

Aus dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz
des Fachbereiches Medizin der Philipps-Universität Marburg

**BEHANDLUNGSERGEBNISSE KINDLICHER
OBERSCHENKELSCHAFTFRAKTUREN: VERGLEICH HISTORISCHER
THERAPIEVERFAHREN DER 80er UND 90er JAHRE MIT DEN AKTUELLEN
ERGEBNISSEN DER ELASTISCH STABILEN INTRAMEDULLÄREN
NAGELUNG (ESIN) VON HEUTE**

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin (Dr. med.) dem Fachbereich
Medizin der Philipps - Universität Marburg / Lahn

vorgelegt von Jens Lömker
aus Lehrte

Marburg / Lahn 2017

Originaldokument gespeichert auf dem Publikationsserver der
Philipps-Universität Marburg
<http://archiv.ub.uni-marburg.de>
Dieses Werk bzw. Inhalt steht unter einer
Creative Commons
Namensnennung
Keine kommerzielle Nutzung
Weitergabe unter gleichen Bedingungen
3.0 Deutschland Lizenz.
Die vollständige Lizenz finden Sie unter:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de>

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am 23.01.2017

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Helmut Schäfer
Referent: Prof. Dr. Steffen Ruchholtz
1. Korreferent: Prof. Dr. Guido Seitz

Meinen Eltern

In Liebe und Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

- 1.1 Häufigkeit/ Inzidenz
- 1.2 Allgemeine Aspekte des Kindes
- 1.3 Blutversorgung des Femur
- 1.4 Biomechanik
- 1.5 Frakturklassifikation
- 1.6 Frakturheilung beim Kind
- 1.7 Störung der Frakturheilung
- 1.8 Therapieverfahren
 - 1.8.1 konservative Verfahren
 - 1.8.1.1 Overheadextension
 - 1.8.1.2 Beckenbeingips
 - 1.8.1.3 Weber-Bock
 - 1.8.2 operative Verfahren
 - 1.8.2.1 Prinzipien der operativen Frakturversorgung
 - 1.8.2.2 Plattenosteosynthese
 - 1.8.2.3 Fixateur externe
 - 1.8.2.4 Elastisch stabile Markraumschienung nach Prevot (ESIN)
- 1.9 Fragestellung und Ziel der Studie

2. Material und Methode

- 2.1 Datenerfassung für die Vergleichsgruppe
- 2.2 Nachuntersuchung der eigenen Patienten

3. Ergebnisse

- 3.1 Ergebnisse der historischen Verfahren in der Literatur
- 3.2 Ergebnisse der eigenen Patienten
 - 3.2.1 Ergebnisse der historischen Verfahren
 - 3.2.1.1 Weberbock
 - 3.2.1.2 Becken-Bein-Gips
 - 3.2.1.3 Overheadextension
 - 3.2.1.4 Monofixateur
 - 3.2.1.5 Plattensosteosynthese
 - 3.2.1.6 Intramedulläre Schienung
 - 3.2.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung
 - 3.2.2.1 Beinlängendifferenzen
 - 3.2.2.2 Rotationsfehler
 - 3.2.2.3 Achsfehlstellungen

3.2.2.4 Komplikationen

- 3.3 Ergebnisse der ESIN in der aktuellen Literatur
 - 3.3.1 Beinlängendifferenzen
 - 3.3.2 Achsfehlstellungen
 - 3.3.3 Rotationsfehler
 - 3.3.4 Komplikationen
 - 3.3.5 Stationärer Aufenthalt
 - 3.3.6 Durchleuchtungszeit
 - 3.3.7 Metallentfernung
- 3.4 Vergleich: Ergebnisse ESIN mit eigenen Ergebnissen historischer Verfahren
 - 3.4.1 ESIN - Weberbock
 - 3.4.2 ESIN - Beckenbeingips
 - 3.4.3 ESIN - Overheadextension
 - 3.4.4 ESIN - Monofixateur
 - 3.4.5 ESIN - Plattenosteosynthese

4. Diskussion

- 4.1 Messverfahren
- 4.2 Historische Therapieverfahren der Literatur
- 4.3 Eigene Ergebnisse
- 4.4 Eigene Ergebnisse im Vergleich zur Literatur
- 4.5 ESIN: Ergebnisse lt. aktueller Literatur
- 4.6 Kritische Bewertung

5. Zusammenfassung (deutsch/ englisch)

6. Literatur

7. Tabellarischer Lebenslauf

8. Verzeichnis der akademischen Lehrer

9. Danksagung

10. Eidesstattliche Erklärung

11. Ehrenwörtliche Erklärung

1. Einleitung

1.1 Häufigkeit/ Inzidenz

Nach einer Statistik des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) verunglückten im Jahr 2012 ca 1,8 Millionen Kinder. Im Jahre 1999 waren es nach einer Statistik der Deutschen Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin 1,9 Millionen Kinder. Gemeint sind in beiden Fällen Unfälle, die eine ärztliche Behandlung erfordern. Femurschaftfrakturen gehören bei Kindern zusammen mit den Unterschenkelfrakturen zu den häufigsten Verletzungen der unteren Extremität, auch wenn sie insgesamt selten sind: sie machen etwa 1,1% aller kindlichen Frakturen aus (47).

Eine Femurschaftfraktur zu erleiden, zeigt bei Kindern und Jugendlichen zwei Altersgipfel. Der erste liegt im Alter zwischen 2 und 4 Jahren, der zweite im Alter von 14 und 17 Jahren. Der erste Altersgipfel hat anatomische Gründe: er erklärt sich dadurch, dass sich der kindliche Knochen erst im Verlauf von einem anfangs noch weichen zu einem harten laminären Knochen mit Ausbildung einer dicken und widerstandsfähigen Kortikalis entwickelt - diese fehlt also in sehr jungen Jahren. Der zweite Altersgipfel ergibt sich aus einer höheren Risikobereitschaft der Jugendlichen im Sport und bei Freizeitaktivitäten. Es ist nicht verwunderlich, dass aus demselben Grund Jungen in dieser Altersgruppe deutlich häufiger betroffen sind, als Mädchen.

1.2 Allgemeine Aspekte des Kindes

Die Gestalt eines menschlichen Organismus wird im Wesentlichen durch die Stütz- und Bewegungsorgane geformt. Deren uneingeschränkte Funktion bestimmt zu einem großen Anteil die körperliche Leistungsfähigkeit. Damit ist die Funktion auch eine wichtige Voraussetzung für Bewegung und Beweglichkeit.

Das Wesen eines Kindes ist durch den Drang nach Bewegung gekennzeichnet. Der heranwachsende Organismus erlernt und erfährt auf spielerische Art seine Fähigkeiten. Die so gewonnenen Erfahrungen sind sowohl für die weitere körperliche, als auch für die psychische Entwicklung des Kindes von großer Bedeutung. Durch neu entdeckte körperliche Fähigkeiten hat ein Kind Spaß an der Bewegung und bekommt ständig eine Leistungs-Rückkoppelung, wodurch es seine individuellen Möglichkeiten erweitern, als auch seine Grenzen kennenlernen kann. Gerade auch im Vergleich mit Kindern im gleichen Alter fühlt es sich nicht benachteiligt oder unterlegen, sofern das Gleichgewicht zwischen Funktion des Bewegungsapparates und den dadurch möglichen Fähigkeiten gewahrt bleibt.

Ein traumatisches Ereignis kann dieses Gleichgewicht empfindlich stören. Eine Störung der Funktion des Bewegungsapparates geht zwangsweise immer mit einer Einschränkung der körperlichen Leistungs- und Bewegungsfähigkeit einher, was dem Wesen des Kindes widerspricht. Untrennbar sind mit einem solchen Ereignis auch Einflüsse auf die psychische Entwicklung verbunden, da das Kind durch die Einschränkung der Mobilität eine soziale Isolation erfährt: durch einen stationären Krankenhausaufenthalt und dem damit

verbundenen Fehlen in der Schule, im Kindergarten oder von Zuhause, wird es aus seiner gewohnten und vertrauten Umgebung herausgerissen. Die noch fehlende Krankheitseinsicht, die noch nicht vorhandene Fähigkeit, die Verletzung in ihrer Bedeutung richtig einzuschätzen sowie die Ungewissheit über den Heilungsprozess stellen eine nicht zu unterschätzende, oft unbewusste psychische Belastung dar.

Doch nicht nur das akute Ereignis, sondern auch damit verbundene Folgeschäden können das Gleichgewicht dauerhaft beeinträchtigen und zur physischen und psychischen Desintegrität beitragen. Insbesondere eine Fraktur an der unteren Extremität geht mit einer erheblichen Störung der Statik einher. Dadurch bedingte Haltungsschäden können in der Folge besonders an der Wirbelsäule zu vorzeitigen degenerativen Veränderungen führen. Schmerzen, Bewegungseinschränkung oder auch vorzeitige Berufsunfähigkeit können aus haltungsbedingten Folgeschäden hervorgehen. In der Therapie muß daher neben der Behandlung der akuten Veränderungen durch das Unfallereignis immer eine langfristige Problemlösung angestrebt werden. Die Verantwortung gegenüber dem Patienten endet nicht mit seiner Entlassung aus der stationären Behandlung. Gerade die beim kindlichen Organismus vorhandenen Wachstumsphänomene haben auch nach der Entlassung noch großen Einfluß auf die weitere Entwicklung.

1.3 Blutversorgung des Femur

Als Fortsetzung der A. Iliaca externa zieht die A. Femoralis durch die Lacuna vasorum auf den medialen Oberschenkel. In der Fossa iliopectinea bedeckt sie der M. Sartorius, bevor sie in den Adduktorenkanal eintritt und ihn in der Fossa poplitea als A. Poplitea wieder verlässt. In ihrem Verlauf gibt sie eine Vielzahl von Ästen ab, die die Bein-, Hüft- und Genitalregion sowie tiefere Schichten der Gesäßregion versorgen. Dazu gehören auch kleinste Äste, die Rr. Perforantes, die durch das Periost in den Knochen eindringen. Das Periost selbst besteht aus zwei Schichten, von denen das Stratum osteogenicum dem Knochen unmittelbar anliegt. Diese Bindegewebsschicht ist sehr gefäßreich. Äste dieser Periostgefäße treten sowohl in die makroskopisch nicht sichtbaren Canales perforantes des Knochens ein, als auch durch größere Foramina nutricia. Dadurch trägt das Periost erheblich zur Ernährung und Erhaltung des Knochens bei. Beim kindlichen Organismus ist dieses periostale Gefäßnetz und damit auch die Versorgung des Knochens deutlich besser ausgeprägt, als beim Erwachsenen: ca. 4/5 der Blutversorgung des kindlichen Knochens werden vom Periost übernommen (47).

1.4 Biomechanik

Eine Hauptaufgabe des Bewegungsapparates besteht in der Aufrechterhaltung der Statik. Statische Kräfte wirken dann auf den Körper ein, wenn keine äußeren mechanischen Kräfte auf ihn einwirken und er gegen die Schwerkraft bewegungslos in stabilem Gleichgewicht gehalten wird. Dies ist dann der Fall, wenn das Lot aus dem Körperschwerpunkt innerhalb der Standfläche liegt, die von den Fußsohlen umschlossen wird. Der Körper ist dann mit seiner ihn tragenden Fläche im Gleichgewicht.

Diese Gesetzmäßigkeit lässt sich auch auf einzelne Abschnitte des Bewegungsapparates übertragen. Ein Gelenk ist dann allein durch statische Kräfte stabil, wenn ein Körperteil auf der ihn tragenden Gelenkfläche in stabilem Gleichgewicht steht. Das Lot des Teilschwerpunktes verläuft dann durch die Gelenkmitte. Statische Kräfte, also die Kräfte, die dem Gelenk die Stabilität verleihen, entstehen durch die Muskulatur, Sehnen und Bänder, die das Gelenk umgeben. Wenn das Lot nicht durch die Gelenkmitte verläuft, entsteht ein Drehmoment, der den Körperteil oberhalb des Gelenkes seitlich abkippt. In diesem Fall kommt Muskulatur, Sehnen und Bändern eine besondere Bedeutung zu. Sie müssen eine Gegenkraft aufbringen, die diesen Drehmoment aufhebt, wodurch das Gelenk wieder stabilisiert wird. Die statischen Kräfte, die auf ein Gelenk wirken, wurden von PAUWELS am Beispiel der Hüfte untersucht (71). Einer besonderen Belastung ist das Hüftgelenk beim Einbeinstand ausgesetzt, was vergleichbar ist mit der Schwungphase beim Gangablauf. Hier verläuft beim Gesunden das Lot deutlich medial von den tragenden Gelenkflächen. Dadurch entsteht ein Drehmoment, das die Tendenz hat, das Becken nach medial abzukippen. Um das Becken in dem Gelenk zu stabilisieren wird durch die Hüftabduktoren eine Gegenkraft hervorgerufen, die dem Drehmoment entgegenwirkt. Da der Hebelarm der Hüftabduktoren jedoch dreimal kleiner ist, muß die zur Stabilisierung des Gelenkes nötige Muskelkraft ungefähr dem dreifachen des Körpergewichtes entsprechen. Dadurch entsteht wiederum eine Druckkraft auf das Gelenk, die etwa dem vierfachen des Körpergewichtes entspricht und damit maßgebend für seine Beanspruchung ist. Die zur Stabilisierung des Gelenkes notwendige Muskelkraft wird größer, je weiter die Schwerpunktlinie vom Gelenkmittelpunkt entfernt ist. Dadurch steigt auch die Beanspruchung, was wiederum die Basis für degenerative Schäden der tragenden Elemente bildet. Für eine langfristig einwandfreie Gelenkfunktion muss die Beanspruchung daher möglichst gering sein. Für die Statik des Gelenkes heißt das, dass das Lot aus dem Körperschwerpunkt möglichst nahe dem Gelenkmittelpunkt verlaufen muss. Postoperative Fehlstellungen können dieses Gleichgewicht empfindlich stören und einen erheblichen Beitrag für vorzeitig degenerative Schäden leisten. Sie führen schon bei normaler Beanspruchung der tragenden Abschnitte zu einer Dauerbeanspruchung über Monate und Jahre. Daher ist es wichtig, dass nach unfallbedingten Schäden Struktur und Form des Bewegungsapparates den normalen mechanischen Anforderungen entspricht. Ist dies nicht der Fall, entsteht eine Umverteilung der entstehenden Kräfte mit Spannungsspitzen, die, in Abhängigkeit von ihrem Ausmaß, kurz- oder langfristig das tragbare Maß in einem bestimmten Abschnitt der tragenden Elemente übersteigen. Die Folge davon ist eine Zerstörung von Knorpel- und Knochengewebe, die in einen Circulus vitiosus führen: die Zerstörung des Gewebes führt zu einer Deformität mit Zunahme der Fehlbelastung, die wiederum die Kräfte an der schon geschädigten Stelle zentrieren und dadurch die Zerstörung des Gewebes weiter zunimmt. Fehlstellungen können also über eine veränderte Druckverteilung im Gelenk dieses zerstören. Der Grund, warum Fehlstellungen häufig erst nach Jahren zu Beschwerden führen, liegt darin, dass ihr Ausmaß oft gering ist und sie dadurch häufig übersehen werden (10, 71, 95, 104)

1.5 Frakturklassifikation

Für Frakturen der langen Röhrenknochen ist zunächst die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) zu erwähnen, die 1958 von Schweizer Ärzten gegründet wurde. Unter ihnen war Professor Maurice Müller, auf dessen Initiative ein 5-stelliger Code aus Zahlen und Buchstaben eingeführt wurde, welcher international verständlich war und sowohl Ausmaß als auch Schweregrad der Fraktur beschrieb.

Die ersten beiden Ziffern stehen für den Knochen und das betroffene Knochensegment (die Femurschaftfraktur wird beispielsweise mit der Zahlenfolge 32 beschrieben). Die dritte Stelle steht mit einem Buchstaben für den Frakturtyp (bei Schaftfrakturen: A = einfache Fraktur - B = Keilfraktur - C = komplexe, mehrfragmentäre Fraktur). Die vierte und fünfte Stelle unterteilen jeden Frakturtyp in weitere Gruppen und Untergruppen.

Das Prinzip dieser Einteilung: mit steigender Frakturklasse nehmen Schweregrad der Fraktur, deren Komplexität sowie der Schwierigkeitsgrad der Behandlung zu während die Prognose ungünstiger wird. Für Einzelheiten der Einteilung verweise ich auf die entsprechende Fachliteratur.

Bei Frakturen des kindlichen Skelettes ist es von entscheidender Bedeutung, ob eine Beteiligung der Wachstumsfugen vorliegt. Da die AO-Klassifikation dies nicht berücksichtigt, wird bei Beteiligung der Wachstumsfugen im Allgemeinen die Einteilung nach Aitken bzw Salter-Harris herangezogen. Auch wenn sich dementsprechend diese Einteilung nicht auf Schaftfrakturen bezieht, sollen sie dennoch erwähnt werden:

Aitken	Salter/ Harris	Fraktur
0	1	reine Epiphysenlösung
1	2	Epiphysenlösung mit metaphysärem Keil
2	3	Epiphysenlösung mit epiphysärem Keil
3	4	Epiphysenlösung mit epi-metaphysärem Keil
4	5	Kompression der Epiphysenfuge (Crush-Verletzung)

Tabelle 1: Frakturklassifikation bei Beteiligung der Wachstumsfugen nach Aitken bzw Salter/Harris

1.6 Frakturheilung beim Kind

Am wachsenden kindlichen Skelett erfolgt die Knochenbruchheilung nahezu immer als sekundäre bzw. indirekte Knochenheilung, d.h. also unter der Bildung einer ausgiebigen Kallusmasse (7). Zu einer Fraktur kommt es, wenn die auf den Knochen einwirkenden Kräfte die Festigkeit des Knochens überfordern. Während das Längenwachstum von den Epiphysen bestimmt wird, so geht die Neubildung von Knochen im Frakturbereich sowie die Einbeziehung des neugebildeten Knochens in die Frakturrenden von Zellen des periostalen

Bindegewebes aus, die in das primär angelegte Knorpelmodell eingedrungen sind: durch Gefäßzerreißung kommt es zunächst zur Nekrose der Knochenenden und zur Ausbildung eines Frakturhämatoms. Durch pluripotente Stammzellen mesenchymalen Ursprungs wird einerseits das nekrotische Gewebe abgebaut, andererseits entstehen aus ihnen durch Proliferation Vorläufer der Osteoblasten. Neben einer verstärkten Vaskularisierung durch überschießende periostale Kapillaraussprossung, wodurch Chondroklasten, Osteoblasten und mesenchymale Zellen vermehrt einwandern, wird das Frakturhämatom zunehmend von Kollagenfibrillen durchzogen. Dieses Granulationsgewebe (= apositioneller Fixationskallus) bildet die erste Verbindung zwischen den Frakturenenden und stellt Ausgangssubstrat und Regenerationsquelle für die weitere Entwicklung dar. Durch zunehmende Mineralisation, die sich zunächst nicht nach der mechanischen Beanspruchung ausrichtet, bildet sich Geflechtknochen. Durch Umbau (Modelling) und Resorption (Remodelling), wobei sich nun die Knochenbälkchen entsprechend den Zug- und Druckkräften anordnen, wird der Kallus zunehmend gehärtet und folgt damit den Regeln des Wolff'schen Transformationsgesetzes (117). Die Wiederherstellung der normalen Knochenkontur, einhergehend mit dem radiologisch nicht mehr nachweisbaren Frakturspalt kann Monate dauern. Schließlich weist der Knochen seine ursprüngliche Form wieder auf (7).

Für eine ausführlichere Darstellung der Knochenbruchheilung verweise ich auf die entsprechende Literatur.

1.7 Störung der Frakturheilung

Da der gesamte kindliche Organismus auf Wachstum programmiert ist, heilen im Allgemeinen auch Knochenbrüche schneller und unkomplizierter aus, als beim Erwachsenen. Störungen der Frakturheilung sind daher entweder iatrogen durch inkorrekte Osteosynthesen begründet oder infektiöser Ursache. Doch auch wenn im Rahmen des therapeutischen Vorgehens Achse, Länge und Rotation des Knochenbruches richtig eingestellt wurden, kann sich ein Fehlwachstum ergeben. Bei Osteosyntheseverfahren ist die bedeutendste Komplikation die Infektion des Knochens. Bei den intramedullären Verfahren ist die Weichteilwunde im Vergleich zu den anderen operativen Verfahren sehr klein, allerdings wird die Markhöhle eröffnet. Zusätzlich stellen intramedulläre Nägel eine Leitstruktur für Keime dar. Infektionen können sich daher in der Markhöhle entwickeln, ohne dass bereits Entzündungszeichen an der Operationswunde oder Veränderungen im Röntgenbild sichtbar sein müssen. So kann es zur Ausbildung und Ausbreitung einer Markraumphlegmone kommen. Im Wachstumsalter sind solche Komplikationen jedoch ausserordentlich selten.

1.8 Therapieverfahren

1.8.1 konservative Therapieverfahren

1.8.1.1 Overheadextension

Diese Form der Extension wird beim Säugling oder Kleinkind bis zum 2.-3. Lebensjahr bei jeder geschlossenen instabilen Oberschenkelchaftfraktur ohne großen

Weichteilschaden angewendet unter Schmerzmedikation aber ohne Anästhesie (47). Evt. findet ein geplanter Verfahrenswechsel auf den Beckenbeingips statt. Das Prinzip der Extension ist bei allen Formen dasselbe: durch Dauerzug wird der Muskelwiderstand überwunden und dadurch eine Reposition der Frakturenden erreicht.

Das Gewicht der Extension sollte ca. 1/5 des Körpergewichtes betragen. Zu Beginn der Extension kann das Extensionsgewicht auch höher liegen um Muskelkontraktionen zu überwinden.

Da die Extension auf beide Beine verteilt wird, muss an beide Beine ein Heftpflasterstreifen aufgeklebt und anschließend mit einer elastischen Binde fixiert werden. Zwischen Fußsohle und Heftpflasterstreifen wird ein Holzbrettchen eingelegt, damit die Zugvorrichtung dort verankert werden kann. Die gestreckten Beine werden in der Hüfte 90° gebeugt und leicht abduziert. Da der Patient auf dem Rücken liegt, erfolgt die Extension also vertikal bei um ca. 20° gespreizten Beinen. Um eine wirksamere Extension zu garantieren, soll das Gesäß geringfügig von der Unterlage abgehoben bleiben: eine Hand sollte zwischen Unterlage und Gesäß gelegt werden können (s. Abbildung 1). Der dafür nötige Zug muss entsprechend bemessen werden. Stellungskorrekturen sollten nach Röntgenkontrollaufnahmen in den ersten zwei bis drei Tagen vorgenommen werden, da sich die kindliche Fraktur rasch konsolidiert.

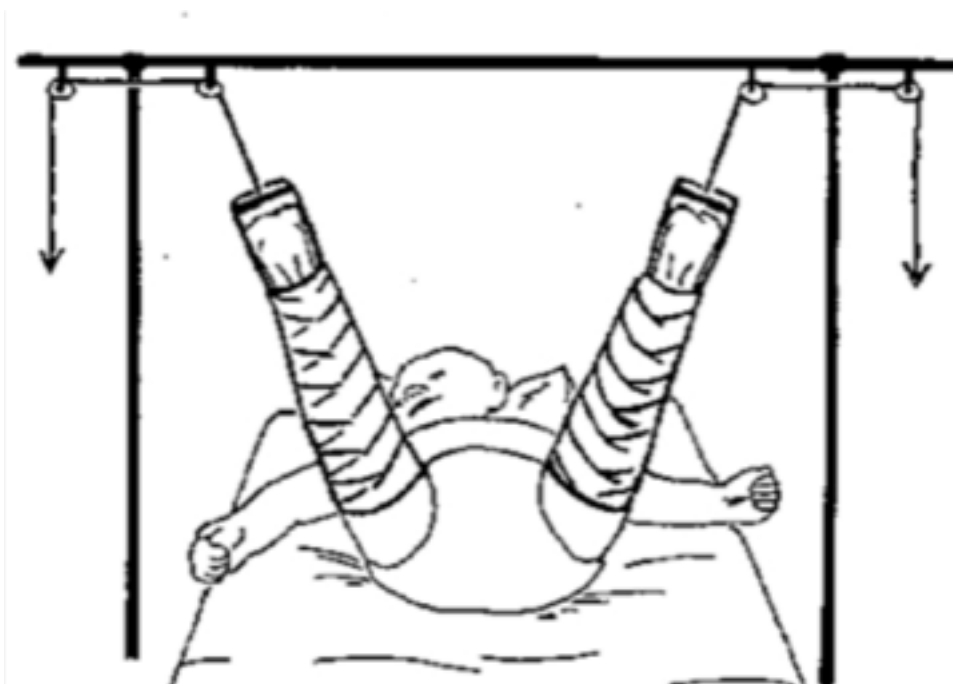


Abbildung 1 : Die Overheadextension (107, 108)

Jede zusätzliche Reposition sollte man aber vermeiden, weil dadurch vermehrt ein postoperatives Mehrwachstum an der betroffenen Extremität provoziert wird. Die korrekte Position des Kindes muss täglich überprüft (und evt mit Hilfe von Sandsäckchen oder Kissen stabilisiert) werden, ebenso die Sensibilität und Zehenmotilität. Neben der

Peronäusparese gehören Weichteilschäden zu Komplikationen, die durch aufmerksame Nachsorge zu vermeiden sind. Große Bedeutung kommt zusätzlich bei dieser über längeren Zeitraum bestehenden Position der körperlichen Pflege zu. Das Kind bleibt für ca. 3 Wochen in Dauerextension, danach folgen ein bis zwei Wochen Bettruhe (108, 9)

1.8.1.2 Beckenbeingips

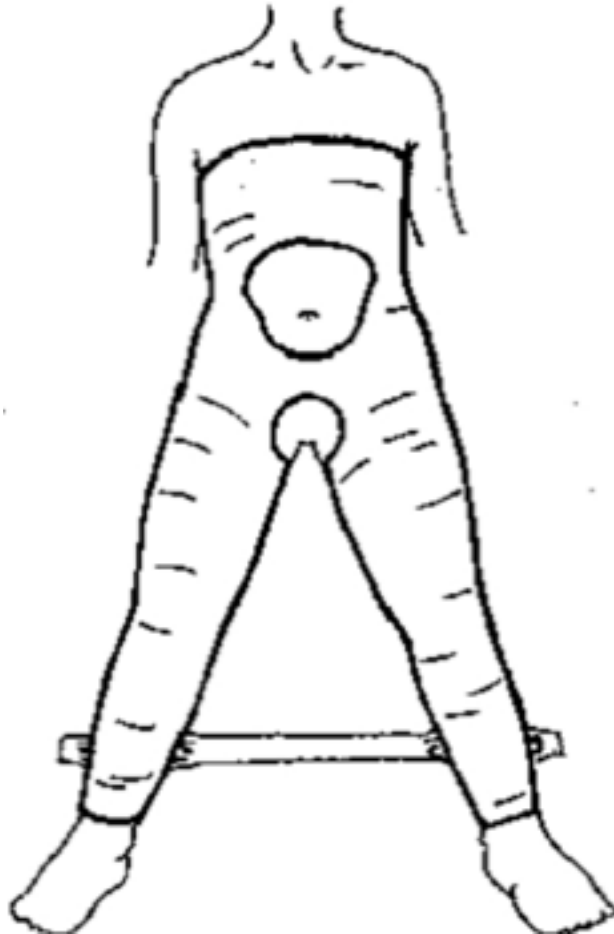


Abbildung 2: Der Beckenbeingips (107, 108)

Der Beckenbeingips stellt ein aufwendiges konservatives Verfahren dar, das zur Schaffung korrekter Winkelverhältnisse sehr genau durchgeführt werden muss (30). Indikation ist die diaphysäre Quer- oder Spiralfaktur (mit oder ohne Drehkeil) bis zum maximal 5. Lebensjahr. Handelt es sich lediglich um eine Fissur oder Infraktion kann der Becken-Bein-Gips für alle Altersgruppen angewendet werden. Zumindest unter Sedation mit Rektiole (eine Narkose ist im Allgemeinen nicht erforderlich) wird nach exakter End-zu-End-Reposition ein Gipsverband angelegt (s. Abbildung 2), der vom Proc. xiphoideus bis zum Knöchel sowohl des verletzten als auch des gesunden Beines reicht (dieser besteht heute meist aus Kunststoff; Weißgips wird kaum noch verwendet, da er besonders bei der Körperpflege krümelt und

verunreinigt). Alternativ dazu kann der Gips am gesunden Bein lediglich bis oberhalb des Knies angelegt werden. Lediglich die Gesäßfurche mit dem Genitalbereich und die Nabelgegend bleiben frei. Hüft- und Kniegelenk werden um ca. 30° gebeugt (s. Abbildung 3) die Hüfte zusätzlich um 30° abduziert. Dies ermöglicht eine einfache Pflege und sorgt für stabile Winkelverhältnisse. Wie bereits erwähnt ist es wahlweise möglich, den Gips am gesunden Bein nur bis oberhalb des Kniegelenkes anzulegen. Der zur Stabilität notwendige Holzstab verläuft dann entsprechend schräg. Unbedingt vermieden werden muss eine Rekurvationsstellung im Knie, eine exzessive Lordose der Wirbelsäule sowie Druckstellen. Zur Vorbeugung eines Dekubitus an der Ferse oder im Lumbalbereich ist eine wiederholte Lagerung des Patienten notwendig. Die Ruhigstellungszeit beträgt ca 3 bis 4 Wochen. Anschliessend Beginn mit Mobilisationsübungen. Die Sportfähigkeit ist ca 4-6 Wochen nach Konsolidierung erreicht.

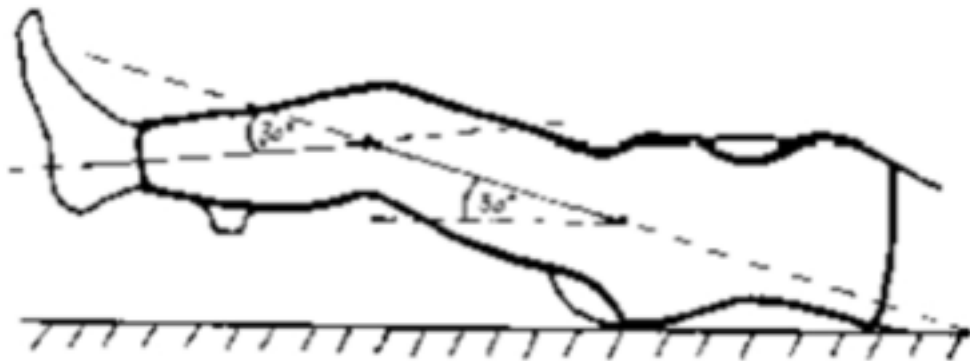


Abbildung 3: Der Beckenbeingips - seitliche Ansicht (107, 108)

1.8.1.3 Weberbock

Diese Vertikalextension kindlicher Femurschaftfrakturen wurde erstmals 1969 vorgestellt (107). Der Schweizer B.G. Weber konstruierte einen speziellen Extensionstisch, auf dem der Patient mit 90 Grad Beugung in Knie und Hüfte, sowie mit 20 Grad Abduktion des Oberschenkels liegt (107, 108). Die Extension am frakturierten Femur geschieht durch einen Steinmann - Nagel, der suprakondylär rechtwinkelig zur Schaftachse gebohrt wird. Zusätzlich soll mittels Heftpflasterextension am gesunden Bein das Gesäß eben frei über der Unterlage schweben. Die Unterschenkel werden auf dem Tisch parallel in zwei kurzen Schaumstoffschienen gelagert. Dadurch sind die Knieachsen und beide Femora in einer fixen Position synchron gelagert (s. Abbildung 4).

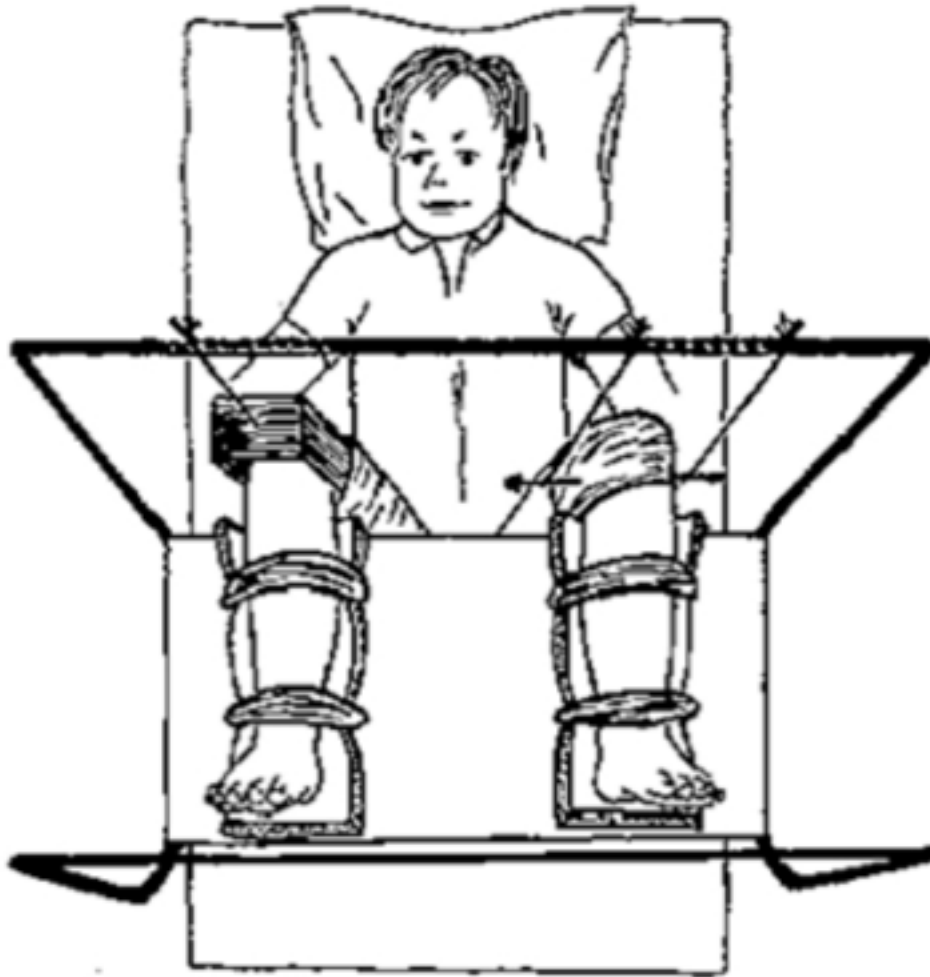


Abbildung 4: Der Weberbock - Ansicht von oben (107, 108)

Das Prinzip dieses Tisches ermöglicht nach der Beschreibung von Weber neben der einfachen Pflege des Patienten die Einstellung und Korrektur der Achsen und der Rotation. Durch eine Röntgenkontrollaufnahme senkrecht zur Tischebene werden die Torsionsverhältnisse der beiden proximalen Femurenden in Bezug auf die Kniekondylenachse dargestellt. Projizieren sich beide Schenkelhalsachsen symmetrisch, d.h. mit gleichem Neigungswinkel zur Kniekondylenachse (= projizierter Antetorsionswinkel), so liegt eine exakte Reposition vor.

Bei mangelhafter Reposition ist der Neigungswinkel am frakturierten Bein im Vergleich zum gesunden entweder kleiner oder größer.

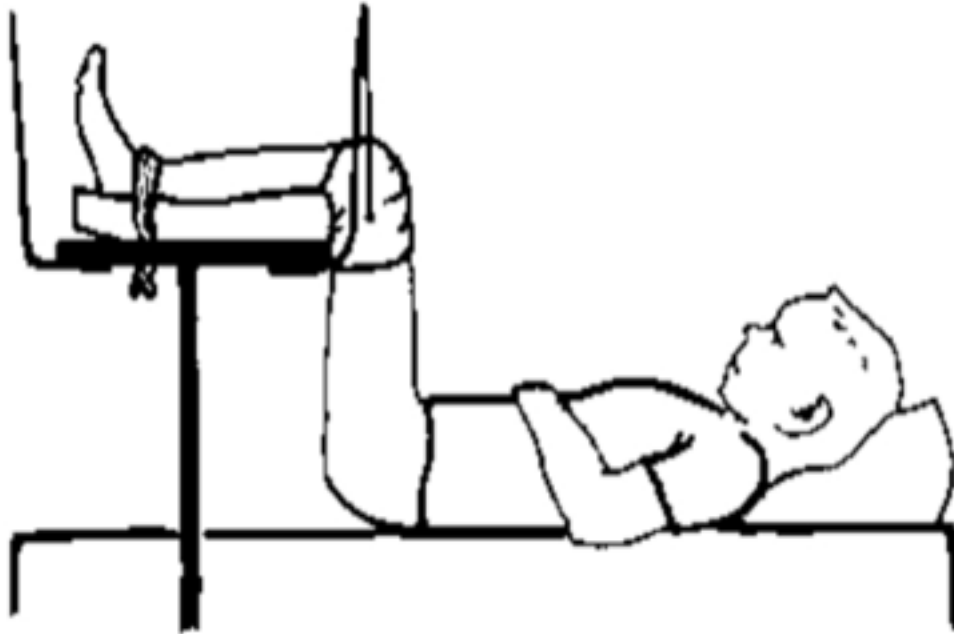


Abbildung 5: Der Weberbock - seitliche Ansicht (107, 108)

Stellungskorrekturen können durch folgendes Prinzip durchgeführt werden: eine Außenrotation des Unterschenkels geht mit einer Innenrotation des Oberschenkels einher und umgekehrt. Erscheint also der Neigungswinkel am frakturierten Bein größer als am gesunden, wird der Unterschenkel um den Betrag der Winkeldifferenz zur Mitte geschwenkt und damit das distale Femurfragment entsprechend nach außen gedreht (bei geringerem Neigungswinkel muss der Unterschenkel entsprechend nach außen gedreht werden). Stellungskorrekturen werden also am distalen Fragment vorgenommen.

Nach der Korrektur erfolgt sofort die Kontrolle der Reposition, die dann erfolgreich war, wenn im Röntgenbild die Schenkelhälfte immer noch dieselben Winkeldifferenzen aufweisen (da die Unterschenkel jetzt nicht mehr parallel liegen !)

Der Patient wird auf diese Weise 4 - 6 Wochen ruhig gestellt (evt. findet nach 3 bis 4 Wochen ein geplanter Wechsel zum Beckenbeingips statt). Nach weiteren 1 - 2 Wochen Bettruhe erfolgt die Mobilisation mit Gehhilfen.

Als Komplikationen wurden beschrieben: Infektionen, Epiphysenverletzungen, Druckschäden des N. Peronäus durch falsche Lagerung, gestörte Heilung durch Überziehen der Fragmente sowie Provokation des Längenwachstums durch häufige Repositionsmanöver. Nach WEBER eignet sich der nach ihm benannte Extensionstisch besonders für die durch Muskelzug dislozierte Femurschaftfraktur bei Kindern im Alter bis 5 Jahre (107, 108).

1.8.2 operative Verfahren

1.8.2.1 Prinzipien der operativen Frakturversorgung

“AO” steht für “Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen”, die bereits 1958 von Schweizer Chirurgen gegründet wurde mit dem Ziel, die damaligen therapeutischen Möglichkeiten der osteosynthetischen Verfahren zu verbessern (61). Die treibende Kraft für das Entstehen dieser Arbeitsgemeinschaft war die Suche nach Ursachen für den Misserfolg vieler Osteosynthesen. Durch Grundlagenforschung, Anforderung an spezielle Technik und deren Verwirklichung, das klinische Ergebnis und regelmäßige Nachuntersuchungen kristallisierten sich spezielle, an eine Osteosynthese gerichtete Forderungen heraus, die sie zu einer sicheren und verlässlichen Therapiemethode werden ließen (114).

Ziel der Knochenbruchbehandlung ist die Wiederherstellung der uneingeschränkten Funktionsfähigkeit der frakturierten Extremität. Die Therapie neben der Fraktur an sich, auch die damit im Zusammenhang stehenden lokalen Reaktionen des Organismus berücksichtigen, um damit die Ausbildung der sog. Frakturkrankheit zu verhindern. Aus diesem Grund muß eine einwandfreie Osteosynthese neben einer stabilen Fixation eine rasche, aktive Mobilisierung der Muskeln und Gelenke ermöglichen. Als Voraussetzung dafür gilt neben einer anatomischen Reposition der Fragmente die Erhaltung der Vaskularisation sowohl in den Knochenfragmenten als auch in dem umgebenden Weichteilmantel. Sind diese Bedingungen erfüllt, führt die Therapie zu einer optimalen Ausheilung der Fraktur und der Verletzung an sich. Ein den wissenschaftlichen Erkenntnissen angepasstes Instrumentarium vorausgesetzt, beinhaltet dies neben technischen, biologischen und metallurgischen Anforderungen an das Material die Forderung nach Stabilität der Osteosynthese an sich sowie die Dokumentation des Behandlungsergebnisses, ohne die eine definitive Bewertung eines Verfahrens nicht möglich ist (114, 61).

1.8.2.2 Plattenosteosynthese

Zur Indikation der Plattenosteosynthese gehören Quer-, Torsions- und Drehkeilfrakturen im mittleren und distalen Schaftdrittel, die unter Sicht reponiert und stabilisiert werden müssen. Nach offener anatomischer Reposition wird nach dem Prinzip der AO mit Hilfe einer Platte und senkrecht zur Schaftachse verlaufenden Schrauben eine Kompressionsosteosynthese durchgeführt. Nach lateralem Zugang werden die Fragmente im Frakturbereich freigelegt. Nach manueller Reposition wird eine geeignete Platte gewählt und nach den lokalen Gegebenheiten entsprechend zugebogen. Nach Verschraubung und Einlage von Redon-Drains erfolgt der operative schichtweise Wundverschluss. Eine passive Mobilisation in Knie- und Hüftgelenk erfolgt ab dem 1. Tag postoperativ. Nach 5-7 Tagen erfolgt mit Hilfe von Unterarmgehstützen eine Teilbelastung; in Abhängigkeit des Röntgenbefundes ab der 4.- 6. Woche Vollbelastung. Bei Kleinkindern wird das Implantat nach ca 4 Monaten, bei älteren Kindern nach 8 - 12 Monaten in einem zweiten Eingriff entfernt.

1.8.2.3 Fixateur externe

Die Anwendung einer externen Fixation in der Behandlung von Knochenbrüchen geht in das 19. Jahrhundert zurück. 1849 berichtete MALGAIGUE über dieses Verfahren bei der Therapie von Patellafrakturen. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beschrieb Dr. Clayton PARKHILL den Vorläufer der modernen Fixateure: ein System, bestehend aus Pins, die senkrecht zur Schaftachse durch die Bruchfragmente verlaufen und außerhalb des Weichteilmantels durch Klammern miteinander verbunden sind (70). Material und Technik wurden später immer wieder modifiziert - das Prinzip dieses Verfahrens wurde aber beibehalten. In den dreißiger Jahren stellte Raoul HOFFMANN ein System vor, das weit verbreitete Anerkennung fand und auch heute noch in einer modifizierten Form angewendet wird (90). 1943 berichtete HAYNES erstmals über die Anwendung eines externen Fixateurs bei der Behandlung einer kindlichen Femurfraktur (22).

Im Allgemeinen reicht bei kindlichen Schaftbrüchen ein unilateraler Fixateur zur Stabilisierung aus. Bei Femurschaftfrakturen werden in den Hauptfragmenten jeweils zwei Schanz-Schrauben von lateral platziert. Dies geschieht unter Kontrolle eines Bildverstärkers. Es muss darauf geachtet werden, dass zur Epiphysenfuge mindestens 2cm Abstand gehalten werden, um Schäden an der Wachstumsplatte vorzubeugen. Um Infekte zu vermeiden, erfordern die Austrittsstellen der Schrauben eine konsequente Pflege. Diese ist einfach und wird später vom Patienten selbst ausgeführt. Insbesondere muss eine Verkrustung um die Pins vermieden werden, um damit eine Sekretretention, die als bakterieller Nährboden wirkt, zu verhindern.

Der große Vorteil des Fixateurs besteht in der sofortigen Belastungsstabilität, sodass die Patienten ab dem ersten postoperativen Tag mit Unterarmgehstützen mobilisiert werden können. Eine eingeschränkte Kniebeweglichkeit bei liegendem Fixateur verschwindet nach Entfernung des Fixateurs im Allgemeinen innerhalb kurzer Zeit. Durch die rasche Mobilität des Patienten verkürzt sich der stationäre Aufenthalt. Bei der Behandlung der kindlichen Oberschenkelchaftfraktur wird der Fixateur mittlerweile selten primär eingesetzt, hat aber weiterhin seine Berechtigung bei offenen Frakturen oder im Rahmen der Polytraumaversorgung.

Die Indikationsstellung umfasst neben dem geschlossenen Oberschenkelbruch auch offene und proximale Femurfrakturen beim polytraumatisierten Kind, sowie Extremitätenfrakturen bei Kindern mit Schädelhirntrauma.

1.8.2.4 Elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN)

Die elastisch stabile intramedulläre Nagelung ohne Epiphysenperforation wurde 1987 von dem Franzosen J. P. PREVOT beschrieben, der dieses Therapieverfahren entwickelte und es bereits seit 1978 in der kinderchirurgischen Klinik Nancy zur Therapie diaphysärer und metaphysärer Frakturen anwendet (73, 74). Dementsprechend wird diese Methode auch Prevot-Nagelung bzw. Nancy-Nagelung genannt. Die Gründe für die Entwicklung einer neuen Technik lagen zum einen in der Beobachtung, dass die Heilung der kindlichen Fraktur hauptsächlich vom Periost ausgeht (eine Plattenosteosynthese geht mit einer breiten

Kontaktfläche einher, wodurch das Periost geschädigt werden kann) und zum anderen darin, dass die Konsolidierung der Fraktur durch kleinste Kompressions- und Dekompressionsbewegungen unterstützt durch Muskelaktivität im Frakturbereich gefördert wird. Die Drähte selbst bestehen aus Stahl oder Titan. Sowohl Länge als auch Durchmesser richten sich nach individuellen Gegebenheiten, wie z.B. dem Alter des Kindes oder der Frakturlokalisation. Die exakte Lage der sich bogenförmig kreuzenden Schienen muss röntgenologisch kontrolliert werden. Nach der Lagerung der frakturierten Extremität auf dem Extensionstisch wird der Nagel durch eine vorherige Hautinzision von distal-lateral und oberhalb der Wachstumsfuge in den Knochen eingeführt. Unter Kontrolle mit dem Bildverstärker wird sie durch den Markraum in die metaphysäre Spongiosaschicht vorgeschoben und fixiert. Von der distal-medialen Seite wird ein zweiter Nagel eingeführt und in derselben Weise vorgeschoben. Mit aktiven Bewegungsübungen wird sofort wieder begonnen. Nach ca. 3 Wochen kann die untere Extremität wieder teilbelastet werden (37, 73, 74). Ab dem 14. Lebensjahr ist in Ausnahmefällen eine konventionelle Marknagelung indiziert.

Biomechanik und Indikationen der ESIN

Bei den Implantaten der elastisch stabilen intramedullären Nagelung (syn.: PREVOT-Nagelung, NANCY-Nagelung) handelt es sich um biegsame, elastische Titan- oder Edelstahl-Nägel von 2mm bis 5mm Stärke. An ihrer Spitze erinnert das abgeflachte und leicht abgewinkelte Design an die Form eines Eishockey-Schägers. Damit wird das Einführen in die Markhöhle erleichtert. Damit der Nagel guten Kontakt zu der Innenseite der Kortikalis hat, müssen die Nägel vom Operateur vorgebogen werden. Der Scheitelpunkt der konvexen Seite liegt damit in Höhe der Frakturzone der Kortikalis innen an, während sich die beiden Enden des Nagels an der Gegenkortikalis abstützen. Dadurch führen sie im Markraum über eine 3-Punkt-Abstützung zu einem Biegemoment, wodurch die richtige Balance zwischen Elastizität und Stabilität geschaffen wird. Auf den Knochen einwirkende Kräfte, die zu einer Biegung, Translation, Rotation oder Achsknickung führen würden, werden durch die Rückstellkräfte der Nägel ausgeglichen. Einerseits sind Mikrobewegungen im Frakturspalt dadurch möglich und fördern die Frakturheilung. Andererseits wird eine ausreichende Stabilität gewährleistet, um die Fraktur in der anatomischen Stellung zu fixieren. Gleichzeitig wird durch die intramedulläre Lage das Periost geschont, von dem die Knochenbruchheilung beim Kind ausgeht.

Bei der Versorgung der Oberschenkelfraktur des Kindes werden typischerweise zwei Nägel von gleicher Stärke eingeführt um den Knochen in der geschilderten Weise zustabilisieren. Durch die identische Stärke der Nägel wirken identische Biegekräfte, wodurch Varus- oder Valgusfehlstellungen vermieden werden.

Die kortikale Abstützung ist also eine Voraussetzung für die Indikation zur ESIN, weshalb sie bei dia- und metaphysären Frakturen zum Einsatz kommt. Dementsprechend kann sie bei Quer-, kurzen oder langen Schräg- und Spiralfrakturen eingesetzt werden. Auch mehrfragmentäre Frakturen mit kortikaler Abstützung oder pathologische Frakturen, beispielsweise als Folge einer juvenilen Knochenzyste, lassen sich mit der ESIN versorgen.

Frakturen, die offen versorgt werden müssen, wie z.B. komplexe Gelenkfrakturen oder instabile Mehrfragmentfrakturen aufgrund der fehlenden kortikalen Abstützung, stellen hingegen eine Kontraindikation dar. Bei erheblichem Weichteilschaden ist die ESIN ebenfalls nicht die Therapie der Wahl. Probleme sehen einige Autoren auch bei übergewichtigen Kindern unabhängig vom Alter.

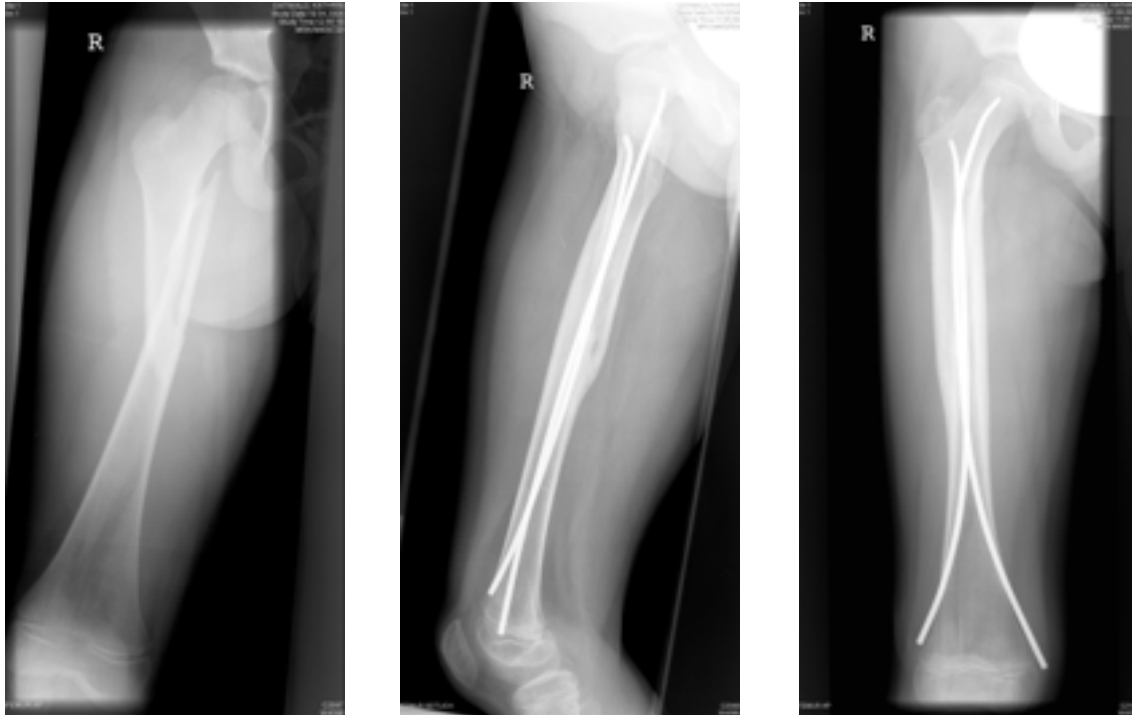


Abb. 6: kindliche Oberschenkelschaftfraktur: Unfallbild sowie Ausheilungsergebnis nach geschlossener Reposition und ESIN

Altersklassen

In der aktuellen S1-Leitlinie Femurschaftfraktur vom September 2014 wird die ESIN bei Schaftfrakturen ab dem 3. Lebensjahr empfohlen (20). In Abhängigkeit der Frakturlokalisation wird ein ascendierendes (bei Frakturen in Schaftmitte oder proximalem Schaftdrittel) bzw. descendierendes (bei Frakturen im distalen Schaftdrittel) Vorgehen empfohlen. Bei Spiralfrakturen, die keine optimale kortikale Abstützung ermöglichen, können Verriegelungs-Schraubkappen verwendet werden. Sie verfügen über ein selbstschneidendes Gewinde, welches eine gute Verankerung im Knochen gewährleistet und so eine höhere axiale Stabilität erzielt.

In Abhängigkeit der Körpergröße und des Körpergewichtes ist auch eine Anwendung bei Kindern möglich, die jünger als 3 Jahre sind. Sonst sollte bis zum 3. Lebensjahr die Overheadextension und der Beckenbeingips zur Anwendung kommen.

Über die Empfehlungen der Leitlinie, ab welchem Alter eine ESIN zur Anwendung bei der Therapie der Oberschenkelschaftfrakturen kommen sollte, besteht in der Literatur große

Einigkeit. Weniger eindeutig definiert ist die obere Altersgrenze. Einerseits wird sie je nach Autor willkürlich zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr festgelegt. Andererseits sehen andere Autoren die obere Altersgrenze nicht im Zusammenhang mit einer Anzahl an Lebensjahren, sondern abhängig von offenen Wachstumsfugen oder dem Körpergewicht.

1.9 Fragestellung und Ziel der Studie

Die posttraumatischen Wachstumsphänomene bei kindlichen Oberschenkelschaftbrüchen sind ein bekanntes, aber in ihrem Ausmaß schwer zu kalkulierendes Problem für den Therapeuten im klinischen Alltag. Um einen optimalen Therapieerfolg zu erzielen, muss er bei der Behandlung grundsätzlich zwischen konservativer oder operativer Vorgehensweise abwägen. Bei den operativen Verfahren stehen mehrere Verfahren zur Verfügung, wobei sich die ESIN heute zunehmend als Standardverfahren durchgesetzt hat.

Das zentrale Anliegen dieser Arbeit ist die Beantwortung der Frage, ob die heute mehrheitlich angewandte ESIN den früher standardmäßig angewandten konservativen (Beckenbeingips, Overheadextension, Weber-Bock) und operativen Verfahren (Plattenosteosynthese, Fixateur externe) langfristig überlegen ist. Es soll unterbesonderer Berücksichtigung hinsichtlich späterer Fehlstellungen diskutiert werden, welches die spezifischen Vor- und Nachteile eines Verfahrens sind.

In der Diskussion über die spezifischen Vor- und Nachteile eines Verfahrens im Hinblick auf den langfristigen Therapieerfolg soll auch die Frage geklärt werden, ob die Verfahren unabhängig von den klinischen Ergebnissen komfortabel genug sind, um sie als kindgerechte Therapieverfahren im klinischen Alltag durchzuführen, oder ob sie, unter Berücksichtigung des kindlichen Wesens, eine Einschränkung der Lebensqualität bedeuten und daher weder dem jungen Patienten während des stationären Aufenthaltes noch seinen Erziehungsberechtigten im Rahmen der Betreuung zuzumuten sind.

Hierzu wird ein Kollektiv von Patienten, die in den Jahren 1985 bis 1996 mit den damals gängigen konservativen und operativen Verfahren therapiert wurden, den Ergebnissen der ESIN aus der aktuellen Literatur gegenübergestellt und verglichen. Als Vergleichskollektiv werden aus dem genannten Zeitraum aus dem eigenen Krankengut nur die Patienten aus jener Altersgruppe berücksichtigt, die nach heutigen Maßstäben mit einer ESIN versorgt würden.

2. Material und Methode

2.1 Datenerfassung für die Vergleichsgruppe

In der Literaturdatenbank „pubmed“ wurden Studien gesucht, in denen kindliche Oberschenkelschaftfrakturen mit ESIN behandelt wurden. Es wurden insbesondere Studien gesucht, die sich mit Wachstumsphänomenen wie Beinlängendifferenzen, Achs- und Rotationsfehlern und Komplikationen des Verfahrens an sich befasst haben. Diese wurden in

der Stichwortsuche durch Eingabe von Schlagwörtern als Freitext ermittelt. Folgende Schlagwörter wurden zur Suche eingegeben:

- ESIN
- Prevot
- femoral shaft fractures
- children
- pediatric femoral fractures
- elastic stable intramedullary nails
- leg length discrepancy
- femoral overgrowth
- rotational malalignment
- varus
- valgus
- complications

Um aktuelle Ergebnisse zu gewährleisten, wurden von den so ermittelten Abstracts nur diejenigen berücksichtigt, die in den Jahren zwischen 2000 und 2014 veröffentlicht wurden. Anschließend erfolgte deren Volltextsuche in der Medizinischen Hauptbibliothek (MedHB) der Universitätsbibliothek Frankfurt am Main. Über die Datenbank medline, die für Rechner aus dem Universitätsgelände mit dem Login der Universitätsbibliothek frei zugänglich war, wurden diese Studien als Volltext ermittelt, deren Ergebnisse mit denen aus dem eigenen Krankengut verglichen werden soll. So verblieben insgesamt 28 Arbeiten, aus denen eine Datentabelle mit folgenden Parametern zusammengestellt wurde:

- Erscheinungsjahr
- Untersuchungszeitraum
- Nachuntersuchungsmethode
- Anzahl der mit ESIN versorgten Kinder
- follow up
- männlich/ weiblich
- Alter
- Längenfehler in cm
- Achsfehler in °
- Rotationsfehler in °
- stationärer Aufenthalt in Tagen
- Vollbelastung nach X Wochen
- Komplikationen
- Durchleuchtungszeit in s
- Metallentfernung nach X Monaten/ Wochen
- Re-OP/ Verfahrenswechsel

- sonstiges
- Fazit

2.2 Nachuntersuchung der eigenen Patienten

Untersucht wurden Patienten mit Femurschaftfrakturen, die zum Unfallzeitpunkt 3 bis 14 Jahre alt waren, wobei der Unfallzeitpunkt selbst nicht länger als 10 Jahre zurück lag. Die Patienten wurden zunächst schriftlich zu dieser Untersuchung eingeladen.

In dieser Einladung wurden sie zunächst kurz über den Sinn einer solchen Nachuntersuchung informiert. Zusätzlich enthielt das Schreiben eine verständliche Patientenaufklärung über die Methode der Magnetresonanztomographie. Diese Patientenaufklärung musste unterschrieben - von einem Erziehungsberechtigten, sofern der Patient noch nicht die Volljährigkeit erreicht hatte - am Untersuchungstag mitgebracht werden.

Kurze Zeit nach der schriftlichen Einladung erfolgte eine telefonische Terminabsprache. Bereits während dieses Gespräches hatten die Patienten bzw. deren Eltern die Möglichkeit, Fragen zu der Untersuchung zu stellen, die dann individuell und ausführlich beantwortet wurden. Die Patienten wurden im Anschluss daran gebeten, sich an dem vorgegebenen Termin an der Leitstelle für Notfälle der Universitätsklinik für Unfallchirurgie, Baldingerstrasse, Marburg, zu melden.

Die Termine der Nachuntersuchung wurden aus folgenden Gründen in die späten Nachmittagsstunden gelegt:

1. Die von den Patienten häufig kritisierten längeren Wartezeiten konnten vermieden werden.
2. Die zumeist noch schulpflichtigen Kinder mussten nicht vom Unterricht befreit werden.
3. Den berufstätigen Eltern wurde ermöglicht, ohne Fehlzeiten ihre Kinder zu begleiten und selbst während der Untersuchung anwesend zu sein.

Die Bereitschaft, an der Nachuntersuchung teilzunehmen wurde oft mehr durch diese Überlegungen positiv beeinflusst, als durch den zu erwartenden individuellen Nutzen.

Klinische Untersuchung

In den Untersuchungsräumen der Klinik für Unfallchirurgie erfolgte dann eine klinische Untersuchung im Hinblick auf klinisch relevante postoperative und posttraumatische Knochenveränderungen der damals verletzten unteren Extremität mit Beurteilung solcher Körperabschnitte, die durch die daraus resultierenden Spätschäden beeinträchtigt oder verändert sein konnten (10). Im Einzelnen wurden folgende Abschnitte untersucht:

1. Statik der Wirbelsäule und Beckenstand

2. Gangbild
3. Bewegungsausmaße im Hüftgelenk bds.
4. Bewegungsausmaße im Kniegelenk bds.
5. Umfangmaße der unteren Extremität bds.
6. Beinlänge bds.

Die einzelnen Untersuchungen wurden mit dem Maßband und dem Winkelmesser (nach der Neutral-Null-Methode) durchgeführt, wobei die Messpunkte (sofern erforderlich) palpatorisch festgelegt wurden. Wirbelsäule, Beckenstand und Gangbild wurden durch Inspektion beurteilt. Außerdem wurden dem Patienten Fragen zu seiner Sporttauglichkeit, Bewegungsschmerzen sowie dem Klinikaufenthalt gestellt. Alle Ergebnisse der Untersuchung und Antworten bzw. kritische Bemerkungen des Patienten und der Eltern wurden in einem für diese Nachuntersuchung entwickelten Untersuchungsbogen eingetragen, gesammelt und ausgewertet. Die einzelnen Parameter der Nachuntersuchung wurden in einer Tabelle zusammengefasst.

Die Kooperation der Patienten und deren Angehörigen war im Allgemeinen sehr gut. Probleme gab es lediglich in der Altersgruppe der zum Zeitpunkt der Untersuchung ein- bis vierjährigen. Zwar war das Interesse an der Nachuntersuchung von Seiten der Eltern sehr groß, jedoch waren die kleinen Patienten zu ängstlich, als dass eine MRT-Untersuchung mit ihnen möglich gewesen wäre. In drei Fällen war nicht einmal eine ausführliche klinische Untersuchung aus demselben Grund möglich.

In der Altersgruppe der schulpflichtigen Kinder war die Untersuchung meist problemlos möglich. Lediglich in einem Fall verschwand ein Vater mit seiner 11-jährigen Tochter nach der klinischen Untersuchung, sodass eine Magnetresonanztomographie nicht durchgeführt werden konnte. Die fehlende Kooperation des Vaters war in diesem Fall außerordentlich bedauerlich, da das Mädchen klinisch gemessen eine deutliche Beinlängendifferenz von +4,5 cm aufwies.

In zwei weiteren Fällen mussten die Patienten aufgrund der Metallanamnese von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen werden. Auch sie konnten daher nur klinisch beurteilt werden.

Im Anschluss an die klinische Untersuchung erfolgte diesmal mündlich eine ausführliche Aufklärung über das Verfahren der Magnetresonanztomographie, den Ablauf der Untersuchung und wie sich der Patient während der Messung zu verhalten hat, die Dauer der Untersuchung sowie mögliche Risiken. In diesem Zusammenhang wurde schriftlich eine ausführliche Metallanamnese erhoben, die ebenfalls vom Patienten bzw. dessen Erziehungsberechtigten unterschrieben wurde. Im Anschluss daran erfolgte die MRT-Messung in der Radiologischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg/ Lahn.

Kernspintomografische Messung

Die Untersuchung erfolgte mit einem handelsüblichen Magnetresonanztomographen (Magnetom Impact, 1 Tesla, Fa Siemens Erlangen). Alle Sequenzen wurden mit der stationären Ganzkörperspule angefertigt. Die Auswertung und Bemessung der Bilder wurde an der Konsole des MRT durchgeführt. Die Speicherung erfolgte auf magnetooptischen Platten. Zur Dokumentation wurden die relevanten Schichten mitsamt der eingezeichneten Winkel über einen Laserdrucker auf Röntgenfilm belichtet.

Die Lagerung des Patienten erfolgte in Rückenlage mit den Füßen voran, sodass die Oberschenkel im Isozentrum des Magneten zu liegen kamen und der Kopf des Probanden sich in der Nähe der Öffnung des MRT-Magneten befand. Neben einer besseren Überwachbarkeit des Wohlbefindens des Patienten durch den Untersucher sorgt diese Art der Lagerung auch für eine Verminderung der Claustrophobiegefahr. Die Fußspitzen wurden zum Ausschluss von Wackelbewegungen mit Hilfe von Pflaster aneinander fixiert. Zwischen die Knie des Probanden wurde ein kleiner Schaumgummikeil (Maße: 15cm x 10cm x 6cm) geklemmt. Auf die Verwendung des üblichen Beinpolsters musste bei dieser Untersuchung verzichtet werden, da ein annähernd gestrecktes Liegen der unteren Extremität erforderlich war, um transversale Schichten über die vollständige Femurlänge erhalten zu können. Mit Hilfe der oben genannten Fixierungsmaßnahmen war es den untersuchten Patienten möglich, die untere Extremität über die gesamte Untersuchungsdauer regungslos liegen zu lassen.

Sequenz	T1-Transversal	T1-Saggital	T1-Coronar
Spule	Körperspule 500mm	Körperspule 500mm	Körperspule 500mm
Relaxationszeit (Tr)	600 ms	660 ms	450 ms
Echozeit	15 ms	15 ms	15 ms
Orientierung	Transversal	Saggital	Coronar
Anzahl der Schichten	20 (2 x 10)	22 (2 x 11)	15
Schichtdicke	5 mm	5 mm	5 mm
Matrix	224 x 256 Pixel	224 x 256 Pixel	224 x 256 Pixel

Tab. 2: Eigenschaften der T1-gewichteten Spin-Echo-Sequenzen der MRT-Untersuchung

Für alle Untersuchungen wurden T1-gewichtete Spin-Echo-Sequenzen verwendet (s. Tabelle). Diese wurden im Hinblick auf eine kurze Untersuchungszeit optimiert; es kamen also kurze Relaxationszeiten bei 1 Aquisition zur Anwendung. Die

Gesamtuntersuchungsdauer betrug für jeden Patienten inklusive Lagerung und Messung ca. 20 Minuten, wobei jede einzelne Sequenz ca. 2 1/2 Minuten in Anspruch nahm.

Nach optimaler Ausrichtung des Patienten im Magnetfeld (Oberschenkelmitte im Isozentrum des Magneten) und Aufnahme eines coronaren Übersichtsbildes (Localizer) wurden zunächst unter Einschluss beider Femora transversale Schnitte durch den Schenkelhals und die Knieregion gelegt. An diesen Schnitten wurden mittels der Winkelmessfunktion der MRT-Konsole die Antetorsionswinkel beider Oberschenkelknochen bestimmt. Anschließend wurden zur Abschätzung der Anteflexion saggitale Schichten beider Femora längs zur Schaftachse angefertigt. Hier wurde - da klinisch nicht gebräuchlich - keine Winkelmessung vorgenommen. Es erfolgte jedoch zur Dokumentation eine Belichtung auf Film. Schließlich folgte noch eine koronare Sequenz unter Einschluss beider Femora zur Bestimmung des CCD-Winkels. Eine Kontrastmittelgabe war für diese Untersuchung nicht erforderlich.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der historischen Verfahren in der Literatur

Um die eigenen Ergebnisse mit denen der damaligen Literatur zu vergleichen, werden nun die Studien analysiert, die in Abhängigkeit des Therapieverfahrens Beinlängendifferenzen, Achs- und Rotationsfehlstellungen bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen ermittelt haben. Leider sind diese Studien nicht sehr zahlreich. Oft wird über Erfahrungen mit einer bestimmten Methode und entsprechend kleinen Fallzahlen berichtet - echte Langzeitstudien sind selten. Außerdem berücksichtigen die meisten Studien nicht den Hintergrund einer klinischen Relevanz, die erst dann auftritt, wenn die gemessenen Differenzen oder Fehlstellungen ein bestimmtes Ausmaß überschritten haben.

Als Beispiele hierfür sind die beiden folgenden Arbeiten. NUTZ et. al. untersuchten 27 Kinder im Alter von 2 bis 14 Jahren mit Oberschenkelchaftfrakturen nach. Bei diesen Kindern lag jedoch keine Mono-Verletzung vor: sie hatten sich diese Verletzung im Rahmen eines Polytraumas zugezogen. 19 von ihnen wurden operativ stabilisiert (davon 13 mal Plattenosteosynthese) und 8 Kinder konservativ (Extension). Bei den operativ versorgten fand sich eine durchschnittliche Beinlängendifferenz von 1,3cm, bei den konservativ behandelten von 2,2cm. Wieviele Kinder davon mindestens 1cm Differenz aufwiesen geht aus der Studie leider nicht hervor. Bei einem konservativ behandelten Kind war es „zu einer deutlichen Außenrotation“ des verletzten Beines gekommen - auf das Ausmaß des Rotationsfehlers wird in der Studie nicht genauer eingegangen. Die Achsfehlstellungen werden als „tolerabel“ beschrieben, ohne dass genaue Ausmaße angegeben werden (66).

OSTERWALDER et. al. untersuchten 36 kindliche Oberschenkelchaftfrakturen durchschnittlich 4,5 Jahre nach dem Unfall im Hinblick auf Beinlängendifferenzen. 18 dieser Kinder wurden operativ, die anderen 18 konservativ behandelt. Zwar beschreibt er in diesem Zusammenhang insgesamt 34 Kinder mit Beinlängendifferenzen, jedoch gibt er nur Durchschnittswerte von 3,5mm Verkürzung bis 9,8mm Verlängerung an. Wieviele Kinder eine klinisch relevante Beinlängendifferenz von 1cm zeigten, geht aus der Arbeit nicht hervor (68).

Eine Ausnahme ist beispielsweise eine Studie von v. LAER (47, 48), der bereits 1975 an insgesamt 149 konservativ (Overheadextension und Beckenbeingips) behandelten Kindern nach durchschnittlich 8,5 Jahren eine Nachuntersuchung im Hinblick auf Rotationsfehlstellungen und Beinlängendifferenzen durchführte. Als Rotationsfehler wurden nur Differenzen $>10^\circ$ und Beinlängendifferenzen $>10\text{mm}$ gewertet. Ermittelt wurden diese Werte durch klinische Untersuchung sowie Auswertung von Röntgenaufnahmen (a.p. und nach Dunn), in der die Antetorsionsdifferenz der Schenkelhäse gemessen wurde. Bei 96 Kindern wurde so eine entsprechende Beinlängendifferenz und bei 43 Kindern ein Rotationsfehler ermittelt (in den weiteren Verlaufskontrollen wurden 67% der Rotationsfehler durch das Wachstum korrigiert, 33% blieben jedoch bestehen).

SIEGMETH behandelte zwischen 1985 und 1994 an der Universitätsklinik Wien 119 Kinder mit 121 Oberschenkelchaftfrakturen. Davon konnten 61 Kinder durchschnittlich 45 Monate nach dem Unfall klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. Von diesen Kindern wurden 29 konservativ (Extension und Gips) sowie 32 operativ (12 mal Plattenosteosynthese, 20 mal Fixateur) behandelt. Bei jeweils 5 Kindern zeigte sich eine Beinlängendifferenz bis zu 2 cm. Das entspricht 16% der operativ und 17% der konservativ versorgten Kinder. Achs- und Rotationsfehler wurden nicht ermittelt (92).

KRETTEK et. al. berichteten über 16 Kinder, deren Oberschenkelchaftfraktur 1984 in der Medizinischen Hochschule Hannover mit einem Monofixateur stabilisiert wurden. 14 Kinder konnten durchschnittlich 21,7 Monate nach der Versorgung nachuntersucht werden. Eine Achsfehlstellung konnte nicht festgestellt werden. Jedoch zeigten 6 Kinder eine Beinlängendifferenz bis zu 2cm (40).

Ebenfalls mit dem Fixateur behandelten NEUGEBAUER et. al. 14 Kinder in den Jahren 1987 bis 1988. Der Beobachtungszeitraum ist mit 14 Monaten kurz. In dieser Zeit zeigte sich bei einem Kind eine Beinlängendifferenz von 1cm, Achs- und Rotationsfehlstellungen wurden in diesem Zeitraum nicht beobachtet (64).

Von 22 Kindern die HSIN-NUNG mit Mono-Fixateur behandelte, zeigte keines nach 2 Jahren nach klinischer und radiologischer Nachuntersuchung ein Längenwachstum $>1\text{cm}$. Ein Rotationsfehler wurde ebenfalls nicht beobachtet (29).

Während sich die meisten Studien auf das Längenwachstum konzentrieren, befasst sich eine Studie von RESCH neben der Beinlängendifferenz und des Achsfehlers insbesondere mit dem Rotationsfehler (76). Hierzu wurden 66 Kinder mit Oberschenkelchaftfrakturen zwischen 1978 und 1985 an der Universitätsklinik Innsbruck klinisch und radiologisch durchschnittlich 29 Monate nach dem Unfall nachuntersucht. 61 Kinder waren konservativ (Tibiakopf- bzw Overhead-Extension) und 5 operativ (4 mal Plattenosteosynthese, einmal Marknagel) versorgt

worden. Hier zeigten 19 Kinder einen Rotationsfehler von $>10^\circ$. Von den 9 Kindern, die mittels Overheadextension behandelt wurden, zeigten 5 Kinder einen Rotationsfehler $>10^\circ$. Ein Kind, welches im Beckenbeingips behandelt wurde, war diesbezüglich unauffällig. Von den operativ versorgten Kindern zeigte sich in zwei Fällen ein Rotationsfehler $>10^\circ$. Das Ausmaß eines Achsfehlers bzw einer Beinlängendifferenz geht aus der Studie nicht hervor (76).

REYNOLDS veröffentlichte 1981 eine Studie von 32 Kindern mit Femurschaftfraktur, die nach ausschließlich konservativer Behandlung regelmäßig bis zu 5 Jahre nach dem Unfall nachuntersucht wurden. Als Nachuntersuchungsmethode wandte er die Sonographie an. Das durchschnittliche Längenwachstum wurde so mit 0,75cm ermittelt. Wieviele Patienten einen Längendifferenz von >1 cm aufwiesen, geht auch aus dieser Studie leider nicht hervor (77)

WAGNER et al versorgten zwischen 1982 und 1987 an der Universitätsklinik in Würzburg 189 Patienten mit 199 Femurschaftfrakturen mittels Plattenosteosynthese. Davon waren 338 Patienten jünger als 15 Jahre. Er fand in 5% der Fälle eine Beinlängendifferenz und bei 2,5% eine Achsfehlstellung. Leider werden auch in dieser Studie keine genauen Angaben über das Ausmaß der jeweiligen Fehlstellung gemacht (105).

WESSEL et. al. untersuchten in den Jahren 1973 bis 1988 im Klinikum Mannheim 127 Kinder mit Oberschenkelschaftfrakturen nach (113). Die Nachuntersuchung erfolgte ausschließlich klinisch. 67 Kinder wurden konservativ behandelt. 51 dieser Kinder entwickelten keine Beinlängendifferenz. Dementsprechend zeigte sich bei 16 Kinder eine Differenz von 1cm - 2,5cm. 24 Kinder wurden mittels Plattenosteosynthese versorgt. Von denen zeigte sich bei 11 Kindern eine Beinlängendifferenz von 1cm bis 3cm (bei den verbleibenden 36 Kindern, die mittels Küntscher-Nagel versorgt wurden, sieht es ähnlich aus: 16 Kinder zeigten Beinlängendifferenzen von 1cm bis 3cm).

BREITFUSS konnte Anfang der 80er Jahre 31 Kinder nach ausschließlich konservativer Therapie durchschnittlich 7 Jahre nach dem Unfall bezüglich Beinlängendifferenzen nachuntersuchen. Die Nachuntersuchung erfolgte klinisch (Brettchenmethode) und radiologisch (Ganzbeinaufnahmen im Stehen). Bei 13 Patienten konnte so ein Längendifferenz von 1,0cm bis 3,2cm festgestellt werden (8).

HOFMANN von KAPP-HERR verglich 1985 die Spätergebnisse von Kindern, die in den Jahren 1968 bis 1982 in der Universitätsklinik Mainz wegen einer Oberschenkelschaftfraktur behandelt wurden (25). Dabei verglich er zwei Gruppen miteinander: eine Gruppe von 102 Kindern, die mittels Plattenosteosynthese versorgt wurden und eine Gruppe von 87 Kindern, die konservativ mittels Extension behandelt wurden.

In der Gruppe der konservativ versorgten Kinder fand sich bei 12 Kindern eine Beinlängendifferenz von >1 cm. Eine Achsfehlstellung $>10^\circ$ zeigte sich bei 14 Kindern und ein Rotationsfehler $>10^\circ$ bei 23 Kindern.

In der Gruppe der operativ versorgten Kinder zeigte sich folgendes Bild: 25 Kinder wiesen eine Beinlängendifferenz von >1 cm auf. Eine Achsfehlstellung $>10^\circ$ wurde bei 3 Kindern beobachtet und ein Rotationsfehler $>10^\circ$ bei 16 Kindern.

Eine Zusammenfassung über die Ergebnisse der Literatur nach konservativer und operativer Therapie der kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen zeigen die beiden folgenden Tabellen:

Autor	Anzahl der Kinder	Längendifferenzen > 1cm (in %)	Achsfehler >10° (in %)	Rotationsfehler >10° (in %)
v. Laer, L.	149	96 (66%)	nicht gemessen	43 (29%)
Siegmeth, E.	29	5 (17%)	nicht gemessen	nicht gemessen
Resch, H.	10	nicht angegeben	nicht angegeben	5 (50%)
Wesseel, L.	67	16 (24%)	nicht gemessen	nicht gemessen
Breitfuss, H.	31	13 (42%)	nicht gemessen	nicht gemessen
Hofmann, S.	87	12 (14%)	14 (16%)	23 (26%)
Gesamt		142 (39%)	14 (16%)	71 (29%)

Tab. 3: Längendifferenzen, Achs- und Rotationsfehler der konservativen historischen Verfahren lt Literatur

Autor	Anzahl der Kinder	Längendifferenzen > 1cm (in %)	Achsfehler >10° (in %)	Rotationsfehler >10° (in %)
Siegmeth, E.	32	5 (16%)	nicht gemessen	nicht gemessen
Krettek, C.	14	6 (43%)	0 (0%)	nicht gemessen
Neugebauer, R.	14	1 (7%)	0 (0%)	0 (0%)
Resch, H.	5	keine Angabe	keine Angabe	2 (40%)
Wessel, L.	24	11 (46%)	nicht gemessen	nicht gemessen
Hofmann, S.	102	25 (25%)	3 (3%)	16 (16%)
Gesamt		48 (26%)	3 (2,3%)	18 (15%)

Tab. 4: Längendifferenzen, Achs- und Rotationsfehler der operativen historischen Verfahren lt Literatur

3.2 Ergebnisse der eigenen Patienten

In eine prospektive, von der Ethikkommission der Universität Marburg genehmigte Verlaufsstudie wurden 146 Kinder aus den Jahren 1985 bis 1996 aufgenommen (zwei dieser Kinder hatten sich jeweils beide Oberschenkel gebrochen, sodass es sich insgesamt um 148 Femurschaftfrakturen handelt). Wir überblicken also einen Zeitraum von Zeit 11 Jahren. Das

Durchschnittsalter der Kinder betrug 6,7 Jahre. 23 Kinder, also 16% waren mehrfachverletzte bzw. polytraumatisierte Kinder. Gut 1/3 der Kinder (n = 52) wurden operativ versorgt, 2/3 der Kinder (n = 96) wurden konservativen Verfahren zugeführt. Von den konservativ behandelten Kindern wurden die Hälfte (n = 48) mit dem Webertisch versorgt, 25 Kinder mit der Overheadextension und 23 Kinder mit stabilen subperiostalen Frakturen wurden primär im Becken-Bein-Gips behandelt. Das Durchschnittsalter der konservativ behandelten Kinder betrug knapp drei Jahre; in unserer Klinik wurden also konservative Verfahren mit wenigen Ausnahmen nur noch bei Kindern bis zum 5. Lebensjahr angewandt.

Operativ ausbehandelt wurden letztendlich 33 Kinder mit der Plattenosteosynthese und 19 Kinder mit dem Fixateur externe. Von vier offenen Frakturen wurden drei mit Platte und ein Patient mit dem Fixateur externe versorgt. Das Durchschnittsalter der operierten Patienten lag insgesamt bei 9,7 Jahren, also um drei Jahre höher im Vergleich zum gesamten Krankengut. Wenn man das Durchschnittsalter nach Verfahren differenziert, so findet sich bei der Plattenosteosynthese ein Durchschnittsalter von fast 11 und bei der externen Stabilisierung von 9 Jahren.

Die Altersgruppe der 6 bis 14-jährigen wurde also in der Marburger Unfallchirurgie vorwiegend den operativen Verfahren zugeführt. 15 polytraumatisierte Kinder wurden mit Plattenosteosynthese, 6 mit dem Monofixateur und zwei Kinder im Kleinkindesalter wurden konservativ behandelt. Unabhängig davon, ob ein Polytrauma oder eine Monoverletzung vorlag, wurden die Kinder möglichst frühzeitig einer definitiven Versorgung zugeführt.

Von den im genannten Zeitraum 146 behandelten Kindern mit Oberschenkelchaftfrakturen konnten 105 nachuntersucht werden. Da nach heutigen Maßstäben die ESIN bei den 3 bis 14-jährigen angewendet wird, wurden von den 105 Kindern nur diejenigen in die Vergleichsgruppe aufgenommen, die dieser Altersgruppe zugehörig waren. So verblieben 70 Patienten im Alter von 3 bis 14 Jahren.

3 dieser Patienten standen nur für eine klinische Untersuchung zur Verfügung. Ein Kind wurde nur mittels MRT nachuntersucht (es erschien zur klinischen Untersuchung nicht), 2 Kinder sowohl klinisch als auch mittels CT und die verbliebenen 64 Kinder konnten sowohl klinisch als auch mittels MRT nachuntersucht werden. Darunter befanden sich 43 männliche und 27 weibliche Patienten. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren die ehemaligen Patienten zwischen 3 und 25 Jahren alt. Das Durchschnittsalter betrug 14 Jahre. Bei den männlichen Patienten lag es mit 14,4 Jahren nur gering über dem der weiblichen Patienten mit 13,8 Jahren. 15 der Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits volljährig. Die Nachuntersuchung erfolgte in den Jahren 1995 und 1996 und damit zwischen 3 und 134 Monaten nach dem Unfallereignis (im Durchschnitt nach 68,7 Monaten).

3.2.1 Ergebnisse historische Verfahren

Die Ergebnisse, die jedes Therapieverfahren für sich liefert, erlauben eine Gegenüberstellung zu den Ergebnissen der ESIN, wodurch die Vor- und Nachteile des jeweiligen Verfahrens hervorgehoben werden können.

3.2.1.1 Weberbock

Es wurden 26 Patienten mit dem Weberbock behandelt. Allerdings konnten nur 14 Patienten mit dem Weberbock ausbehandelt werden. Hauptsächlich Stellungsfehler machten bei 12 Patienten den Wechsel auf ein anderes Verfahren erforderlich und den Weberbock (neben der Overheadextension, s.u.) zu dem Verfahren, das am häufigsten zu einem Verfahrenswechsel führte. Bei 5 Patienten wurde auf eine Plattenosteosynthese umgestellt, 6 Patienten erhielten einen Beckenbeingips und ein Patient einen Fixateur externe. Die 14 Patienten, die mit dem Weberbock ausbehandelt wurden, waren im Durchschnitt 5 Jahre alt (3 bis 8 Jahre). Neben 4 Mädchen wurden 10 Jungen behandelt. Es konnte ausschliesslich geschlossen reponiert werden. Der stationäre Aufenthalt betrug im Schnitt 35 Tage (9 bis 50) gefolgt von durchschnittlich 6 Wochen ambulanter Behandlung (0 bis 16 Wochen).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug das Alter im Durchschnitt 12,6 Jahre (7 bis 17 Jahre) und die Nachuntersuchung fand 94 Monate (28-131 Monate) nach dem Unfall statt. Klinisch wurde bei 8 Patienten eine Beinlängendifferenz von 1cm Verkürzung bis 1,5cm Verlängerung gemessen.

13 der 14 Patienten konnten zusätzlich im MRT nachuntersucht werden. Die Untersucher fanden bei 13 bzw 11 Patienten in dieser Gruppe Beinlängendifferenzen von maximal 1,4 bzw 1,6cm Verlängerung sowie Verkürzungen bis maximal -0,1cm. Die Anzahl der Kinder, deren Beinlängendifferenz mindestens 1 cm betrug, wird von beiden Untersuchern ähnlich beurteilt. Für vier bzw drei Kinder ermittelten sie mindestens 1cm Differenz, sodass deren Anteil bei 28,6% bzw 21,4% liegt.

Rotations- und Achsabweichungen wurden - wie oben bereits erwähnt - mittels MRT und - bei zwei Kindern - mit dem CT ermittelt. Die Auswertung erfolgte anschliessend durch zwei verschiedene Untersucher. Bei den im Weberbock behandelten Kindern wurde von beiden Untersuchern jeweils bei zwei Kindern ein Innenrotationsfehler von 7° bzw 9° angegeben. Übereinstimmung zeigte sich auch in der Anzahl der gemessenen Außenrotationsfehler bei jeweils 10 Kindern. Hier betrug das Ausmass beim ersten Untersucher 6-19° und beim zweiten 2-16°. Die Anzahl an Kindern, die mit dem Weberbock ausbehandelt wurden und einen Rotationsfehler > 10° entwickelten, variiert bei beiden Untersuchern. Während der erste Untersucher neun Kindern fand, ermittelte der zweite Untersucher vier Kinder. Der Anteil liegt daher bei 64,3% bzw 28,6%.

Bei der Auswertung von Achsfehlstellungen fanden beide Untersucher jeweils eine Valgusfehlstellung von 10° bzw 8°. Unterschiedlicher wurde das Vorliegen einer

Varusfehlstellung beurteilt: vier Kinder mit einem Virusfehler von 5-10° stehen einem Kind mit 4° gegenüber. Der erste Untersucher fand 2 Kinder mit einer Fehlstellung >10°, der zweite fand diesbezüglich keinen Fehler (die von ihm ermittelten Werte lagen alle < 10°). Somit liegt der Anteil bei 14% bzw 0%.

3.2.1.2 Becken-Bein-Gips

Im Becken-Bein-Gips wurden 9 Kinder im Alter von 3 bis 10 Jahren behandelt. Das Durchschnittsalter betrug 5 Jahre. Es waren 3 Mädchen und 6 Jungs betroffen. Der stationäre Aufenthalt war mit 22,9 Tagen (1 bis 44 Tage) nicht so lang wie im Weberbock. Die ambulante Nachbehandlung erstreckte sich anschliessend über 5,6 Wochen (2 bis 10 Wochen). Nur 2 der Kinder wurden primär im Becken-Bein-Gips behandelt. Die anderen 7 Patienten wurden primär mit dem Weberbock behandelt, mussten sich aber im Verlauf wegen zunehmender Fehlstellung einem Verfahrenswechsel unterziehen.

Die Nachuntersuchung erfolgte nach 71,7 Monaten (3 bis 115 Monate). Das Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug im Durchschnitt 11 Jahre (3 bis 14 Jahre). Ein Patient wurde nur klinisch, die 8 anderen Patienten klinisch und mittels MRT nachuntersucht.

Eine Beinlängendifferenz konnte bei der klinischen Untersuchung zumindest bei zwei Patienten nicht nachgewiesen werden. Ein Mehrwachstum von 1 bis 1,5cm zeigte sich bei 3 Patienten und eine Verkürzung zwischen 0,5cm und 2cm bei 4 Patienten.

Im MRT kamen beide Untersucher zu identischen Ergebnissen. Beide konnten bei zwei Patienten keine Unterschiede in der Beinlänge feststellen. Bei den verbliebenen 7 Patienten wurde jeweils eine maximale Längendifferenz von 1,8cm bzw mit 2,3cm ermittelt. Die Anzahl an Patienten mit einer Beinlängendifferenz von mindestens 1 cm lag beim ersten Untersucher bei vier, beim zweiten Untersucher bei drei. Der Anteil dieses Fehlers in diesem Kollektiv liegt damit bei 44,4% bzw 33,3%.

Auch die Bestimmung des Rotationsfehlers zeigte bei den Untersuchern große Übereinstimmung. Beide ermittelten bei 7 Patienten einen Außenrotationsfehler, dessen Ausmass von 2° bis 17° bzw 1° bis 20° gemessen wurde. Für jeweils einen Patient wurde ein Innenrotationsfehler ermittelt von 2° bzw 4°. Ein Rotationsfehler > 10° zeigte sich beim ersten Untersucher bei vier Kindern, beim zweiten bei drei Kindern. Der Anteil an diesem kleinen Kollektiv beträgt daher 44,4% bzw 33,3%. Eine Achsfehlstellung wurde von beiden Untersuchern bei jeweils 4 Patienten ermittelt. Jeweils 2 Patienten wiesen eine Valgusfehlstellung von 7° bzw 7,5° auf. Etwas größer waren die Unterschiede bei den jeweils 2 Patienten, für die eine Varusfehlstellung gemessen wurde. Während der eine Untersucher 7° angab, ermittelte der andere Untersucher 13,5°. Eine Achsfehlstellung > 1 cm ermittelte der erste Untersucher bei 2 Kindern, der zweite Untersucher bei einem Kind. Der Anteil liegt damit bei 22,2% bzw 11,1%.

3.2.1.3 Overheadextension

Mit der Overheadextension wurden 9 Kinder behandelt, die durchschnittlich 7,1 Jahre alt waren (3 bis 12 Jahre). 6 Jungs waren betroffen und 3 Mädchen. Davon kamen aber nur 2 Patienten ohne Verfahrenswechsel aus - bei 7 Patienten musste auf ein zweites Verfahren umgestiegen werden, sodass die Overheadextension neben dem Weberbock das Verfahren mit der höchsten Anzahl an sog. „major complications“ ist. Zweimal wurde auf einen Beckenbeingips umgestiegen, viermal auf den Monofixateur und einmal auf die Plattenosteosynthese. Die Komplikationen, die zum Verfahrenswechsel führten, waren zunehmende Achsfehlstellungen bei vier Kindern, Refrakturen bei zwei Kindern und ein Peroneausschaden.-

Die beiden Kinder, die mit der Overheadextension ausbehandelt wurden, standen leider nicht für eine Nachuntersuchung zur Verfügung, sodass es dementsprechend keine klinischen Ergebnisse über diese Kinder gibt.

Wegen der hohen Komplikationsrate mit erzwungenem Verfahrenswechsel, dementsprechend langem stationären Aufenthalt und langer Nachbehandlung sowie geringem Komfort des Verfahrens wurde die Zufriedenheit von Kindern und Eltern z.T. mit „gering“ bzw. „gar nicht zufrieden“ beurteilt.

3.2.1.4 Monofixateur

Es wurden 21 Kinder mit dem Monofixateur behandelt, davon allerdings nur 11 von ihnen primär. Weitere 10 Kinder waren zunächst mit einem anderen Verfahren anbehandelt worden. Im Verlauf mußte dann auf den Fixateur umgestiegen werden, was den Monofixateur zum Verfahren der Wahl bei Komplikationen macht. Die OP-Zeit lag zwischen 40 und 120min, die Anästhesiezeit zwischen 70 und 195min. Die intraoperativ erforderliche Stellungskontrolle mittels Bildwandler führte zu einer durchschnittlichen Durchleuchtungszeit von 3,6min.

Das Durchschnittsalter der Kinder zum Zeitpunkt der OP betrug 9 Jahre (3 bis 14 Jahre). 6 Mädchen waren betroffen und 15 Jungs. Der stationäre Aufenthalt erstreckte sich über durchschnittlich 23,7 Tage (1 bis 114 Tage), die anschließende Nachbehandlung über 18,6 Wochen (1 bis 156 Wochen). Bei der Nachuntersuchung betrug das Durchschnittsalter 14,2 Jahre (6 bis 24 Jahre).

Die klinische Messung der Beinlängendifferenzen zeigte eine große Bandbreite. Bei 8 Patienten wurde eine Verlängerung von bis zu 3cm gemessen und bei 6 Patienten eine Verkürzung bis zu 3,5cm. Diese Werte waren nach Auswertung im MRT zwar etwas weniger dramatisch, jedoch immer noch deutlich. Beide Untersucher fanden bei 16 Patienten eine Verlängerung von bis zu 2,4cm bzw 2,1cm. Ein Untersucher fand bei zwei Patienten eine Verkürzung bis 0,3cm, der andere bei 4 Patienten bis maximal 0,6cm. Die klinisch gemessene Verkürzung von bis zu 3,5cm konnte somit durch das MRT nicht annähernd bestätigt werden. Insgesamt finden sich bei den beiden Untersuchern 7 bzw 8 Kinder, bei denen eine Beinlängendifferenz von mindestens 1cm ermittelt wurde. Das entspricht einem Anteil von 33,3% bzw. 38,1%.

Bei jeweils 12 Patienten wurde von den Untersuchern der Innenrotationsfehler von 3-23° bzw 2-21° gemessen. Ein Außenrotationsfehler wurde hingegen bei 7 bzw 8 Patienten gefunden. Er wurde mit 3-15° bzw 1-18° angegeben. Insgesamt fanden die Untersucher bei 6 bzw 10 Patienten einen Rotationsfehler von mindestens 10° oder mehr. Das entspricht beim ersten Untersucher einem Anteil von 47,6% und beim zweiten einem Anteil von 28,6%.

Eine Achsfehlstellung war deutlich seltener. Während der erste Untersucher nur einen Varusfehler von 2° sowie 5 Kinder mit einem Valgusfehler von 6-13° ermittelte, konnte der zweite Untersucher keinen Varusfehler entdecken und lediglich bei zwei Patienten einen Valgusfehler von 8° bzw 9°. Beide Untersucher fanden jeweils nur bei einem Kind einen Achsfehler von mindestens 10°. Das entspricht einem Anteil von 4,8%.

3.2.1.5 Plattenosteosynthese

Die Plattenosteosynthese fand bei 25 Kindern Anwendung. Während sie bei 21 Kindern als primäres Verfahren angewendet wurde, war sie bei 4 Kindern das Ergebnis eines Verfahrenswechsels. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Versorgung betrug 10 Jahre (4 bis 14 Jahre). Die Altersverteilung war ausgeglichen: 12 Jungs waren betroffen und 13 Mädchen.

Die OP-Zeit lag im Schnitt bei 72min, die Anästhesiezeit bei 104min. Deutlich geringer im Vergleich zum Monofixateur war die intraoperative Durchleuchtungszeit mit durchschnittlich 20s.

Das Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug in dieser Gruppe durchschnittlich 15,8 Jahre (5 bis 24 Jahre). Die Nachuntersuchung selbst erfolgte im Schnitt nach 62 Monaten (3 bis 134 Monate).

Die klinische Bestimmung der Beinlängen erbrachte bei 7 Kindern eine Verkürzung von 0,5 bis 2,0cm sowie bei 10 Kindern eine Verlängerung von 0,5 bis 2,0cm. Die Anzahl der Kinder, die eine Beinlängendifferenz von mindestens 1cm entwickelten, betrug 12. Das entspricht im eigenen Kollektiv einem Anteil von 46%.

Im MRT fanden beide Untersucher bei jeweils 13 Patienten eine Verlängerung der plattenosteosynthetisch versorgten Extremität von 0,1 bis 2,0cm bzw von 0,1 bis 1,8cm. Während 11 Patienten eine Verkürzung von 0,2 bis 2,4cm aufwiesen, zeigte sich beim anderen Untersucher bei 9 Patienten eine Verkürzung von 0,2 bis 2,6cm.

Bei der Bestimmung des Rotationsfehlers im MRT zeigten sich ähnlich übereinstimmende Ergebnisse. 6 Außenrotationsfehler von 1° bis 16° sowie 17 Innenrotationsfehler von 1° bis 24° des einen Untersuchers standen 7 Außenrotationsfehler von 3° bis 10° und 16 Innenrotationsfehler von 1° bis 25° des zweiten Untersuchers gegenüber. Einen Rotationsfehler > 10° fand der erste Untersucher bei 10 Kindern, der zweite bei 9. Dementsprechend liegt der Anteil dieses Fehlers bei 40% bzw 36%.

Die Bestimmung der Achsfehlstellung ergab bei beiden Untersuchern geringfügig unterschiedliche Werte. Der erste gab für 3 Patienten eine Varusfehlstellung von 3° bis 14° und für 4 Patienten eine Valgusfehlstellung von 7° bis 9°. Der zweite Untersucher konnte nur bei

einem Patienten einen Varusfehler von 6° feststellen und bei 3 Patienten einen Valgusfehler von 2° bis 8° . Eine Achsfehlstellung $>10^\circ$ ermittelte der erste Untersucher nur bei einem Kind. Der zweite Untersucher konnte keinen Achsfehler $> 10^\circ$ messen. Der Anteil liegt daher bei 4% bzw 0%.

3.2.1.6 Intramedulläre Schienung

Die intramedulläre Schienung wurde in diesem Kollektiv nur ein einziges Mal durchgeführt. Auch wenn sich daraus keine Schlüsse bezüglich des Verfahrens ableiten lassen, soll dieser Fall trotzdem erwähnt werden. Es handelte sich um ein 14-jähriges Mädchen, welches zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 25 Jahre alt war. Die OP- Zeit betrug damals 85 Minuten. Die Beinlängendifferenz wurde klinisch mit 1cm Verlängerung angegeben und war damit geringer, als beide Untersucher im MRT ermittelten. Hier ermittelte der erste Untersucher 1,3cm Verlängerung und der zweite sogar 2,1cm. Als Rotationsfehler wurde von beiden ein Außenrotationsfehler von 3° bzw 2° gemessen. Einen Achsfehler konnten beide Untersucher nicht feststellen.

3.2.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung

3.2.2.1 Beinlängendifferenzen

Da ein Kind nicht zu der klinischen Untersuchung erschien, konnte an 69 Patienten die Messung der Beinlängen durchgeführt werden. Bei der klinischen Messung (Spina iliaca ant. sup. - Außenknöchelspitze) im gesamten Kollektiv wurde bei 21 Patienten keine Längendifferenz nachgewiesen. Bei 48 Patienten (entspricht 68,6 %) zeigte sich klinisch eine Beinlängendifferenz zwischen 3,0cm Verkürzung und 3,5cm Verlängerung.

Die MRT-Untersuchung wurde von zwei verschiedenen Untersuchern ausgewertet. Zunächst zu den Ergebnissen des ersten Untersuchers. Lediglich 7 Patienten zeigten keine Längendifferenz. Bei 63 Patienten (entspricht 90%) konnte er Längendifferenzen zwischen 2,4cm Verkürzung und 2,4cm Verlängerung messen. Im Vergleich dazu konnte der zweite Untersucher ebenfalls bei 7 Patienten keinen Unterschied feststellen. Bei 63 Patienten wurde eine Längendifferenz zwischen 2,6cm Verkürzung und 2,4cm Verlängerung gemessen.

3.2.2.2 Rotationsfehler

Rotations- und Achsabweichungen wurden mittels MRT und - bei zwei Kindern - mit dem CT ermittelt. Auch hier waren die Ergebnisse der beiden Untersucher sehr ähnlich. 6 bzw 7 Patienten wiesen keinen Rotationsfehler auf.

Die beiden Untersuchungen konnten bei 32 bzw 31 Patienten einen Innenrotationsfehler messen (44,2%). Das Ausmass lag im Gesamtkollektiv beim ersten Untersucher zwischen 1 bis 24° und beim zweiten Untersucher zwischen 3 bis 25° . Ein Außenrotationsfehler wurde bei 31 bzw 33 Patienten gemessen (45,7%). Hier betrug das Ausmass beim ersten Untersucher 1 bis 19° und beim zweiten bei 1 bis 20° .

3.2.2.3 Achsfehlstellungen

Im Gesamtkollektiv ermittelte der erste Untersucher bei 47 Patienten (68%) normale Beinachsen im Vergleich zur Gegenseite. Bei 22 Patienten (32%) fanden sich Achsabweichungen, davon 10 Varusfehlstellungen von 3° bis 8° sowie 12 Valgusfehlstellungen von 6° bis 13°.

Der zweite Untersucher konnte bei 57 Patienten (82,6%) keinen Achsfehler feststellen. Bei 12 Patienten (17,4%) zeigten sich 4 Varusfehlstellungen zwischen 4° und 8° sowie 8 valgische Achsen von 2° bis 10°.

3.2.2.4 Komplikationen

Bei 32 Kindern wurden Komplikationen festgestellt. Bei 13 Kindern entwickelte sich im Verlauf ein Stellungsfehler der frakturierten Extremität. Insbesondere die konservativen Verfahren fielen in diesem Zusammenhang auf. Während nur zwei Kinder, die jeweils mit einer Plattenosteosynthese versorgt wurden, einen Stellungsfehler entwickelten, zeigte dieser sich bei 8 Behandlungen durch den Weberbock und 3 Overheadextensionen deutlich häufiger.

Ein manifestes Kompartmentsyndrom tauchte dreimal auf, jeweils bei einer Behandlung im Weberbock, durch Fixateur externe und einer Plattenosteosynthese.

Eine Weberbock-Behandlung war neben einer Overheadextension auch verantwortlich für einen Peroneausschaden. Bei den operativen Verfahren zeigte sich diese Komplikation nicht.

Weiterhin entwickelte ein Kind in der Overheadextension eine tiefe Beinvenenthrombose und ein Kind im Fixateur externe einen schweren, tief reichenden Infekt, der einen Therapiewechsel (erneute Anlage eines Fixateur externe) zur Folge hatte. Die Behandlung im Fixateur ist das Verfahren, das auch am häufigsten lokale Infekte verursachte. Insgesamt waren 9 Patienten betroffen. Ein weiterer lokaler Infekt wurde nach einer Plattenosteosynthese beobachtet. Ein Verfahrenswechsel als Folge eines Infektes war jedoch nur in dem geschilderten Fall erforderlich.

Refrakturen zeigten sich bei 3 Patienten, jeweils nach Behandlung im Weberbock, durch Overheadextension und im Fixateur externe.

Als Fazit ergibt sich daraus, dass der Weberbock am häufigsten zu Komplikationen und insbesondere - neben der Overheadextension - zu Stellungsfehlern führt. Der Fixateur zeigt am häufigsten - meist lokale - Infekte im Bereich der Pinstellen.

3.3 Ergebnisse der ESIN It Literatur

Berücksichtigt wurden die Ergebnisse aus der aktuellen Literatur der letzten 14 Jahre (siehe 2.1 Datenerfassung für die Vergleichsgruppe)

3.3.1 Beinlängendifferenzen

Die Beinlängendifferenz wurde in 14 der 28 Studien nachuntersucht und war damit der am häufigsten untersuchte Parameter, was sicherlich auch an der Einfachheit der Durchführung

liegt. In der Studie von PARK fanden sich bei allen 43 nachuntersuchten Kindern Längendifferenzen von 0,5cm Verkürzung bis 2,7cm Verlängerung. Darunter waren 11 Kindern, bei denen ein Längenwachstum von über 1,0cm gemessen wurde, was einem Anteil von 25,6% entspricht. Darunter neigten die Kinder, deren Verhältnis von Markraum zum Nageldurchmesser gering war, eher zu Längendifferenzen (69).

SALEM fand in einem Kollektiv von 68 Kindern eine durchschnittliche Verlängerung von 0,5cm. Bei einem Anteil von 16% zeigte sich jedoch ein Längenwachstum von über 1,0cm (81). ANASTASOPOULOS fand in seinem Kollektiv von 37 Kindern in 50% der Fälle eine Verlängerung von bis zu 1,78cm. Allerdings war keiner dieser Längenfehler klinisch relevant (1).

Mehrere Studien ermittelten Verlängerungen zwischen 0,2cm bis maximal 1,1cm (28, 32, 33, 65, 100). Hinweise für eine klinische Relevanz ergaben sich jedoch nicht. Die nachuntersuchten Patientenzahlen bewegen sich bei diesen genannten Studien zwischen 31 und 62 Kindern. Der Nachuntersuchungszeitraum war mit 18 Monaten bis 3,1 Jahren relativ gering, was sowohl das Ausmaß des ermittelten Längenfehlers als auch die klinische Relevanz nicht abschließend beurteilt. Ähnlich muss die Arbeit von SASEENDAR beurteilt werden. Er ermittelte in einer kleinen Serie von 16 Patienten bereits nach durchschnittlich 14 Monaten eine Längendifferenz von 1,0cm Verkürzung bis 1,0cm Verlängerung (83, 3). Ähnlich verhält es sich mit der Arbeit von SELA. Von 21 Patienten fanden sich bei 10,5% Längendifferenzen von über 1,0cm Verlängerung (91).

Im Gegensatz dazu konnte LOHIYA insgesamt 73 mit ESIN versorgte kindliche Femurschaftfrakturen nachuntersuchen, wodurch seine Studie nicht nur das größte Kollektiv enthält, sondern mit durchschnittlich 7,16 Jahren (5 bis 8,6 Jahre) auch den längsten Nachuntersuchungszeitraum aufweist (53). Bei 38 Patienten zeigten sich Beinlängendifferenzen von 3,0cm Verkürzung bis 1,5cm Verlängerung. Das entspricht einem Anteil von 58%. Eine Längendifferenz von weniger als 1,0cm war in seinem Kollektiv klinisch unauffällig und betraf lediglich 25 Patienten. Mit anderen Worten: 13 Patienten hatten aufgrund eines Längenfehlers von mehr als 1,0cm Probleme. Das entspricht einem Anteil von 5,6% am Gesamtkollektiv.

Insgesamt gibt es 12 Studien, die konkrete Angaben über die Anzahl von Patienten mit Beinlängendifferenzen über 1cm machen. Diese 12 Studien berichten in der Summe von 474 Kindern. Davon haben 45 Kinder eine Beinlängendifferenz > 1 cm, was einem Anteil von 9,4% entspricht (s. Tabelle 5).

Autor	Anzahl Kinder	Längenfehler > 1cm	Anteil in %
Anastasopoulos, J.	37	5	13,5
Houshian, S.	31	0	0
Jubel, A.	47	0	0
Kumar, S.	28	0	0
Lohijya, R.	73	13	17,8
Mutimer, J.	17	0	0
Park, S.	43	11	25,6
Salem, K.H.	68	11	16
Sarkar, S.	70	2	2,8
Saseendar, S.	16	0	0
Sela, Y.	21	3	15,8
Till, H.	23	0	0
SUMME	475	45	9,4

Tab. 5: Längendifferenzen > 1cm in der ESIN-Gruppe lt Literatur

3.3.2 Achsfehlstellungen

Varus- bzw. Valgus-Fehlstellungen wurden von 12 der 19 Studien ermittelt. Darunter sind immerhin 3 Arbeiten, die in ihrem gesamten nachuntersuchten Kollektiv keine Achsfehlstellungen fanden. Dazu gehört HOUSHIAN mit seiner Nachuntersuchung von 31 Patienten mit einem durchschnittlichen follow-up von 18 Monaten (28). Keinen Achsfehler konnte TILL in seiner Studie von 23 Patienten finden. Immerhin war die durchschnittliche Zeit bis zur Nachuntersuchung mit 3,1 Jahren in dieser Arbeit schon deutlich länger (100).

Auch JUBEL gab bei 46 nachuntersuchten Kindern und einem durchschnittlichen follow-up von 38 Monaten keinen Achsfehler in seinem Kollektiv an (32). In einer weiteren Veröffentlichung desselben Autors über dasselbe Kollektiv mit dann 47 Patienten wurde dieses Ergebnis allerdings dahingehend präzisiert, dass sich keine Achsfehler >10° zeigten. Da alle Kinder diesbezüglich klinisch unauffällig waren, wird dieser Wert als tolerable Grenze für Achsfehler angesehen (33).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt SASEENDAR. In seinem kleinen Kollektiv von 16 Patienten zeigten sich nach einem durchschnittlichen follow-up von 14 Monaten Achsabweichungen von 4° Valgus bis 10° Varus. Keines der Kinder war diesbezüglich klinisch auffällig (83).

Im Gegensatz dazu finden sich andere Studien, die einen deutlich höheren Anteil an Kindern mit Varus- oder Valgusfehlstellungen hatten. ANASTASOPOULOS ermittelte von 37 Kindern in einem durchschnittlichen follow-up von 25,5 Monaten einen Anteil von 44%. Allerdings betrug das maximale Ausmaß nur 5° Varus. Dementsprechend waren alle nachuntersuchten Kinder trotz geringfügiger Achsfehlstellungen klinisch unauffällig (1). LOHIYA fand in seiner Nachuntersuchung von 73 Kindern einen Anteil 19% mit Achsfehlern. Auch diese Kinder waren diesbezüglich klinisch unauffällig (53). NASCIMENTO ermittelte bei 30 nachuntersuchten Kindern eine Fehlstellung von 4,3° Varus bis 6,8° Valgus. Auch diese Fehler führten zu keiner klinischen Relevanz (63). SARKAR fand in einem Kollektiv von 70 Patienten nur 4 Kinder mit einer durchschnittlichen Achsfehlstellung von 5,7° Varus. Allerdings erfolgte die Nachuntersuchung nach 4 bis 15 Monaten, sodass eine abschliessende Beurteilung hier noch aussteht (82). PARK konnte bei 43 Kindern nur eines finden, welches eine Valgusfehlstellung aufwies. Auch dieses Kind war klinisch unauffällig (69). SALEM untersuchte 68 Kinder nach. Das follow-up war mit 4 bis 7 Monaten sehr kurz. Allerdings ist dies die einzige Arbeit, bei der neben einer Röntgendiagnostik und sonografischen Kontrolle ein CT zur Ermittlung der Fehlstellungen durchgeführt wurde. In diesem Kollektiv fand sich nur ein Kind mit einem Achsfehler >5° (81).

Autor	Anzahl Kinder	Achsfehler > 10°	Anteil in %
Anastasopoulos, J.	37	0	0
Houshian, S.	31	0	0
Jubel, A.	47	0	0
Kumar, S.	28	0	0
Lohiya, R.	73	0	0
Park, S.S.	43	1	2,3
Salem, K.H.	68	0	0
Sarkar, S.	70	0	0
Saseendar, S.	16	0	0
Till, H.	23	0	0
SUMME	436	1	0,2

Tab. 6: Achsfehlstellungen > 10° in der ESIN-Gruppe lt Literatur

Schaut man in den zugrunde liegenden Arbeiten nach denen, die genaue Angaben über die Anzahl von Kindern mit Achsfehlstellungen > 10° machen, so finden sich 10 Studien. Die Anzahl ist geringer im Vergleich zu den Arbeiten, die genaue Angaben über

Beinlängendifferenzen machen, da Achsfehlstellungen seltener untersucht wurden. In den 10 Studien finden sich insgesamt 436 Kinder. Darunter wird lediglich von einem einzigen Kind mit einer Achsfehlstellung von 10° berichtet. Das entspricht einem Anteil von nur 0,2% (siehe Tabelle 6)

3.3.3 Rotationsfehler

Die Bedeutung eines Rotationsfehlers zeigt beispielsweise eine Arbeit von KARAMAN. Er ermittelte diesen Fehler an 24 Patienten mittels CT durchschnittlich 50 Monate nach der operativen Versorgung und damit zu einem Zeitpunkt, an dem auch das Remodelling lange abgeschlossen war - denn die Patienten waren ausschliesslich Erwachsene, deren Oberschenkelfraktur mit einem Marknagel versorgt worden war. Diese Arbeit zeigte, dass Rotationsfehler $>10^\circ$ (in dem genannten Kollektiv bei immerhin 41% der Patienten!) klinisch symptomatisch ist: die Patienten hatten Probleme beim Treppensteigen (36).

Vor diesem Hintergrund fällt auf, dass die Bestimmung des Rotationsfehlers bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen im Vergleich zu Achsfehlstellungen und Beinlängendifferenzen am wenigsten in den zugrunde liegenden aktuellen Studien berücksichtigt wurde: allein in sechs Arbeiten wurde der Rotationsfehler gar nicht erst bestimmt.

SALEM fand in seiner Untersuchung von 68 Kindern 4 bis 7 Monate nach ESIN heraus, dass durchschnittlich ein Rotationsfehler von $14,5^\circ$ bestand. 47% der Patienten hatten einen Fehler von $>10^\circ$ (81). PLANKA fand in seinem kleineren Kollektiv von 26 Patienten einen durchschnittlichen Rotationsfehler von lediglich $5,8^\circ$ heraus. Allerdings hatten 15% der Patienten einen Drehfehler von $>10^\circ$ (72). In der zahlenmäßig größten Studie (73 Kinder) mit dem längsten follow-up (nach durchschnittlich 7,18 Jahren) von LOHIYA zeigte sich bei 11 Patienten ein Rotationsfehler, was einem Anteil von 17% entspricht. Allerdings waren alle diese Kinder klinisch unauffällig (53). Auch SASEENDAR fand in seiner kleineren Studie von 16 Patienten keinen Rotationsfehler $>10^\circ$. Alle Patienten waren diesbezüglich klinisch unauffällig (83). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam JUBEL. Von 47 Kindern zeigte keines einen Rotationsfehler über 10° . Dementsprechend waren auch diese Patienten klinisch unauffällig (32, 33). HOUSHIAN fand bei 31 Kindern nach einem durchschnittlichen follow-up von 18 Monaten nur ein Kind mit einem Rotationsfehler von 10° , ebenfalls klinisch unauffällig (28).

Der Rotationsfehler wurde noch seltener untersucht als Achsfehlstellungen,. Insgesamt machen 8 Studien konkrete Angaben über postoperative Rotationsfehler $>10^\circ$. In der Summer sind es 321 Kinder, von denen 37 einen Rotationsfehler $> 10^\circ$ aufweisen. Das entspricht einem Anteil von 11,5%. Einschränkend muss gesagt werden, dass insbesondere eine Studie dieses Ergebnis bestimmt. SALEM fand in einem Kollektiv von 68 Kindern immerhin 32, die einen Rotationsfehler $> 10^\circ$ entwickelt hatten (81) (siehe Tabelle 7).

Autor	Anzahl Kinder	Rotationsfehler > 10°	Anteil in %
Anastasopoulos, J.	37	0	0
Houshian, S.	31	1	3,2
Jubel, A.	47	0	0
Lohiya, R.	73	0	0
Planka, I.	26	4	15
Salem, K.H.	68	32	47
Saseendar, S.	16	0	0
Till, H.	23	0	0
SUMME	321	37	11,5

Tab. 7: Rotationsfehlstellungen > 10° in der ESIN-Gruppe lt Literatur

3.3.4 Komplikationen

Nur 6 Arbeiten machen Angaben über Komplikationen. SELA fand bei 21 Patienten in über 90% keine Komplikationen. Als Hauptkomplikation wurden Irritationen an der Eintrittsstelle des Nagels beschrieben (91). Im Grunde genommen steht dieses Ergebnis exemplarisch für viele Studien. SASEENDAR fand bei 2 der 16 nachuntersuchten Patienten diese Komplikation (83). NASCIMENTO und MAIER ermittelten Komplikationsraten von 6,7% bzw 6% (55, 56, 63). ANASTASOPOULOS beschrieb Komplikationen bei 8 seiner 37 nachuntersuchten Kinder, jedoch auch hier keine major Komplikationen (1). Übereinstimmend wird das Verfahren als ideal bewertet ab einem Alter von 3 bis 4 Jahren bis zum 15. bis 16. Lebensjahr. Die Methode wird als einfach erachtet, erfordert aber die Einhaltung der OP-Prinzipien sowie eine sorgfältige Indikationsstellung (32, 33, 55, 56, 83). Übereinstimmend wird auch die subjektive Zufriedenheit mit dem Verfahren als hoch bewertet. Lediglich MAIER berichtet von einer Rate sekundärer Dislokationen von 6%. Dennoch empfiehlt auch er die ESIN ab einem Alter von 4 Jahren (56).

3.3.5 Stationärer Aufenthalt

In 11 der zugrunde liegenden Studien werden Angaben über die Dauer des stationären Aufenthaltes gemacht, die allerdings sehr variieren. Während mehrheitlich die Dauer mit 4 bis 6 Tagen angegeben werden (1, 28, 32, 33, 46, 53, 82), berichtet SASEENDAR in seinem Kollektiv über eine durchschnittliche Dauer im stationären Bereich von 18 Tagen (83), NASCIMENTO von 9,4 Tagen (63) und sowohl MAEIER als auch ANASTASOPOULOS von 8 Tagen (1, 55). ANASTASOPOULOS beobachtet die durchschnittlichen 8 Tage allerdings nur bei den Kindern, die noch

Begleitverletzungen erlitten hatten. Bei alleiniger Oberschenkelschaftfraktur berichtet auch er über eine durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes von 4 Tagen (1).

3.3.6 Durchleuchtungszeit

Nur zwei Studien geben Auskunft über die erforderliche Durchleuchtungszeit. KRAUS gibt diese von 70,3s mit dem Hinweis an, dass die Eintrittsstelle und die Frakturpassage die Dauer der Durchleuchtung bestimmen (46). JUBEL berichtet über eine Durchleuchtungszeit von 2,4min (32, 33). Angaben über die Anzahl der insgesamt erforderlichen Röntgenbilder bis zum Behandlungsabschluss wurden von keiner Studie gemacht.

3.3.7 Metallentfernung

Die Dauer bis zur Metallentfernung wird von 8 Studien angegeben. 4 Studien zeigen eine durchschnittliche Zeit bis zur ME von 5 bis 6 Monaten, 3 Studien von 6 bis 8 Monate, eine Studie nach 11 Monaten (53). DIETZ empfiehlt ausdrücklich eine ME nach frühestens 6 Monaten (11, 12).

3.4 Vergleich: Ergebnisse ESIN mit eigenen Ergebnissen historischer Verfahren

3.4.1 ESIN - Weberbock

Es gibt gleich mehrere Kriterien, die den Weberbock gegenüber der ESIN in einem schlechten Licht erscheinen lassen. Auch wenn die subjektive Zufriedenheit mit dem Endergebnis bei beiden Verfahren sehr hoch ist, bezieht sich diese Aussage beim Weberbock nur auf die Patienten, die mit ihm auch ausbehandelt werden konnten - und das sind im eigenen, damaligen Krankengut mit 14 Patienten von ursprünglich 26 nur etwa die Hälfte. Kein anderes Verfahren erzwingt - meist aufgrund von Stellungsfehlern - so oft einen Verfahrenswechsel. Von der ESIN wurde das in der vorliegenden Literatur in keinem Fall berichtet.

Dem stationären Aufenthalt mit durchschnittlich 35 Tagen bei der Behandlung durch den Weberbock stehen ca 4 bis 8 Tage stationärer Behandlung durch die ESIN gegenüber - das betroffene Kind wurde also erheblich länger aus seinem sozialen Umfeld entfernt. Damit einhergehend führt die Behandlung im Weberbock sowohl zu einem deutlich höheren pflegerischen Aufwand als auch zu einer entsprechend hohen Belastung der Eltern in Bezug auf die Betreuung der Kinder, z.B. durch häufige Besuche im Krankenhaus oder Vereinbarkeit mit beruflichen Verpflichtungen. Bezüglich der Beinlängendifferenzen wird bei der ESIN durchschnittlich ein Längenwachstum von 0,5cm bis 1,0cm angegeben, ohne, dass die verschiedenen Autoren eine klinische Relevanz diesbezüglich feststellen konnten. Unter den Kindern die mit dem Weberbock behandelt wurden, fanden die beiden Untersucher 3 bzw 4 Kinder mit einer Längendifferenz > 1cm. Der Anteil liegt damit bei 21,4% bzw 28,6%. Für die ESIN beträgt der Wert lt Literatur bei 9,5%.

Achsfehlstellungen spielen bei der ESIN nur eine untergeordnete Rolle. Auch wenn sie durchaus regelmäßig auftauchen, geben die Autoren übereinstimmend an, bei der

Nachuntersuchung keine klinische Relevanz gefunden zu haben. Beim Weberbock zeigten sich - bei allerdings geringer Fallzahl - zwei Kinder mit Valgusfehlstellung sowie 5 Kinder mit Varusfehlstellung. Nur einer der beiden der Untersucher konnte Achsfehlstellungen $> 10^\circ$ messen. Zwei Kinder zeigten diese Werte. Der zweite Untersucher konnte nur Fehler unter 10° ermitteln. Der Anteil liegt daher beim ersten Untersucher bei 14,3% bzw 0% beim zweiten. Auch hier wurde keine Auswirkung im Alltag der Patienten auffällig.

Rotationsfehler gelten ab einem Ausmaß von 10° als problematisch. Während der erste Untersucher diesbezüglich 9 Kinder fand, konnte der zweite Untersucher nur bei 3 Kindern einen Fehler $> 10^\circ$ ermitteln. Bei der ESIN erreichen sie diese Grenze meist nicht. Der Anteil an relevanten Rotationsfehlern liegt damit bei der Behandlung im Weberbock bei 64,3% bzw 21,4%. Auch wenn diese Werte große Differenz aufweisen, liegen sie doch deutlich höher als bei der ESIN. Es gibt Hinweise, dass frühzeitig aufgetretene Rotationsfehler im Verlauf vom kindlichen Organismus korrigiert werden können. Langfristig gesehen gibt es nach Versorgung mit der ESIN keinen Hinweis dafür, dass es zu klinisch relevanten Rotationsfehlern kommt.

3.4.2 ESIN - Beckenbeingips

Um es vorweg zu nehmen: auch der Beckenbeingips liefert wie der Weberbock mehrere Gründe, die dieses Therapieverfahren im Vergleich zur ESIN deutlich unterlegen macht. Zwar erforderte der Beckenbeingips mit einem durchschnittlichen stationären Aufenthalt von ca 23 Tagen eine kürzere stationäre Behandlungsdauer als der Weberbock, aber eine deutlich längere als die ESIN. Während der Weberbock allerdings durchaus vergleichbare klinische Ergebnisse bezüglich Länge, Achse und Rotation der fakturieren Extremität lieferte, sehen diese Vergleichswerte beim Beckenbeingips ganz anders aus. Während bei der ESIN Längendifferenzen von 0,5cm bis 1,0cm auftreten, zeigen sich im Beckenbeingips einige „Ausreißer“. Die maximale Längendifferenz wurde mit 2,3cm angegeben. Aber auch nach Behandlung mittels ESIN zeigt z.B. die Arbeit von LOHIYA, dass klinisch relevante Beinlängendifferenzen über 1,0cm vorkommen (53). In der Summe jedoch fanden die beiden Untersucher 3 bzw 4 Kinder mit Längendifferenzen von $>1\text{cm}$, was in diesem kleinen Kollektiv einem Anteil von 66,7% bzw 50% entspricht. Bei der ESIN liegt dieser Wert unter 10%. Achsfehler wurden beim Beckenbeingips bis zu 15° gemessen. Die beiden Untersucher ermittelten 3 bzw ein Kind mit einem Achsfehler $> 10^\circ$. Der Anteil liegt damit mit 50% bzw 16,7% deutlich höher als bei der ESIN, bei der Achsfehler seltene Ausnahmen sind. Auch die Rotationsfehler, insbesondere der Außenrotationsfehler wird bis 20° angegeben. Hier fanden die beiden Untersucher 3 bzw 4 Kinder mit einem Rotationsfehler $> 10^\circ$. Der Anteil liegt damit bei $> 50\%$ in dem kleinen Kollektiv. Für die ESIN wird ein Wert von 11,5% angegeben. Unterschiede in beiden Verfahren ergeben sich auch in der klinischen Relevanz dieser Werte: nach Behandlung im Beckenbeingips klagten Kinder über eine Einschränkung der Sportfähigkeit. Neben der langen stationären Behandlungsdauer und der langen Nachbehandlungszeit spiegelt insbesondere die nur geringe Zufriedenheit mit dem Verfahren die klinische Relevanz der Längen-, Achs- und Rotationsfehler wider.

3.4.3 ESIN - Overheadextension

Da die Overheadextension die höchste Rate an Verfahrenswechseln hat und klinische Daten der beiden Patienten, die mit diesem Verfahren ausbehandelt werden konnten, fehlen, ist der Vergleich zur ESIN fast überflüssig: nichts macht die Overheadextension angesichts der vorliegenden Erfahrungen zu einem Verfahren, das eine ernsthafte Alternative zur ESIN darstellt. Klinische Ergebnisse stehen insbesondere wegen der hohen Komplikationsrate, die bei 7 von 9 Patienten zu einem Verfahrenswechsel geführt hat, nicht zur Verfügung. In allen anderen Parametern - stationärer Aufenthalt, Nachbehandlung, Komfort des Verfahrens, Zufriedenheit von Patienten und Eltern - ist die ESIN der Overheadextension überlegen.

3.4.4 ESIN - Monofixateur

Der Monofixateur ist nun das erste operative Verfahren, welches mit der ESIN verglichen wird. Mit dem Monofixateur wurden 21 Kinder behandelt. Der stationäre Aufenthalt betrug bei der ESIN ca 4 bis 8 Tage. Beim Monofixateur beträgt dieser Zeitraum im Durchschnitt 23,7 Tage (1 bis 144). Da aber 10 der Kinder primär mit einem anderen Verfahren anbehandelt wurden und aufgrund von Komplikationen ein Verfahrenswechsel auf den Monofixateur erfolgte, spiegelt sich der Umstand eines komplizierten Verlaufes auch in dem längeren Aufenthalt wieder und ist nicht dem Verfahren allein zuzuschreiben.

Nach Behandlung mit dem Monofixateur gab es 8 Patienten mit einer Verlängerung von bis zu 3cm und 6 Patienten mit einer Verkürzung von bis zu 3,5cm nach klinischer Messung. Wenn auch der Durchschnittswert der Beinlängendifferenzen nach ESIN mit 0,5cm bis 1,0cm vergleichbar ist, so liegen die maximalen Abweichungen bei diesem Verfahren je nach Autor überwiegend in deutlich geringeren Bereichen. Für den Monofixateur konnten beide Untersucher bei 7 Kindern eine Abweichung von mindestens 1 cm ermitteln, sodass der Anteil übereinstimmend 33,3% beträgt. Die ESIN liegt mit 11,5% deutlich darunter. Bezüglich der Achsfehlstellungen weisen beide Verfahren vergleichbar gute Ergebnisse auf. Bei beiden Verfahren entstehen geringe Achsfehler die klinisch nicht relevant sind. Beide Untersucher konnten jeweils nur ein Kind mit einem Achsfehler $> 10^\circ$ feststellen. Der Anteil liegt daher rechnerisch bei 4,7% gegenüber 0,2% bei der ESIN.

Relevante Rotationsfehler werden in der Gruppe der mit dem Monofixateur behandelten Kinder unterschiedlich angegeben. Während der erste Untersucher bei 10 Kindern einen Wert über 10° angab, ermittelte der zweite Untersucher dieses Ausmass lediglich bei 6 Kindern. Somit liegt der Anteil bei 47,6% bzw 28,6%. Trotz unterschiedlicher Auswertung der beiden Untersucher liegen die ermittelten Werte immer noch deutlich über den 11,5% der ESIN.

Unterschiede ergeben sich auch im Hinblick auf die Durchleuchtungszeit und damit auf die Strahlenbelastung. Die Behandlung im Monofixateur hat eine durchschnittliche intraoperative Durchleuchtungszeit von 3,6min - die ESIN erfordert mit ca 1 bis 2min eine deutlich kürzere Zeit. Angaben über die im Rahmen der Nachbehandlung angefertigten Röntgenbilder nach der ESIN werden leider von den vorliegenden Studien nicht gemacht. Beim Monofixateur sind es durchschnittlich 12. Auch wenn die Anzahl der Röntgenbilder für die ESIN nicht erwähnt werden, darf man doch annehmen, dass sie deutlich niedriger liegt - u.a. auch dadurch

begründet, dass der Monofixateur oft das Ergebnis eines komplizierten Verlaufes ist, der häufigere Röntgenkontrollen erfordert. Der rein optische Aspekt des außerhalb der Extremität verlaufenden Rohres welches mit Metall-Pins verbunden ist, die „im Bein stecken“, ist für viele Patienten und Eltern sehr gewöhnungsbedürftig - nicht nur optisch, auch funktionell (z.B. durch Schwierigkeiten beim Ankleiden). Auch in diesem Vergleich führt die ESIN mit kleinen Wunden zu einem schöneren optischen Aspekt und einer deutlich größeren Akzeptanz.

3.4.5 ESIN - Plattenosteosynthese

25 Kinder bilden diese Vergleichsgruppe. Nur 4 dieser Kinder wurden primär mit einem anderen Verfahren anbehandelt, sodass die klinischen Ergebnisse insgesamt weniger „verfälscht“ werden als möglicherweise bei der Behandlung mit dem Monofixateur (s.o.). Während die Therapie mit dem Monofixateur eine hohe Strahlenbelastung mit sich bringt, liegt die intraoperative Durchleuchtungszeit bei der Plattenosteosynthese mit durchschnittlich 20s deutlich niedriger als bei der ESIN: hier sind es lt der vorliegenden Literatur ca 1 bis 2 min. Während bei der ESIN insbesondere Eintrittspunkt und Frakturpassage die Dauer der Durchleuchtung und damit die Strahlenbelastung bestimmen, ist diese durch die offene Reposition bei der Plattenosteosynthese kürzer. Die Beinlängendifferenz nach Plattenosteosynthese reicht sowohl klinisch als auch nach Auswertung der MRT von 2,6cm Verkürzung bis 2,0cm Verlängerung. Diese Werte sind mit denen der ESIN durchaus vergleichbar, z.B. ermittelte LOHIYA in seinem Kollektiv Werte von 3,0cm Verkürzung bis 1,5cm Verlängerung (53). Vergleicht man jedoch den Anteil der Kinder, die eine Beinlängendifferenz von mindestens 1cm entwickelten, dann findet sich bei der Plattenosteosynthese ein Wert 46% gegenüber 9,4% bei der ESIN.

Achsfehlstellungen spielen sowohl bei der Plattenosteosynthese als auch bei der ESIN nur eine untergeordnete Rolle. Bei der Plattenosteosynthese fand nur einer der beiden Untersucher ein Kind mit einem Achsfehler $> 10^\circ$, was in diesem Kollektiv 4% entspricht. Der zweite Untersucher konnte keinen Achsfehler dieses Ausmaßes feststellen. In der Literatur wird für die ESIN in der Summe ein Wert unter 1% angegeben. Für beide Verfahren gilt daher, dass Achsfehler keine klinische Relevanz haben.

Rotationsfehler liegen bei der ESIN meist unter 10° und damit in einem Bereich der klinisch ebenfalls nicht relevant ist. Während der erste Untersucher für die Plattenosteosynthese im MRT bei 10 Kindern einen Rotationsfehler $> 10^\circ$ messen konnte, bestätigte der zweite Untersucher dieses Ausmaß bei 9 Kindern. Daher liegt der prozentuale Anteil bei 40% bzw 36% und damit deutlich höher als bei der ESIN, für die in der Literatur ein Wert von 11,5% angegeben wird.

Klare Unterschiede gibt es auch in der Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses. Die Plattenosteosynthese wird diesbezüglich am schlechtesten von allen Verfahren beurteilt und ist dementsprechend auch in diesem Vergleich der ESIN unterlegen.

4. Diskussion

4.1 Messverfahren

Ein Grund dafür, warum die Therapieverfahren z.T. sehr unterschiedlich beurteilt werden ist u.a. darauf zurückzuführen, dass es in Bezug auf die genannten postoperativen Wachstumsfehler bisher kein standardisiertes Messverfahren gibt. Neben der exakten Messung der Beinlängen stellt insbesondere die Messung der Antetorsion ein Problem dar, die einige Verfahren schnell an die Grenze ihrer Aussagekraft führt. Dadurch finden sich in der Literatur eine Vielzahl von Kontrollverfahren, sodass in der Beurteilung der Therapieverfahren keine einheitlichen Bedingungen geschaffen wurden, die einen Vergleich erst ermöglichen. Obwohl jeder Autor sein gewähltes Kontrollverfahren als eine exakte und reproduzierbare Methode rechtfertigt, zeigen eine Reihe von Untersuchungen, dass es in Bezug auf Genauigkeit und Reproduzierbarkeit z.T. erhebliche Unterschiede zwischen den Messverfahren gibt.

Mit der klinischen Messung der Beinlängen befasste sich MORSCHER. Die Genauigkeit sowohl der direkten (Maßband) als auch der indirekten (Brettchenmethode) Messung ist abhängig von der Genauigkeit der Bestimmung der Messpunkte und liegt bei 0,5 bis 1,0 cm. Zusätzlich gibt es eine Reihe von Fehlerquellen, wie z.B. Messbandunterschiede, funktionelle Differenzen und Muskelumfang (59). Die Bestimmung der Beinlänge mit dem Maßband ist nach EICHLER bei gesunden Beinen nur auf 1,5 cm genau, bei Beinlängendifferenzen sogar nur auf 2,0cm (15). Da es ab einer Beinlängendifferenz von 1 bis 2 cm nicht mehr möglich ist, eine Ruhehaltung der Wirbelsäule einzunehmen, was zu vorzeitigen Abnutzungserscheinungen an den Disci intervertebralis führt (59), sollten daher auch geringere Beinlängendifferenzen korrigiert werden. Nach VON LAER stört bereits eine Fehlstellung von 5mm die Statik der Wirbelsäule und muss entsprechend behandelt werden (49, 50, 51). Ähnliches berichtet auch WESSEL, der bei Beinlängendifferenzen ab 1 cm skoliotische Störungen beobachtete (111). Für praktische Belange geht die klinische Messung also mit zu hohen methodischen Fehlern einher und eignet sich allenfalls zum Screening.

Die klinischen Bestimmungsmethoden der Antetorsion beschreibt RIPPSTEIN. Diese gehen auf Arbeiten von DREESMANN und GALEAZZI zurück. Analog zu der klinischen Bestimmung der Beinlängen führen auch diese Verfahren aufgrund methodischer Fehler zu keinen verlässlichen Ergebnissen (78)

Eine Reihe von radiologischen Verfahren versprach sowohl eine wesentlich exaktere Bestimmung der Beinlängen als auch der Antetorsion. RIPPSTEIN beschrieb eine Methode, die vielfach als Methode der Wahl angesehen wurde (21, 25, 49, 54, 89). Sie basiert auf Arbeiten von SCHULZ (86), DUNN (14) und RYDER (80).

GROSS bestimmte die Genauigkeit und Fehlerquellen des Rippstein'schen Verfahrens (21). Die besondere Art der Lagerung ist notwendig, da direkte Darstellung des Antetorsionswinkels durch eine axiale Aufnahme wegen der sich überlagernden Weichteilmasse nicht möglich ist. Die indirekte Darstellung führt zu einer Verzerrung der

Verhältnisse im Röntgenbild (durch Projektion räumlicher Verhältnisse auf eine Ebene). Auf diese Art wird ein projizierter Winkel dargestellt, der mathematisch korrigiert werden muss. Neben der Lagerung stellt das Einzeichnen der Achsen im Röntgenbild eine Fehlerquelle dar (die Messpunkte, die den Verlauf der Achsen bestimmen, werden nicht definiert). Außerdem geht diese Methode mit einer erheblichen Strahlenbelastung einher. Die Fehlergrenze wird, wie durch Rippstein auch, mit 5 Grad angegeben (21).

Die Abhängigkeit der Ergebnisse von der definierten Lagerungsposition wertete WISSING als entscheidende Fehlerquelle (116). Die von verschiedenen Mitarbeitern an ein und demselben Modell gefertigten Aufnahmen wiesen eine Streuung des AT- Winkels zwischen 24 und 43 Grad auf (Fehlerbreite also fast 20 Grad!), wobei die fehlerhafte Lagerung in den entstandenen Aufnahmen nicht immer zu erkennen war. Sollte eine Rotationskorrektur erforderlich sein, so ist eine verbindliche Bestimmung des Ausmaßes anhand der nach dieser Methode entstandenen Aufnahmen nicht möglich. Zusätzlich werden die wahren Winkelverhältnisse durch verletzungsbedingte Einschränkungen der Beweglichkeit oder Kontrakturen so weit verfälscht, dass ihre exakte Beurteilung unmöglich wird. Dementsprechend lässt sich eine valide Aussage bei der Bestimmung des AT- Winkels nach DUNN/ RIPPSTEIN nur nach exakter Lagerung beim Gesunden treffen (116).

Wie widersprüchlich dieses Verfahren im klinischen Alltag beurteilt wird, zeigen Arbeiten von HOISETH und WISSING. HOISETH hält den Fehler der durch Lageabhängigkeit entsteht durch den Einsatz geschulten Personals für sehr gering. Die Genauigkeit der Methode zeigt im Vergleich zur CT-Messung keine signifikanten Unterschiede (24).

WISSING beobachtete hingegen, dass selbst von "erfahrenen MTA's" keine exakt reproduzierbare Winkelbestimmung durchgeführt werden konnte. Bei der CT-Messung hingegen wird aufgrund des Vorteils der Lagerungsunabhängigkeit die entscheidende Ursache für Fehlbestimmungen und -interpretationen vermieden, weshalb sie die exakteste Methode zur Bestimmung der des AT-Winkels darstellt (115).

Neben GROSS und WISSING wurde das Problem der exakten Lagerung auch noch von anderen Autoren kritisiert (79, 106). Daneben geht diese Methode mit einer erheblichen Strahlenbelastung einher, die gerade beim wachsenden Organismus nicht zu akzeptieren ist. KANE veröffentlichte eine dem Rippsteinschen Verfahren ähnliche Methode bei der zur Bestimmung des AT- Winkels eine Aufnahme ausreicht. Aufgrund der großen Fehlerbreite (über 20 Grad) ist das vorgestellte Verfahren für den klinischen Gebrauch nicht geeignet (35).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die klinischen und konventionell radiologischen Verfahren nicht den Wert einer präzisen reproduzierbaren Messung darstellen. Wenn man postoperative Wachstumsveränderungen in der Größenordnung von Millimetern bzw. Winkelgraden vergleicht, so müssen auch exakte Messverfahren gefordert werden. Dies trifft sowohl für die Beinlängenmessung als auch auf die Bestimmung der

Torsionsverhältnisse zu. Möglich wurde dies erst durch die Computertomographie. Sie bietet gegenüber den bisherigen Verfahren folgende Vorteile:

- 1) es ist eine exakte Definition der Messpunkte möglich; durch die direkte Darstellung des AT-Winkels sind korrekte Aussagen über dreidimensionale Daten möglich; Projektionsfehler werden vermieden (110, 115, 116).
- 2) die Fehlerbreite der AT-Winkelbestimmung liegt bei 3 Grad, die der Beinlängenmessung bei 4mm (106).
- 3) am kindlichen Skelett kann durch die Darstellung des Knorpels bei noch nicht verknöcherten Epiphysenfugen der Kopfmittelpunkt zur Bestimmung der Schenkelhalsachse reproduziert werden (50).

Dennoch hatte sich auch diese exakte Messmethode nicht als Standardverfahren in der Bestimmung postoperativer Beinlängendifferenzen, Achsen- und Rotationsfehlstellungen im Kindesalter durchsetzen können. Als Gründe wären folgende zu nennen:

- 1) die Standardisierung der Messpunkte steht noch aus
- 2) die Geräte waren bisher nicht allgemein verfügbar
- 3) im Vergleich zur konventionell radiologischen Messung hoher Kostenaufwand
- 4) die Messung geht mit einer Strahlenbelastung einher
- 5) die CT-Bestimmung des AT-Winkels ist (wenn auch in geringerem Umfang als nach Rippstein) abhängig von der Lagerung; erst die exakte Lagerung macht eine direkte Messung möglich (31, 106, 115, 116).
- 6) abweichende Messwerte können durch die anatomische Variabilität der verschiedenen Schichten des Schenkelhalses entstehen (25).
- 7) Bewegungsartefakte durch Veränderung der Position während der Messung können nur durch Kooperation des Patienten vermieden werden (115).
- 8) falsche Koordinateneingabe in die Berechnung führt zu starker Verfälschung der Ergebnisse und setzt daher geschultes Personal voraus (115).

Aufgrund dieser Probleme, insbesondere wegen der bei den radiologischen Verfahren zwangsweise auftretenden Strahlenbelastung, berichten einige Autoren über die Möglichkeit der Darstellung mittels Ultraschall.

BERMAN bestimmte die Antetorsion mittels Ultraschall und Computertomographie und Vergleich beide Methoden miteinander. In der Annahme, dass die CT eine gültige Messung darstellt, befand er die Sonographie im Vergleich dazu als unzuverlässig. Die Femurkondylen und der hintere Femurhals waren im Ultraschallbild nicht vollständig darstellbar. Dadurch konnten die Messpunkte nicht exakt bestimmt werden. Außerdem war die Bestimmung des AT-Winkels abhängig von der Position des untersuchten Beines. Bei Lageänderung ergeben sich unterschiedliche Winkel. Eine weitere Fehlerquelle war der

Scanner selbst, der trotz charakteristischer Bilder unterschiedliche AT-Winkel mit einer Streuung von 7 Grad lieferte (5). Ähnliche Erfahrungen machten DORN et al.: die vorher definierten Messpunkte konnten mit Ultraschall nicht dargestellt, sodass eine direkte Messung der Antetorsion nicht möglich war. Zudem erfordert das Auffinden der richtigen Schnittebene Übung und lässt einen, wenn auch kleinen Sektor für Fehler zu (13). Die Ultraschall-Messung ist also trotz der Einfachheit der Durchführung abhängig vom Untersucher, von der Technik und von der Lagerung des Patienten, was von anderen Untersuchungen bestätigt werden konnte (16, 26, 40, 41).

Diese Untersuchungen zeigen, dass vorher definierte Messpunkte zur Festlegung reproduzierbarer, anatomisch korrekter Achsen, nicht dargestellt werden können. In anderen Untersuchungen wurden hingegen die Messpunkte anhand dessen definiert, was durch das Ultraschallbild darstellbar war (26, 27). Doch auch hier waren die Ergebnisse abhängig von einer exakten Lagerung sowie vom Untersucher. Der Messfehler wurde am Femur mit 1 cm angegeben (27). Da bereits eine Beinlängendifferenz von 0,5 cm die Statik der Wirbelsäule stören und zu Spätschäden führen kann (47, 49), ist die Genauigkeit der Ultraschall-Messung für den klinischen Gebrauch nicht ausreichend.

Die Genauigkeit bei der Bestimmung der Antetorsion ist ebenfalls nicht ausreichend, wenn davon ausgegangen wird, dass diese auf 10 Grad genau erfolgen muss (58, 87). Die mit Ultraschall ermittelten Werte waren jeweils zu groß: im Vergleich zum CT um +10 Grad und im Vergleich zur konventionell radiologischen Antetorsionsmessung nach Rippstein um 5 Grad (58, 97, 98). Während Rippstein selbst die Genauigkeit seiner Methode mit 5 Grad angibt (78), zeigte sich in einer Untersuchung von WISSING eine Fehlerbreite des Rippsteinschen Verfahrens bis 20 Grad (116).

Eine hohe Korrelation der sonographisch ermittelten Ergebnisse mit der üblichen konventionellen Antetorsionswinkelbestimmung ist demnach kein Beweis für eine exakte Messung. Die sonographischen Methoden sind zwar zur orientierenden Untersuchung im Sinne einer Screening-Methode gut brauchbar, sind aber als exakte, reproduzierbare Meßmethoden zur Indikationsstellung für operative Eingriffe sowie für Verlaufskontrollen nicht ausreichend.

Während das CT deutlich genauere Messwerte liefert (96, 87) ist die magnetresonanztomographische Messung in ihrer Genauigkeit mit dem CT vergleichbar, ohne jedoch mit einer Strahlenbelastung einherzugehen (84, 57). Sie ist reproduzierbar und geht von genau definierbaren Voraussetzungen aus. Die Beinlängen und die Antetorsion können direkt gemessen werden (84, 57).

4.2 Historische Therapieverfahren in der Literatur

Die Problematik kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen besteht in dem noch nicht abgeschlossenen Wachstum mit daraus resultierenden spezifischen Spätschäden. Nach

TRUETA führt eine Beeinträchtigung der Blutzirkulation im Markraum zu einer kollateralen Hyperämie der Epiphysenfuge (über benachbarte epiphysäre Gefäße) mit konsekutiver Stimulation des Längenwachstums als Folge einer Verlegung des Markraumes durch Kallus oder Metallimplantate wie Schrauben oder Nägel (102). Shapiro fand heraus, dass sich auch 10 Jahre nach dem Unfall noch Beinlängendifferenzen ergeben können (93). Aus diesem Grund muss ein Therapieverfahren neben peri- und postoperativen Komplikationen auch an seinen Spätresultaten gemessen werden. Gerade die beim kindlichen Organismus auftretenden Beinlängen-, Rotations- und Achsenfehler lassen ein Verfahren im Rückblick häufig nicht mehr als problemlos erscheinen. Dies schien zunächst insbesondere auf die konservative Behandlung zuzutreffen.

TITTEL fand bei konservativ behandelten in 58% der Fälle Beinlängendifferenzen zwischen 1,0 bis 3,5 cm (Durchschnitt 1,5 cm) nach Abschluß des Skelettwachstums. Bei den operativ versorgten betrug das durchschnittliche Mehrwachstum ca 1,0 cm wobei Achs- und Rotationsfehler vermieden werden (101). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam SCHWARZ. In einer Nachuntersuchung von 13 konservativ und 16 operativ versorgten Kindern beobachtete er nach konservativer Therapie (davon in 10 Fällen durch einen unilateralen Klammerfixateur) zwar häufiger Beinlängendifferenzen (bis maximal +2,0 cm), die in ihrem Ausmaß aber geringer waren als im Vergleich zur konservativen Behandlung (von -4,0 bis +1,0 cm) (89).

Auch die operativen Verfahren mussten sich zunehmend einer kritischen Betrachtung unterziehen. Z.B. fand GOLSER nach operativer Therapie mit der Plattenosteosynthese ein vermehrtes Längenwachstum und forderte deshalb bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr eine strenge Operationsindikation (19). Die Abhängigkeit des Ausmaßes der Fehlstellungen von der Behandlungsart konnte auch von WESSEL bestätigt werden. Die Plattenosteosynthese zeigte am häufigsten Verlängerungen bis +2,0 cm und mehr, sodass sie nicht mehr länger als Methode der Wahl bei kindlichen Femurschaftfrakturen angesehen werden sollte (113).

In einem Vergleich zwischen operativer und konservativer Therapie konnten FELD et al keine signifikanten Unterschiede zwischen konservativer und operativer Behandlung hinsichtlich Muskelumfang, Rotations- und Beinlängendifferenzen finden (17). Dies Ergebnis konnte HEHL in Bezug auf posttraumatische Beinlängendifferenzen bestätigen. Neben der Plattenosteosynthese wurde die externe Stabilisierung als operatives Verfahren empfohlen (23). Doch auch hier finden sich in der Literatur unterschiedliche Beurteilungen.

Über Erfahrungen mit dem Fixateur externe berichtete u.a. KAELIN, dass nach klinischer und radiologischer Nachuntersuchung die Achsen- und Rotationsfehler akzeptabel waren. Als Nachteil beschrieb er die ungenügende Dynamisierbarkeit und die damit verbundene lange Zeit bis zur Konsolidation. Außerdem konnte er noch keine Angaben über ein vermehrtes

Längenwachstum machen. Ein weiterer Nachteil dürfte auch die geringe Fallzahl sein: von lediglich 14 Patienten gab es Nachuntersuchungsergebnisse (34). WEINBERG führte mit 45 Patienten eine Nachuntersuchung durch, deren Oberschenkelschaftfrakturen mit dem Fixateur externe behandelt wurden. Bei 20 Patienten stellte er eine Beinlängendifferenz bis 17 mm fest. Die therapiebedingte Infekterate lag bei 4,5% und damit im Vergleich zu anderen Therapieverfahren z.T. höher. Aufgrund der Vorteile wie der rascheren Mobilisierbarkeit, der schnelleren Wiedererlangung der Kniebeweglichkeit und der Belastungsstabilität beurteilte er den Fixateur als ein kindgerechtes Verfahren zur Behandlung dislozierter Schaftfrakturen der unteren Extremitäten im Wachstumsalter (109).

SLONGO beschrieb den Fixateur nach Ilizarov als ideale Methode für die Therapie diaphysärer Schaftbrüche, mit dem er 22 Patienten behandelte. Einwandfreie Stabilisierung, einfache Pflege, frühzeitige Mobilisierung und kürzere Hospitalisationszeit werden auch hier als Vorteile angegeben (94). Leider gibt es keine Spätresultate dieser Untersuchung, die in die Bewertung mit eingehen müssten.

Hingegen bevorzugt KELLER die intramedulläre Schienung und hält den Fixateur bei unkomplizierter Schaftfraktur für keine geeignete Alternative. Dabei beklagt er besonders die verzögerte Frakturheilung und die häufigen Pin-Infekte (37). Damit werden die Erfahrungen von SCHWARZ bestätigt, der aufgrund ebenfalls schlechter Erfahrungen mit dem Fixateur die konservative Therapieform bevorzugt. Diese würde auch bei massiver primärer Fehlstellung zu einem guten klinischen und radiologischen Resultat führen. Erst wenn nach einer Woche kein annehmbares Resultat erzielt wird, sollte eine Osteosynthese mit der Platte durchgeführt werden (88, 89).

VAN TETS sah seine Erwartungen in den Fixateur, der in 15 Fällen angewendet wurde, ebenfalls nicht erfüllt. Zwar brachten die Ergebnisse einer Nachuntersuchung gute Resultate, doch gab es mit einer längeren Heilungsdauer, Infektionen, hoher Anzahl von ambulanten Besuchen und sogar Spontanfrakturen eine Reihe von Nachteilen, die zu dieser Ansicht führten (99).

SCHRANZ beobachtete ebenfalls häufig Infektionen (beim Hoffmann-Fixateur in 50% der Fälle!) und begrenzte daher die Indikation des Fixateurs beim Kind auf multiple Verletzungen, offene Frakturen und SHT mit Gliedmaßenfrakturen (85). Diese strenge Indikationsstellung wird von anderen Autoren geteilt (38, 39, 40, 44, 45). Lediglich Nutz favorisiert im Zusammenhang mit Frakturen bei SHT des Kindes die Plattenosteosynthese (66).

Bei dieser kontrovers geführten Diskussion fällt leider auf, dass die Autoren ihre Ergebnisse fast durchweg an kleinen Fallzahlen ermitteln, wodurch in der Beurteilung eines Therapieverfahrens vielleicht ein Trend, keinesfalls aber eine allgemein gültige Aussage möglich ist. Da der kindliche Organismus eine Korrekturpotenz hat, können die

Auswirkungen dieser Fähigkeit auf postoperative Fehlstellungen nur durch Langzeitstudien gezeigt werden - diese sind jedoch sehr selten. In die Gesamtbeurteilung gehen daher nur selten die Spätresultate im Hinblick auf Beinlängendifferenzen, Achsen- und Rotationsfehlstellungen ein. Gerade aber daran müssen sich Behandlungsmethoden am wachsenden Skelett messen lassen. Es muss das Ziel eines jeden Operateurs sein, die optimalste Kombination zu finden zwischen risikoärmsten Verfahren und bester Heilungsaussicht. Die Spätresultate dürfen dabei nicht außer acht gelassen werden. Ausnahmen bilden die Arbeiten von v. LAER (48, 49, 50, 51, 52) und HOFMANN von KAPP-HERR et al (25).

Außerdem berücksichtigen die meisten Studien nicht den Hintergrund einer klinischen Relevanz, die erst dann auftritt, wenn die gemessenen Differenzen oder Fehlstellungen ein bestimmtes Ausmaß überschritten haben. Diese Studien hingegen sind zahlreich (26, 62, 66, 98).

4.3 Eigene Ergebnisse (70 Patienten)

In diesem Kollektiv wurden die Behandlungsergebnisse von 70 kindlichen Oberschenkelschaftfrakturen ausgewertet, die in den Jahren 1985 bis 1996 im Universitätsklinikum Marburg/ Lahn behandelt wurden. Die Kinder waren im Alter von 3 bis 14 Jahren. Oberschenkelschaftfrakturen dieser Altersgruppe werden nach aktuellen Maßstäben heutzutage mit der ESIN behandelt. Diese 70 Patienten bilden damit die historische Vergleichsgruppe, die damals mittels Weberbock, Overheadextension, Beckenbeingips, Plattenosteosynthese oder Monofixateur externe behandelt wurden. Verglichen wurden die Ergebnisse der historischen Verfahren mit den Ergebnissen der ESIN in der aktuellen Literatur der letzten 14 Jahre. Neben allgemeinen Kriterien (s. Datenerfassung für die Vergleichsgruppe) wurde dabei insbesondere das Ausmaß von Beinlängendifferenzen, Achsfehlstellungen und Rotationsfehlern beachtet.

Bei der Behandlung im Weberbocks zeigt sich im eigenen Krankengut eine hohe Zufriedenheit mit dem klinischen Ergebnis bei denjenigen Kindern, die mit dem Weberbock ausbehandelt werden konnten. Alle diese Kinder waren voll sportfähig. Das Ausmaß der gemessenen Beinlängendifferenzen, Achsfehlstellungen und Rotationsfehlern war in diesen Fällen klinisch nicht relevant.

Allerdings zieht der Weberbock am häufigsten Verfahrenswechsel nach sich - meist aufgrund von Stellungsfehlern - und ist (wie die Overheadextension) das Verfahren mit den häufigsten Komplikationen. Außerdem ist die Dauer des stationären Aufenthaltes sehr lange und der pflegerische Aufwand dementsprechend hoch. Beides geht auch mit einer entsprechend hohen Belastung der Eltern einher (häufige Besuche im Krankenhaus bzw dauerhafter Krankenhausaufenthalt für die Zeit der Behandlung, Vereinbarung mit beruflichen Verpflichtungen, usw). Die Nachbehandlungszeit ist ebenfalls lange.

Die klinischen Ergebnisse von ESIN und Weberbock bezüglich Beinlängendifferenzen, Achs- und Rotationsfehlstellungen sind deutlich unterschiedlich. Wie aus Tab. 3 (s.u.) zusammenfassend hervorgeht, sind die klinischen Ergebnisse der Patienten, die im Weberbock ausbehandelt werden konnten, deutlich schlechter im Vergleich zur ESIN. Der Weberbock ist durch die höchste Komplikationsrate aller Verfahren, die längste stationäre Behandlungsdauer und die größte Einschränkung der sozialen Umstände dem Wesen eines Kindes und dem Anspruch eines kindgerechten Therapieverfahrens nach heutiger Überzeugung längst nicht mehr angemessen. Selbst die Patienten, die im Verlauf der Behandlung nicht auf ein anderes Verfahren umgestellt werden müssen, haben im Weberbock ein hohes Risiko, klinisch relevante Fehlstellungen zu entwickeln. Nur wenn ein operatives Vorgehen abgelehnt wird oder andere Gründe dagegen sprechen, wäre es in Einzelfällen denkbar, dass - auch abhängig vom Alter des Kindes - der Einsatz dieses Verfahrens erneut diskutiert wird. Im Vergleich zu der ESIN (aber auch unabhängig davon!) ist der Weberbock insgesamt aber nicht mehr zeitgemäß und muss aufgrund des schlechten Komforts und der schlechten klinischen Resultate als historisches Verfahren gesehen werden.

Während zumindest die klinischen Ergebnisse der im Weberbock ausgehandelten Kinder gut waren, zeigte sich im Vergleich der ESIN zum Beckenbeingips ein anderes Fazit. Zwei der Kinder waren nach Abschluss der Behandlung leicht eingeschränkt bei sportlichen Aktivitäten. Ein Kind zeigte bereits nach 3 Monaten eine Beinlängendifferenz von 1,5cm Verlängerung. Diese Umstände trugen neben dem langen Krankenhausaufenthalt und der langen Nachbehandlungsdauer zu einer insgesamt geringen Zufriedenheit der Kinder bzw deren Eltern mit dem Verfahren bei. Ähnlich wie der Weberbock geht auch der Beckenbeingips im Gegensatz zur ESIN mit einem Aufwand und Komfort einher, der nicht mehr zeitgemäß ist. Zusätzlich führen die klinischen Ergebnisse ebenfalls zu einem hohen Risiko, postoperativer Fehlstellungen was neben dem nicht kindgerechten Komfort in einer insgesamt geringen Zufriedenheit resultiert. Somit ist auch dieses Verfahren gegenüber der ESIN deutlich unterlegen.

Einen noch größeren Unterschied in der Beurteilung erbrachte der Vergleich der ESIN zur Overheadextension. Die hohe Komplikationsrate und der geringe Komfort der Overheadextension (u.a. hoher pflegerischer Aufwand, langer stationärer Aufenthalt, usw) führten zu einer geringen Akzeptanz bei Kindern und Eltern. Durch die hohe Anzahl an Verfahrenswechseln des von vornherein kleinen Kollektivs fehlen klinische Ergebnisse, die unabhängig von der subjektiven Einschätzung der Betroffenen eine Aussage über das Verfahren ermöglicht hätten.

Die Overheadextension ist im Vergleich zur ESIN in der untersuchten Altersgruppe ein komplikationsreiches Verfahren mit geringer Akzeptanz. Leider war es im eigenen Krankengut nicht möglich, klinische Ergebnisse für die Overheadextension zu ermitteln. Einerseits führten Komplikationen im Behandlungsverlauf zu einer Umstellung auf ein zweites Verfahren,

andererseits erschienen die wenigen Kinder, die mit dem Beckenbeingips ausgehandelt werden konnten, nicht zur Nachuntersuchung. Für Kinder die jünger sind, als im nachuntersuchten Kollektiv mag es aber durchaus weiterhin seine Berechtigung haben, wenn die Indikation zum konservativen Vorgehen besteht.

Der größte Unterschied der Plattenosteosynthese im Vergleich zur ESIN - unabhängig vom funktionellen Ergebnis - ist zweifellos das kosmetische Ergebnis, welches nach Plattenosteosynthese am schlechtesten von allen operativen Verfahren beurteilt wird. Die OP-Zeit mit über 70min und die Anästhesiezeit mit über 100min sind - ähnlich wie bei der Versorgung durch den Monofixateur - sehr lang. Auch dieses Verfahren geht mit regelmäßigen Röntgenkontrollen einher: im Schnitt wurden für jedes Kind 13 Röntgenbilder angefertigt.

Die Plattenosteosynthese liefert das schlechteste kosmetische Ergebnis aller Therapieverfahren. Bei den klinischen Ergebnissen spielen ähnlich wie beim Monofixateur Achsfehlstellungen keine große Rolle. Dennoch haben Kinder ein großes Risiko, eine klinisch relevante Beinlängendifferenz oder einen Rotationsfehler zu entwickeln. Im eigenen Krankengut hat fast jedes zweite Kind eine Beinlängendifferenz von mehr als 1cm. Ca 40% entwickeln einen Rotationsfehler von 10° oder mehr. Dies ist insbesondere deshalb interessant, weil zwar durch die offene Reposition eine stufenlose anatomische Stellung unter Sicht erreicht werden kann, aber dieser Umstand keine Garantie für die Vermeidung von postoperativen Fehlstellungen ist. Somit ist die Plattenosteosynthese ebenfalls nicht das Verfahren der ersten Wahl sondern bestimmten Indikationen vorbehalten (z.B. wenn die geschlossene Reposition nicht möglich oder ein Kind aufgrund seines Körpergewichtes nicht für die ESIN geeignet ist).

Der Monofixateur scheint im Vergleich zur ESIN ebenfalls nur negative Ergebnisse zu liefern. Dem Verfahren wird allerdings Unrecht getan, da der Fixateur das Verfahren der Wahl bei Komplikationen und damit das Zweitverfahren ist. So ist beispielsweise der lange stationäre Aufenthalt und die lange Nachbehandlungszeit dem Umstand eines komplikationsreichen Verlaufs geschuldet. Dementsprechend sind auch die schlechten klinischen Ergebnisse nicht zwangsweise dem Fixateur, sondern den Verfahren zuzuschreiben, mit denen die Patienten vorher anbehandelt wurden. Beispielsweise zeigten sich teilweise deutliche Beinlängendifferenzen von - zumindest nach klinischer Messung - bis zu 3,5cm Verlängerung. Immerhin gaben drei Patienten dadurch eine starke Beeinträchtigung beim Sport an. So wundert die negative Bewertung des Verfahrens durch die Kinder bzw deren Eltern nicht. Eine objektive Beurteilung des Monofixateurs ist also kaum möglich.

Uneingeschränkt dem Verfahren zuzuordnen ist hingegen die lange intraoperative Durchleuchtungszeit. Mit durchschnittlich 3,6min ist eine deutliche Strahlenexposition gegeben. Auch die Nachbehandlungszeit ging mit Röntgenkontrollen einher. Im Schnitt wurden von jedem Kind 12 Röntgenaufnahmen angefertigt (1 bis 44 Aufnahmen).

Die klinischen Ergebnisse des Monofixateurs sind die besten im Vergleich der Verfahren, die im eigenen Krankengut Anwendung fanden. Während Achsfehlstellungen wie auch bei der ESIN im Grunde genommen keine Rolle spielen, zeigt dieses Verfahren außerdem das geringste Risiko, Beinlängendifferenzen oder Rotationsfehlstellungen zu entwickeln. Einschränkend muss gesagt werden, dass die Ergebnisse des Monofixateurs im eigenen Krankengut dadurch verfälscht werden, dass der Monofixateur meist als Zweitverfahren und damit zum Management von Komplikationen verwendet wurde. Seine klinischen Ergebnisse sind daher in besonderem Maße durch die Komplikationen der vorangegangenen Verfahren beeinflusst. Deutliche Vorteile hat die ESIN auch hinsichtlich der Strahlendosis und des optischen und kosmetischen Ergebnisses.

Im der nachuntersuchten Altersgruppe hat der Monofixateur aufgrund seiner guten Ergebnisse weiterhin seine Berechtigung, wenn die ESIN als operatives Verfahren nicht indiziert ist (offene Frakturen, massives Weichteiltrauma, mehrfragmentäre Frakturen, sehr adipöse Kinder, etc) oder Komplikationen wie beispielsweise Stellungskorrekturen beherrscht werden müssen.

Ein Kind wurde im eigenen Krankengut bereits durch eine intramedulläre Schienung behandelt. Die Patientin war zwar mit dem Gesamtergebnis „sehr zufrieden“, doch führte die Beinlängendifferenz zu einer leichten Einschränkung der Sportfähigkeit. Auch wenn ein einziger Fall nicht repräsentativ sein kann, erscheint die OP-Zeit nach heutigen Maßstäben im Vergleich zur ESIN recht lang.

Die eigenen Ergebnisse werden in Tabelle 8 zusammengefasst (s.u.). Im Vergleich unserer Ergebnisse mit denen in der Literatur (s. Tabelle 3) zeigen sich in den eigenen Krankengut unterschiedliche Werte für den jeweiligen postoperativen Wachstumsfehler.

	Längendifferenzen > 1cm	Achsfehler > 10°	Rotationsfehler > 10°
Weberbock	21,4 - 28,6%	0 - 14,3%	21,4 - 64,3%
Overhead-extension	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Beckenbeingips	50 - 66,7%	16,7 - 50%	> 50%
Monofixateur	33,3 %	4,7 %	28,6 - 47,6%
Plattenosteosynthese	46 %	4 %	36 - 40%
ESIN	9,5 %	0,2 %	11,5 %

Tab. 8: Ergebnisvergleich der Therapieverfahren bezüglich Beinlängendifferenzen >1cm, Achsfehlstellungen >10° und Rotationsfehlern >10°.

Während in der Literatur nach konservativer Therapie in 39% der Fälle eine Längendifferenz von mehr als 1cm beschrieben wird, liegt dieser Wert im eigenen Krankengut bei 28,6%. Dieser Wert entspricht dem nach Behandlung im Weberbock, da für die Overheadextension im eigenen Krankengut keine Werte ermittelt werden konnten (siehe Abschnitt 3.2.1.3). Eine Achsfehlstellung im eigenen Krankengut zeigte sich in 14,4% gegenüber einem Wert von 16% in der Literatur. Die größte Abweichung zeigt sich bei der Ermittlung des Rotationsfehlers. In Abhängigkeit des Untersuchers zeigt sich im eigenen Krankengut ein Wert von bis zu 64,3% gegenüber einem Wert von 29%.

Bei den operativen Verfahren werden in der Literatur Längendifferenzen in 26% der Fälle angegeben. Im eigenen Krankengut stehen dem, je nach Therapieverfahren 33,3% (Monofixateur) bzw 46% (Plattenosteosynthese) gegenüber. Ein Achsfehler besteht lt Literatur in 2,3% der Fälle. Im eigenen Krankengut liegt dieser Wert bei 0,2%. Für den Rotationsfehler besteht die größte Übereinstimmung: 15% in der Literatur stehen 11,5% im eigenen Krankengut gegenüber.

4.4 Ergebnisse der ESIN lt aktueller Literatur

Obwohl das Prinzip der ESIN von J. Prévot bereits 1977 beschrieben wurde, hat es Jahre gedauert, bis die Anerkennung des Verfahrens zu einer breiten Anwendung führte. Mittlerweile gibt es zahlreiche Studien, die das Verfahren an sich als auch die klinischen Auswirkungen analysieren. Die Ergebnisse der aktuellen Studien aus den Jahren 2000 bis 2013 dienen unseren Ergebnissen der traditionellen Verfahren als Vergleich. Insgesamt wurden 28 Arbeiten gefunden, die sich mit den klinischen Ergebnissen der ESIN befassen. Meist wurden diese Ergebnisse durch eine klinische und radiologische Messung an Röntgenbildern ermittelt, teilweise auch mittels Sonographie. Lediglich eine Studie führte die Messungen u.a. auch mittels CT durch (81).

Das besondere Augenmerk dieses Vergleichs soll auf den postoperativen Folgen liegen, die ihren klinischen Ausdruck in Beinlängendifferenzen, Rotationsfehlern und Achsfehlstellungen finden.

Die Angaben über die Rate an postoperativen Beinlängendifferenzen zeigen in der Literatur der letzten 13 Jahre mit 0 bis 77,4% eine große Bandbreite. Sie ist u.a. damit begründet, dass das Alter der Kinder zum Zeitpunkt der OP starke Unterschiede aufweist (und damit die verbleibende Zeit bis zum Wachstumsabschluss), der Nachuntersuchungszeitraum sehr variabel ist und es beispielsweise auch kein einheitliches Messverfahren gibt. Auch wenn die Angaben über die Häufigkeit derart unterschiedlich sind, so ist damit noch keine Aussage über die klinische Relevanz eines Längenwachstums getroffen. Wird die Literatur vor diesem Hintergrund beleuchtet, so sieht man doch eine recht große Übereinstimmung darin, dass Beinlängendifferenzen zwar durchaus häufig vorkommen, das mit durchschnittlich 0,5cm bis 1,0cm angegebene Längenwachstum klinisch jedoch nicht relevant ist. Eine abschliessende Beurteilung ist durch den oft kurzen Zeitraum bis zur Nachuntersuchung in den

meisten Studien noch nicht möglich. Lediglich LOHIYA konnte zeigen, dass gut 5% der Patienten klinisch relevante Beinlängendifferenzen entwickeln (53). Inwieweit sich Langzeitergebnisse von den jetzigen unterscheiden, lässt sich angesichts der Tatsache, dass Studien nach langjährig zurückliegendem Schluss der Wachstumsfugen noch fehlen, derzeit nicht abschließend beurteilen.

Varus- oder Valgusfehlstellungen spielen in den vorliegenden Studien ebenfalls nur eine untergeordnete Rolle. Zwar tauchen diese Fehlstellungen durchaus regelmäßig auf, allerdings in einem geringen Ausmaß. Über eine klinische Relevanz wird in keiner Arbeit berichtet. Einschränkend gilt jedoch auch hier, dass die meisten Studien noch recht kurze follow-up Zeiten haben.

Etwas kontroverser werden die Ergebnisse der gemessenen Rotationsfehler dargestellt, welche dem Patienten ab einem Ausmaß von ca 10° Probleme machen. Meist liegen sie jedoch darunter und sind klinisch unauffällig. Ob Innen- oder Außenrotationsfehler überwiegen, geht aus den Arbeiten nicht hervor. Die hohe Rate an frühen Rotationsfehlern in der Arbeit von SALEM steht im Gegensatz zu den Ergebnissen nach deutlich längerem follow-up wie beispielsweise von LOHIYA, was ein Hinweis für ein entsprechendes Korrekturpotential der Kinder sein kann (53, 81).

Was Beinlängendifferenzen, Achsfehlstellungen und Rotationsfehler angeht, so liefert die ESIN lt Literatur sehr gute Ergebnisse. Einschränkend muss aber auch gesagt werden, dass sie nicht für jede Fraktur des Oberschenkelchaftes geeignet ist. So ist sie beispielsweise nicht geeignet für offene, mehrfragmentäre oder instabile Brüche oder bei Frakturen die mit einem erheblichem Weichteilschaden einhergehen. Außerdem gibt es Hinweise dafür, dass nicht nur die Frakturmorphologie, sondern auch das Gewicht des Patienten (also unabhängig von dessen Alter) den Einsatz der ESIN einschränkt (18, 112). WESSEL berichtete 2013, dass die ESIN ungeeignet ist für Kinder mit einem Körpergewicht $> 50\text{kg}$ (112). GARNER untersuchte Kinder und Jugendliche bis 87kg Körpergewicht. Schwerere Patienten fielen durch eine verzögerte Frakturheilung und Längenwachstum der fakturieren Extremität auf (18). Als Hauptkomplikation wird übereinstimmend (neben den o.g. klinisch nicht relevanten Wachstumsphänomenen) über Irritationen der Eintrittsstellen berichtet. Außerdem zeigt sich eine äußerst geringe Rate an major-Komplikationen, wie beispielsweise sekundäre Dislokationen, die - bei Einhaltung der OP-Indikation und OP-Prinzipien - sehr selten sind. Insgesamt ist die ESIN also ein komplikationsarmes Verfahren welches aber zur Vermeidung von Komplikationen trotz der Einfachheit der Durchführung eine exakte Indikationsstellung erfordert (2, 6, 4, 67, 75).

Als Nachteil der ESIN muss, wie bei anderen operativen Verfahren auch, die Notwendigkeit eines Zweiteingriffs zur Metallentfernung angesehen werden. Außerdem erfordert das Verfahren eine hohe intraoperative Strahlenexposition, insbesondere beim Einbringen der Nägel als auch bei der Frakturpassage. Im Verlauf der Nachbehandlung sind

weitere Röntgenbilder nötig. Leider fehlen in den Studien Angaben über die erforderliche Anzahl von Röntgenbildern bis zum Behandlungsabschluss.

Abgesehen davon liefern die Studien, die die Daten über die ESIN für diesen Vergleich liefern, meist nur geringe Fallzahlen und sehr kurze Zeiten bis zur Nachuntersuchung. Echte Langzeitstudien fehlen. Außerdem steht noch kein einheitliches Maßverfahren zur Verfügung. Eine abschliessende Beurteilung des Verfahrens wird erst dann möglich sein, wenn die genannten Kritikpunkte beseitigt sind.

4.5 Kritische Bewertung

In der vorliegenden Arbeit lautet die grundlegende Frage, ob die ESIN, die heute bei kindlichen Oberschenkelchaftfrakturen als Standardverfahren eingesetzt wird, hinsichtlich späterer Fehlstellungen den früher standardmäßig angewandten konservativen (Beckenbeingips, Overheadextension, Weber-Bock) und operativen Verfahren (Plattenosteosynthese, Fixateur externe) langfristig überlegen ist.

Unabhängig von den klinischen Ergebnissen soll auch geklärt werden, welches der genannten Verfahren komfortabel genug ist, um als kindgerechtes Therapieverfahren dem kleinen Patienten und seinen Eltern zumutbar ist.

Hierzu wurden zwei Gruppen gebildet. Aus dem eigenen Krankengut bilden 70 Kinder die erste Vergleichsgruppe. Diese 70 Kinder wurden deshalb ausgewählt, weil sie alle nach heutigen Maßstäben mittels ESIN versorgt würden. In den Jahren 1985 bis 1996 wurden sie in der Marburger Universitätsklinik mit damals üblichen konservativen und operativen Verfahren behandelt. Die klinisch, radiologisch und kernspintomografisch ermittelten Untersuchungsergebnisse wurden sowohl mit den Ergebnissen der damals aktuellen Literatur verglichen als auch - insbesondere - mit denen der ESIN aus der aktuellen Literatur von heute.

Es handelt sich daher um einen historischen Vergleich. Zur Nachuntersuchung standen damals wie heute verschiedene Verfahren zur Verfügung. Sowohl die klinische als auch die sonographische Untersuchung sind ungenau und lassen nur unzureichend Rückschlüsse auf exakte anatomische Verhältnisse zu. Radiologische Verfahren wie das konventionelle Röntgen und die Computertomografie haben den Nachteil einer Strahlenbelastung. Außerdem sind die Messpunkte zur Bestimmung von Beinlängen, Achs- und Rotationsfehlern nicht allgemeingültig definiert. Die Computertomografie war, wie auch die Kernspintomografie in den 80er Jahren noch nicht überall verfügbar. Mit der Kernspintomografie wird zwar das Problem der Strahlenbelastung umgangen, die Problematik der nicht einheitlich festgelegten Messpunkte bleibt.

Werden nun diese Werte tabellarisch aufgelistet und verglichen, ist eine Gegenüberstellung der Ergebnisse zusätzlich durch die unterschiedlichen Beobachtungszeiträume erschwert. Da die untersuchten Fehlstellungen gerade am kindlichen Organismus in Abhängigkeit des Alters einer mehr oder weniger starken Korrekturpotenz unterliegen, sollten

Langzeitergebnisse angestrebt werden, die jedoch nur in sehr wenigen Studien vorhanden waren.

Ein weiteres Problem der Studien aus der damaligen Zeit bestand darin, dass neben geringen Fallzahlen Fehlstellungen oftmals unabhängig von einer klinischen Relevanz ermittelt wurden. Während heutzutage eine Beinlängendifferenz $>1\text{cm}$ sowie eine Achs- oder Rotationsfehlstellung $>10^\circ$ als klinisch relevant gelten, lassen viele Studien, die postoperativen Fehlstellungen ermitteln, eine derartige Differenzierung vermissen.

Ein Vergleich von Kindern, die sich eine Mono-Verletzung zugezogen haben mit solchen, die diese Verletzung im Rahmen eines Polytraumas erlitten haben ist ebenfalls kritisch zu betrachten. Zwar wurden aus unserem eigenen Krankengut nur Kinder mit einer Mono-Verletzung in die Vergleichsgruppe aufgenommen, jedoch finden sich mehrere Studien, die diesen Unterschied nicht machen. So werden letztendlich Ergebnisse aus einem Zentrum der Maximalversorgung mit den Durchschnittswerten aus der Literatur verglichen.

5. Zusammenfassung

Seit Jahren herrscht eine kontroverse Diskussion über die zweckmäßige Therapie der kindlichen Oberschenkelschaftfraktur. Gibt es keine zwingende lokale oder allgemeine Indikation zu einem operativen Verfahren stehen sich im allgemeinen operative und konservative Therapieverfahren gegenüber. Weitgehende Einigkeit besteht in der fast ausnahmslos konservativen Behandlung von Frakturen im Kleinkindesalter. Abgesehen davon lässt sich in der Literatur der letzten Jahre ein Trend über die zunehmend operative Therapie in der Altersgruppe bis 14 Jahre erkennen (Feld 93, Weinberg 94). Begründet wird diese erweiterte Indikationsstellung mit der im Alter abnehmenden Korrekturpotenz, in einer im Vergleich zu konservativen Verfahren verkürzten Immobilisationszeit und einer bei operativen Verfahren geringeren Komplikationshäufigkeit. Neben dem Alter sind spezifische Vor- und Nachteile eines Verfahrens für die Indikation mitbestimmend. Zusätzlich muß ein Verfahren auch hinsichtlich der später zu erwartenden Langzeitergebnisse beurteilt werden. Gerade beim kindlichen Organismus ist diese Überlegung von großer Bedeutung, weil hier die postoperativen Wachstumsphänomene ein bekanntes und nicht zu unterschätzendes Problem darstellen. Sie können auch noch Jahre nach dem Unfallereignis zu Fehlstellungen der betroffenen Extremität (Shapiro 82) oder Haltungsschäden insbesondere an der Wirbelsäule führen.

In den letzten Jahren hat sich mittlerweile die elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN, Syn.: PREVOT-Nagelung) als operatives Verfahren der Wahl etabliert. Die vorher gängigen Verfahren der Plattenosteosynthese, des Fixateur externe sind heute entweder speziellen Indikationen vorbehalten oder nicht mehr Verfahren der Wahl. Diese Studie stellt daher einen Therapievergleich hinsichtlich postoperativer Wachstumsphänomene zwischen der aktuell gängigen ESIN und den konservativen und operativen Verfahren von damals dar. Aus einem Zeitraum von 11 Jahren (01.01.1985 bis 31.12.1995) wurden 146 Kinder mit 148 Oberschenkelschaftbrüchen aus dem eigenen Krankengut in die Studie aufgenommen. Aus dieser Gruppe wurde ein Kollektiv aus 70 Kindern gebildet, die nach heutigen Maßstäben mit der ESIN versorgt würden. Diese Kinder bilden mit ihren Langzeitergebnissen das Kollektiv, welches mit den Ergebnissen der ESIN aus der aktuellen Literatur verglichen wird.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass ein standardisiertes Messverfahren fehlt. Sowohl klinische als auch radiologische Verfahren zeigen methodische Fehler, sodass beide nicht den Wert einer reproduzierbaren Messung haben. Insbesondere die klinische Messung eignet sich allenfalls als screening. Ein Vergleich der Verfahren ist dadurch nur eingeschränkt möglich. So wundert es nicht, dass in den vorliegenden Studien Spätergebnisse von Beinlängendifferenzen, Achsfehlstellungen und Rotationsfehlern bei der Beurteilung oft nur wenig berücksichtigt werden. Außerdem liegen oft nur kleine Fallzahlen vor und echte Langzeitergebnisse fehlen.

Im eigenen Krankengut sind die postraumatischen Beinlängendifferenzen der konservativen Verfahren sind mit denen der operativen Verfahren vergleichbar. Allerdings sind der Weberbock und die Overheadextension komplikationsreiche und langwierige

Verfahren mit unzumutbar schlechtem Komfort. Der Beckenbeingips ist ebenfalls langwierig und pflegeintensiv. Insgesamt lässt sich daher sagen, dass diese Verfahren heute in der untersuchten Altersgruppe nicht mehr zeitgemäß bzw speziellen Indikationen vorbehalten sind.

Bei den operativen Verfahren liefert die Plattenosteosynthese das schlechteste kosmetische Ergebnis, zeigt am häufigsten Längenwachstum und geht mit einer hohen Strahlenbelastung einher.

Die Behandlung im Fixateur geht ebenfalls mit einer hohen Strahlenbelastung einher und führt oft zu einer längeren Heilungsdauer (auch beim Einsatz als Primärverfahren). Zusätzlich sind Pin-Infekte eine häufige, wenn auch beherrschbare Problematik. Die klinischen Ergebnisse sind allerdings im Vergleich zur Plattenosteosynthese gut, sodass der Fixateur das Verfahren der Wahl darstellt, wenn aufgrund von Komplikationen auf ein Zweitverfahren umgestellt werden muss. Auch in Abhängigkeit der Frakturmorphologie und des Weichteilschadens ist die Verwendung des Fixateur externe als Primärverfahren heute noch berechtigt.

Die ESIN ist ein einfach durchzuführendes operatives Verfahren, welches unter strenger Berücksichtigung der Indikationsstellung gute Ergebnisse liefert. Beinlängendifferenzen und Achsfehlstellungen spielen eher eine untergeordnete Rolle. Zwar treten sie oft auf, sind aber nicht zwangsweise klinisch relevant, zumindest nicht zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, denn auch hier fehlen echte Langzeitergebnisse. Allerdings gibt es auch Hinweise dafür, dass die ESIN anfällig ist für frühe, klinisch relevante Rotationsfehler ($>10^\circ$). Gleichermäßen gibt es aber auch Hinweise dafür, dass diese durch das Korrekturpotential des kindlichen Organismus im weiteren Verlauf des Wachstums wieder ausgeglichen werden. Insgesamt sind die klinischen Ergebnisse bezüglich postoperativer Fehlstellung aber deutlich besser im Vergleich zu den anderen operativen und konservativen Verfahren.

Neben den guten klinischen Ergebnissen, tragen auch die guten kosmetischen Resultate und der kurze stationäre Aufenthalt zu einer hohen Akzeptanz dieser Behandlung bei. An Nachteilen ist die hohe Strahlenbelastung zu nennen und die Notwendigkeit eines Zweiteingriffs zur Metallentfernung. Die Grenzen der ESIN zeigen sich bei hohem Körpergewicht der Patienten. Nicht geeignet ist sie für offene, mehrfragmentäre oder instabile Frakturen oder bei erheblichem Weichteilschaden, weshalb trotz der Einfachheit des Verfahrens noch einmal auf die strenge Indikationsstellung hingewiesen werden muss.

Summary

For years, there is a controversial discussion about the treatment of the child's femoral shaft fracture. If there is no local or general indication for a surgical procedure, surgical and conservative methods are facing each other. There is broad consensus in the conservative treatment of fractures of infants. But in the literature of recent years, a trend reveals about the increasingly operative therapy in the age group up to 14 years (Feld 93, Weinberg 94). Reasons lie in the decreasing possibility of correcting malposition, a shorter period of immobilization compared to conservative treatment and a lower complication rate compared to conservative treatment. Specific advantages and disadvantages of a certain method determine the indication as well as the age of the patient. In addition, a method must also be assessed with regard to the later expected long-term results. In children, these considerations are of particular importance because here are the postoperative growth phenomena a known and not to be underestimated problem. Growth phenomena can cause deformities of the limb or attitude spinal damage, even years after an accident (82 Shapiro). In recent years, meanwhile the elastic stable intramedullary nailing (ESIN, Syn.: PREVOT-nailing) has established itself as the operative procedure of choice. Previously common methods like plate osteosynthesis or external fixation today reserved either specific indications or are not the method of choice anymore.

This study demonstrates a comparison between treatment by the currently popular ESIN and conservative and surgical treatments of the past with regard to postoperative growth phenomena.

For a period of 11 years (01.01.1985 to 31.12.1995), 146 children with 148 femoral shaft fractures were treated in the Marburg University Hospital. From this group, a collective of 70 children would be treated by today's standards with the ESIN. These children, with their long-term results, form the group which is compared with the results of ESIN from the current literature.

Basically, it must be noted that a standardized measurement method is missing. Both, clinical and radiological procedures show methodological errors, so that both do not have the value of a reproducible measurement. In particular, clinical measurement is only suitable as a screening. Therefore, a comparison of these methods is limited.

A comparison of the method is characterized restricted. So it is not surprising that in the present studies, therefore the long term results of differences in leg length, axial malalignments and rotation errors are often not taken into account in the assessment. In addition, often there are only small numbers of cases and real long-term results are missing.

In our patients the posttraumatic leg length differences of the conservative methods are comparable to those of surgical procedures. However, the Weberbock and the overhead extension show numerous complications and are lengthy procedures with unacceptable bad comfort. The leg cast is also long and requires a lot of care. Overall, therefore, we can say that these methods are no longer up to date or subject in the target age group specific indications.

The plate fixation provides the worst cosmetic result, showing most growth in length and is accompanied by a high radiation exposure. The treatment in the external fixation is also accompanied by a high radiation exposure and often leads to a longer healing time (even when used as a primary method). In addition, pin-infections are a common, but also easy to treat. The clinical results are good though compared to plate fixation, so that the fixator is the method of choice if it must be converted to a second method due to complications. Also, depending on the fracture morphology and soft tissue trauma, the external fixation is still the method of choice.

ESIN is an easy to perform surgical procedure, which gives good results under strict consideration of the indications. Leg length discrepancy and axial malalignments play a subordinate role. Although they occur often, but are not necessarily clinically relevant, at least not at the time of follow-up, because here are missing real long-term results. However, there is evidence that the ESIN early leads to clinically relevant rotational errors ($>10^\circ$). But there is also evidence that these are corrected again by the correction potential of the child's organism in the course of growth. Overall, the clinical results with respect to post-operative deformity, however, are significantly better in comparison to the other surgical and conservative treatment method.

The good clinical and cosmetic results, and the short hospitalization justify the high acceptance of this method. At disadvantages the high radiation exposure is mentioned and the need for a second operation for nail removal. The limits of ESIN show up at high body weight of the patient. Not suitable it is for open, comminuted or unstable fractures or significant soft tissue damage. Despite the simplicity of the method, therefore, strict indications must be respected.

6. Literatur

1. Anastasopoulos, J.:

Flexible intramedullary nailing in paediatric femoral shaft fractures
Injury. 2010 Jun; 41(6):578-82

2. Baldwin, K.:

Treatment of femur fractures in school-aged children using elastic stable intramedullary nailing:
a systematic review
J Pediatr Orthop B. 2011 Sep;20(5):303-8

3. Bandyopadhyay, R.:

Short term complications of titanium elastic nail in the treatment of diaphyseal fracture of the
femur in children
Open Orthop J. 2013;7:12-7

4. Bar-On E., Sagiv S., Porat S.:

External Fixation Or Flexible Intramedullary Nailing For Femoral Shaft Fractures In
Children
J Bone Joint Surg (Br) 1997; 79-B: 975-8

5. Berman L., Mitchell R., Katz D.:

Ultrasound Assessment Of Femoral Anteversion – A Comparison With Computed
Tomography
J. Bone Joint Surg. [Br] (1987): 268-270

6. Buechsenschuetz, K.E.:

Femoral shaft fractures in children: traction and casting versus elastic stable intramedullary
nailing
J Trauma. 2002 Nov;53(5):914-21

7. Braun W., Markmiller M.:

Müssen Achsenfehler korrigiert werden: Die Grenzen physiologischer Belastung als
Indikation zur Korrekturosteotomie.
Hefte zu „Der Unfallchirurg“, Heft 257, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996

8. Breitfuß H., Muhr G.:

Läßt sich vermehrtes Längenwachstum nach kindlichen Oberschenkelschaftbrüchen
vermeiden?
Unfallchirurg (1988) 91: 189-194

9. Chrestian P.:

Kinderfrakturen

Verlag Hans Huber Bern Stuttgart Toronto 1989

10. Debrunner H.U.:

Orthopädisches Diagnostikum

Georg Thieme Verlag Stuttgart 1978

11. Dietz, H.G.:

Femoral shaft fractures in children

Unfallchirurg. 2011 May;114(5):382-7

12. Dietz, Schmittbecher, Illing:

Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter

Urban & Schwarzenberg 1997; ISBN 3-541-16081-0

13. Dorn U., Hattwich M.:

Die sonographische Beurteilung der Schenkelhalsantetorsion

Z. Orthop. 125 (1987): 634-638

14. Dunn D. M.:

Anteversion Of The Neck Of The Femur – A Method Of Measurement

J. Bone Joint Surg. (1952): 34-B: 181-186

15. Eichler J.:

Methodische Fehler bei Feststellung der Beinlänge und der Beinlängendifferenzen

Orthopädie 1, 14-27 (1972)

16. Elke R., Ebnetter A., Dick W., Fliegel C.:

Die Messung der Schenkelhalsantetorsion mit Ultraschall

Orthop. Praxis 6/1989: 368-370

17. Feld Ch., Gotzen L., Hannich T.:

Die kindliche Femurschaftfraktur in der Altersgruppe 6-14 Jahre – Ein retrospektiver Therapievergleich zwischen konservativer Behandlung, Plattenosteosynthese und externer Stabilisierung

Unfallchirurg (1993): 96: 169-174

18. Garner, M.R.:

Fixation of length-stable femoral shaft fractures in heavier children: flexible nails vs rigid locked nails

J Pediatr Orthop. 2011 Jan-Feb;31(1):11-6

19. Golser K., Resch H., Spermer G., Thöni H.:

Das Längenwachstumsverhalten nach Oberschenkelschaftfraktur im Kindesalter

Unfallchirurgie 17 (1991): 93-99 (Nr. 2)

20. Gresing, T., Rapp, M., Illing, P.:

S1-Leitlinie 006/016: Femurschaftfraktur im Kindesalter

Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie

21. Gross F., Haake H.:

Bestimmung der Genauigkeit und der Fehlerquellen des Rippsteinschen Verfahrens zur Messung der Antetorsion des coxalen Femurendes

Arch. Orthop. Unfall-Chir. 67, 234-243 (1970)

22. Haynes, H.H.:

Skeletal fixation of fractures

Am. J. Surg LIX 25 (1943)

23. Hehl G., Kiefer H., Bauer G., Völck C.:

Posttraumatische Beinlängendifferenzen nach konservativer und operativer Therapie kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen

Unfallchirurg (1993): 96: 651-655

24. Høiseth A., Reikerås O., Fønstelien E.:

Evaluation Of Three Methods For Measurement Of Femoral Neck Anteversion – Femoral Neck Anteversion, Definition, Measuring Methods And Errors

Acta Radiologica 30 (1989) Fasc. 1, 69-73

25. Hofmann von Kapp-herr S., Fischer U., Zügel N., Engelskirchen R.:

Spätergebnisse nach Oberschenkelschaftfrakturen im Kindesalter.

Unfallchirurgie 11 (1985), 28-32 (Nr. 1)

26. Holst A., Thomas W.:

Die Beinlängen- und Beinlängendifferenzmessung mit der Methode der Real-Time-Sonographie.

Orthop. Praxis 9/1989: 547-551

27. Holst A., Thomas W.:

Nichtinvasiv, verlässlich, beliebig oft wiederholbar: die sonographische Beinlängenmessung.

electromedica 56 (1988) Heft 3: 105-109

28. Houshian, S.:

Femoral shaft fractures in children: elastic stable intramedullary nailing in 31 cases

Acta Orthop Scand. 2004 Jun;75(3):249-51

29. Hsin-Nung S., Lian-Mei Ch., Zhon-Liau L., Chun-Hsiung S.:

Treatment Of Femoral Shaft Fractures With The Hoffmann External Fixator In Prepuberty.

J. Trauma (1989): 29: 498-501 (No. 4)

30. Jahna H., Wittich H.:

Konservative Methoden in der Frakturbehandlung.

Urban & Schwarzenberg

31. Jend H. H.:

Die computertomographische Antetorsionswinkelbestimmung – Voraussetzungen und Möglichkeiten.

Fortschr. Röntgenstr. 144,4 (1986): 447-452

32. Jubel, A.:

Experience with elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of shaft fractures in children

Orthopade. 2004 Aug;33(8):928-35

33. Jubel, A.:

Pitfalls and complications of elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of femoral shaft fractures in infancy

Unfallchirurg. 2004 Sep;107(9):744-9

34. Kaelin L., Freiburghaus U., von Laer L., Lampert Ch.:

Extension oder Osteosynthese kindlicher Oberschenkelfrakturen – Erfahrungen mit dem Fixateur externe.

Z. Unfallchir. Vers., Band 83, 1990, Heft 1: 30-37

35. Kane Th. J., Henry G., Furry D.:

A Simple Roentgenographic Measurement Of Femoral Anteversion.

J. Bone Joint Surg. (1992) 74-A: 1540-1542

36. Karaman, O.:

Rotational Malalignment after closed intramedullary nailing of femoral shaft fractures and its influence on daily life

Eur J Orthop Surg Traumatol. 2013 Aug 11.

37. Keller H. W., Huber R., Rehm K. E.:

Die intramedulläre Schienung von Frakturen im Wachstumsalter mit einem neuen Implantat.

Chirurg (1993): 64: 180-184

38. Klein W., Pennig D., Brug E.:

Die Anwendung des unilateralen Fixateur externe bei der kindlichen Femurschaftfraktur im Rahmen des Polytraumas.

Unfallchirurg (1989): 92: 282-286

39. Klein W., Rieger H., Neumann H.-S., Fühner J.:

Unilaterale externe Fixation als ein empfehlenswertes Therapiekonzept der kindlichen Femurfraktur – Indikationen und Langzeitergebnisse.

Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 60. Jahrestagung der DGU, Berlin 1996

40. Krettek C., Haas N., Tscherne H.:

Versorgung der Femurschaftfraktur im Wachstumsalter mit dem Fixateur externe.

Akt. Traumatol. 19 (1989): 255-261

41. Krettek C., Henzler D., Hoffmann R., Tscherne H.:

Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Beinlängen und Beinlängendifferenzen mit Hilfe der Sonographie (Teil 1)

Unfallchirurg (1994) 97: 98-106

42. Krettek C., Koch T., Henzler D., Blauth M., Hoffmann R.:

Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Beinlängen und Beinlängendifferenzen mit Hilfe der Sonographie (Teil 2)

Unfallchirurg (1996) 99: 43-51

43. Kumar, S.:

An evaluation of flexible intramedullary nail fixation in femoral shaft fractures in paediatric age group

J Indian Med Assoc. 2011 Jun;109(6):416-7

44. Kuner E.H., Berwarth H., Lampe H.

Zur Behandlung der Femurschaftfraktur beim Kind – Eine AO-Multicenterstudie
Unfallchirurgie 1998,24: 95-105 (Nr. 3)

45. Kuner E.H., Berwarth H., Lampe H.

Ergebnisse eines Konzeptes für die Behandlung der Femurschaftfraktur beim Kind.
Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 60. Jahrestagung der DGU, Berlin 1996

46. Kraus, R.:

Elastic stable intramedullary nailing in pediatric femur and lower leg shaft fractures:
intraoperative radiation load
J. Pediatr Orthop. 2008 Jan-Feb;28(1):14-6

47. Von Laer L.:

Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter
Georg Thieme Verlag (2012)

48. Von Laer L.:

Die klinische Bedeutung des posttraumatischen Rotationsfehlers nach
Oberschenkelchaftfrakturen im Wachstumsalter
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 158, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982

49. Von Laer L.:

Beinlängendifferenzen und Rotationsfehler nach Oberschenkelchaftfrakturen im
Kindesalter.
Arch. Orthop. Unfall-Chir. (1977) 86: 121-137

50. Von Laer L., Herzog B.:

Beinlängendifferenzen und Rotationsfehler nach Oberschenkelchaftfrakturen im
Kindesalter. Therapeutische Beeinflussung und spontane Korrektur.
Helv. Chir. Acta 45, 17.21 (1978)

51. Von Laer L., Kaelin L., Girard Th.:

Spätresultate nach Schaftfrakturen im Bereich der unteren Extremitäten im
Wachstumsalter.
Z. Unfallchir. Vers. Med. Berufskr., Band 82, 1989, Heft 4, 209-215

52. Von Laer L.:

Grenzen der spontanen Korrekturfähigkeit nach kindlichen Schaftfrakturen der unteren
Extremitäten – therapeutische Konsequenzen.
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 212 (1990), 367-371

53. Lohiya, R.:

Flexible intramedullary nailing in paediatric femoral fractures. A report of 73 cases.
J Orthop Surg Res. 2011 Dec 22;6:64.

54. Lüthi U. K., Engelhardt P., Wber B. G.:

Femurschaftfrakturen im Kindesalter – 25 Jahre Erfahrung mit dem Webertisch.
Z. Unfallchir. Vers. Med. Band 83 (1990), Heft 1, 38-43

55. Maier, M.:

Elastic stable intramedullary nailing of femur fractures in children
Oper Orthop Traumatol. 2008 Oct-Nov;20(4-5):364-72

56. Maier, M.:

Results of femoral shaft fractures in childhood in relation to different treatment modalities
Unfallchirurg. 2003 Jan;106(1):48-54

57. Meißner A., Wennmacher M., Fell M., Häberle H.-J., Ohnesorge I.:

Soll das CT in der Torsionswinkelbestimmung langer Röhrenknochen durch das NMR ersetzt werden?
Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 60. Jahrestagung der DGU, Berlin 1996

58. Miller F., Merlo M., Youhui L., Kupcha P., Jamison J., Harcke H. Th.:

Femoral Version And Neck Shaft Angle.
J. Pediatr. Orthop., Vol. 13, No. 3 (1993): 382-388

59. Morscher E., Figner G.:

Die Messung der Beinlängen.
Orthopäde 1, 9-13 (1972)

60. Morsher E.:

Aetiologie und Klinik der Beinlängenunterschiede.
Orthopäde 1, 1-8 (1972)

61. Müller M.E., Allgöwer M., Schneider R., Willenegger H.:

Manual der Osteosynthesen – AO-Technik.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

62. Mutimer, J.

Assessing leg length discrepancy following elastic stable intramedullary nailing for pediatric femoral diaphyseal fractures
Arch Orth Trauma Surg. 2007 Jul; 127(5):325-30

63. Nascimento, F.P.:

Short hospitalization period with elastic stable intramedullary nails in the treatment of femoral shaft fractures in school children

J Child Orthop. 2010 Feb;4(1):53-60

64. Neugebauer R., Becker U., Stinner A.:

Die Behandlung der kindlichen Oberschenkelfraktur mit dem lateralen Klammerfixateur (Technik, Nachsorge, Ergebnisse).

Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 212 (1990): 363

65. Nordin, S.:

Clinical measurement of longitudinal femoral overgrowth following fracture in children

Singapore Med J. 2001 Dec;42(12):563-5

66. Nutz V., Giebel G. D., Heuser R.:

Schädelhirntrauma und Femurfraktur beim kindlichen Polytrauma.

Unfallchirurg (1986) 89: 539-546

67. Oetiker J., Komorek W., Meyer R.P., Kappeler U.:

Die Prévot-Nagelung, eine elegante Methode.

Unfallchirurg (1996) 99: 327-331

68. Osterwalder A., Beeler C., Huggler A., Matter P.:

Längenwachstum an der unteren Extremität nach jugendlichen Schaftfrakturen.

Unfallheilkunde 82, 451-457 (1979)

69. Park, S.S.:

Risk factors for overgrowth after flexible intramedullary nailing for fractures of the femoral shaft in children

Bone Joint J. 2013 Feb;95-B(2):254-8

70. Parkhill, C.:

The classic. A new apparatus for the fixation of bones after resection and in fractures with a tendency to displacement, with report of cases (Original 1897)

Clin Orthop Relat Res. 1983 Nov; (180):3-6.

71. Pauwels, F.:

Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates

Springer Verlag (1965)

72. Planka, L.:

Magnetic resonance imaging for detection of rotational deformities in children with femoral shaft fractures treated by the ESIN method

Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2010 Feb;77(1):39-42

73. Prévot J.:

L'embrochage élastique stable.

Z. Unfallchir. Vers. Med. Berufskr., Band 82 (1989), Heft 4: 252-260

74. Prévot J., Ligier J. N., Metaizeau J. P., Lascombes P.:

Stabile elastische intramedulläre Schienung bei verschiedenen Frakturlokalisationen.

S. Hofmann von Kapp-herr (Hrsg.), Operationsindikationen bei Frakturen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1987): 276-280

75. Rehli V., Slongo Th.:

Die elastisch stabile endomedulläre Schienung (EES) nach Prévot – eine ideale Methode zur Versorgung kindlicher Schaftfrakturen.

Z. Unfallchir. Vers. Med., Band 84 (1991), Heft 3: 177-181

76. Resch H., Oberhammer J., Wanitschek P., Seykora P.:

Der Rotationsfehler nach kindlicher Oberschenkelschaftfraktur.

Akt. Traumatol. 19 (1989): 77-81

77. Reynolds D. A.:

Growth Changes In Fractured Long –Bones – A Study Of 126 Children.

J. Bone Joint Surg. (1981): 63-B, No. 1: 83-88

78. Rippstein J.:

Zur Bestimmung der Antetorsion des Schenkelhalses mittels zweier Röntgenaufnahmen.

Z. Orthopädie (1955): 86: 345-360

79. Ruby L., Mital M. A., O'Connor J., Patel U.:

Anteversion Of The Femoral Neck – Comparison Of Methods Of Measurements In Patients.

J. Bone Joint Surg. (1979): 61-A, No. 1: 46-51

80. Ryder Ch. T., Crane L.:

Measuring Femoral Anteversion: The Problem And A Method.

J. Bone Joint Surg. (1953): 35-A, No. 2: 321-328

81. Salem, K.H.:

Limb geometry after elastic stable nailing for pediatric femoral fractures
J Bone Joint Surg Am. 2010 Jun;92(6):1409-17

82. Sarka, S.:

Titanium Elastic Nail - Complications in the Treatment of Paediatric Diaphyseal Fracture of Femur
Open Orthopaedics J. 2013, 7, 12-17

83. Saseendar, S.:

Complications and failures of titanium elastic nailing in pediatric femur fractures
Eur J Orthop Surg Traumatol (2010) 20:635-644

84. Schmitt J., Feld Ch., Ivanska-Zelder J., Gotzen L.:

Ein neues standardisiertes und strahlungsfreies Verfahren zur Bestimmung von Längen-, Achs- und Rotationsfehlern am Femur mit Hilfe des MRT.
Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 60. Jahrestagung der DGU, Berlin 1996

85. Schranz P. J., Gultekin C., Colton C.:

External Fixation Of Fractures In Children.
Injury (1992): 23, (2), 80-82

86. Schultz Ph. J.:

Die Darstellung des Torsionswinkels vom Femur mit Hilfe von Röntgenstrahlen.
Z. orthop. Chir. XLIV, Bd. (1924): 325-334

87. Schwarz-Lausten G., Jørgensen F., Boesen J.:

Measurement Of Anteversion Of The Femoral Neck. Ultrasound And Computerised Tomography Compared.
J. Bone Joint Surg. (1989): 71-B, No. 2: 237-240

88. Schwarz N.:

Zur Operationsindikation des Kindes.
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 212 (1990): 372

89. Schwarz N., Leixnering M., Frisee H.:

Behandlungsergebnisse und Indikationen zur Operation bei subtrochanteren Femurfrakturen im Wachstumsalter.
Akt. Traumatol. 20 (1990): 176-180

90. Schwechter, E.M.; Swan, K.G.:

Raoul Hoffmann and His External Fixator

J Bone Joint Surg Am, 2007 Mar; 89 (3): 672 -678.

91. Sela, Y.:

Pediatric femoral shaft fractures: treatment strategies according to age - 13 years of experience in one medical center

J Orthop Surg Res. 2013 Jul 17;8(1):23.

92. Siegmeth, A., Schwendenwein E., Wurms O., Vécsei V.:

Die Oberschenkelschaftfraktur im Kindesalter. Eine kritische Analyse der objektiven und subjektiven Ergebnisse.

Akt. Traumatol. 25 (1995) 261-265

93. Shapiro F.:

Developmental Patterns in Lower-extremity Length Discrepancies.

J. Bone Joint Surg., 64-A, 5, 639 (1982)

94. Slongo Th.:

Der Fixateur externe beim Kind: Eine ideale Methode?

Z. Unfallchir. Vers. Med., Band 83 (1990), Heft 2: 74-80

95. Strecker W., Keppler P., Gebhard F., Kinzl L.: Length And Torsion Of The Lower Limb.

J.Bone Joint Surg (Br) 1997; 79-B:1019-23

96. Strecker W., Franzrep M., Pfeiffer T., Pokar S., Wikström M., Kinzl L.:

Computertomographische Torsionswinkelbestimmung der unteren Extremitäten

Unfallchirurg (1994) 97: 609-613

97. Terjesen T., Anda S.,:

Correspondence to „Clinical Determination Of . . .” by Ruwe et al.

J. Bone Joint Surg. (1993): 75-A, No. 7: 1110-1111

98. Terjesen T., Anda S., Rønningen H.:

Ultrasound Examination For Measurement Of Femoral Anteversion In Children.

Skeletal Radiol. (1993) 22: 33-36

99. van Tets W. F., van der Werken Chr.:

External Fixateur For Diaphyseal Femoral Fractures: A Benefit To A Young Child?

Injury (1991) 23, (3): 162-164

100. Till, H.:

Elastic stable intramedullary nailing (ESIN) provides good long-term results in pediatric long-bone fractures

Eur J Pediatr Surg. 2000 Oct;10(5):319-22

101. Tittel K., Schauwecker F.:

Womit ist die Osteosynthese isolierter kindlicher Femurschaftfrakturen zu rechtfertigen?

Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 212 (1990): 360

102. Trueta, J.:

The influence of blood supply in controlling bone growth.

Bull Hosp Joint Dis 14:147 (1953)

103. Tscherne H., Oestern H.-J.:

Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen

Unfallheilkunde (1982) 85:111-115

104. Tscherne H., Gotzen L.:

Posttraumatische Fehlstellungen

In: Zenker R., Deucher F.: Chirurgie der Gegenwart Band IVa,

Urban Schwarzenberg München 1978, 1-74

105. Wagner R., Weckbach A.:

Komplikationen nach Plattenosteosynthese am Femurschaft

Unfallchirurg (1994) 97: 139-143

106. Waidelich H. A., Strecker W., Schneider E.:

Computertomographische Torsionswinkel- und Längenmessung an der unteren Extremität.

Fortschr. Röntgenstr. 157, 3(1992): 245-251

107. Weber B. G.:

Fractures Of The Femoral Shaft In Childhood.

Injury, Vol. 1, No. 1, (1969): 65-69

108. Weber B.G.:

Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1978

109. Weinberg A. M., Reilmann H., Lampert C., von Laer L.:

Erfahrungen mit dem Fixateur externe bei der Behandlung von Schaftfrakturen im Kindesalter.

Unfallchirurg (1994) 97: 107-113

110. Weiner D. S., Cook A. J., Hoyt Jr. W. A., Oravec Ch. E.:

Computed Tomography In The Measurement Of Femoral Anteversion.
Orthopedics (1978) Vol. 1, No. 4: 299-306

111. Wessel L., Seyfried C.-S., Holland-Cunz ST., Sommer A.:

Gibt es die optimale Osteosynthese der kindlichen Oberschenkelfraktur?
Hefte zu „Der Unfallchirurg“, 60. Jahrestagung der DGU, Berlin 1996

112. Wessel, L.M.:

Femurfrakturen im Adoleszentenalter: Grenzen der ESIN

130. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, München 2013

113. Wessel S., Seyfried C.:

Beinlängendifferenzen nach kindlichen Oberschenkelfrakturen – endgültiges oder passageres Phänomen?

Unfallchirurg (1996) 99: 275-282

114. Willenegger H.:

Ärztliche und wissenschaftliche Hinweise. In: Séquin F., Texhammar R.: Das AO-Instrumentarium

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

115. Wissing H., Buddenbrock B.:

Rotationsfehlerbestimmung am Femur durch axiale Computertomographie im Vergleich zu klinischer und konventioneller radiologischer Bestimmung.

Unfallchirurgie 19 (1993), 145-157 (Nr. 3)

116. Wissing H., Spira G.:

Die Bestimmung von Rotationsfehlern am Femur durch computertomographische Bestimmung des Antetorsionswinkels des Schenkelhalses.

Unfallchirurgie 12 (1986), 1-11 (Nr. 1)

117. Wolff, J.:

Das Gesetz der Transformation des Knochens (Original: 1892)

Reprint: Pro Business, Berlin 2010 ISBN 978-3-86805-648-8

7. Lebenslauf

(wurde für die elektronische Form entfernt)

8. Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrerinnen und Lehrer an der Philipps-Universität Marburg waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Amon, Arnold, Aumüller, Aziz, Basler, Bauer, Baum, Blankenburg, Brandis, Daume, Dombrowski, Drenckhahn, Feddersen, Fischer, Friedrich, Fuhstorfer, Fuhrmann, Fuhs, Golenhofen, Gotzen, Gressner, Griss, Habermehl, Havemann, Heß, Hilgermann, Huffmann, Joseph, Kaffarnik, Kern, Kleinsasser, Klenk, Klein, Klose, Kohl, Kraft, Kretschmer, Kroll, Lange, Lennartz, Lorenz, Maisch, Martin, Massarrat, Netter, Nezrath, Pfab, Pflüger, Pohlen, Renschmidt, Riedmiller, Rieger, Rienhoff, Rodeck, Rothmund, Schlenzka, Schmitz-Moormann, Schüffel, Schulz, Schwerk, Seifert, Seitz, Siegel, Siegrist, Slenczka, Straub, Thomas, Unsicker, Voigt, Wagner, Wiegand, von Wiechert

9. Danksagung

Eine wissenschaftliche Arbeit ist nie das Werk einer einzelnen Person, deshalb ist es jetzt an der Zeit, mich bei allen Menschen zu bedanken, die mir die Erstellung meiner Dissertation ermöglicht haben, insbesondere vor dem Hintergrund der besonderen Problematik, die ihre Fertigstellung fast verhindert hätte.

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. med. Michael Schädel-Höpfner und Herrn Dr. med. Jörn Kunz für den Zuspruch, Ermutigung und Unterstützung, die Arbeit trotz der fast 20-jährigen Zwangspause wieder aufzunehmen und beenden zu können.

Zu ganz besonderem Dank bin ich Herrn Professor Dr. med. Steffen Ruchholtz und Herrn Professor. Dr. med. Vogelmeier verpflichtet, die im gemeinsamen Gespräch den besonderen Hintergrund der Unterbrechung berücksichtigt und schließlich die Wiederaufnahme der Arbeit durch eine aktualisierte Fragestellung ermöglicht haben.

In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch ausdrücklich bei Frau Heidrun Wittkowsky bedanken, die sich geduldig die Problematik angehört und den Kontakt zu Herrn Professor Dr. med. Ruchholtz und Herrn Professor Dr. med. Vogelmeier hergestellt hat.

Herrn Professor Dr. med. Steffen Ruchholtz danke ich sehr für die Betreuung der Arbeit und die konstruktiven Gespräche, für die er mir im weiteren Verlauf immer zur Verfügung stand. Ohne Ihr Engagement, Ihre wertvollen Anregungen und akademischen Ratschläge wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Weiterhin danke ich allen Patienten/ innen und Eltern, deren Bereitschaft zur Nachuntersuchung diese Arbeit erst möglich gemacht haben.

Nicht zuletzt, aber zum guten Schluss ein paar Worte an meine Eltern, Ingrid und Klaus Lömker. Ihr habt in jeglicher Hinsicht den Grundstein für meinen Weg gelegt. Ohne Euch wären das erfolgreiche Studium, meine berufliche Laufbahn und schließlich auch die Dissertation nicht möglich gewesen.

Es ist gar nicht möglich, meine Dankesworte für alles, was ihr mir ermöglicht habt, in wenige Sätze zu fassen, doch wenn ich Euch sage, dass ich Euch liebe, dürften alle Erklärungen gefunden sein.

Euch beiden ist diese Arbeit daher gewidmet - Danke für alles.

10. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Jens Lömker, geb. am 31.07.69 in Lehrte, an Eides Statt, dass gegen mich keine gerichtlichen oder disziplinarischen Strafen verhängt wurden oder Verfahren gegen mich laufen, die zu einer gerichtlichen oder disziplinarischen Strafe führen könnten.

Frankfurt am Main, den 21.07.2016

Jens Lömker

11. Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

„Behandlungsergebnisse kindlicher Oberschenkelschaftfrakturen: Vergleich historischer Therapieverfahren der 80er und 90er Jahre mit den aktuellen Ergebnissen der elastisch stabilen intramedullären Nagelung (ESIN) von heute“

in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Philipps - Universität Marburg / Lahn unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Ich versichere, dass ich sämtliche wörtlichen oder sinngemäßen Übernahmen und Zitate kenntlich gemacht habe.

Mit dem Einsatz von Software zur Erkennung von Plagiaten bin ich einverstanden.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in keinem Publikationsorgan veröffentlicht.

Wehrheim, den 21. Juli 2016

Jens Lömker

Die Hinweise zur Erkennung von Plagiaten habe ich zur Kenntnis genommen, die Angebote der Philipps-Universität zur Plagiatserkennung sind mir bekannt.

Marburg, den 16. August 2016

Univ.-Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz

Geschäftsführender Direktor des Zentrums für Orthopädie und Unfallchirurgie