

Diplomarbeit

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter – Vergleich von ESIN und Fixateur externe

eingereicht von

Katharina Maria Thalhammer

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie

unter der Anleitung von

**Sen. Scientist Priv.- Doz. Dr. Robert Eberl
Dr. Peter Ferlic**

Graz, am 06.03.2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 06.03.2012

Katharina Thalhammer

Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu erleichtern, wird auf die sprachliche Differenzierung männlich- weiblich verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Jedoch möchte ich ausdrücklich festhalten, dass in dieser Schreibweise beiderlei Geschlechter eingeschlossen sind.

Danksagung

Ich möchte mich in dieser Form bei Sen. Scientist Priv.- Doz. Dr. Robert Eberl und Dr. Peter Ferlic bedanken, die mich bei meiner Diplomarbeit unterstützt und mir mit wertvollen Hinweisen und Ratschlägen zur Seite gestanden haben.

Weiterhin danke ich meinen Freunden, die mir immer moralisch zu Seite standen und ein offenes Ohr für meine Anliegen hatten. Ein besonderer Dank gilt einem ganz außergewöhnlichen Menschen, der mich stets fordert und begeistert.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer und tiefer Dank meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht haben, immer hinter mir standen und den nötigen Rückhalt gaben.

DANKE

Zusammenfassung

Einleitung

Femurschaftfrakturen im Kindesalter machen ca. 1,6% aller Frakturen im Kindesalter aus und zählen zusammen mit den Tibiafrakturen und den Unterarmfrakturen zu den häufigsten Verletzungen der langen Röhrenknochen.⁷

Durch eine stetige Weiterentwicklung der Therapie von Femurschaftfrakturen gibt es mittlerweile verschiedene Versorgungstechniken, die alle das Ziel haben, einen guten Kompromiss aus geringer Weichteilschädigung, schneller Mobilisation der Patienten und somit kürzerer Krankenhausaufenthaltsdauer und früherer Wiedereingliederung in die Schule zu finden.¹

In dieser Arbeit wird ein Vergleich von zwei häufigen Operationsmethoden, ESIN (Elastic-Stable- Intramedullary Nailing) und Fixateur externe, in Bezug auf das postoperative Wachstumsverhalten und somit einer eventuellen Beinlängendifferenz und Funktionseinschränkungen durchgeführt.

Material und Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurden mit Hilfe einer retrospektiven Analyse, unter Zuhilfenahme elektronischer Krankenakten, Ambulanzakten und OP- Berichte, alle Patienten erfasst, welche im Zeitraum zwischen 1999 und 2010 an der Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie der Universitätsklinik Graz eine Therapie mittels ESIN nach einer Femurschaftfraktur erhalten haben. Das hieraus gewonnene Patientenkollektiv wurde durch einige Kriterien zusätzlich eingeschränkt. Einschlusskriterien stellten alle mittels ESIN versorgten Femurfrakturen dar, ausgeschlossen wurden alle pathologischen Frakturen. Für diese Studie kamen durch dieses Auswahlverfahren 135 Patienten in Frage. Aus den Patientenakten wurden folgende Parameter erfasst: Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der Verletzung, Frakturtyp, Lokalisation, Verkürzung durch Fraktur, Mechanismus, zusätzliche Verletzungen, Verletzungsursache, Operationsdauer, Komplikationen, Krankenhausaufenthalt, Metallentfernung.

Um die Dokumentation von vorliegenden Beinlängendifferenzen zu vervollständigen, wurden Patienten, bei denen es keine Daten gab, zur ambulanten klinischen Kontrolle

eingeladen. Hierbei wurde eine standardisierte klinische Untersuchung durchgeführt (siehe Anhang).

Die aus dieser Analyse gewonnenen Daten wurden mit Studien über eine operative Versorgung mit Fixateur externe verglichen.

Ergebnisse

Das Patientenkollektiv unserer Untersuchung bestand aus 113 Patienten, von denen insgesamt 61 Patienten einen dokumentierten Eintrag, der sich auf die Beinlänge bezog, hatten. 34 Patienten wiesen eine Beinlängenänderung auf, bei 27 kam es zu keinem Unterschied im Wachstum. Der Bereich der Beinlängenveränderung liegt zwischen einer Verkürzung von -1 cm bis zu einer Beinlängenverlängerung von bis zu 2 cm. Im Mittel kam es zu einer Verlängerung von +0,43 cm.

In einer vergleichbaren Arbeit von Weinberg et al. wurden 121 Patienten nachuntersucht, die eine Operation mittels Fixateur externe hatten. Bei 59 Patienten konnte eine Beinlängendifferenz festgestellt werden. Bei 39 Patienten konnte keine Längendifferenz detektiert werden. Die Spanne der Beinlängendifferenz lag zwischen einer Beinlängenverkürzung von -1 cm bis zu einer Beinlängenverlängerung von + 3cm. Im Durchschnitt kam es zu einer Verlängerung von +0,8cm am operierten Bein.³⁰

Unter der Voraussetzung der Vergleichbarkeit der Daten und unter Berücksichtigung, dass bei 70% aller Menschen eine idiopathische Beinlängendifferenz vorliegt²⁷, ergibt sich, egal, was das Alter, das Geschlecht, die Seitenlokalisation oder die Dauer des Verbleibes des Metalls betrifft, keine Signifikanz des Einflusses der Operationsmethode auf das Beinlängenwachstum nach der Operation.

Abstract

Introduction

Femoral fractures in children make up about 1.6% of all fractures in childhood and are together with tibia and forearm fractures among the most common injuries of long bones. Through a steady advancement in the treatment of femoral shaft fractures, there are now separate treatment techniques. All of them have the aim of reaching a good compromise between low soft tissue damage, find quick mobilization of the patient and so to a shorter hospital stay and earlier reintegration into the school.

In this thesis, a comparison of two common surgical procedures, ESIN (Elastic Stable Intramedullary Nailing-) and external fixation, is made. The postoperative growth patterns and so a possible leg length discrepancy is checked.

Material and methods

For the present thesis a retrospective analysis of electronic medical records, outpatient records and surgical reports was performed. All patients, who in the period between 1999 and 2010, at the Department for Pediatric and Adolescent Surgery at the University Hospital Graz, received a treatment using ESIN for a femoral shaft fracture were recorded. This group of patients was additionally restricted by some more criteria. For example, all pathological fractures were excluded. Through this selection process 135 patients were selected.

From the medical records the following parameters were recorded: gender, age at the time of injury, fracture type, location, shortening by fracture mechanism, associated injuries, cause of injury, operative time, complications, hospital stay and metal removal.

Because the leg lengths were not documented in all the medical records, these patients were invited to a clinical control. In this clinical control, a standardized clinical examination was performed (see Appendix).

The data obtained from this analysis, were compared with data from studies on surgical treatment with fixateur externe.

Results

The patient collective in our study included 113 patients. Thereof 61 patients had a documented record of the leg length. 34 patients had a leg length change. In 27 patients, no difference in growth could be detected. The range of leg length change was between a shortening of -1 cm to a leg length extension of up to 2 cm. The calculated mean was an extension of +0.43 cm.

In a similar work by Weinberg et al., 121 patients, who had a treatment with fixateur externe, were recorded. In 59 patients a leg length discrepancy was found. In 39 patients, no difference in length could be detected. The range of leg length difference was between a leg length shortening of -1 cm to a prolongation of the leg length up to + 3cm. On average, there was an extension of +0.8 cm of the operated leg.

Considering that 70% of all people suffer on an idiopathic leg length discrepancy, there is, independent of age, sex, side, or the retention period of the metal, no significant influence of the surgical procedure on the leg length growth after surgery can be shown.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	4
Zusammenfassung	5
Einleitung	5
Material und Methoden	5
Ergebnisse.....	6
Abstract.....	7
Introduction	7
Material and methods	7
Results	8
Glossar - Abkürzungen.....	12
Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis.....	14
Diagrammverzeichnis.....	14
1. Wachstum.....	16
1.1. Allgemeines.....	16
1.2. Knochenbildung	16
1.2.1. Desmale Ossifikation.....	17
1.2.2. Chondrale Ossifikation.....	17
1.3. Funktioneller Bau des Knochens.....	18
2. Anatomie des Femur.....	20
2.1. Allgemeines.....	20
2.2. Funktionelle Anatomie	22
2.2.1. Articulatio coxae.....	22
2.2.2. Bewegungsumfang des Art. coxae	22
2.2.3. Articulatio genus	23
2.2.4. Bewegungsumfang des Art. genus	24

3. Klassifikation von Frakturen im Kindesalter bzw. am wachsenden Knochen	25
3.1. AO- Klassifikation für Frakturen im Kindesalter	25
3.2. Li-La- Klassifikation für Frakturen im Kindesalter	28
3.3. Gegenüberstellung	30
4. Diagnostik	31
5. Therapieoptionen	33
5.1. Konservative Therapie	33
5.2. Operative Therapie	34
5.2.1. Osteosyntheseverfahren	35
5.2.1.1. Elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN)	35
5.2.1.2. Fixateur externe	38
6. Nachbehandlung	39
7. Metallentfernung	40
8. Wachstumsstörungen	41
8.1. Stimulative Wachstumsstörungen	41
8.1.1. Partielle Stimulation einer Wachstumsfuge	42
8.2. Hemmende Wachstumsstörungen	42
8.2.1. Vollständiger vorzeitiger Verschluss der Epiphysenfuge	42
8.2.2. Partieller vorzeitiger Verschluss der Epiphysenfuge	43
9. Korrekturmechanismen des kindlichen Skeletts	43
9.1. Korrekturen in der Frontal- bzw. Sagittalebene	43
9.2. Korrekturen von Verkürzungen	44
9.3. Korrektur von Rotationsfehlern	44
10. Einleitung	46
10.1. Gangbild bzw. Gangstörungen	47
10.2. Beinlängendifferenz	48
10.3. Neutral- Null- Methode	49

11. Methodik.....	50
11.1. Klinische Untersuchung	51
12. Ergebnisse.....	52
12.1. Alters- und Geschlechtsverteilung.....	52
12.2. Unfallursache.....	54
12.3. Begleitverletzungen	55
12.4. Dauer des stationären Aufenthaltes	56
12.5. Komplikationen	57
12.6. Jahresübersicht	57
12.7. Metallentfernung	58
12.8. Beinlängendifferenz.....	59
12.9. Follow- Up- Untersuchung.....	61
13. Diskussion	62
13.1. Vergleich ESIN – Fixateur externe	65
14. Schlussfolgerung	68
Anhang	69
Literaturverzeichnis	78

Glossar - Abkürzungen

ca.	zirka
z.B.	zum Beispiel
M.	Musculus
Lig.	Ligamentum
Art.	Articulatio
bzw.	beziehungsweise
a.p.	anterior posterior
MRT	Magnetresonanztomographie
CT	Computertomographie
ESIN	Elastic stable intramedullary nailing
OP	Operation
n	Anzahl
VLC	Vulnus lacero- contusum
usw.	und so weiter
et al.	und andere

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Epiphysenfuge [Niethard, F. (2010). <i>Kinderorthopädie</i>].....	17
Abbildung 2: a. Zeitpunkt des Auftretens der Ossifikationskerne an Femur und Hüfte; b. Zeitpunkt des Fugenschlusses an Femur und Hüfte [Tscherne, H., & Weinberg, A.-M. (2006). <i>Unfallchirurgie im Kindesalter, Untere Extremität, Körperhöhle, Besonderheiten des kindlichen Skeletts</i> (Bd. II). Springer Verlag].....	19
Abbildung 3: Antetorsionswinkel [Schünke, M. (2000). <i>Funktionelle Anatomie - Topographie und Funktion des Bewegungssystems</i> . Thieme Verlag]	21
Abbildung 4: Bewegungsumfang Art. coxae; links: Bewegung in der Sagittalebene; Mitte: Bewegung in der Frontalebene; rechts: Bewegung in der Transversalebene [Putz, R., & Pabst, R. (2000). <i>Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen</i> (21. Ausg.). Urban & Fischer Verlag].....	23
Abbildung 5: Bewegungsumfang Art. genus; links: Bewegung in der Sagittalebene; rechts: Bewegung in der Transversalebene [Putz, R., & Pabst, R. (2000). <i>Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen</i> (21. Ausg.). Urban & Fischer Verlag].....	24
Abbildung 6: Knochen und Segment [Marzi, I. (2010). <i>Kindertraumatologie</i> (2. Ausg.). Springer Verlag].....	26
Abbildung 7: Einteilung epiphysärer Frakturen [Marzi, I. (2010). <i>Kindertraumatologie</i> (2. Ausg.). Springer Verlag].....	27
Abbildung 8: Festlegung metaphysärer Frakturen [Marzi, I. (2010). <i>Kindertraumatologie</i> (2. Ausg.). Springer Verlag].....	27
Abbildung 9: Einteilung diaphysären Frakturen (D). D/1 Bowing- Fraktur; D/2 Grünholzfraktur; D/4 komplette Fraktur gerade, weniger als 30°; D/5 komplette Fraktur schräg, mehr als 30°; D/6 Monteggia Fraktur; D/7 Galiazzi Fraktur; [Marzi, I. (2010). <i>Kindertraumatologie</i> (2. Ausg.). Springer Verlag].....	28
Abbildung 10: Aszendierende Technik [Tscherne, H., & Weinberg, A.-M. (2006). <i>Unfallchirurgie im Kindesalter, Untere Extremität, Körperhöhlen, Besonderheiten des kindlichen Skeletts</i> (Bd. II). Springer Verlag]	36
Abbildung 11: Deszendierende Technik [Tscherne, H., & Weinberg, A.-M. (2006). <i>Unfallchirurgie im Kindesalter, Untere Extremität, Körperhöhlen, Besonderheiten des kindlichen Skeletts</i> (Bd. II). Springer Verlag]	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: LILA- Klassifikation im Überblick	29
Tabelle 2: Altersverteilung	53
Tabelle 3: Jahresverteilung der Operationen	57
Tabelle 4: Verteilung der Beinlängendifferenzen	59
Tabelle 5: Beinlängendifferenzen.....	67

Diagrammverzeichnis

Figure 1: Anzahl der Patienten in Prozent.....	52
Figure 2: Altersverteilung männliche Patienten- weiblich Patienten	53
Figure 3: Verletzungsursache	55
Figure 4: Stationärer Aufenthalt.....	56
Figure 5: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung	58
Figure 6: Beinlängendifferenz	60
Figure 7: Geschlechtsspezifische Aufteilung	60
Figure 8: Patientenkollektivvergleich.....	67

Allgemeiner Teil

1. Wachstum

1.1. Allgemeines

Der Knochen ist eines der härtesten Materialien des menschlichen Körpers, der gleichzeitig ein hohes Maß an Belastbarkeit und Dehnbarkeit aufweisen muss. Dies wird durch die besondere Bauweise des Knochens erreicht. ⁸

Betrachtet man die chemische Zusammensetzung eines Knochens so erkennt man, dass er aus drei Grundkomponenten aufgebaut ist: dem organischen Anteil, mehrheitlich bestehend aus kollagenen Fasern, den anorganischen Bestandteilen wie Calciumphosphat zu ca. 85%, Calciumkarbonat zu ca. 10%, Calciumchlorid, Calciumfluorid und Alkalisalzen und Wasser. ^{29(p29)}

Um die höchst mögliche Qualität für die jeweilige Belastbarkeit bzw. Leichtigkeit und Aufgabe des entsprechenden Knochens zu gewährleisten, werden diese Komponenten, auch in Abhängigkeit vom Alter, in unterschiedlicher Weise kombiniert. ⁸

1.2. Knochenbildung

Die Bildung und Entwicklung des Knochens kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen.

Die mehrheitliche Anzahl der Knochen wird als sogenanntes Primordialskelett bereits im Embryonalstadium als Knorpel angelegt. Da eine direkte Umwandlung von Knorpel in Knochen nicht möglich ist, wird bereits ab der 7. – 8. Embryonalwoche mit dem Abbau der Knorpelsubstanz begonnen und an dessen Stelle zunächst Mesenchym bzw. Bindegewebe angesiedelt, welches das Ausgangsmaterial für die Bildung des Knochens darstellt. Der hier beschriebene Vorgang wird als indirekte (chondrale) Ossifikation bezeichnet, so entsteht der sogenannte Ersatzknochen. Dieser Vorgang beginnt zeitlich etwas später als die direkte (desmale) Ossifikation.

Der Entwicklungsvorgang der desmalen Ossifikation läuft nicht über die Vorstufe des Knorpels ab. Hier entstehen direkt aus dem embryonalen Bindegewebe die Deck- oder Belegknochen, auch Bindegewebsknochen genannt. ^{29(p30)}

1.2.1. Desmale Ossifikation

Im Zuge der desmalen Ossifikation wandeln sich die Mesenchymzellen in Osteoblasten um. Diese Zellen bilden das Osteoid, welches verkalkt und so einen geflechtartigen Knochen, den Faserknochen, bildet. Die kollagenen Fibrillenbündel, die ebenfalls von den Osteoblasten ausgeschieden werden, durchziehen den Faserknochen in verschiedenen Richtungen. Durch Umbau- bzw. Abbauvorgänge entsteht der Lamellenknochen.^{29(pp30,31)}

1.2.2. Chondrale Ossifikation

Bei der chondralen Ossifikation kann zusätzlich, in Abhängigkeit ob der Ersatz des Knorpels von innen oder von außen her erfolgt, zwischen der enchondralen und der perichondralen Ossifikation unterschieden werden. Bei der perichondralen Verknöcherung entsteht ein geflechtartiger Bindegewebsknochen, welcher in einen Lamellenknochen umgebaut werden muss. Die Osteoblasten kommen hier aus der Knorpelhaut (Perichondrium), einer zell- und gefäßreichen Schicht, die den Schaft des knorpeligen Skelettstückes als Knochenmanschette umschließt. Das Perichondrium wird zu Periost, aus welchem Blutgefäße in die Knochenmanschette einwachsen. Die Knorpelgrundsubstanz wird nach der Verkalkung von den Mesenchymzellen (Chondroklasten) teilweise abgebaut. Dadurch entsteht die primäre Markhöhle. Ab dem 5. Fetalmonat wandelt sich das primäre Knochenmark in ein blutbildendes sekundäres Knochenmark um.

Durch Einsprossen der Blutgefäße in die knorpelige Epiphyse entsteht im Zentrum ein enchondraler Knochenkern. Dieser wächst radiär, bis nur mehr eine Zone zwischen dem Übergang zur Diaphyse bestehen bleibt. Diese Zone ist die Epiphysenfuge.^{29(pp31,32)}

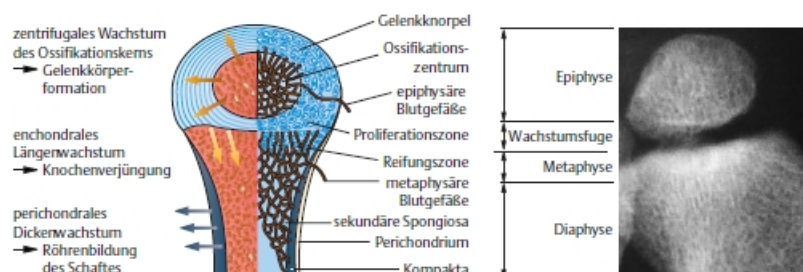


Abbildung 1: Aufbau der Epiphysenfuge¹⁸

Das Längenwachstum des Röhrenknochens erfolgt solange Knorpel gebildet wird. Der Stimulus zur Bildung des Knorpels kommt durch das interstitielle Wachstum zustande. Das Breitenwachstum wird von Osteoblasten durch Knochenanbau gewährleistet. Gleichzeitig dazu wird von Osteoklasten der Knochen von innen her abgebaut.^{29(p32)}

1.3. Funktioneller Bau des Knochens

Das Gesetz von Roux besagt, dass mit einem Minimum an Material ein Maximum an Leistung erbracht wird. („Maximum- Minimum – Prinzip“, *W. Roux*, 1895)

Nach diesem Prinzip sind auch Knochen aufgebaut. Ein Knochen besteht außen aus der Compacta (Substantia corticalis) und innen aus der Spongiosa. Um ein Maximum an Stabilität zu erreichen, muss die Compacta an den am meisten beanspruchten Stellen besonders stark sein. In weniger beanspruchten Bereichen wird die Compacta schmaler ausgebildet. Zusätzlich muss die Spongiosa durch strukturelle Anpassung, wie die spezielle Anordnung der Bälkchen, Stabilität gewährleisten.

Im Falle des Femur, welcher an seinem proximalen Ende nicht nur auf Druck bzw. Zug sondern auch auf Biegung beansprucht wird, überschneiden sich die Spongiosabälkchen spitzbogenartig.^{29(pp34,35)}

Bereits in der 7. Fetalwoche beginnt die Ossifikation des Femur nach dem oben erklärten Prinzip.

Die Entwicklung der Epiphysenkerne beginnt bereits vor der Geburt mit dem Kern des distalen Femur. Diese Wachstumsfuge verschließt sich beim weiblichen Geschlecht um das 17., beim männlichen Geschlecht, etwas später, um das 19. Lebensjahr. Die beiden proximalen Knochenkerne entstehen erst zwischen dem 4. und 7. Lebensmonat. Auch hier gibt es geschlechtliche Unterschiede, jene der Mädchen bilden sich um 1-3 Monate früher als jene der Buben. Der Schluss dieser Fuge findet um das 18. Lebensjahr statt. Ab dem 3. Lebensjahr entsteht der Knochenkern des Trochanter major. Dieser fusioniert schon ca. um das 16. Lebensjahr.^{24(p636)}

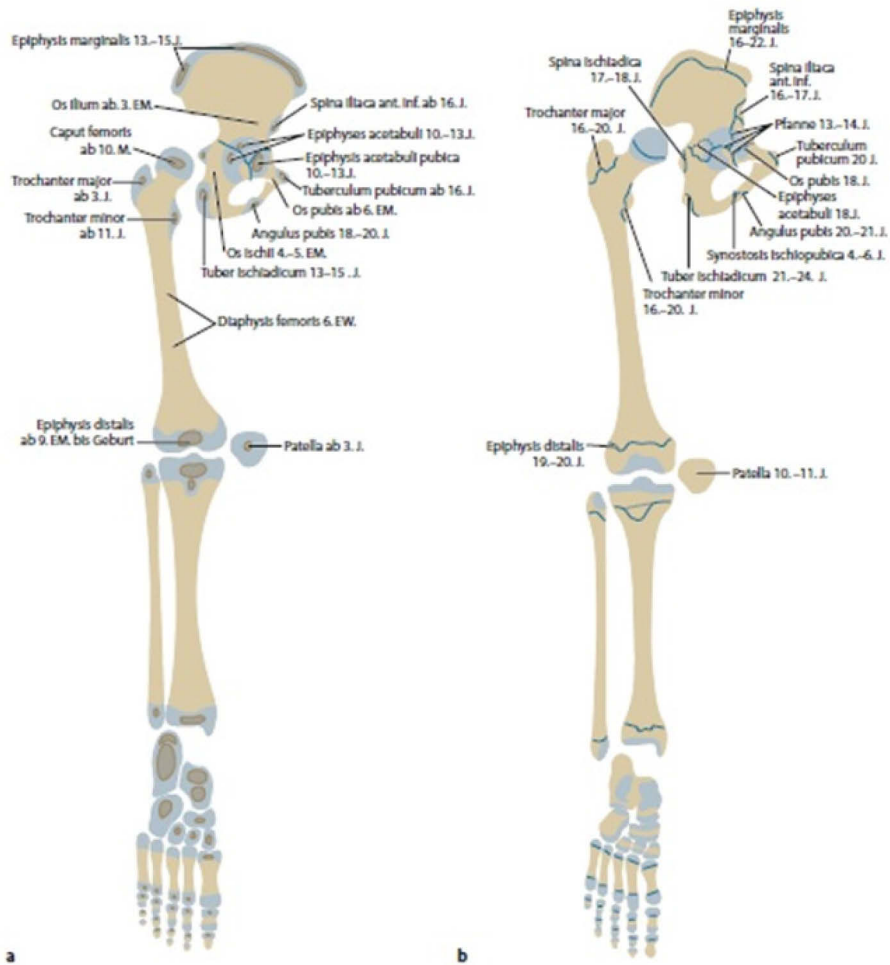


Abbildung 2: a. Zeitpunkt des Auftretens der Ossifikationskerne an Femur und Hüfte; b. Zeitpunkt des Fugenschlusses an Femur und Hüfte²⁴

Die Länge des Femur beträgt bei der Geburt ca. 9 cm. Die endgültige Länge dieses Knochens liegt bei Abschluss des Wachstums und somit dem Schluss der Epiphysenfugen bei ca. 45 cm. Das Wachstum des Femur geht zu 70% von der distalen Epiphysenfuge aus, die proximale trägt nur zu 30% zum Längenwachstum bei.^{18(p69)}

2. Anatomie des Femur

2.1. Allgemeines

Der Oberschenkelknochen (Os femoris) stellt als größter Röhrenknochen des Körpers den proximalen Teil der Pars libera membri inferioris dar. Die Einteilung des Femur erfolgt in die Extremitas proximalis, das Corpus femoris und die Extremitas distalis.^{20(p192)}

Zugehörig zu der Extremitas proximalis schließt das Caput femoris an, welches mit seinem kugelförmigen Kopf in Richtung cranial, medial und ventral zeigt. Der mit Knorpel überzogene Kopf weist eine kleine Einkerbung auf, an welcher das Ligamentum teres ansetzt. Das Collum femoris, welches das Caput femoris mit dem Corpus femoris verbindet, weist abhängig vom Alter verschiedene Winkel auf.⁸

Dieser Schaft- Hals- Winkel, auch Centrum- Collum- Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel) genannt, macht im Zuge des Wachstums eine Veränderung durch. Beginnend im 4. bis 5. Embryonalmonat beträgt er 137° , verkleinert sich im Verlauf bis um den 9. Schwangerschaftsmonat auf 129° und steigt zum Zeitpunkt der Geburt wieder auf 137° an. Vom Säuglingsalter bis zum Erwachsenen nimmt der Winkel stetig von 145° bis ca. 126° ab, beim alten Menschen beträgt er nur mehr etwa 120° .^{16(pp276,277)}

Eine weitere wichtige Beschreibung der Achsen am Oberschenkel erfolgt durch den sogenannten Antetorsionswinkel. Um diesen Winkel darzustellen, wird eine gedachte Linie durch die beiden Femurcondylen und durch die Schenkelhalsachse gelegt. Werden nun diese zwei Achsen direkt übereinander gelegt, ergibt sich beim Neugeborenen der sogenannte Antetorsionswinkel von 30° - 40° . Dieser nimmt im Laufe des Wachstums bis zum Erwachsenenalter stetig ab und erreicht schließlich ca. 12° . Die Antetorsion des Femur erlaubt es, dass z.B.: bei Sitzen der Femurkopf nicht am Pfannendach anstößt.^{22(pp319-321)}

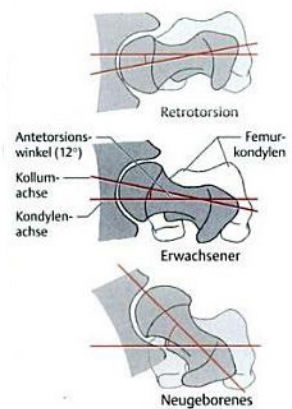


Abbildung 3: Antetorsionswinkel ²²

Die beiden Trochanteren, Trochanter major und Trochanter minor, stellen einen wichtigen Ansatzpunkt der Muskulatur dar. Der Trochanter major entspricht in seiner Form einer ungleichförmigen vierseitigen Erhebung, welche leicht seitlich und nach hinten weist. Auf seiner nach lateral zeigender Fläche befindet sich eine von posterior- superior nach anterior- inferior laufende Eindellung, an welcher die Sehne des M. gluteus medius ansetzt. Distal der medialen Fläche ist die Fossa trochanterica gelegen, welche als Ansatzstelle der Sehne des Musculus (M.) Obturatorius externus dient, der M. Obturatorius internus und die Mm. Gemelli setzen proximal davon an. Der Trochanter minor weist eine eher kegelförmige Gestalt auf, an der die Sehne des M. Psoas major ansetzt. Vom Tuberculum quadratum medial und distal gelegen, beginnt die Christa intertrochanterica. Ihr oberer Teil bietet Halt für das Ligamentum (Lig.) iliofemorale, der untere Teil dient als Ursprung des Vastus medialis.

Das Corpus femoris ist annähernd zylindrisch und weist 3 Kanten auf, die jeweils drei Flächen abteilen.

An der Rückseite des Knochens bildet die Linea aspera die hintere Kante, welche beginnend mit der Tuberositas glutea, an der Teile des M. Gluteus maximus ansetzen, nach distal reichend bis zur Aufteilung im mittleren Drittel in ein Labium mediale et laterale. Diese zwei Labien, an denen jeweils der Vastus medialis an der medialen Seite und der Vastus lateralis an der lateralen Seite seinen Ursprung nimmt, gehen in die Linea supracondylaris medialis et lateralis über und bilden in ihrer dreieckigen Innenfläche die Facies politea.

Die Extremitas distalis gleicht in ihrer Form am ehesten einem Rechteck. Zwischen beiden Condylus medialis et lateralis befindet sich an der Vorderseite die Facies patellaris und an der Rückseite die Fossa intercondylaris. An deren distalen und ventralen Seite der

medialen Wand setzt das Lig. cruciatum posterius an, an der proximalen und dorsalen Seite der lateralen Wand das Lig. cruciatum anterius. Am konvexen Epicondylus medialis setzt das Lig. collaterale tibiale an, an seinem proximalen Rand befindet sich das Tuberculum adductorium, an Epicondylus lateralis setzt das Lig. collaterale fibulare an.⁸

2.2. Funktionelle Anatomie

2.2.1. Articulatio coxae

Das Hüftgelenk (Art. coxae) besteht aus dem Femurkopf (Caput femoris) und dem Acetabulum und ist durch seinen charakteristischen Bau und seiner Funktion ein Kugelgelenk (Articulatio spherioidea). Die Oberfläche des Caput femoris ist mit einem hyalinem Knorpel überzogen, das Acetabulum wird nur mit einem bogenförmigen Knorpel ausgekleidet, der Facie lunata. Die Gelenkkapsel (Capsula articularis) ist an einer kurzen Strecke mit dem Rand des Acetabulums, weiter am äußeren Rand des Labrums bis an der Unterseite am Lig. transversum acetabuli verbunden. Am Femur umschließt es den Hals und ist an der Linea intertrochanterica an der Vorderseite und an der Rückseite ca. 1.25 cm oberhalb der Crista intertrochanterica vereint. Die Fasern der Kapsel verlaufen teils zirkulär und bilden eine Art Bund. Sie sind hauptsächlich am unteren und hinteren Teil der Kapsel lokalisiert, die longitudinal verlaufenden Fasern am oberen und vorderen Teil der Kapsel werden durch Bänder noch zusätzlich verstärkt.⁸

2.2.2. Bewegungsumfang des Art. coxae

Da die Hüfte in ihrer Form ein Art. spherioidea darstellt und eine gute knöchernen Führung aufweist, erlaubt es Bewegungen in der Sagittal-, Frontal- und Transversalebene.⁸

Die Bewegung entlang der Axis transversalis lässt die Extension bzw. Flexion zu, mit einem Ausmaß von 10°-12° bei der Extension und 130°-140° bei der Flexion. Die Abduktion bzw. Adduktion, die Bewegung um die Axis sagittalis beträgt 30°-45° bei der Abduktion und lässt 20°-30° bei der Adduktion zu. Der Drehpunkt bei der Rotation ist die Axis longitudinales, hier wird unterschieden ob der Bewegungsumfang im gebeugten oder gestreckten Zustand vermessen wird. Im 90° abgewinkelten Zustand der Hüfte, beträgt der maximale Bewegungsumfang bei der Außenrotation 40° -50°, bei der Innenrotation 30°-

45°. Die Außenrotation erreicht bei gestreckter Hüfte 30°-40° und bei der Innenrotation 40°-50°. ^{21(p314),11(p26),22(p322)}



Abbildung 4: Bewegungsumfang Art. coxae; links: Bewegung in der Sagittalebene; Mitte: Bewegung in der Frontalebene; rechts: Bewegung in der Transversalebene ²¹

2.2.3. Articulatio genus

Das Kniegelenk (Art. genus) ist aufgrund seines speziellen Aufbaus ein sogenanntes Dreh-Scharniergelenk (Trochoginglymus). Es ist aus 3 gelenkigen Verbindungen aufgebaut, dem Kniekehlgelenk (Art. femorotibialis), dem Kniescheibengelenk (Art. femoropatellaris) und dem anatomisch dazugehörenden Gelenk zwischen Tibia und Fibula (Art. tibiofibularis). Ein Zusammenspiel dieser 3 Gelenke mit den dazugehörenden Bändern und Menisci ermöglicht die Bewegung im Kniegelenk.

Das Ligamentum patallae ist ein flaches Band, welches als Sehne des Musculus quadrizeps femoris die Patella einschließt und an der Tibia ansetzt. Die beiden Seitenbänder Lig. collaterale tibiale, das am oberen Rand der Fossa intercondylaris und an der Rückseite des Femurs ansetzt und bis an den hinteren Rand des Tibiakopfes reicht und dem Lig. fibulare, welches vom Condylus medialis bis zur medialen Fläche des Tibiaschaftes reicht, schützen das Knie vor dem seitlichen Aufklappen. In Abhängigkeit des Ansatzortes an der Tibia wird das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum anterior) vom hinteren Kreuzband (Lig. cruciatum posterior) unterschieden. Die Ansatzstelle des Lig. cruciatum anterior befindet sich an der Eminentia intercondylaris tibiae und ist nach einem aufwärts, rückwärts und lateralwärtigen Verlauf am hinteren Rand des lateralen Condyls des Femurs befestigt. Im Vergleich zum vorderen Kreuzband verläuft das hintere Kreuzband ausgehend von der Fossa intercondylaris tibiae an der hinteren Seite nach Kreuzung des vorderen Bandes bis an dem seitlichen vorderen Anteil des medialen Condyl. ⁸

2.2.4. Bewegungsumfang des Art. genus

Funktionell, wie oben bereits erwähnt, stellt das Art. genus eine Trochoginglymus dar. Die Bewegung in der Sagittalebene um die Axis transversalis, welche in diesem Fall eine wandernde Achse ist, beträgt für die Extension 5° - 10° und für die Flexion 120° - 150° . Die ersten 20° - 30° beim Vorgang der Flexion passiert, in dem die beiden Femurcondylen eine Rollbewegung durchführen und am dorsalen Viertel des Tibiakopf zu liegen kommen, anschließend bei zunehmender Flexion bleibt die Achse konstant und die Condylen drehen an Ort und Stelle. Zum Erreichen der maximalen Flexion gleiten die Femurcondylen in ihre Endposition am dorsalen Ende des Tibiakopfes. Die Achse wandert während der Extension vorwärts und während der Flexion rückwärts. Bei 90° flektiertem Knie ist eine Innen bzw. Außenrotation möglich. Diese Bewegung um die Axis longitudinalis bezieht sich bei der Rotation interna um 10° und bei der Rotation externa um 30° - 40° .^{8,21(p322),22(pp358-360),11(p27)}

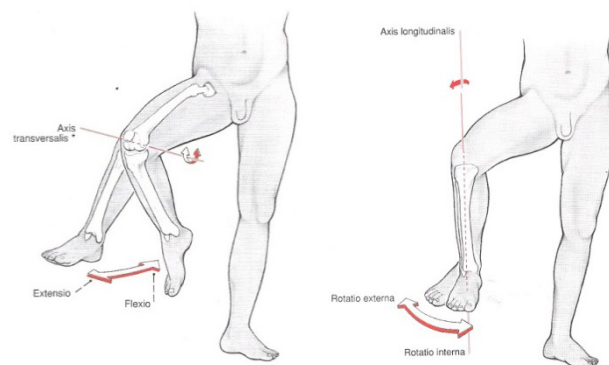


Abbildung 5: Bewegungsumfang Art. genus; links: Bewegung in der Sagittalebene; rechts: Bewegung in der Transversalebene²¹

3. Klassifikation von Frakturen im Kindesalter bzw. am wachsenden Knochen

Klassifikationsschemata bieten die Möglichkeit, einer Vergleichbarkeit und statistischen Betrachtung von gleichartigen Verletzungen. Aus diesem Grund ist es wichtig, einheitliche Systeme zu verwenden und diese genau zu dokumentieren. Da es auch nötig ist, bei diversen Verletzungen schon zu Behandlungsbeginn auf Heilungsverlauf und Therapiemöglichkeiten zu achten, ist es notwendig, aufgrund der Besonderheiten des kindlichen Knochenbaus, spezielle Klassifikationen zu verwenden.^{15(p20)}

Hierfür stehen zwei anerkannte Methoden zur Einteilung von Frakturen im Kindesalter zur Verfügung.

3.1. AO- Klassifikation für Frakturen im Kindesalter

*T. Slongo und L. Audigé*¹⁵ beschreiben eine Klassifikation, die von der AO Paediatric Expert Group (PAEG), welche mit AO Investigation und Documentation (AOCID) und International Working Group for Paediatric Traumatology (IAGKT) zusammenarbeiten, ausgearbeitet wurde. Die Grundlage dieses Klassifikationsschemas ist die AO-Klassifikation von Müller für Erwachsene. Bei der hier entwickelten kinderspezifischen Klassifikation wird auf die Besonderheiten des kindlichen Skeletts eingegangen.

a. Knochen und Segment

Die langen Röhrenknochen werden von eins bis vier durchnummeriert. Begonnen wird mit 1 Humerus, 2 Radius/Ulna, 3 Femur, 4 Tibia/Fibula. Bei paarig angelegten Knochen bestehen mehrere Möglichkeiten der Frakturbeschreibung. Sind beide Knochen mit dem gleichen Verletzungsmuster gekennzeichnet, wird nur die schwerwiegendere Fraktur angegeben. Weisen beide Knochen ein unterschiedliches Verletzungsmuster auf, werden die Verletzungen separat aufgelistet; ist jedoch nur ein Knochen betroffen, erfolgt ein Zusatz in Form eines Buchstaben (r, u, t, f) hinter der Zahl des betroffenen Segments. Die Buchstaben r, u, t, f bezeichnen jeweils den ersten Buchstaben des jeweiligen Röhrenknochens (Radius – r, Ulna –u, Tibia – t, Fibula –f).

Zur Bestimmung der genauen Lokalisation werden die Knochen in Segmente eingeteilt. Begonnen wird proximal mit 1, diaphysär mit 2 und distal mit 3. Wie in Abbildung 6

gezeigt, wird über die Metaphyse ein Quadrat gelegt, welches die gesamte Breite der Epiphyse einschließt. Zum Segment 1 gehörend ist die proximale Epiphyse und Metaphyse (Quadrat), zum Segment 2 die Diaphyse und zum Segment 3 die distale Epiphyse und Metaphyse (Quadrat).

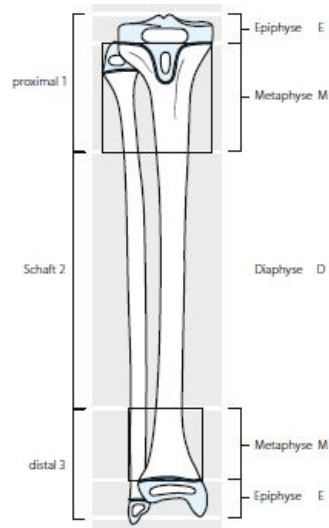


Abbildung 6: Knochen und Segment ¹⁵

b. Fraktur - Subsegment - Code

In Anlehnung an die AO- Klassifikation für Erwachsene, wo die Schweregrade in A-B-C eingeteilt wurden, gibt es bei der Klassifikation für Kinder die Aufteilung in Diaphyse (D), Metaphyse (M) und Epiphyse (E). Mit dieser Klassifikation ist es möglich, zwischen extraartikulärer oder intraartikulärer Fraktur zu unterscheiden.

c. Kindercode

Diese Klassifikation gibt einen genaueren Einblick in die Einteilung der unterschiedlichen Fraktursubsegmente. Die epiphysären Frakturen werden anhand der Klassifikation nach Salter und Harris E/ 1 – E/ 4 spezifiziert. E/ 5 beschreibt die Tillaux- Fraktur, E/ 6 Triplane Fraktur, E/ 7 intraartikuläre Avulsionsfraktur, E/ 8 „flake fracture“ und unter E/ 9 werden die restlichen möglichen Formen der Fraktur zusammenfasst.

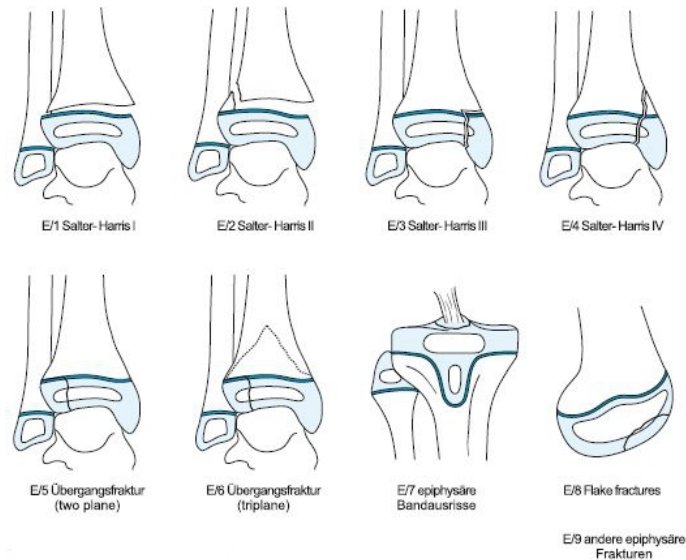


Abbildung 7: Einteilung epiphysärer Frakturen ¹⁵

An der Metaphyse wird die inkomplette Fraktur (Wulst-, Spiral- und Grünholzfraktur) M/ 2 von der kompletten M/ 3 Fraktur unterschieden. Die metayphysäre, osteoligamentäre, musculoligamentäre Avulsion und einfache Avulsionsverletzung bezieht sich mit M/ 7. An der oberen Extremität wird die proximale, metaphysäre Ulnafraktur mit Dislokation des Radiusköpfchen als M/ 6 bezeichnet.

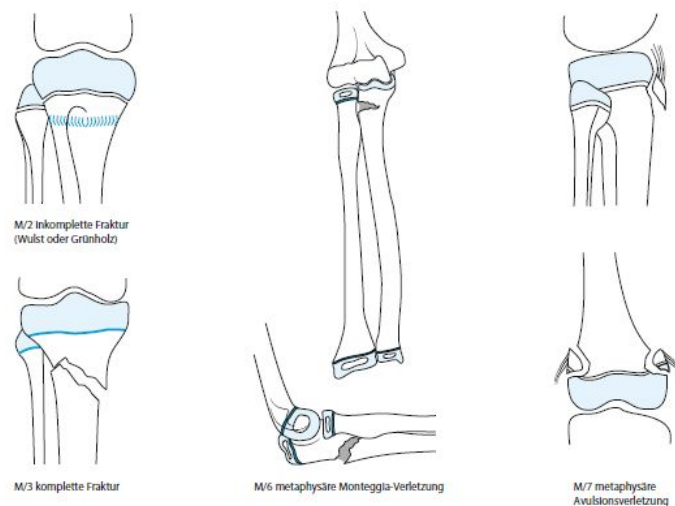


Abbildung 8: Festlegung metaphysärer Frakturen ¹⁵

Die Einteilung der diaphysären Frakturen erfolgt in Bowingfraktur D/ 1, Grünholzfraktur D/ 2, komplette Querfraktur (Winkel unter 30°) D/ 4, komplette Schräg- und Spiralfraktur (Winkel über 30°) D/ 5, Monteggia- Verletzungen D/ 6 und Galeazzi- Verletzungen D/ 7. Frakturen, die keiner der hier genannten Einteilungen entsprechen, werden unter D/ 9 zusammengefasst.

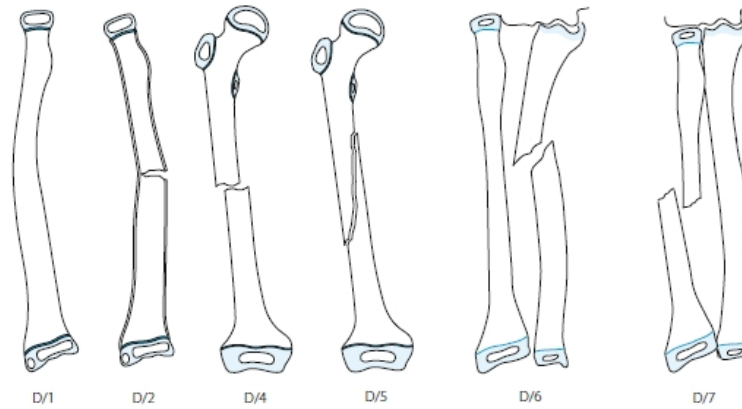


Abbildung 9: Einteilung diaphysären Frakturen (D). D/1 Bowing- Fraktur; D/2 Grünholzfraktur; D/4 komplette Fraktur gerade, weniger als 30°; D/5 komplette Fraktur schräg, mehr als 30°; D/6 Monteggia Fraktur; D/7 Galiazzi Fraktur; ¹⁵

d. Frakturschweregradcode

Anhand dieses Codes wird zwischen einfachen Frakturen, Keilfrakturen (partiell instabile Frakturen mit drei Fragmenten wobei eines vollständig disloziert ist) und komplexeren Frakturen (vollständig instabile Frakturen mit mehr als drei Fragmenten) unterschieden.

e. Ausnahme- und Dislokationscode

Diese Ausnahmeregel bzw. Dislokationscode wird für alle Frakturformen verwendet, die nicht einer klassifizierbaren Gruppe zuzuordnen sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich diese Klassifikation aus sechs Einzelbereichen zusammensetzt mit welchen es möglich sein sollte die Art, Lokalisation, Schweregrad, etc. zu rekonstruieren. ^{15(pp20-29)}

3.2. Li-La- Klassifikation für Frakturen im Kindesalter

D. Schneidmüller und L. v. Laer ^{15(p24)} beschreiben eine vom gemeinnützigen Verein Li-La e.V. und dem Institut für Evaluative Forschung in Orthopädischer Chirurgie der Universität Bern erstellte und geprüfte Klassifikation von Frakturen im Kindesalter.

Der Aufbau der Klassifikation ist der oben beschriebenen AO- Klassifikation für Frakturen im Kindesalter ähnlich.

Die erste Zahl kennzeichnet ebenfalls den frakturierten langen Röhrenknochen. (Humerus =1, Radius/Ulna = 2, Femur = 3, Tibia/Fibular =4).

Die zweite Ziffer beschreibt die unterschiedlichen Abschnitte innerhalb des betroffenen Knochens (proximal = 1, diaphysär = 2, distal= 3).

Die 3. Stelle stellt nun einen Unterschied zu der AO- Klassifikation dar, hier wird aufgrund der therapeutischen Relevanz zwischen artikulär (a) und nicht- artikulär (Schaft, s) unterschieden.

Die vierte Zahl beschreibt die Spezifizierung und Morphologie des Frakturtyps und wird zur besseren Unterscheidung in Frakturen den Gelenksbereich betreffend und in jene ohne Beteiligung des Gelenks eingeteilt. Die Einteilung der Verletzung der Wachstumsfuge erfolgt wie bei der AO- Klassifikation ebenfalls nach der Klassifikation von Salter und Harris. Die Fraktur bei offener Wachstumsfuge ohne (1) oder mit metaphysärem Keil (2) wird von der Übergangsfaktur bei Adoleszenten mit partiell verschlossener Fuge abgegrenzt. Hier unterscheidet man die „Twoplane- Fraktur“ (3), bei welcher lediglich die Epiphyse betroffen ist, von der „Triplane- Fraktur“, bei welcher ein metaphysärer Keil vorhanden ist. Alle anderen Knochenbrüche, die nicht mit der oben beschriebenen Klassifikation eingeteilt werden können, werden unter „Andere“ (5) zusammengefasst. Bei Frakturen im Schaftbereich lassen sich fünf Subtypen unterscheiden. Die Epiphysenlösung (Epiphysiolyse) mit oder ohne metaphysärem Keil (1), metaphysäre Stauchung-, Wulst-, und Grünholzfraktur (2), komplette Schaftfraktur (Quer-, Schräg- und Spiralfaktur) (3), diaphysäre Grünholz-, Bowingfraktur und Mehrfragmentfraktur (4) und Sonderformen (5). An fünfter Stelle wird in Hinblick auf das therapeutische Vorgehen zwischen undisloziert (0), tolerable (1) und nicht tolerable (2) Dislokation unterschieden.

Die sechste Ziffer stellt den Ausnahmepunkt bzw. eine Zusatzregel dar. Bei paarig angelegten Knochen, wie Radius – Ulna und Tibia – Fibula, wird immer der haupttragende Knochen bezeichnet. Wird auf die Ulna bzw. Fibula eingegangen, muss ein Zusatz in Form eines Buchstaben angeschlossen werden. ^{15(p20-29),25(pp51-55)}

1.Stelle	2. Stelle	3. Stelle	4. Stelle	5. Stelle	6. Stelle
Lokalisation im Skelett (1-4)	Lokalisation im Knochen (Segment): (1-3)	Morphologie: - Gelenk (a) - Schaft (s)	Spezifizierungen Morphologie: - Gelenk (1-5) - Schaft (1-5)	Dislokationsausmaß: - undisloziert (0) - tolerabel (1) - nicht tolerabel (2)	(Ausnahme) Paariger Knochen nicht tragend - Ulna (U) - Fibula (F)

Tabelle 1: LILA- Klassifikation im Überblick ¹⁵

3.3. Gegenüberstellung

Vergleicht man die beiden angeführten Schemata, so kann man feststellen, dass beide sehr genau auf die Besonderheiten der kindlichen Fraktur eingehen und sich nur in geringem Maße unterscheiden. Beide beschreiben detailliert und auf dieselbe Weise die Lokalisation im Skelett und Knochen. An der dritten Stelle des Klassifikationscode unterscheidet die LiLa- Klassifikation lediglich zwischen Gelenk und Schaftfraktur, während die AO-Klassifikation für Frakturen im Kindesalter die Einteilung in die Subsegmente Diaphyse, Metaphyse und Epiphyse vornimmt. Die vierte Stelle wird lediglich numerisch anders aufgelistet, folgt aber im Großen und Ganzen der gleichen Struktur. Das Dislokationsausmaß wird nur in der LiLa- Klassifikation beschrieben, die AO-Klassifikation unterscheidet den Schweregrad der Fraktur.

Beide Methoden sind anerkannt und untereinander austauschbar. Zur besseren Vergleichbarkeit und Vermeidung von Unklarheiten bzw. Verwechslungen, sollte es jedoch eine klinische Präferenz zu einer Methode geben.

4. Diagnostik

Die Traumadiagnostik im Allgemeinen und die für diese Arbeit relevante Diagnostik der Femurfraktur, sollten vor allem im Kindesalter einigen einfachen Richtlinien folgen.

Die Diagnostik sollte den Fokus auf eine prägnante Anamnese richten, um zu eruieren ob ein behandlungsbedürftiges bzw. diagnostisch relevantes Trauma stattgefunden hat. Zusätzlich sollte die ungefähre Lokalisation sowie das subjektive Ausmaß der Schmerzen festgestellt werden. Das genaue Erheben des Unfallhergangs und die detaillierte Befragung des Patient bzw. der Begleitpersonen führen meist nicht zum gewünschten Informationsgewinn und verlängern nur Wartezeit bzw. den Beginn der Behandlung.

Die Inspektion sollte dem Wort entsprechend nur visuell erfolgen. Mögliche Schwellungen, Deformitäten und Asymmetrien können so festgestellt werden. Die manuelle Diagnostik mittels Manipulation einer Fraktur bzw. Luxation ist äußerst schmerzhaft und zu unterlassen.

Bei jedem Trauma mit dem Verdacht auf eine Fraktur ist die Untersuchung der distaler gelegenen Körperregionen unbedingt notwendig. Es muss auf vorhandene Motorik, Durchblutung und Sensibilität überprüft werden, um mögliche Schäden frühzeitig zu erkennen.^{28(p53)}

Die Röntgendiagnostik im Kindesalter unterliegt aus Gründen des Strahlenschutzes strengen Indikationen und sollte einer genauen Fragestellung folgen.^{15(p38)}

Es ist bereits klinisch möglich, eine Unterscheidung zwischen Frakturen mit und Frakturen ohne klinische Deformitäten zu stellen. Bei Frakturen mit klinisch sichtbaren Dislokationen benötigt man lediglich eine Ebene im Röntgen, um eine Diagnose bzw. die Art der Therapie zu erstellen. Bei Frakturen ohne klinische Deformitäten wird ein Röntgenbild in beiden Ebenen durchgeführt, um etwaige Dislokationen auszuschließen.^{28(p55)}

Bei Verletzungen des Femur wird die Röntgenaufnahme im anterior posterioren (a.p.) Strahlengang durchgeführt. Hierbei wird der Femur inklusive Hüfte dargestellt. In der zweiten, seitlichen Aufnahme werden das Femur und das Knie abgebildet.

Um ein Röntgenbild in einer zweiten Ebene zu erzeugen ist es notwendig, den betroffenen Körperteil anders zu lagern bzw. auch zu drehen. Dies ist insbesondere bei frakturierten Knochen schmerzhaft, jedoch für die weitere Therapie absolut notwendig. Für die Planung der weiteren Therapie bzw. einer Operation ist es besonders wichtig, auch den genauen Verlauf der Fraktur zu kennen.^{24(pp644-646)}

Eine sekundär diagnostische Maßnahme bezogen auf die Extremitätenverletzungen wäre die Magnetresonanztomographie (MRT). Sie wird hauptsächlich bei nicht ossären Verletzungen der Bänder und des Knorpels in Verwendung kommen. Die Computertomographie in der Ausführung des Spiral- CTs wird vorwiegend zur Diagnostik von Stammverletzungen verwendet. ^{28(p63)}

Der Nachteil beider Methoden liegt in der meistens bestehenden Notwendigkeit, das Kleinkind zu sedieren, um die Untersuchung bestmöglich durchführen zu können.

Auch die Sonographie bekommt in der Traumadiagnostik immer mehr Relevanz. Sie eignet sich gut zur Beurteilung von Weichteilverletzungen, Sehnen- und Bandverletzungen. Sie bietet außerdem den Vorteil einer dynamischen Untersuchung in Kombination mit klinischer Funktionsdiagnostik. Zusätzlich stellt eine Ultraschalluntersuchung keine Strahlenbelastung dar und ist auch peripheren Krankenhäusern verfügbar. ^{15(p38)}

5. Therapieoptionen

Im folgenden Kapitel werden, mögliche Behandlungsformen einer kindlichen Femurfraktur beschrieben. Diese Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es werden nur die für die vorliegende Arbeit wesentlichen und notwendigen Therapieoptionen dargestellt.

Die grundlegende Einteilung der Therapieoptionen gliedert sich in Verfahren, die konservativ und ohne Anästhesie durchgeführt werden können, und jene bei welchen eine Anästhesie notwendig ist. Dazu zählen konservative Maßnahmen in Narkose, operativ versorgte Frakturen mit geschlossener Reposition und operativ versorgte Frakturen mit offener Reposition. ^{28(p66)}

Die Ziele jeder Frakturbehandlung sollten stets Schmerzminderung, Stabilisierung der Fraktur und geringe bzw. kurz dauernde Funktionseinschränkung sein. Es sollte ebenfalls ein großes Augenmerk auf einen geringen Aufwand, rasche Heilung und Vermeidung von Wachstumsstörungen gelegt werden. Nach der Wahl einer Therapieoption, sollte von diesem Vorhaben wenn möglich nicht mehr abgekommen werden und diese als definitive Therapie beibehalten werden. ^{15(p50)}

5.1. Konservative Therapie

Die konservative Therapie ohne Anästhesie kann nur in bestimmten Fällen in Anspruch genommen werden und unterliegt einigen Kriterien. Stabile Frakturen, wie zum Beispiel Grünholzfrakturen, metaphysäre Wulst-/ Stauchungsfrakturen, wenig dislozierte Frakturen Salter I und II der distalen Metaphyse, sowie dislozierte Gelenksfrakturen mit Frakturspalt $\leq 2\text{mm}$ stellen spezielle Indikationen zu konservativen Behandlung dar. Auch instabile Frakturen nach einer Reposition und bei hinreichender Stabilität oder sofern sie durch Redression in stabile Frakturen überführt wurden, können konservativ behandelt werden.

Eine Möglichkeit der Behandlung besteht in der Methode der einfachen Retention. Hierbei wird das benachbarte Gelenk miteinbezogen, wobei das Ziel unter anderem in der Schmerzbehandlung liegt. In zweiter Linie verringert dieses Verfahren das Auftreten einer Dislokation, was durch die Anlage eines Gipses oder Bandagen bewerkstelligt werden kann.

Um in der konservativen Therapie auch die aktive Behandlung zur Korrektur bzw. Vorbeugung nicht tolerierbarer Achsenfehlstellungen zu ermöglichen, wird die Redression

in Anspruch genommen. Dieses Verfahren ist nichtinvasiv und kann auch ohne Anästhesie durchgeführt werden. Von grundlegender Relevanz sind hier die Planung und die auf das Endresultat zielende Durchführung der Behandlung. Zu Beginn der Diagnosestellung kann dieses Verfahren als kontinuierlich- dynamisch oder auch als zweizeitig korrigierendes Verfahren geplant werden.

Die Gipskeilung und die Extension sind hier die beiden Behandlungsmöglichkeiten, die der Redression dienen.^{15(pp50-55)}

Die Indikationen zur konservativen Behandlung von Frakturen unter Anästhesie sind Luxationen ohne ossäre oder ligamentäre Begleitverletzungen und vollständig dislozierte Frakturen, welche durch die Reposition in eine stabile Form gebracht werden können.^{28(pp66-69)}

5.2. Operative Therapie

Für welche Vorgangsweise zur Versorgung einer Fraktur entschieden wird, hängt nicht nur von der Form des Bruches, sondern auch vom Grad der Reponierbarkeit, der Stabilität, dem Heilungsverhalten und der Prognose ab.

Grundsätzlich werden alle Frakturen, stabile wie instabile, die nicht mehr im Alters- und Lokalisationstoleranzbereich liegen, reponiert. Besonderes Augenmerk muss auf die Erhaltung der Länge, Achse und Rotation im Bereich der unteren Extremität gelegt werden.

Die offene Reposition im Kindesalter wird in zwei Untergruppen unterteilt. Die sekundär offene Reposition kommt bei Frakturen zur Anwendung, die eigentlich für eine geschlossene Reposition vorgesehen waren, aber aufgrund von nicht zufriedenstellenden Stabilitätsverhältnissen nicht adäquat versorgt werden konnten. Die primär offene Reposition kommt bei teilweise offenen Frakturen oder Gelenkfrakturen mit Dislokation über 2mm zur Anwendung.^{15(pp61-63)}

Da eine Reposition in der Regel ein sehr schmerzhaftes Manöver darstellt, sollte diese nur unter ausreichender Analgesierung und zur besseren Tolerierbarkeit in zusätzlicher Sedierung durchgeführt werden.

5.2.1. Osteosyntheseverfahren

Im Bereich der Frakturbehandlung gibt es unzählige Verfahren, aus denen in Abhängigkeit vom Alter des Kindes, der Art und der Lokalisation der Fraktur ausgewählt werden kann.

Einige Möglichkeiten der Osteosynthese wären die Spickdrahtosteosynthese, die Schraubenosteosynthese, die Plattenosteosynthese und die Zuggurtungsosteosynthese, sowie die elastisch stabile intramedulläre Nagelung und der Fixateur externe.^{15(pp63-69)}

5.2.1.1. Elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN)

Die elastisch stabile intramedulläre Nagelung stellt heute den Standard bei operativ zu versorgenden, diaphysären und metaphysären Femurfrakturen im Kindesalter dar.^{24(pp647-655)}

Dieses Osteosynthesesystem ist ein minimalinvasives und minimal traumatisierendes Verfahren, welches rasch bewegungs- und teilbelastungsstabil ist. Aus diesen Gründen gilt es auch als sehr patientenfreundlich.^{15(pp69-72)}

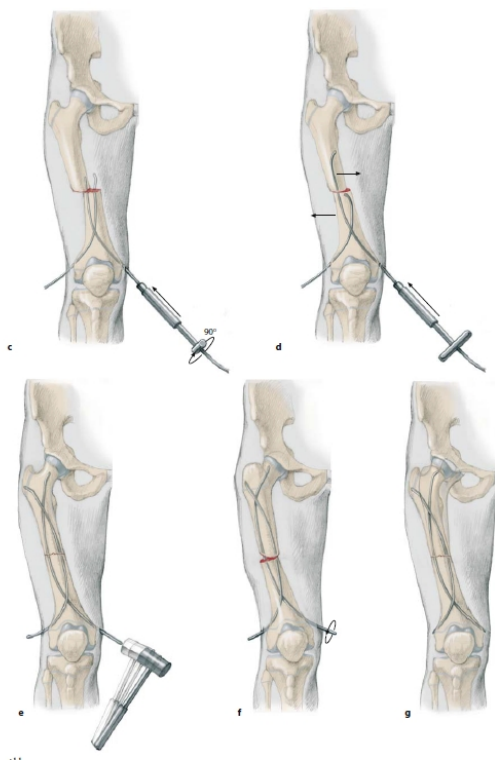
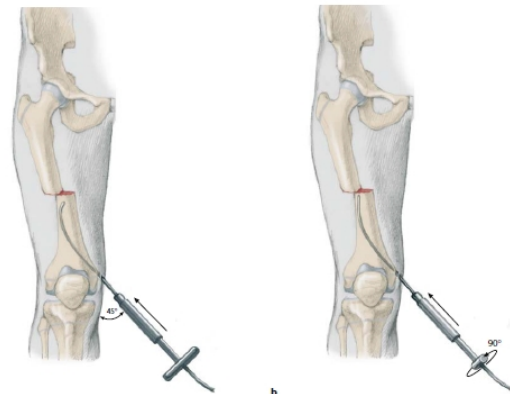
Das Material, welchem hier der Vorzug gegeben wird, ist Titan. Im Vergleich zu Stahl weist Titan eine hohe Elastizität auf, auf deren Grundlage das System der Elastisch stabilen intramedullären Nagelung beruht.^{24(p655)}

Die Biomechanik dahinter basiert auf der symmetrischen Aufspannung zweier Nägel, die mittels Dreipunktabstützung innerhalb des Knochens eine dynamische Stabilisierung gewährleisten. Die Altersgrenzen, welche abhängig vom biologischen Alter zwischen dem ca. 3. Lebensjahr und dem 13.- 15. liegen, gelten als Richtlinie zur Anwendung dieses Verfahrens. Weitere Einsatzgebiete, bei welchen dieses Konzept angewendet werden darf, sind transversale Frakturen, kurze Schräg- oder Querfrakturen mit Ausbruchskeil, lange Schrägfrakturen mit Möglichkeiten der kortikalen Abstützung, Spiralfrakturen und multifragmentäre bzw. bifokale Frakturen. Bei der Versorgung von Femurfrakturen wird die ESIN für diaphysäre, metaphysär- distale und subtrochantäre Frakturen verwendet. Kontraindikationen zur Verwendung von ESIN bei Femurfrakturen wären intraartikuläre, komplexe und gänzlich instabile Frakturen.

Um ein gutes Operationsergebnis erzielen zu können, bedarf es einer gründlichen Planung. Das Kind wird intraoperativ auf einem durchleuchtbaren Operationstisch gelagert, wobei in einigen Fällen anzuraten ist, vor allem bei groß gewachsenen Kindern, einen Extensionstisch zu verwenden. Dies birgt einen geringen Nachteil, da die freie Lagerung eine bessere Möglichkeit zur Kontrolle der Nagellage bzw. der Rotation bietet. Erfolgt die

Operation am Extensionstisch, sollte die Fraktur präoperativ und im geschlossenen Zustand reponiert werden. Im anderen Fall, bei freier Lagerung, wird während der Operation unter Bildwandlerkontrolle reponiert. Die Wahl des intramedullären Marknagels wird anhand des geringsten Markraumdurchmessers des Knochens ermittelt, indem man diesen drittelt. Bei diesem operativen Behandlungsverfahren hat der Chirurg zwei Möglichkeiten, die Nageleintrittsstelle zu wählen.

Bei der ascendierenden Technik wird als Orientierungspunkt die obere Patella- Kante gewählt. Von dieser sollten die Eintrittspunkte auf gleicher Höhe 1 bis 2 cm proximal zu liegen kommen. Die Hautinzision erfolgt medial und lateral des Femur und wird vom gewählten Eintrittspunkt ausgehend



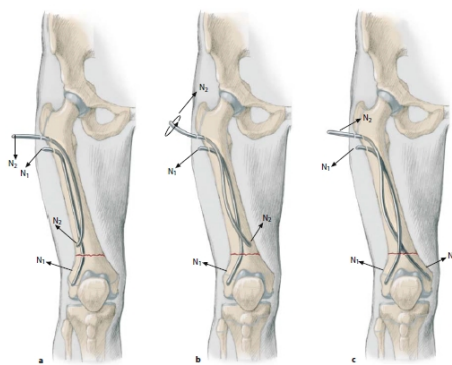
ca. 3 cm nach distal geführt. Wichtig für eine optimal symmetrische Verspannung ist die auf beiden Seiten auf der gleichen Position liegende Eröffnung des Markraums. Hierfür muss die Facia lata genügend weit gespalten werden und unter Bildwandlerkontrolle wird die Kortikalis ausreichend angekört und anschließend im 45° Winkel in den Markraum eingegangen. Der erste Nagel wird nach dem Einschlagen mit einem Instrument um 180° gedreht, um die Nagelspitze zur Markraumachse auszurichten. Dann wird er mit leichten Hammerschlägen bis zur Fraktur vorgebracht. An der gegenüberliegenden Seite wird die Prozedur wiederholt. Die Technik, die Nägel über den Frakturspalt hinauszuschieben erfolgt durch drehen; dabei wird die Fraktur

Abbildung 10: Ascendierende Technik ²⁴

indirekt reponiert. Um die definitive Reposition zu erreichen, kann das Bein mittels Längszug bzw. mit dem F- Hebel in die endgültige Position gebracht werden. Die Lage der

Nägel wird nochmals unter dem Bildwandler kontrolliert, um die Möglichkeit zu haben, falls nötig, auch die Länge der Nägel noch zu verändern. Zur definitiven Positionierung bzw. Verankerung der Nägel divergieren in der Literatur verschiedenen Angaben. Marzi erwähnt in seinem Buch Kindertraumatologie, dass, um das Entfernen der Nägel später zu erleichtern, die Enden mit einem speziellen Instrument aufgebogen werden. Tscherne und Weinberg beschreiben in Unfallchirurgie im Kindesalter, dass das Umbiegen der Drähte nicht vorteilhaft ist, da sich die Drähte bei geradem Verlauf besser an die Kortikalis anlegen können und so weniger Hautirritationen verursachen. ^{24(pp655-659),15(pp69-73)}

Bei der deszendierenden Technik werden die Eintrittsstellen der Nägel in der vertikalen



Achse um 1-2cm und in der horizontalen Ebene um 0,5-1 cm verschoben, um eine Ausbrechen der Knochenbrücke zwischen den beiden Nägeln zu verhindern. Der zweite Nagel muss bereits vor Einbringung in den Markraum vorgebogen werden, um die gewünschte Dreipunktstützung dennoch zu erreichen. ^{24(pp656-659)}

Abbildung 11: Deszendierende Technik ²⁴

Wie bei jeder Operation können auch hier Komplikationen auftreten. Hautirritationen und Infektionen können bei zu lang belassenen Nägeln auftreten. Diese können auch zu einer Blockade der Flexion im distalen Femur führen. Varus- und Valgusfehlstellung können sich durch ungleiche Verspannung der Nägel ergeben. Auch kann das Korkenzieher-Phänomen auftreten, welches durch um das mehr als 180° Drehen des zweiten Nagels entsteht. Dadurch kommt das System der Dreipunktstützung nicht mehr zum Tragen.

Relevant für diese Arbeit sind die, bei nicht Einhalten des Abstandes der Eintrittsstelle zu Epiphysenfugen, resultierenden Wachstumsstörungen. ^{15(pp71-73)}

5.2.1.2. Fixateur externe

Das zweithäufigste Osteosyntheseverfahren, das bei Frakturen der Diaphyse in Verwendung kommt, ist nach dem ESIN der Fixateur externe. Er ist weiterhin die erste Wahl bei Kindern mit Begleitverletzungen wie Schädel- Hirn- Trauma, mehrfachverletzten und polytraumatisierten Kindern, sowie bei erheblicher lokaler Weichteilproblematik oder bei Kindern mit einem erhöhten Narkoserisiko. ^{24(pp660-663)}

Die Reposition erfolgt wie bei der Methode der ESIN in aller Regel geschlossen. Bei dem sogenannten Mono- Tube- System ist die Distanz zwischen den einzelnen Schanz- Schrauben vorgegeben, das Tube- to- Tube System ermöglicht eine freie Platzierung der Schrauben. ^{15(p73,74)}

Um eine Irritation der Weichteile zu vermindern ist es anzuraten, die Schanz- Schrauben so lateral und in der Nähe des Septum intermusculare anzubringen, um einen möglichst kurzen intramuskulären Verlauf zu schaffen. Die Pins sollten, um den größtmöglichen Benefit im biomechanischen Sinne zu erreichen, möglichst weit auseinander in die beiden Hauptfragmente der Fraktur eingebracht werden. Der erste Pin sollte nahe der Fraktur positioniert werden, bei dem Pin, welcher frakturfern eingebracht werden soll, ist darauf zu achten, dass er frakturseitig der Wachstumsfuge platziert wird.

Der lineare Fixateur kann bei gutem Repositionsergebnis und einfachen Frakturen geplant werden. Bei der modularen Technik besteht die Möglichkeit über im System montierte Griffe zu reponieren. Nach Beendigung der Montage durch Bewegung des Beines wird überprüft, ob die Stichinzisionen genügend breit sind um eine spannungsfreie Lage der Pins in der Haut zu gewährleisten. ^{24(pp660-664)}

Mögliche Komplikationen wären Infektionen des Pin- track, welche durch lokale Maßnahmen oder Einnahme von Antibiotika behandelt werden können. Bei noch nicht vollständiger Durchbauung der Fraktur und frühzeitiger Entfernung des Fixateurs externe besteht die Gefahr einer Refraktur. ^{15(pp73,74)}

6. Nachbehandlung

Um den Genesungsprozess optimal zu gestalten, ist zusätzlich zu der eigentlichen operativen Versorgung der Fraktur eine Weiterbehandlung von großer Bedeutung.

Diese ist bereits zum Zeitpunkt der Therapie zu planen und mit dem Patienten abzusprechen. Sie wird in Abhängigkeit der Verletzung und der gewählten Therapie abgestimmt und beinhaltet eine Gipskontrolle, eine Stellungskontrolle, eine Konsolidationskontrolle, eine Funktionskontrolle und eine Wachstumskontrolle.

Eine erste Gipskontrolle erfolgt bereits am Tag nach dessen Anlage. Der Grund dafür ist, frühestmöglich schmerzhaft Druckstellen und Durchblutungsstörungen, die sich erst nach Gipsanlage gebildet haben und die Folgeschäden nach sich ziehen können, zu erkennen und bei Bedarf zu korrigieren. Sollte sich bei dieser Untersuchung herausstellen, dass keine Komplikationen aufgetreten sind, ist eine weitere Kontrolle des Gipses erst nach Abschwollen der Weichteile und Verschluss des Gipses notwendig. In der Regel findet dies ca. um den 4.Tag nach Anlage des Gipses statt.

Der günstigste Zeitpunkt zur Stellungskontrolle, welche mittels Röntgenkontrolle stattfindet, wäre der 8.Tag post fracturam. Untersuchungen, welche von *Girard* und *von Laer 2004* ^{28(p76)} durchgeführt wurden, haben ergeben, dass eine Kontrolle nach 4 Tagen nur in 20% der Fälle Konsequenzen zur Änderungen der Therapie nach sich ziehen. Die Ergebnisse der geänderten Therapie brachten nur in 20% eine Besserung, bei 40% verschlechterte sich der Befund und bei den restlichen 40% wurde am Ausgang des Befundes durch Änderung der Therapie kein Einfluss genommen. Diese Richtlinien beziehen sich auf undislozierte, oder tolerable dislozierte Frakturen. Bei Frakturen, welche reponiert und osteosynthetisch versorgt wurden, sollte zur Kontrolle des Behandlungsergebnisses noch in vorhandener Anästhesie eine Stellungskontrolle durchgeführt werden, um für ein mögliches Nachreponieren den Patienten nicht neuerlich in Narkose legen zu müssen. Weitere Stellungskontrollen sind in diesem Fall nicht nötig.

Die Kontrolle der Konsolidation sollte vor allem dann durchgeführt werden, wenn die Fraktur reponiert wurde, eine Konsolidationsstörung zu erwarten ist, eine Achsenabweichung belassen wurde oder eine Gelenksfraktur bestanden hat. Der Zeitpunkt der Anfertigung eines gipsfreien Röntgenbildes sollte zwischen der 4. und 5. Woche nach dem Unfall erfolgen. Bei radiologisch bewegungsstabiler und konsolidierter Fraktur sollte eine periostale Kallusüberbrückung in beiden Ebenen sichtbar sein. Klinisch sollte der Kallus druckindolent sein. Bei noch dolentem Fixationskallus kann eine weitere

Ruhigstellung für 2-3 Wochen bis zum Erreichen der Schmerzfreiheit angelegt werden. Auch die Möglichkeit der sonographischen Kontrolle der Fraktur kann laut *Blab et al 1999, Graif et al 1988, Mack et al 2006* und *Moritz et al 2005*^{28(p78)} bei metaphysären und diaphysären Frakturen zur Kontrolle der Stellung und adäquaten Kallusbildung angewandt werden.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis bei der Funktionskontrolle zu erhalten ist es sinnvoll, diese erst in Abhängigkeit des Alters des Patienten und der Lokalisation der Fraktur nach ca. 2-3 Wochen nach Abnahme des Gipses durchzuführen. Um ein vergleichbares Ergebnis zu erreichen, sollte die Funktionsprüfung nach der Neutral- Null- Methode durchgeführt werden und mit der nicht verletzten Extremität verglichen werden.

Die Wachstumskontrolle sollte primär klinisch erfolgen und nur bei bestehendem Verdacht auf eine ausbleibende bzw. mangelhafte Korrektur bei nicht reponierter Fraktur, bei Achsenabweichung oder bei Zunahme einer Deformität, die erst posttraumatisch auftritt. Diese Befunde sollten radiologisch festgehalten werden. Die klinische Kontrolle ist in größeren Abständen von ca. 1-2 Jahren durchzuführen.^{28(pp76-83)}

7. Metallentfernung

Die Metallentfernung erfolgt nach klinisch und radiologisch guter Kallusbildung und bewegungsstabiler Frakturheilung bei Osteosyntheseverfahren zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die intramedulläre Marknagelung kann nach ca. 6 Monaten entfernt werden, wurden Verriegelungsnägel verwendet, nach ca. 9 Monaten. Dies erfolgt in der Regel im ambulanten Setting oder im Rahmen von Wochenkliniken. Die Entfernung des Fixateurs externe sollte, falls möglich, in Analgosedierung nach ca. 8 bis 16 Wochen durchgeführt werden, um dem Patienten die Risiken einer weiteren Narkose zu ersparen.

Klinische Nachkontrollen sollten im Abstand eines halben oder ganzen Jahres durchgeführt werden und bis zum Abschluss des Wachstums erfolgen.^{24(p669)}

8. Wachstumsstörungen

Jede Fraktur des kindlichen Skeletts kann im Prinzip eine Störung der epiphysären Funktion, welche für das Längenwachstum verantwortlich ist, auslösen. Im Wesentlichen sind zwei unterschiedliche Arten von Wachstumsstörungen zu unterscheiden. Beide Formen können in ihrem Umfang eine oder mehrere Fugen im kompletten Bereich oder auch nur Abschnitte betreffen. Es kann zu einer Steigerung bzw. Hemmung der Fugenfunktion kommen. Diese sind natürlich nur tragend, solange die Fuge noch offen ist und Umbauvorgänge stattfinden. Stimulative Wachstumsstörungen sind grundsätzlich vom Grad der Verletzung und von der Phase der Reparationsvorgänge abhängig und somit nach jeder Fraktur beim kindlichen Skelett zu erwarten. Die hemmende Wachstumsstörung hingegen ist unabhängig von den oben erwähnten Faktoren und endet erst mit dem Schluss der Fuge. Sie tritt vor allem dann auf, je näher die Fraktur an die Epiphysenfuge reicht.^{28(pp3-11)}

8.1. Stimulative Wachstumsstörungen

*Girard und von Laer 2001*²⁸ zweifeln an der von ihnen aufgestellten Hypothese, dass nach einer Fraktur im Bereich der Epiphyse eine posttraumatische Hyperämie ausgelöst wird und es so zu einem stimulativen Wachstum in diesem Bereich kommt. Sie postulieren, dass auch ohne Trauma im Kindesalter Wachstumsdifferenzen bzw. Längendifferenzen der unteren Extremität auftreten und führen dies auf eher hormonelle, lokale oder humerale Wachstumsfaktoren hin.^{28(pp5-7)}

Ein eindeutiger Zusammenhang besteht zwischen der ausgewählten Therapie und dem Auftreten von Beinlängendifferenzen. Bei Extensionsbehandlungen, die aufgrund der hohen Instabilität mit immer wieder auftretenden Manipulationen einhergehen, kommt es in bis zu 70% der Fälle zu einem Unterschied im Wachstum in der Dimension von 1cm und mehr. Wird die Fraktur mit einer Plattenosteosynthese versorgt, steigert sich das Längenwachstum signifikant im Vergleich zu konservativen Therapie. Die intramedulläre Marknagelung ist vergleichbar mit der konservativen Therapie, in einigen Fällen fällt das Wachstum geringer aus.^{25(p45)}

Das Ausmaß der stimulativen Wachstumsstörung hängt vom Funktionszustand der tangierenden Fuge ab. Ereignet sich das adäquate Trauma in der Phase des Wachstums,

tritt in aller Regel ein umfassendes Längenwachstum der betroffenen Extremität auf. Tritt es jedoch in der prämaturen Ruhephase auf, führt dies zu einer Zunahme des Wachstums. Die oben beschriebene Hyperämie bringt einen vorzeitigen Fugenschluss mit sich. Dadurch wird das zu Beginn vermehrte Wachstum ausgeglichen. Findet die Verletzung in der Phase des Fugenschlusses statt, kommt es zu einer Akzeleration der Fuge und eine mäßige Verkürzung tritt auf. ^{28(pp5-7)}

Im Gespräch mit den Patienten sollte erwähnt werden, dass bis zum 10. Lebensjahr eine Verlängerung der betroffenen Extremität erfolgt, danach eher mit einer Verkürzung zu rechnen ist. Dies erfolgt unabhängig von der gewählten Therapieoption. ^{25(p45)}

8.1.1. Partielle Stimulation einer Wachstumsfuge

Der Vollständigkeit halber wird auch die partielle Stimulation der Wachstumsfuge erwähnt. Sie tritt hauptsächlich an der oberen Extremität auf und ist für diese Arbeit nicht von Relevanz. ^{25(p46)}

8.2. Hemmende Wachstumsstörungen

8.2.1. Vollständiger vorzeitiger Verschluss der Epiphysenfuge

Diese Art der Wachstumsstörung ist relativ selten und kommt meist nur im Zusammenhang mit schweren Verletzungen der umliegenden Weichteile vor. Diese Traumata führen meist zu umfassenden Schäden des epiphysären Gefäßsystems und folglich zur Degeneration des gesamten Fugenknorpels. Auch Verletzungen der Metaphyse können durch Trennung des Gefäßsystems zu einem vorzeitigen Schluss der Epiphysenfuge führen. Die Folge ist eine frühzeitige Verknöcherung der betroffenen Fuge und somit die Wachstumsrestriktion. ^{28(p8)}

8.2.2. Partieller vorzeitiger Verschluss der Epiphysenfuge

Diese Art des vorzeitigen Verschlusses der Epiphysenfuge ist bezeichnend für die untere Extremität. Sie tritt bei ca. 35% der Fälle nach dislozierten epiphysennahen metaphysären Frakturen, nach undislozierten und nach dislozierten Fugenschaftfrakturen und nach dislozierten Fugengelenkfrakturen auf. Die Problematik die in diesem Fall auftreten kann ist die Bildung der sogenannten Banding- Brücken. Diese entstehen durch Verknöcherung des Wachstumsfugenspaltes und somit Bildung einer Verbindung zwischen Epiphyse und Metaphyse. Die daraus resultierenden veränderten Wachstumsbedingungen können zu Fehlbildungen wie Deformationen der Gelenke oder der Beinachse führen. Bei vermehrtem Wachstum besteht die Möglichkeit, dass durch die einwirkenden Kräfte die Banding-Brücken wieder gesprengt werden. ^{28(pp8-11),25(p46)}

9. Korrekturmechanismen des kindlichen Skeletts

Grundsätzlich gilt, dass jegliche Spontankorrekturen zum größten Teil vom Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Verletzung abhängen. Je jünger der Patient zum Zeitpunkt der Verletzung ist, umso verhältnismäßig besser erfolgen die Korrekturmechanismen. Antonym je älter der Patient ist, desto weniger greifen Korrekturmechanismen an. ^{28(p12)}

Im Großteil der Fachliteratur wird eine spontane Korrektur bei Patienten bis zu einem Alter von 10 bis 12 Jahren für wahrscheinlich erachtet. ^{25(p39)}

9.1. Korrekturen in der Frontal- bzw. Sagittalebene

Die Ursache der Fehllage bzw. der Achsenknick liegt in diesem Fall in der Metaphyse oder Diaphyse. Um diesen auszugleichen kommt eine kombinierte Korrektur zu tragen. Der sogenannte periostale- endostale Mechanismus bringt den Knochen in seine ursprüngliche Form zurück, in dem an der Seite der größeren Druckbelastung Knochen aufgebaut und an der Seite der größten Zugbelastung Knochen abgebaut wird. Zusätzlich erfolgt die Korrektur durch Seit- zu- Seit Verschiebung. Diese erfolgt nur periostal. Auch die Epiphyse beteiligt sich durch ungleiches Längenwachstum an der Senkrechthaltung der Druckachse bzw. Belastungsebene. ^{25(pp39,40),28(pp13-15)}

9.2. Korrekturen von Verkürzungen

Die Korrektur von posttraumatischen Verkürzungen erfolgt ungezielt und geht allein von der Epiphyse aus. Hierbei kommt es zu wie bereits oben erwähnten stimulativen Wachstumsstörungen der angrenzenden Fuge. Zuvor bestehenden Verkürzungsfehlstellungen können dadurch ausgeglichen werden. Da selten Verkürzungsfehlstellungen alleine auftreten sondern meist mit Seit- zu- Seit Verschiebungen in Verbindung stehen, kommt es darüber hinaus zu einem verlängerten Remodelling, welches zusätzlich zu vermehrten Längenwachstums führt. Das Resultat wäre eine überschießende Korrektur des betroffenen Knochens.^{28(pp15-17)}

9.3. Korrektur von Rotationsfehlern

Korrekturen von Rotationsfehlern können im Rahmen von Detorsionsvorgängen, die an langen Röhrenknochen im Zuge des Wachstums regulär stattfinden, spontan bzw. ungezielt erfolgen.^{28(pp17-19)}

In Abhängigkeit der Lage der Fraktur zu der betroffenen Epiphysenfugen und ob diese am Längenwachstums als hochprozentig oder niederprozentig beteiligt ist, wird die Achsenabweichung besser oder schlechter korrigiert.^{25(p41)}

Speziell bei der Femurschaftfraktur konnte bei Kindern unter 10 Jahren beobachtet werden, dass Achsenfehlstellungen linear in allen Ebenen bis 20° korrigiert werden können. Eine Ausnahme stellt die Rekurvation dar, hier ist keine Korrektur möglich. Bei Kindern über 10 Jahren liegt der Grenzwert für Achsenfehlstellungen bei 10°. Auch Rotationsfehlstellungen können wie oben beschreiben bis zu 20° korrigiert werden. Bei Seitverschiebungen ist eine Korrektur bis zu einer halben Schaftbreite bis in Jugendalter möglich.

Das ausschlaggebende Prinzip zur Bildung der Beinlängendifferenz, das stimulative Wachstums ist nicht genau vorhersehbar und stellt somit ein Problem dar.^{25(p43)}

Spezieller Teil

10. Einleitung

Femurfrakturen im Kindesalter machen, Literaturangaben zu Folge, ca. 1,6% aller Frakturen im Kindesalter aus und zählen zusammen mit den Tibiafrakturen und den Unterarmfrakturen zu den häufigsten Verletzungen der langen Röhrenknochen.⁷

In den letzten 25 Jahren erfolgte eine stetige weitere Entwicklung der Therapie von Femurschaftfrakturen von strikt nicht- operativ zur operativen Versorgung. Dies hängt erstens mit der fortwährenden Verbesserung der Technologie, sowie mit der Prämisse einer geringstmöglichen Weichteilschädigung zusammen. Zweitens haben kindliche Frakturen ein größeres Heilungspotential als Knochenbrüche im höheren Alter und sind somit für die Technik der minimalen internen Fixation prädestiniert. Der dritte Grund immer mehr in Richtung chirurgischer Stabilisation zu gehen ist, dass das chirurgische Management mit einer schnelleren Mobilisation der Patienten, somit kürzerer Krankenhausaufenthaltsdauer und früherer Eingliederung in die Schule verbunden ist.¹

Für diese Arbeit ist der Vergleich der beiden Operationsmethoden ESIN und Fixateur externe in Bezug auf das Outcome der Beinlängendifferenz von Bedeutung.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Beinlängendifferenzen infolge von Mehrwachstum bzw. Wachstumshemmung bei Kindern, die mittels ESIN (Elastic- Stable Intramedullary Nailing) nach Femurschaftfrakturen versorgt wurden, zu erheben. Die Langzeitergebnisse nach ESIN- Versorgung sollen mit jenen nach Versorgung mit Fixateur externe in Bezug auf das Wachstumsverhalten und das funktionelle Outcome verglichen werden.

10.1. Gangbild bzw. Gangstörungen

Wachstumshemmung bzw. Mehrwachstum der unteren Extremität können eine Behinderung des physiologischen Gangablaufs darstellen. Die Inspektion ermöglicht es, das Gangbild des Kindes dem Alter entsprechend zu beurteilen. Die Kenntnis des physiologischen Gangablaufs mit Standbeinstabilität, ausreichender Bodenfreiheit in der Schwungphase, Erstkontakt über die Ferse, ausreichende Schrittlänge und Energieminderung stellen die Grundvoraussetzung dar, um pathologische Muster aufdecken zu können. Die untersuchende Person achtet während des Vorgangs auf die oben erwähnten Kriterien.

In Abhängigkeit der Ursache bestehen einige verschiedene Arten von Gangstörungen. Schmerzbedingtes Hinken hat meist Verletzungen oder parainfektiose Infekte zur Ursache. Insuffizienzhinken, welches durch das Abkippen des Beckens zur Gegenseite gekennzeichnet ist, tritt meist bei pelvitrochantärer Insuffizienz auf. Weiter Beispiele wären Knie- Fußstolpern, Schlurfen, Gangstörungen durch Hüftadduktionskontrakturen oder Gangstörungen bei neuromotorischen Erkrankungen. Charakteristisch für eine Beinlängendifferenz wäre das Verkürzungshinken. Dies imponiert durch eine ungleichmäßige Schrittfolge, da das längere Bein nicht ganz ausgestreckt wird um eine möglichst horizontale Ebene im Becken aufrecht zu erhalten. Auch Beinachsenabweichungen, wie Genu varum, Genu valgum oder Torsionsfehler der unteren Extremität können das Gangbild verändern.¹⁸

10.2. Beinlängendifferenz

Von großer Wichtigkeit bei der Feststellung einer Beinlängendifferenz ist die klinische Unterscheidung zwischen reeller und funktioneller Beinlängendifferenz.

Zusätzlich ist zu beachten, dass physiologische Beinlängendifferenzen je nach Literaturangabe im Bereich zwischen 0,5cm bis 1cm vorkommen. ^{15(p262)}

Die reelle Beinlängendifferenz entsteht durch eine Verkürzung bzw. Verlängerung bestimmter Abschnitte des Beines. Besteht diese Verkürzung bzw. Verlängerung nur aus wenigen Millimeter bzw. Zentimeter, können diese durch einen Beckenschiefstand bzw. Seitverschiebung der Wirbelsäule ausgeglichen werden. Erreicht der Unterschied der beiden Beine jedoch mehrere Zentimeter, können kompensatorische Mechanismen nicht mehr greifen und Hilfsmittel wie Zehenspitzenang oder Gehen mit gebeugten Knien bzw. gebeugter Hüfte werden eingesetzt.

Die funktionelle Beinlängendifferenz kann im Gegensatz zur realen Beinlängendifferenz durch eine Abduktions- bzw. Adduktionskontraktur, Beugekontraktur der Hüfte oder Spitzfußstellung hervorgerufen werden.

In einigen Fällen liegt eine kombinierte Form der funktionellen und realen Beinlängendifferenz vor.

In dieser Arbeit und bei der dazugehörigen klinischen Untersuchung wurde zunächst Augenmerk auf die Unterscheidung zwischen realen und funktionellen Beinlängendifferenzen gelegt. Ein Röntgenbild würde eine genaue Feststellung der Beinlängendifferenz erlauben, dies wurde jedoch aus strahlenschutztechnischen Gründen unterlassen. ^{5(pp172-176)}

Radiologische Untersuchungen nach Femurfrakturen gehören zum Routineprozedere und werden bei den Routine-Nachkontrollen durchgeführt. Es wurden keine strahlenbelastenden Untersuchungen ausschließlich zu Studienzwecken durchgeführt.

Um die Beinlängendifferenz zu messen, stehen mehrere klinische Methoden zur Auswahl. Um die direkte Beinlänge zu erhalten wird der Patient am Rücken liegend, beginnend an der Spina iliaca anterior superior bis zum Innenknöchel abgemessen. Die indirekte Beinlängendifferenz kann mittels Inspektion der Beckenkämme und einer Ausmessung, ob diese in einer horizontalen Linie liegen, am stehenden oder inklinierten Patienten erfolgen. ^{18(pp73-89)}

10.3. Neutral- Null- Methode

Um mögliche Bewegungseinschränkungen der Gelenke erkennen zu können, empfiehlt es sich, die aktive und passive Beweglichkeit der Gelenke zu überprüfen. Um eine Verlaufskontrolle und etwaige Therapieerfolge dokumentieren zu können, wurde ein standardisiertes Verfahren angewandt. Hierbei wird der Bewegungsumfang der Gelenke auf drei Ebenen, der Sagittalebene (Flexion/Extension), der Frontalebene (Abduktion/Adduktion) und der Transversalebene (Innenrotation/Außenrotation) untersucht. Die Neutral- Null- Methode nimmt als Ausgangswert einen aufrecht stehenden Menschen mit herabhängenden Armen, nach vorn gehaltenen Daumen und parallelen Füßen als Null- Grad- Ausgangsstellung. Jede Bewegung kann nun in Winkelgraden, ausgehend von der Ausgangsstellung, gemessen werden. Jede Verminderung der Gelenkbeweglichkeit bzw. jede Bewegungseinschränkung erkennt man daran, dass der Bewegungsumfang des jeweiligen Gelenks abnimmt. Für jedes Gelenk im Körper wurden standardisierte Werte festgelegt. Für diese Arbeit von Relevanz sind der Bewegungsumfang in Hüfte und Knie.¹⁹

Der Bewegungsausschlag wird durch die beiden Endstellungen der jeweiligen Bewegungsrichtung definiert. Um dies zu erreichen, muss die Nullstellung passiert werden.

Angegeben werden die Grade in folgender Reihenfolge:

Flexion/Abduktion/Außenrotation – 0 – Extension/Adduktion/Innenrotation

Am Beispiel der Hüfte:

10° – 0° – 130°	Flexion – 0 – Extension
30° bis 45° – 0° – 20° bis 30°	Abduktion – 0 – Adduktion
30° bis 45° – 0° – 40° bis 50°	90° flektierte Hüfte Außenrotation – 0 – Innenrotation
30° bis 40° – 0° – 40° bis 50°	Hüfte in Extension Außenrotation – 0 - Innenrotation

Am Beispiel des Kniegelenks:

5° bis 10° – 0° – 130° bis 150°	Flexion – 0 – Extension ^{11(pp26,27),21(pp314,322),22(p322)}
---------------------------------	---

11. Methodik

Für die retrospektive Analyse wurden, unter Zuhilfenahme elektronischer Krankenakten, Ambulanzakten und OP- Berichte aller Patienten erfasst, welche im Zeitraum zwischen 1999 und 2010 auf der Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie der Universitätsklinik Graz eine Therapie mittels ESIN (Elastic- Stable- Intramedullary Nailing) nach einer Femurschaftfraktur erhalten haben. Das hieraus gewonnene Patientenkollektiv wurde durch einige Kriterien zusätzlich eingeschränkt. Es wurde ein Mindestalter zum Unfallzeitpunkt von 2 Jahren und ein Höchstalter von 18 Jahren festgelegt. Einschlusskriterien stellen alle mittels ESIN versorgten Femurfrakturen dar, ausgeschlossen wurden alle pathologischen Frakturen. Für diese Studie kamen durch dieses Auswahlverfahren 135 Patienten in Frage.

Folgende Parameter wurden aus den Daten erhoben: Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der Verletzung, Frakturtyp, Lokalisation, Verkürzung durch Fraktur, Mechanismus, zusätzliche Verletzungen, Verletzungsursache, Operationsdauer, Komplikationen, Krankenhausaufenthalt, Metallentfernung.

Um die oben erwähnten Daten zu vervollständigen, wurden zusätzlich Patienten zur ambulanten klinischen Kontrolle eingeladen. Hierbei wurde eine klinische Untersuchung durchgeführt, die das allgemeine Befinden, Schwellung, Rötung und Schmerz der betroffenen Extremität begutachtete. Die Beurteilung des funktionellen Outcome wurde mittels Beurteilung des Gangbildes, der Statik der Wirbelsäule, des Beckenstandes in der Frontalebene und in der Seitenansicht durchgeführt. Mit Hilfe der Neutral- Null- Methode wurden die Extension – Flexion, die Abduktion – Adduktion, die Außenrotation – Innenrotation bei 90° gebeugter Hüfte und die Außenrotation – Innenrotation bei gestreckter Hüfte überprüft. Die Beinlängendifferenz wurde ebenfalls klinisch ermittelt.

11.1. Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung wurde nach einem ausführlichen Anamnesegespräch mittels Inspektion der betroffenen Extremität auf Schwellung, Rötung, Atrophie der Muskulatur und Narben, und nach Prüfung der Motorik, Sensibilität und Durchblutung durchgeführt.

Die Beinlängendifferenz wird primär im Stehen untersucht. Hierbei wird die Crista iliaca und die Spina iliaca posterior superior palpirt und untersucht ob eine horizontale Ausrichtung des Beckens vorliegt. Im Falle einer Differenz kann ein Brettchen unter dem kürzeren Bein angebracht werden um so ein Ausgleich zu schaffen. Des Weiteren kann ein sogenannter Galeazzi-Test durchgeführt werden. Hier erfolgt die Untersuchung in Rückenlage mit rechtwinkelig gebeugten Knien. Es wird die Höhe der Knie bzw. die Kniegelenksstufe beurteilt, um so feststellen zu können, ob die Beinlängendifferenz vom Femur, von der Tibia oder von beiden ausgeht.³

Um beurteilen zu können, ob eine funktionelle Beeinträchtigung im Alltag vorliegt, führten wir, bei den im Rahmen der Studie nachuntersuchten Patienten, folgende Untersuchungen durch. Wir überprüften ob das Gangbild harmonisch oder disharmonisch war, die Beine innen- oder außenrotiert waren, den Abrollvorgang der Füße, ob Knie- und Hüftgelenke durchgestreckt wurden, die Rumpf- und Schulterschwingung und ob ein Hinken, Stolpern oder Rumpfpendeln auftrat. Zusätzlich wurde auf einen lotrechten Aufbau der Wirbelsäule geachtet. Beim liegenden Patienten untersuchten wir Rotationsfehler der Beine. Anhand der Neutral- Null- Methode wurde der Bewegungsumfang der Hüfte und der Knie untersucht.

12. Ergebnisse

Bei der Durchsicht der Patientendaten, welche in den Jahren 1999 bis 2010 mit einer Femurfraktur an der Kinder- und Jugendchirurgie Graz behandelt wurden (n=135), konnte bei 83,7% (n=113) die komplette Behandlung inklusive Nachbehandlung nachverfolgt werden. Diese Patienten wurden somit in die Studie aufgenommen. Die restlichen 26,3% (22 Patienten) wurden zum Beispiel in anderen Krankenhäusern weiterbehandelt, sind verzogen, waren Patienten aus dem Ausland (z.B.: Urlauber) und kamen somit nicht als Studienteilnehmer in Frage.

12.1. Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Alters- und Geschlechtsverteilung unter den 113 operierten Patienten gliedert sich in 76 (67,3%) männliche und 37 (32,7%) weibliche Patienten. Die Altersspanne zum Zeitpunkt der Verletzung reicht beim jüngsten Patienten vom 2. Lebensjahr bis zum Ältesten im 18. Lebensjahr. Das Durchschnittsalter bei der Verletzung betrug 8,2 Jahre. Betrachtet man die beiden Geschlechter getrennt, betrug das Durchschnittsalter bei den männlichen Patienten 8,25 Jahre und 8,0 Jahre bei den weiblichen Patienten.

Die Verteilung der Verletzung, auf die beiden Seiten bezogen, war mit 56 (49,6%) auf der linken Seite und 57 (50,4%) auf der rechten Seite sehr ausgeglichen. Die geschlechtsspezifische Aufteilung der Seitenlokalisierung der Frakturen ergab folgende Ergebnisse. Die männlichen Patienten verletzten sich den linken Femur mit 52,63% (n=40) häufiger als den rechten mit 47,37% (n=36). Bei den weiblichen Patienten schlüsseln sich die verletzten Seiten mit 56,76% (n=21) rechts gegen 43,24% (n=16) auf der linken Seite auf.

Anzahl der Patienten

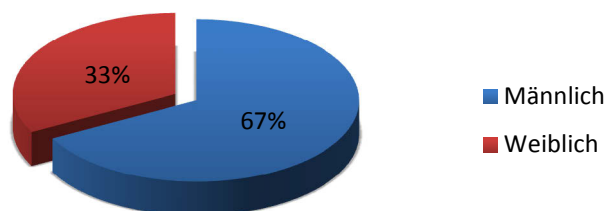


Figure 1: Anzahl der Patienten in Prozent

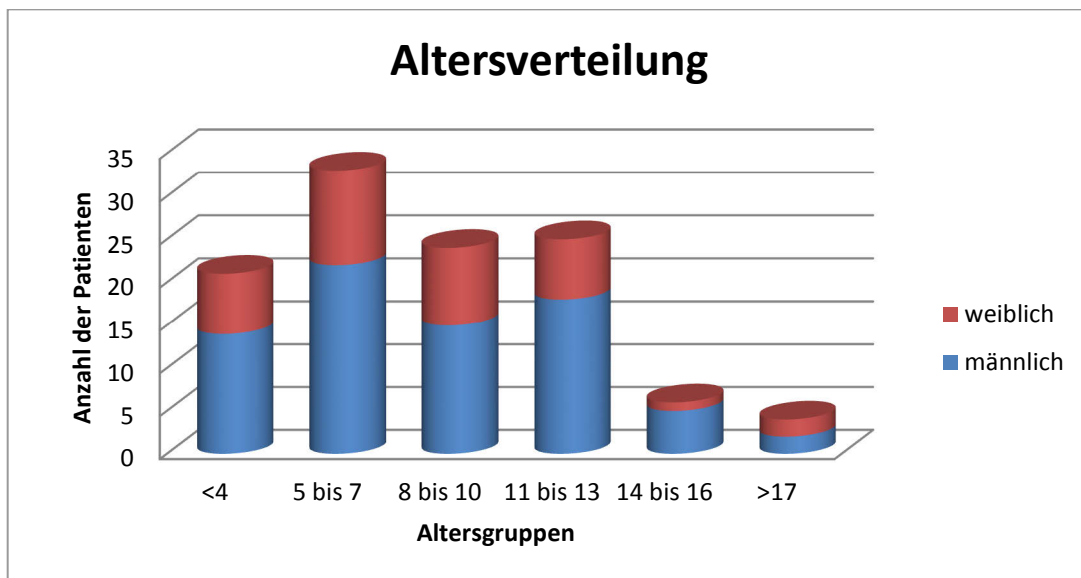


Figure 2: Altersverteilung männliche Patienten- weiblich Patienten

Altersbereich	Anzahl gesamt	Prozent	männlich	Prozent	weiblich	Prozent
<4	21	18,58 %	14	18,42 %	7	18,92 %
5 bis 7	33	29,20 %	22	28,95 %	11	29,73 %
8 bis 10	24	21,24 %	15	19,74 %	9	24,32 %
11 bis 13	25	22,12 %	18	23,68 %	7	18,92 %
14 bis 16	6	5,31 %	5	6,58 %	1	2,70 %
>17	4	3,54 %	2	2,63 %	2	5,41 %

Tabelle 2: Altersverteilung

Wie in den entsprechenden Kapiteln der vorliegenden Arbeit bereits erwähnt, ist es aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit und statistischen Betrachtung von gleichartigen Verletzungen von Vorteil, ein Klassifikationsschema zu verwenden.

Hier wurde die Lokalisation der Fraktur am Femur in proximales, mediales (diaphysäres) und distales Drittel, Übergang vom proximalen zum medialen und vom medialen zum distalen Drittel eingeteilt. Die subtrochantären Frakturen wurden zum proximalen Drittel gezählt.

In der Gesamtpopulation ergab sich eine Aufteilung der Lokalisation wie folgt: Bei 23,88% (n=27 davon 7 Patienten im subtrochantären Bereich) der Patienten wurde die Fraktur im proximalen Drittel festgestellt. Mit 38,05% (n=43) und somit mit der größten Häufigkeit, war das mediale oder auch diaphysäre Drittel betroffen. Das distale Drittel

wurde nur zu 5,31% (n=6) frakturiert. Im Bereich des Überganges vom proximalen zum medialen Drittel wurden 13 Fälle (11,5%) und im Bereich des Überganges vom medialen zum distalen Drittel 8 Fälle (7,08%) dokumentiert. Bei 14,16% (n=16) wurden keine Angaben zur genauen Frakturlokalisierung gefunden.

Bei den 113 untersuchten Patienten konnte nach Durchsicht der Krankenakten folgende Verteilung der Frakturart festgestellt werden. Die am häufigsten dokumentierte Frakturart war mit 28,32% (n=32) die Spiralfaktur. Weiters kam es bei 25,66% (n=29) zu einer Querfraktur, 15,04% (n=17) Schrägfraktur und nur bei 3,54% (n=4) zu einer Trümmerfraktur. In den restlichen 31 Fällen (27,43%) wurde keine Angabe zur Frakturart gemacht.

12.2. Unfallursache

Betrachtet man die Verletzungen in ihrem Auswirkungsgrad, so kann man erkennen, dass es sich bei 97,35% (n=110) aller Frakturen um geschlossene Frakturen handelt. Offene Frakturen, welche weitaus seltener mit nur 2,65% (n=3) vorkamen, hatten bei diesem untersuchten Patientengut Verkehrsunfälle und Sturz aus Höhe als Ursache.

Schlüsselt man die Verletzungsursache bzw. Unfallursache auf, so wird ersichtlich, dass Sportunfälle mit 37,17% (n=42) im Vordergrund stehen. Darin inkludiert sind Unfälle beim Fahrradfahren, Fußball spielen, Laufen oder Reiten. Stürze aus Höhe befinden sich mit 23,89% (n=27) an zweiter Stelle und sind somit vor Verkehrsunfällen mit dem Auto mit 20,35% (n=23) gereiht. Dadurch, dass sich die Geschwindigkeit und die Unfallmechanik beim Skifahren deutlich von anderen Sportarten unterscheiden, wird diese Unfallursache hier extra angeführt. Durch diese getrennte Betrachtung sind Stürze beim Skifahren mit 12,39% (n=14) Grund einer Femurfraktur. Einen geringen Prozentsatz machen Unfälle in der Landwirtschaft bzw. mit dem Traktor mit 1,77% (n=2).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die gesamten Unfälle im Sport mit 49,56% (n=56) die häufigste Ursache für Femurfrakturen in diesem Patientenkollektiv darstellen. Der Verkehrsunfall und der Sturz aus Höhe schließen sich beide mit jeweils 23,89% (n=27) an.

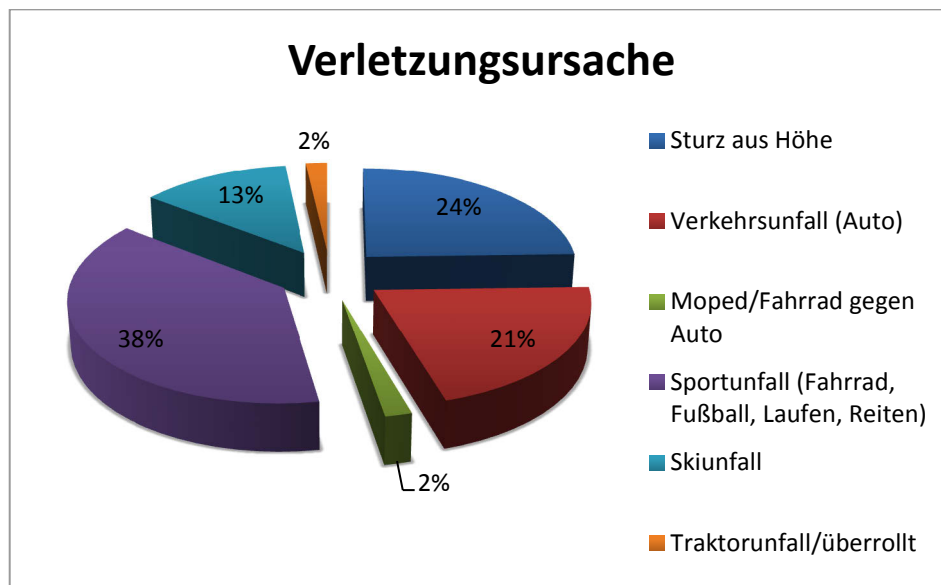


Figure 3: Verletzungsursache

12.3. Begleitverletzungen

Begleitverletzungen traten bei 24,78% (n=28) aller Patienten auf.

Betrachtet man diese Begleitverletzungen etwas detaillierter, so sieht man, dass 42,89% (n=12) aller Kinder, die eine Begleitverletzungen hatten, eine zusätzliche Fraktur erlitten haben. Diese gliederten sich in zusätzliche Frakturen an den Beinen mit 32,14% (n=9), Frakturen an den Armen 7,14% (n=2) und andere Frakturen (wie Nasenbeinfrakturen und Schambeinfrakturen) mit ebenfalls 7,14% (n=2). Schwere Begleitverletzungen, wie zum Beispiel eine totale Milzhilusruptur, traten nur bei einem Patienten auf (3,57%). Polytraumata haben 17,89% (n=5) der Verletzten erfahren. Verletzungen am Kopf, beinhaltend Vulnus lacero- contusum (VLC), Comotio cerebri und Contusio capitis widerfuhren 50% (n=14) der jungen Patienten. 64,29% (n=18) der Patienten hatten leichte Begleitverletzungen wie Schürfwunden oder Platzwunden. 85 Patienten (75,22%) zeigten keinerlei dokumentierte Begleitverletzungen.

Der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Operation liegt in der hier zu untersuchenden Patientengruppe sehr nahe zusammen und kann mit einem Durchschnittszeitraum von 0,22 Tagen bis zu Operation gewertet werden. Das bedeutet, dass am Unfalltag 88,5% der Patienten operiert wurden.

12.4. Dauer des stationären Aufenthaltes

Der stationäre Aufenthalt im Krankenhaus ist als Zeitraum vom Aufnahmetag bis zum Tag der Entlassung definiert. Dieser beläuft sich hier auf durchschnittlich 7 stationäre Tage. Die Dauer des Aufenthaltes reichte von einem Minimum von 2 Tagen bis über 21 Tage. Hier sei aber erwähnt, dass unter den Patienten polytraumatisierte Patienten mit Aufenthalt auf der Intensivstation miteinbezogen wurden. Somit ergibt sich die hier relativ große Schwankungsbreite mit einer Standardabweichung von 4,66 Tagen.

Ein geschlechtsspezifischer Unterschied lässt sich auch in der Aufenthaltsdauer erkennen. Die männlichen Patienten bleiben mit einem Mittelwert von 4,56 Tagen länger stationär als die weiblichen Patienten, bei denen der stationäre Aufenthalt im Durchschnitt nach 2,37 Tagen beendet war.

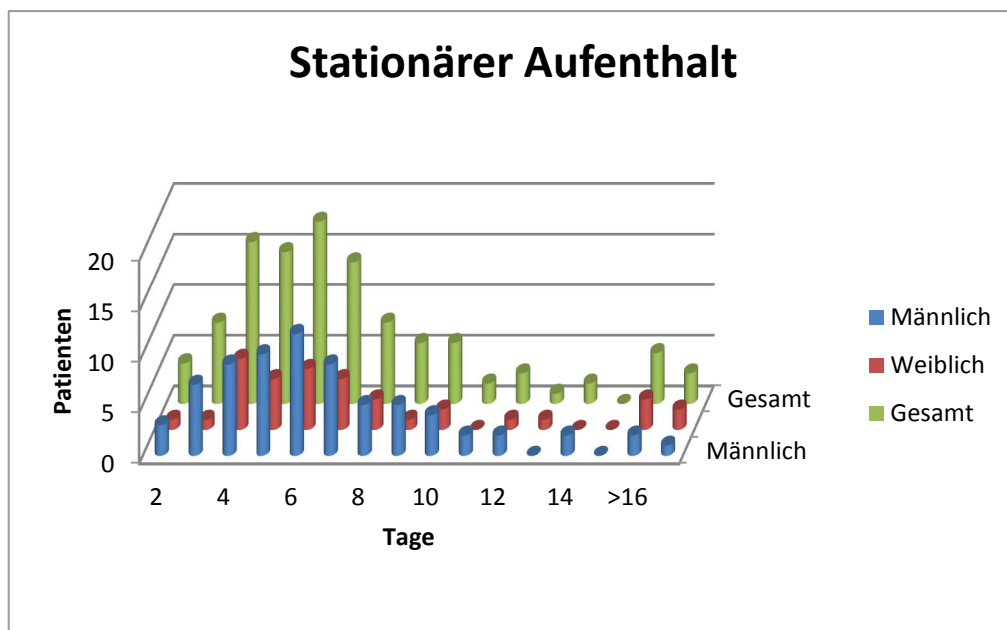


Figure 4: Stationärer Aufenthalt

12.5. Komplikationen

Die Anzahl der Komplikationen nach einer operativen Versorgung war in den dokumentierten Fällen äußerst gering. Auch der weitere Heilungsverlauf gestaltete sich meist komplikationslos. Die einzigen aufgetretenen Komplikationen waren bei vier Patienten sekundäre Dislokationen, ein Rotationsfehler, sowie ein Sturz auf das operierte Bein.

12.6. Jahresübersicht

Betrachtet man die für diese Untersuchung ausgewählten retrospektiven Daten der Häufigkeit von Operationen mittels ESIN im Zeitraum zwischen 1999 und 2010 auf der Abteilung für Kinderchirurgie und Traumatologie der Universitätsklinik Graz, so kann man erkennen, dass in den Jahren 2008 und 2009 am meisten Kinder operiert wurden. Die weiteren Werte sind in Tabelle 7: Jahresverteilung der Operationen abzulesen.

Jahr	Männlich	Weiblich	Gesamt
1999	4	7	11
2000	8	2	10
2001	5	5	10
2002	4	2	6
2003	9	1	10
2004	8	4	12
2005	3	2	5
2006	4	1	5
2007	2	2	4
2008	14	4	18
2009	8	7	15
2010	7	0	7

Tabelle 3: Jahresverteilung der Operationen

12.7. Metallentfernung

Es wurden an 85,84% (n=97) der 113 Patienten, die mittels ESIN behandelt wurden, Metallentfernungen an der Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz durchgeführt. Die durchschnittliche Verweildauer des Metalls beträgt 172 Tage, wobei eine große Standardabweichung von 83,07 Tagen beachtet werden muss. Der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung ist in Tabelle 8: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung in 3 Monatsschritten zusammengefasst und aufgelistet.

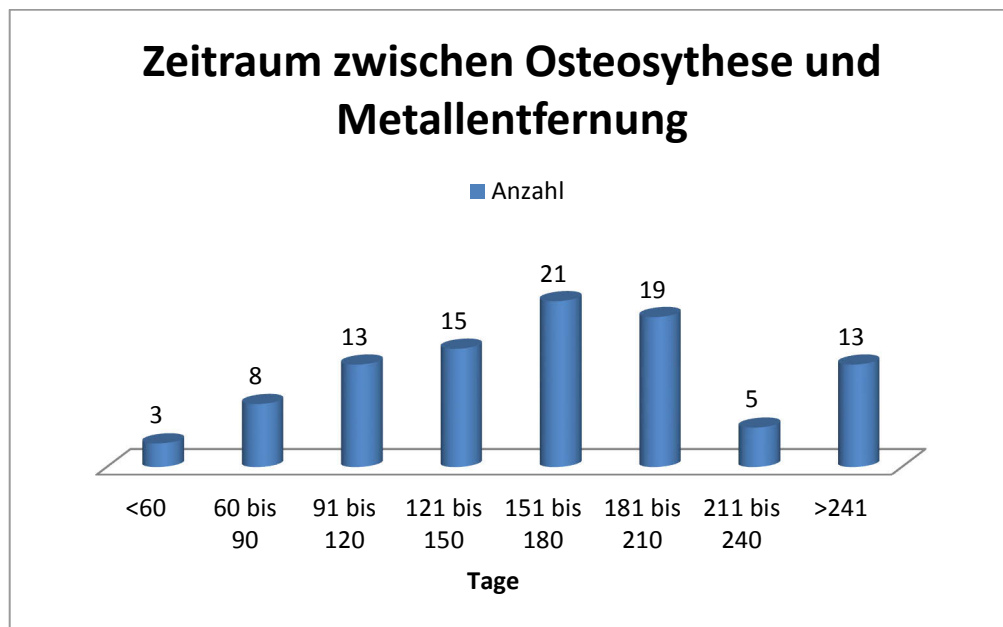


Figure 5: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung

12.8. Beinlängendifferenz

Unter den 113 in den Krankenakten nachgesichteten Patienten konnte bei 61 Patienten (53,98%) eine Angabe zur Beinlängendifferenz gefunden werden bzw. wurde diese im Rahmen einer Nachuntersuchung festgestellt. 55,74% (n=34) derjenigen Patienten, die eine Operation mittels ESIN hatten und bei denen auch eine Dokumentation stattgefunden hat, wiesen eine klinisch messbare Beinlängendifferenz auf. Bei den restlichen 44,24% (n=27) der 61 Patienten waren beide Beine, das operierte sowie das nicht- operierte Bein, gleich lang. Die Zahl der Patienten, die das Osteosynthesematerial noch in situ tragen, beziffert sich auf 8,20% (n=5). Summiert man alle auswärtig versorgten Frakturen bzw. Nachbehandlungen, sowie nicht eruierbare Beinlängendifferenzen ergibt sich eine Anzahl von 47 Patienten (41,59%).

In dieser Arbeit wurden nur Beinlängendifferenzen ab einer Verkürzung bzw. Verlängerung von 0,5cm berücksichtigt.

Nimmt man die 34 Patienten, die eine Wachstumshemmung bzw. ein Mehrwachstum des verletzten Beines zeigen, so erkennt man, dass 9 Patienten (26,47%) eine Verkürzung des operierten Beines haben und 25 Patienten (73,53%) an einer Verlängerung des operierten Beines aufweisen. Geschlechterspezifisch gliedert es sich auf wie folgt: Der männliche Anteil der Patienten, die eine Beinlängenverkürzung haben, beträgt 55,56%, der weibliche Anteil 44,44%. Bei der Beinlängenverlängerung lässt sich ein eindeutigeres Ergebnis erkennen, da 68% der Betroffenen männlich waren und nur 32% weiblich. Der Mittelwert der verkürzten Beinlängen beträgt -0,77 cm. Mit anderen Worten, das verletzte Bein ist im arithmetischen Mittel um 0,77 cm kürzer als das nicht operierte. Die Patienten, welche ein Mehrwachstum des gebrochenen Beines hatte, erreichten im Mittel eine Beinverlängerung um 0,86 cm.

Angaben in Zentimeter	-1,5 bis -1	-0,9 bis -0,5	0,5 bis 0,9	1 bis 1,5	1,6 bis 2
Anzahl	4	5	14	9	2
Prozent	11,76	14,71	41,18	26,47	5,88

Tabelle 4: Verteilung der Beinlängendifferenzen

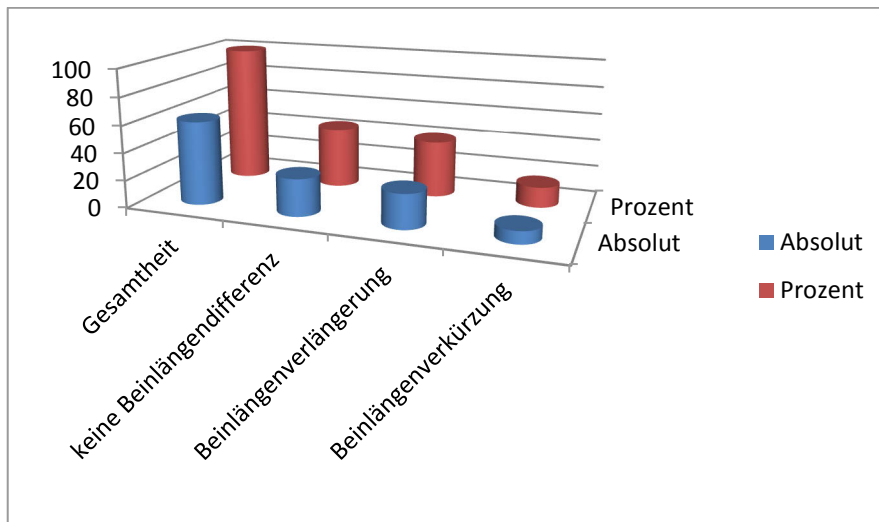


Figure 6: Beinlängendifferenz

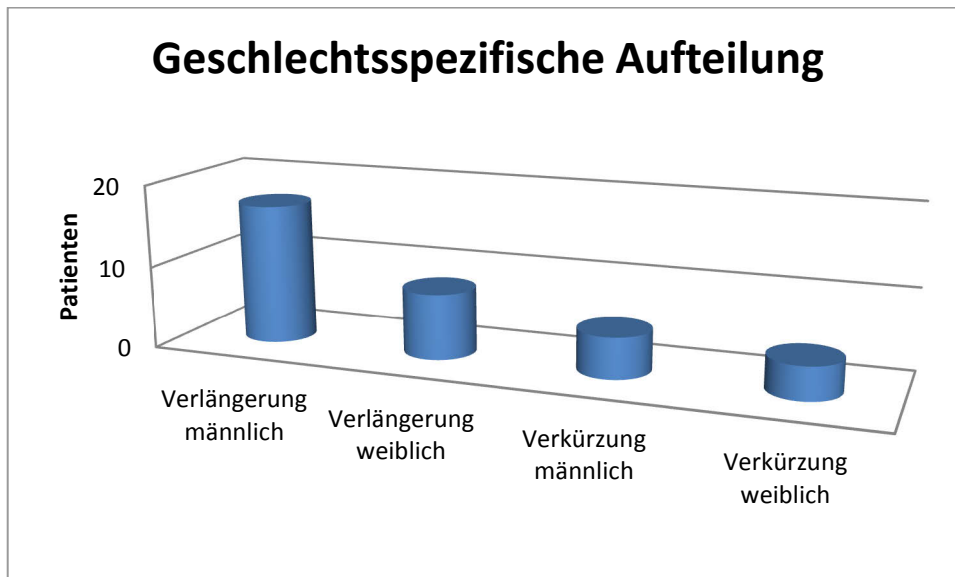


Figure 7: Geschlechtsspezifische Aufteilung

12.9. Follow- Up- Untersuchung

Der Zeitraum zwischen Unfallereignis (=Fraktur) und Nachuntersuchung schwankt im hier vorliegenden Patientenkollektiv mit einer Standardabweichung von 2,62 Jahren. Die durchschnittliche Dauer beträgt 2,32 Jahre.

In der Follow- up Untersuchung wurden die jungen Patienten auf funktionelle Einschränkungen untersucht, die nach einer Femurschaftfraktur und operativen Versorgung auftreten können. Mit Hilfe der oben beschriebenen Ganganalyse und der Messung des Bewegungsumfanges nach der Neutral- Null- Methode wurde unser Patientenkollektiv untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass bei keinem der Patienten eine funktionelle Beeinträchtigung festgestellt werden konnte, welche im alltäglichen Leben störend oder behindernd wäre.

13. Diskussion

Das Durchschnittsalter der 113 betroffenen Patienten, deren Femurschaftfraktur mittels ESIN versorgt wurde, lag bei 8,2 Jahren. Die Altersspanne reichte vom 2. Lebensjahr bis zum 18. Lebensjahr. Die geschlechtsspezifische Aufteilung liegt bei 67% männliche und 33% weibliche Patienten. Betrachtet man das Patientenkollektiv, so ist es mit dem anderer Autoren vergleichbar.

Vierhout BP et al.²⁶ zeigen mit einer Studie, die 135 Patienten einschließt, welche eine Femurfraktur erlitten haben, davon jedoch nur 71 mit der intramedullären Marknagelung versorgt wurden, ein ähnliches Patientenkollektiv bezüglich Alter (Durchschnittsalter 7,8 Jahre) und Geschlechteraufteilung (61,97% männliche Patienten und 38,03% weiblichen Patienten).

Auch Till H et al.²³ zeigen mit ihrer Studie, die im Zeitraum zwischen 1991-1996 lief, im Alter (12,7 Jahren, jedoch mit einer Standardabweichung von 3,26 Jahren) und der geschlechtsspezifischen Aufteilung (66,20% männliche, 33,80% weibliche Patienten) ähnliche Ergebnisse.

Betrachtet man die Verteilung der Fraktur auf die beiden Seiten bezogen, so erkennt man bei den für diese Arbeit untersuchten Patienten ein beinahe ausgeglichenes Verhältnis zwischen rechtem (50,40%) und linkem (49,6%) frakturierten Femur.

Auch in der Arbeit von Jawadi A.H. et al.¹² zeigt sich bei den 184 Frakturen, eine auf die beiden Seite bezogenes, mit 47,83% auf der linken Seite und 45,65% auf der rechten Seite, ausgewogenes Verhältnis. Die Differenzen auf die 100% kommen dadurch zustande, dass bei 3,26% der Patienten eine beidseitige Fraktur vorhanden war.

Diese ausgeglichene Verteilung in dieser und auch in den oben erwähnten Arbeiten, lässt sich meiner Meinung durch den spezifischen Unfallhergang erklären. Während bei Stürzen auf die Hand meist geringere Kräfte einwirken und die Patienten somit meist reflektorisch die dominante Hand zur Aufpralldämpfung hernehmen, bleibt bei den weit höheren Kräften der Unfallursachen einer Femurfraktur keine Zeit, reflektorisch eine Verletzung zu verhindern. Dies hat somit zur Folge, dass die betroffenen Seiten mit fast 50/50 zufallsverteilt sind.

In dem Untersuchungskollektiv fanden sich 23,88% (n=27) der Patienten mit einer Fraktur des proximalen Teils und 11,5% (n=13) mit einer Fraktur im Übergang vom proximalen zum medialen Drittel. Zählt man beide Bereiche zusammen kommt man auf 35,38% (n=40). 38,05% (n=43) der Frakturen waren im mittleren Drittel lokalisiert. Nur 5,31%

(n=6) waren im distalen Drittel anzutreffen. Werden, wie oben beschrieben, die Frakturen hinzugezählt, die im Bereich des Überganges vom medialen zum distalen Drittel reichen ergibt sich eine Frakturhäufigkeit von 12,39% (n=14). Bei 14,16% (n=16) wurden keine Angaben zur genauen Frakturlokalisierung gemacht.

In der Arbeit von Anastasopoulos J. et al ¹, welche zwischen 2000 und 2005 durchgeführt wurde, wurde eine ähnliche Aufteilung gefunden. Das Patientengut, bestehend aus 36 Kindern mit 37 Frakturen, wurde mit 2 flexiblen Titanium Nägeln versorgt und nachuntersucht. Die Frakturlokalisierung gliedert sich wie folgt auf: 13% im proximalen Drittel, 68% im mittleren Drittel und 19% im distalen Drittel. Die Frakturart gliedert sich in Querfraktur (59,46%), Schrägfraktur (13,51%), Spiralfaktur (8,11%) und Trümmerfraktur (18,92%).

In unserer Arbeit zeigt sich eine andere Aufteilung der Frakturart. Es wurden 28,32% (n=32) als Spiralfaktur dokumentiert, 25,66% (n=29) als Querfraktur, 15,04% (n=17) als Schrägfraktur und nur 3,54% (n=4) als Trümmerfraktur. In den restlichen 31 Fällen (27,43%) wurde keine Angabe zur Frakturart gemacht.

In der Aufteilung der Unfallursache, wie in diesem Fall auf Sport mit 49,56% (56) und auf Verkehrsunfälle und Stürze aus Höhe mit 23,89% (n=27), deckt sich jene in etwa mit der von Buess E et al. ⁶ durchgeführten Studie mit 100 Patienten, welche ebenfalls eine Femurschaftfraktur erlitten haben.

Eine weitere Studie von Jubel et al. ¹³ besagt, dass sich in deren Patientengut 57% im Straßenverkehr, 38% beim Sport und bei einem Sturz aus einer Höhe eine Fraktur zuziehen. Nur 5% der Unfälle traten in der Schule oder auf dem Schulweg auf.

Heybel H. et al ¹⁰ beschreiben in ihrer Arbeit im Vergleich zur oben erwähnten, dass die Unfallursache in ihrem Patientengut bei 82% Verkehrsunfällen und 18% aus Stürzen aus Höhe liegen. Explizite Angaben zu Unfällen im Haushalt oder beim Sport wurden nicht gemacht.

Diese doch recht großen Divergenzen der Unfallursachen lassen sich meiner Meinung nach unter anderen auf die lokalen Gegebenheiten und das Einzugsgebiet der beteiligten Krankenhäuser zurückführen. In einem Krankenhaus einer Großstadt wird man andere Verletzungsmuster und -ursachen (Verkehrsunfälle, Straßenbahnen usw.) erwarten als im ländlicheren Bereich, wo es sehr viele Möglichkeiten zur Sportausübung (Skifahren, Mountainbiking...) gibt.

Die Angaben zur Dauer des Krankenhausaufenthaltes zeigt eine relativ große Schwankungsbreite bei den verschiedenen Autoren auf. Ligier J.N. et al ¹⁴ sagen 1985 in

ihrer Arbeit, dass die Aufenthaltsdauer mindestens 4,5 Tage, oder 15 bis 20 Tage betragen soll. Mazda K et al. ¹⁷ geben eine Hospitalisationszeit zwischen 3 und 28 Tagen mit einem Median von 11 Tagen an. Buess E. et al. ⁶ sprechen von 10 Tagen.

Die Hospitalisationszeit der hier untersuchten Patienten betrug im Durchschnitt 7 Tage mit einer Standardabweichung von 4,66 Tagen. Hier sei erwähnt, dass unter diesen Patienten auch polytraumatisierte Patienten miteingeschlossen wurden.

Die im Laufe der Zeit sich verkürzende Zeitdauer eines Krankenhausaufenthaltes ist sicherlich auch auf den allgemeinen medizinischen Fortschritt in den letzten 20 Jahren (Ligier J.N. et al 1985 ¹⁴) zurückzuführen.

Die Komplikationen im Rahmen der Heilungsphase beziehen sich wie in der Arbeit von Jawadi A.H. et al. ¹² auf Hauterosionen und oberflächliche Wundinfektionen. Schwerere Komplikationen, wie vorübergehende Nervenlähmungen, traten in unserem Patientenkollektiv nicht auf. Auf die Komplikation der Beinlängenänderung bzw. Rotation wird in dieser Arbeit später genauer eingegangen.

Die durchschnittliche Verweildauer des Metalls im Knochen beträgt 5,7 Monate, wobei eine Standardabweichung von 2,8 Monaten vorliegt. Die Literaturangaben lassen eine ähnliche Verweildauer des Metalls in situ erkennen. Es gibt Angaben, welche im Mittelwert von 5,4 Monaten mit einer Standardabweichung von 2,9 Monaten sprechen. ¹³ Andere wiederum sprechen von einer durchschnittlichen Verweildauer von 7 Monaten bei Frakturen, die mittels ESIN behandelt wurden. ²

Interessant für diese Arbeit ist die, bei der Nachuntersuchung festgestellte, Beinlängendifferenz. Der durchschnittliche Zeitpunkt der Nachuntersuchung, wobei die Zeit zwischen Unfallereignis und Zeitpunkt der Nachuntersuchung verwendet wurde, liegt in der hier vorliegenden Arbeit bei 28,27 Monaten.

Bei 61 Patienten aus unserem Patientengut aus 113 Patienten fand sich ein dokumentierter Eintrag im Krankenakt der sich auf die Beinlänge bezog. Eine Beinlängenänderung wiesen 34 Patienten (55,74%) auf, bei 27 (44,26%) kam es zu keinem Unterschied im Wachstum bzw. zu einem Ausgleich. Das Ausmaß der Beinlängenveränderung liegt zwischen einer Verkürzung von -1 Zentimeter bis zu einer Beinlängenverlängerung von bis zu 2 Zentimeter. Im Durchschnitt kam es zu einer Verlängerung von 0,43 Zentimeter.

13.1. Vergleich ESIN – Fixateur externe

Der Grund die beiden Methoden vergleichen zu wollen, liegt in der Tatsache, dass es sehr wenige Arbeiten gibt, die diese zwei unterschiedlichen Operationsmöglichkeiten vergleichen.

Die vorliegende statistische Auswertung der erhobenen Daten derjenigen Patienten, die mit ESIN behandelt wurden, werden im Folgenden mit Daten durch Fixateur externe versorgter Patienten aus der Literatur verglichen.

Hedin H.⁹ beschreibt in ihrem Review, dass das Alter der Kinder bei der Wahl der Operationsmethode eine entscheidende Rolle spielt. Bei der Versorgung mit ESIN sind der Durchmesser der Nägel bzw. der Durchmesser des Knochenmarkkanals entscheidend. Der Fixateur externe kann auch bei sehr kleinen Kindern verwendet werden, findet aber die meiste Verwendung bei Kindern ab dem Alter von 3 Jahren.

Das Alter in der hier herangezogenen Studie von Weinberg et al.³⁰, welche Daten von 1988 bis 1996 miteinbeziehen, lässt sich gut mit dem für diese Arbeit untersuchten Patientengut vergleichen. Es wurden von Weinberg et al.³⁰ 121 Kinder im Alter von 2 bis 16 Jahren mit Fixateur externe versorgt, dem gegenübergestellt wurden 113 Patienten mit ESIN an der Kinderchirurgie Graz behandelt. Das Durchschnittsalter bei der Verletzung beträgt 8,2 Jahre, der mit ESIN versorgten Gruppe und 8,4 Jahre in der Gruppe, die mittels Fixateur externe behandelt wurden. Die Untersuchung der Frakturart zeigt bei Weinberg et al.³⁰, dass die Querfraktur mit 43% (n=52) am häufigsten vorkommt, gefolgt von der Schrägfraktur mit 41,3% (n=50) und komplexen Frakturen mit 15,7% (n=19). In unserem Fall zeigt sich, dass die am häufigsten dokumentierte Frakturart mit 28,32% (n=32) die Spiralfaktur war, die Querfraktur war bei 25,66% (n=29) die Frakturart, 15,04% (n=17) waren Schrägfraktur und nur bei 3,54% (n=4) konnte eine Trümmerfraktur festgestellt werden. In den restlichen 31 Fällen (27,43%) wurde keine Angabe zur Frakturart gemacht. Auch die Aufteilung der Frakturlokalisierung lässt sich in diesen beiden Arbeiten gut vergleichen. Die mit Fixateur externe versorgten Frakturen waren zu 15% (n=18) im proximalen, zu 61% (n=74) im medialen Drittel und zu 24% (n=29) im distalen Drittel lokalisiert. Die mittels ESIN versorgten waren mit 35,38% (n=40) im proximalen Drittel zu finden, 38,05% (n=43) im medialen und 12,39% (n=14) im distalen Drittel. Bei 14,16% (n=16) konnten keine genauen Angaben zur Frakturlokalisierung gemacht werden. Auch in Bezug auf die Unfallursache sind beide Arbeiten vergleichbar. Der Hauptverletzungsgrund in der Studie von Weinberg et al.³⁰ waren Verkehrsunfälle (69%, n=83) gefolgt von

Stürzen aus einer Höhe von mehr als einem Meter (11%, n=13) und Sport oder Spiel (20%, n=25). Die Verteilung der Unfallursache in der Gruppe mit ESIN versorgten, waren Sport mit 49,56% (56) und Verkehrsunfälle und Stürze aus Höhe mit 23,89% (n=27). Die Zeitspanne, indem der Fixateur externe montiert war, erstreckt sich zwischen 36 bis 94 Tagen. Das sind im Durchschnitt 55,3 Tage \pm 22,8 Tage. Im Fall der mit ESIN versorgten Gruppe erreicht der Durchschnitt, in der das Metall in situ war, 172 Tage, wobei eine große Standardabweichung von 83,07 Tagen festzustellen war. Im Falle der Komplikationen lassen sich im Vergleich der beiden Methoden Unterschiede erkennen. Die häufigste Komplikation der Operationsmethode mit Fixateur externe war die Pin Infektion.

Die Follow-up-Untersuchung erfolgt bei unserer Arbeit nach einer durchschnittlichen Dauer von 28,37 Monaten mit einer Standardabweichung von 31,83 Monaten. Die Kinder in der Arbeit von Weinberg et al.³⁰ wurden im Durchschnitt nach 32 Monaten mit einer Standardabweichung von 18,7 Monaten nachuntersucht.

Auch in einer anderen Arbeit von Weinberg A.M. et al.³¹, in der die Patienten mittels Fixateur externe behandelt wurden, liegt der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitpunkt 30,0 (\pm 10,2) Monate post fraktorem. Es wird in der gleichen Arbeit empfohlen, diesen Untersuchungstermin mindestens 2 Jahre nach dem Unfall bzw. nach dem Abschluss des Wachstums abzuhalten.

Die Follow-Up Untersuchung brachte folgende Ergebnisse in Bezug auf die Beinlängendifferenz zutage.

Es wurden 121 Patienten nachuntersucht, die eine Operation mittels Fixateur externe nach einer Oberschenkelfraktur hatten und bei 59 Patienten wurde eine Beinlängendifferenz festgestellt. Bei 39 Patienten waren beide Beine, das operierte sowie das nicht- operierte, gleich lang. Zu den restlichen 23 Patienten konnten keine Angaben gefunden werden. Die Spanne der Beinlängendifferenz lag zwischen einer Beinlängenverkürzung von -1cm bis zu einer Beinlängenverlängerung von 3cm. Im Durchschnitt kam es zu einer Verlängerung von 0,8cm am operierten Bein.³⁰

Im Vergleich dazu bestand unser Patientengut aus 113 Patienten, von denen insgesamt 61 Patienten einen dokumentierten Eintrag in der Krankenakt hatten, der sich auf die Beinlänge bezog. 34 Patienten wiesen eine Beinlängenänderung auf, bei 27 kam es zu keinem Unterschied im Wachstum bzw. zu einem Ausgleich. Der Umfang der Beinlängenveränderung liegt zwischen einer Verkürzung von -1 cm bis zu einer Beinlängenverlängerung von bis zu 2cm. Im Durchschnitt kam es zu einer Verlängerung von 0,43cm. Bei 52 Patienten konnte kein Eintrag gefunden werden.

Die Gegenüberstellung der Arbeit von Weinberg et. al.³⁰ und meiner Arbeit zeigt, dass bei der Versorgung mit Fixateur externe bei 48,76% und bei einer Versorgung mit ESIN bei 30,09% eine messbare Beinlängendifferenz festgestellt werden konnte.

Um eine Aussage betreffend der Beinlängendifferenz machen zu können, muss immer berücksichtigt werden, dass bei ca. 70% aller Menschen ein idiopathischer Beinlängenunterschied in einem Ausmaß von 0,5 bis 3 cm vorliegt.²⁷

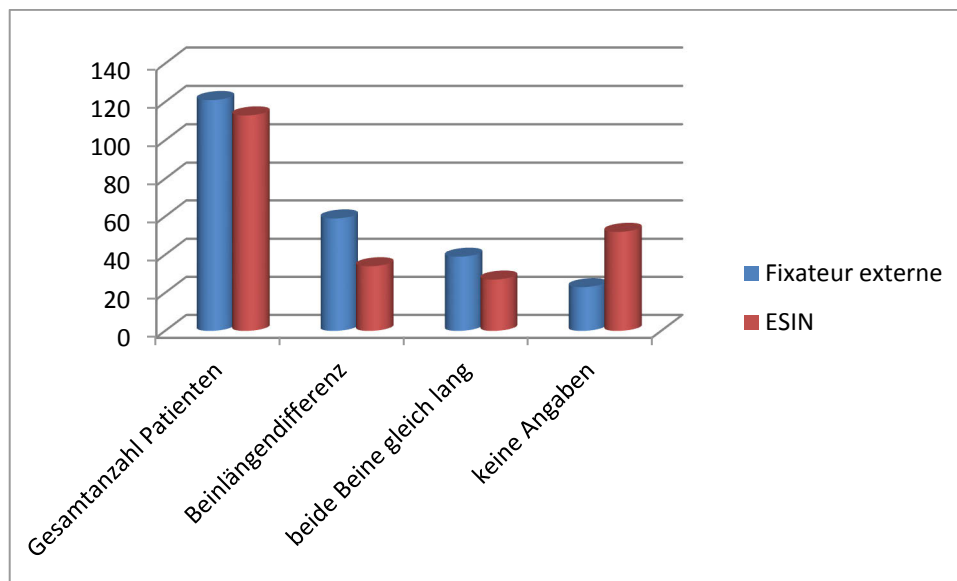


Figure 8: Patientenkollektivvergleich

	Fixateur externe	ESIN
Maximale Verkürzung	-1	-1
Maximales Mehrwachstum	3	2
Durchschnittliche Längenabweichung	0,8	0,43

Tabelle 5: Beinlängendifferenzen

Bar-On et al.² vergleichen in ihrer Studie die beiden Operationsmethoden, indem sie zehn Frakturen mit ESIN und zehn Frakturen mit Fixateur externe behandelt haben. Stellt man die beiden Gruppen gegenüber, so zeigt sich in Bezug auf die Beinlängendifferenz, dass nach einer Zeitspanne im Mittelwert von 14 Monaten bei zwei Patienten eine Beinlängendifferenz von einem Zentimeter bei Fixateur externe versorgten gefunden wurde, jedoch keine bei der Gruppe der ESIN versorgten.

14. Schlussfolgerung

Immer unter Voraussetzung der Vergleichbarkeit der Daten und unter Berücksichtigung der bei 70% aller Menschen vorliegenden, idiopathischen Beinlängendifferenz²⁷, ergibt sich, egal was das Alter, das Geschlecht, die Seitenlokalisation oder die Dauer des Verbleibes des Metalls betrifft, keine Signifikanz des Einflusses der Operationsmethode auf das Beinlängenwachstum post operationem.

In der Arbeit von Weinberg et al.³⁰ wird empfohlen den Fixateur externe vor allem für komplexe Frakturen, langen Schrägfrakturen, Spiralfrakturen, kombinierte Frakturen oder bei Polytraumatisierten Patienten einzusetzen. Bei Querfrakturen erwies sich diese Verfahrensweise aufgrund der hohen Komplikationsrate als ungeeignet. Hier wird ESIN als Methode der Wahl empfohlen.

Hedin⁹ beschreibt in ihrem Review, dass beide Methoden sowohl ESIN als auch Fixateur externe zuverlässig und sicher sind und gute Langzeitergebnisse bei Femurfrakturen im Kindesalter erbringen. Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile.

Aus der Sicht von postoperativen Komplikationen wie z.B. Pin- Infektionen und wegen des größeren Aufwandes der Versorgung (Wundmanagement) ist, trotz der Tatsache, dass beide Operationsmethoden in Bezug auf die Beinlänge annähernd gleiche Ergebnisse bringen, bei geschlossenen Frakturen, meiner Meinung nach, der Versorgung mit ESIN der Vorzug zu geben.

PATIENTENINFORMATION FÜR 8 – 14 JÄHRIGE

**Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz
und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen
im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe**

Liebe Patientin, lieber Patient!

Da auch wir Ärzte, so wie Du, immer wieder etwas lernen müssen, wollen wir Dich bitten, uns dabei zu helfen.

Mit einer kurzen Untersuchung kannst Du uns unterstützen, mehr über das Wachstum Deines Knochens nach einem Beinbruch herauszufinden. Dieses Wissen kann uns später dabei helfen, anderen Kindern, die die gleiche Verletzung, die Du bereits tapfer überstanden hast, noch ein bisschen besser zu helfen.

Das versuchen wir im Rahmen einer, so wie wir es nennen, „klinische Studie“, herauszufinden.

Was haben wir mit Dir vor?

Wir würden gerne wissen, was mit Dir passiert ist und wie es Dir nach dem Unfall gegangen ist. Zusätzlich würden wir uns Dein Bein anschauen und es abmessen und mit Dir ein paar Sprungübungen machen.

Du müsstest nur einmal zu uns ins Krankenhaus kommen und darfst natürlich am selben Tag wieder nach Hause.

Kann ich meine Meinung ändern?

Du darfst jederzeit Deine Meinung ändern, Du sagst einfach Deiner Mama oder Deinem Papa, dass du nicht mehr mitmachen möchtest.

Wenn Du noch mehr wissen möchtest oder irgendetwas nicht verstanden hast, kannst du natürlich uns Ärzte fragen. Wir werden uns bemühen, dass wir Deine Fragen so beantworten, dass du sie verstehst.

Außerdem sollst Du wissen, dass alles, was wir von Dir wissen und was bei der Untersuchung herauskommt, auf keinem Fall weitergeben, da dies dem Datenschutz unterliegt.

PATIENTENINFORMATION FÜR 14-18 JÄHRIGE

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient!

Wir laden Dich ein, an einer klinischen Untersuchung teilzunehmen.

Deine Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt freiwillig. Du kannst jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Deine medizinische Betreuung.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Du Dein Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklärst. Bitte lies den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Deinem Arzt sorgfältig durch und zögere nicht Fragen zu stellen.

Bitte unterschreibe die Einwilligungserklärung nur

- wenn Du Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden hast,
- wenn Du bereit bist, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Du dich über Deine Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren bist.

Du wurdest nach einem Bruch des Oberschenkels im Universitätsklinikum Graz an der Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie operiert. Im Rahmen meiner Diplomarbeit habe ich die Aufgabe, die Auswirkungen der Operation auf das Knochenwachstum zu untersuchen und dabei festzustellen, ob Beinlängenunterschiede bestehen. Dazu ist es notwendig, Dich nachzuuntersuchen. Diese Nachuntersuchung beinhaltet eine orthopädische körperliche Untersuchung (klinische Untersuchung).

Bei dieser Untersuchung werden keine bildgebenden und invasiven Maßnahmen durchgeführt.

PATIENTENINFORMATION

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein an der oben genannten klinischen Untersuchung teilzunehmen.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Ihre medizinische Betreuung.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Ihrem Arzt sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren sind.

Sie wurden nach einem Bruch des Oberschenkels im Universitätsklinikum Graz an der Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie operiert. Im Rahmen meiner Diplomarbeit habe ich die Aufgabe, die Auswirkungen der Operation auf das Knochenwachstum zu untersuchen und dabei festzustellen, ob Beinlängenunterschiede bestehen. Dazu ist es notwendig, Sie nachzuuntersuchen. Diese Untersuchung beinhaltet eine orthopädische körperliche Untersuchung (klinische Untersuchung). Bei dieser Untersuchung werden keine bildgebenden und invasiven Maßnahmen durchgeführt.

EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG DES PATIENTEN

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe

Inhalt, Vorgehensweise, Risiken und Ziel des obengenannten Forschungsprojektes sowie die Befugnis zur Einsichtnahme in die erhobenen Daten hat mir Dr. ausreichend erklärt.

Ich hatte Gelegenheit Fragen zu stellen und habe hierauf Antwort erhalten.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich für oder gegen die Teilnahme am Projekt zu entscheiden.

Eine Kopie der Information und Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Ich willige in die Teilnahme der klinischen Nachuntersuchung ein.

Ich bin mit der Weiterverarbeitung der erhobenen Daten in anonymisierter Form zu wissenschaftlichen Zwecken einverstanden.

.....
Name des Patienten/Inn

.....
Unterschrift des Patienten

.....
Ort, Datum

ELTERNINFORMATION

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe

Sehr geehrte Eltern!

Wir laden Ihr Kind ein, an einer klinischen Untersuchung teilzunehmen.

Die Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt freiwillig. Ihr Kind kann jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für die medizinische Betreuung Ihres Kindes.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche, neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Ihrem Arzt sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über die Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren sind.

Ihr Kind wurde nach einem Bruch des Oberschenkels im Universitätsklinikum Graz an der Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie operiert. Im Rahmen meiner Diplomarbeit habe ich die Aufgabe, die Auswirkungen der Operation auf das Knochenwachstum zu untersuchen und dabei festzustellen, ob Beinlängenunterschiede bestehen. Dazu ist es notwendig, Ihr Kind nachzuuntersuchen. Diese Nachuntersuchung beinhaltet eine orthopädische körperliche Untersuchung (klinische Untersuchung). Bei dieser Untersuchung werden keine bildgebenden und invasiven Maßnahmen durchgeführt.

Seite 1 von 3

EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG

Langzeitergebnisse und Inzidenz einer postoperativen Beinlängendifferenz und/oder einer funktionellen Beeinträchtigung nach Femurschaftfrakturen im Kindesalter - Vergleich von ESIN und Fixateur externe

Inhalt, Vorgehensweise, Risiken und Ziel des obengenannten Forschungsprojektes sowie die Befugnis zur Einsichtnahme in die erhobenen Daten hat mir

Dr. ausreichend erklärt.

Ich/wir hatten Gelegenheit Fragen zu stellen und habe hierauf Antwort erhalten.

Ich/wir hatten ausreichend Zeit, mich/uns für oder gegen die Teilnahme am Projekt zu entscheiden.

Eine Kopie der Information und Einwilligungserklärung habe ich/wir erhalten.

Ich/Wir willigen in die Teilnahme der klinischen Nachuntersuchung ein.

Ich/Wir sind mit der Weiterverarbeitung der erhobenen Daten in anonymisierter Form zu wissenschaftlichen Zwecken einverstanden.

.....
Name der Patientin/ Patienten

.....
Unterschrift der Erziehungsberechtigten

.....
Ort, Datum

Literaturverzeichnis

1. Anastasopoulos J, Petratos D, Konstantoulakis C, Plakogiannis C, Matsinos G. Flexible intramedullary nailing in paediatric femoral shaft fractures. *Injury*. 2010;41: 578–582.
2. Bar-On E, Sagiv S, Porat S. External Fixation or Flexible intramedullary nailing for femoral shaft fractures in children. *British Editorial Society of Bone and Joint Surgery*. 1997;79-B: 975–8.
3. Biedermann R. Beinlängendifferenzen. *MOT*. 2007;29–38.
4. Bucher O. *Cytologie Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen*. 9. ed. Bern: Hans Huber; 1948.
5. Buckup K. *Kinderorthopädie*. 2. ed. Georg Thieme; 2001.
6. Buess E, Kaelin A. One Hundred Pediatric Femoral Fractures: Epidemiology, Treatment Attitudes, and Early Complications. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1998;7(3): 186–192.
7. Fakoor M, Mousavi S, Javherizadeh H. Different types of femoral shaft fracture; different types of treatment: their effects on postoperative lower limb discrepancy. *Polish Journal of Surgery*. 2011;83(9): 477–481.
8. Gray H. *Anatomy of the Human Body* [Internet]. 1918 [cited 2011 Nov 17]. Available from: <http://bartleby.com/107/>
9. Hedin H. Surgical treatment of femoral fractures in children Comparison between external fixation and elastic intramedullary nails: A review. *Acta Orthop Scand*. 2004;75(3): 231–240.
10. Heybel M, Muratli H, Cele L. The results of intramedullary fixation with titanium elastic nails. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2004;38(3): 178–187.
11. Imhoff AB, Baumgartner R, Linke RD. *Checkliste Orthopädie*. Georg Thieme; 2006.
12. Jawadi A, Abdul- Samad A. Intramedullary Kirschner wire (K-wire) fixation of femoral fracture in children. *J Child Orthop*. 2007;1: 277–280.
13. Jubel A, Andermahr J, Isenberg J, Schiffer G, Prokop A, Rehm K. Erfahrungen mit der elastisch stabilen intramedullären Nagelung (ESIN) diaphysärer Frakturen im Kindesalter. *Orthopäde*. 2004;33: 928–935.
14. Ligier J, Metaizeau J, Prévot J, Las P. Elastic Stable Intramedullary Pinning of Long Bone Shaft Fractures in Children. *Eur J Pediatr Surg*. 1985;40(4): 209–212.
15. Marzi I. *Kindertraumatologie*. 2. ed. Springer; 2010.

16. Matzen P. Kinderorthopädie. 1. ed. Urban & Fischer; 2007.
17. Mazda K, Khairouni A, Pennecot G, Bensahel H. Closed flexible intramedullary nailing of the femoral shaft fractures in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1997;6(3): 198–202.
18. Niethard F. Kinderorthopädie. 2. ed. Georg Thieme; 2010.
19. Niethard F, Pfeil J, Bieberthaler P. Orthopädie und Unfallchirurgie. 6. ed. Georg Thieme; 2003.
20. Platzer W. Taschenatlas der Anatomie, Bewegungsapparat. 8th ed. Georg Thieme; 2003.
21. Putz R, Pabst R. Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen. 21st ed. Urban & Fischer; 2000.
22. Schünke M. Funktionelle Anatomie - Topographie und Funktion des Bewegungssystems. Georg Thieme; 2000.
23. Till H, Hüttl B, Knorr P, Dietz H. Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) Provides Good Long- Term Results in Pediatric Long- Bone Fractures. *Eur J Pediatr Surg*. 2000;10: 319–322.
24. Tscherne H, Weinberg AM. Unfallchirurgie im Kindesalter, Untere Extremität, Körperhöhlen, Besonderheiten des kindlichen Skeletts. Springer; 2006.
25. Tscherne H, Weinberg AM. Unfallchirurgie im Kindesalter, Allgemeiner Teil, Kopf, Obere Extremität, Wirbelsäule. Springer; 2006.
26. Vierhout B, Sleeboom C, Aronson D, Van Walsum A, Zijp G, Heij H. Long- Term Outcome of Elastic Stable Intramedullary Fixation (ESIF) of Femoral Fractures in Children. *Eur J Pediatr Surg*. 2006;16: 432–437.
27. von Laer L. Skelettraumata im Wachstumsalter. Hefte zur Unfallheilkunde. 1984;66: 61–67.
28. von Laer L, Kraus R, Linhart W. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. 5. ed. Georg Thieme; 2007.
29. Waldeyer A. Anatomie des Menschen. 14. ed. de Gruyter; 1980.
30. Weinberg AM, Hasler CC, Leitner A, Lampert C, von Laer L. External Fixation of Pediatric Femoral Shaft Fractures Treatment and Results of 121 Fractures. *European Journal of Trauma*. 2000;26: 25–32.
31. Weinberg AM, Reilmann H, Lampert C, von Laer L. Erfahrungen mit dem Fixateur externe bei der Behandlung von Schaftfrakturen im Kindesalter. *Unfallchirurg*. 1994;97: 107–113.