder mehr. Diese Kinder hatten alle Refrakturen erlitten.

Die genannten Ergebnisse sind in der Abbildung 10 dargestellt.

Ein Zusammenhang zwischen dem Alter der Kinder zum Unfallzeitpunkt und der posttraumatischen Längendifferenz ist nicht eindeutig zu erkennen. Das niedrigste Niveau erreicht die Kurve bei den 0-3 jährigen Patienten. Danach steigt die Kurve bis zum Alter von 7 Jahren linear an und erreicht hier ihren ersten Gipfel. Eine relativ gleiche Verteilung ist bei den 8-10 jährigen zu beobachten. Der zweite Gipfel wird bei den 13 jährigen erreicht. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 11 graphisch dargestellt.

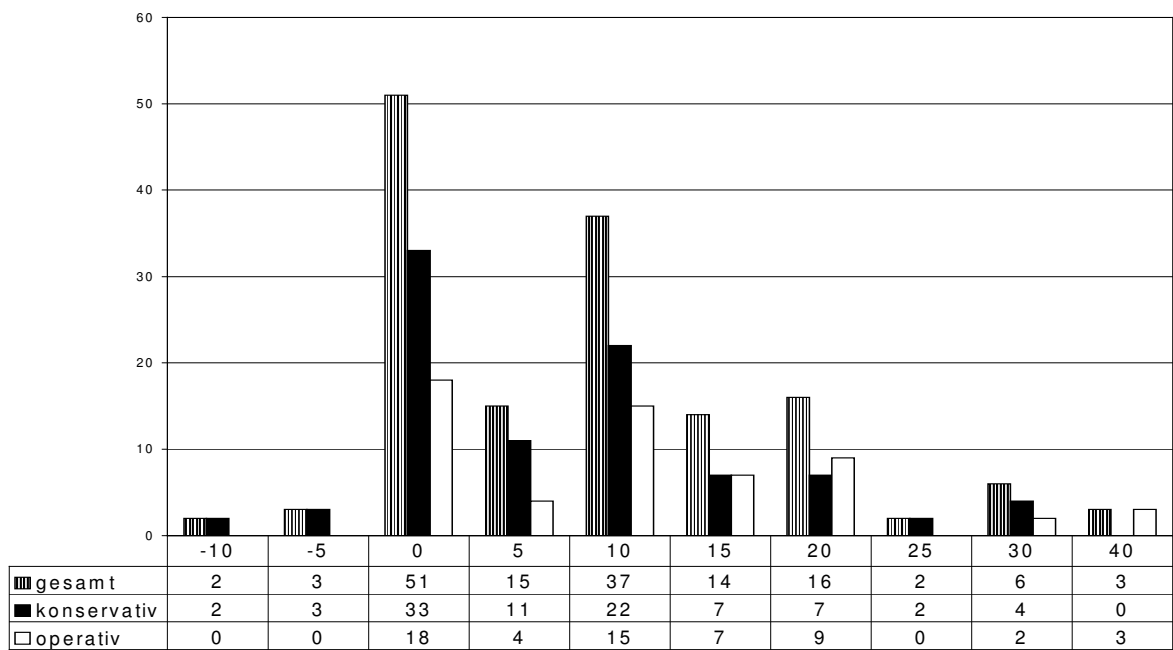


Abbildung 10: Häufigkeit von Längendifferenzen

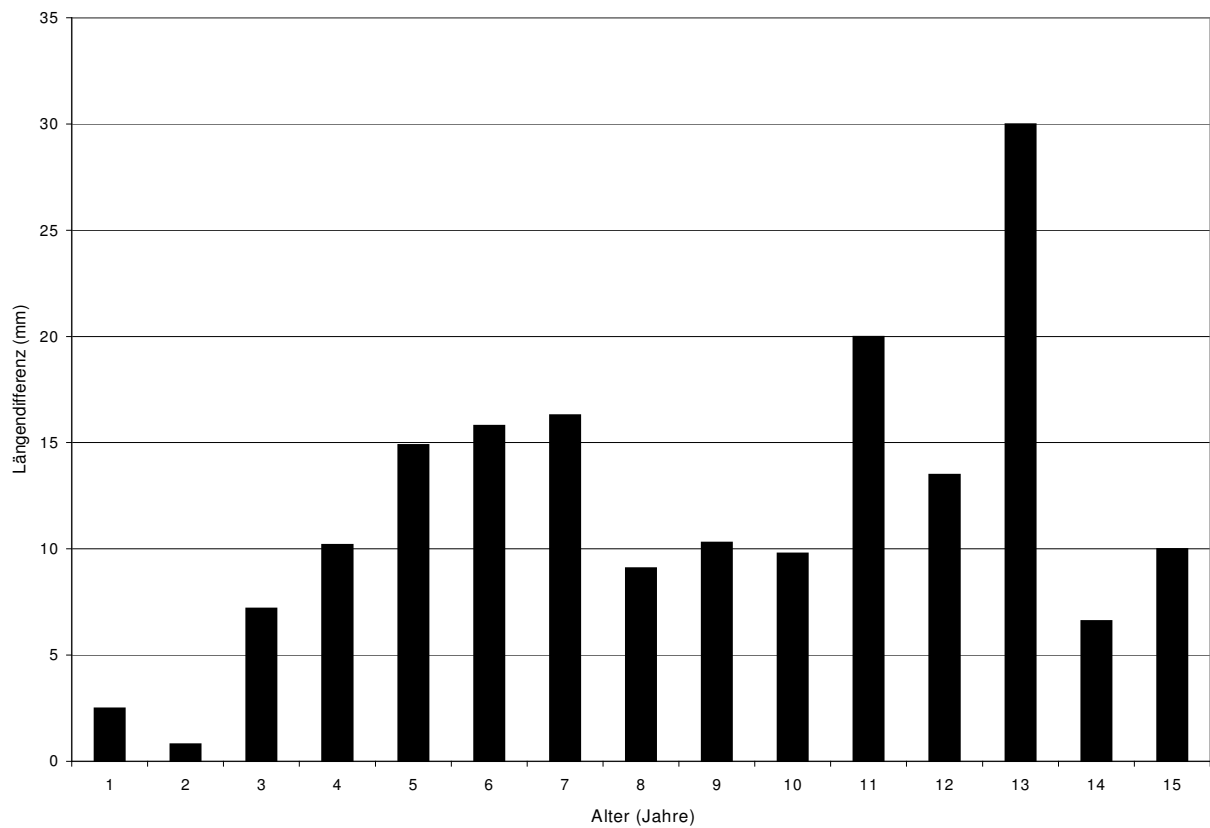


Abbildung 11: Längendifferenz in Abhängigkeit vom Alter

Die Abhängigkeiten des posttraumatischen Längenwachstums von der Frakturform und-lokalisierung wurden einzeln betrachtet. Danach konnten wir in Bezug auf die Frakturform feststellen, dass es besonders nach Mehrfragment- und Trümmerfrakturen zu einem ausgeprägteren Mehrwachstum bezüglich der Beinlängen kommt. Diesen folgte dann die Querfraktur. Das geringste Längenwachstum war nach Spiralfrakturen zu beobachten. (siehe Abbildung 12)

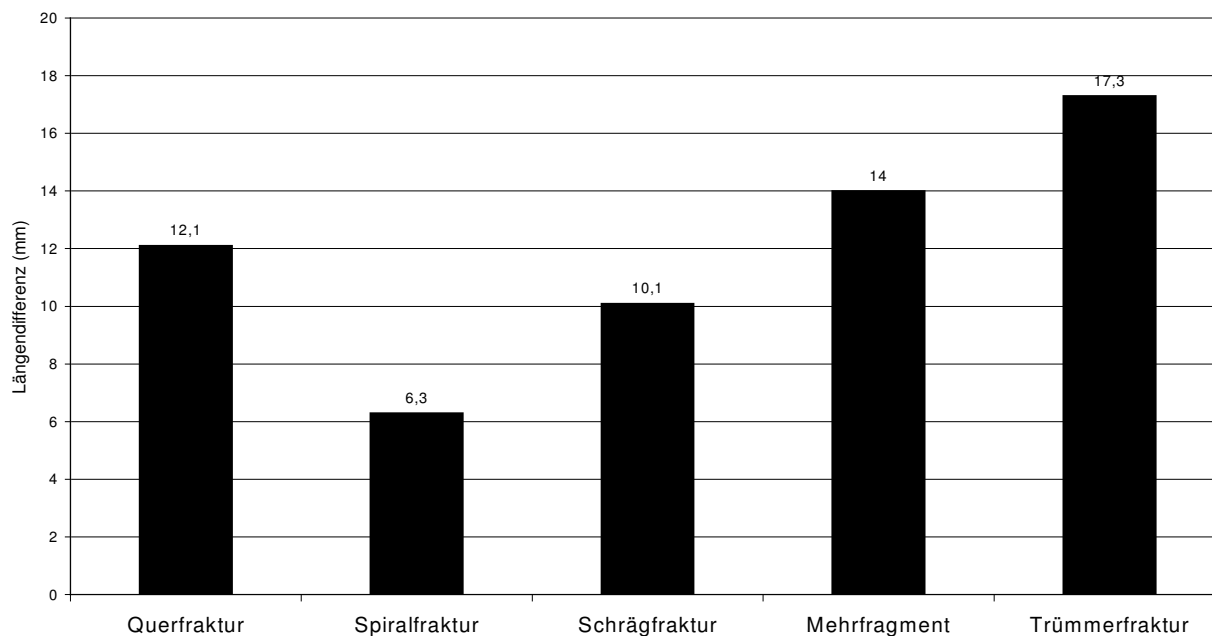


Abbildung 12: Längendifferenz in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung

Betrachtet man nur die Frakturlokalisierung, so lässt sich feststellen, dass die häufigsten Beinverlängerungen bei Frakturen im proximalen Drittel (Mehrwachstum von 16,9 mm) auftraten, gefolgt von den supracondylären Frakturen (Mehrwachstum von 12,5 mm). Die Abbildung 13 zeigt die Abhängigkeit der Längendifferenz von der Frakturlokalisierung.

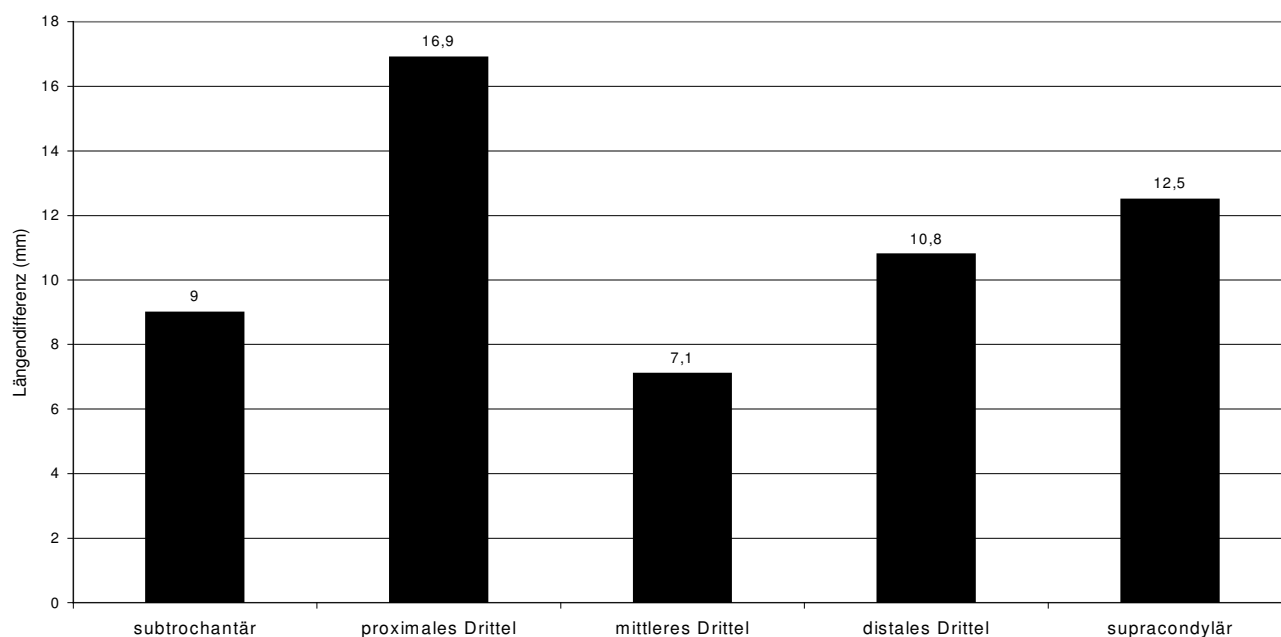


Abbildung 13: Längendifferenz in Abhängigkeit von der Frakturlokalisation

Ob Längendifferenzen von den jeweiligen Operationstechniken abhängig sind, versucht die Abbildung 14 darzustellen. Demnach scheint vor allem die Plattenosteosynthese (Mehrwachstum von 20 mm) einen stimulativen Wachstumsschub zu bewirken. Bei der Anwendung vom Fixateur externe kam es zu einem Mehrwachstum von durchschnittlich 25 mm. Allerdings wurden nur 4 Patienten mit dieser Operationstechnik therapiert, davon ein Kind sekundär.

Eine Abhängigkeit des Längenwachstums vom Operationszeitpunkt konnte festgestellt werden. So wiesen die sekundär operierten Kinder eine Verlängerung von durchschnittlich 19,7 mm auf, wohingegen die primär Operierten ein durchschnittliches Mehrwachstum von 10,6 mm hatten. Wurde die sekundäre Operation allerdings in den ersten 5 Tagen durchgeführt, so kam es wiederum zu besseren Ergebnissen, als bei Kindern mit späteren Operationszeitpunkten.

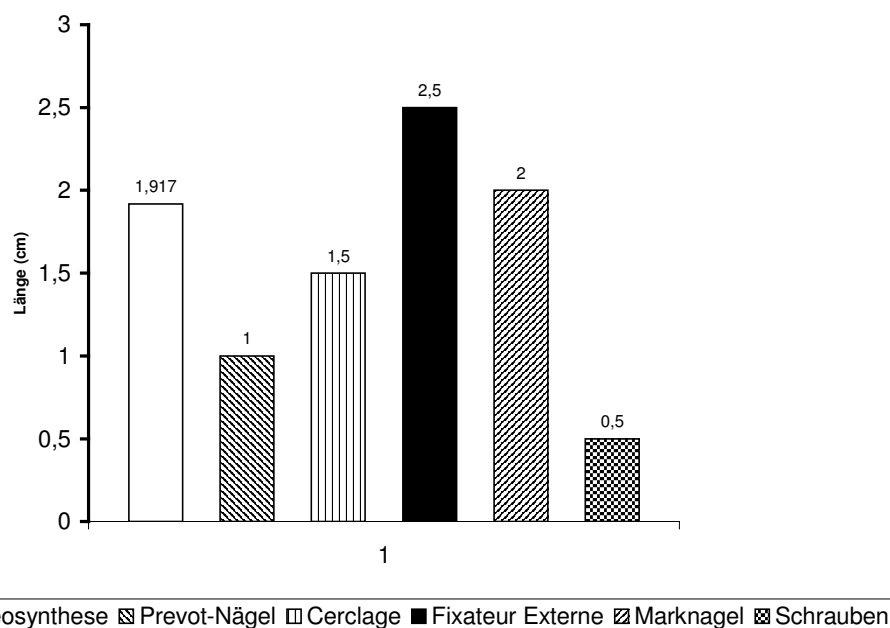


Abbildung 14: Längendifferenz in Abhängigkeit von der operativen Therapieform

Weiterhin wäre zu klären, ob weitere Faktoren wie z.B. Unruhe im Frakturbereich oder Änderungen des Therapiekonzeptes einen Einfluss auf ein posttraumatisches Mehrwachstum haben. In der nachfolgenden Tabelle wurden die ermittelten Werte zusammengestellt.

Wir konnten feststellen, dass nur konservativ behandelte Kinder, bei denen ein Verfahrenswechsel nötig war, Längendifferenzen von bis zu 30 mm aufwiesen. (Tabelle 8) Bei einem Kind musste ein Verfahrenswechsel aufgrund eines lokalen Pininfektes vorgenommen werden. Bei anderen Kindern waren mehrmalige Repositionsmanöver die Ursache für einen Wechsel der Therapie, da sie sehr unruhig waren.

LD (mm)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Overhead- supracondyläre Femurxtension	0	0	1	0	0	1	0	0	0
supracondyläre Femurextension Tibiakopfextension	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Extension- Gips	1	7	1	4	2	1	1	3	0

Tabelle 8: Therapieänderung (konservativ)- Längendifferenz

Bei zwei Kindern entschied man sich zur sekundären Operation, da sich die anfänglich konservative Therapie aufgrund eines schweren Schädel– Hirn– Traumas schwierig gestaltete. Bei einem Kind kam es hier zu keiner Längendifferenz, während beim zweiten Kind eine Längendifferenz von 5 mm festgestellt wurde. Diese ist allerdings eher als unbedeutend anzusehen.

Bei 10 Kindern war nach ein- bis dreimaligen Repositionen die Stellung weiterhin so unbefriedigend, dass man sich auch hier für eine Operation entschied. (Tabelle 9)

Zu erkennen war, dass mit der Zahl der Repositionen auch das Längenwachstum anstieg. Bei einmaliger Reposition lag das Mehrwachstum bei 12,5 mm, während es bei zweimaliger Reposition bereits einen Wert von 20 mm erreichte. Bei dem dritten Versuch, die Fraktur in eine achsengerechte Stellung zu bringen, konnte ein Längenwachstum von 30 mm festgestellt werden. Genaue Ergebnisse sind in der Tabelle 9 dargestellt.

LD (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35
Unruhe	1	1	0	0	0	0	0	0
Mehrf. Reposition	0	0	3	4	3	0	0	0
Sonstige	0	0	0	0	1	0	0	0

Tabelle 9: Therapieänderung (konservativ- sekundär operativ) Längendifferenz

Fünf der operativ versorgten Kinder, die eine Längendifferenz von mehr als 30 mm aufwiesen, hatten eine Refraktur erlitten.

Zwei Kinder, die ein Mehrwachstum von 20 mm aufwiesen, hatten ebenfalls Refrakturen erlitten, wobei diese bei einem Kind in der Mobilisationsphase im Anschluss an eine siebenwöchige Extensionsbehandlung auftrat und bei dem anderen Kind eine Woche nach der Entfernung des Fixateur externes.

Infekte, die lediglich die Weichteile betrafen, führten im Durchschnitt zu einem Längenwachstum von 7,5 mm. Wenn zusätzlich der Knochen betroffen war, stieg das Mehrwachstum bereits auf einen durchschnittlichen Wert von 19 mm an. Die genauen Ergebnisse sind in der Tabelle 10 zusammengestellt.

LD (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Infekt Weichteil	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Infekt Knochen	0	0	0	3,*1	1	0	0	0	0
Refraktur	0	0	0	0	2,*1	0	2,*2	1,*1	3,*3

Tabelle 10: Komplikationen – Längendifferenz (* Anzahl operierter Kinder)

3.4 Bewegungseinschränkungen nach der Neutral – Null - Methode

Wir überprüften entsprechend der Neutral – Null – Methode die Beweglichkeit von Hüft- und Kniegelenk. Dabei konnten wir feststellen, dass 123 Patienten (82,8%) keinerlei Bewegungseinschränkungen aufwiesen. Dies betraf 71 (78%) der konservativ behandelten Kinder und 52 operativ versorgte Patienten (90%).

Bewegungseinschränkung	gesamt	konservativ	Operativ
Keine	123	71	52
Hüfte gesamt	5	4	1
Hüfte Außenrotation	10	9	1
Hüfte Innenrotation	4	3	1
Hüfte Flexion/Extension	3	2	1
Knie Flexion/Extension	4	2	2

Tabelle 11: Bewegungseinschränkung nach der Neutral – Null – Methode

Am häufigsten kam es zu Einschränkungen der Rotation vor allem im Hüftgelenk. Bei einigen Kindern konnte die Bewegungseinschränkung auf spätere Leiden oder auf bereits vor der Fraktur bestehende Grunderkrankungen zurückgeführt werden.

Die Beugung und Streckung des Kniegelenks war bei vier Kindern eingeschränkt. Wie bereits erwähnt, war die Beweglichkeit bei einem Kind aufgrund eines Überrolltraumas des gesamten Beines eingeschränkt. Ein weiteres erlitt unabhängig vom Trauma eine habituelle Patellaluxation.

Alle genannten Ergebnisse sind in der Tabelle 11 noch einmal dargestellt.

4 DISKUSSION

Das Phänomen des posttraumatischen Längenwachstums nach Femurfrakturen im Kindesalter wurde mit den Ergebnissen dieser Studie sowohl nach operativer als auch konservativer Therapie beobachtet. Wir konnten feststellen, dass 65,8% der von uns nachuntersuchten Kinder eine Beinlängendifferenz aufwiesen. Dies betraf sowohl konservativ als auch operativ versorgte Patienten.

Wie bereits eingangs erwähnt, können laut Morscher et al. (47) Längendifferenzen von 10 mm vom Bewegungsapparat toleriert werden. Betrachtet man die Ergebnisse unter diesem Gesichtspunkt, so hatten 31,9 % aller Kinder eine therapeutisch relevante Beinverlängerung. Zu berücksichtigen ist allerdings bei diesem Ergebnis, dass sich ein Teil der von uns nachuntersuchten Kinder noch im Wachstum befinden, die Beinlängen sich demzufolge noch verändern können.

Die Ursachen dieses posttraumatisch auftretenden Mehrwachstums sind zum einen durch die Fraktur bedingt und den damit im Einklang stehenden Reparationsvorgängen. Zum anderen werden letztgenannte wiederum durch therapeutische Maßnahmen beeinflusst. Inwieweit die Therapie nun Einfluss auf das Längenwachstum nimmt, und welche Faktoren daran teilnehmen, ist bis heute nicht eindeutig erwiesen.

Ich möchte zunächst auf die oben angesprochenen frakturbedingten Einflussgrößen als mögliche Ursachen des posttraumatischen Mehrwachstums etwas näher eingehen.

Durch die Fraktur und den daraus resultierenden Reparationsvorgängen, kommt es zu einer Hyperämiesierung der Epiphysenfugen, welche wiederum eine Steigerung des Stoffwechsels mit vermehrter Zellproliferation zur Folge hat und mit einem gesteigertem Längenwachstum einhergeht. Trueta (75,76) konnte dies in seinen Arbeiten eindrucksvoll zeigen.

Eine weitere Rolle spielt die durch die Fraktur bedingte Verletzung des Periosts, denn es konnte gezeigt werden, dass es eine wachstumsregulierende Rolle an den Epiphysenfugen spielt. Hierzu muss man sich die morphologischen und physiologischen Vorgänge des wachsenden Knochens vor Augen halten.

Das Periost umgibt den Knochen wie eine fibroelastische Hülle. Mit Hilfe von polarisationsoptischen Methoden konnten Dallek et al. (11) die Befestigung des Periosts an

Diaphyse und Metaphyse darstellen. Im Bereich der Diaphyse war das Periost schwach mit der Corticalis verankert, während die Verbindung im Bereich der proximalen und distalen Epiphysenfuge fest war. Durch das Längenwachstum des kindlichen Knochens kommt es nun zur Dehnung des Periosts, was wiederum einen Druck an den Epiphysenfugen erzeugt. Es wirkt also hier nach dem Prinzip der Zuggurtung wachstumsregulierend. Deppermann und Dallek (15) beobachteten dies in den von Ihnen durchgeführten Untersuchungen. Die Wachstumsregulierung basiert auf dem Volkmann- Hueter- Gesetz, welches besagt, dass ein erhöhter Druck ein vermindertes Wachstum zur Folge hat, eine Entlastung dagegen wachstumsstimulierend wirkt. Von der Richtigkeit dieses Gesetzes gehen mittlerweile die meisten Autoren aus.(1)

Ausgehend von dem eben geschildertem, wäre demzufolge ein Mehrwachstum nach einer Fraktur zu erwarten, da es hier zu einer Entlastung der periostalen Zugspannungswirkung auf die Epiphysenfuge kommt.

Klapp (30) konnte dies in einer tierexperimentellen Studie nachweisen. Nach der Durchtrennung des Periosts und des Pes anserinus an der Tibia des Hundes, beobachtete er ein vermehrtes Längenwachstum. Wenn allerdings das Periost nach der Durchtrennung durch eine tonuserhaltende Naht geschlossen wurde, konnte kein vermehrtes Längenwachstum beobachtet werden. Er sieht in der Verletzung des Periosts die Hauptursache des vermehrten Wachstums, während er der Hyperämie eher eine untergeordnete Rolle zuordnet.

Zu gleichen Ergebnissen kamen auch Wilson- MacDonald und seine Mitarbeiter (83), die ebenfalls eine Längenzunahme nach zirkulärer Durchtrennung des Periosts an Röhrenknochen des Kaninchens beobachten konnten.

Wahrscheinlich ist, dass vermutlich beide Faktoren, sowohl die Hyperämisierung der Epiphysenfugen als auch die Verletzung des Periosts und der Weichteile, ein überschießendes Wachstum verursachen, so wie es auch Hohlschneider (26) in seiner Arbeit bestätigt sieht.

Weiterhin ist zu beachten, dass auch bei Kindern ohne vorhergehendes Trauma Längendifferenzen bestehen können. Laer (36) führt dieses Phänomen auf hormonelle und lokale Wachstumsfaktoren zurück. Es existieren leider nur wenige Untersuchungen darüber, wie hoch die Anzahl von idiopathischen Beinlängendifferenzen ist. Während

Hofmann v. Kap- herr (25) davon ausgeht, dass 75 % aller Menschen idiopathische Beinlängendifferenzen aufweisen, beobachtete Hohlschneider (26) in seiner Studie nur bei 24,7 % verschieden lange Extremitäten. Er konnte allerdings die in der Literatur angegebene Bevorzugung der linkseitigen Verlängerung bestätigen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch L. von Laer (37), der bei 600 untersuchten Kinder in 35 % der Fälle eine idiopathische Beinlängendifferenz fand.

Wenn nun aber bei einem Kind bereits vor dem Trauma Beinlängendifferenzen vorliegen, so könnten diese durch ein posttraumatisches Mehrwachstum noch verstärkt werden. Dies kann an dieser Stelle nur Gedankenspiel bleiben, da eine idiopathische Beinlängendifferenz vor dem Frakturereignis sehr oft nicht bekannt ist.

Unter der Annahme, dass posttraumatische Wachstumsstörungen allein durch die oben dargestellten physiologischen und morphologischen Gegebenheiten des wachsenden Knochens verursacht werden können, muss man nun diskutieren, inwieweit diese durch die Behandlung der Fraktur beeinflusst werden.

Es wird angenommen, dass weiterhin das Alter des Kindes, die Lokalisation des Bruches, die Art der Therapie und andere Faktoren ein Mehrwachstum beeinflussen können. Während theoretische Erklärungen über mögliche Zusammenhänge vorliegen, scheint es oftmals schwierig diese auch in retrospektiven Studien objektiv nachzuweisen.

Ausgehend von den Ergebnissen, die sich aus dem von uns nachuntersuchten Patientengut ergeben, sollen an dieser Stelle in Frage kommende Faktoren und Zusammenhänge im Vergleich mit anderen Publikationen diskutiert und mögliche Schlussfolgerungen gezogen werden.

4.1 Zusammenhang zwischen posttraumatischer Längendifferenz und dem Alter des Kindes

Wir konnten bei den von uns nachuntersuchten Patienten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen dem Alter zum Unfallzeitpunkt und einer posttraumatischen Längendifferenz feststellen. Allerdings waren bei den 5-7 jährigen und bei den 11- 13 jährigen vermehrt Längendifferenzen nachweisbar. Die besten Ergebnisse bezüglich des posttraumatischen Mehrwachstums beobachteten wir bei den Patienten unter 5 Jahren.

Bestätigt wird dies durch die Studien von Corry (10), Bettermann (5) und Laer (33), die ebenfalls bei den Patienten unter 5 Jahren signifikant weniger Verlängerungen beobachteten, als bei den Patienten, die älter als 5 Jahre waren.

Bei den von uns ermittelten Ergebnissen handelt es sich allerdings nicht um signifikante Häufigkeiten. Daher können wir hier auch nicht von einer Abhängigkeit des posttraumatischen Längenwachstums vom Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt sprechen. Es handelt sich lediglich um Tendenzen.

Zu gleichen Ergebnissen kamen ebenfalls Janosch (27), Daum (13) und Neurath (51), die diesbezüglich ebenfalls keine Abhängigkeiten sahen, wohingegen Sauer (71), Osterwalder (58) und Mommsen et al. (46) ein ausgeprägteres Längenwachstum im Alter des vermehrten Skelettwachstums feststellen konnte. Sie erklären, dass die frakturbedingte Hyperämie die Epiphysenfugen in unterschiedlichen Phasen der Skelettreifung stimuliert. Befindet sich die Fuge in der Phase des schnellen Wachstums (bis zum 10. Lebensalter), so kommt es durch die frakturbedingte Hyperämie und die Reparationsvorgänge zu einer Funktionssteigerung der Fuge. Dies würde ein vermehrtes Längenwachstum bedeuten. Nach dem 10. Lebensjahr befindet sich die Fuge in einer präpubatären Ruhephase. Wenn es in diesem Zeitraum zu einem Trauma kommt, so wird die Reifung der Fuge durch die Stimulation beschleunigt und es kann, nach einem anfangs vermehrten Längenwachstum, ein frühzeitiger Schluss der Epiphysenfuge eintreten. Es würde somit zu einer Verkürzung des frakturierten Beines kommen. (35,36,17) Dies würde bedeuten, dass alle Femurfrakturen im Wachstumsalter zu Verlängerungen führen, außer bei Kindern, die sich in der präpubatären Wachstumsphase befinden. Laer (35,36,39) legte diesbezüglich eine Altergrenze von ca. 10 Jahren fest, in der mit einem vermehrten Längenwachstum gerechnet werden muss. In gleicher Weise argumentiert auch Osterwalder (58), wobei er darauf hinweist, dass diese Sichtweise im individuellen Fall versagt.

Wessel (80) beobachtete ein ausgeprägteres und häufigeres Längenwachstum bei Kindern im Alter von 4-9 Jahren. Es handelte sich hier um eine signifikante Abhängigkeit des Längenwachstums vom Alter. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch Breitfuß und Muhr (8), Greene (18) und auch Corry (10). Eine Erklärung darüber, worauf diese Abhängigkeit zurückzuführen ist, wurde jedoch nicht gegeben.

Zu beachten ist, dass der ossäre Reifegrad eines Kindes individuell sehr unterschiedlich sein kann und nicht unbedingt mit dem chronologischen Alter übereinstimmt (58,52), was bedeutet, dass zwei gleichaltrige Kinder ein sehr unterschiedlich ausgeprägtes Wachstum aufweisen können. Meuli (44) erklärt diesbezüglich, dass das Knochenalter im Vergleich zum chronologischen Alter um ca. 2 Jahre variieren kann.

Da wir in unserer Studie nur das chronologische Alter betrachteten, könnte dies eine mögliche Erklärung dafür sein, dass wir keine Abhängigkeit zwischen einem posttraumatischen Längenwachstum und dem Alter des Kindes ermitteln konnten.

Zusätzlich befanden sich einige Kinder bei der Nachuntersuchung noch im Wachstum. Es wird von mehreren Autoren angenommen, dass sich Längendifferenzen bei Kindern bis zum Wachstumsabschluss noch ausgleichen können (65). Anderer Meinung sind diesbezüglich Hohlschneider (26) und Laer (33). Sie gehen davon aus, dass es zu keinem Ausgleich der Längendifferenzen kommt.

Auch wenn dies noch nicht eindeutig geklärt werden konnte, wird immer wieder darauf hingewiesen, dass das endgültige Wachstum der Kinder abzuwarten ist, um die definitiven Beinlängen zu ermitteln (43,45).

Abhängig vom Alter des Patienten ist mit Sicherheit die Wahl der Behandlungsmethode. Das jeweils gewählte Therapieverfahren wird nun wiederum das Längenwachstum unterschiedlich beeinflussen. Diese beiden Faktoren stehen damit in direktem Zusammenhang. Es ist damit schwierig nachzuweisen, welchen Einfluss das Alter des Patienten als einzelne Komponente in Wirklichkeit hat.

Da nur wenige Autoren den Faktor des Alters in Bezug auf das posttraumatische Mehrwachstum betrachteten, erscheint es schwer eine klare Aussage zu machen. Es sollte weiterhin beobachtet werden, da es Hinweise gibt, dass das Alter beziehungsweise der ossäre Reifegrad des Kindes Einfluss auf ein mögliches posttraumatisches Längenwachstum nimmt.

4.2 Zusammenhang zwischen Frakturlokalisierung und – form in Bezug auf ein posttraumatisches Längenwachstum

Da bekanntlich das Längenwachstum des Femurs zu 70 % von der distalen Epiphysenfuge ausgeht und die proximale Wachstumsfuge nur mit 30 % am Wachstum beteiligt ist (47), würde man aufgrund dieser Tatsache erwarten, dass es nach einer Fraktur des Oberschenkels im distalen Drittel zu einem größeren Wachstumsschub kommt, da dies die potentere Fuge ist.

Die Ergebnisse unserer Studie zeigten jedoch, dass Femurschaftfrakturen im proximalen Drittel ein durchschnittliches Mehrwachstum von 16,9 mm verursachten, während Frakturen im distalen Drittel des Femurschaftes ein Mehrwachstum von 10,8 mm aufwiesen. Frakturen im mittleren Drittel des Femurs zeigten ein durchschnittliches Mehrwachstum von 7,1 mm und erbrachten die besten Ergebnisse bezüglich des posttraumatischen Längenwachstums.

Wie ist dieses Ergebnis nun in anbetracht der oben erwähnten Tatsache zu interpretieren? Es gibt dazu sehr unterschiedliche Darstellungen in der Literatur.

Unter der allgemein anerkannten These Truetas (75,76), dass eine frakturbedingte Hyperämie der epiphysären Gefäße eine Stimulation der Wachstumsfuge zur Folge hat, stellt sich nun die Frage, ob es zu einer Stimulation der frakturnahen Fuge kommt oder aber der entfernteren Epiphysenfuge. Trueta (75,76) vertritt die Meinung, dass es infolge des Traumas zur Unterbrechung der diaphysären Gefäße kommt. Es bildet sich ein Kollateralkreislauf über meta- und epiphysäre Gefäße, der eine verstärkte Durchblutung der frakturnahen Epiphysenfuge zur Folge hat.

Bestärkt wird diese These durch die Ergebnisse in den Arbeiten von Titze (74), Pachuki (59) und anderen, die größere Längenzunahmen bei Schaftfrakturen im distalen Drittel beobachteten.

Andere Autoren wie z. B. Hansson (20) und Hedström (22) wiederum postulierten, dass der Blutstrom nach der frakturbedingten Zerstörung der Gefäße zur Gegenseite umgeleitet wird. Somit würde es zu einer vermehrten Durchblutung der frakturfernen Epiphysenfuge kommen.

Auch Nutz (54) führte diesbezüglich Untersuchungen durch. Anhand einer experimentellen Studie am Kaninchenmodell konnte er feststellen, dass es, nach Osteotomien im

diaphysären Bereich, zu Durchblutungsverminderungen mit zunehmender Störung von proximal nach distal kommt. Demnach wäre nach einer Fraktur im distalen Drittel die vermehrte Durchblutung nicht so ausgeprägt und der Wachstumsschub dementsprechend geringer, als man es aufgrund der potenteren Fuge erwarten würde. Er setzt in diesem Zusammenhang die Wirkung der Osteotomie gleich mit einer Fraktur.

In diesem Sinne wären dann auch die Ergebnisse unserer Studie zu interpretieren. Allerdings handelt es sich bei den Ergebnissen dieser Studie nicht um signifikante Häufigkeiten.

Keine Abhängigkeiten der Frakturlokalisierung im Bezug auf ein vermehrtes Längenwachstum nach einer Femurfraktur sahen dagegen Hofmann von Kapp-herr (25), Daum (13) und Jonasch (27).

Ebenso wie in unserer Arbeit beobachtete auch Osterwalder et al (58) die geringsten Längenzunahmen bei Frakturen im mittleren Bereich des Femurschaftes. Er vermutete aufgrund dieses Ergebnisses, dass eine Fraktur im mittleren Schaftbereich die Epiphysenfugen weniger stark stimuliert.

Hinsichtlich der Frakturform, sahen wir das ausgeprägteste Mehrwachstum nach Trümmer- und Mehrfragmentfrakturen. Es betrug hier durchschnittlich 15,6 mm. Trümmerfrakturen traten in den meisten Fällen nach schweren Verkehrsunfällen auf. Meist hatten die Kinder zusätzliche Verletzungen erlitten. Dies Ergebnis erscheint plausibel, da es nach Trümmerfrakturen zu einer ausgedehnten Frakturzone kommt, zur starken Beschädigung des Knochens, zur Verletzung des Periosts und auch der Gefäße. Die Folgen sind länger andauernde Reparationsvorgänge, die einen stimulativem Wachstumsreiz gleichzusetzen sind. So wies auch Weber (78) auf einen stärkeren Stimulus der Fugen nach Trümmerfrakturen hin, da das größere Trauma eine stärkere Hyperämie zur Folge hat. Zu gleichen Ergebnissen diesbezüglich kamen ebenfalls Autoren wie Breitfuß und Muhr (8).

Wir beobachteten weiterhin, dass Kinder, die eine Querfraktur erlitten hatten, mit einem durchschnittlichen Mehrwachstum von 12,1 mm reagierten, während das durchschnittliche Längenwachstum nach Spiralfrakturen nur 6,3 mm betrug. Zum gleichen Ergebnis kam auch Osterwalder (58) in seiner Arbeit, was dies somit bestätigt.

Insbesondere Querfrakturen neigen zu stärkeren Dislokationen, die durch Repositionsmänoöver in Stellung gebracht werden müssen. Abhängig von der jeweiligen

Therapieform gelingt dies jedoch nicht immer. Da jedoch wiederholte Repositionsmanöver die Wachstumsfugen stimulieren, könnte die Ursache des vermehrten Längenwachstums nicht direkt Ursache der Frakturform sein, sondern viel mehr Folge der jeweilig gewählten Therapie.

Zu vermuten wäre ebenfalls, dass es bei Querfrakturen und Trümmerfrakturen zum Einreißen des Periostmantels kommt. Die bereits beschriebene Zuggurtungswirkung wäre damit gelockert oder unterbrochen, was wiederum ein Mehrwachstum zur Folge haben könnte, wenn man von den oben geschilderten Beobachtungen in Bezug auf das Periost ausgeht und dem damit in Einklang stehendem Volkman- Hueter- Gesetz.

Letzteres wäre demzufolge als mögliche Ursachen für das von uns gesehene Mehrwachstum insbesondere nach Quer- und Trümmerfrakturen anzusehen. Welche Rolle hier die Wahl der Therapieform, insbesondere nach Querfrakturen hat, wurde von uns nicht weiter untersucht.

Keinen Zusammenhang zwischen der Bruchform und dem posttraumatischen Längenwachstum beobachteten dagegen Janosch (27) und Fenselau (16) in ihren Arbeiten.

Aufgrund der vielfältigen Beobachtungen der einzelnen Autoren, lässt sich keine klare Meinung erkennen. Es ergeben sich allerdings Hinweise darauf, dass sowohl die Frakturlokalisierung als auch die Frakturform einen Einfluss auf das posttraumatische Längenwachstum haben. Beide Faktoren sollten nicht als unwichtig eingestuft werden.

Einig ist man sich, dass besonders nach schweren Frakturen, wie Trümmerfrakturen oder Mehrfragmentfrakturen, die meist Ursache von Verkehrsunfällen sind, mit einem intensiveren Längenwachstum gerechnet werden muss.

Möglicherweise ergibt sich ein klareres Ergebnis, wenn man die Frakturform und -lokalisierung zusammen und nicht getrennt voneinander betrachten würde.

4.3 Zusammenhang zwischen Therapieform und posttraumatischem Mehrwachstum

Während die konservative Therapie viele Jahre die Therapieform der ersten Wahl bei kindlichen Femurfrakturen war, wird heute vermehrt über den Einsatz operativer Therapieverfahren als primäre Behandlungsform diskutiert.

Die Gründe hierfür sind sehr vielfältig und sollen an dieser Stelle diskutiert werden. Viele Autoren sind sich uneinig und teilweise gegensätzlicher Meinung, ob eine operative Therapie bezüglich des Längenwachstums bessere oder gleich gute Ergebnisse wie die konservative Therapie hervorbringen kann. Zum anderen hat der Ruf nach kostengünstigen Therapieverfahren im Zuge der aktuellen Einsparungen im Gesundheitswesen mittlerweile großen Einfluss auf diese Diskussion.

In dem von uns nachuntersuchtem Patientengut wiesen 68,3 % der operativ versorgten Patienten ein vermehrtes Längenwachstum auf, wohingegen die konservativ behandelten Kinder mit 63,7 % auf ein etwas besseres Ergebnis kamen. Damit ist kein deutlicher Unterschied zwischen den konservativ und operativ behandelten Patienten bezüglich des vermehrten Längenwachstums festzustellen. Man könnte hier lediglich von einer Tendenz sprechen, nachdem eine konservative Therapie ein geringeres Mehrwachstum bewirkt.

Auch im durchschnittlichen Ausmaß der Verlängerung ermittelten wir ein schlechteres Ergebnis zu Ungunsten der operierten Patienten. Während die mittlere Beinlänge bei Letzteren 10,5 mm betrug, kamen die konservativ therapierten Kinder auf einen Wert von 7,2 mm.

Allerdings konnten wir feststellen, dass die operativ versorgten Kinder des zweiten Beobachtungszeitraumes (1990- 1999) mit einer durchschnittlichen Beinlängendifferenz von 10,8 mm ein deutlich besseres Ergebnis aufwiesen, als die operativ versorgten Kinder des ersten Beobachtungszeitraumes von 1974- 1990. Hier wurde ein durchschnittliches Mehrwachstum von 13,1 mm ermittelt. Dies deutlich schlechtere Ergebnis ist wohl darauf zurückzuführen, dass im ersten Beobachtungszeitraum nur 37,9 % der Patienten primär operativ versorgt worden sind. Im zweiten Beobachtungszeitraum stieg diese Zahl bereits auf 90 %. Mit diesen Ergebnissen wird die von vielen Autoren mittlerweile anerkannte These bestätigt, dass das sekundäre operieren ein vermehrtes Längenwachstum zur Folge hat. (24,34,39,69,79)

Die Erklärungen von Kuner et al. (31) und Zügel (85) über die Ursache dieses Mehrwachstums erscheinen diesbezüglich sehr plausibel. Sie sind der Ansicht, dass sich die schubweise auftretenden Wachstumsreize (durch Unruhe im Frakturbereich und Manipulation) nach unbefriedigender konservativer Therapie zu der folgenden sekundären Operation dazu addieren. Die notwendigen Manipulationen im Sinne von Repositionen, Extensionswechsel und der Wechsel von Therapieverfahren, steigern das Längenwachstum und sind für sich genommen schon Ursachen für ein Mehrwachstum. In diesem Sinne sind auch die von uns beobachteten Ergebnisse zu interpretieren.

Doch ein Mehrwachstum wird nun auch bei primär operativer Therapie beobachtet, auch wenn dies nicht so ausgeprägt erscheint. Als Ursachen werden im Wesentlichen drei beeinflussende Faktoren diskutiert, auf die nachfolgend eingegangen wird.

Als eine Einflussgröße wird die Operation an sich gesehen. So postulieren Brug (9) und Janosch (27), dass die blutige Freilegung der Fraktur eine vermehrte Durchblutung des Frakturgebietes zur Folge hat, was einem Zusatzstimulus hinsichtlich des Mehrwachstums gleichkommt. Diese vermehrte Durchblutung, so Mommsen et al. (46), beeinflusst entscheidend das posttraumatische Längenwachstum.

Für andere Autoren (65) besteht der Auslöser für ein vermehrtes Längenwachstum nicht direkt in der blutigen Freilegung der Fraktur, sondern in der Eröffnung der Markhöhle. Sie weisen darauf hin, dass es bei der Eröffnung der Markhöhle zur Verletzung der Markarterie kommt. Der Markraum würde nun aber z.B. durch Schrauben einer Platte verschlossen, womit die Kontinuität der Markarterie für einen längeren Zeitraum (bis zur Metallentfernung) unterbunden wird, was einem andauernden Wachstumsstimulus gleichkommt.

Im Gegensatz dazu stehen wiederum die Beobachtungen von Autoren wie Rhineland (67) und Schweiberer (70). Sie wiesen nach, dass die Markraumdurchblutung nach exakter anatomischer Reposition und stabiler Plattenosteosynthese innerhalb weniger Tage wiederhergestellt war.

Ebenso konnte Dambe (12) in einer mikroangiographischen Untersuchung nachweisen, dass durch eine Operation die Markraumzirkulation schneller wiederhergestellt wird, was die hyperämisierenden Effekte vermindert, und damit einem geringeren Wachstumsreiz entspreche. Osterwalder et al. (58) begründet die in seiner Studie beobachteten besseren

Ergebnisse bei den operativ versorgten Kinder (im Gegensatz zu den konservativ behandelten Patienten) mit den Beobachtungen Dambes (12).

Diese gegensätzlichen Beobachtungen können an dieser Stelle nur zur Darstellung kommen, da sie durch unsere Arbeit weder bestätigt noch widerlegt werden können und weiterer Untersuchungen benötigen.

Ein weiterer Aspekt, der für das Längenwachstum nach operativer Therapie verantwortlich gemacht wird, ist das Einbringen des Fremdmaterials und die damit im Einklang stehenden Veränderungen am Periost. So konnten Wilde (82) und Klapp (30) in ihren Untersuchungen feststellen, dass das Einbringen einer DC- Platte eine Hemmung der Entwicklung von Kompakta und Kortikalis zur Folge hatte. Dadurch wurde das appositionelle Dickenwachstum (abhängig von epiperiostaler oder subperiostaler Plattenlage) reduziert oder sogar aufgehoben. Thaer (73) erklärt in ihrer Arbeit, dass durch die Entwicklungshemmung der Kompakta und der Kortikalis die Verankerung des Periosts gestört wird und es zu einer Lockerung des periostalen Zuges kommt. Angesichts der bereits oben erwähnten Zuggurtungswirkung des Periosts auf die Epiphysenfugen würde eine Lockerung demzufolge (nach dem Volkmann- Hueter- Gesetz) in einem vermehrten Längenwachstum resultieren.

Unterstützt werden diese Beobachtungen durch die Ergebnisse mehrerer Studien (14,79). Auch wir beobachteten besonders nach plattenosteosynthetischer Behandlung ein vermehrtes Längenwachstum von bis zu 30 mm und mehr. Die Plattenosteosynthese wurde als operative Therapieoption bei kindlichen Oberschenkelfrakturen weitestgehend verlassen, da sich mittlerweile andere kinderfreundlichere Methoden etabliert haben.

Als eine noch relativ neue Methode ist die intramedulläre Schienung mittels Prevot-Nägeln zu erwähnen. Diese kam in den letzten Jahren in der Universitätsklinik Eppendorf vermehrt zum Einsatz und erbrachte gute Ergebnisse bezüglich des Längenwachstums.

Da diese Operationsmethode erst um das Jahr 1990 in der Universitätsklinik zum Einsatz kam, können wir in der vorliegenden Studie leider noch nicht mit einer großen Anzahl an Patienten bezüglich dieser Operationsmethode aufwarten. Die guten Behandlungsergebnisse der letzten Jahre, die mit der Prevot- Nagelung erzielt wurden, führten allerdings dazu, dass diese Methode immer öfter zum Einsatz kommt und als Therapieoption aus dem klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken ist.

Viele Autoren (3,29,55,56) sehen in der intramedullären Osteosynthese eine elegante Methode zur Behandlung von Oberschenkelfrakturen im Kindesalter. Rehli (66) schreibt, dass die elastisch- stabile endomedulläre Schienung besonders die Extensionsbehandlung verdrängt hat. Das durchschnittliche Längenwachstum, in den genannten Studien schwankte zwischen 5 mm und 13 mm. Weitere Langzeitstudien vor allem in Bezug auf das überschießende Längenwachstum sollten allerdings erhoben und abgewartet werden.

Die Gründe für die bislang guten erbrachten Ergebnisse sehen wir wie folgt begründet. Bei der Prevot- Nagelung wird vor allem die quere Durchtrennung des Periosts umgangen und damit ein Wachstumsfaktor für ein eventuelles Mehrwachstum umgangen. Des weiteren erübrigt sich die blutige Freilegung der Fraktur, womit ein weiterer möglicher Wachstumsreiz ausgeschlossen wird.

Eine andere Methode ist die Behandlung kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen mit dem Fixateur externe. So sind es die Vorteile dieser Methode wie zum Beispiel, keine Frakturöffnung, kleiner Eingriff, frühe Mobilisation des Patienten, kurzer Klinikaufenthalt etc., die viele Autoren überzeugten, diese Methode anzuwenden. Autoren wie Platz (60), Kaelin (28), Gregory (19), Mittmann (45) und Weinberg (79) sehen in der Behandlung kindlicher Femurfrakturen mit dem Fixateur externe eine kindgerechte und gute Therapiemöglichkeit. Dabei haben sich im Laufe der Jahre die Indikationsschemata immer weiter erweitert.

In unserem Patientengut wurden nur 4 Patienten mit dem Fixateur externe behandelt, davon ein Kind sekundär. Wir beobachteten ein durchschnittliches Längenwachstum von 25 mm Allerdings erscheint die Fallzahl mit 4 Patienten viel zu gering, um diesbezüglich eine Aussage machen zu können. Pininfektionen und Refrakturen wurden in der vorliegenden Studie bezüglich dieser Behandlungsmethode nicht gesehen. Platz (60) sieht das zentrale Problem der Behandlung kindlicher Femurfrakturen mit dem Fixateur externe aber gerade in der Gefahr der Pininfekte, da diese in seiner Arbeit gehäuft auftraten. Hier wurde allerdings bereits bei einer vermehrten Sekretion von einem Infekt gesprochen. Auch Rahn (63) äußert sich eher kritisch gegenüber dieser Methode, da auch hier pflegerische Probleme an den Nagelautrittsstellen auftraten. Trotz der bestehenden Gefahr der Pininfektion ist der Fixateur externe für bestimmte Indikationen zur Behandlung kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen dennoch gut geeignet. (79)

Als besonders gefürchtet gelten im Rahmen der operativen Behandlung aber gerade die möglichen Komplikationen, wie Infektionen und Refrakturen, die hier als dritte Gruppe einflussnehmender Faktoren in Betracht kommen. Als einzelne Faktoren bewirken sie bereits eine Stimulation des Wachstums (9,27,30,79). Aus diesen Gründen wurde von vielen Autoren in früheren Jahren gefordert, dass Oberschenkelfrakturen bei Kindern nur unter Ausnahmeindikationen zu operieren sind, wie z. B. zweit- und drittgradig offene Frakturen, Mitverletzung von Nerven- und Gefäßen, Frakturen bei mehrfachverletzten Kindern, pathologische Frakturen und konservativ nicht zu korrigierende Fehlstellungen (9).

Die Zahl der Refrakturen, Plattenbrüche und Infektionen nach operativer Behandlung war bei dem von uns untersuchten Patientengut jedoch verschwindend gering. Dies sehen wir in der Arbeit von Hofmann v. Kap- herr (25) bestätigt. So kam es nur bei einem Patienten zu einer Infektion. Dieses Kind wies ein vermehrtes Längenwachstum von 15 mm auf. Auch Rahn (62) und Kuner (32) beobachteten kaum Komplikationen nach der Behandlung kindlicher Oberschenkelchaftfrakturen mit der Plattenosteosynthese.

Hofmann v. Kap- herr (25) erklärt in diesem Zusammenhang, dass Refrakturen und Plattenbrüche vor allem auf mangelnde Erfahrung und auf das Osteosynthesematerial zurückzuführen sind. Sich ständig verbessernde Operationstechniken und hygienische Standards führten zu immer besseren Ergebnissen in den letzten Jahren. So schreibt Kuner (31), dass „lückenlose Asepsis, atraumatische Operationstechnik mit Berücksichtigung der Biologie, schonende Repositionstechniken, stabile Frakturfixation durch tatsächlich geeignete Implantate mit ausreichender Dimensionierung sowie gewissenhafte Verlaufskontrollen“ zu den Grundlagen der operativen Behandlung gehören. Unter der Voraussetzung der Einhaltung dieser Grundlagen, kann davon ausgegangen werden, dass oben angegebene Komplikationen zwar für ein vermehrtes Längenwachstum verantwortlich gemacht werden können, dass sie aber in der Gesamtheit der Betrachtung heutzutage ein verschwindend geringen Anteil haben.

Zu berücksichtigen ist ebenfalls, dass insbesondere Infektionen ebenso bei den konservativen Therapieverfahren auftreten können. In der vorliegenden Arbeit, sahen wir bei 4 Kindern eine Pininfektion. Eins dieser Kinder wies ein Mehrwachstum von 20 mm auf. Ob dieses Mehrwachstum lediglich durch die Pininfektion verursacht worden ist, bleibt jedoch fraglich.

Da die beiden ersten besprochenen Faktoren (Einbringen von Fremdmaterial und Verletzung des Knochens durch die Operation) dagegen bei den konservativen Therapieverfahren keine Rolle spielen, könnte man annehmen, dass aufgrund dessen bei den konservativen Therapieverfahren bessere Ergebnisse bezüglich des Längenwachstums zu erwarten wären. Es gibt eine Reihe von Autoren (9,27), die in diesem Sinne argumentieren und die besseren Ergebnisse auf Seiten der konservativ Therapierten dafür als beweisend ansehen. Jedoch sollte beachtet werden, dass bei der konservativen Therapie wiederum andere Faktoren ein überschießendes Längenwachstum bewirken können, welche bei den operativen Verfahren in dieser Weise wiederum nicht auftreten.

So wird bei den konservativen Therapieverfahren oftmals keine exakte Reposition der Frakturfragmente erreicht. Es kommt zu Unruhe und Fehlstellungen im Frakturbereich.

Autoren wie Hofmann von Kap- herr (25) und Schärli (69), die in etwa gleich gute Ergebnisse bei sowohl operativ als auch konservativ behandelten Kindern beobachten konnten, sehen die Vorteile der Operation gerade in der schnellen exakten Reposition der Fragmente, die Fehlstellungen und Unruhe im Frakturbereich verhindert.

Durch die exakte Reposition, so Laer (35,36), werden die zeitlichen Umbauvorgänge verkürzt. Da die Dauer der Umbauvorgänge ein Mehrwachstum begünstigt, ist es wichtig diese so gering wie möglich zu halten, so wie es auch Dallek et al.(11) fordert. Erklärt wird dies mit der Theorie Truetas (75,76), wobei die Dauer der Umbauvorgänge im proportionalem Verhältnis zur Hyperämie der benachbarten Epiphysenfuge steht und damit zugleich dem epiphysärem Wachstum. Hieraus ergibt sich des Weiteren, dass das von einigen Autoren in früheren Jahren geforderte Overriding der Fragmente nicht mehr angestrebt werden sollte. Die beim Ausgleich der Frakturen notwendigen Korrekturen vergrößern den Wachstumsreiz so, dass trotz Verkürzung eine spätere Verlängerung nicht auszuschließen ist. Diese Ansicht wird mittlerweile von den meisten Autoren vertreten. (72,17)

Ein weiterer Nachteil der konservativen Therapie besteht in der Tatsache, dass es oft zu Achsenfehlstellungen und Rotationsfehlern kommt, welche als mögliche Wachstumsreize fungieren können. Während heutzutage davon ausgegangen wird, dass sich diese Fehlstellungen während des weiteren Wachstums ausgleichen können, sollten sie jedoch weitestgehend vermieden werden, da sie die Gefahr eines zusätzlichen Wachstumsreizes in sich bergen. Dieser zusätzliche Reiz kann durch eine Operation umgangen werden, da hier

eine optimale Reposition der Fragmente erreicht wird. Zusätzlich werden die Umbauvorgänge im Frakturbereich durch eine Operation zeitlich verkürzt und damit der Wachstumsreiz vermindert.(36)

Weiterhin werden durch die Operation häufige Repositionsmanöver umgangen, nach welchen, wie wir und auch die meisten anderen Autoren feststellen konnten, mit einem größeren Längenwachstum gerechnet werden muss. Bettermann et al. (5) propagiert diesbezüglich, dass ein zweites Repositionsmanöver im Zuge einer konservativen Therapie einer osteosynthetischen Behandlung weichen sollte, um eventuelle Spätschäden zu verhindern.

L.v.Laer (33,35,36) postuliert, dass vermehrte Manipulationsmanöver eine Steigerung des jeweiligen ossären Funktionsprozesses zur Folge hat, demzufolge Kinder in der präpubitären Phase oder des beginnenden Fugenschlusses mit Verkürzungen des Beines reagieren. Aus diesem Grunde bei Kindern ab dem 10. Lebensjahr primär die Operation zu fordern, erscheint einigen Autoren wie zum Beispiel Osterwalder (58) zu radikal.

Vergleichend kann man sagen, dass sowohl die konservative wie auch die operative Therapie ein vermehrtes Längenwachstum nach Oberschenkelfrakturen bei Kindern nicht ausschließen können. Vielmehr können verschiedene Faktoren bei den jeweiligen Behandlungsverfahren für dieses Phänomen verantwortlich gemacht werden. So liegen (unserer Meinung nach) die Hauptursachen des Mehrwachstums nach operativer Therapie in der Verletzung des Periosts durch das Fremdmaterial und in der veränderten Markraumzirkulation. Auf Seiten der konservativen Therapieverfahren machen wir vor allem die nicht exakte Reposition und die damit verbundenen mögliche Fehlstellungen und wiederholten Manipulationsmanöver für das posttraumatische Längenwachstum verantwortlich.

Sicher sind weitergehende experimentelle Untersuchungen von Nöten, die gerade zur eindeutigen Klärung der veränderten Markraumzirkulation nach operativer Behandlung und zur Klärung der Rolle des Periosts beitragen.

Ein weiterer Faktor ist bei der Diskussion um die bestmögliche Therapieoption von kindlichen Oberschenkelfrakturen hinzugekommen. So spielen Effektivität und Effizienz einer Behandlung heutzutage eine wesentliche Rolle bei der Auswahl der Therapie. Das bedeutet, dass bei einem Minimum an Aufwand das Behandlungsziel erreicht werden soll.

Dies steht in direktem Zusammenhang mit der heutzutage immer lauter werdenden Forderung nach mehr Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen.

Die Ergebnisse mehrerer Studien zeigen in diesem Zusammenhang, dass bei der Frage nach der Effektivität und der Effizienz einer Therapie doch erhebliche Unterschiede bestehen. So konnte gezeigt werden (16,45,56), dass gerade die konservative Therapie den Aufwand und die Kosten der operativen Behandlung übersteigt. Die Gründe hierfür liegen vor allem in den Repositionen, Nachrepositionen, Röntgenkontrollen und dem, im Vergleich zur operativen Therapie, doch verhältnismäßig langem stationärem Aufenthalt.(37,78) Auch die etwas besseren Ergebnisse einer konservativen Therapie stehen hier in keiner Relation zu dem entstehendem Kostenaufwand, so Weinberg (79). Einige Autoren sprechen davon, dass die Forderung nach mehr Effektivität und Effizienz einen Indikationswechsel in der Behandlung der kindlichen Oberschenkelfraktur mit sich gebracht haben.

Zu beobachten ist in jedem Fall, dass der Anteil an konservativen Therapieverfahren bei der Behandlung von kindlichen Oberschenkelfrakturen in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Dies kann mit den Vorteilen der operativen Therapie gegenüber der konservativen Behandlung erklärt werden. Ein weiterer Grund für die Entscheidung zur operativen Therapie spielt sicher auch der hohe Anteil an schwer verletzten Kindern an der Gesamtheit.(31)

Jedoch hat die konservative Therapie bei bestimmten Patienten immer noch ihre Wertigkeit, insbesondere bei der Behandlung von Femurfrakturen bei Kindern zwischen 0-5 Jahren. Vielmehr ist die Forderung zu stellen, dass beide Verfahren zur Auswahl stehen und als Optionen im individuellen Fall mit den Patienten besprochen werden.

Sowohl eine operative als auch eine konservative Therapie können ein eventuelles Mehrwachstum nicht verhindern. Beide Therapiemöglichkeiten haben ihre Vorzüge und sollten in keinem konkurrierenden Verhältnis zueinander stehen.

4.4 Beeinflussbarkeit des posttraumatischen Längenwachstums und daraus resultierende Konsequenzen für die Behandlung von Oberschenkelfrakturen bei Kindern

Nach einer Fraktur des Oberschenkelschaftes im Kindesalter muss mit einem vermehrten Längenwachstum gerechnet werden. Die frakturbedingten Reparationsvorgänge führen nach jeder Fraktur zu einer mehr oder weniger ausgedehnten Hyperämie des

Frakturbereiches und der umgebenen Epiphysenfugen (75,76), die mit einem intensiverem Längenwachstum reagieren. Eine direkte therapeutische Beeinflussbarkeit des posttraumatischen Längenwachstum ist daher nicht gegeben. Darin sind sich die meisten Autoren einig. (36,52,71,76)

Eine Minimierung des posttraumatischen Längenwachstums scheint dagegen möglich zu sein, da einzelne Faktoren ein ausgeprägteres Mehrwachstum bewirken. Zu diesen Faktoren zählen insbesondere mehrmalige Repositionsmanöver, sekundäre Osteosynthesen, belassene Fehlstellungen und Unruhe im Frakturbereich und damit verbundene Remodelingsvorgänge und Refrakturen. Diese Aspekte sind, wenn auch nur indirekt, vom Therapeuten beeinflussbar.

Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen für die Therapie von kindlichen Oberschenkelfrakturen. Das Ziel der Therapie sollte darin bestehen, so schnell wie möglich achsengerechte und anatomische Verhältnisse zu schaffen und späte Repositionsmanöver, Fehlstellungen und Unruhe im Frakturbereich zu verhindern. Damit wird eine Minimierung der Summe aller Korrekturvorgänge erreicht und das Längenwachstum kann somit zwar nicht verhindert aber doch verringert werden. Ein Overriding der Fragmente sollte möglichst vermieden werden, da es ein posttraumatisches Längenwachstum nicht ausschließt.

Hinsichtlich der Therapiewahl konnte gezeigt werden, dass Längendifferenzen sowohl nach operativer als auch konservativer Behandlung auftreten. Beide Therapiemöglichkeiten beeinflussen das Mehrwachstum auf unterschiedlichste Art und Weise. Die Therapiewahl sollte den gegebenen Umständen angepasst werden, wobei sich konservative und operative Therapieverfahren sinnvoll ergänzen und nicht konkurrierend gegenüberstehen. Die Indikationsstellung der operativen Therapie ist insofern zu erweitern, als das sie nicht nur als sekundäre Methode zur Auswahl steht. Es sollte eine minimal invasive, kindgerechte und kostengünstige Behandlung angestrebt werden.

Weiterhin müssen Kinder, die eine Oberschenkelfraktur erlitten haben, regelmäßig bis zum Wachstumsabschluss nachuntersucht werden und die Eltern in Gesprächen über möglicherweise auftretende Längenunterschiede aufgeklärt werden. So können therapeutisch relevante Beinlängenunterschiede rechtzeitig erkannt und wenn nötig behandelt werden, um möglichen Spätschäden vorzubeugen.

Für die Behandlung einer Beinlängendifferenz beim Kind gibt es unterschiedliche Behandlungsverfahren. Längendifferenzen von 10 mm können vom Bewegungsapparat, wie bereits mehrmals erwähnt, toleriert werden.

Ab einem Mehrwachstum von 30 mm und mehr sollten auch operative Maßnahmen zur Korrektur der Längenunterschiede in Erwägung gezogen werden, wobei unterschiedliche Therapiemöglichkeiten zur Auswahl stehen.

Nach Wachstumsabschluss ist laut Niethard (52) eine Verkürzungsosteotomie die schnellste und sicherste Methode, um eine vorhandene Längendifferenz auszugleichen.

Befinden sich die Kinder noch im Wachstum, so kann das Mehrwachstum durch eine Verödung oder Verklammerung der Epiphysenfugen unterbunden werden. Bei der ersten Methode wird die Wachstumsfuge mit einem Bohrer oder einer Kürette zerstört, das Wachstum damit völlig aufgehoben. Aufgrund dessen ist es wichtig vor der Operation das zu erwartende Wachstum der kürzeren Extremität festzustellen. Das Längenwachstum sollte ausreichen, um das sistierende Wachstum der Gegenseite auszugleichen.

Bei einer Klammerung der Epiphysenfuge nach Blount (6,7) wird das Längenwachstum vorübergehend unterbunden. Dieses Verfahren ist einfach in der Durchführung. Eine regelmäßige Kontrolle der Beinlängen ist jedoch zwingend, um möglichen Schaden abzuwenden. Nach zwei Jahren sollten die Klammern frühestens entfernt werden.

In unserer Klinik wurden einzelne Patienten mit dieser Methode zur Korrektur von Beinlängendifferenzen behandelt. In allen Fällen konnte ein Ausgleich der Längendifferenzen erreicht werden.

Weitere Verfahren zum Ausgleich von Längendifferenzen sind die Verkürzungs- und Verlängerungsosteotomien. Der Einsatz dieser Techniken hängt von Kriterien wie dem Ausmaß der Längendifferenz, dem noch zu erwartenden Wachstum und der Körpergröße des Patienten ab (53). Sie sind sowohl technisch als auch zeitlich sehr aufwendig. Da gerade die Verlängerungsosteotomien zu den komplikationsreichen Verfahren zählen, sollten die Patienten entsprechend aufgeklärt und die Behandlung nur von erfahrenen Operateuren durchgeführt werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Nachuntersuchungsergebnisse von 149 Kindern ausgewertet, die im Universitätsklinikum Eppendorf in der Zeit von 1974-1999 nach einer Oberschenkelschaftfraktur versorgt worden waren.

Die Patienten wurden zu einer Nachuntersuchung eingeladen und nach den Kriterien des im Anhang ersichtlichen Untersuchungsbogen untersucht. Dabei wurden vor allem die Beinlängen wie unter Punkt 2 beschrieben ausgemessen und die Beweglichkeit nach der Neutral- Null- Methode ermittelt. Die Ergebnisse wurden in einer Excel-Tabelle zusammengestellt und mögliche Zusammenhänge untersucht.

Oberschenkelschaftfrakturen bei Kindern können Beinlängendifferenzen hervorrufen. Unterschiedliche Beinlängen traten bei 65,8 % der von uns nachuntersuchten Patienten auf, wobei davon 62,3 % der Kinder eine Beinverlängerung aufwiesen und 3,3 % eine Beinlängenverkürzung. 34,2 % der Patienten hatten gleichlange Beine. Die durchschnittliche Längendifferenz betrug 9,6 mm.

Die Hauptursachen einer möglichen Beinverlängerung bzw. – verkürzung liegen unserer Ansicht nach zum einen in der frakturbedingten Hyperämie der Epiphysenfugen begründet und zum anderen in der Verletzung des Periosts.

Weitere Faktoren scheinen die Stimulation der Epiphysenfugen und damit das Mehrwachstum in unterschiedlichem Ausmaß zu beeinflussen.

Die ausgeprägtesten Längendifferenzen von bis zu 30 mm sahen wir nach häufigen Repositionsmanövern (je öfter reponiert wurde, um so ausgeprägter war das Mehrwachstum), nach mehrmaligen Verfahrenswechseln, Refrakturen und sekundären Osteosynthesen.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass nach Mehrfragment- und Trümmerfrakturen mit einem ausgeprägten Mehrwachstum der Beinlängen gerechnet werden muss. So hatten Patienten mit Mehrfragmentfrakturen ein durchschnittliches Mehrwachstum von 14 mm. Nach Trümmerfrakturen kam es zu einem durchschnittlichen Längenwachstum von 17,3 mm.

Bezüglich der Frakturlokalisation fanden wir die größten Längenzunahmen (16,9 mm) nach proximalen Oberschenkelbrüchen. Eine Abhängigkeit des Längenwachstums von der Frakturlokalisation konnte nicht eindeutig festgestellt werden.

Keinen Zusammenhang konnten wir zwischen dem Alter des Kindes und einem Mehrwachstum beobachten. Um präzisere Ergebnisse diesbezüglich zu erhalten, sollten Beinlängen erst nach Wachstumsabschluss ermittelt werden und eher der ossäre Reifegrad als das Alter des Kindes zum Unfallzeitpunkt Berücksichtigung finden.

Sowohl nach operativer wie auch der konservativen Therapie konnten Längendifferenzen festgestellt werden. Auch wenn die konservativ versorgten Kinder ein etwas besseres Ergebnis bezüglich des Mehrwachstums aufwiesen (durchschnittliche Längendifferenz 7,2 mm), sollte die operative Therapie (durchschnittliche Längendifferenz 10,5 mm) nicht auf den zweiten Platz der Therapiemöglichkeiten gedrängt werden. So ist sie vor allem kostengünstiger und patientenfreundlicher. Allerdings sollte die Plattenosteosynthese weichteilschonenderen Operationstechniken weichen, da wir besonders nach plattenosteosynthetischer Versorgung ein ausgeprägteres Längenwachstum von 20 mm beobachten konnten.

Eine Prognose über das Ausmaß eines möglichen vermehrten Längenwachstums des Oberschenkels nach einer Femurfraktur kann aufgrund der dargestellten Vielfalt der beeinflussenden Größen nicht gegeben werden. Daher sollten Kinder, die eine Oberschenkelfraktur erlitten haben, bis zum Wachstumsabschluss regelmäßig nachuntersucht werden. Bei Längendifferenzen von mehr als 30 mm muss eine operative Behandlung in Erwägung gezogen werden. Befindet sich das Kind noch im Wachstum, so kann die Korrektur der Längendifferenz mit Hilfe der Blount'schen Klammerung erfolgen. Nach Abschluss des Wachstums sollte eine Korrekturosteotomie durchgeführt werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Arkin A.M., Katz J.F. (1956)
The effects of pressure on epiphyseal growth
J. Bone jt. Surg. 38- A, 1056
2. Baumgaertel F., Perren S.M., Rahn B. (1994)
Tierexperimentelle Untersuchungen zur „biologischen“ Plattenosteosynthese von
Mehrfragmentfrakturen des Femurs
Unfallchirurg 97: 19- 27
3. Bar-on E., Sagiv S., Porat S. (1997)
External Fixation or Flexibel Intramedullary Nailing for Femoral Fractures in Children
J Bone Joint Surgery 79- B: 975- 79
4. Benneck J. (1997)
Die Versorgung kindlicher Frakturen
Aus: Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter
Dietz H.G., Schmittenbecher P.P., Illing P.
Urban & Schwarzenberg Verlag
5. Bettermann A., Kunze K., Ackeren van A. (1990)
Oberschenkelschaftfrakturen im Wachstumsalter-Resultate nach
Wachstumsabschluss
Z. Unfallchir. Ver. med., Band 83, Heft 1
6. Blount W.P., MD, Clarke G.R., MD (1949)
Control of bone growth by epiphyseal stapling
J Bone Joint Surg. 3:31 A 464- 478
7. Blount W.P., MD, Zeier F., MD (1952)
Control of bone length
J Bone Joint Surg. 6:148 451- 457

8. Breitfuß H., Muhr G. (1988)
Lässt sich vermehrtes Längenwachstum nach kindlichen Oberschenkelschaftbrüchen vermeiden?
Unfallchirurg 91: 189- 194

9. Brug E. (1985)
Die Behandlung der kindlichen Schaftfrakturen
Chir. Praxis 34: 71- 82

10. Corry I.S., FRCS, Nicol R.O., FRCS, FRACS (1995)
Limb Length After Fracture of the Femoral Shaft in Children
J Pediatric Orthopaedics 15: 217- 219

11. Dallek M., Lorke D., Meyer- Pannwitt D., Jungbluth K.H. (1988)
Die periostale Knochenresorption im metaphysären Bereich des wachsenden Knochens als Wegbereiter von Epiphysenfugenverletzungen
Unfallchirurgie 14 (1988), 57- 63 (Nr. 2)

12. Dambe L.T. (1972)
Vascularisation der Tibia im Experiment nach stabiler extra- und intramedullärer Osteosynthese.
Langenbecks Arch. Chir.[Suppl.] Chir. Forum 31

13. Daum R., u. Mitarbeiter (1969)
Analyse und Spätergebnisse kindlicher Femurfrakturen.
Gegenüberstellung der konservativen und operativen Therapie
Arch. Orthop. Unfallchirurgie 66:18- 29

14. Dietz H.G., Schmittenebecher P.P., Illing P. (1997)
Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter
Urban & Schwarzenberg Verlag

15. Deppermann F., Dallek M., Meenen N., Lorke D., Jungbluth K.H. (1989)
Die biomechanische Bedeutung des Periosts für die Epiphysenfuge
Unfallchirurgie 15 (1989): 165- 173 (Nr. 4)

16. Fenselau W. (1980)
Ergebnisse konservativ behandelter Femurschaftfrakturen im Kindesalter
Diss., Hamburg 1980

17. Gosler K., Resch H., Sperner G., Thöni H. (1991)
Das Längenwachstum nach Oberschenkelfraktur im Kindesalter
Unfallchirurgie 17:93- 99

18. Greene W.B., MD (1998)
Displaced Fractures of the Femoral Shaft in Children
Clinical Orthopaedics and Related Research Nr. 353, pp 86- 96

19. Gregory R.J.H., FRCS, Cubison T.C.S., Pinder I.M., FRCS, Smith S.R., FRCS (1992)
External Fixation Of Lower Limb Fractures In Children
Journal of Trauma 33, No. 5: 691- 693

20. Hansson L.I. (1967)
Daily growth in length of diaphysis measured by oxytetracycline in rabbit normally and
after experimental study
Acta Orthop. Scand. [Suppl.] 101:1

21. Hasler C.C., Laer L. von (2000)
Pathophysiologie posttraumatischer Deformitäten der unteren Extremität im
Wachstumsalter
Orthopädie 29: 757- 756

22. Hedström O. (1969)
Growth stimulation of long bones after fracture or similar trauma.
A clinical and experimental study.
Acta Orthop. Scand. [Suppl.] 122:1

23. Heinrich S.D., MS, MD, Drvaric D.M., MD; Darr K., MD, Mac Ewen G.D., MD
(1994)
The Operativ Stabilization of Pedriatic Diaphyseal Femur Fractures with Flexibel
Intramedullary Nails: A Prospective Analysis
J Pediatric Orthopaedics 14: 501- 507
24. Hofmann v. Kapp- herr S., Fischer U., Zügel N., Engelskirchen R. (1985)
Spätergebnisse nach Oberschenkelschaftfrakturen im Kindesalter
Unfallchirurgie 11: 28- 32
25. Hofmann v. Kapp- herr S. (1989)
Vergleich operativer und konservativer Behandlungsmethoden am Beispiel der
kindlichen Oberschenkel
Z. Unfallchir. Vers.med. Berufskr., Band 82, Heft 4:236- 242
26. Hohlschneider A.M., Vogl D., Dietz H.G. (1985)
Längendifferenzen nach Oberschenkelschaftfrakturen im Kindesalter
Z Kinderchirurgie 40: 341- 350
27. Janosch E. (1982)
Knochenbruchbehandlung bei Kindern
De Gruyter- Verlag
28. Kaelin L., Freiburghaus U., Laer von L., Lampert Ch. (1990)
Extension oder Osteosynthese kindlicher Oberschenkelfrakturen- Erfahrungen mit dem
Fixateur externe
Z. Unfallchir. Vers. med., Band 83, Heft 1: 30- 36
29. Keller H.W., Huber R., Rehm K.E. (1993)
Die intramedulläre Schienung von Frakturen im Wachstumsalter mit einem neuen
Implantat
Chirurg 64: 180- 184

30. Klapp F. (1981)
Diaphysäre und metaphysäre Frakturen im Wachstum
Hefte zur Unfallheilkunde Nr. 152
Springer Verlag
31. Kuner E.H., Schlickewei W., Großmann U. (1989)
Die Plattenosteosynthese bei der Femurschaftfraktur des Kindes
Z. Unfallchir. Vers. med. Berufskr., Band 82, 1989, Heft 4: 243- 251
32. Kuner E.H. (1994)
Kompendium zum Freiburger AO-Kurs
Georg Thieme Verlag
33. Laer v. L. (1977)
Beinlängendifferenzen und Rotationsfehler nach Oberschenkelfrakturen im Kindesalter
Arch. orthop. Unfall- Chir.89:121- 137
34. Laer v. L. (1984)
Besonderheiten der Frakturheilung im Kindesalter
In: Sauer H.
Das verletzte Kind
Georg Thieme Verlag (1984)
35. Laer v. L. (1984)
Skelett- Traumata im Wachstumsalter
Springer- Verlag
36. Laer v. L. (1986)
Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter
Georg Thieme Verlag

37. Laer v. L., Jakob- Frey H., Girard T., Kälin L. (1990)
Die Behandlung der Schaftfrakturen der unteren Extremitäten aus der Sicht der
Effektivität und der Effizienz
In: Rahmanzadeh R., Breyer H.- G. (1990)
Verletzungen der unteren Extremitäten bei Kindern und Jugendlichen
Springer- Verlag
38. Laer v. L. (1991)
Neues Therapiekonzept für die instabile Schaftfraktur der oberen und unteren
Extremität im Wachstumsalter- Indikation und Technik
Z. Unfallchir. Vers. med., Band 84, Heft 4:225- 227
39. Laer v. L., Vocke A.K. (1999)
Behandlung von Schaftfrakturen im Wachstumsalter
Chirurg 70:1501- 1512
40. Linhart W.E., Spindel S., Helou D. (1993)
Die elastisch stabile intramedulläre Schienung kindlicher Schaftfrakturen
Hefte zu der Unfallchirurg, Heft 230: 964- 969
41. Lüthi U.K., Engelhardt P., Weber B.G. (1990)
Femurschaftfrakturen im Kindesalter
Z. Unfallchir. Vers. med., Band 83, Heft 1:38- 43
42. Manicol M.F., MCh (1997)
Fracture of the femur in children
J Bone Joint Surg 1997: 79- B: 891- 2
43. Martin- Ferrero MA, Sanchez- Martin MM (1986)
Prediction of overgrowth in femoral shaft fractures in children
Int. Orthop. 10:89- 93

44. Meuli M., Stauffer U.G. (1989)
Behandlung der Oberschenkel- und Unterschenkelschaftfrakturen beim Jugendlichen
Z. Unfallchir. Vers. med. Berufskr., Band 82, Heft 4:227- 235
45. Mittmann Ch., Klein W., Brug E. (1997)
Die Indikation für die dynamisch-axiale Fixation bei Frakturen im Kindesalter
In: Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumalter
Dietz H.G., Schmittenberger P.P. Illing P.
Urban & Schwarzenberg Verlag
46. Mommsen U., Jungbluth K.H., Dallek M. (1984)
Grundlagen der Frakturbehandlung im Kindesalter
Unfallchirurgie 10: 26- 32
47. Morscher E., Taillard W. (1965)
Beinlängenunterschiede
Karger, Basel
48. Müller M.E., Ganz R. (1974)
Luxationen und Frakturen: Untere Gliedmaßen und Becken: 241-309 aus
Rehn J.: Unfallverletzungen bei Kindern
Springer Verlag Berlin 1974
49. Netter F.H. (1994)
Atlas der Anatomie des Menschen
Ciba- Geigy AG, Basel
50. Newton O.P., Scott J.M. (1994)
Financial Aspects of Femoral Shaft Fracture Treatment in Children and Adolescents
J. Pediatr. Orthop. 14: 508-512
51. Neurath F., van Lessen H. (1972)
Die unter Verkürzung geheilte kindliche Oberschenkelfraktur
Z Kinderchirurgie Suppl. 11

52. Niethard F.U. (1997)
Kinderorthopädie
Georg Thieme Verlag
53. Noack W., Halbhübner K. (1984)
Die Korrektur posttraumatischer Beinlängendifferenzen
Hefte zur Unfallheilkunde 164: 756- 758
54. Nutz V. (1988)
Die unterschiedliche Durchblutungswertigkeit verschiedener Femurschaftregionen.
Experimentelle Untersuchung am Kaninchen
Langenbecks Arch. Chir. 373: 206- 213
55. Oestern H.- J., Rieger g., Jansen Th. (2000)
Intramedulläre Osteosynthesen beim Kind
Unfallchirurg 103:2- 11
56. Oitker J., Komorek W., Meyer R.P., Kappeler U. (1996)
Die Prevot- Nagelung, eine elegante Methode
Unfallchirurg 99: 327- 331
57. Orler R., Helfet D.L., Mayo K.A., Ward T., Ganz R. (1998)
Die avaskuläre Hüftkopfnekrose als schwerwiegende Komplikation nach
Femurnagelung bei Kindern und Jugendlichen
Unfallchirurg 101:495- 499
58. Osterwalder A., Beeler C., Huggler A., Matter P. (1979)
Längenwachstum an der unteren Extremität nach jugendlichen Schaftfrakturen
Unfallheilkunde 82: 451- 457
59. Pachucki A., Dremsek J.A. (1984)
Oberschenkelfrakturen im Kleinkindesalter
Unfallchirurgie 10: 303- 308

60. Platz A., Käch K. (1996)
Versorgung instabiler kindlicher Schaftfrakturen der unteren Extremität mit dem
Fixateur externe
Swiss Surg 2: 284- 289
61. Prevot J. (1995)
Elastisch - stabile Nagelung der Oberschenkel- und Unterarmfrakturen des Kindes
Hefte zu der Unfallchirurg, Heft 249: 77- 82
62. Prevot J., Metaizeau J.N., Lascombes P. (1993)
Stabiles elastisches intramedulläres Pinning: Ein neues Konzept der Behandlung der
Schaftfraktur beim Kind
Hefte zu der Unfallchirurg, Heft 230: 955- 960
63. Rahn H.D., Kilic M., Tolksdorff G., Schauwecker F., Tittel K. (1990)
Osteosynthese bei Oberschenkelfrakturen- Konkurrenz zur konservativen Behandlung
oder Verfahren der Wahl?
In: Ramamzandeh R., Breyer H.- G. (1990)
Verletzungen der unteren Extremität bei Kindern und Jugendlichen
Springer Verlag
64. Rauch J., Schönitz A., Schramm H., Schmid R. (1990)
Ergebnisse der Behandlung kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen mit der
Vertikalextension nach Weber mittels Extensionsgerät eigener Konstruktion
Z. Chirurgie 115: 609- 615
65. Rehn. J (1974)
Unfallverletzungen bei Kindern
Springer - Verlag

66. Rehli V., Slongo Th. (1991)
Die elastisch-stabile endomedulläre Schienung (EES) nach Prevot- Eine ideale
Methode zur Versorgung kindlicher Schaftfrakturen
Z Unfallchir. Vers. med. Band 84, Heft 3: 177- 181
67. Rhineland F.W. (1974)
The normal circulation of bone and its response to surgical intervention
J. Biomed Mater Res 8:87
68. Schärli A.F., Winiker H. (1989)
Schaftfrakturen des Kleinkindalters
Z. Unfallchir. Vers. med. Berufskr., Band 82, Heft 4: 216- 226
69. Schärli A.F. (1991)
Komplikationen in der Kinderchirurgie
Georg Thieme Verlag
70. Schweiberer L., Schenk R. (1977)
Histomorphologie und Vaskularisation der sekundären Knochenbruchheilung unter
besonderer Berücksichtigung der Tibiaschaftfraktur.
Hefte zur Unfallheilkunde 80:275
71. Sauer H. (1984)
Das verletzte Kind
Georg Thieme Verlag
72. Stedtfeldt H.-W., Taruttis H., Schneider M. (1997)
Die Oberschenkelfraktur des (Schul)Kindes
In: Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter
Dietz H.G., Schmittenberger P.P. Illing P.
Urban & Schwarzenberg Verlag

73. Thaer K., Dallek M., Meenen N.M., Jungbluth K.H. (1992)
Posttraumatische Längendifferenz und Muskelatrophie nach Oberschenkelfrakturen im Kindesalter
Unfallchirurgie 18: 162- 167
74. Tietze A. (1961)
Untere Gliedmaßen in
Ehalt W.: Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen.
Enke Verlag Stuttgart
Epiphysenwachstumsstörungen durch Extensionsdrähte und – nägeln.
Arch.orthop.Unfallchir. 49: 392 (1957)
75. Trueta J. (1963)
The role of the vessels in osteogenesis
J Bone Joint Surgery 45 B: 402
76. Trueta J. (1953)
The influence of the blood supply in controlling bone growth
Bull. Hosp. Jt Dis.14:147
77. Ward W.T., MD, Levy J., MD, Kaye A., MD (1992)
Compression Plating for Child and Adolescent Femur Fractures
J Pediatric Orthopaedics 12: 626- 632
78. Weber B.G., Brunner C., Freuler F. (1978)
Die Frakturbehandlung bei Kindern und Jugendlichen
Springer- Verlag
79. Weinberg A.- M., Reilmann H., Lampert C., Laer L.von (1994)
Erfahrungen mit dem Fixateur externe bei der Behandlung von Schaftfrakturen im Kindesalter
Unfallchirurg 97: 107- 113

80. Wessel L., Seyfriedt C. (1996)
Beinlängendifferenzen nach kindlichen Oberschenkelfrakturen- endgültiges oder
passageres Phänomen
Unfallchirurg 99: 275- 282
81. Wiberg G. (1968)
Experimental investigation of the growth from the epiphyseal cartilage.
J. Bone Joint Surg. 50:1
82. Wilde C.D. (1978)
Einfluss der Plattenosteosynthese auf Längenwachstum, Knochenstruktur und
Blutversorgung jugendlicher Röhrenknochen im Tierversuch
Habil. - Schrift, Abt. Unfallchirurgie, GHS Essen 1978
83. Wilson-Mac Donald J., Houghton G.R., Bradley J., Morscher E. (1990)
The relationship between periosteal division and compression or distraction of the
growth plate
J. Bone Joint Surg. 72 B: 303, 1990
84. Volkmann R. (1862)
Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachstum
Arch. Pathol. Anat. 24: 512
85. Zügel N.P., Hofmann von Kap- herr S. (1987)
Operationsindikationen mit der Druckplattenosteosynthese bei Oberschenkelfrakturen
In: Hofmann von Kap-herr: Operationsindikationen im Kindesalter
Fischer- Verlag
Stuttgart 1987

7 ANHANG

Untersuchungsbogen für die Nachsorgeuntersuchung von Femurschaftfrakturen im Wachstumsalter

1) Patient

Name, Vorname:

Geburtsdatum:

Geschlecht:

Adresse:

Krankheitsblatt- /Röntgennummer:

2) Unfall

2.1. Unfalldatum:

2.2. Alter zum Unfallzeitpunkt:

2.3. Unfallort:

- Häuslich
- Schule
- Kindergarten
- Spielplatz
- Sport
- Verkehr

3) Diagnostik

3.1. Lokalisation:

- subtrochantär
- proximales Drittel
- mittleres Drittel
- distales Drittel
- supracondylär

3.2. Frakturtyp:

- Querfraktur
- Schrägfraktur
- Spiralfaktur

- Etagenfraktur
- Trümmerfraktur
- Grünholzfraktur
- Biegungsfraktur ohne/mit Keil

3.3. Dislokation:

- keine
- ad latus
- ad axim
- ad peripheriam
- ad longitudinum

3.4. Bruch:

- offen
- geschlossen

3.5. Nebenverletzungen:

- Schädel
- Thorax
- Abdomen
- obere Extremität
- Unterschenkel/Fuß
- Sonstiges

4) Behandlung

4.1. Dauer:

4.2. konservative Therapie:

- Reposition in Narkose
- Overhead- Extension
- supracondyläre Femurextension
- Tibiakopfextension
- Becken-Bein-/ Oberschenkelgips
- Braun'sche Schiene / Krapp'sche Schiene
- Sonstige

4.3. operative Therapie:

- primäre Osteosynthese
- Osteosyntese nach 4.2.

- Fixateur externe
- Rush pin / Marknagel
- Cerclage / Zuggurtung
- Plattenosteosynthese
- isolierte Schrauben
- Sonstiges

5) Komplikationen

5.1. Nervenschäden:

5.2. Infektion:

- nur Weichteile
- Knochenbeteiligung

5.3. verbliebene Fehlstellung:

5.4. Refraktur:

5.5. Sonstige:

6) Metallentfernung

nachMonaten

7) Nachsorgeuntersuchung

7.1. zeitlicher Abstand zum Unfallereignis in Monaten:

7.2. Alter / Wachstumsabschluss:

7.3. subjektive Beschwerden:

Befunde siehe Nachsorgeuntersuchungsbogen

8) Röntgen Ergebnisse

8.1 Bild vom Unfalltag:

8.2 Bild bei Entlassung:

8.3. Bild bei Nachsorgeuntersuchung

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. M. Dallek möchte ich meinen herzlichen Dank für die Überlassung des Dissertationsthemas, die freundliche Unterstützung bei der praktischen Durchführung, für die Korrektur der Arbeit sowie für die Übernahme des Referates aussprechen.

Mein herzlicher Dank gilt weiterhin Herrn Dr. med. W. Lehmann, der mich freundlicherweise bei der Durchführung und der Konzeption der Studie unterstützte.

Herrn Prof. Dr. med. J. M. Rueger, Direktor der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätskrankenhauses Eppendorf, danke ich für die Möglichkeit der Promotion an seiner Klinik.

Lebenslauf

Persönliche Daten

- Dörte Frabetti, geb. Richter
- geboren am 17.02.1975 in Stralsund
- verheiratet

Schulbildung

- 1994- 1991 Lambert- Steinwich Oberschule Stralsund
- 1991- 1993 Goethe Gymnasium Stralsund

Studium

- 1994- 2002 Studium der Humanmedizin, Universität Hamburg
- 2001- 2002 Praktisches Jahr
- Juni 2003 Ärztliche Prüfung und Abschluss des Humanmedizinstudiums an der Universität Hamburg

Promotion

- 1999- 2000 Erarbeitung der Konzeption und Datenerhebung
- 2001- 2003 Auswertung der Daten und Niederschrift

Hamburg, 08.07.2003