

Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar der
Technischen Universität München
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. Reiner Gradinger)

**Operationstechnische Evaluation von gelenkerhaltenden
Operationsverfahren am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahre**

Vlatka Andric

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigten
Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. R.Gradinger
2. apl. Prof. Dr. H.-P. Rechl

Die Dissertation wurde am 31.01.2007 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 23.05.2007 angenommen.

INHALTSVERZEICHNIS

1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

2. EINLEITUNG

2.1 Problemstellung und Zielsetzung

3. HINTERGRUND

3.1 Anatomische Besonderheiten des proximalen Femur beim Kind

3.1.1 Anatomie des Hüftgelenkes

3.1.2 Durchblutung des Hüftgelenkes

3.1.3 Klinische Beschreibung der Krankheitsbilder

3.2 Operative Eingriffe am proximalen Femur

3.2.1 Epiphyseodese bei ECF (K-Draht bzw. Schraube)

3.2.2 ITO (intertrochantäre Umstellungsosteotomie) bei Kindern

3.2.3 Kürettage und Plombage bei tumorähnlichen Läsionen

3.2.4 Metallentfernung

3.3 Röntgenaufnahmen bei Hüfterkrankungen

3.4 Grundlegendes zu den Operationsparametern

3.5 Projektionsbedingte OP-Probleme

3.6 Operationstechnische Komplikationen

4. MATERIAL UND METHODEN

4.1 Patientengut und Untersuchungsparameter

4.2 Datendokumentation – Auswertung und Statistik

4.3 Röntgenbilder

5. ERGEBNISSE

5.1 Patientengut

5.2 Auswertung der OP-Verfahren

5.2.1 K-Draht-fixierte intertrochantäre Osteotomien

5.2.2 Intertrochantäre Osteotomie nach Imhäuser

- 5.2.3 Kürettage/Plombage
- 5.2.4 Epiphyseodese
- 5.2.5 Metallentfernung
- 5.3 Graphische Darstellung der OP-Parameter und Signifikanzberechnungen
 - 5.3.1 Signifikanzberechnung für die OP-Zeit
 - 5.3.2 Signifikanzberechnung für die BW-Zeit
 - 5.3.3 Signifikanzberechnung für die Drainage-Menge
 - 5.3.4 Signifikanzberechnung für die Hämoglobindifferenzen
- 5.4 Auswertung der Röntgenbilder in bezug auf die Projektion von Implantaten im Femurkopf

6. DISKUSSION

- 6.1 Therapieverfahren und ihre Komplikationen in der Literatur
 - 6.1.2 Prophylaktische Spickung und Metallentfernung
 - 6.1.3 Implantatwahl
 - 6.1.4 Komplikationen bei gelenkerhaltenden Eingriffen am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahren
 - 6.1.5 Vergleich von Komplikationen
- 6.2 Eigene Studie
 - 6.2.1 OP-Parameter und Analyse
 - 6.2.2 Therapieverfahren
 - 6.2.3 Prophylaktische Spickung und Metallentfernung
 - 6.2.4 Implantatwahl
 - 6.2.5 Komplikationen
- 6.3 Auswertung der Röntgenbildern

7. AUSBLICK

- 7.1 Verbesserungsansatz
- 7.2 Neues Prinzip der computergestützten Navigation
- 7.3 Warum Navigationssysteme?

8. ZUSAMMENFASSUNG

9. LITERATURVERZEICHNIS

10. TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

11. DANKSAGUNG

12. LEBENSLAUF

1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|-------------|---|
| Abb. | = Abbildung |
| Abd | = Abduktion |
| ACFM | = Arteria circumflexa femoris medialis |
| Add | = Adduktion |
| AR | = Aussenrotation |
| AT | = Antetorsion |
| Bds. | = beidseits |
| BKS | = Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit |
| BW | = Bildwandler |
| bzw. | = beziehungsweise |
| CCD | = Caput-Collum-Diaphyse |
| CRP | = C – reaktives Protein |
| DCP | = Dynamic Compression Plate |
| d.h. | = das heisst |
| Δ Hb | = Hämoglobindifferenz zwischen 1. prä- und 4. postoperativen Tag |
| ECF | = Epiphyseolysis capitis femoris |
| evtl. | = eventuell |
| Exo | = Exostose |
| Ext | = Extension |
| FFP | = fresh frozen plasma |
| Flex | = Flexion |
| # | = Fraktur |
| Gy | = Gray |
| Hb | = Hämoglobin |
| HKN | = Hüftkopfnekrose |
| Hü.Dys | = Hüftdysplasie |
| Hü.Lux | = Hüftluxation |
| I | = Infekt |
| inkl. | = inklusive |
| IR | = Innenrotation |

| | |
|---------|---|
| ITO | = intertrochantäre Umstellungsosteotomie |
| k.A. | = keine Angabe |
| K-Draht | = Kirschner-Drähte |
| li. | = links |
| lt. | = laut |
| M. | = Morbus |
| Max | = Maximum |
| MD | = Median |
| mm | = Millimeter |
| Min | = Minimum |
| min | = Minuten |
| MW | = Mittelwert |
| n | = Anzahl |
| NB | = Normbereich |
| ON | = Osteonekrose |
| Om | = Osteomyelitis |
| Op | = Operations- |
| re. | = rechts |
| SKO | = subkapitale Osteotomie |
| sec | = Sekunden |
| SLE | = Systemischer Lupus Erythematodes |
| Stabw. | = Standardabweichung |
| T | = Trauma |
| Tab. | = Tabelle |
| v.a. | = vor allem |
| z.B. | = zum Beispiel |
| Zy | = Knochenzyste, aneurysmatische als auch juvenile |

2. EINLEITUNG

2.1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Erkrankungen des Hüftgelenkes haben einen zentralen Stellenwert in der Kinderorthopädie. Neben primär konservativen Therapieansätzen sind aber auch eine große Anzahl operativer gelenkerhaltender Verfahren indiziert. Im Vordergrund stehen dabei verschiedene Erkrankungen wie Epiphyseolysis capitis femoris, Morbus Perthes, Coxa valga, Coxa vara, benigne Tumoren und tumorähnliche Läsionen.

Bei gelenkerhaltenden operativen Eingriffen am proximalen Femur kann sich eine Vielzahl von Komplikationen wie die Kirschner-Draht-Perforation in das Hüftgelenk und die iatrogene avaskuläre Nekrose des Femurkopfes ergeben.

Da derartige Komplikationen im Kindesalter zu funktionellen und morphologischen Veränderungen führen können, die in einer frühzeitigen Coxarthrose (Hackenbruch 1987) enden und den prothetischen Gelenkersatz beim Erwachsenen erfordern (Glas 1991) ist es wichtig auf diese näher einzugehen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es für den Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 die gelenkerhaltenden operativen Verfahren am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahren, die in der Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München behandelt wurden, zu analysieren und die verfahrensassoziierten Probleme zu beurteilen und mit der Literatur zu vergleichen.

Dabei wurden verschiedene operative Parameter wie die Operationsdauer, Bildwandlerzeit, Drainagemenge und der Hämoglobinabfall evaluiert.

Es wurden Röntgen-Bilder ausgewertet, die präoperativ, am 4. postoperativen Tag und als 3-Monats-Verlaufskontrolle gemacht wurden, um die Position der Implantate im Femurkopf zu beurteilen und das Risiko einer Perforation von Kirschner-Drähten und Schrauben in das Hüftgelenk abzuschätzen und nach einem Score-Verfahren einzuteilen.

In der vorliegenden Studie soll auf folgende Fragen eingegangen werden:

- steigt das Perforationsrisiko des Femurkopfes mit der Anzahl der Fixationsimplantate wie Kirschner-Drähte / Schrauben,

- wie lange wird ein Patient intraoperativ mit einem Bildwandler durchleuchtet im Rahmen von verschiedenen Operationsverfahren auch im Rahmen der Metallentfernung,
- wie häufig gibt es fehlerhafte Implantateinschätzungen bei zweidimensionalen Bildwandleraufnahmen und wie häufig kommt es zu einer Schenkelhalsperforation?

Um einen Überblick über diese Problematik zu gewinnen, wurden in der Arbeit Eingriffe an 89 Kindern retrospektiv analysiert, um die häufigsten Komplikationen festzustellen. Auf alle in der Arbeit gestellten Fragen wurde in der gängigen Literatur nach den aktuellsten Forschungsergebnissen gesucht, um die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen verfahrensassoziierten Probleme mit denen aus der Literatur zu vergleichen und in der Diskussion darzustellen. Die Ist-Analyse soll als Voraussetzung dienen für zukünftige Arbeiten, die sich damit auseinandersetzen werden, wie man die Präzision und Praktikabilität von operativen Eingriffen verbessern und das Operationsverfahren für den Chirurgen vereinfachen als auch die Risiken potentieller Komplikationen senken kann.

3. HINTERGRUND

3.1 ANATOMISCHE BESONDERHEITEN DES PROXIMALEN FEMUR BEIM KIND

Für die Analyse der operationstechnischen Komplikationen und deren klinischer Bedeutung ist die Kenntnis von Aufbau und Funktion des proximalen Femur von grundlegender Bedeutung.

Das Therapieprinzip bei Patienten im Kindesalter ist laut Aronson (1992) „primum non nocere“ („vor allem nicht verletzen“). Operative Eingriffe und dadurch verursachte Verletzungen am Knorpel und Knochen können zu iatrogen verursachten avaskulären Nekrose und Chondrolyse führen. Durch die anatomische Lage der Gefäße am Femurkopf, ist diese Region jedoch während des therapeutischen Eingriffes besonders gefährdet. Um diesen Zusammenhang verständlich zu machen, folgen hier einige anatomische Besonderheiten am proximalen Femur beim Kind.

3.1.1 ANATOMIE DES HÜFTGELENKES

Im **Hüftgelenk** artikulieren das **Caput des Femur** mit dem **Acetabulum** des Os coxae.

Das Hüftgelenk ist ein Nussgelenk. Der Gelenkkopf des Hüftgelenks wird vom Caput des Femur gebildet. Die Gelenkpfanne wird vom Acetabulum und vom Lig. transversus acetabuli gebildet, das die Incisura acetabuli fast vollständig verschließt. Der Rand der Gelenkpfanne ist ringförmig von der faserknorpeligen Gelenkklippe, dem Labrum acetabulare umgeben. Das Labrum acetabulare umschließt das Caput des Femur über den Äquator hinaus, so dass annähernd 2/3 des Caput innerhalb der Gelenkpfanne liegen (Lippert 1996).

Der obere Anteil des **Acetabulums** wird vom Os ilii, die unteren vom Os ischii und Os pubis gebildet. Das Acetabulum besteht aus der sichelförmigen Facies lunata und der von der Facies umgebenden Fossa acetabuli (Moll 1997).

Die Facies lunata ist mit Knorpel überzogen. In der Fossa acetabuli fehlt der Knorpelüberzug, dagegen ist die Fossa mit einem fett- und bindegewebigen Polster ausgefüllt, von dem das Ligamentum (Lig.) capitis femoris zum Femurkopf zieht. Das Caput femoris artikuliert nur mit der Facies lunata.

Die kräftig ausgebildete **Gelenkkapsel** entspringt nicht am Labrum acetabulare sondern am knöchernen Rand des Acetabulum, dadurch ragt die Gelenkklippe frei in den Gelenkraum hinein. Die Kapsel reicht beim Femur auf der Vorderseite bis zur Linea intertrochanterica und auf der Rückseite bis zur Mitte des Schenkelhalses. Die Gelenkkapsel umschließt den gesamten vorderen und 2/3 des hinteren Schenkelhalses.

Das Hüftgelenk wird durch einen sehr kräftig ausgebildeten **Bandapparat** zusammengehalten und durch einen Muskelmantel gesichert.

Zum Bandapparat gehören: das Lig. iliofemorale, das Lig. ischiofemorale, das Lig. pubofemorale und die Zona orbicularis.

Diese Bänder verlaufen schraubenförmig um das Gelenk herum. Sie hemmen eine Überstreckung des Beins und wirken auch rotationshemmend.

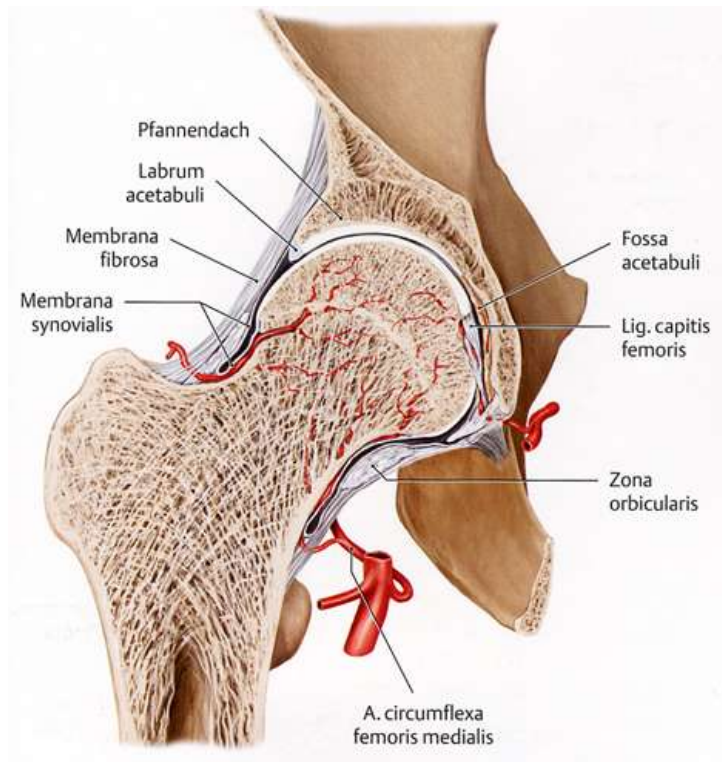


Abb. 1: Koronarer Schnitt durch ein rechtes Hüftgelenk (Schünke 2005)

Im folgenden wird auf den Kollumdiaphysen-, den Antetorsionswinkel und den Epiphysen-Diaphysenwinkel eingegangen. Die geometrischen Formen bezüglich der Anatomie des proximalen Femurs sind von großer Bedeutung für den Operateur.

Der **Kollumdiaphysenwinkel** (= **CCD-Winkel**) ist der Winkel zwischen dem Collum und dem Schaft des Femur. Er hat Einfluss über die Belastungsverhältnisse im Hüftgelenk.

Zur geometrischen Beschreibung des proximalen Femurs dient außerdem der **Antetorsionswinkel** (AT). Der AT-Winkel definiert die Antetorsion am proximalen Femur (Herring 2002).

Der AT-Winkel beschreibt die abgewinkelte Stellung der Schenkelhalsachse gegenüber der Achse der Femurkondylen in der Transversalebene. Der AT-Winkel ist nachweisbar durch Röntgenspezialaufnahmen (AT-Aufnahme) bei rechtwinkliger Beugung und 20° Abspreizung der Hüfte (Pschyrembel 1998). Der AT- als auch der CCD-Winkel unterliegen altersabhängigen Änderungen.

Bei einer **Coxa vara** ist der CCD-Winkel $< 120^\circ$, bei einer **Coxa valga** $> 140^\circ$. Das Kleinkind hat eine natürliche Coxa valga. Der Winkel verringert sich während des Wachstums von etwa 150 auf 128° (Lippert 1996).

Pathologisch ist der **AT-Winkel** im Kleinkindalter $>45^\circ$ bzw. im Vorschulalter $> 30^\circ$ (Breusch 2002).

Die Coxa valga ist häufig mit einer verstärkten AT kombiniert = Coxa valga-antetorta.

Die Coxa vara ist häufig mit einer verringerten AT kombiniert (Breusch 2002).

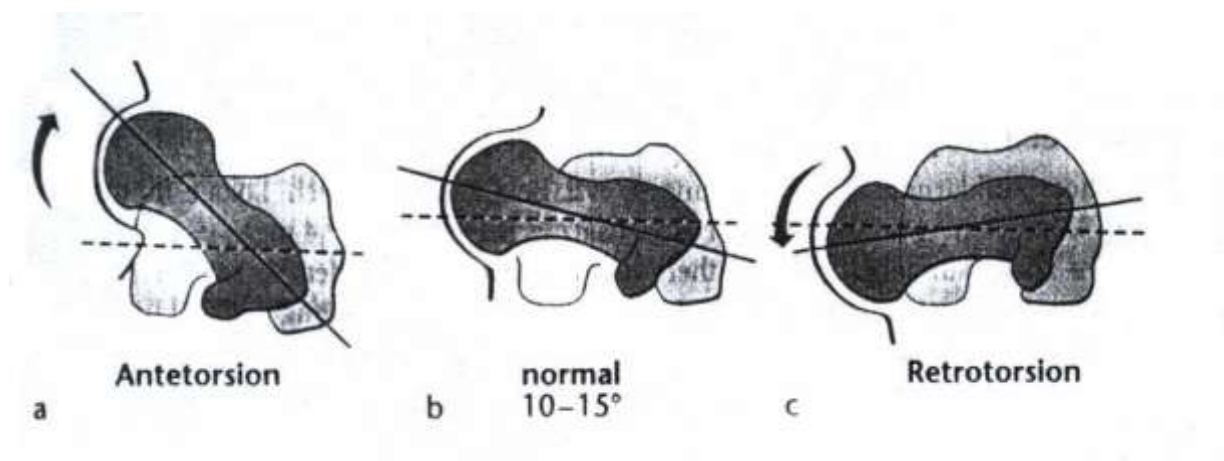


Abb. 2 : Antetorsionswinkel des proximalen Femurs:

- a) Coxa antetorta mit vergrößertem AT-Winkel. Die Coxa valga ist häufig mit einer verstärkten AT kombiniert (Coxa valga antetorta)
- b) Normale Antetorsion
- c) Coxa retrotorta mit verringertem AT-Winkel. Die Coxa vara ist häufig mit einer verringerten AT kombiniert (Breusch 2002).

Der Epiphysen-Diaphysen-Winkel (ED-Winkel nach Gekeler) dient als Maß für die kaudale Epiphysendislokation. Er entspricht weitgehend dem CCD-Winkel (Hepp 2004).

Im Seitenvergleich wird die Basis der Kopfepiphyse markiert und in ihrem Mittelpunkt die Senkrechte eingezeichnet. Sie bildet mit der Oberschenkelschaftachse den ED-Winkel. Die Differenz zur anderen Seite (δ ED) kann als Abrutsch im anterior-posterior Strahlengang

gewertet werden (Abb. 3). Der ED-Winkel wird zur Beschreibung des Epiphysenabrutsches bei einer Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) verwendet.

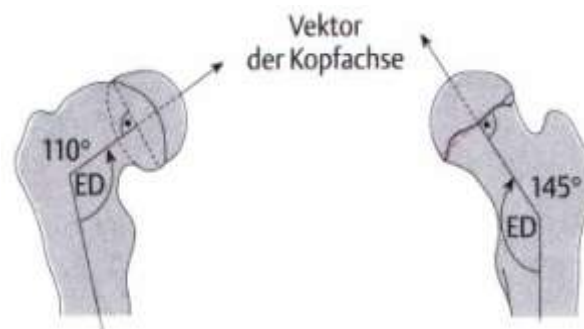


Abb. 3: rechte Hüfte: ED-Winkel bei Coxa vara epiphysarea (Hipp 2003).

3.1.2 DURCHBLUTUNG DES HÜFTGELENKS:

Der anatomische Verlauf der Gefäße, die das Hüftgelenk versorgen, ist von großer Bedeutung, denn durch das Einbringen von Implantaten in den Schenkelhals, besteht das Risiko der Gefäßverletzung mit der potentiellen Komplikation einer iatrogenen avaskulären Nekrose bis hin zum Funktionsverlust des Hüftgelenkes.

Das Hüftgelenk wird durch Äste der A. circumflexa femoris medialis (ACFM) und lateralis, beide aus der A. profunda femoris, mit Blut versorgt (Gautier 2000).

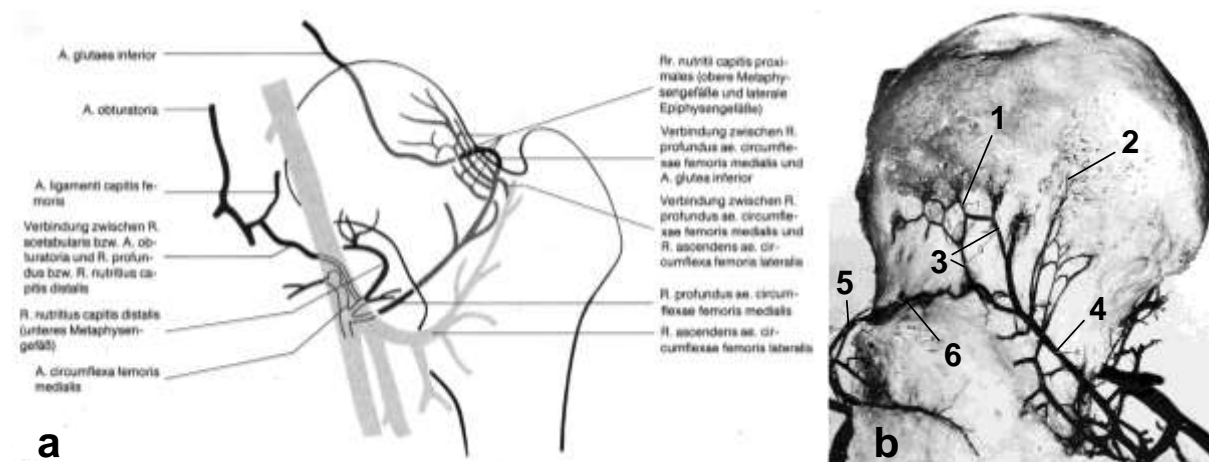


Abb. 4: (a) Schematische Darstellung der Hüftkopfgefäße des linken Femur. (b) Ausgußpräparat der dorsolateralen Region eines linken Femur mit R. profundus (4) und Aufteilung der Rr. nutritii capitis lateralis (3), deren Arkadenbildung (1) und intraossärer Verlauf (2) deutlich wird. Außerdem stellt sich der R. communicans (6) zwischen R. profundus (4) der A. circumflexa femoris medialis und R. ascendens der A. circumflexa femoris lateralis (5) dar (Hipp 1987).

Gautier et al. haben sehr detailliert den Verlauf der ACFM beschrieben. Sie haben in einer Studie von 24 Leichenhöften, Neoprenlatex in die femorale A. iliaca injiziert und deren Verlauf präpariert. Sie konnten feststellen, dass der Verlauf des tiefen Astes der ACFM bei jeder Leiche konstant in seinem extrakapsulären Segment war. An der proximalen Grenze des M. rectus femoris war immer ein trochantärer Ast zu beobachten, der lateral des großen Trochanter verlief. Dieser trochantäre Ast markiert die Höhe der Sehne des M. obturator externus. Die Sehne wird dorsal von dem tiefen Ast der ACFM überkreuzt.

Der Ramus profundus der ACFM wandert nach cranial und überkreuzt dabei ventral den gemeinsamen Sehnenansatz vom M. gemellus inferior, M. obturator internus und dem M. gemellus superior. Sie durchbohrt die Gelenkkapsel auf der Höhe des M. gemellus superior. In ihrem intrakapsulären Segment läuft sie entlang der dorsokraniellen Seite des Collum femoris und teilt sich dort in zwei bis vier subsynoviale retikuläre Gefäße.

Gautier hat auch beobachten können, dass der M. obturator externus den Ramus profundus der ACFM vor dem Zerreißen und Überdehnen schützt. Er hat Hüftdislokationen in alle mögliche Richtungen simuliert, nach dem alle Weichteile am proximalen Femur abpräpariert wurden, einschliesslich einer kompletten circumferenten Kapsulotomie, und dabei ist der tiefe Ast der ACFM erhalten geblieben.

Erste Untersuchungen über die arterielle Versorgung der **kindlichen Femurepiphyse** machte Trueta (1957) anhand von 50 Obduktionspräparaten. Er konnte nachweisen, dass im Säuglingsalter die Versorgung des Epiphysenkerns hauptsächlich durch die dorsomedialen retinikulären Epiphysengefäße der ACFM erfolgt. Im Alter zwischen 3 und 6 Jahren, also dem Perthes-typischen Alter, kommt es zum Funktionswechsel zugunsten der dorso-lateralen Epiphysenarterien. Diese nehmen an Zahl und Durchmesser deutlich zu und versorgen dann fast ausschliesslich den knöchernen Epiphysenkern. Die medialen Epiphysenarterien werden reduziert, so dass schliesslich 1-2 Arterien die Epiphyse erreichen, die in der arteriellen Versorgung der Epiphyse nur noch eine untergeordnete Rolle spielen.

Auch die Arterie des Lig. capitis femoris spielt in der Blutversorgung der Epiphyse nur eine unwesentliche oder keine Rolle (Trueta 1957, Chung 1976).

Bei diesem Wechsel von der medialen zur lateralen Gefässversorgung kann es zu Störungen kommen. Chung (1976) und Batory (1981) kamen durch die Untersuchungen an Korrosionspräparaten von kindlichen Hüftköpfen zu vergleichbaren Ergebnissen. Batory (1981) konnte an seinen Präparaten zudem nachweisen, dass die lateralen Epiphysenarterien auch dysplastisch sein können und erst deutlich verspätet den Epiphysenkern erreichen und

zusätzlich in ihrer Zahl vermindert sind, so dass es nach der Reduktion der medialen Epiphysenarterien zur subkritischen arteriellen Versorgung der Epiphyse kommt. Batory (1981) bezeichnete dies als latente Ischämiephase, die zwar allein noch nicht zum M. Perthes führt, aber sicher nur geringer zusätzlicher endogener oder exogener Noxen bedarf, um eine Ischämie auszulösen.

Die arterielle Blutversorgung des kindlichen Hüftkopfes erfolgt bis zum 9. Lebensjahr fast ausschließlich über den R. profundus der ACFM. Die vom Ramus profundus abgehenden Ramii nutritii capitis proximales versorgen im späteren Verlauf zwei Drittel bis vier Fünftel des epiphysären Hüftkopfes. Ab der Pubertät findet die Versorgung der übrigen epiphysären Anteile in unterschiedlichem Ausmaß von Gefäßen des Lig. capitis femoris statt (Burgkart 2006).

Das exakte Wissen über die extrakapsuläre Anatomie der ACFM und des Ramus profundus hilft, iatrogen hervorgerufene avaskuläre Femurkopfnekrosen zu vermeiden, die bei Epiphyseodesen mit K-Drähten und Schrauben als wesentliche Komplikation auftreten.

3.1.3 KLINISCHE BESCHREIBUNG DER KRANKHEITSBILDER

In der vorliegenden Arbeit wurden Daten ausgewertet von Kindern mit verschiedenen operativ zu versorgenden Hüftgelenkserkrankungen. Im Folgenden wird auf diese eingegangen.

Die Gesamtinzidenz der **Epiphyseolysis capitis femoris** (ECF) beträgt nach Hackenbroch und Bruns (1992) 0,1%. Eine Häufung findet sich in der Präpubertät, bei Jungen im Alter von 11-14 Jahren, bei Mädchen im Alter von 10-13 Jahren (Hepp 2004). Jungen sind doppelt so häufig betroffen wie Mädchen. Auffallend ist die zeitliche Übereinstimmung mit dem präpuberalen Wachstumsschub. Nach der Menarche treten praktisch keine Epiphysenlösungen mehr auf. Die Jugendlichen fallen oft auf durch eine adipöse Konstitution (z.B. Dystrophia adiposogenitalis) sowie durch Gonadenunterentwicklung (Breusch 2002).

In 20-80% der Fälle besteht die Erkrankung doppelseitig, oft zeitlich verschoben und auf jeder Seite unterschiedlich ausgeprägt. Aus diesem Grund wird in der Literatur von einer großen Anzahl der Autoren eine prophylaktische Spickung, der noch gesunden Hüfte vorgeschlagen (Bauer 1994).

Da die Prognose bei starker Dislokation der Epiphyse schlecht ist, muss versucht werden, schon das Frühstadium zu erkennen (Hepp 2004). Es handelt sich bei der ECF meist um ein langsames Gleiten bzw. Kippen über Wochen und Monate, selten akute Lösung der proximalen Femurkopfeiphyse. Rattey (1996) beschreibt eine akute Epiphysenlösung in 15% der Fälle. Das Gleiten kann auf jeder Stufe stehen bleiben, aber auch plötzlich in ein akutes Abgleiten übergehen. Dabei kann es zur Zerstörung der Epiphysengefäße kommen und zur Entwicklung einer Hüftkopfnekrose. Die genaue Ursache der Erkrankung ist noch nicht bekannt, man vermutet, dass hormonelle Faktoren bedeutsam sind (Loder 2000).

Nicht jede Epiphysiolyse führt zu einer frühzeitigen Arthrosis deformans. Der Verlauf ist ganz entscheidend vom Ausmaß der Dislokation (>40 Grad) und vor allem vom Auftreten einer Chondrolyse abhängig. Eine Knorpeldystrophie im akuten Krankheitsstadium ist so gut wie immer gleichbedeutend mit einer frühzeitig auftretenden Koxarthrose (Hepp 2004).

In der Normalbevölkerung kommt der **Morbus Perthes** mit einer Prävalenz von 1:1.200 bis 1:7.000 (Hackenbroch 1992). Die Erkrankung tritt zwischen dem 3. und 12. Lebensjahr auf, am häufigsten zwischen dem 5. und 9. Lebensjahr. Etwa 80% der Patienten sind Jungen. In 20% der Fälle sind beide Hüftgelenke erkrankt. Die zweite Seite kann Monate und Jahre nach der ersten befallen sein. Die Erkrankung heilt nach 3-4 Jahren aus, oft im Sinne einer präarthrotischen Deformität (Hepp 2004).

Die Perthes Erkrankung gehört zum Formenkreis der aseptischen Knochennekrosen. Betroffen ist die Hüftkopfeiphyse. Die nekrotischen Teile werden resorbiert und wieder aufgebaut. Nicht selten wird auch die Metaphyse erfasst.

Die Pathogenese ist noch unklar, man vermutet kongenitale Gefäßanomalien am proximalen Femur und hormonelle Dysregulation, die zur Durchblutungsstörungen führen und zur Nekrose des Knochenkerns der Kopfeiphyse (Schittich 1996).

Eine **Coxa valga** kommt am häufigsten vor im Rahmen einer Hüftdysplasie in Form einer Coxa valga antetorta. Die Hüftdysplasie ist die häufigste kongenitale Skelettfehlentwicklung. Es sind ca. 2 bis 4% der Neugeborenen betroffen. Nach neueren Angaben kommt in Deutschland etwa eine komplette Hüftluxation auf 1000 Geburten (Konermann 1999). Unter den Erkrankungen der kindlichen Hüfte sind 2 - 4 auf 100 Lebendgeburten Hüftdysplasien und -luxationen. Die Pathogenese betreffend handelt es sich um ein multifaktorielles Erbleiden, wobei Mädchen 4-6 mal häufiger betroffen sind als Jungen. Doppelseitigkeit kommt in 40 % der Betroffenen vor und es ist eine familiäre und geographische Häufung zu beobachten.

Langfristig kann eine sekundäre Coxarthrose aufgrund einer Gelenkinkongruenz entstehen (Exner 1990).

Als seltene Hüfterkrankung ist die **Coxa vara** zu nennen, die mit einer Häufigkeit in der Normalbevölkerung von 1 bei 25 000 Lebendgeburten zu beobachten ist (Lovell and Winters 1996). Es handelt sich dabei um eine Fehlbildung des koxalen Femurendes, eventuell verbunden mit Femurhypoplasie und Femur varum. Im Extremfall bildet sich eine Hirtenstabdeformität des Femurs aus (Hepp 2004).

Es gibt eine primäre Form, die schon bei der Geburt vorhanden ist mit kongenitalem Femurdefekt, und eine sekundäre Form, die sich unter Einfluss von Scherkräften nach Laufbeginn entwickelt. Bei der sekundären Form kommt es durch verminderte Stabilität im Schenkelhalsbereich zur Zunahme der Deformität und in seltenen Fällen zur Schenkelhalspseudarthrose, begleitet von einer sekundären Veränderung an der Hüftpfanne (Breusch 2002).

Primäre **Knochtumoren** sind selten, ca. 1% aller Tumoren, wobei die benignen wesentlich häufiger sind als maligne (Breusch 2002). Da in der vorliegenden Arbeit nur gelenkerhaltende Eingriffe am proximalen Femur evaluiert werden, sind maligne Knochtumoren kein Kriterium für die Patientenauswahl, da sie nicht gelenkerhaltend entfernt werden.

An **tumorähnlichen Knochenläsionen** fanden sich in dem vorliegenden Patientengut juvenile und aneurysmatische Knochenzysten.

Die juvenile Knochenzyste ist die häufigste tumor-like-lesion im Kindesalter mit einem Prä-dilektionsalter von 10-15 Jahren. Sie entwickelt sich metaphysär und kann erheblich an Größe zunehmen mit oft papierdünner Kortikalis (Niethard 2003). Das männliche Geschlecht ist doppelt so häufig betroffen wie das weibliche (Dominikus 2001).

Die aneurysmatische Knochenzyste ist ein osteolytischer Knochenprozess, der expandierend wächst mit mehrkammerigen blutgefüllten Hohlräumen. 1-2% aller tumorähnlichen Knochenläsionen machen aneurysmatische Knochenzysten aus. 75% der Patienten sind jünger als 20 Jahre. Am häufigsten sind die Metaphysen von distalem Femur und proximaler Tibia befallen (Breusch 2002).

Diese Erkrankungen werden hauptsächlich durch Osteotomien, Epiphyseodesen und Kürettage/“Plombage“ behandelt, wenn die konservative Therapie keinen Erfolg erzielt (Hipp 2003).

3.2 OPERATIVE EINGRIFFE AM PROXIMALEN FEMUR

Es gibt eine Vielzahl von operativen Eingriffen am proximalen Femur (Hipp 2003). Bei Patienten der vorliegenden Arbeit wurden bestimmte therapeutische gelenkerhaltende Verfahren eingesetzt, auf die im folgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

3.2.1 EPIPHYSEODESE BEI ECF

Indikation:

Nach dem Vorschlag von Imhäuser (1962) werden Dislokationen unter 30° in situ, also ohne Beseitigung der Deformität, stabilisiert. Man versucht das ätiologisch ungeklärte „Erweichen“ im Bereich zwischen Epiphyse und Schenkelhals aufzuhalten, welches ohne zusätzliches Trauma zur meist langsamen Dislokation der Hüftkopfeiphyse nach dorso-medial führt.

Lagerung und Schnittführung:

Bei Rückenlage des Patienten lateraler Hautlängsschnitt, von der Spitze des Trochanter major nach distal verlaufend.

Operationstechnik:

Die Fixation kann auf 3 Arten erfolgen:

- mit K-Drähten
- mit Steinmann-Nägeln
- mit mindestens einer kanülierten Spongiosaschraube mit kurzem Gewinde (Hefti 1997).

Bei jungen Patienten, bei denen noch ein nennenswertes Längenwachstum zu erwarten ist, wird die Stabilisierung mit **Kirschner-Drähten** durchgeführt, die ein weiteres Abrutschen der Hüftkopf-Epiphyse verhindert, das epiphysäre Längenwachstum jedoch meist nicht beeinträchtigt. Im Laufe des weiteren Wachstums kann die Epiphysenfuge über die Spitze der Kirschner-Drähte hinauswachsen, so dass die Hüftkopfeiphyse nicht mehr gesichert ist. Hier kann es in seltenen Fällen erforderlich werden, die K-Drähte zu gegebener Zeit gegen längere Drähte auszuwechseln.

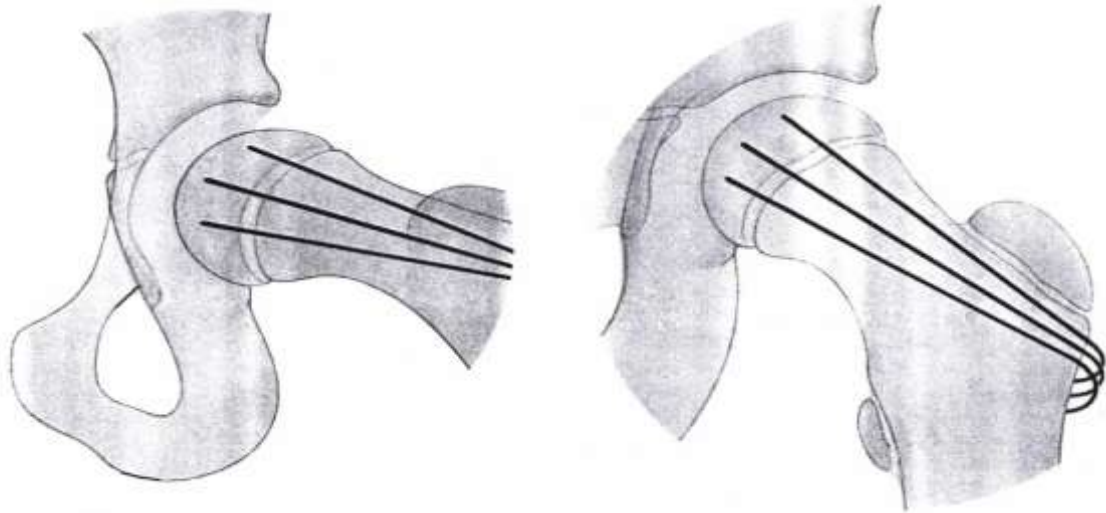


Abb. 5: Linke Hüfte, ventrale Ansicht: Stabilisierung der Epiphysenfuge mit Kirschner-Drähten (Bauer 1994).

Man kann auch **Schrauben** verwenden (Wirth, Jäger 2001), deren Gewindeteil nur in der knöchernen Epiphyse verankert ist. Der gewindefreie distale Schraubenanteil läuft durch die Wachstumsfuge hindurch. Das Ende der Schraube steht mit dem Schraubenkopf seitlich etwas vor, damit das weitere Längenwachstum nicht behindert wird.

Bei Patienten, die kurz vor dem Wachstumsabschluss stehen, ist ein nennenswertes weiteres Längenwachstum des Schenkelhalses nicht mehr zu erwarten. Hier kann die Verschraubung der Hüftkopfepiphyse durchgeführt werden, wie in Abb. 6 zu sehen, die zur schnellen knöchernen Epiphyseodese führt (Wirth 2001).

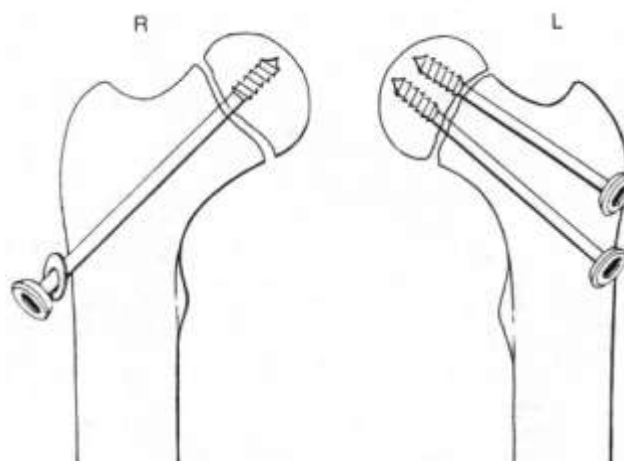


Abb. 6: Verschraubung der Hüftkopfepiphyse als operative Therapie bei ECF (Wirth 2001). Rechte Hüfte: Versorgung mit einer Gleitschraube, bei der noch ein Längenwachstum möglich ist. Linke Hüfte: feste Epiphyseodese bei der ein weiteres Längenwachstum des Schenkelhalses nicht mehr möglich ist.

Die Fixationsimplantate werden nach folgender Technik eingebracht:

An der Außenseite der Hüfte wird ein relativ kurzer Hautlängsschnitt angelegt. Nach Längsspaltung und Spreizung der Fascia lata werden distal vom Tuberculum innominatum durch feine Längsinzisionen im M.vastus lateralis in der Regel drei K-Drähte unter BW-Kontrolle bis in den Hüftkopf eingebracht. Die K-Drähte verlaufen fächerförmig durch den Schenkelhals, in beiden Ebenen gleichmäßig über den Querschnitt des Hüftkopfes. Durch die fächerförmige Lage der K-Drähte wird eine Rotationsstabilität des gespickten Femurkopfes gewährleistet. Die abgeschnittenen Enden der K-Drähte werden in dem Schlitz des M. vastus lateralis zu größeren Haken umgebogen und auf der Knochenoberfläche aufgesetzt, was die spätere Metallentfernung erleichtert. Demgegenüber werden einfach umgebogene Drahtenden, die flach auf die Kortikalis aufgelegt werden, schon nach kurzer Zeit von Knochengewebe bedeckt. Zur Einleitung des Wundverschlusses wird die Lücke im M. vastus lateralis vernäht und eine feste Raffnaht der Fascia lata angelegt.

Die Richtungskontrolle im BW erleichtert das Einführen der K-Drähte, jedoch ergibt sich aus dem zweidimensionalen Bild das Problem des „toten Winkels“ (s. S. 35, Abb. 18). Der Operateur muss verhindern den Femurkopf und den Schenkelhals nicht mit den Implantaten zu perforieren und so eine Chondrolyse bzw. bei Gefäßverletzung am Schenkelhals eine iatrogene avaskuläre Nekrose zu induzieren.

Bei einer Dislokation des Hüftkopfes durch Gleiten oder partiellen Abrutsch – in der Regel nach medial und dorsal - muss die Eintrittsstelle der K-Drähte oder Schrauben am Trochanter major so gewählt werden, dass die Implantate diagonal durch den Schenkelhals und senkrecht auf die Epiphysenfuge verlaufen. In der Regel liegt die zweckmäßige Eintrittsstelle an der Vorderfläche des Trochanters major. Implantate, die von der Mitte der lateralen Femurfläche eingesetzt werden, können nur den ventralen Anteil des Hüftkopfes treffen oder perforieren dorsal den Schenkelhals.

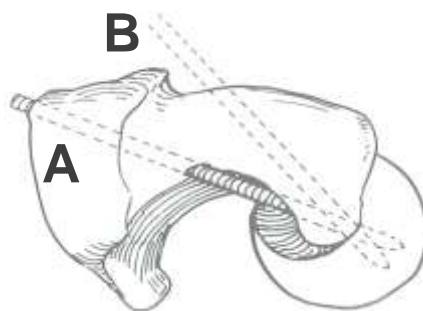


Abb. 7: Ansicht eines proximalen linken Femurs von cranial. Beispiel einer typischen dorsalen Schenkelhalsperforation bei der Epiphysiodese bei einem Patienten mit Epiphysiolysis capitis femoris: zu laterale Ausrichtung des K- Drahtes (A), korrekte Lage des K-Draht (B) (nach Loder 2000).

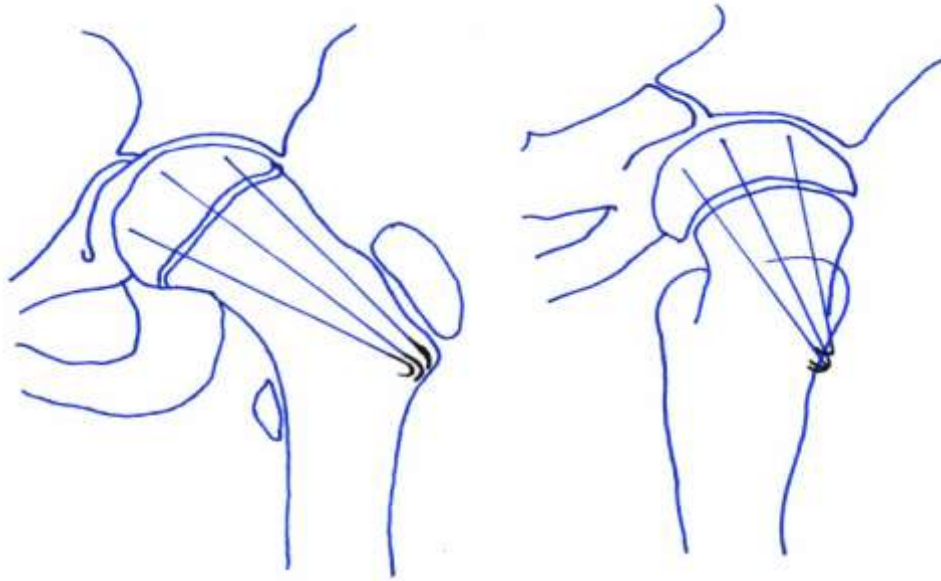


Abb. 8: Skizze eines möglichen Verlaufs der K-Drähte durch den linken Schenkelhals.

Nach Loder (2000) sollten die Fixationsimplantate im Rahmen gelenkerhaltender Op-Verfahren den superioren und anterioren Quadrant des Femurkopfes vermeiden. Wie im Kapitel 2.2.2 beschrieben durchlaufen die terminalen Äste der ACFM diesen Quadranten (Chung 1976). Wenn die Fixationsimplantate in den superioren Quadranten plaziert sind, besteht ein hohes Verletzungsrisiko für die intraossären Gefäße (Rami nutritii capitis), was zu einer iatrogen hervorgerufenen avaskulären Osteonekrose des Femurkopfes führen kann. Eine Implantatlage im posterioren Bereich des Schenkelhalses gefährdet die Gefäßversorgung des Femurkopfes durch den Ramus profundus der ACFM.

- 1 posteriores Gefäßnetz: Rami nutritii capitis
- 2 AFMC

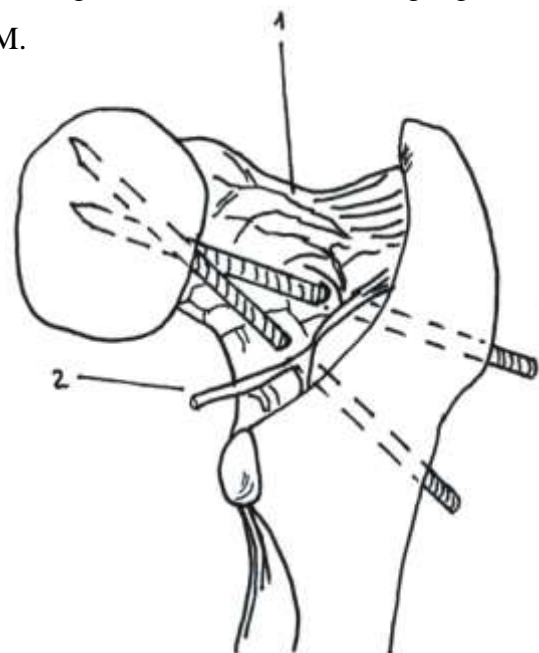


Abb. 9: proximaler rechter Femur von posterior: Schenkelhalsperforation durch K-Drähte (Loder 2000)

Das Risiko für eine iatrogen avaskuläre Nekrose ist erhöht, wenn das Implantat in den posterosuperioren Quadrant der Epiphyse gesetzt wird. Das Risiko ist am geringsten, wenn ein einzelnes Implantat wie in der Abb. 10 dargestellt in der Zentralachse des Schenkelhalses senkrecht zur Epiphysenfuge verläuft (Loder 2000). Man versucht mit der zentral gelegenen Schraube das Problem des „toten Winkels“ zu umgehen oder zumindest zu minimieren (Stevens 1996, Herring 2002) (s.auch Kapitel 6.1.3).

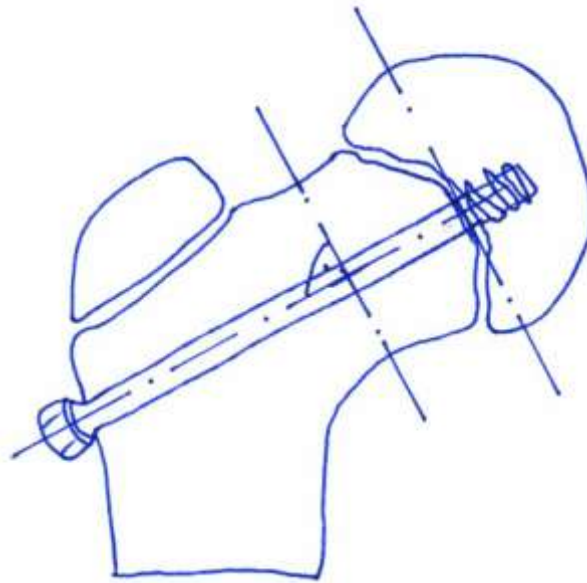


Abb. 10: Ideale Implantatlage: durch die Schenkelhalsmitte, diagonal zum Schenkelhals und lotrecht zur Epiphysenfuge.

Die Notwendigkeit der prophylaktischen Spickung der Gegenseite ist zwar nicht unumstritten, aber selbst in einer Arbeit, welche die Spickung der Gegenseite unnötig hält, wird angegeben, dass es in 40 % der Fälle zu einem Rutschen auf der kontralateralen Seite kommt (Jerre 1994). Da nach einer Epiphysenlösung die kranke Seite entlastet werden muss und deshalb die Gegenseite vermehrt belastet wird, ist das Risiko, dass sich hier ebenfalls eine Epiphysenlösung ereignet, relativ groß. Hefti (1998) empfiehlt deshalb grundsätzlich die prophylaktische Spickung der Gegenseite.

3.2.1 INTERTROCHANTÄRE UMSTELLUNGSOSTEOTOMIEN BEI KINDERN

Die intertrochantäre Umstellungsosteotomie (ITO) stellt für den Chirurgen operationstechnisch eine große Herausforderung dar. Die Gründe liegen in der Komplexität einer präzisen 3D Planung, die sowohl die krankheitsbedingten Randbedingungen als auch das prä-

und damit auch postoperative Bewegungsausmaß, Beinachse, Beinlänge etc. der Extremität patientenspezifisch berücksichtigen muss (Burgkart 2006).

Bei den intertrochantären Umstellungsosteotomien unterscheidet man zwei altersabhängige Verfahren:

1. bei bis 6 Jahre alten Patienten wird die Osteotomie durch K-Drähte fixiert,
2. ab 6 Jahren wird die Osteotomie durch eine Adoleszente-Winkelplatte fixiert.

Zu 1. Bis 6 Jahre Osteotomie mit K-Draht-Stabilisierung

Intertrochantäre Osteotomie mit K-Draht-Fixation

Indikation:

Korrektur einer Valgus- bzw. Varusstellung am proximalen Femurende, meist bei Luxations Hüften bzw. Hüftdysplasie, Coxa valga, Coxa vara, aber auch bei Fehlstellungen des Schenkelhalses nach Traumen oder Wachstumsstörungen und bei Morbus Perthes (Bauer 1994).

Lagerung und Schnittführung:

Bei Rückenlage des Patienten lateraler Hautlängsschnitt, von der Spitze des Trochanter major nach distal verlaufend.

Technik:

Die Operation wird im Kindesalter, also bei noch offenen Wachstumsfugen ausgeführt. Der Eingriff darf daher das epiphysäre Längenwachstum nicht beeinträchtigen. Daher müssen Implantate gewählt werden, die einerseits eine ausreichende Stabilität gewährleisten, andererseits eine Perforation der Apophyse vermeiden.

Bei der intertrochantären Varisierungsosteotomie wird die pathologische Antetorsion und Valgusstellung des proximalen Femurs durch Derotation und Varisierung korrigiert. Bei gleichzeitig bestehender Pfannendysplasie wird der Hüftkopf tiefer in das Azetabulum hineingedreht, so dass ein größerer Teil der Gelenkfläche des Hüftkopfes vom Azetabulum umfasst wird (Abb. 11, Bauer 1994).

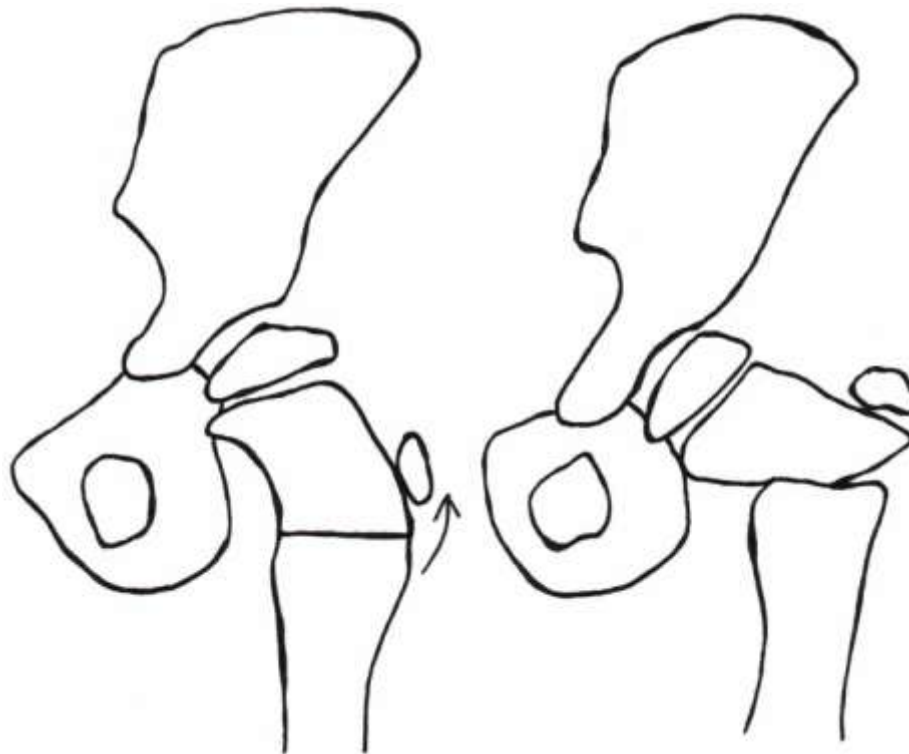


Abb. 11 : Skizze einer intertrochantäre Varisierungsosteotomie (Bauer 1994)

Nach dem Hautlängsschnitt an der Außenseite der Hüfte wird die Faszia lata längs gespalten und gespreizt. Unter Weichteilschutz wird der Oberschenkelknochen proximal vom Trochanter minor, der Stelle der geplanten Osteotomie, freigelegt.

Unter Setzen eines stumpfen Hohmann-Hackens wird das Septum intermusculare laterale und restliche Muskelursprünge von der Linea aspera abgelöst. Durch die Dekortikation werden die hier verlaufenden venösen Gefäße geschont.

Durch Abduktion und Innenrotation des Beines wird der proximale Schenkelhals in die Korrekturstellung gebracht. Zur Markierung des angestrebten Korrekturwinkels und des Implantatsitzes wird unter BW-Kontrolle, ein Markierungsdraht proximal vom Tuberculum innominatum in Trochanter major und Schenkelhals eingesetzt. Für die varisierende Osteotomie verläuft der Markierungsdraht nach medial-kranial und steht nach der Achsenkorrektur senkrecht zur Femurlängsachse. Im BW wird die korrekte Lage des Markierungsdrahtes überprüft.

Parallel zum Markierungsdraht wird die intertrochantäre Osteotomie kranial der Epiphysenfuge des Trochanters minor angelegt. Der proximale Femur wird mit dem Markierungsdraht in der Korrekturstellung gehalten und das Bein durch Adduktion und Außenrotation in die Mittelstellung zurückgeführt. Dabei öffnet sich der Osteotomiespalt und

die Achsenkorrektur wird durchgeführt. Der entnommene Knochenkeil wird später lateral in den Osteotomiespalt eingesetzt auch in Abb. 11 sichtbar.

Bei Patienten unter 6 Jahren wird die Osteotomie mit K-Drähten stabilisiert: die K-Drähte werden gesetzt. Die Position der K-Drähte wird im Bildwandler (BW) überprüft. Bei korrekter Stellung werden sie nacheinander nach distal umgebogen (Hipp 2003).

Bei Kindern über 6 Jahre wird die intertrochantäre Derotations-/ Varisationsosteotomie im Klinikum Rechts der Isar mit einer Adoleszenten-Winkelplatte fixiert.

Medialverschiebung: Die varisierende Osteotomie bei einem langen Schenkelhals führt zu einer stärkeren Lateralisation des distalen Femurfragmentes mit einer Varisation der ganzen Beinachse. Außerdem entsteht an der Osteotomiestelle ein größeres Biegemoment, was sowohl der Stabilität als auch der knöchernen Konsolidierung abträglich ist. Durch Verwendung einer Rechtwinkelplatte bei Patienten ab 6 Jahre kann mit einer größeren Kröpfung eine Medialverschiebung des distalen Fragmentes herbeigeführt werden, was die genannten Effekte vermeidet (Bauer 1994).

Bei einer guten Knochenqualität kann der Verkürzungseffekt der intertrochantären Varisation durch eine Aufklapposteotomie reduziert oder sogar verhindert werden. Bei dieser Variante wird eine Querosteotomie senkrecht zur Femurlängsachse angelegt und das proximale Fragment unter lateralem Aufklappen des Osteotomiespalt im Varussinne korrigiert. Für eine schnelle knöcherne Konsolidierung ist es erforderlich, den klaffenden Osteotomiespalt mit Spongiosaspänen aufzufüllen, die man von der proximalen und distalen Osteotomiefläche entnehmen kann (Bauer 1994).

Zu 2. Ab 6 Jahre Osteotomie mit Adoleszenten-Winkelplatte-Stabilisiert

Intertrochantäre Osteotomie mit Adoleszenten-Winkelplatte

Indikation:

Korrektur einer Valgusfehlstellung am proximalen Femurende, meist bei Luxationshüften bzw. Hüftdysplasie. Die häufigste Indikationsstellung ist die Coxa valga antetorta in Kombination mit einer Pfannendysplasie, wo der Eingriff als intertrochantäre Derotations-Varisationsosteotomie ausgeführt wird (Bauer 1994).

Winkelplatte:

Für die Osteosynthese werden in der Regel 90°-Winkelplatten verwendet, wobei das Ziel sein

muss, dass der proximale Anteil der Winkelplatte, der als „Klinge“ bezeichnet wird und intraossär zum Liegen kommt, stabil in den Schenkelhals und distalen Hüftkopf eingeschlagen wird und gleichzeitig nach korrekter Fragmentreposition der äußere Plattenanteil der Winkelplatte bündig auf der lateralen Kortikalis des distalen Fragmentes aufsitzt und entsprechend mit Osteosyntheseschrauben fixiert wird (Abb. 12, d) (Bauer 1994).

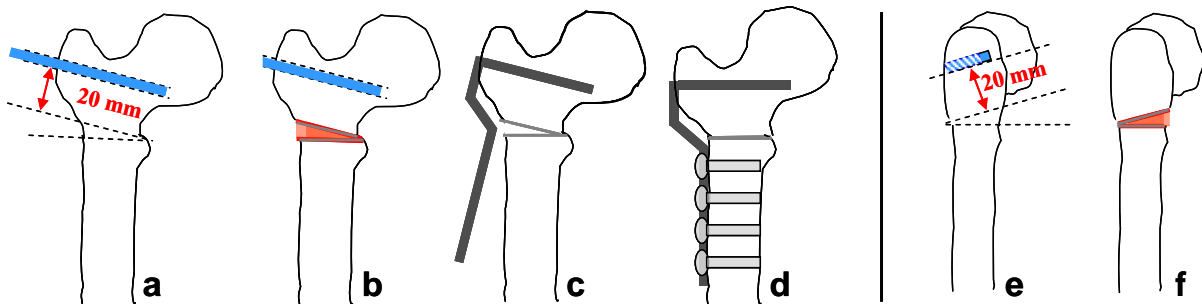


Abb. 12: Technik der intertrochantären Osteotomie am Beispiel einer 10° Varusfehlstellung des proximalen Femur: (a) entsprechend dem geplanten Aufrichtungswinkel, d.h. also parallel zu der geplanten proximalen Osteotomieebene, wird der Klingemeißel (blau) am intakten Femur eingeschlagen. Nach Durchführung beider Osteotomien wird der Knochenkeil (rot (b)) und der Klingemeißel entfernt und die 90° Winkelplatte in den vorbereiteten Klingekanal eingeschlagen. Nach Reposition des proximalen Fragmentes erfolgt die Fixation der Platte mit Osteosyntheseschrauben distal. Ist außerdem eine Flexionskorrektur notwendig, kompliziert sich die Klingenausrichtung und der Klingemeißel muss neben der schrägen Einstellung in der Koronarebene (a) zusätzlich in der Sagittalebene exakt parallel zur virtuellen proximalen Osteotomieebene verkippt werden (Meißel „blau gestreift“ eingezeichnet in der Lateralansicht des Femur (e)). Soll das proximale Fragment zusätzlich eine posteriore Translation erfahren ist der Meißel entsprechend weiter anterior einzuschlagen („blau solide“ (e)). Nach Osteotomie (f) erfolgt die Keilentnahme und analog die Osteosynthese (Burgkart 2006).

Der Vorgang des korrekten Klingensetzen ist dabei technisch sehr schwierig, da anatomisch der Femurschenkelhals isthmisch geformt und die Klingebreite oft mehr als 2/3 dieses Durchmessers ausfüllt (Abb. 13). Trifft der Operateur durch diese Engstelle nicht genau, besteht das Risiko der Perforation der Schenkelhalskortikalis mit möglicher Fraktur in diesem Bereich und/oder einer potenziell folgenschweren arteriellen Gefäßverletzung des Ramus profundus der A. circumflexa femoris medialis (Abb. 13) mit möglicher Entwicklung einer Hüftkopfnekrose (Burgkart 2006).

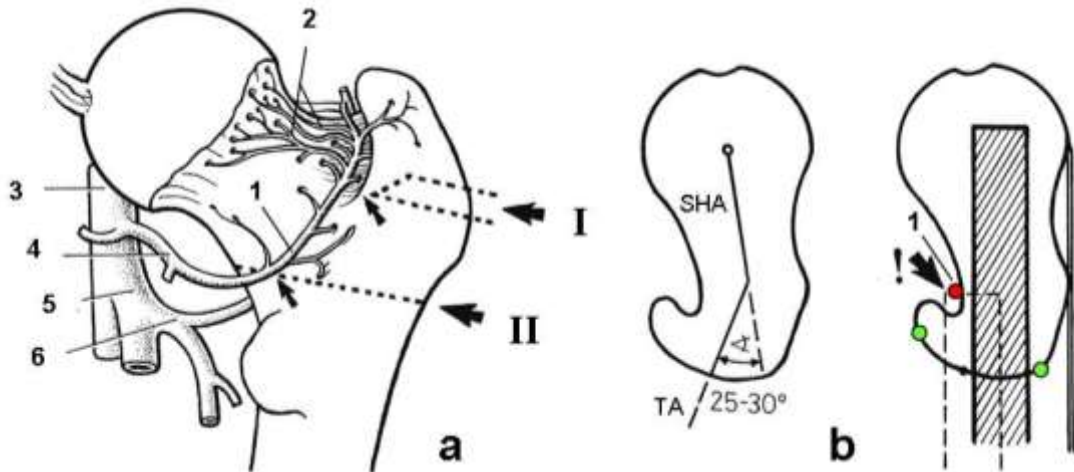


Abb. 13: Arterielle Blutversorgung des proximalen Femur: (a) Ansicht eines rechten Femur von dorsal mit Darstellung des R. profundus (1) der A. circumflexa femoris med. (4) und abgehenden Rr. nutritii capitis (2), die entlang des dorsalen Schenkelhalses verlaufen und den Großteil des Hüftkopfes arteriell mit Blut versorgen (Hipp 1962). Auf Grund des Verlaufes des R. profundus und seiner Abgänge können diese beim Setzen der Klinge (I) sowie im Rahmen der Osteotomie (II) verletzt werden. Übrigen Gefäße: A. femoralis (3), A. profunda fem. (5), A. circumfl. fem. lat. (6). (b) Ansicht des Querschnittes durch den Schenkelhals von cranial: Darstellung der Abweichung der Trochanterachse (TA) um ca. 25-30° nach dorsal gegenüber der Schenkelhalsachse (SHA). Bei „mittigem“ Eingehen der Klinge - bezogen auf den Trochanter major (Ränder grün markiert) - kommt es zur Verletzung des R. profundus (1). Außerdem zeigt die Abbildung, dass die Klinge möglichst entlang der Schenkelachse und nicht - wie oft fälschlich - entlang der Trochanterachse eingebracht werden muss (Burgkart 2006)



Abb. 14: 2 Beispiele für inkorrekte Plattenlagen jeweils nach durchgeführter ITO. Röntgenbild einer linken Hüfte a.-p. (a) und axial (b) mit Klängenperforation der dorsalen Schenkelhalskortikalis. Die Klinge ist dabei außerdem grenzwertig zu lang zu gewählt. Beispiel einer anterioren Klängenperforation (Röntgenbild einer rechten Hüfte a.-p. (c) und axial (d)). Zusätzlich zeigt sich hier noch eine fehlerhafte, zu schräg nach cranial verlaufende Osteotomieebene (c), bei

der das potenzielle Risiko einer Fraktur der zu schmalen Knochenbrücke im Schenkelhalsbereich besteht, sowie und eine inkorrekte schräge Ausrichtung des ossär fixierten Plattenanteil an der lateralen Femurdiaphyse (d) (Burgkart 2006).

Zu 2. Ab 6 Jahren bei ECF Imhäuser-Osteotomie

Intertrochantäre Flexions-Valgisationsosteotomie mit Adoleszenten-Winkelplatte und K-Drähten

Ist der Femurkopf um mehr als 30° abgerutscht, so muss eine Korrekturosteotomie durchgeführt werden. Imhäuser hat 1954 die intertrochantäre Flexions-Valgisations-Osteotomie zur Behandlung der Deformität nach schwerem Abgleiten bei der Hüftkopf-Epiphysenlösung empfohlen (Imhäuser 1954).

Das simultane Einbringen von K-Drähten und der Plattenklinge in den Schenkelhals ist technisch schwierig (Hefti 1998).

Bei noch offener Wachstumsfuge und damit potenziell noch nicht abgeschlossenem Dislokationsprozess wird die Osteotomie nach einem Vorschlag von Weber durch operative Fixation der Epiphyse mittels Zugschraube anstatt von K-Drähten ergänzt (Weber 1965). Die Epiphyseodese der Kopfepiphyse verhindert das weitere Abgleiten derselben (Niethard, Pfeil 2003).

Die Imhäuser-Osteotomie ist eine intertrochantäre dreidimensionale Korrekturosteotomie. Sie soll zur Rezentrierung des Femurkopfes in die Hüftpfanne führen. Dies geschieht durch ventrale und meist lateral basierte Knochenkeilentnahme in Verbindung mit Innenrotation des Beins unterhalb der Osteotomie.

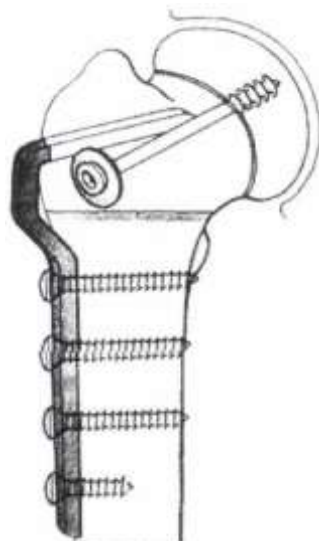


Abb. 15: Imhäuser-Osteotomie (Wirth 2001)

Technik:

In Abhängigkeit vom ED-Winkel wird eine horizontal geführte Flexionsosteotomie mit einer ventralen Keilentnahme von 20° bis 40° und einer anschließenden Rotation des Femurschafts bis in eine Innenrotationsstellung von wenigstens 10° bei rotatorischer Neutralstellung des Kopf-Hals-Fragmentes durchgeführt. Zur Fixation wird eine 90° - oder 100° -Hüft-Winkelplatte meist mit einer Unterstellung von 1 cm und einer auf den Schenkelhals angepasste Klingenlänge verwendet, damit die bei noch offener Wachstumsfuge zusätzlich notwendige epiphysenfixierende K-Drähte bzw. Schraube noch ungehindert von anterolateral aus eingebracht werden kann. Die zusätzliche Valgisierung des Schenkelhalses ist jeweils von dem Ausgangsbefund abhängig. Mit dieser Technik lassen sich Dislokationen bis etwa 70° ausreichend und primär übungstabil korrigieren (Wirth 2001).

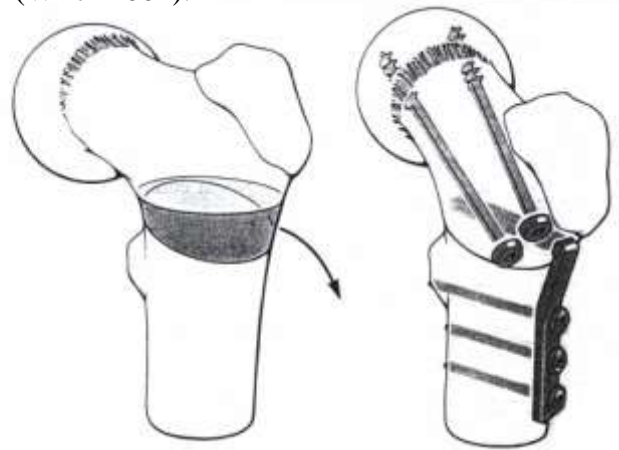


Abb. 16: Keilentnahme bei der Imhäuser-Osteotomie (Niethard 2003)

3.2.2 KÜRETTAGE UND PLOMBAGE BEI TUMORÄHNLICHEN LÄSIONEN

In unserem Patientengut traten als tumorähnliche Läsionen juvenile und aneurysmatische Knochenzysten auf.

Technik:

Die intraläsionale Tumorkürettage erweist sich als Therapie der Wahl (Dominikus 2001):

Um das gesamte Tumorgebiet gut einsehen zu können, sind eine ausreichende Exposition und ein entsprechend großzügig gewählter Zugang nötig.

Nach Exposition wird das makroskopisch sichtbare Tumorgewebe mit Kürettageöffeln entfernt. Anschließend werden kleine ossäre Buchten mit Kugelfräsen mechanisch ausgefräst, bis

eine makroskopisch glatte Kortikalis und allseits makroskopisch tumorfreie Verhältnisse vorliegen.

Aktive juvenile Knochenzysten zeichnen sich durch einen erhöhten intrazystischen Druck aus, welcher arteriell pulssynchron ist und häufig eine Verbindung zum venösen System hat. In diesem Fall wird alternativ auch von operativer Druckentlastung, Kortisoninstillation oder Sklerosierung der Zyste erfolgreich berichtet (Kotz 1984).

Bei Vorliegen einer aneurysmatischen Knochenzyste wird therapeutisch eine ausgedehnte Ausräumung der Zyste mit anschließender Auffüllung durchgeführt. Als Plombage wird das Auffüllen eines Defektes mit autologem oder homologem Knochen-Transplantat bezeichnet (Hefti 1998). Autologe Knochen-Transplantate müssen von anderen Stellen im Körper, meist vom Beckenkamm entnommen werden (Convery 1991).

Die Kürettage mit einem scharfen Löffel wird bei tumorähnlichen Läsionen als Therapie der Wahl angesehen, die allerdings bei inkompletter Durchführung zum Rezidiv führen kann (Dominikus 2001). Die Rezidivrate nach alleiniger Kürettage wird bis zu 59% angegeben, so dass adjuvant in kritischen Fällen vor einer Auffüllung mit auto- oder homologer Spongiosa bei Vorliegen eines Riesenzelltumors die Verwendung von Phenol empfohlen wird. Auf diese Weise kann die Rezidivrate auf 0-20% reduziert werden (Dominikus 2001). Auch der thermische Effekt von Knochenzement kann dazu beitragen oder Kryotherapie mit flüssigem Stickstoff können die Rezidivrate senken (Dominikus 2001).

3.2.3 METALLENTFERNUNG

Der Zeitpunkt der Metallentfernung bei unserem Patientengut ist vom Alter des Patienten und von dem jeweiligen operativen Eingriff abhängig:

Bei den Patienten, die eine ECF hatten, wartete man bis zum Ende der Pubertät ab, damit das Knochenwachstum abgeschlossen war und die Epiphysenfuge verschlossen. Die Implantate wurden so lange im Knochen belassen, damit es zu keinem weiteren Epiphysenfugenabrutsch kommen kann.

Bei Patienten mit einem Morbus Perthes wurde die Verbesserung des Containments kontrolliert und nach knöcherner Konsolidierung der Osteotomie die Kirschner-Drähte entfernt. Bei 65% unserer Patienten wurden zwei Monate nach einer intertrochantären Umstellungsosteotomie mit K-Drähten ohne Winkelplatte die Implantate entfernt.

Die Komplikationsrate bei Metallentfernung ist relativ zu anderen Operationsverfahren niedrig, wenn das Osteosynthesematerial gut zugänglich ist (Hefti 1998).

Je länger die Implantate im Körper verbleiben, desto komplizierter ist die Metallentfernung, wenn die Drähte infolge von Verwachsungen nicht auf Anrieb sichtbar oder spürbar sind.

Meistens werden die abgeschnittenen Enden der K-Drähte in dem Schlitz des M.vastus lateralis zu größeren Haken umgebogen und auf der Knochenoberfläche aufgesetzt, was die spätere Metallentfernung sehr erleichtert. Demgegenüber werden einfach umgebogene Drahtenden, die flach auf die Kortikalis aufgelegt werden, schon nach kurzer Zeit von Knochengewebe bedeckt. Dies muss bei der Metallentfernung mit einem Meisel abgetragen und freipariert werden (Bauer 1994).

K-Drähte sind aufgrund ihrer Größe intraoperativ im Vergleich zu Schrauben schwer zu finden, jedoch sobald gefunden einfach zum Herausziehen. Der Schraubenkopf ist intraoperativ meist leichter zu finden als das K-Draht-Ende, jedoch es ist schwieriger die Schraube herauszuziehen. Da in den meisten Fällen Zugschrauben mit nicht durchgängigem Gewinde verwendet werden, muss man beim Herausziehen der Schraube durch den Schenkelhals ein Gewindeloch mit der Schraube schneiden. Dabei besteht das Risiko, dass die Schraube abbricht.

Die Winkelplatte ist im Vergleich zu K-Drähten und Schrauben ein großes Implantat und somit für den Operateur leicht auffindbar. Bei möglicher Verknöcherung der Platte muss man sie freimeiseln bevor man sie entfernt.

3.3 RÖNTGENAUFNAHMEN BEI HÜFTERKRANKUNGEN

Bei klinischem Verdacht auf eine Hüfterkrankung sollten Röntgenaufnahmen der Hüfte in mindestens zwei Ebenen durchgeführt werden (Hefti 1998).

Dazu empfiehlt sich die ap Beckenübersichtsaufnahme plus axiale Aufnahmen der jeweiligen Hüften (Kaufmann 2001).

Als Spezialaufnahmen in der Diagnostik von Hüfterkrankungen werden die Aufnahmen nach Imhäuser und die von Imhäuser leicht abgeänderte Aufnahme nach Lauenstein gemacht.

In der Praxis hat sich die von Imhäuser (1957, 1969) vorgeschlagene Lagerungsweise zur Diagnostik der ECF bewährt:

Für das in Rückenlage aufgenommene ap-Bild muss bei ausgestreckten Beinen die Knie-
scheibe nach oben zeigen. Bei vorhandener Außenrotationskontraktur wird durch das An-
heben des ipsilateralen Beckens und die damit verbundene Einwärtsdrehung des Beines bis
zur Neutralstellung ausgeglichen (Nagel 2000).

Zur Aufnahme der zweiten Ebene, empfiehlt Imhäuser (1969) die modifizierte Lauenstein-
Technik. Dabei handelt es sich um eine axiale Aufnahme des Hüftgelenkes. Dabei muss die
Schenkelhalsachse parallel zum Röntgenfilm liegen. Man berechnet den Abduktionswinkel in
dem man 180° minus CCD-Winkel = Abduktions-Winkel.

3.4 GRUNDLEGENDES ZU DEN OPERATIONSPARAMETERN

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene operative Parameter wie die Operations-
dauer, Bildwandlerzeit, Drainagemenge und der Hämoglobinabfall bei dem jeweiligen Ope-
rationsverfahren evaluiert. Dabei wurden die jeweiligen Werte in unserer Studie ausgewertet
und wenn vorhanden mit denen in der Literatur verglichen. Es folgen einige grundlegende
Fakten zu den Operationsparametern:

1. Operations-Zeit

Kein medizinischer Eingriff ist völlig frei von Risiken. Bei Kindern wird von den
Narkoseformen eine Allgemeinanästhesie vorgezogen. Die Kindernarkose wird meistens mit
Propofol eingeleitet. Die weitere Narkose wird mit Narkosegasen aufrechterhalten. In vielen
Häusern ist es üblich insbesondere bei Eingriffen an Extremitäten, nach dem der Patient in
Vollnarkose ist, noch eine spinale Anästhesie zu legen, um intraoperativ die Opiatdosis gering
zu halten und dem Patienten ein schmerzfreies Aufwachen zu ermöglichen (Schulte am Esch,
2002).

Zu den allgemeinen Risiken einer Vollnarkose zählen: Zahnschäden, Mundschleimhaut-
verletzungen, Heiserkeit, Halsschmerzen, postoperative Übelkeit, Aspirationsgefahr durch
Erbrochenes, Lungenentzündung, Lungenembolie, allergische Reaktionen auf Narkose-
medikamente, kardiale und pulmonale Komplikationen vom Herzstillstand bis zum Broncho-
Laryngospasmus, etc.

Es ist zu erwähnen, dass die Pharmakokinetik, Eliminationshalbwertszeit und Sensitivität von bestimmten Anästhetika bei Kindern verändert ist und bei nicht adäquater Dosierung, die Kinder in lebensbedrohliche Lage versetzen kann (Schulte am Esch, 2002).

In der modernen Narkose spielen die bei der klassischen Äther-Narkose ausgeprägten Narkose-Stadien (Schmerzlosigkeit, Erregung, Toleranzstadium, in dem operiert wird, beginnende Atemlähmung und Gefahr des Herzstillstandes) eine sehr untergeordnete Rolle. Der Entwicklungsstand der heutigen Anästhesiologie hat das Narkose-Risiko: Schock, Embolie, postoperative Lungenentzündung stark gesenkt (Schulte am Esch, 2002).

Wenn man die aufgeführten möglichen Risiken und Nebenwirkungen einer langen OP-Dauer ins Auge fasst, die Risiken einer Allgemeinanästhesie, den vermehrten Blutverlust, die erhöhte Wahrscheinlichkeit einer Fremdbluttransfusion, die Rate der Wundinfektionen, ist es logisch, dass zum Schutz des Patienten eine kürzere OP-Dauer anzustreben ist, um das Risiko für operativ bedingte Komplikationen zu minimieren.

2. Bildwandler-Zeit

Ein Bildwandler (BW) ist ein C-förmiger Röntgenbildverstärker auch Fluoroskop bezeichnet. Der BW ist ein mobiles Röntgengerät, bestehend aus einer Röntgenquelle und einem Bildverstärker auch Detektor-Einheit genannt. Die relative Anordnung von Quelle und Detektor ist fest durch einen C-förmig gekrümmten Metallrahmen vorgegeben. Bezogen auf den frei verfahrbaren Sockel des gesamten Gerätes besitzt dieser Rahmen jedoch mehrere Freiheitsgrade. Er ist höhenverstellbar sowie bzgl. 3 Raumachsen drehbar. Die Detektor-einheit hat den Zweck, einfallende Röntgenstrahlung sofort in ein verstärktes Videosignal umzuwandeln, welches anschließend auf einem Monitor betrachtet werden kann. In dieser Bildarstellung liegt der wesentliche Vorteil eines BW: Das Bild ist sofort sichtbar. Es sind sogar dynamische Bilder mit dem BW zu erzeugen, in dem man kontinuierlich die Röntgenquelle aktiviert. Durch die C-Form des BW ist es möglich, das Gerät an einen Operationstisch heranzufahren, so dass sich die Röntgenquelle unterhalb und der Detektor oberhalb des Tisches befindet. Liegt ein Patient auf dem OP-Tisch, so kann dessen Anatomie entsprechend durchleuchtet werden. Insbesondere bei orthopädischen Eingriffen ist ein mobiles Fluoroskop intraoperativ als Bildgebungsmodalität erste Wahl. Die BW-Bilder dienen hauptsächlich der qualitativen Beurteilung der Situation durch den Operateur (Roth 2000).

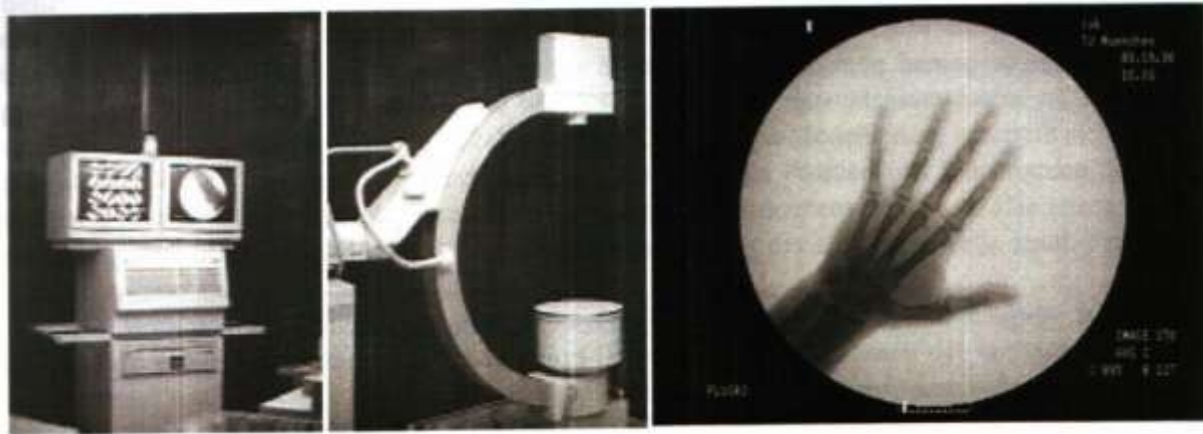


Abb. 17: Flexibles intraoperatives Röntgen mit einem Röntgenbildverstärker-System (Fluoroskop)
(Roth 2000)

Auf ionisierende Strahlen reagieren die verschiedenen Normalgewebe unterschiedlich stark. Man spricht von einer Organtoxizität bzw. Organsensibilität (Kaufmann 2001).

Am gefährdetsten sind solche Gewebe, deren Stammzellen und reife Endzellen strahlenempfindlich sind, wie das lymphatische System. An zweiter Stelle stehen Organe mit sensiblen Stammzellen und relativ unempfindlichen Endzellen, wie Hoden und Knochenmark.

Zellsysteme mit mäßig sensiblen Stammzellen und kurzlebigen Endzellen z.B. Dünndarmepithel gehen ebenfalls nach Strahlenexposition rasch zugrunde. Gefährdet sind auch Systeme, die sich nicht mehr erneuern können, wie die Oozyten im reifen Ovar.

Reifer Knorpel und ausgewachsener Knochen gehören dagegen zu den strahlenresistentesten Körpergeweben überhaupt. Wachsender Knorpel und wachsender Knochen sind dagegen verhältnismäßig sensible, wobei proliferierende Chondroblasten empfindlicher sind als Osteoblasten. Bereits nach 4-6 Gy treten Störungen der Mitoseaktivität der Chondroblasten auf. Später kommen Zelldystrophie, Zelltod sowie Schäden an der Knorpel-Knochen-Wachstumszone hinzu. Höhere Dosen führen zu Kapillarschäden und Extravasaten von Erythrozyten. Folge ist die Reduktion, eventuell das völlige Sistieren des Knochenwachstums. Für die Epiphysenfugen wurden je nach Lebensalter kritische Dosen von 15-25 Gy ermittelt. Das sollte bei Strahlenexposition im Kindesalter bedacht werden.

Bei Kindern, die noch im Wachstum sind und ein zellteilungsfähiges Gewebe haben, das nicht den vollständigen Reifungsprozess erreicht hat, kann zu hohe Röntgenstrahlenexposition die Zellteilung negativ beeinträchtigen, bis zu der Gefahr ein Malignom zu induzieren.

Einen typischen „Strahlenkrebs“ gibt es nicht. Ionisierende Strahlung kann aber die Inzidenz der natürlicherweise schon vorkommenden bösartigen Tumoren erhöhen (Kaufmann 2001).

Die Erwachsenen im Op-Team sollten insbesondere wegen des negativen Einflusses der Röntgenstrahlen auf die Keimzellen nicht unnötig langen Zeiten ausgesetzt sein, um die Fruchtbarkeit nicht zu beeinträchtigen und eine Schwangerschaft zu verhindern.

Männliche Keimzellen sind einer strahleninduzierten genetischen Mutation ausgesetzt bei weitgehend strahlenresistenter Hormonproduktion, so dass der Geschlechtstrieb und die Geschlechtskraft erhalten ist trotz strahlenbedingter Sterilität (Impotentia generandi).

Im Gegensatz zum Mann verlaufen bei der Frau Infertilität und das Sistieren der Geschlechtshormonproduktion gleichzeitig. Die Strahlenempfindlichkeit der Eierstöcke nimmt mit dem Alter zu, nämlich von 18 Gy bei einer sehr jungen Frau auf 2 Gy bei einer Frau ab dem 45. Lebensjahr (Kaufmann, Sauer 2001).

Zu lange BW-Zeiten sind nicht nur für Kinder sondern auch für das OP-Team eine Gefährdung. Aufgrund der zahlreichen unerwünschten Risiken, die vermehrte Röntgenexposition bei Kindern und Erwachsenen haben kann, ist es verständlich, dass die BW-Zeit möglichst kurz gehalten soll.

3. Drainage-Menge und Hämoglobin-Änderung

Die mit der Narkose oder Operation verbundenen Eingriffe und ergänzenden Behandlungsmaßnahmen führen häufig zum Blutvolumenverlust und dem Einsatz von z.B. Infusionen, Bluttransfusionen, zentraler Venenkatheter, anästhesiologische Nachbehandlung, die mit Risiken verbunden sein können. Transfusionen von Fremdblut oder Blutbestandteilen wie „fresh frozen plasma“ oder Erythrozytenkonzentrate können zur Blutgruppenunverträglichkeit oder Infektionen mit Hepatitis-Viren (Virusübertragungsrisko beträgt im einzelnen für Hepatitis B 1: 200 000, Hepatitis C 1: 100 000) und extrem selten mit HIV führen (nach BDA 2002 ca. 1 Fall auf 3 Millionen übertragener Blutkonserven bei HIV). Die Eigenblutübertragung vermeidet diese Risiken, sie ist aber nicht immer möglich (Schulte am Esch 2002).

In Anbetracht der aufgeführten Tatsachen, sollte intraoperativ ein möglichst geringer intra- und postoperativer Blutverlust angestrebt werden.

3.5 PROJEKTIONSBEDINGTE OP-PROBLEME

Bei drohendem oder progredientem Hüftkopfepiphyseabrutsch ist die operative Fixation durch Spickdrähte- bzw. Schraubenosteosynthese das Verfahren der Wahl.

Zur sicheren Stabilisierung der Epiphyse sollten beispielsweise K-Drähte fächerförmig verschiedene Anteile der Epiphyse erfassen und gleichzeitig epiphysär langstreckig eingebracht werden, d.h. möglichst nah an die Hüftkopfoberfläche reichen.

Zwar wird intraoperativ mit Hilfe eines BW die Implantatlage kontrolliert, trotzdem kann man das Phänomen des „toten Winkels“ nicht umgehen. Aus diesen projektionsbedingten OP-Problemen können sich die nachfolgend beschriebenen Komplikationen entwickeln:

1. Eine wichtige Komplikation bei Eingriffen am proximalen Femur ist eine Kirschner-Draht- bzw. Schraubenperforation durch den Femurkopf, mit dem Risiko einer Chondrolyse des Femurkopfkorpels und die mögliche Entwicklung einer späteren Gelenksarthrose.

Die K-Draht-Perforation ins Gelenk ist eine sehr gefährliche Komplikation, die sehr schwerwiegende Spätfolgen hat, die therapeutisch oft nur mit einem künstlichen Gelenk zu beheben sind, was für einen jungen Patienten dann meistens mit mehreren Prothesenwechsel verbunden ist.

2. Eine weitere unerwünschte Komplikation bei Operationen am proximalen Femur ist die iatrogen induzierte avaskuläre Hüftkopfnekrose. Es kann bei dorsaler Perforation des Schenkelhalses mit den K-Drähten/Schrauben bzw. Plattenklinge zur Verletzung der femurkopfversorgenden Gefäße kommen, wie der Arteria circumflexa femoris medialis und folglich zu einer Femurkopfnekrose, die ebenfalls Ursache für einen künstlichen Gelenksersatz sein kann.

Aus dem zuvor beschriebenen, stellt sich die Fragen: warum es zu solchen Komplikationen in dem anatomischen Situs kommt?

Wenn man den Femurkopf als eine approximierete Kugel betrachtet, ist es diagnostisch schwierig mit einem herkömmlichen Bildwandler einen räumlichen Überblick über die Kugel zu gewinnen. Durch die zweidimensionalen (2D) Röntgenbildaufnahmen, kann die Kugel als ein Körper im Raum nicht gänzlich dreidimensional (3D) erfasst werden. Es ist aus dieser Bildgebung sehr schwierig, alle Oberflächen der Kugel einzusehen und auf Perforationen von K-Drähten zu beurteilen.

Durch die zweidimensionalen Aufnahmen ist eine stattgefundene Perforation oft nicht sichtbar, weil es durch die Überlagerung von Projektionen zu einer fälschlichen intraossären Lageeinschätzung des Implantates im Femurkopf kommt.

Dieses Problem ist in der folgenden Skizze dargestellt:

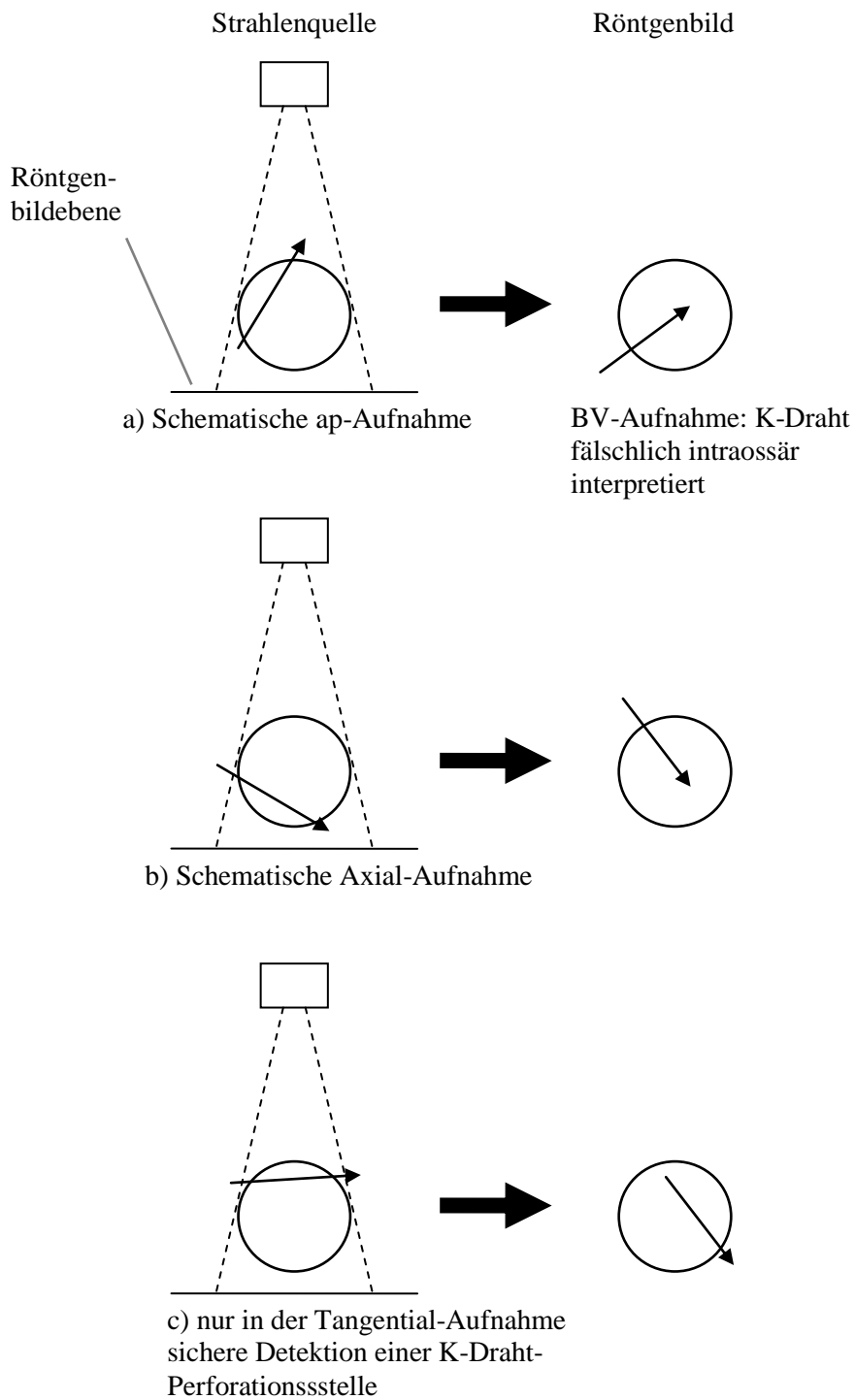


Abb. 18: Projektionsbedingtes Problem des „toten Winkels“: sieht man den Femurkopf als eine approximiere Kugel und den K-Draht als einen Pfeil, der durch die Kugel heraustritt, wird bei zwei-

dimensionalen Aufnahmen der Pfeil mit häufiger Wahrscheinlichkeit innerhalb des Kreises dargestellt und der Beobachter hat den Eindruck als ob der K-Draht die Kugel nicht perforiert.

Wie wichtig die tangential Aufnahme bei 2D-Bildern ist, wird in der Abb. 18 sichtbar: das ist die einzige Aufnahme in der eine Implantatperforation sicher erkannt werden kann. In der Abb. 18 als hervortretender Pfeil aus dem Kreis dargestellt. Eine Tangentialaufnahme ist eine Bilddarstellung genau an der Stelle der Kugeloberfläche des potentiellen K-Draht-Austrittes

Aus der Skizze wird ersichtlich, dass bei der Verwendung von zweidimensionalen Röntgenbildern es immer einen Bereich gibt, in dem der K-Draht den Femurkopf oder wie in der Abb. 19 dargestellt, den Schenkelhals, verletzen kann und dabei in 2D nicht erkannt wird.

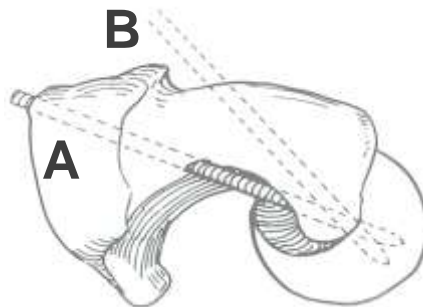


Abb. 19: Sicht von cranial auf rechten proximalen Femur: Eine im Röntgenbild nicht zu sehende Schenkelhalsperforation: schraffierter Drahtabschnitt: da die K-Drähte innerhalb des Schenkelhalses projiziert werden (Loder 2000).

3.6 OPERATIONSTECHNISCHE KOMPLIKATIONEN

Aufgrund der schwierigen anatomischen Lage und der technisch anspruchsvollen Operationsmethoden, können die Patienten schon intraoperativ oder kurz postoperativ von schwerwiegenden Komplikationen betroffen sein.

Dabei kann es sich um folgende Komplikationen handeln:

1. Perforation durch K-Draht/Schraube oder Winkelplatte
2. Chondrolyse
3. iatrogen induzierte avaskuläre Nekrose, durch Verletzung der in der Schenkelhalsnähe verlaufenden Gefäße.

Bei der Chondrolyse handelt es sich um eine Nekrose des Gelenkknorpels, der zu einer schmerzhaften Einsteifung des Hüftgelenkes und später zur Koxarthrose führen kann (Wirth 2001).

Vrettos definiert die Chondrolyse bei einseitigem Hüftbefall mit ECF als Einengung des Gelenkspaltes auf mindestens die Hälfte des Gelenkspaltes der kontralateralen gesunden Hüfte. Bei beidseitigen Hüftbefall definiert er die Chondrolyse als Einengung des Gelenkspaltes auf weniger als 3 mm (Vrettos 1993).

Es bestehen dabei folgende Symptome bzw. Zeichen (Hepp 2004):

- akute Knorpeldystrophie
- starke Einschränkung der Beweglichkeit
- Verschmälerung des Gelenkspaltes
- subchondrale Aufhellung.

Die Chondrolyse wird von manchen Autoren nicht als mechanische Folge einer K-Draht-Perforation durch den Femurkopf gesehen. Mann (1989) erwähnt eine durch die Gelenkperforation ausgelöste Komplement-System-vermittelte Antigen-Antikörper-Autoimmun-Reaktion. Es scheint, dass eine K-Draht-Perforation nicht immer zur Chondrolyse führt, aber eine Chondrolyse häufiger bei Gelenkperforation auftritt.

4. MATERIAL UND METHODEN:

4.1 PATIENTENGUT UND UNTERSUCHUNGSPARAMETER

Zur Beantwortung der aufgeführten Fragestellungen wurden im Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 sämtliche OP-Verfahren nach folgenden Ein- und Ausschlusskriterien analysiert:

EINSCHLUSSKRITERIEN :

1. gelenkerhaltende Operationen am proximalen Femur
2. Patienten unter 18 Jahren
3. Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 .

AUSSCHLUSSKRITERIEN

1. nicht gelenkerhaltende Operationen am proximalen Femur
2. Patienten die 18 Jahre oder älter sind.

Nach diesen Kriterien wurden 89 Kinder in der Orthopädischen Klinik der Technischen Universität München operiert. Die Nachuntersuchungszeit dieser Studie umfasst einen Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002.

Die Daten-Akquisition erfolgte anhand der Aktenunterlagen und durch Auswertung der Röntgenbilder. 56 Patienten waren männlich und 33 waren weiblichen Geschlechtes. Insgesamt handelte sich um 15 verschiedenen Aufnahmediagnosen und 173 gelenkerhaltenden operativen Eingriffen am proximalen Femur.

Die Auswertung erfolgte durch die Aufarbeitung von folgenden Parametern:

Anamnestischen Angaben: Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht, Begleiterkrankungen (Infekte, Traumen)

Angaben zur OP: BW-Zeit, OP-Datum, Patientenalter bei OP, Art des operativen Eingriffes, Operateur, Operationszeit, Lagerung in Anästhesie, Narkoseart, peri- und postoperative Komplikationen, notwendige Blutkonserven und Blutbestandteile, Procedere

Klinischem Befund: Diagnose, Redondrainagemenge am 1. bzw. 2. postoperativen Tag, Antibiotikaprohylaxe

Labordiagnostik: Hämoglobinwerte prä- und postoperativ, CRP, Leukozytenzahl, alkalische Phosphatase, anorganisches Phosphat, Blutzucker, Triglyzeride, Creatinkinase, Fibrinogen, Serumeiweiß, Urineiweiß, Bilirubin, Leberenzyme (GOT, GPT, γ -GT)

Bildgebende Verfahren: Röntgendiagnostik, Bildwandler-Bilder, MRT, CT.

4.2 DATENDOKUMENTATION – AUSWERTUNG UND ANALYSE

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit Hilfe des Statistikprogrammes in Microsoft Excel, Version 5.0 und SPSS.

Errechnet wurden die arithmetischen Mittelwerte, minimale und maximale Werte sowie die Standardabweichungen. Bei nicht symmetrisch verteilten Daten wurde zusätzlich der Median bestimmt.

Nach Rücksprache mit dem IMSE-Institut des Klinikum rechts der Isar wurden quantitative Größen mit Zweistichproben t-Tests unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen verglichen. Alle p-Werte sind zweiseitig und auf ein Signifikanzniveau von 5% ($=0,05$) bezogen.

4.3 RÖNTGENBILDER

Insgesamt wurden **189** Röntgenbilder von 37 Patienten ausgewertet.

Es wurde detailliert auf alle OP-Verfahren mit Implantaten, die am Femurkopf oder -hals perforieren könnten analysiert: K-Draht- bzw. Schrauben-Epiphyseodese oder eine Imhäuser-Osteotomie.

Die Bilder wurden mit der Fragestellung nach der Projektion der Implantate im Femurkopf bzw. -hals und einer Implantat-Perforation aus dem Femurkopf bzw. -hals ausgewertet.

EINTEILUNG DER IMPLANTATLAGE:

Dazu wurden die Bilder nach einem dreistufigen Score-Verfahren eingeteilt (1-3), welches die Projektion des K-Drahtes bzw. Schraube im Femurkopf beschreibt:

1 = K-Draht-Spitze projiziert sich innerhalb des Femurkopfes in der Spongiosa

- 2 = K-Draht-Spitze projiziert sich in die subchondrale Knochenschichtlamelle
- 3 = die K-Draht- bzw. Schrauben-Spitze ragt über die subchondrale Knochenlamelle hinaus

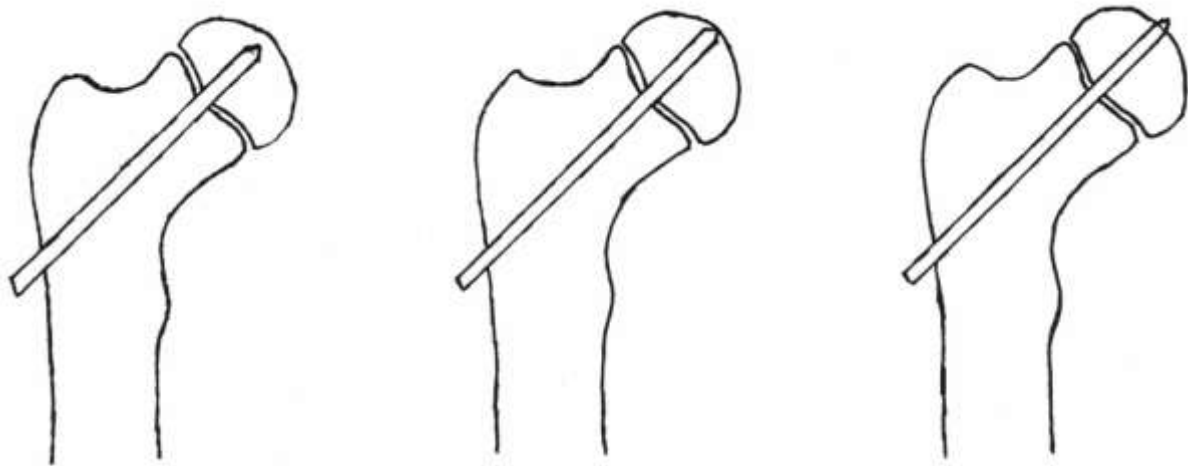


Abb. 20: Das Klassifikationsprinzip:

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| K-Draht-Spitze projiziert sich innerhalb des Femurkopfes in der Spongiosa | K-Draht-Spitze projiziert sich in die subchondrale Knochenschichtlamelle | die K-Draht- bzw. Schrauben-Spitze ragt über die subchondrale knöcherne Lamelle hinaus, perforiert den Femurkopf |

Außerdem wurden die Röntgenbilder deskriptiv bezüglich der Schenkelhals-Perforation evaluiert.

Die Korrektheit der Implantatlage wurde entsprechend dieser semiquantitativen Klassifikation beurteilt.

Bilder des Scores 2 beschreiben die Projektion der K-Draht-Spitze in der subchondralen Knochenschichtlamelle. Der Score 2 ist relativ kritisch zu bewerten und die projektionsbedingten OP-Probleme, die im Kapitel 2.5 beschrieben wurden, kommen hier zum Ausdruck: theoretisch können Implantate die dem Score 2 zugeordnet sind immer schlechter sein nie besser.

Denn in einigen Fällen, wenn die Bilder unter anderem Aufnahmewinkel gemacht wurden, bzw. wenn eine tangentielle Aufnahme gelungen ist, sind die dort abgelichteten Implantate der Klassifikation 3 zuzuordnen und somit eine Femurkopfperforation sichtbar. Dieses Problem

wurde in der Abb. 18 dargestellt: nicht alle Perforationen aus dem proximalen Femur sind im Röntgenbild sichtbar.

Eine Epiphyseodese mit Femurkopfperforation wurde dem Score 3 zugeteilt.

Score 1 + 2 = beschreiben eine mögliche Perforation: je näher die K-Draht-Spitze an die subchondrale Lamelle und je weiter die Bildaufnahmen von der idealen Tangentialaufnahme zum K-Draht abweicht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit der nicht erkannten „verdeckten“ Perforation.

Score 3 = Femurkopfperforation

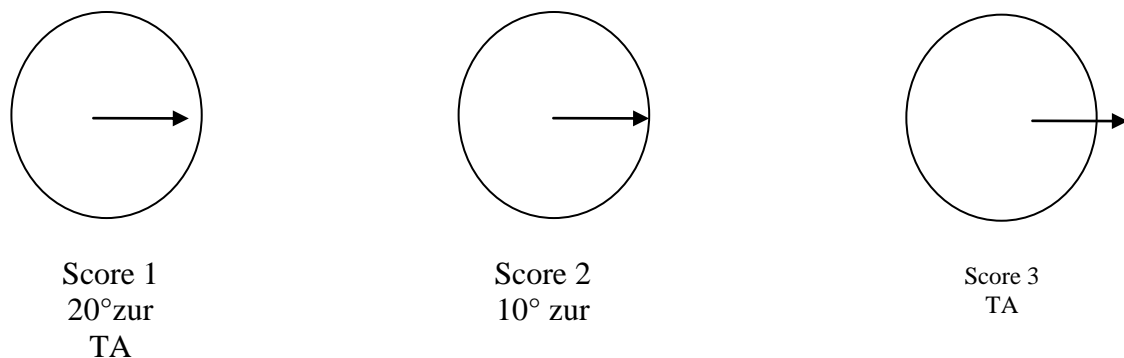


Abb. 21: Score-Einteilung der Implantatlage: links und Mitte „verdeckte“, rechts „entdeckte“ Perforation. Bildaufnahmen: 20° zur TA, 10° zur TA, TA. (TA = Tangentialaufnahme)

Wie wichtig die Tangentialaufnahmen sind, wird auch bei der Score-Einteilung deutlich: denn es sind die Aufnahmen, die eine genaue Score-Zuordnung ermöglichen. Die Score-Zuordnung ist immer möglich, aber die Perforation ist nicht sicher beurteilbar.

Wird die erste Aufnahme z.B. in 20° zur Tangentialaufnahme gemacht und das Implantat dem Score 1 zugeteilt, kann in der Tangentialaufnahme das Implantat sich in dem Score 2 bzw. Score 3 darstellen. Sehr kritisch ist der Score 2 zu beurteilen, denn wenn in einer verkippten Aufnahme die Implantatlage dem Score 2 darstellt, kann es sein, dass in der Tangentialaufnahme das Implantat dem Score 3 zugeordnet wird und somit eine Femurkopfperforation vorliegt.

Bei singulären Fixationsimplantaten, die in der Zentralachse des Schenkelhalses liegen, ist es einfacher eine Tangentialaufnahme zu machen, als bei mehreren, aufgefächert einliegenden Implantaten, da typischerweise die ap-Aufnahme gleich die Tangentialaufnahme ist. Deshalb

wird von den amerikanischen Operateuren gerne eine einzelne zentrale Schraube verwendet, da sie dadurch eine evtl. Femurkopfperforation einfacher detektieren bzw. beim Einbringen kontrollieren können.

Die Kinder, deren Bilder für die Arbeit relevant waren und mit der Fragestellung nach der Projektion von Implantaten im Femurkopf und einer K-Draht- bzw. Schrauben-Perforation durch den Femurkopf ausgewertet werden konnten, hatten entweder einen Morbus Perthes (M.P.), eine Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) und ein Patient hatte eine aneurysmatische Knochenzyste.

Unter den ausgewerteten Bildern, waren Aufnahmeverfahren in:

- Beckenübersicht in a.p.
- Axiale Aufnahme der jeweiligen Hüfte
- Lauenstein-Aufnahme
- Imhäuser-Aufnahme.

5. ERGEBNISSE

5.1 PATIENTENGUT

Insgesamt wurden im Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 89 Patienten entsprechend den Einschlusskriterien operiert und deren Akte ausgewertet.

56 Patienten waren männlichen und 33 weiblichen Geschlechts.

Weil einige Kinder mehrmals oder beidseits an einer Hüfte erkrankten, ist die tatsächliche Zahl der erkrankten Gelenke größer als die der erkrankten Kinder.

In der Tabelle 1 wird eine Übersicht über die Häufigkeit der Erkrankungen in dem vorliegenden Patientengut gezeigt. Die jeweils abgekürzten Begriffe sind aus dem Abkürzungsverzeichnis zu entnehmen.

Tabelle 1: Häufigkeit der Erkrankungen

| Erkrankungen | ECF | MP | Hü.Dys | Hü.Lux | HKN | # | Cox.var | Cox.valg | Tu | Zy | Exo | Om |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Mädchen | 9 | 11 | 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Buben | 15 | 19 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 9 | 5 | 1 | 0 |
| Summe | 24 | 30 | 13 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 9 | 5 | 1 | 1 |

OP-VERFAHREN:

Insgesamt sind **165** operative Eingriffe ausgewertet worden.

Davon waren:

10 Epiphyseodesen (= nur Spickungen, keine ITO) davon 2 bds., 21 Kürettagen/Plombagen, 67 intertrochantäre Osteotomien (ITO) und 73 Metallentfernungen.

Die ITO's wurden in zwei Gruppen aufgeteilt:

1. eine Gruppe von 36 K-Draht fixierten Osteotomien, davon eine beidseits,
2. eine Gruppe von 31 mit Winkelplatte fixierten Osteotomien nach Imhäuser, davon 2 beidseits gespickt aber nur einseitige Imhäuser-Osteotomie.

ERKRANKUNGEN:

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich gab es in dem Patientengut:

24 Patienten mit einer ECF, davon waren 15 Buben und 9 Mädchen.

Das **durchschnittliche Alter** beim ersten operativen Therapieansatz war bei Buben 13,9 mit einem Intervall von 12-17 Jahren und bei Mädchen 12,11 mit einem Intervall von 11-15 Jahre.

30 Patienten waren von einem Morbus Perthes betroffen, davon waren 19 Buben und 11 Mädchen. Es wurde ein mittleres Alter bei einer operativen Therapie von 7,5 Jahren bei Buben mit einem Intervall von 3-15 Jahre und 7 Jahren bei Mädchen mit einem Intervall von 4-14 Jahre eruiert. Bei zwei Patienten mit M. Perthes hat man einen an beiden Hüften manifesten Krankheitsbefall dokumentiert.

Von den insgesamt 13 Erkrankten an einer Hüftdysplasie waren 5 Buben mit einem mittleren Alter von 10,3 mit einem Intervall von 8-15 Jahren und 8 Mädchen mit einer Hüftdysplasie, die in einem mittleren Alter von 11,6 operativ behandelt wurden mit einem Intervall von 3-17 Jahren.

Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist, gab es 3 Buben, die eine Coxa vara hatten. Sie wurden im mittleren Alter von 11,3 Jahren behandelt mit einem Intervall von 8-15 Jahren.

Zwei Buben, bei denen eine Coxa valga vorlag, wurden im mittleren Alter von 8 operativ therapiert mit einem Intervall von 6-10 Jahre und ein Mädchen im Alter von 17 Jahren.

Insgesamt waren 4 Patienten mit einer nicht näher beschriebenen Hüftkopfnekrose: 3 Buben, die im mittleren Alter von 15,5 (Altersintervall 16-15 Jahre) und ein Mädchen mit 15 behandelt wurden.

Von den insgesamt 4 Patienten mit einer Hüftluxation, konnte man 2 Buben im mittleren Alter von 4,2 Jahren (Intervall von 0,42-8 Jahren) beobachten, die operativ behandelt wurden und 2 Mädchen im mittleren Alter von 1,1 Jahren (Intervall von 0,25-2).

Bei den Patienten mit einer ECF wurden 9 **prophylaktisch** auf der noch nicht betroffenen Gegenseite gespickt.

Bei einer Patientin mit ECF war nach der ersten Epiphyseodese 10 Monate später ein zweiter operativer Eingriff nötig. Um einen erneuten Epiphysenabrutsch zu verhindern, wurden die funktionell zu kurz gewordenen K-Drähte durch längere ausgetauscht.

Bei zwei Patienten mit ECF hat man einen beidseitigen Krankheitsbefall dokumentiert.

Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die durchschnittliche OP-Dauer, BV-Zeit, Hb-Abfall und Alter bei den jeweiligen Erkrankungen, unabhängig vom operativen Verfahren, Geschlecht und Operateur. Es sind jeweils die Mittelwerte \pm Standardabweichung eingetragen.

Tabelle 2: Überblick über OP-Dauer, BV-Zeit, Hb-Abfall und Alter bei den jeweiligen Erkrankungen
(Werte als Mittelwert \pm Standardabweichung)

| Erkrankung n=54 | OP-Dauer in min | BW-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Hb-Abfall in g/dl | Mittleres Alter in Jahren |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| M.Perthes n=30 | 82,6 \pm 3,5 | 0,7 \pm 0,3 | 155 \pm 190,9 | 0,8 \pm 1,1 | 7,7 \pm 5,7 |
| ECF n=24 | 107,2 \pm 10,6 | 2,5 \pm 0,7 | 102,5 \pm 10,6 | 2,33 \pm 2,47 | 13,6 \pm 3,5 |

Die häufigsten **klinisch-laborchemischen Abweichungen von der Norm**, die fast die Hälfte der Patienten (n = 40) betrafen, waren

- 26 \times postoperatives Fieber (38-39°C)
- 26 \times erhöhtes CRP > 0,5, im Durchschnitt auf 2,5
- 4 \times erhöhte Leukozytenanzahl > 10 000 / μ l
- als intraoperative Komplikation waren in zwei Fällen Bronchospasmen zu beobachten, die postoperativ zu keinen weiteren Komplikationen führten. Beide Kinder erhielten postoperativ prophylaktisch eine Antibiose.
- als weitere Laborparameter wurden die alkalische Phosphatase, anorganisches Phosphat, Blutzuckerspiegel, Triglyzeride, Craeatinkinase, Fibrinogenwerte, Serumeiweiß, Urineiweiß, Bilirubinwerte und Leberenzyme kontrolliert, die reaktiv in den ersten 3 postoperativen Tagen bei insgesamt 36 Patienten leicht von der Norm abwichen und sich dann bei allen Kindern normalisiert haben.

Antibiotika-Prophylaxe:

Insgesamt wurde in 48 Fällen eine antibiotische Prophylaxe durchgeführt. In den meisten Fällen wurde sie schon intraoperativ angesetzt und für weitere 7 – 10 Tage durchgeführt.

Die am häufigsten verwendeten Antibiotika waren:

18-mal Spizef (Cefotiam)

19-mal Elobact (Cefuroxim)

In einigen Fällen wurden Spizef und Elobact in Kombination verabreicht.

Weitere Pharmaka, die zur antibiotischen Therapie verwendet wurden waren:

1 \times Biolocef (Cefalosporin)

1 \times Doxycyclin (Tetrazyclin)

1 \times Pädiatrozin (Makrolid)

- 1× Polymyzin
- 1× Combactan (β-Lactamaseinhibitor)
- 1× Pipinil
- 1× Augmentan (Amoxicillin+Clavulansäure)
- 1× Clont (Metronidazol)
- 1× Staphylex (Flucloxacillin)
- 1× Tarivid (Ofloxacin)

Bei 12 Patienten waren Blut- bzw. Blutersatzstoffe wie FFP notwendig: 10 Patienten haben intraoperativ, 3 postoperativ, 1 Patient intra- und postoperativ Erythrozytenkonserven (EK) bzw. fresh frozen plasma (FFP) erhalten, wie aus Tabelle 3 ersichtlich:

Tabelle 3: intra- postoperative Gabe von Blut- bzw. Blutersatzstoffen:

| Patient | Diagnose | OP-Verfahren | Intraoperative Blut-Blutersatzstoffe | Postoperative Blut-Blutersatzstoffe |
|---------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1m | MP | ITO | 1 EK | 0 |
| 2m | Juvenile Knochenzyste | ITO | 3 EK | 0 |
| 3w | Hüftdysplasie | ITO | 2 EK, 1 FFP | 1 EK, 1 FFP |
| 4m | MP | ITO | 4 EK, 4 FFP | 0 |
| 5w | MP | ITO | 2 EK, 2 FFP | 0 |
| 6m | Hüftdysplasie | ME | 1 EK | 0 |
| 7m | ECF | Epiphyseodese | 0 | 4 EK, 2 FFP |
| 8m | MP | ME | 2 EK | 0 |
| 9m | MP | ITO | 2 EK | 0 |
| 10w | Hüftdysplasie | ITO | 0 | 1 EK, 1 FFP |
| 11m | Coxa vara | ITO | 2 EK | 0 |
| 12m | Coxa vara | ITO | 2 EK | 0 |

Morbus Perthes(MP), intertrochantäre Osteotomie (ITO), Metallentfernung (ME)

Sechs Kinder zeigten allergische Reaktionen auf Benuron-, Paracetamol-, Penicillin- und Latex.

In der Studie waren ein Kind mit Hepatitis C und eins mit M. Meulengracht.

5.2 AUSWERTUNG DER OP-VERFAHREN

Insgesamt wurden **165** operative Eingriffe ausgewertet.

5.2.1 K-DRAHT-FIXIERTE INTERTROCHANTÄRE OSTEOTOMIEN

Insgesamt haben wir **36** K-Draht-fixierte intertrochantäre Osteotomien ausgewertet.

Die Epiphyseodesen wurden mit folgendem Fixationsmaterial durchgeführt:

25 mit 3 Kirschner-Drähten

8 mit 4 Kirschner-Drähten

3 mit 5 Kirschner-Drähten

Tabelle 4: K-Draht-fixierte Osteotomien (n=36)

| | OP-Dauer in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 45 | 0 | 0 | 0 |
| MAX | 190 | 1,9 | 200 | 6,1 |
| MITTELWERT | 76 | 0,6 | 28,8 | 1,4 |
| ± Stabw. | ± 28,8 | ± 0,5 | ± 54,5 | ± 1,3 |

Wie aus der Tabelle 4 ersichtlich war die minimale Operationsdauer einer K-Draht-gespickten Osteotomie 45 min, die maximale 190 min, bei einem Mittelwert von ca. 76 min und einer Standardabweichung von $\pm 28,8$ min.

Was die Röntgenbelastung bei intertrochantären Osteotomien mit Kirschner-Drähten betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0 min, die maximale 1,9 min, bei einem Mittelwert von 0,6 min und einer Standardabweichung von $\pm 0,5$ min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 28,8 ml, minimal 0 ml, maximal 200 ml bei einer Standardabweichung von 54,5 ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 1,4 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 6,1 bei einer Standardabweichung von 1,3.

Bei 6 von 36 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

5.2.2 INTERTROCHANTÄRE OSTEOTOMIEN NACH IMHÄUSER

Insgesamt haben wir **31** intertrochantäre Osteotomien nach Imhäuser, die mit Winkelplatten fixiert wurden, evaluiert. Davon waren 2 mit beidseitiger Femurkopf-Epiphyseodese.

Die ITOs wurden nach folgenden Techniken durchgeführt:

5 nur mit einer Winkelplatte, adoleszenten bzw. juvenilen Platte

19 mit einer Winkelplatte und $n \geq 2$ K-Drähten

6 mit einer Winkelplatte und K-Drähten ($n \geq 2$) und einer Schraube

1 mit einer Winkelplatte und einer Schraube zur Epiphyseodese

Tabelle 5: ITO nach Imhäuser (n=31)

| | OP-Dauer in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 30 | 0,5 | 0 | 0 |
| MAX | 235 | 5,5 | 585 | 6,1 |
| MITTELWERT | 100,3 | 1,9 | 148,8 | 2,8 |
| ± Stabw. | ± 40,3 | ± 1,3 | ± 173,4 | ± 1,7 |

Wie aus der Tabelle 5 ersichtlich war die minimale Operationsdauer einer intertrochantären Osteotomie, die mit einer Winkelplatte fixiert wurde, 30 min, die maximale 235 min, bei einem Mittelwert von ca. 100,3 min und einer Standardabweichung von $\pm 40,3$ min.

Was die Röntgenbelastung bei Imhäuser-Osteotomien betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0,5 min, die maximale 5,5 min, bei einem Mittelwert von 1,9 min und einer Standardabweichung von $\pm 1,3$ min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 148,8 ml, minimal 0 ml, maximal 585 ml bei einer Standardabweichung von $\pm 173,4$ ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 2,8 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 6,1 bei einer Standardabweichung von $\pm 1,7$.

Bei 8 von 31 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

Tabelle 6: bds. gespickt + einseitige Imhäuser (n=2)

| | OP-Dauer in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 180 | 1 | 0 | 2,7 |
| MAX | 190 | 2,5 | 180 | 2,8 |
| MITTELWERT | 185 | 1,7 | 90 | 2,7 |

Wie aus der Tabelle 6 ersichtlich war die minimale Operationsdauer einer intertrochantären Osteotomie mit beidseitiger Epiphysenspickung 180 min, die maximale 190 min, bei einem Mittelwert von ca. 185 min. In Anbetracht der kleinen Untergruppe sind die Werte für die Standardabweichung nicht relevant.

Was die Röntgenbelastung bei diesem komplexen operativen Eingriff betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 1 min, die maximale 2,5 min, bei einem Mittelwert von 1,7 min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 90 ml, minimal 0 ml, maximal 180 ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 2,7 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 2,7 und die maximale 2,8.

Bei beiden Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

In dem Kapitel 4.3 werden nur OP-Parameter-Werte von 29 ITO's verwendet. Die Werte die eine beidseitige Epiphyseodese einschließen wurden nicht verwendet, gilt für 2 ITO's.

5.2.3 KÜRETTAGE/PLOMBAGE

Tabelle 7: Kürettagen/Plombagen (n=21)

| | OP-Dauer in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 35 | 0 | 0 | 0 |
| MAX | 245 | 2,2 | 260 | 5,5 |
| MITTELWERT | 94,8 | 0,7 | 73,8 | 2,4 |
| ± Stabw. | ± 51,4 | ± 0,7 | ± 84,8 | ± 1,8 |

Insgesamt wurden 21 Kürettagen/Plombagen ausgewertet:

Wie aus der Tabelle 7 ersichtlich war die minimale Operationsdauer einer Kürettage/Plombage 35 min, die maximale 245 min, bei einem Mittelwert von ca. 94,8 min und einer Standardabweichung von $\pm 51,4$ min.

Was die Röntgenbelastung bei Kürettagen/Plombagen betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0 min, die maximale 2,2 min, bei einem Mittelwert von 0,7 min und einer Standardabweichung von $\pm 0,7$ min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 73,8 ml, minimal 0 ml, maximal 260 ml bei einer Standardabweichung von $\pm 84,8$ ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 2,4 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 5,5 bei einer Standardabweichung von $\pm 1,8$.

Bei 6 von 21 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

5.2.4 EPIPHYSEODESE

Insgesamt haben wir 10 Epiphyseodesen ohne zusätzliche Eingriffe (wie z.B. Imhäuser-Osteotomie) ausgewertet.

Die Epiphyseodesen wurden mit folgendem Fixationsmaterial durchgeführt:

2x 4 K-Drähte

6x 3 K-Drähte

2x 3 Schrauben

Tabelle 8: Epiphyseodesen (n=10)

| | OP-Dauer in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 50 | 0,8 | 0 | 0 |
| MAX | 135 | 5 | 120 | 3,5 |
| MITTELWERT | 95 | 2,1 | 63,6 | 1,5 |
| ± Stabw. | ± 31,9 | ± 1,3 | ± 42,5 | ± 1,2 |

Wie aus der Tabelle 8 ersichtlich war die minimale Operationsdauer einer Epiphyseodesese 50 min, die maximale 135 min, bei einem Mittelwert von ca. 95 min und einer Standardabweichung von ±31,9 min.

Was die Röntgenbelastung bei Epiphyseodesen betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0,8 min, die maximale 5,0 min, bei einem Mittelwert von 2,1 min und einer Standardabweichung von ±1,3 min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 63,6 ml, minimal 0 ml, maximal 120 ml bei einer Standardabweichung von ±42,5 ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 1,5 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 3,5 bei einer Standardabweichung von ±1,2.

Bei 2 von 7 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

5.2.5 METALLENTFERNUNG

Insgesamt haben wir 67 Metallentfernungen ausgewertet.

Davon waren: 45-mal K-Drähte zu entfernen
 22-mal Winkelplatten, Winkelplatte mit K-Drähten, Winkelplatte mit Schraube

Tabelle 9: ME-K-Drähte (n=45)

| | OP-Zeit in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in g/dl |
|-------------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| MIN | 10 | 0 | 0 | 0 |
| MAX | 90 | 2 | 180 | 3,6 |
| MITTELWERT | 40,2 | 0,1 | 9,8 | 0,5 |
| ± Stabw. | ± 22,4 | ± 0,3 | ± 32,3 | ± 0,8 |

Wie aus der Tabelle 9 ersichtlich war die minimale Metallentfernung von K-Drähten 10 min, die maximale 90 min, bei einem Mittelwert von ca. 40,2 min und einer Standardabweichung von $\pm 22,4$ min.

Was die Röntgenbelastung bei Metallentfernung von Kirschner-Drähten betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0 min, die maximale 2,0 min, bei einem Mittelwert von 0,1 min und einer Standardabweichung von $\pm 0,3$ min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 9,8 ml, minimal 0 ml, maximal 180 ml bei einer Standardabweichung von $\pm 32,3$ ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 0,5 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 3,6 bei einer Standardabweichung von $\pm 0,8$.

Bei 1 von 45 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

Tabelle 10: ME nach Imhäuser-Osteotomie (n=22)

| | OP-Zeit in min | BV-Zeit in min | Drainage-Menge in ml | Δ Hb in ml |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------------|-------------------|
| MIN | 35 | 0 | 0 | 0 |
| MAX | 145 | 2 | 165 | 3,1 |
| MITTELWERT | 69,3 | 0,2 | 50 | 0,9 |
| \pm Stabw. | $\pm 31,1$ | $\pm 0,4$ | $\pm 53,9$ | $\pm 1,1$ |

Wie aus der Tabelle 10 ersichtlich war die minimale OP-Dauer einer Metallentfernung von Winkelplatte mit oder ohne K-Drähten bzw. Schrauben 35 min, die maximale 145 min, bei einem Mittelwert von ca. 69,3 min und einer Standardabweichung von $\pm 31,1$ min.

Was die Röntgenbelastung bei Metallentfernung von Kirschner-Drähten betraf, betrug die minimale Bildwandler-Zeit 0 min, die maximale 2,0 min, bei einem Mittelwert von 0,2 min und einer Standardabweichung von $\pm 0,4$ min.

Die Drainage-Menge, die am zweiten postoperativen Tag aus den Redon-Drainagen abgenommen wurde, betrug im Mittel 50 ml, minimal 0 ml, maximal 165 ml bei einer Standardabweichung von $\pm 53,9$ ml.

Bezüglich des Hämoglobinwertes am 4. postoperativen Tag wurde im Mittel eine Hämoglobindifferenz von 0,9 zum präoperativen Wert gemessen, die minimale Abweichung betrug 0 und die maximale 3,1 bei einer Standardabweichung von $\pm 1,1$.

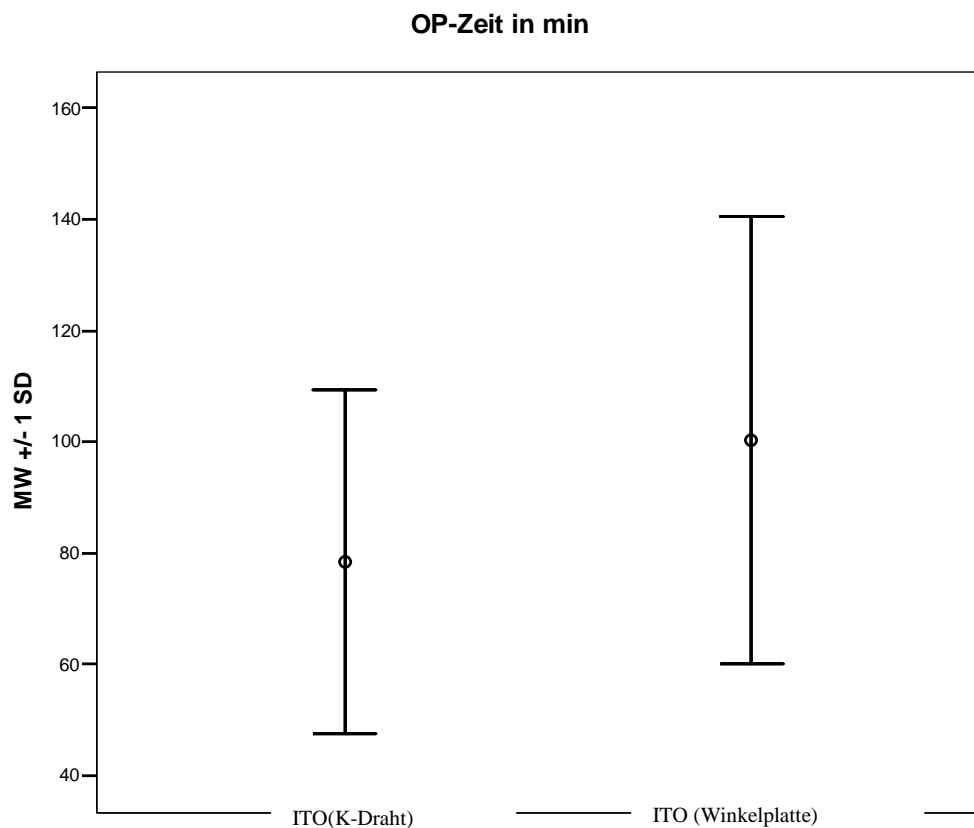
Bei 6 von 22 Eingriffen wurde eine intraoperative Antibiotika-Prophylaxe gemacht.

5.3 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER OP-PARAMETER UND SIGNIFIKANZ-BERECHNUNGEN

Für die Signifikanzberechnung wurde der Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen verwendet. Der Zweistichproben t-Test ist ein geeigneter Test für normalverteilte Daten und unverbundene Stichproben.

5.3.1 SIGNIFIKANZBERECHNUNG FÜR DIE OP-ZEIT

1. Signifikanzberechnung zwischen den OP-Zeiten für K-Draht-fixierte Osteotomie und der Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.



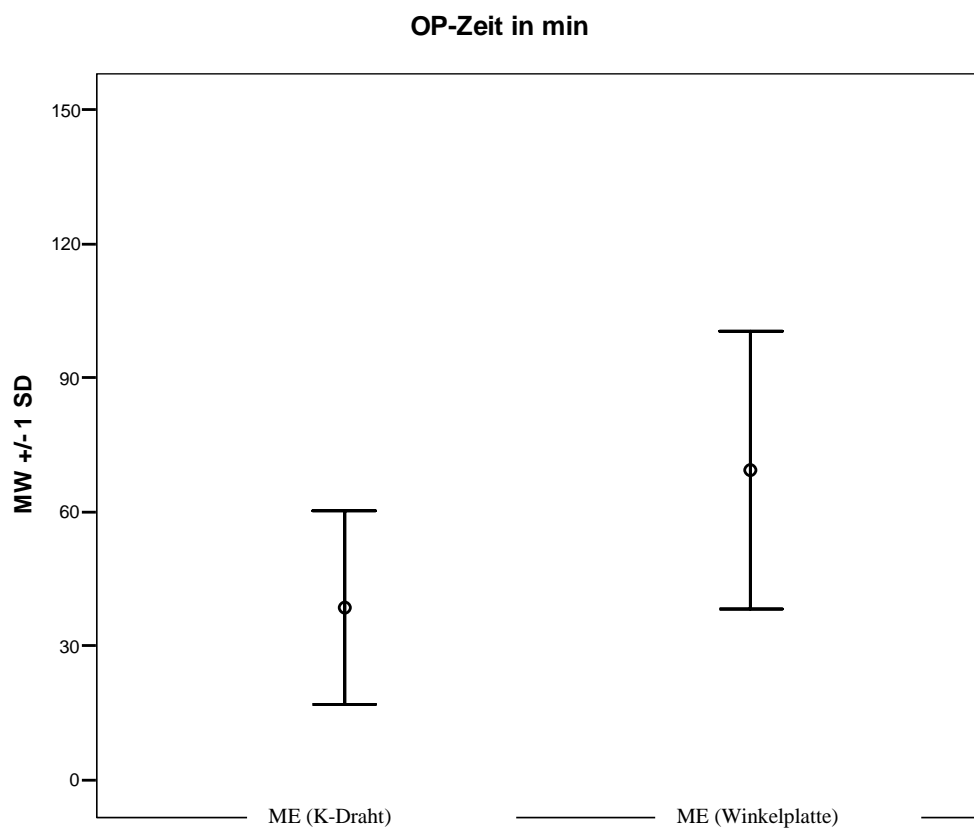
Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ITO (K-Draht)</i> | <i>ITO (Winkelplatte)</i> |
|---|----------------------|---------------------------|
| Mittelwert | 75,97 | 100,27 |
| Varianz | 826,88 | 1619,71 |
| Beobachtungen | 36 | 29 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 49 | |
| t-Statistik | -2,74 | |

| | |
|---|--------|
| P(T<=t) einseitig | 0,0043 |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,68 |
| P(T<=t) zweiseitig | 0,0086 |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,0096 |

Für die OP-Zeit in Minuten gilt: zwischen den Variablen liegt Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,0086$ und somit $p < 0,05$ erfüllt ist.

2. Signifikanzberechnung zwischen den OP-Zeiten für Metallentfernung (K-Drähte) und der Metallentfernung nach Winkelplatten-stabilisierten Osteotomie.



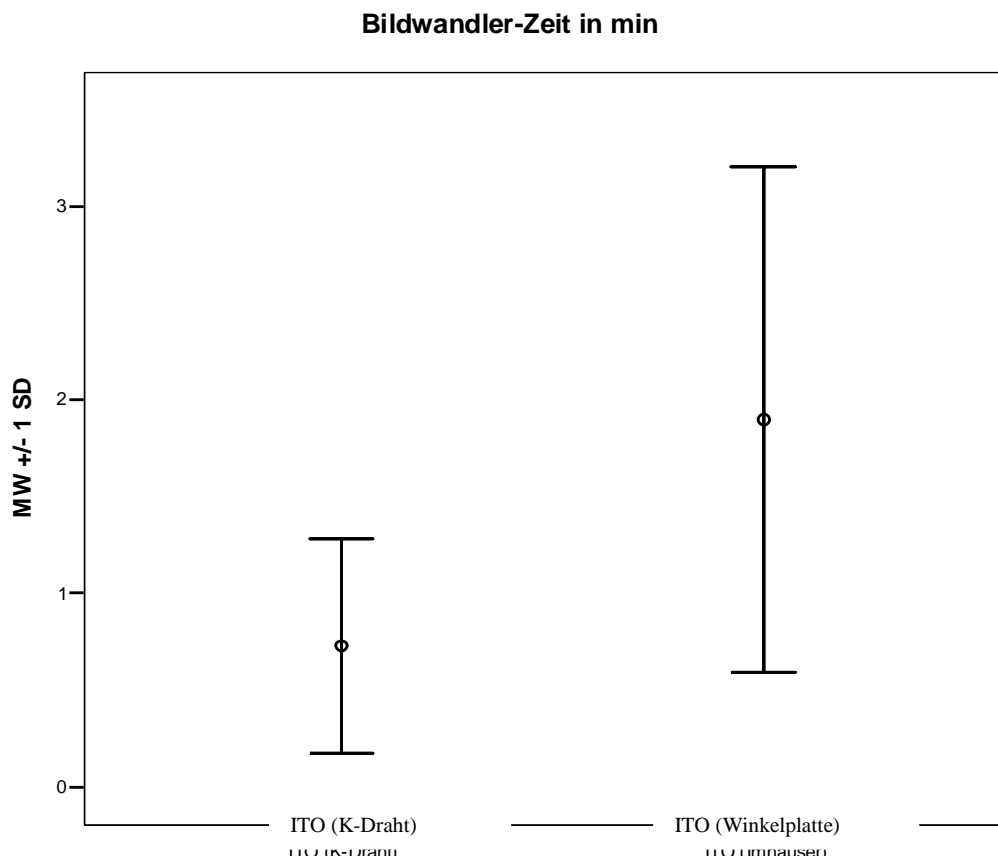
Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ME (K-Draht)</i> | <i>ME (Winkelplatte)</i> |
|---|---------------------|--------------------------|
| Mittelwert | 40,22 | 69,32 |
| Varianz | 499,95 | 967,37 |
| Beobachtungen | 45 | 22 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 32 | |
| t-Statistik | -3,92 | |
| P(T<=t) einseitig | 0,00022 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,69 | |
| P(T<=t) zweiseitig | 0,00044 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,037 | |

Für die OP-Zeit in Minuten gilt: zwischen den Variablen liegt Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,00044$ und somit $p < 0,05$ erfüllt ist.

5.3.2 SIGNIFIKANZBERECHNUNG FÜR DIE BW-ZEIT

1. Signifikanzberechnung zwischen den Bildwandler-Zeiten für K-Draht-fixierte Osteotomie und der Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.

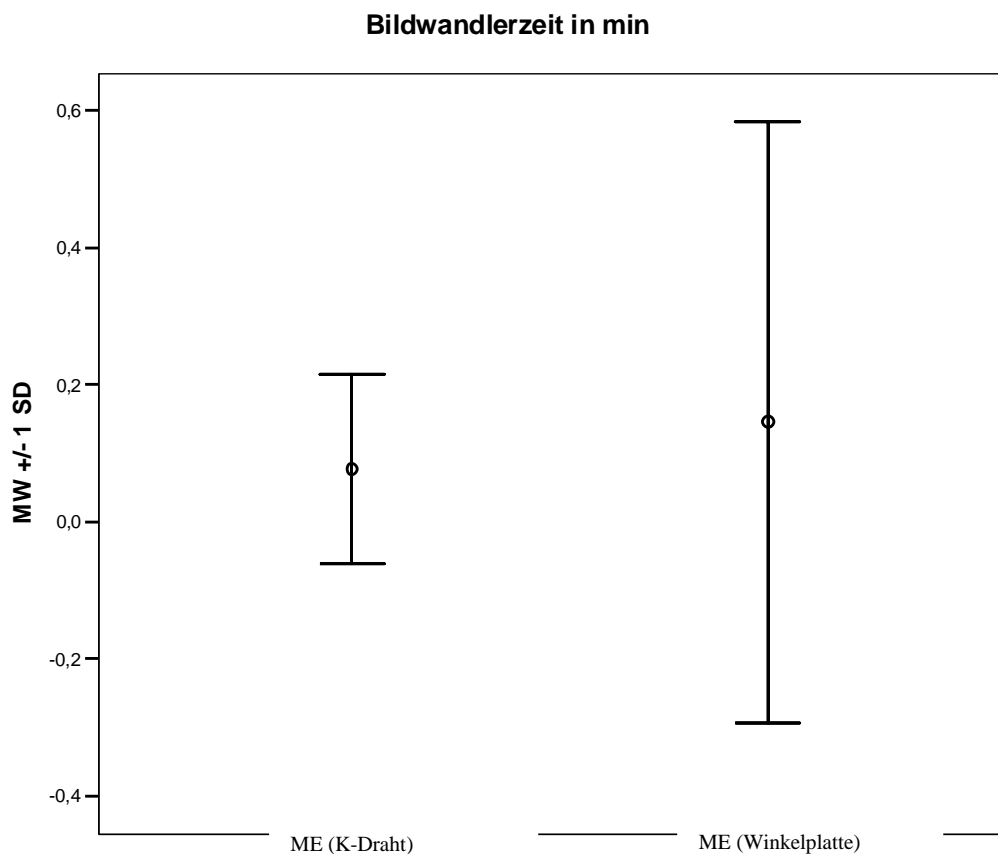


Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | ITO (K-Draht) | ITO (Winkelplatte) |
|---|---------------|--------------------|
| Mittelwert | 0,65 | 1,90 |
| Varianz | 0,28 | 1,71 |
| Beobachtungen | 36 | 29 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 35 | |
| t-Statistik | -4,83 | |
| $P(T \leq t)$ einseitig | 1,32 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,69 | |
| $P(T \leq t)$ zweiseitig | 2,64 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,030 | |

Für die Bildwandler-Zeit in Minuten gilt: zwischen den Variablen liegt keine Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 2,64$ und somit $p = < 0,05$ nicht erfüllt ist.

2. Signifikanzberechnung zwischen den Bildwandler-Zeiten für Metallentfernung nach K-Draht-fixierte Osteotomie und der Metallentfernung nach Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.



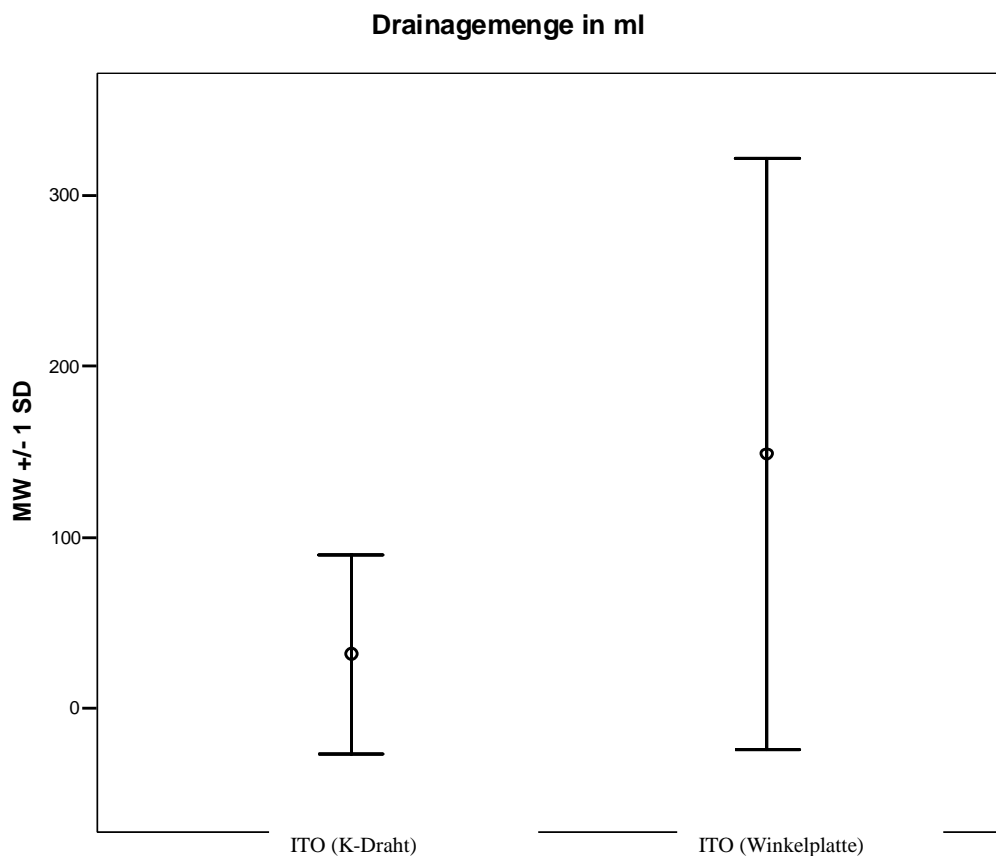
Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ME</i> | |
|---|---------------------|-----------------------|
| | <i>ME (K-Draht)</i> | <i>(Winkelplatte)</i> |
| Mittelwert | 0,12 | 0,145 |
| Varianz | 0,10 | 0,19 |
| Beobachtungen | 45 | 22 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 32 | |
| t-Statistik | -0,26 | |
| $P(T \leq t)$ einseitig | 0,40 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,69 | |
| $P(T \leq t)$ zweiseitig | 0,79 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,037 | |

Für die Bildwandler-Zeit in Minuten gilt: zwischen den Variablen liegt keine Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,79$ und somit $p = < 0,05$ nicht erfüllt ist.

5.3.3 SIGNIFIKANZBERECHNUNG FÜR DIE DRAINAGE-MENGE

1. Signifikanzberechnung zwischen den Drainage-Mengen in Millilitern für K-Draht-fixierte Osteotomie und der Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.

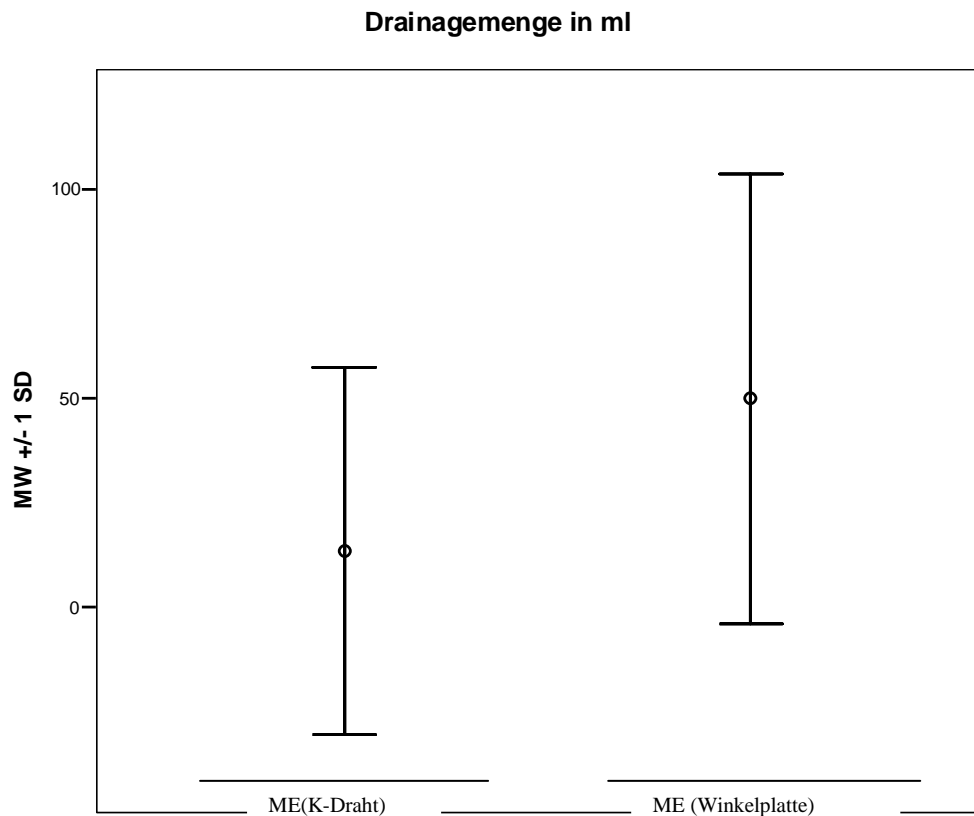


Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ITO (K-Draht)</i> | <i>ITO (Winkelplatte)</i> |
|---|----------------------|---------------------------|
| Mittelwert | 28,83 | 148,79 |
| Varianz | 2971,57 | 30065,46 |
| Beobachtungen | 36 | 29 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 32 | |
| t-Statistik | -3,58 | |
| $P(T \leq t)$ einseitig | 0,00055 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,69 | |
| $P(T \leq t)$ zweiseitig | 0,0011 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,037 | |

Für die Drainage-Menge in Millilitern gilt: zwischen den Variablen liegt Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,0011$ und somit $p < 0,05$ erfüllt ist.

2. Signifikanzberechnung zwischen den Drainage-Mengen in Millilitern für Metallentfernung nach K-Draht-fixierte Osteotomie und der Metallentfernung nach Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.



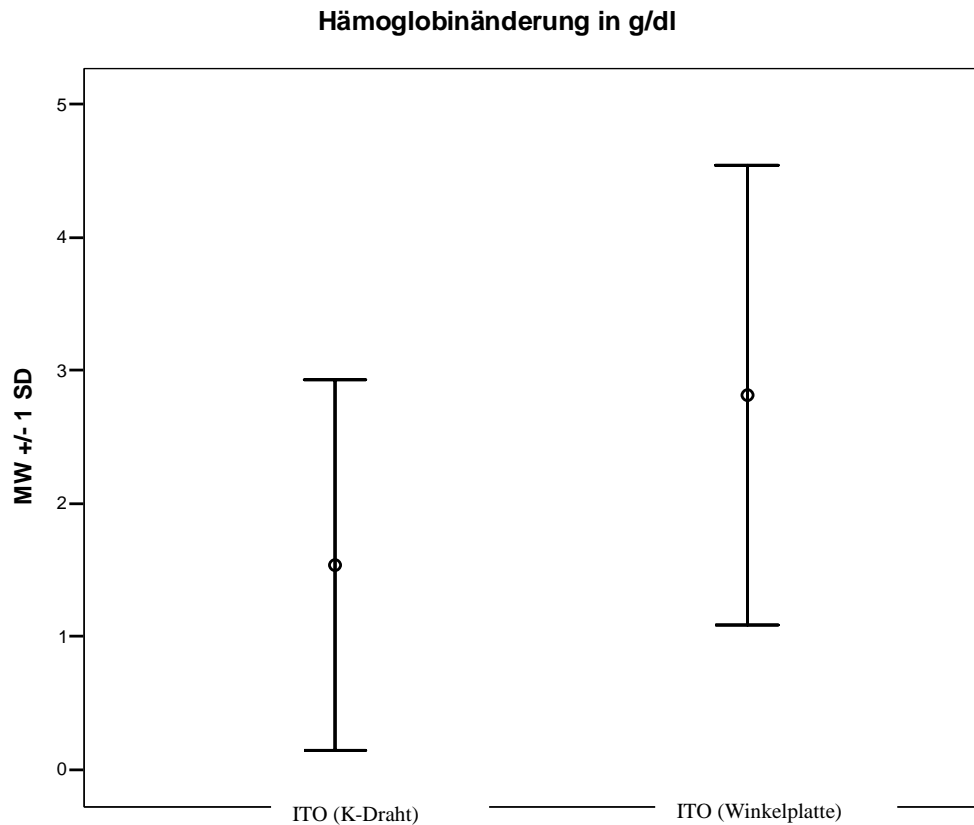
Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ME</i> | |
|---|---------------------|-----------------------|
| | <i>ME (K-Draht)</i> | <i>(Winkelplatte)</i> |
| Mittelwert | 9,84 | 50 |
| Varianz | 1041,54 | 2902,38 |
| Beobachtungen | 45 | 22 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 29 | |
| t-Statistik | -3,22 | |
| $P(T \leq t)$ einseitig | 0,0016 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,70 | |
| $P(T \leq t)$ zweiseitig | 0,0031 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,045 | |

Für die Drainage-Menge in Millilitern gilt: zwischen den Variablen liegt Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,0031$ und somit $p < 0,05$ erfüllt ist.

5.3.4 SIGNIFIKANZBERECHNUNG FÜR DIE HÄMOGLOBINDIFFERENZEN

1. Signifikanzrechnung zwischen den Hämoglobinänderungen in g/dl für K-Draht-fixierte Osteotomien und der Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.

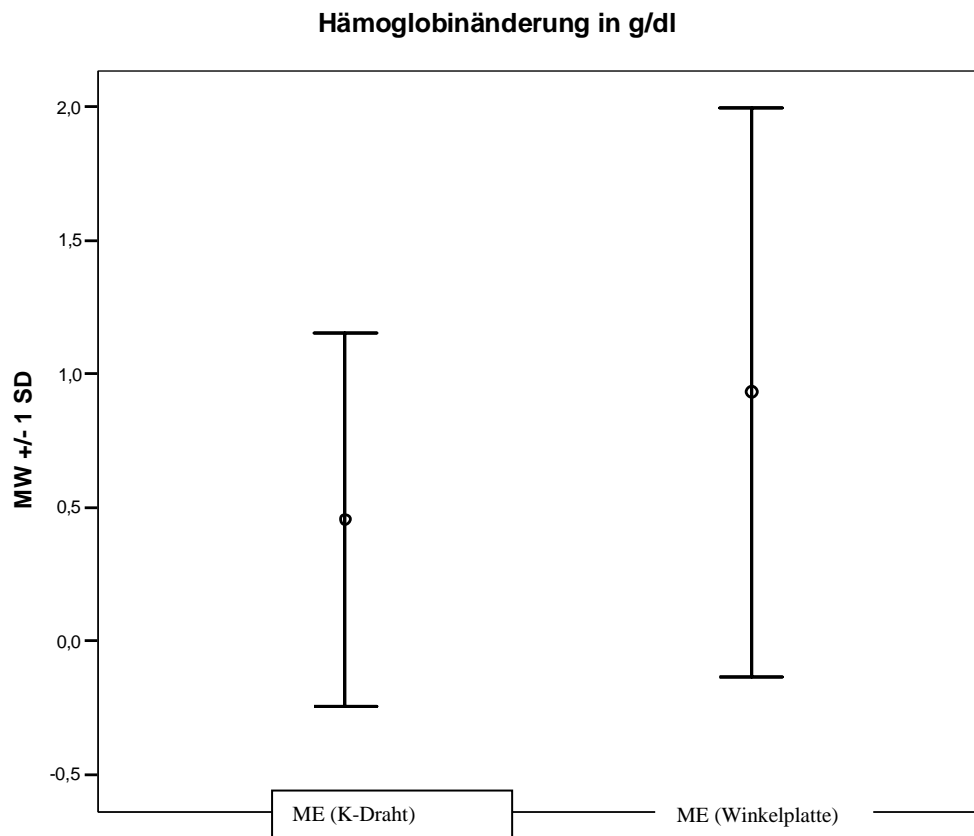


Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ITO</i> | |
|---|----------------------|-----------------------|
| | <i>ITO (K-Draht)</i> | <i>(Winkelplatte)</i> |
| Mittelwert | 1,36 | 2,82 |
| Varianz | 1,78 | 2,98 |
| Beobachtungen | 36 | 29 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 52 | |
| t-Statistik | -3,74 | |
| P(T<=t) einseitig | 0,00023 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,67 | |
| P(T<=t) zweiseitig | 0,00046 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,0066 | |

Für die Hämoglobinänderung in g/dl gilt: zwischen den Variablen liegt Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,00046$ und somit $p < 0,05$ erfüllt ist.

2. Signifikanzberechnung zwischen den Hämoglobindifferenzen in g/dl für Metallentfernung nach K-Draht-fixierter Osteotomie und der Metallentfernung nach Winkelplatten-stabilisierte Osteotomie.



Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen

| | <i>ME (K-Draht)</i> | <i>ME (Winkelplatte)</i> |
|---|---------------------|--------------------------|
| Mittelwert | 0,45 | 0,93 |
| Varianz | 0,70 | 1,14 |
| Beobachtungen | 45 | 22 |
| Hypothetische Differenz der Mittelwerte | 0 | |
| Freiheitsgrade (df) | 34 | |
| t-Statistik | -1,83 | |
| P(T<=t) einseitig | 0,038 | |
| Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test | 1,69 | |
| P(T<=t) zweiseitig | 0,075 | |
| Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test | 2,032 | |

Für die Hämoglobinänderung in g/dl gilt: zwischen den Variablen liegt keine Signifikanz vor, da $P(T \leq t) = 0,075$ und somit $p = < 0,05$ nicht erfüllt ist.

5.4 AUSWERTUNG DER RÖNTGENBILDER IN BEZUG AUF DIE PROJEKTION VON IMPLANTATEN IM FEMURKOPF

In der vorliegenden Arbeit haben wir Akten von 89 Patienten ausgewertet. Insgesamt wurden 189 Bilder von 37 Patienten analysiert, da bei 21 Patienten nur Kürettagen/Plombagen ohne Verwendung eines Osteosynthesematerials durchgeführt wurden. Von den restlichen 31 Patienten lagen keine Bilddokumentationen im Röntgenarchiv vor.

Davon war von 19 Hüften bei insgesamt 12 Patienten der vollständige radiologische Verlauf vorhanden mit Bildern, die präoperativ, am 4. postoperativen Tag und im Rahmen einer 3-Monats-Verlaufskontrollen gemacht wurden.

Es wurden 82 Bilder bezüglich der Projektion von K-Drähten und Schrauben im Femurkopf und einer möglichen Femurkopfperforation ausgewertet. Es handelt sich um Röntgenbilder, die nach Epiphyseodesen oder intertrochantären Umstellungsosteotomien nach Imhäuser gemacht wurden, also OP-Verfahren, die eine Implantation von K-Drähten/Schrauben bzw. Winkelplatte in den Schenkelhals erforderten.

Die Mehrzahl der Patienten hatte eine ECF nur einer der **12** Patienten wies eine aneurysmatische Knochenzyste auf.

Die 102 restlichen Bilder zeigten Aufnahmen nach intertrochantären K-Draht-fixierten Osteotomien und somit keine Implantate im Femurkopf sondern Schenkelhals.

Die Bilder wurden nach präoperativ, 4. postoperativer Tag und 3-Monats-Verlaufskontrollen sortiert.

Es wurden 19 präoperative Bilder ausgewertet:

Es handelte sich dabei um Patienten, bei denen intraoperativ eine K-Draht- bzw. Schrauben-Implantation im Rahmen einer Femurkopfspickung oder Imhäuser-Osteotomie vorgenommen wurde.

Unter den präoperativen Bilder waren 10 Beckenübersichtsaufnahmen, 7 Lauenstein-Aufnahmen, die jeweils eine Hüfte zeigten und 2 Aufnahmen von nur einer Hüfte im a.p. Strahlengang.

Bei zwei Patienten lagen keine präoperativen Bilder vor.

Von den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, wurden **32** ausgewertet.

Als intraoperative Verfahren wurden im Einzelnen durchgeführt:

- Einseitige Epiphyseodese: 1mal 3 Schrauben
 1mal 2 Schrauben + 1 K-Draht
 1mal 3 K-Drähte
 1mal 4 K-Drähte
- beidseitige Epiphyseodese: 1mal re. 4 K-Drähte + li. 4 K-Drähte
 1mal re. 3 K-Drähte + li. 3 K-Drähte
- einseitige Imhäuser Osteotomie: 2mal 3 K-Drähte + Platte
 1mal 4 K-Drähte + Platte
- beidseitige Epiphyseodese (Gegenseite zur Prophylaxe) + einseitige Imhäuser-Osteotomie:
 re. 3 Schrauben + li. 3 K-Drähte + Platte
 re. 3 K-Drähte + Platte + li. 3 K-Drähte
 re. 3 Schrauben + li. 3 K-Drähte+ Platte

Das Osteosynthesematerial in Form von K-Drähten und Schrauben wurde bezüglich ihrer Position im Femurkopf entsprechend dem Scoresystem (s. Abb. 21) beurteilt.

Tabelle 11: Einteilung der am 4. postoperativen Tag gemachten Bilder nach dem 3-stufigen Scoreverfahren:

| PATIENT | BECKENÜBERSICHT | LAUENSTEIN-AUFNAHME | IMPLANTAT |
|----------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Pat.1 | li. 1+1+1 | li. 1+1+1 | 3 Schrauben |
| Pat.2 | li. 1+1+2 | li. 1+1+2 | 2 Schrauben + 1 K-Draht |
| Pat.3* | li. 1+1+1 | li. 1+1+2 | 3 K-Drähte |
| Pat.4 | li. 1+1+2+2 re. 1+1+1 | li. 1+1+2+2 re.1+1+1 | 4 K-Drähte li. + 3 K-Drähte re. |
| Pat.5* | Keine vorhanden | li. 3+3+3+1 re.3+2+1+1 | 4 K-Drähte bds. |
| Pat.6 | Keine vorhanden | li. 1+2+2 re. 1+1+1 | 3 K-Drähte li. + 3 Schrauben re. |
| Pat.7 | re. 1+1+1 | re. 1+1+1 | 3 K-Drähte |
| Pat.8* | li. 1+1+1 | li. 1+1+2 | 3 K-Drähte |
| Pat.9 | li. 1+1+1 re. 2+2+1 | Keine vorhanden | 3 K-Drähte |
| Pat.10 | li. 1+1+1+2 re.1+1+1+1 | li.1+1+1+2 re.1+1+1+1 | 4 K-Drähte bds. |
| Pat.11 | li. 1+1+1 re.1+1+1 | Keine vorhanden | 3 K-Drähte |
| Pat.12 | li.2+2+1+1 re.1+1+1 | li.2+2+1+1 re.1+1+1 | 4 K-Drähte li. + 3 Schrauben re. |

* Patienten mit einem Score-Unterschied zwischen der Beckenübersicht und der Lauenstein-Aufnahme

Beim Patient 1 und Patient 2 wurden eine Beckenübersicht und eine Lauenstein-Aufnahme der betroffenen Seite gemacht. Es sind zwischen den zwei Aufnahme-Verfahren an den Implantaten keine Score-Änderung festzustellen:

Pat.1 li.: 1+1+1 von 3 Schrauben

Pat.2 li.: 1+1+2 von 2 Schrauben und 1 K-Draht.

Beim Pat. 3 ist ein Score-Unterschied an der Projektion der Implantate festzustellen:

Erstmal werden die K-Drähte gesetzt. Die Position der K-Drähte wird im Bildwandler (BW) überprüft. Die K-Drähte werden nacheinander nach distal umgebogen (Hipp 2003).

Bei Kindern über 6 Jahre wird die intertrochantäre Derotations-/ Varisationsosteotomie im Klinikum Rechts der Isar mit einer Adoleszenten-Winkelplatte fixiert.



Abb. 22: Pat. 3: In der Beckenübersicht zeigen sich die K-Drähte links: 1+1+1



Abb. 23: Pat. 3: In der Lauenstein-Aufnahme links: 1+1+2

Beim Pat. 4 handelt es sich bei der Projektion der K-Drähte um folgende:

4 K-Drähte links: 1+1+2+2

3 K-Drähte rechts: 1+1+1.

In den drei Bildern des Pat. 5, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, waren eindeutige Femurkopfperforation sichtbar. Die Projektionen der K-Drähte wurden auch nach dem Score-Verfahren der Stufe 3 zugeordnet. Die Aufnahmen wurden in der Lauensteintechnik gemacht. Es lag keine Beckenübersicht vor.



Abb. 24: Pat. 5: Es handelt sich dabei um links: 3+3+3+1 bzw. rechts: 3+2+1+1

Die intraoperativen Bilder des Pat. 6 zeigten 3 K-Drähte links: 1+2+2

3 Schrauben rechts: 1+1+1.

Es lag keine Beckenübersicht vor nur die Lauensteinaufnahmen.

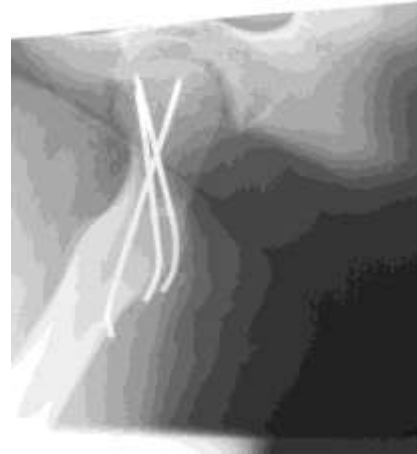
Beim Pat. 7 wurde die Projektion von 3 K-Drähten in der Beckenübersicht, einzelner Hüftaufnahme und Lauensteinaufnahme nach dem Score-Verfahren eingestuft: rechts: 1+1+1.

In allen Aufnahmen wurde die Projektion der K-Drähte zu dem gleichen Score-Ergebnis eingeteilt.

Beim Pat. 8 können wir wie beim Pat. 3 eine Score-Verschlechterung in der Lauensteinaufnahme im Vergleich zur Beckenübersicht beobachten (s. nachfolgende Röntgenbilder):



Abb. 25: Pat. 8: Beckenübersicht links: 1+1+1



Lauensteinaufnahme links: 1+1+2

Die unmittelbar postoperativ gemachten Bilder von Pat. 9 zeigen eine Beckenübersicht, in der 3 K-Drähte links: 1+1+1
3 K-Drähte rechts: 2+2+1 zu sehen sind.

Beim Pat. 10 liegen eine Beckenübersicht und die einzelnen Hüftaufnahmen vor:

In den zwei verschiedenen Aufnahmen kommt es zu keiner Score-Änderung:

4 K-Drähte links: 1+1+1+2

4 K-Drähte rechts: 1+1+1+1.

In der Beckenübersichtsaufnahme vom 4. postoperativen Tag des Pat. 11 sind die Projektionen der K-Drähte jeweils einzustufen als:

links: 1+1+1

rechts: 1+1+1 .

Beim Pat. 12 liegen die 3 Schrauben rechts als rechts: 1+1+1 und die 4 K-Drähte links: 2+2+1+1.

Es liegt keine Score-Änderung zwischen der Beckenübersicht und den einzelnen Hüftaufnahmen.

Insgesamt konnten Röntgenbilder von 30 Hüften ausgewertet werden. Bei 2 Hüften liegt eine Perforation der Implantate durch den Femurkopf ins Hüftgelenk vor. Aufgrund der ausgewerteten Röntgenbilder kann man in dem vorliegenden Patientengut von einer intraoperativen Perforationsrate von 6,7% sprechen.

Von den 3-Monats-Verlaufskontroll-Bildern wurden Implantatlagen in 33 Hüften ausgewertet.

Tabelle 12: Einteilung der 3-Monats-Verlaufskontroll-Bilder nach dem 3-stufigen Scoreverfahren:

| PATIENT | BECKENÜBERSICHT | LAUENSTEIN-AUFNAHME | SCORE-ÄNDERUNG |
|---------|----------------------------|---------------------------|--|
| Pat.1 | Nach Metallentfernung | Keine Vorhanden | |
| Pat.2* | li. 1+2+2 | Keine Vorhanden | Verschlechterung von li. 1+1+2 |
| Pat.3 | li. 1+1+1 | li. 1+1+2 | Keine Veränderung |
| Pat.4* | li. 2+2+2+2 re. 1+1+1 | li. 1+1+2+2 re.1+1+1 | Verschlechterung in BÜS von li. 1+1+2+2 |
| Pat.5° | li. 2+2+1+1 re. 1+1+1+1 | li. 2+3+2+1 re.1+1+1+1 | Verbesserung in von li. 3+3+3+1 re. 3+2+1+1 |
| Pat.6° | li. 1+1+1 re. 1+1+1 | li. 1+1+1 re. 1+1+1 | Verbesserung nach Implantatwechsel |
| Pat.7 | re. 1+1+1 | re. 1+1+1 | Keine Veränderung |
| Pat.8° | li. 1+1+1 | li. 1+1+1 | Verbesserung in Lauenstein-A. von li. 1+1+2 |
| Pat.9 | li. 1+1+1 re. 2+2+1 | li. 1+1+1 re. 2+2+1 | Keine Veränderung |
| Pat.10° | li. 1+1+1+1 re.1+1+1+1 | li. 1+1+1+1 re.1+1+1+1 | Verbesserung von li.1+1+1+2 |
| Pat.11 | Keine Vorhanden | li. 2+1+1 re. 1+3+3 | Verschlechterung von li.1+1+1 re. 1+1+1 |
| Pat.12° | li.2+1+1+1 re.1+1+1 | li.2+1+1+1 re.1+1+1 | Verbesserung von li.2+2+1+1 |

*Patienten mit einer Score-„Verschlechterung“ = Score-Wert um mindestens eine Score-Stufe erhöht;

° Patienten mit einer Score-„Verbesserung“ = Score-Wert um mindestens eine Score-Stufe vermindert.

Beim Pat. 1 liegen keine radiologischen Verlaufskontroll-Aufnahmen vor, sondern eine Beckenübersicht nach der Metallentfernung.

Beim Pat. 2 war die linke Hüfte betroffen. Es haben sich vom Score 1+1+2 zu 1+2+2 die Projektion der K-Drähte verschlechtert. Sichtbar war die Verschlechterung in der a.p. Aufnahme der linken Hüfte (s. Abb. 26).

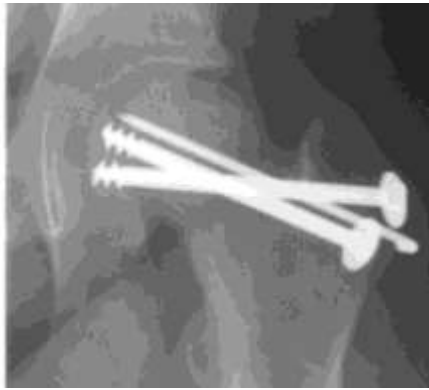
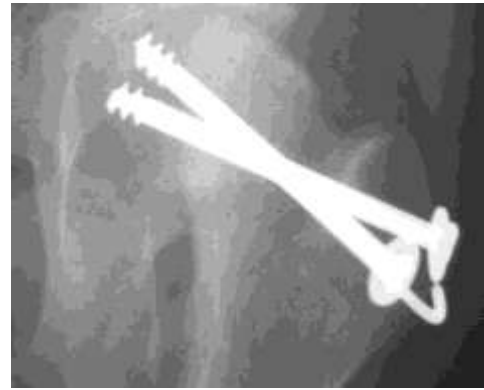


Abb. 26: Pat. 2: Score 1+1+2, 4. postoperativer Tag



Score 1+2+2, Verlaufskontrolle

Beim Pat. 3 war in der Verlaufskontrolle wie zuvor in den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, wieder die Lauensteinaufnahme diejenige, die einen schlechteren Score für die Projektion der K-Drähte erzielt hat: Lauensteinaufnahme: 1+1+2, Beckenübersicht: 1+1+1.

Beim Pat. 4 kam es zur Projektionsverschlechterung zweier K-Drähte von 1+1+2+2 zu 2+2+2+2, was in der Beckenübersicht am besten zu sehen war.

Beim Pat. 5 konnte man beobachten, dass die Lauensteinaufnahmen, die als Verlaufskontrolle gemacht wurden, bessere Score-Ergebnisse erzielt haben als die die unmittelbar am 4. postoperativen Tag gemacht wurden.

4. postop. Tag : links: 3+3+3+1 zu 3-Monats-Verlaufskontrolle links: 2+3+2+1

4. postop. Tag : rechts: 3+2+1+1 zu 3-Monats-Verlaufskontrolle rechts: 1+1+1+1

Die Beckenübersicht als 3-Monats-Verlaufskontrolle im a.p. Strahlengang hatte die besten Score-Ergebnisse:



Abb. 27: Pat. 5 : links: 2+2+1+1 und rechts: 1+1+1+1

Beim Pat. 6 kam es zu einer Verbesserung des Scores nach Implantatwechsel:

3 K-Drähte links: 1+2+2 zu Imhäuser-Osteotomie mit Winkelplatte und 3 K-Drähten links: 1+1+1

3 K-Drähte rechts: 1+1+1 zu 3 Schrauben rechts: 1+1+1.

Die chronologisch darauf folgenden Bilder sind im Zustand nach Metallentfernung. Es liegen keine Röntgenaufnahmen vor, die eine Beschreibung der Projektion der Implantate nach dem Implantatwechsel ermöglichen würden.

Beim Pat. 7 kam es zu keiner wesentlichen Änderung zwischen den Bildern die am 4. postoperativen Tag bzw. als Verlaufskontrolle, ca. 7 Monate später gemacht wurden. Es liegt noch immer der gleiche Score für die K-Drähte nach der Imhäuser-Osteotomie: rechts: 1+1+1.

Beim Pat. 8 ist eine Score-Verbesserung in der Lauenstein-Verlaufskontrollaufnahme zu dokumentieren, von Bildern am 4. postoperativen Tag: links: 1+1+2 zu postoperativ links: 1+1+1.

In der Beckenübersicht kam es im Verlauf zu keiner Änderung der Score-Einteilung: links: 1+1+1 zu links: 1+1+1.

Beim Pat. 9 kam es zu keiner Score-Änderung in den Verlaufskontrollen, weder in der Beckenübersicht noch in der Lauensteinaufnahme: links: 1+1+1, rechts: 2+2+1.

Bei Pat. 10 wurde der Score in den Verlaufskontroll-Bildern besser: von zunächst links: 1+1+1+2 zu links: 1+1+1+1, an der rechten Hüfte hat sich der Score nicht verändert: rechts: 1+1+1+1.

Beim Pat. 11 wurden bereits 1 Monat nach der OP die ersten Verlaufskontrollen gemacht. Im Vergleich zu den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, hat sich der Score an der linken Hüfte „verschlechtert“ von links: 1+1+1 zu postoperativ links: 2+1+1. Das Bild, welches am 4. postoperativen Tag gemacht wurde, war eine Beckenübersicht, die erste Verlaufskontrolle eine Lauensteinaufnahme (s. Abb. folgende Seite).

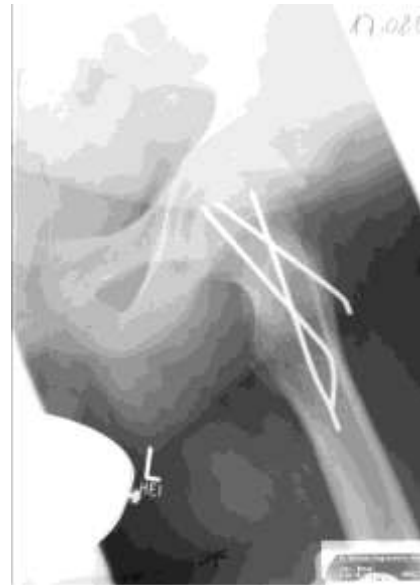
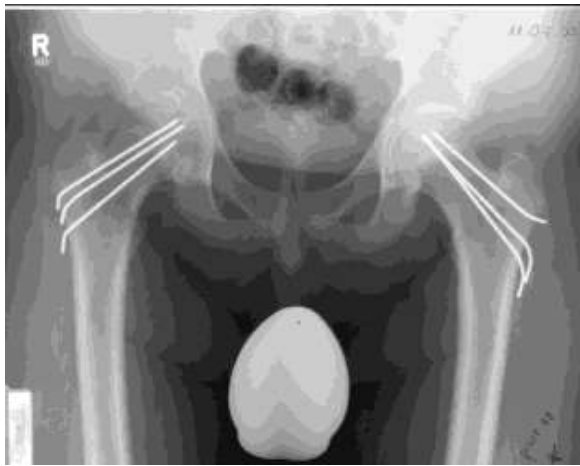


Abb. 28: Pat 11 : BÜS: links 1+1+1, Lauensteinaufnahme: links 2+1+1

Von der rechten Hüfte liegen erst 1½ Jahre später die Verlaufskontroll-Bilder in Lauenstein-Aufnahme vor, die eine Perforation der K-Drähte ins Hüftgelenk dokumentieren. Der Score an der rechten Hüfte hat sich dramatisch verändert von 1+1+1 zu 1+3+3.



Abb. 29: Pat. 11: rechte Hüfte: Score 1+1+1, 4. postop. Tag, rechte Hüfte: Score 1+3+3, Verlaufskontrolle nach 1 ½ Jahren

2½ Jahre postoperativ wurden erneut eine Beckenübersicht und beide Hüfte in der Lauenstein-Technik gemacht. Der Score an der rechten Hüfte hat sich auf 2+2+1 und an der linken

auf 1+1+1 in der Lauensteinaufnahme „gebessert“. Der Score in der Beckenübersicht war noch besser, rechts und links wurden die Projektionen der Implantate als 1+1+1 eingestuft.

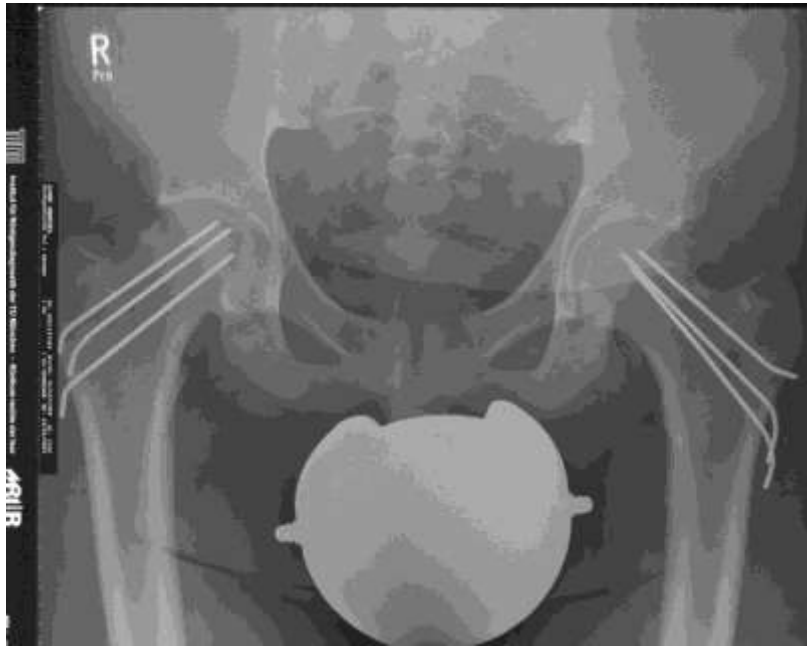


Abb. 30: Pat. 11, BÜS, Verlaufskontrolle, 2 ½ Jahre postoperativ.

Beim Pat.11 wurde erst in den Verlaufskontroll-Bildern die Perforation des Femurkopfes durch zwei K-Drähte sichtbar.

Beim Pat.12 kam es in den Verlaufskontrollen in der Beckenübersicht als auch in der Lauensteinaufnahme zu einer Score-Verbesserung auf der linken Seite, links: 2+2+1+1 zu links: 2+1+1+1.

Rechts waren die Implantate bereits am 4. postoperativen Tag als 1+1+1 eingestuft.

In den radiologischen Verlaufskontrollen hat sich die K-Draht/Schrauben-Position bei 3 Patienten „verschlechtert“, bei 7 hat sie sich verbessert und bei 2 kam es in den postoperativen Aufnahmen zu keinen Veränderungen.

Beim Pat.2, Pat.4 und Pat.11 kam es im Vergleich zu den Aufnahmen, die am 4. postoperativen Tag in den Verlaufskontroll-Aufnahmen zu Verschlechterungen.

Es konnten Röntgenbilder von 33 Hüften ausgewertet werden. Bei 2 Hüften liegt eine Implantatperforation in das Hüftgelenk vor. Aufgrund der vorliegenden Daten liegt eine postoperative Verlaufskontroll-Perforationsrate von 6,1% vor.

6. DISKUSSION

Ein wichtiges Ziel der Arbeit war die Literaturrecherche. In dem vorliegenden Kapitel werden zunächst die Therapievorschläge, Ergebnisse und Komplikationen aus der Literatur diskutiert.

Unter 6.2 gehen wir dann analog auf die eigenen Ergebnisse ein.

6.1 THERAPIEVERFAHREN IN DER LITERATUR

Durch die Therapie der ECF soll nach Möglichkeit die spätere Arthrose verhindert werden. Da die Arthrosegefahr mit zunehmendem Gleitwinkel der Kopfepiphyse ansteigt, ist das erste Ziel, den Gleitvorgang aufzuhalten (Jani 1996).

Neben dem Ausmaß des Huftekopfabrutsches bei einer ECF ist bei der Therapieindikation mit zu berücksichtigen, ob es sich um einen akuten Abrutsch handelt oder ein bereits chronisches Geschehen mit Remodellierung (Exner 2002). Man sollte wegen der Gefahr des weiteren Gleitens des Femurkopfes eine Operation zum nächst möglichen Zeitpunkt anstreben und auf eine Entlastung des Huftegelenkes in liegender Position des Patienten achten, um die Gefahr einer Huftekopfnekrose zu minimieren. Die Tatsache, dass aus einer zunächst langsamen Lösung ein plötzlich verstärktes Abgleiten der Kopfepiphyse eintreten kann (Jani 1996), sollte zur sofortigen Entlastung des Beines führen.

Exner (2002) empfiehlt eine offene Reposition bei maiggradigem Abrutsch des Femurkopfes, d.h. bei Abrutschwinkeln über 30°. Unter kontrollierten Bedingungen wird die Huftekopfepiphyse auf den Schenkelhals reponiert unter Vermeidung zusätzlicher Devaskularisierung, d.h. unter Schonung der huftekopfversorgenden Gefäße.

Im deutschen Sprachraum wird seit Jahrzehnten im wesentlichen aufgrund der Abrutschgrade differenziert vorgegangen mit In-situ-Fixation bei Abrutschwinkeln bis 30°, Fixation in situ und intertrochantäre Korrekturosteotomie bei Abrutschwinkeln zwischen 30° und 60° und offener Reposition mit intertrochantären Valgisierungsosteotomie bei Abrutschwinkeln über 50-60° ; dies entspricht auch den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (Jani 1999).

In der amerikanischen Literatur finden wir einige weitere Therapieoptionen (Herring 2002):

- Schenkelhals-Osteotomie (OT) nach Kramer und Barmada
- Subkapitale OT nach Dunn
- Intertrochantäre OT nach Southwick.

Einige Autoren beschreiben die Knochenspan-Epiphyseodese als eine mögliche Therapieoption bei ECF (Riley 1990, Aadalén 1974, Melby 1980). Im Vergleich mit der K-Draht-Fixation beobachtet Melby 1980 eine geringere Komplikationsrate und sehr gute Langzeitergebnisse. Insbesondere wird die Knochenspan-Epiphyseodese bei Patienten als vorteilhaft angesehen, die einen Abrutsch von über 30° haben. Es handelt sich dabei um eine Epiphyseodese, die mit einem autologen Beckenspan durchgeführt wird: anstatt Metall-Implantate in den proximalen Femur einzubringen, wird der Femurkopf mit ein bis zwei Knochenspänen fixiert, die aus dem Becken des Patienten entnommen und zur Fixation in den vorgebohrten Kanal im Schenkelhals platziert werden (Herring 2002). Es ist eine weitere Alternative um K-Draht-Penetration in den Hüftkopf bzw. Schenkelhals zu vermeiden, aber erfordert einen zusätzlichen operativen Eingriff und ist technisch sehr aufwendig. Daher findet es im europäischen Raum kaum Anwendung. Außerdem lassen sich K-Draht/Schrauben-bezogene OP-Komplikationen bei entsprechender Sorgfalt des Operateurs ebenfalls minimieren.

Das gängige und als „state of the art“ angesehene Verfahren in Nordamerika in der Behandlung der ECF ist die innere Stabilisierung der Hüftkopfepiphyse mit einer kanülierten zentralen Schraube, um den weiteren Abrutsch zu verhindern. Offene Reposition und Umstellungsosteotomie werden laut Goodman 1996 als zu risikoreiche Verfahren bewertet.

In der Literatur finden wir die subkapitale Osteotomie (SKO) als weitere Therapiemöglichkeit bei ECF beschrieben (Bauer 1994). In der Studie von Diab et al 2004 wird die intertrochantäre versus subkapitale Osteotomie gegenübergestellt. Das Ziel der Studie war herauszufinden welches Verfahren bessere radiologische Ergebnisse liefert und für die Patienten mit weniger Komplikationen verbunden ist:

- radiologisch gab es keinen sichtbaren Unterschied zwischen den zwei Verfahren und deren Ergebnissen
- nach ITO war die Anatomie des proximalen Femurs besser wiederhergestellt bezüglich der Distanz zwischen dem Hüftgelenk und den Trochanteren und der Distanz zwischen den Trochanteren und dem Femurkopfzentrum

- Die Komplikations-Inzidenz für Osteonekrose (ON) des Hüftkopfes und Chondrolyse war in beiden Gruppen unterschiedlich (ITO: ON 7%, Chondrolyse 7%, SKO: ON 18%, Chondrolyse 0%)
- die Revisions-Rate, d.h. die Anzahl der korrigierenden Eingriffe war in der Gruppe mit subkapitalen Osteotomien höher (ITO 0%, SKO 18%).

Diab 2004 beschreibt die ITO als ein effektiveres, sicheres und für die Therapie der ECF der subkapitalen Osteotomie überlegenes Verfahren.

Durch die intertrochantäre Imhäuser-Osteotomie bei Abrutschwinkeln über 30° werden auch nach Schai 1996 deutlich bessere Langzeitergebnisse erreicht als mit alternativen Verfahren.

6.1.2 PROPHYLAKTISCHE SPICKUNG UND METALLENTFERNUNG

Neben der Wahl des geeigneten Implantates gibt es vor allem immer wieder Diskussionen in der Literatur, ob beide Hüften gleichzeitig stabilisiert und wie lange die verwendeten Implantate belassen werden sollen (Hägglund 1996, Jerre 1994 , Jerre 1996).

Gemäß Angaben in der Literatur (Hägglund 1996, Jerre 1996) sind bei 20% bis 80% aller Patienten beide Hüftgelenke bei einer ECF betroffen. Trotzdem wird vor allem in anglo-amerikanischen Raum die simultane operative Versorgung beider Hüftgelenke kontrovers diskutiert. Als Argument, eine prophylaktische Stabilisierung nicht durchzuführen, werden die möglichen Komplikationen der operativen Verfahren genannt (Canale 1989):

- avaskuläre Kopf- oder Epiphysennekrose
- Chondrolyse
- weiteres Abgleiten der Epiphyse nach nicht ausreichender Stabilisierung
- pathologische Frakturen durch ungenutzte Bohrlöcher im Schenkelhals
- intraartikuläre Lage, Wanderung und Brüche der Implantate.

Crawford (1988) führt ein ungünstiges Nutzen-Risiko-Verhältnis gegen eine prophylaktische Epiphyseodese an und empfiehlt dieses Vorgehen nur bei Patienten mit metabolischer und endokrinologischer Störung. Ferner hält er die beidseitige Operation in über der Hälfte der Patienten für unnötig und empfiehlt eine engmaschige radiologische Verlaufskontrolle.

Jerre (1996) stellte demgegenüber einen beidseitigen Befall bei 59% seiner Patienten fest. Bei 71% war die kontralaterale Hüfte asymptomatisch. Jerre fand, wenn keine prophylaktische

Stabilisierung der Epiphyse erfolgt, eine höhere Arthroserate bei Vorliegen einer unbehandelten Epiphyseolyse und betrachtete das Risiko für die Entstehung einer sekundären Arthrose erhöht, wenn keine prophylaktische Stabilisierung erfolgt.

Jani et al. (1996) empfehlen eine prophylaktische Spickung der noch nicht betroffenen Gegenseite immer dann, wenn die Epiphysenfuge noch deutlich offen ist und man aufgrund der Pubertätsentwicklung mit weiterem Wachstum rechnen kann.

Plötz et al. (1998) halten die Epiphyseodese beider Seiten unter Verwendung von Gewindedrähten und die Belassung der Implantate bis zum Schluss der Epiphysenfuge für indiziert. Sie sind der Meinung, dass die ECF als Erkrankung beider Hüften betrachtet werden muss. Sie darf erst mit dem Epiphysenschluss als ausgeheilt betrachtet werden. Deshalb empfehlen sie eine beidseitige Spickung, eine Metallentfernung erst nach dem Epiphysenverschluss, damit es nicht nacheinander zu einer Epiphysenlösung kommt und erneuter Operation. Sie empfehlen zur Stabilisierung Kirschner-Drähte, bei denen äußerst selten ein Herauswachsen aus der Epiphyse beobachtet wurde. Sie sahen auch eine Reepiphyseodese als indiziert an, wenn die Implantate aus der Epiphyse infolge des Größenwachstums herauswandern und die Epiphysenfuge noch nicht geschlossen ist.

6.1.3 IMPLANTATWAHL

Jani et al. (1996) beschreiben in ihrer Arbeit zur Verhütung eines weiteren Abgleitens der Kopfepiphyse zwei miteinander konkurrierende Verfahren: die Fixation mit 1 oder 2 Spongiosaschrauben oder die Fixation mit 3 Kirschnerdrähten (vom Durchmesser 2,0 oder 2,5 mm); beide Verfahren haben Vor- und Nachteile.

Die Schraubenfixation ist etwas Endgültiges, weil sie meistens zu einem Verschluss der Wachstumsfuge führt. Dadurch ist ein weiteres Abgleiten gestoppt, jedoch führt das bei noch vorhandener Wachstumspotenz zur biomechanischen ungünstigen Verkürzung des Schenkelhalses. Diese Gefahr besteht bei der K-Drahtfixierung nicht, da das Schenkelhalswachstum kaum gestört wird. Die K-Drähte können allerdings zu kurz werden, d.h. nicht mehr bis zur Kopfepiphyse hinreichen, was eine Nachspickung erforderlich macht.

Bei Stabilisierung in situ ist ein Remodelling durch ein weiteres Fugenwachstum erwünscht, was für den Einsatz glatter Implantate spricht (Exner 2002).

Eine einzelne Schraube gewährleistet keine Rotationsstabilität. Das Argument, dass 2 Kirschner-Drähte ein höheres Risiko für falsche, insbesondere intraartikuläre Penetration des Imp-

lantats mit dem Risiko der Gelenkschädigung bieten würden als eine einzelne zentrale Schraube, ist nach Exner (2002) mit Vorbehalt zu werten.

Im amerikanischen Sprachraum wurde der Vorschlag gemacht, den abgleitenden Femurkopf nur durch eine zentrale Schraube zu fixieren. Man will mit der zentral gelegenen Schraube das Problem des „toten Winkels“ umgehen oder zumindest minimieren (Stevens 1996, Herring 2002). Mit einer zentral gelegenen Schraube ist die „ideale Implantatlage“ (s.S. 20, Abb. 10) durch die Schenkelhalsmitte, diagonal zum Schenkelhals und senkrecht zur Epiphysenfuge. Diese Ideallage ist vom Operateur leichter für ein einzelnes Implantat zu erreichen als für multiple, fächerförmig platzierte Implantate. Eine angenäherte Tangentialaufnahme mit dem Bildwandler von einem einzelnen zentral gelegenen Implantat ist leichter zu machen als von mehreren im Schenkelhals verlaufenden. Demzufolge ist mit einer zentral gelegenen Schraube die Wahrscheinlichkeit einer Femurkopfperforation minimiert, da das Implantat die volle Länge und Durchmesser des Schenkelhalses zur Verfügung hat.

Das Vorgehen hat Vorteile bezüglich des Vermeidens einer Femurkopfperforation jedoch nicht bezüglich der Rotationsstabilität des Femurkopfes. Um die Rotationsstabilität zu gewährleisten braucht man weitere Implantate, um alle Freiheitsgrade zu stabilisieren. Jedoch ergibt sich daraus ein weiteres Problem, denn je mehr Implantate im Femurkopf sind, desto mehr Komplikationen können in dem Bereich entstehen (Stevens 1996).

Um sowohl Stabilität als auch optimale Implantatlage bei der Therapie von ECF zu erzielen ist eine Epiphyseodese mit mehreren K-Drähten ($n \geq 3$) oder 2 Schrauben notwendig. In welcher Art das weitere Gleiten bei ECF operativ verhindert wird, ist von zweitrangiger Bedeutung; die korrekte Handhabung des gewählten Implantates hat eindeutig vorrangigen Stellenwert, um den Patienten vor Komplikationen zu schützen.

Für alle Implantate gilt, dass sie unter Bildwandlerkontrolle gesetzt werden sollen, wobei nicht nur in den üblichen 2 Ebenen, sondern auch in unterschiedlichen Rotationsstellungen die korrekte Lage zu überprüfen ist, um ihre Perforation in das Gelenk mit hoher Wahrscheinlichkeit zu verhindern bzw. sofort intraoperativ rückgängig machen zu können (Jani 1996).

6.1.4 KOMPLIKATIONEN BEI GELENKERHALTENDEN EINGRIFFEN AM PROXIMALEN FEMUR BEI PATIENTEN UNTER 18 JAHRE

Für den Operateur sind diese Operationsverfahren noch immer eine technische Herausforderung. Trotz Verwendung des ap und des axialen Röntgenbildes der betroffenen Hüfte besteht die Gefahr einer Femurkopfperforation durch die Gefahr des „toten Winkels“. Eine weitere technische Herausforderung ist die genaue operative Ausführung des OP-Plans.

Auch Riley (1990) nennt die Existenz des so genannten „Blinden Flecks“, der von den ap und axialen radiologischen Aufnahmen nicht zu erkennen ist, als Grund für Komplikationen bei gelenkerhaltenden Eingriffen am proximalen Femur.

Bei einer Vielzahl der gelenkerhaltenden operativen Eingriffe im Bereich des proximalen Femur ist entweder das exakte Treffen einer anatomisch umschriebenen Läsion oder das räumlich präzise Setzen von unterschiedlichsten Osteosynthesematerialien ohne Perforation des angrenzenden Gelenkes bzw. der Schenkelhalskortikalis von entscheidender Bedeutung.

6.1.5 VERGLEICH VON KOMPLIKATIONEN

In einer umfassenden Studie an 202 Patienten mit ECF macht Riley (1990) auf eine Vielzahl von möglichen Komplikationen bei der In-Situ-Fixation durch K-Drähte aufmerksam. 26 % der behandelten Hüften zeigten verfahrensassoziierte Komplikationen (Tab. 13).

Tabelle 13: verfahrensassoziierte Komplikationen bei Patienten mit ECF nach in-situ-Fixation (Riley 1990):

| | |
|--|-------|
| Avaskuläre Nekrose | 4,5% |
| Chondrolyse | 2,9% |
| Implantat-Perforation ins Gelenk | 13,3% |
| Implantat-Bruch | 2,6% |
| Implantat-Fehllage | 1,3% |
| Weiteres Abrutschen der Epiphyse | 0,3% |
| Verletzung des Nervus ischiadicus | 0,3% |
| Frakturen im Bereich des proximalen Femurs | 0,3% |
| Wundinfektion bzw. septische Arthritis | 0,3% |

18% aller Patienten wurden nach Riley (1990) einem Zweiteingriff unterzogen, um Komplikationen der In-situ-Fixation mit K-Drähten zu beheben:

- Metallentfernung nach vorzeitigem Epiphysenverschluss
- Zurückziehen der perforierten K-Drähte bei Patienten mit persistierenden Hüftschmerzen, mit unerkannter intraoperativer K-Draht-Perforation ins Hüftgelenk, die bei 13% der behandelten Hüften vorlag
- Notwendige Revision nach Frakturen im Bereich des proximalen Femur.

Nach Riley (1990) spricht man von Chondrolyse, wenn die Knorpeldicke des Femurkopfes auf weniger als die Hälfte gesintert ist und es zur Gelenkspaltverschmälerung kommt. 9 Hüften sind in seiner Arbeit postoperativ von einer Chondrolyse betroffen, davon waren 4 Hüften von K-Drähten perforiert.

Riley (1990) beobachtet in 14 Hüften avaskuläre Nekrosen, davon 8 nach einem akuten Abrutsch und 3 bei chronischen Gleiten. Die avaskuläre Nekrose ist eine Folgeerkrankung, jedoch nicht nur durch Perforationen von Implantaten im Bereich des Schenkelhalses, sondern auch bei zu spät erkanntem Epiphysengleiten.

Bei 8 Hüften kam es zum K-Draht-Bruch, daraus ergaben sich keine größeren Probleme. Die gebrochenen K-Drähte wurden überbohrt und dann entfernt.

Riley (1990) beschreibt das Auftreten von Femur-Frakturen aufgrund mehrfacher fehlerhafter Bohrungen im Schenkelhals: nach einer fehlplazierten Schraube bleibt ein leeres Bohrloch bestehen. Deshalb wird beim Einbringen von Implantaten ein Führungsdraht empfohlen, damit keine unbesetzten Bohrgänge entstehen. Auch Loder (2000) führt diese Komplikation auf, die aufgrund der unbenutzten Bohrlöcher sich entwickeln kann. Multiple Bohrlöcher können den Knochen schwächen, indem Knochenbrüche entlang der unbenutzten Bohrgänge sich entwickeln.

Mit 0,3% wurde die Wahrscheinlichkeit angegeben, dass K-Drähte die Epiphyse nicht treffen und ein weiterer Abrutsch der Epiphyse zu beobachten war.

Erst seit der Studie von Walter und Simon (1980) wird vermehrt Aufmerksamkeit auf die K-Draht-Position im proximalen Femur gerichtet. Walter und Simon (1980) beschreiben in ihrer Arbeit eine Häufigkeit an unerkannten K-Draht-Perforationen von 62% nach in-situ-Fixation

bei ECF. Riley (1990) beobachtet, dass 13 % der behandelten Hüften durch einen K-Draht perforiert wurden.

Bennet (1984) beschrieb eine Perforationshäufigkeit der subchondralen Lamelle in 28% (entspricht dem Score 2, nach der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Klassifikation) und eine Perforation ins Gelenk von 15% (Score 3) durch K-Drähte. Er beobachtete keinen Risikounterschied für das Auftreten von Chondrolyse bei beiden Gruppen: die Chondrolyse-Häufigkeit war gleich trotz unterschiedlicher Perforationstiefe. Daraus ergibt sich als Behandlungsziel beide Score-Klassen unbedingt zu vermeiden, um eine Chondrolyse nicht zu induzieren.

Ingram (1982) bewies radiologisch, dass es in 8,8% zur K-Draht-Penetration ins Hüftgelenk bei in-situ-Fixation kommt. Chondrolyse trat in 51% der perforierten Hüftgelenke auf.

Swiontkowski (1983) beobachtete in 30% Hüftgelenks-Perforationen. Drei Monate nach der festgestellten K-Draht-Penetration ins Hüftgelenk, sind 4% davon von Chondrolyse betroffen und 7% von einer avaskulären Nekrose. Er berichtet von nur einem Wundinfekt bei 66 untersuchten Hüften und von einer Femur-Fraktur an der Eintrittsstelle des K-Drahtes. Swiontkowski macht, wie in unserer Arbeit auch, die Beobachtung, dass die Häufigkeit der Perforationen nicht nur vom Grad des Epiphysen-Abrutsches abhängig ist, sondern auch von der Anzahl der in den proximalen Femur eingebrachten K-Drähte. Je höher die Anzahl der eingebrachten Implantate im proximalen Femur, desto höher die Chance den Schenkelhals bzw. Femurkopf zu perforieren.

Denn durch die multiplen, fächerförmig eingeführten K-Drähte, haben die einzelnen Implantate weniger Raum zur Verfügung und eine Tangentialaufnahme, die alle K-Draht-Spitzen gleichzeitig erfasst ist technisch momentan nicht machbar. Um die einzelnen K-Drähte im Raum zu definieren, muss man häufiger mit dem BV durchleuchten; demzufolge erhöht sich die Strahlenbelastung für den Patienten und das OP-Team.

In einer kombinierten prospektiv-retrospektiven Studie bei in-situ-Fixation stellt Lehmann (1984) in 37% der beobachteten Hüften verfahrensassoziierte K-Draht-verbundene Komplikationen fest. In dem prospektiven Teil beobachtet er in 16% K-Draht-Perforationen.

Bishop (1978) beobachtet eine Häufigkeit von 6% an Chondrolysen, die immer mit einer intraartikulären Perforation assoziiert sind.

Greenough (1985) berichtete über eine 40%ige Häufigkeit an verfahrensassoziierte Komplikationen bei Hüften, die mit K-Drähten in-situ gespickt wurden. Die Autoren sahen eine 64% Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von mindestens einer verfahrensassoziierten Komplikation, bei beidseits gespickten Hüften.

Pizzutillo (1988) fand heraus, dass 59% der bei der in-situ-Fixation verwendeten K-Drähte ins Hüftgelenk perforierten. In 51% wurde die K-Draht-Perforation nicht intraoperativ erkannt.

Gonzalez-Moran (1998) vergleicht in seiner Arbeit Komplikationen, die mit dem jeweiligen Implantat zusammenhängen zwischen zwei Patientengruppen, die unter ECF leiden: Gruppe A, die mit multiplen K-Drähten, Gruppe B, die mit einer bzw. zwei kanülierten Schrauben versorgt wird. Laut Gonzalez-Moran (1998) liegt die Rate der K-Draht-Perforation bei 34%, wobei die Schrauben nur in 3,2% den Femurkopf penetrieren. Der Epiphysenverschluss war in beiden Gruppen nach 7 Monaten, wobei Gonzalez-Moran von einem Epiphysenverschluss bei 75%-iger knöcherner Durchbauung der Epiphyse ausgeht.

Gonzalez-Moran (1998) beschreibt multiple Komplikationen nach K-Draht-Implantation:

- Schenkelhalsperforationen im posterioren Bereich in 13%
- Fehlerhaftes Implantieren der K-Drähte und nicht Treffen der Epiphyse in 16%
- Postoperative Wundinfektionen in 13%
- Chondrolyse in 9,7%.

Komplikationen nach Schrauben-Implantation laut Gonzalez-Moran (1998):

- Fehlerhaftes Implantieren der Schrauben und Nicht-Treffen der Epiphyse in 9,7%
- Bursitis Trochanterica mit chirurgischer Wundsanierung in 3,2%
- Chondrolyse in 0%
- avaskuläre Nekrose in 3,2% .

Gonzalez-Moran führt seine relativ zur Literatur niedrige Komplikationsrate auf präoperative Traktion, dem sofortigen Entlasten der betroffenen Extremität und der verzögerungsfreien Versorgung zurück.

Loder (2000) geht in seiner Arbeit auf die Vielzahl der Therapieverfahren ein und stellt die jeweiligen Verfahren mit Vor- und Nachteilen vor (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: verfahrensassoziierte Komplikationen bei Patienten mit ECF (Loder 2000):

| | Avaskuläre Nekrose | Chondrolyse | Zunahme des Abrutschwinkels bei | 2.OP, K-Draht-Verlust | Beinlängenverkürzung |
|--|--------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Gipsruhigstellung | 0% | 19% | 5% | k.A. | k.A. |
| In-situ-Fixation mit einer Schraube | 2% | 0% | k.A. | k.A. | k.A. |
| Epiphyseodese mit allog. Knochenspan (Weiner 1984) | 1% | 0% | 2% | k.A. | k.A. |
| Epiphyseodese mit allog. Knochenspan (Rao 1996) | 6% | 5% | 42% | k.A. | k.A. |
| Subkapitale OT | 15% | 30% | k.A. | 7% | k.A. |
| OT nach Dunn | 11% | 12% | k.A. | k.A. | k.A. |
| Basisnahe Schenkelhals-OT | 4% | 2% | k.A. | k.A. | k.A. |
| ITO nach Southwick | 2% | k.A. | k.A. | k.A. | 69% |

k.A. = keine Angaben in der Literatur

Aus der Tabelle 14 wird ersichtlich, dass es einige Operationstechniken gibt, die mit so hohen postoperativen Komplikationsraten verbunden sind, so dass sie nicht als Therapieoptionen empfohlen werden können: im Rahmen einer Epiphyseodese mit allogenen Knochenspan (Rao 1996) wird eine Wahrscheinlichkeit von 42% für die Zunahme des Abrutschwinkels beschrieben, d.h. nahezu jede zweite behandelte Hüfte benötigt einen korrigierenden Zweiteingriff. Nach einer subcapitalen OT beschreibt Loder (2000) ein Auftreten von avaskulärer Nekrose in 15% und Chondrolyse in 30% der behandelten Hüften. Sogar die Gipsruhigstellung wird als eine Therapieoption vorgestellt, die von vielen Autoren (Meier 1992) als auch in unserem Haus als obsolet gilt. Ziel der ECF-Therapie ist zusätzliches Gleiten aufzuhalten, um avaskuläre Nekrosen und Chondrolyse zu vermeiden.

Es ist für den Krankheitsverlauf des Patienten von entscheidender Bedeutung, dass man ein Therapieverfahren mit dem geringsten Risiko für verfahrensassoziierte Komplikationen wählt.

Die in-situ-Fixation mit einer einzelnen Schraube ist das häufigste Therapieverfahren bei ECF in Nord Amerika (Loder 2000, Herring 2002).

Die Vorteile dieser Epiphyseodese sind:

1. hohe Erfolgsquote
2. geringe Prävalenz für zusätzlichen Abrutsch und Komplikationen.

Dieses operative Verfahren ist sehr von der 2-dimensionalen Bildgebung abhängig, je besser der Schenkelhals und der Femurkopf sichtbar sind, desto leichter bzw. korrekter sind die Schrauben einzubringen.

Ferguson und Howorth (1931) beschrieben erstmalig die offene Epiphyseodese mit einem allogenen Knochenspan bzw. Beckenkammspan. Mit diesem Verfahren vermeidet man die Komplikationen, die im Rahmen der in-situ-Fixation entstehen können, einschließlich unerkannter K-Draht-Perforationen ins Hüftgelenk, Verletzungen der lateralen Epiphysengefäße und Implantat-Versagen.

Die Vorteile der allogenen Knochenspan-Epiphyseodese sind:

- da der Knochenspan genau in das Zentrum des Femurkopfes gesetzt werden kann, besteht beim Bohren des Loches nur ein minimales Verletzungsrisiko für die blutversorgenden Gefäße des Femurkopfes
- da der Knochenspan lt. Autoren nicht so tief eingebracht werden muss, ist das Risiko für eine Spanperforation ins Hüftgelenk ebenfalls sehr gering.

Diese Einschätzungen und ihre Begründungen sind in der Fachwelt jedoch sehr umstritten (Rao 1996).

Die Nachteile der allogenen Knochenspan-Epiphyseodese sind:

- erweiterte operative Freilegung
- erhöhter Blutverlust
- längere Anästhesie-Dauer
- größere Narbe
- Zunahme des Abrutschwinkels bei 42% der behandelten Hüften (Rao 1996).

Aufgrund der nicht zu unterschätzenden Nachteile dieses Therapieverfahrens empfiehlt Rao (1996) die offene Epiphyseodese mit einem allogenen Knochenspan nicht als initiale Behandlungsmethode. Wir sind der Meinung, dass dieses Verfahren aufgrund der hohen postoperativen Wahrscheinlichkeit (42%) für das weitere Abrutschen der Epiphyse nicht als Therapieoption zu akzeptieren ist.

Die subkapitale Osteotomie ist ein optimales Verfahren um die Retroversion des proximalen Femur zu korrigieren. Es besteht jedoch ein hohes Risiko für avaskuläre Nekrosen und im Vergleich zur in-situ-Fixation ergeben sich schlechtere postoperative Ergebnisse, so dass diese Technik von Loder (2000) nicht als Therapieoption bei ECF empfohlen wird.

Nach der Arbeit von Loder 2000 ist im Vergleich zur subkapitalen Osteotomie die Häufigkeit der avaskulären Nekrosen bei basisnaher Schenkelhals-Osteotomie geringer. Auch die postoperative Hüftbeweglichkeit wird verbessert.

Der Nachteil der basisnahen Schenkelhals-OT ist, dass nur Korrekturen um 35°-55° möglich sind. Durch die Operation kommt es zur Verkürzung des Schenkelhalses. Dadurch kann ein Impingement zwischen dem Trochanter major und dem lateralen Acetabulum bei der Hüftabduktion auftreten. Bei verfrühtem Epiphysenverschluss kann sich aufgrund der Verkürzung des Schenkelhalses zur verstärkten bzw. ausgeprägten Beinlängendifferenz kommen (Loder 2000). Auch Jerre (1996) beschreibt in seiner Arbeit bei 58% der Hüften nach subkapitaler OT, 27% nach einer intertrochantären OT Verkürzungskomplikationen. In Anlehnung an die Arbeit von Loder (2000) ist eine in-situ-Fixation bei geringen Abrutschwinkeln der ITO vorzuziehen, da es zu keiner Beinlängendifferenz kommt, das outcome ist im Vergleich besser und die Risiken für avaskuläre Nekrose und Chondrolyse geringer (s. Tabelle 14).

Die Hauptkomplikationen der ECF sind die Entwicklung einer **Chondrolyse** bzw. einer **Femurkopfnekrose**. Jani et al. (1996) beschreibt eine Rate von 30 bis sogar 40%.

Die Femurkopfnekrose ist im spontanen Verlauf der ECF ein äußerst seltenes Ereignis; ihr Auftreten im Rahmen einer Behandlung ist deshalb fast immer als eine Komplikation der Behandlung selbst und nicht der Erkrankung an sich zu werten.

Eine Chondrolyse wird meist im Rahmen operativer Behandlung beobachtet und dürfte überwiegend Folge intraartikulärer Protrusionen von Implantaten und konsekutiver Knorpelschädigung sein (Jani 1996). Die Chondrolyse kann aber auch bei nichtoperativer Behandlung beobachtet werden und dürfte dann Folge mechanischer Knorpelschädigung durch ein Impingement sein.

Aufgrund von Beobachtungen bei offenen Hüftrepositionen bei ECF und Kadaver-Untersuchungen zeigte sich, dass die Hüftkopfnorpelkalotte nicht als Ganzes mit der abrutschenden Epiphyse gegenüber dem Schenkelhals verschoben wird, sondern dass es zu Einrissen der Knorpelkappe kommt, die über den Epiphysenfugenrand auf den metaphysären Schenkelhals reicht. Diese anatomische Gegebenheit ist von Bedeutung, da die entstehenden Konturunre-

gelmäßigkeiten bis zur Stufenbildung eine mechanische Verletzungsursache für das Labrum und den Pfannenknorpel darstellen. Die mechanische Verletzung des Knorpels dürfte ein entscheidender Faktor der Auslösung einer Chondrolyse sein. Bei massivem Abrutsch wird die Metaphyse des Schenkelhalses soweit freigelegt, dass diese direkt in Kontakt mit dem Pfannenrand tritt und bei Bewegungen an diesem ansteht (Exner 2002).

So kann ein Kontakt zwischen der im Epiphysenfugenbereich freigelegten Metaphyse und der Hüftpfanne entstehen.

Die anatomischen Gegebenheiten sind für die Behandlungsstrategie der ECF bzw. Hüftkopfwachstumsstörungen von großer Bedeutung. Die von Dunn (1964) dargelegte Technik der offenen Reposition der ECF und neuere anatomische Studien von Gautier (2000) zur Gefäßversorgung, haben zur Weiterentwicklung der konventionellen Operationstechniken unter Schonung der Gefäßversorgung des Hüftkopfes und operativen Wiederherstellung der Anatomie geführt (Exner 2002).

Die Gefäßversorgung des Hüftkopfes ist vor allem von Trueta und Gautier studiert worden. Mit der Reposition des Hüftkopfes ist deshalb das Risiko verbunden die versorgenden Gefäße der Hüftkopfeiphyse zu schädigen mit der Konsequenz einer Hüftkopfnekrose. Die Vermeidung dieser zusätzlichen Schädigung durch eine Intervention ist oberstes Gebot, um die anatomischen Verhältnisse wiederherzustellen (Dunn 1964). Daraus wurde abgeleitet, dass ausschließlich beim akuten Abrutsch einer zuvor normalen Hüfte ohne Verzögerung, die der Ausbildung eines Kallussporns Zeit gäbe, eine Reposition des Hüftkopfes auf den Schenkelhals möglich sein kann ohne die Gefäßversorgung zusätzlich zu kompromittieren.

Sollte ein chronisches Gleiten bereits zu Umbauvorgängen geführt haben, wie dies meist der Fall ist und der Patient sich erst infolge eines zusätzlichen akuten Gleitens vorstellt, führt eine Reposition des Hüftkopfes in seine ursprüngliche Lage auf dem Hüftkopf mehr oder weniger zwangsläufig zu einem Abreißen der verbliebenen Gefäße, wenn der Kallussporn nicht entfernt oder auch der Schenkelhals nicht – ohne zusätzliche Gefässschädigung - gekürzt wird (Exner 2002).

Beim Versuch der Reposition durch eine Osteotomie des Schenkelhalses bei spätem chronischem Abrutsch mit begonnenem oder vollendetem knöchernen Durchbau der Wachstumsfuge werden die neu gebildeten intraossären Gefäße durchtrennt und das Risiko der Zirkulationsstörung evtl. gesteigert (Dunn 1964).

Exner (2002) beschreibt eine Hüftkopf-Nekrose-Rate von rund 10% bei offenen Repositionen, die zu anderen Studien (Velasco 1998) vergleichbare Ergebnisse zeigt. Velasco (1998) beschreibt eine Hüftkopf-Nekrose-Rate von 11% und eine Chondrolyse-Rate von 12%. Exner (2002) führt dieses gute Ergebnis darauf zurück, dass die Operationen von sehr wenigen, äußerst erfahrenen Operateuren vorgenommen wurden.

Eine Vielzahl von Autoren liefert auch Verbesserungsvorschläge, wie man die Komplikationen bei gelenkerhaltenden Eingriffen am proximalen Femur vermeiden könnte:

Riley (1990) geht zusätzlich auf den Gefäßverlauf ein: die Drähte sollten den posterioren Bereich meiden und im anterioren Bereich implantiert werden.

Die sicherste Methode zurzeit um perforierte K-Drähte zu entdecken ist es nach der Fixation des Hüftgelenk in allen Ebenen unter dem Bildwandler durchzubewegen. Der Patient ist zwar einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt, das Risiko für intraoperativ übersehene K-Draht-Perforationen dadurch aber reduzierbar.

Es wurden bis jetzt einige Verbesserungsvorschläge in der Literatur beschrieben, die jedoch das konventionelle Durchleuchten des Hüftgelenkes noch nicht abgelöst haben:

Bennet (1984) empfiehlt ein intraoperatives Arthrogramm durchzuführen nach dem die Implantate gesetzt sind, um beurteilen zu können, ob sie sich innerhalb des Femurkopfes befinden. Das erfordert jedoch einen deutlichen intraoperativen Mehraufwand und folglich führt zu einer längeren Op-Zeit.

Lehmann (1984) und Shaw (1984) schlagen vor eine kanülierte Schraube für die in-situ-Fixation zu verwenden, über die -nachdem sie in den Femurkopf eingebracht wurde- Kontrastmittel eingespritzt wird. Tritt röntgendichtes Kontrastmittel im Hüftgelenk auf, spricht das für eine Gelenkperforation. Es wird jedoch schon von den Erstbeschreibern berichtet, dass es bei diesem Verfahren zum Auftreten von falsch-positiven und falsch-negativen Ergebnissen kam, so dass sich dieser Vorschlag nicht etabliert hat.

6.2 EIGENE STUDIE

6.2.1 OP-PARAMETER UND ANALYSE

In der vorliegenden Arbeit werden die im Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 gelenkerhaltenden operativen Verfahren am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahren, die in der Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München behandelt wurden, analysiert. Dabei wurden bei den einzelnen therapeutischen Verfahren verschiedene operative Parameter wie die Operationsdauer, Bildwandlerzeit, Drainagemenge und der Hämoglobinabfall evaluiert.

Bislang wurden in der Literatur diese Parameter bei den genannten Op-Verfahren am proximalen Femur nicht so detailliert untersucht. Es liegen keine Studien vor, die sich gezielt mit den aufgeführten Operationsparametern an Eingriffen des proximalen Femurs bei Patienten unter 18 Jahren auseinandersetzen. Ziel der Arbeit war deshalb diese zu akquirieren, beurteilen und als Grundlage für einen Verbesserungsansatz durch neue Verfahren zu dienen.

Im Vergleich mit der Literatur haben wir relativ wenige Komplikationen bezüglich dieser Parameter. Postoperativ sind unsere Werte im Vergleich mit der Literatur unter dem Durchschnitt.

Die BW-Zeit und die intraoperative Röntgenbilddarstellung sind die Parameter mit dem größten Verbesserungspotential.

1. OP-Dauer

Leider liegen in der uns vorliegenden Literatur keine Hinweise zur Op-Zeiten vor bezüglich der Op-Verfahren, die in unserer Studie genannt werden. Detaillierte Auswertungen der Op-Dauer findet man bei Evaluationen von endoprothetischen Eingriffen am Hüftgelenk oder Marknagelversorgung der unteren Extremität (Madan 2002), die in unserer Studie nicht vorkommen.

Insgesamt konnte man beobachten, dass die OP-Dauer in unserem Patientengut relativ gering ist. Je komplexer der operativer Eingriff war, desto länger ist die Op-Dauer: eine K-Draht-stabilisierte ITO dauerte im Durchschnitt 76 Minuten, während eine dreidimensionale Winkelplatten-stabilisierte Imhäuser-ITO im Mittel 100 Minuten dauerte. Statistisch liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Op-Zeiten.

Die allgemeinen Bestrebungen sind die OP-Zeit so kurz wie möglich zu halten, um alle intraoperativen Risiken und Komplikationen wie das Narkoserisiko, das Infektrisiko und die Blutungsgefahr zu minimieren. Ein zukünftiges Ziel wäre es, die Komplexität der OP-Verfahren zu minimieren: um die OP-Dauer zu vermindern, müsste man ein kompliziertes OP-Verfahren für den Operateur vereinfachen.

2. BW-Zeit

Die Bildwandlerzeit und somit die Strahlenbelastung während einer Operation sollte reduziert werden. Oft ist im OP-Saal zu beobachten, dass manche Operateure, um den toten Winkel zu umgehen, das Hüftgelenk unter dem BW in allen Ebenen bewegen und so den Patienten und das OP-Team einer mehrminütigen Strahlenbelastung aussetzen.

Eine wichtige Beobachtung in unserer Studie war die Verwendung des Bildwandlers im Rahmen von Metallentfernungen: im Mittel wurde bei der Entfernung von K-Drähten für 0,12 Minuten und bei Winkelplattenentfernung für 0,15 Minuten durchleuchtet. Es handelte sich dabei um Eingriffe bei denen das Auffinden vom Osteosynthesematerial erschwert war.

Wir konnten im Allgemeinen feststellen: Je länger der operative Eingriff und je komplexer das OP-Verfahren, desto länger ist sowohl die OP-Zeit als auch die BW-Zeit.

Generell besteht der Wunsch die Strahlenbelastung so gering wie notwendig zu halten. Auch hier ist es erstrebenswert zukünftig die Zeiten und das Problem des toten Winkels von 2 D-Bildern zu minimieren.

3. Blutverluste

In den ausgewerteten OP-Verfahren in unserer Studie ist es nie zu einem lebensbedrohlichen intraoperativen Blutverlust gekommen. Nur 12-mal je ein bis vier Erythrozytenkonserven und 5-mal je ein bis vier fresh frozen plasma (FFP) waren notwendig.

Es ist jedoch erstrebenswert den Patienten keinem zusätzlichen Infektionsrisiko auszusetzen und auch daran zu arbeiten, die Anzahl der Bluttransfusionen so minimal wie möglich zu halten. Aber es lässt sich nicht komplett vermeiden.

Im Kapitel 5.1, Tabelle 4 wird gezeigt, dass je komplexer der operative Eingriff, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für Blut- bzw. Blutersatzstoffe. Aus diesem Grund wäre es wichtig für die Zukunft durch die Vereinfachung der Komplexität der OP-Verfahren die OP-Zeit zu kürzen und dadurch ein Risiko für Blutverluste zu minimieren.

6.2.2 THERAPIEVERFAHREN

In dem beobachteten Patientengut werden die Erkrankungen des proximalen Femurs wie im Kapitel 3.2 beschrieben behandelt. Dieses Therapiekonzept entspricht auch den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (Jani 1999).

Die in der Literatur beschriebene Beckenkammspan-Epiphyseodese und subcapitale Osteotomie als weitere Therapieoption der ECF entsprechen nicht unserer Philosophie.

6.2.3 PROPHYLAKTISCHE SPICKUNG UND METALLENTFERNUNG

In unserem Patientengut wurde von insgesamt 24 Patienten mit ECF bei 9 prophylaktisch die Gegenseite gespickt. Bei einem Patienten war eine Reepiphyseodese nötig, um die durch das Wachstum zu kurz gewordenen K-Drähte durch längere auszuwechseln, da die Epiphysenfuge noch nicht verschlossen war.

Bei einigen Patienten war zu beobachten, dass einige Monate nach der Epiphyseodese eine kontralaterale Spickung nötig war.

Die Metallentfernung bei unseren Patienten erfolgte nach K-Draht stabilisierter ITO schon 2-3 Monate postoperativ. Postoperativ kam es zu keinen gravierenden Komplikationen und zu keinem nachträglichen Hüftkopfabgleiten.

6.2.4 IMPLANTATWAHL

In unserem Patientengut wurden 7 Epiphyseodesen durchgeführt: 4 mit K-Drähten (n = 3 bzw. n = 4), 2 mit jeweils 3 Schrauben und 1 mit 2 Schrauben und 1 K-Draht.

Die 67 intertrochantären Osteotomien wurden bezüglich der 36 ITO's unter einem Alter von 6 Jahren in 72% der Fälle mit 3 K-Drähten fixiert und in 25% mit 4 K-Drähten. Die 31 ITO's nach Imhäuser wurden mit einer Winkelplatte stabilisiert und anschließend zu 16% ohne weitere Fixation, zu 61% mit $n \geq 2$ K-Drähten und die weiteren 23% mit K-Drähte und Schrauben simultan behandelt.

Es wird in der Literatur (Blanco 1992, Morrisy 1989, Nguyen 1990) als auch in der eigenen Studie beobachtet, dass die Anzahl der Implantate im proximalen Femur direkt proportional mit der Anzahl der Komplikationen steht.

Aus den in der Arbeit ausgewerteten Röntgenbildern war ersichtlich, dass je höher die Anzahl der Implantate im Femurkopf war, desto eher sind sie fehlplaziert (zu nahe an der Corticalis des Femurkopfes) und erhalten die Klassifikationsstufe bzw. den Score 2.

Brodetti's (1960) Arbeit beschreibt eine gestörte Blutversorgung in den tieferen Schichten des Gelenkknorpels, wenn mehrer K-Drähte in der subchondralen Lamelle gleichzeitig platziert sind. Diese gestörte Vaskularisation kann zu segmentalen avaskulären Nekrosen und Einbrüchen am Femurkopf führen. Brodetti stellt fest, dass Perforation von K-Drähten und eine Lage in der subchondralen Lamelle nicht immer zur avaskulären Nekrose führen, jedoch dazu beitragen können.

6.2.5 KOMPLIKATIONEN

In der vorliegenden Arbeit kann man die in der Literatur beschriebenen unerwünschten Komplikationen zu dem jeweiligen operativen Vorgehen ebenfalls wieder vorfinden.

Dies betrifft insbesondere die in-situ-Fixation, bei welcher die Implantatlage am 4. postoperativen Tag in 6,7% der Fälle inkorrekt war und intraartikulär platziert wurde. Aus der eigenen Studie wird ebenfalls ersichtlich, dass die inkorrekte Implantatlage auch auf der mangelhaften intraoperativen Bilddarstellung beruht. Trotz des BW-Einsatzes kommt es aufgrund des „toten Winkels“ zur intraoperativen Perforationen von K-Drähten bzw. Schrauben. Wir haben keine Winkelplattenperforationen beobachten können. Tatsächlich müssen wir von einer insgesamt höheren Perforationswahrscheinlichkeit für die Osteosyntheseimplantate ausgehen. Wie auch im Kapitel 6.3 beschrieben, werden einige Implantatperforationen erst in den radiologischen Verlaufskontrollen sichtbar.

Insgesamt waren in dem vorliegenden Patientengut 21 Kürettagen/Plombagen. Die häufigste Komplikation bei diesem operativen Verfahren ist das Rezidiv der tumorähnlichen Läsion gewesen. Die Patienten (n=3), die sich mehr als zwei Eingriffen unterziehen mussten, hatten eine juvenile aneurysmatische Knochenzyste, die eine hohe Rezidivneigung aufweist und als besonders aggressiv gelten (Niethard, 2003).

Eine 3-dimensionale Bildgebung wäre vom großen Vorteil, um die Knochenzysten zu beseitigen, da man tiefer hineinbohren könnte, damit keine Knochenzystenreste verbleiben und so die Rezidivneigung sinkt.

Um Wundinfekte zu vermeiden wurde in insgesamt 48 Fällen eine intraoperativ angesetzte Antibiose durchgeführt. Bei 26 Kindern wurden postoperativ subfebrile Temperaturen zwischen 38-39°C gemessen. Postoperativ kam es nicht zum manifesten Wundinfekt und es war in dem vorliegenden Patientengut keine chirurgische Sanierung der Wunden notwendig.

6.3 AUSWERTUNG VON RÖNTGENBILDERN

In der vorliegenden Arbeit wurden 82 Bilder bezüglich der Projektion von K-Drähten und Schrauben im Femurkopf und einer möglichen Femurkopfperforation von insgesamt 19 Hüften ausgewertet.

Es handelte sich um Röntgenbilder, die nach Epiphyseodesen oder intertrochantären Umstellungsosteotomien nach Imhäuser gemacht wurden, also OP-Verfahren, die eine Implantation von K-Drähten bzw. Schrauben in den Femurkopf erfordern.

Die Projektionen der Implantate im Femurkopf wurden nach einem 3-stufigen Scoreverfahren beurteilt. Insbesondere wurde detailliert auf eine Score-Änderung eingegangen, die zwischen den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden und den 3-Monats-Verlaufskontrollen zu beobachten war.

Dabei wurden die folgenden Beobachtungen gemacht:

Von den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, haben wir in 17 Röntgenaufnahmen die Projektion der Implantate im Femurkopf nach Score 1 eingestuft, d.h. die K-Draht-Spitze projiziert sich innerhalb des Femurkopfes in der Spongiosa.

Bei 2 Patienten wurde festgestellt, dass die Implantate, die in der Beckenübersicht der Projektion nach dem Score 1 zugeteilt wurden, in der Lauensteinaufnahme dem Score 2 entsprachen. Aus dieser Beobachtung heraus kann man feststellen wie schwierig es ist, die Implantate intraoperativ richtig zu beurteilen, wenn man Bilder nur in einer Ebene macht. Man muss intraoperativ mit dem Bildwandler mehrere Bilder in mehreren Ebenen machen, um einen perforierten Draht nicht zu übersehen. Damit setzt man den Patienten und das Op-Team einer

vermehrten Röntgenbestrahlung aus. Das ist auch der Grund, warum die BW-Zeit als ein OP-Parameter mit hohem Verbesserungspotential angesehen wird.

12 Bilder, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, zeigten Implantate im Femurkopf der Klassifikation 2, d.h. die K-Draht-Spitze projiziert sich in der subchondralen Knochenschichtlamelle.

Da in den zweidimensionalen Röntgenaufnahmen bestimmte Ebenen angeschnitten werden und nicht tangential zur Stelle der möglichen Perforation des K-Drahtes, ist eine Score-Verschlechterung von 2 zu 3 leicht möglich.

Projektionen die dem Scoreverfahren nach als Klassifikation 2 beurteilt wurden, beschreiben Implantat-Projektionen im Femurkopf, die auf jeden Fall weiter zu beobachten sind und in weiteren Röntgenaufnahmen möglicherweise dem Score 3 zuzuordnen sind, wie in Kapitel 4.3. beschrieben.

Insgesamt 3 unmittelbar postoperativ aufgenommene Bilder lieferten K-Draht-Projektionen, die dem Score-Verfahren nach als Score 3 eindeutig zuzuordnen sind. Es handelt sich dabei um Aufnahmen, die ein sofortiges Handeln erfordern, um dem jungen Patienten nicht durch das OP-Verfahren einen zusätzlichen Schaden im Hüftgelenk zuzufügen.

Im folgenden Abschnitt wird der Fall des Pat. 11 dargestellt: man kann an Beispiel von diesem Patienten gut erläutern, wie eine Score-Veränderung im Verlauf stattfinden kann:

- Der ersten postoperativen Beckenübersicht nach war der Score: rechts und links 1+1+1.
- Zwei Monate später verschlechterte sich der Score für die linke Seite auf 2+1+1 in der Lauensteinaufnahme.
- 1 ½ Jahre später zeigte die Lauensteinaufnahme für die rechte Seite einen Score für die Projektion von 1+3+3.

Bei dem Patienten wurde erst postoperativ 1 ½ Jahre später eine eindeutige intraartikuläre Femurkopfperforation sichtbar.

Die Perforation des Femurkopfes war mit großer Wahrscheinlichkeit schon intraoperativ vorhanden, wurde in den gemachten Bildern nicht erfasst. Dies ist ein weiteres Beispiel für ungenügende Bildgebung bei Implantation von K-Drähten und Schrauben in den Femurkopf, die durch adäquate intraoperative Röntgenaufnahmen zu vermeiden ist. Glücklicherweise wurde klinisch bei dem Patienten weder eine Chondrolyse bzw. HKN festgestellt.

Bezüglich der K-Draht-Spickungen bei ECF (7 Epiphyseodesen) in unserem Patientengut wurden in den Bildern, die am 4. postoperativen Tag gemacht wurden, keine K-Draht-

Perforationen beobachtet, jedoch hatten 30% dem Score-Verfahren nach Projektionen der Implantate im Femurkopf von der Stufe 2 und 25% der Implantate war noch immer in den 3-Monats-Verlaufskontrollen dem Score 2 zuzuordnen. Der Score 2 ist relativ kritisch zu beurteilen, da die Implantate die subcorticale Lamelle berühren. Der Score 2 beschreibt keine Femurkopfperforation, jedoch würde man durch eine 3-dimensionale Röntgenaufnahme insbesondere bei dieser Stufe enorm an Sicherheit gewinnen, wenn man den K-Draht eindeutig subcortical einstufen könnte, was durch die 2-dimensionalen Aufnahmen nicht der Fall ist.

Bei den meisten Patienten kam es zwischen den Bildern, die am 4. postoperativen Tag und als 3-Monats-Verlaufskontrolle gemacht wurden, von der Beurteilung der Projektion der Implantate im Femurkopf in der Regel zu einer Veränderung der K-Draht- bzw. Schrauben-Stellung im Femurkopf, im Sinne einer Score-Verbesserung.

Diese Beobachtung ist zurückzuführen auf das Herauswandern der Drähte aus dem Femurkopf durch das Längenwachstum des Schenkelhalses oder auf einer anderen Winkalebene der Aufnahme.

Die Lauensteinaufnahme erscheint gegenüber der Beckenübersichtaufnahme in ap in mancher Hinsicht überlegen. In der Auswertung der Röntgenbilder und der Projektion der Implantate hat man in zahlreichen Fällen die Beobachtung gemacht, dass K-Drähte, die in der Beckenübersicht absolut unauffällig sind in der Lauensteinaufnahme mindestens um ein Score-Punkt wenn nicht 2 sich verschlechtern.

Es hängt davon ab, dass die Lauensteinaufnahme die Implantate im anderen Winkel erfasst als die Beckenübersicht. Denn die Beckenübersicht wird im Stehen gemacht und die Lauenstein-Technik ist im Liegen, 90° Hüftbeugung und 45° Abduktion, so dass das Hüftgelenk als Kugel realer abgebildet wird. Beide Aufnahmen werden im Liegen gemacht, dabei ist die Lauenstein-Aufnahme besser kontrollierbar.

7. AUSBLICK

7.1 VERBESSERUNGSANSATZ

Die genannten operativen Eingriffe stellen Op-technische Herausforderungen dar, bei denen heutzutage standardmäßig C-arm-basierte Fluoroskopieeinheiten als wichtigstes Hilfsmittel zum Einsatz kommen. Dabei gewährleistet der Röntgen-Bildverstärker (BV) eine jederzeit verfügbare Positionskontrolle sowohl der knöchernen Strukturen als auch des chirurgischen Instrumentes bzw. Implantates in Echtzeit.

Nachteilig ist allerdings die Röntgenbelastung sowohl für den Patienten als auch das Operationsteam und die Tatsache, dass es sich ausschließlich um eine zweidimensionale Bildgebungstechnik handelt, die in einem einzelnen Bild keine Tiefeninformationen zur Verfügung stellt. Zwar kann man dieses Problem minimieren durch die Anfertigung mehrerer Röntgenbilder aus verschiedenen Aufnahmerichtungen, allerdings lässt sich dadurch das bekannte Problem des „toten Winkels“ nicht sicher vermeiden und die Strahlenbelastung steigt.

Um dieses Problem mit Hilfe moderner Navigationstechnik zu umgehen wurden bisher dreidimensionale CT-Bildsätze präoperativ erstellt, und dienen nach entsprechend aufwendigen intraoperativen Registrierungsverfahren als Navigationsgrundlage.

Neben den deutlich erhöhten Kosten und den zusätzlichen logistischen Problemen ist dabei vor allem die erhebliche Strahlenbelastung durch die Computertomographie sowie die deutliche Veränderung des operativen Ablaufs aufgrund des nötigen Matchingprozesses von Nachteil, der sowohl zeitaufwendig ist als auch in der Regel relativ großflächige Knochenexposition nötig macht.

Um gerade diese aufgeführten Nachteile zu vermeiden und somit ein navigiertes Verfahren anzubieten, das keine zusätzlichen präoperativen Maßnahmen erfordert, das bewährte Op-Verfahren unverändert lässt und gleichzeitig den Zugang minimalisiert, war das Ziel von Burgkart et al. (2006), ein System zu entwickeln, das auf der Basis von jeweils zweidimensionalen Fluoroskopiebildern dem Operateur dreidimensionale Objektdaten des Knochens mit 3D visualisierten Instrumenten bzw. Implantaten zur Verfügung stellt.

7.2 NEUES PRINZIP DER COMPUTERGESTÜTZTEN FLUOROBASIIERTEN NAVIGATION

Ein neues Merkmal der intraoperativen fluorobasierten Navigation ist es, die chirurgischen Eingriffe an einem Bilddatensatz darzustellen und dem Arzt so als eine zusätzliche Informationsquelle zu dienen, insbesondere in Bereichen, die mit dem konventionellen Röntgen schwer darzustellen sind. Das sind Bereiche, die als „toter Winkel“ bzw. „blinder Fleck“ bezeichnet werden.

Es werden 2 Fluoroskopieaufnahmen mit einem kalibrierten und navigierten C-Bogen gemacht und meistens wird eine ap und eine axiale Aufnahme erstellt.

In den beiden Röntgenbildern werden jeweils drei Punkte auf der Hüftkopfoberfläche interaktiv durch den Operateur festgelegt und rechnerunterstützt entsprechend 2 Kreise visualisiert. Da es sich beim Hüftkopf um einen nahezu sphärischen Körper handelt, kann nun rechnergestützt aus der Lageinformation der beiden erstellten Röntgenbilder ein virtuelles 3D-Bild in Form einer Kugel konstruiert werden.

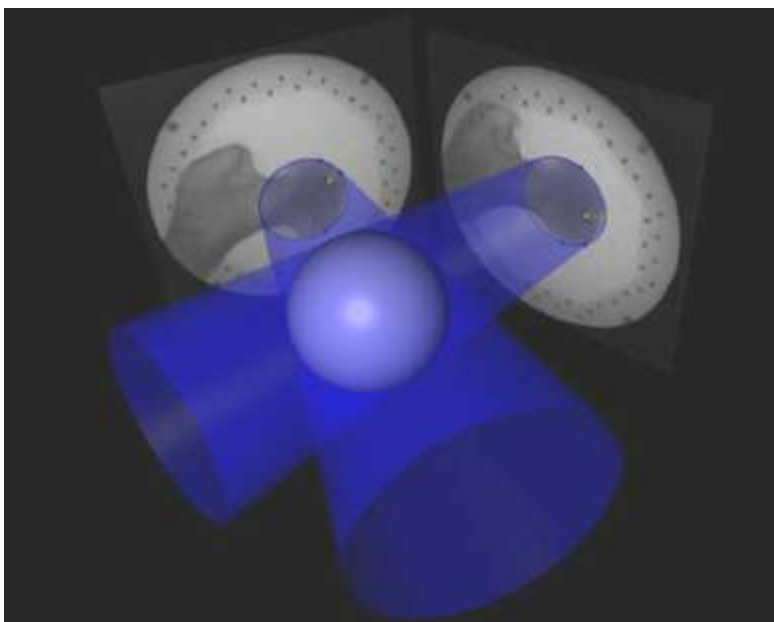


Abb. 31: Rechnergestützte Konstruktion einer dreidimensionalen virtuellen Kugel, die die Hüftkopfoberfläche umgibt, berechnet aus zwei kalibrierten intraoperativen Bildverstärkeraufnahmen.

Mit so einer 3-dimensionalen Darstellung kann man die Implantate im Femurkopf als Vektoren im Raum einer Kugel betrachten. Durch diese Bilddarstellung kommt der entscheidende Vorteil des entwickelten Navigationsansatzes zum Tragen: Elimination des bekannten

Problems des „toten Winkels“ zweidimensionaler Aufnahmen von dreidimensionalen Objekten.

Nicht nur das Vermeiden einer Femurkopfperforation könnte in diesem Zusammenhang ein entscheidender Vorteil sein, sondern auch die Reduktion der Strahlenbelastung für den Patienten und das OP-Team.

Nach dem Erstellen eines 3-dimensionalen Bildes folgt eine völlig röntgenfreie Navigation ohne wiederholte C-Bogen-Kontrollen, außer der Enddokumentation.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass apparativ bildgebend nur ein ohnehin in der Regel vorhandener Bildwandler einzusetzen ist und auf präoperative CT's mit entsprechender Strahlenbelastung, logistischem Aufwand und Kosten vollständig verzichtet werden kann.

Schließlich ermöglicht das vorgestellte Verfahren das exakte perkutane, minimalinvasive Einbringen von Implantaten oder andere chirurgische Eingriffe wie Biopsien über kleinste Stichinzisionen und gleichzeitiger dreidimensionaler Visualisierung der Knochengrenzen des Hüftkopfes in der Tiefe.

7.3 WARUM NAVIGATIONSSYSTEME?

Die moderne orthopädische Chirurgie bedient sich heutzutage standardmäßig aus einer ganzen Palette von bildgebenden Verfahren für die Diagnose und der Planung von operativen Eingriffen. Auf dem Gebiet dreidimensionaler Methoden seien hier nur CT und MRI genannt. Diesen detaillierten präoperativen Informationen zur präoperativen Diagnose und Planung stehen im allgemeinen eher bescheidene intraoperative Informationsquellen gegenüber.

Bisher stellt in vielen Fällen einzig und allein das Fluoroskop ein etabliertes intraoperatives Bildgebungsverfahren dar, um die Sicherheit und Genauigkeit von operativen Eingriffen zu verbessern (Langlotz, Nolte 1999).

Alternativen:

Bestrebungen, tomografische CT- und MRI-Diagnostik intraoperativ durchzuführen, blieben bis jetzt mit hohem Aufwand verbunden. Neben den damit verbundenen hohen Investitionen liegt ein großer Nachteil der Geräte im stark eingegengten OP-Bereich, sowie beim intraoperativen MRI in der Notwendigkeit, spezielle magnetfeldkompatible Instrumente einsetzen zu müssen.

Eine weitere alternative bildgebende Möglichkeit wäre ein 3D-C-Bogen wie z.B. Iso-C-3D von Siemens und Vario 3 D von Ziehm. Es handelt sich dabei um sehr teure Geräte, die nur wenigen Krankenhäusern zur Verfügung stehen. Um ein Bild zu erstellen ist ein höherer Zeitaufwand nötig und der Patient wird einer höheren Strahlenbelastung ausgesetzt als mit dem herkömmlichen C-Bogen.

Neue Alternativen

Die Bildwandlerzeit und somit die Strahlenbelastung zu minimieren ist nur möglich durch die Verwendung eines computergestützten intraoperativen Navigationssystems. Mit so einem System könnte man auf die langen Durchleuchtungszeiten verzichten, da man über ein Bild verfügen würde, welches alle 6 Freiheitsgrade des Gelenkes einschließt und nicht nur eine 2-dimensionale Aufnahme.

Das Ziel eines intraoperativen Navigationssystems ist es, die chirurgischen Eingriffe in einem Bilddatensatz darzustellen und somit dem Arzt eine zusätzliche Informationsquelle zu bieten, insbesondere in Bereichen wo ein „toter Winkel“ sich befindet oder ein „blinder Fleck“.

Intraoperative Navigationssysteme erhalten im Moment, Einzug in die Operationssäle der verschiedensten Disziplinen.

In der medizinischen Bildverarbeitung und Computergraphik stellt die virtuelle Medizin ein neues und an Bedeutung schnell gewinnendes Gebiet dar. Zahlreiche Visualisierungsmethoden werden genutzt, um Daten verschiedener Modalitäten zu modellieren und darzustellen und eine verbesserte intraoperative Bildgebung zu ermöglichen.

Durch ein 3-dimensionales computergestütztes Navigationssystem würden man über ein Bild verfügen, welches in allen drei Ebenen eine verbesserte Raumvorstellung des proximalen Femurs bietet und als Orientierungshilfe dient, um die risikoreichen Quadranten zu vermeiden und so eine avaskuläre Osteonekrose zu verhindern.

Abschließend ist festzuhalten, dass alle OP-Verfahren, die wir in unserem Patientengut analysiert haben, von einem computerassistierten Navigationssystem profitieren würden und die Komplikationsrate erheblich senken würde, da die Hauptkomplikationen sich aufgrund einer mangelnden Raumdarstellung in den 2-dimensionalen Röntgenbildern ergeben.

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden gelenkerhaltende Operationsverfahren am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahren evaluiert bezüglich der Operationszeit, Bildwandlerzeit, Drainage-Menge und der Hämoglobinänderung. Es wurden Bilder ausgewertet, die präoperativ, am 4. postoperativen Tag und im Rahmen einer 3-Monats-Verlaufskontrolle gemacht wurden, um die Position der Implantate im Femurkopf zu beurteilen und das Perforationsrisiko der Implantate abzuschätzen. Die verfahrensassozierten Komplikationen wurden analysiert und mit der gängigen Literatur verglichen.

Um einen Überblick über diese Problematik zu gewinnen, wurden in der Arbeit für den Zeitraum vom 01.06.1991 bis 30.06.2002 gelenkerhaltende Eingriffe am proximalen Femur an 89 Kinder retrospektiv analysiert, um die Inzidenz der Komplikationen festzustellen und einen objektiven Ansatz zu haben, in welchem Bereich mögliche Lösungen mittels Einsatz neuer Techniken insbesondere der virtuellen Realität sinnvoll und notwendig sind.

Folgende Op-Verfahren wurden bezüglich der Op-Parameter ausgewertet: K-Draht-stabilisierte ITO, Winkelplatten-stabilisierte ITO nach Imhäuser, Kürettage/Plombage, Epiphyseodese und Metallentfernung.

Bei der Auswertung der Op-Parameter ist aufgefallen, dass die längste Op-Dauer mit dem operationstechnisch aufwendigsten Verfahren assoziiert war, nämlich der Winkelplatten-stabilisierten ITO bei der beide Hüften mit K-Drähten gespickt wurden. Bemerkenswert war, dass die BW-Zeit, Drainage-Menge und Hb-Änderung bei der K-Draht-stabilisierten ITO am längsten war.

Ein signifikanter Unterschied wurde beobachtet beim Vergleich der Op-Zeit für die K-Draht-fixierte Osteotomie und Winkelplatten-stabilisierte ITO. Die Winkelplatten-stabilisierte ITO war mit einer durchschnittlichen OP-Dauer von 100 Minuten deutlich länger als eine durchschnittliche K-Draht-stabilisierte ITO von 76 Minuten.

Es bestand auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Op-Zeiten bei Metallentfernungen bei der K-Draht-fixierten Osteotomie und Winkelplatten-stabilisierten ITO. Die Metallentfernung einer K-Draht-stabilisierten ITO war im Mittel nach 40 Minuten beendet, die Metallentfernung der Winkelplatten-stabilisierten ITO war mit durchschnittlich 69 Minuten deutlich länger.

Bemerkenswert war, dass zwischen den BW-Zeiten für die K-Draht-stabilisierte ITO und die Winkelplatten-stabilisierte ITO als auch für die Metallentfernungen nach beiden Verfahren kein signifikanter Unterschied zu beobachten war, denn die Winkelplatten-stabilisierte ITO ist operationstechnisch von höherer Herausforderung als die anderen Verfahren.

Bezüglich der Signifikanzberechnung der Op-Parameter besteht eine Signifikanz zwischen den Werten für die postoperativ beobachteten Drainagen-Mengen und Hämoglobin-änderungen. Postoperativ haben die Patienten nach einer Winkelplatten-stabilisierten ITO deutlich mehr nachgeblutet und hatten eine höhere Hämoglobinwertänderung als die Patienten nach einer K-Draht-stabilisierten ITO. Intraoperativ haben 12 Patienten Blut- bzw. Blutersatzstoffe erhalten, davon wurde bei 9 Patienten eine Winkelplatten-stabilisierenden ITO gemacht.

Aufgrund der Auswertung der Röntgenbilder in Bezug auf die Projektion von Implantaten im Femurkopf, kann man sagen: die Wahrscheinlichkeit für eine Femurkopfperforation steigt mit zunehmender Anzahl der Implantate im Femurkopf, die Notwendigkeit einer Verbesserten Bildgebenden Darstellung ist gegeben, denn schon durch die Lauensteinaufnahme wurden einige Scoreveränderungen im Vergleich zur Beckenübersicht sichtbar.

Durch die Auswertung der Röntgenbilder konnte man eine unmittelbar postoperative Perforationsrate und eine Perforationsrate für die Verlaufskontroll-Bilder berechnen, die im Vergleich zur Literatur unter dem Durchschnitt liegt. Unmittelbar postoperativ war die Implantatperforation bei 6,7%, wobei die meisten Autoren in der ausgewerteten Literatur eine Wahrscheinlichkeit von über 10% beschreiben. Zwar ist die Perforationsrate niedriger als in der Literatur, dennoch ist Verbesserungsbedarf vorhanden.

Zukünftige Arbeiten müssen in Anlehnung an unsere Ergebnisse zeigen, wie durch Navigationssysteme folgende Forderungen gelöst werden könnten:

- Kürzung der Op-Zeit durch Vereinfachung des OP-Verfahrens
- Kürzung der BW-Zeit durch technisch mögliche Verbesserungen
- Minimierung des Blutverlustes in dem die Op-Zeit kürzer wird.

Erste Ansätze diesbezüglich liefert Burgkart et al. (2006) in der Arbeit über eine neue 3D Simulations- und OP-Technik am proximalen Femur mittels fluoroskopie-basierter Navigation. Diese Methode kann neue Wege eröffnen, was die verbesserte Wiederholbarkeit und die Vorhersage der operativen Eingriffe betrifft. Dazu tragen eine detaillierte 3D-Planung und außerdem verbesserte Navigationsmöglichkeiten bei. Ohne die herkömmlichen

Operationsmethoden zu verändern, kann die Methode einen hohen klinischen Wert für die Verbesserung der Genauigkeit der OP-Planung und deren operative Realisierung erhalten, in der eine fehlerhafte Positionierung des proximalen Fragments und die Plattenlokalisierung vermeidbar ist, ohne den Isthmus des Femurhalses zu durchdringen. Folglich kann diese Methode intraoperative Komplikationen vermindern und zusätzlich ermöglicht sie dem Operateur den Bildwandler weniger zu verwenden bzw. für den gesamten OP-Vorgang im günstigsten Fall auf 4 Bilder zu beschränken und so die Strahlenbelastung für die Kinder und das OP-Team zu reduzieren.

Diese Methode muss jetzt im klinischen Rahmen ausgiebig in vivo evaluiert werden. Zukünftige Entwicklungen werden weitere Anwendungsgebiete intraoperativer Navigationssysteme eröffnen und dabei insbesondere alternative Techniken miteinbeziehen. Erste Ansätze dazu finden sich in der Verwendung des Fluoroskops als Bilddatenquelle und den Bestrebungen, weniger invasive Operationstechniken aus den Möglichkeiten computer-assistierter Chirurgie abzuleiten.

9. LITERATURVERZEICHNIS

1. Acheson RM (1957): The Oxford method of assessing skeletal maturity. Clin. Orthop. 10:19-39
2. Amraie-Davijani K (1996): Epiphyseolysis capitis femoris, Dissertation, Universität Düsseldorf
3. Aronson DD, Peterson DA, Miller DV (1992): Slipped capital femoral epiphysis: the case for internal fixation in situ. Clin. Orthop. 12:74-79
4. Batory I (1981): Die Grenzen des Physiologischen und Anfänge des Pathologischen in der Entwicklung der proximalen Femurepiphyse. Z. Orthop. 119:277-283
5. Wagner H, Wagner M (1994): Rekonstruktive Operationen an der Hüfte. In: Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S (Hrsg.): Orthopädische Operationslehre. Teil I: Becken und untere Extremität. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York. 184-187, 187-191
6. Bennet GC, Koreska J, Rang M (1984): Pin Placement in Slipped Capital Femoral Epiphysis. J. Pediat. Orthop. 4: 574-578
7. Bishop JO, Oley TJ, Stephenson CT, Tullos HS (1978): Slipped Capital Femoral Epiphysis. A Study of 50 Cases in Black Children. Clin. Orthop.135: 93-96
8. Blanco JS, Taylor B, Johnston CE (1992): Comparison of single pin versus multiple pin fixation in treatment of slipped capital femoral epiphysis. J Pediatr Orthop.12- 384
9. Bowersox JC, Bucholz RD, Delp SL, Grönemeyer D, Jolesz FA, Nolte LP, Stulberg D, Taylor R (1997): Excerpts from the final report for the Second International Workshop on Robotics and Computer Assisted Medical Interventions, June 23-26, 1996, Bristol, England. Comput. Aided Surg. 2:69-101
10. Breusch S, Mau H, Sabo D (2002): Klinikleitfaden Orthopädie, 4. Aufl., Urban & Fischer Verlag, München-Jena. 613-651
11. Brodetti A (1960): The Blood Supply of the Femoral Neck and Head in Relation to the Damaging Effects of Nails and Screws. J. Bone and Joint Surg. 42-B(4): 794-801
12. Burgkart R, Gottschling H, Roth M, Regenfelder F (2003): Computer assisted navigation of Imhäuser osteotomies for ECF-treatment using standard C-Arm fluoroscopy. Eur.J. of Trauma. 29:176
13. Burgkart R, Gottschling H, Roth M, Gradinger R, Schweikard A (2005): Fluoroskopie-basierte 3D-Navigation komplexer Korrekturosteotomien des proximalen Femurs. Der Orthopäde. 132(5):859-9

14. Burgkart RH (2006): Entwicklung und experimentelle Evaluation neuer 3D Simulations- und OP-Techniken am proximalen Femur mittels fluoroskopie-basierter Navigation. Habilitationsschrift. Technische Universität München
15. Burkey BB, Speyer MT, Maciunas RJ, Fitzpatrick JM, Galloway RL, Allen GS (1998): Sublabial, transseptal, transspenoidal approach to the pituitary region guided by the ACUSTAR I system. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 118:191-194
16. Canale ST (1989): Problems and complications of slipped capital femoral epiphysis. In: *Instr. Course Lect. The American Academy of Orthopaedic Surgeons Vol. 38*:281-290
17. Cameron HU, Wang M, Koreska J (1978): Internal fixation of slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop.* 137:148-53
18. Catterall A (1980): Legg Calve Perthes Syndrome. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 158: 41-52
19. Chung SMK, Batterman SC, Brighton CT (1976): Shear strength do the human femoral capital epiphyseal plate. *J. Bone and Joint Surg.* 58-A:94-103
20. Chung SMK (1976) : The Arterial Supply of the Developing Proximal End of the Human Femur. *J. Bone and Joint Surg.* 58-A:961-970
21. Chung SMK (1981): *Hip Disorders in Infants and Children.* Lea&Febiger, Philadelphia
22. Convery FR, Meyers MH, Akeson WH (1991): Fresh osteochondral allografting of the femoral condyle. *Clin. Orthop.* 273:139-45
23. Crawford AH (1988): Slipped capital femoral epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 70-A : 1422-1427
24. Debrunner HU (1987): *Orthopädisches Diagnostikum, 5. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart*
25. Debrunner HU (1994): *Orthopädie- Orthopädische Chirurgie, 3. Aufl., Hans-Huber Verlag, Bern*
26. Diab M, Hresko MT, Millis MB (2004): Intertrochanteric versus subcapital osteotomy in slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop.* 427:204-12
27. Dominikus M, Krepler P, Schwameis E, Kotz R (2001): Knochentumoren. In: Wirth CJ, Bischoff HP (Hrsg). *Konservative Orthopädie. Band I, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.* 566-587
28. Domzalski M, Synder M (2004): Avaskular necrosis after surgical treatment for development dysplasia of the hip. *Int. Orthop.* 28(2):65-8

29. Dunn DM (1964): The treatment of adolescent slipping of the upper femoral epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 46-B:621-629
30. Dustmann HO, Schulitz KP (1993): Konzept der differenzierten Behandlung des M. Perthes. *Orthop. Praxis* 29:55-61
31. Engelhardt P (1984): Juvenile Hüftkopflösung und Koxarthrose. Enke, Stuttgart
32. Engelhardt P (1988): Das Risiko der sekundären Koxarthrose nach Hüftluxation, Morbus Perthes und Epiphyseolysis capitis femoris. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
33. Exner GU (1986): Growth and pubertal development in slipped capital femoral epiphysis: a longitudinal study. *J. Pediat. Orthop.* 6:403-409
34. Exner GU (1990): Normalwerte in der Kinderorthopädie: Wachstum und Entwicklung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York
35. Exner GU, Schai PA, Nötzli HP (2002): Therapie der akuten Epiphysenlösung des Hüftkopfes und klinische Behandlungsergebnisse. *Orthopäde* 31:857-865
36. Gautier E, Ganz K, Krüger N, Gill T, Ganz R (2000): Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J. Bone and Joint Surg.* 82-B(5):679-83
37. Glas K, Obletter N, Staudt F, Scheurer K (1991): Beitrag zur Differentialdiagnose des kindlichen Hüftschmerzes in der MR-Tomographie. *Zum Orthopäden* 129: 164-173
38. Gonzalez-Moran G, Carsi B, Abril JC, Albinana J (1998): Results after preoperative traction and pinning in slipped capital femoral epiphysis: K wires versus cannulated screws. *J. Pediat. Orthop.* 7-B:53-58
39. Goodman WW, Johnson JT, Robertson WW (1996): Single screw fixation for acute-on-chronic slipped capital femoral epiphysis. *Clin. Orthop. Relat Res* 322: 86-90
40. Greenough CG, Bromage JD, Jackson AM (1985): Pinning of the Slipped Upper Femoral Epiphysis – A Trouble-Free Procedure? *J. Pediat. Orthop.* 5: 657-660
41. Hackenbroch MH, Bruns H (1992): Erworbene Erkrankungen des Hüftgelenkes. In: Jäger M, Wirth CJ.(Hrsg.): *Praxis der Orthopädie.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 891
42. Hackenbruch W, von Gumpfenberg S (1997): Der kindliche Hüftschmerz. *Fortschritt Medizin* 96: 1953-1958
43. Hägglund G (1996): The contralateral hip in slipped capital femoral epiphysis. *J. Pediatr. Orthop.* 5-B:158-161
44. Hefti F (1998): Becken, Hüfte und Oberschenkel. In: Brunner R, Fliegel C, Freuler F, Jundt G, von Laer L (Hrsg.): *Kinderorthopädie in der Praxis.* 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin- Heidelberg-New York. 167 – 289

45. Hefti F (1998): Kniegelenk und Unterschenkel. In: Kinderorthopädie in der Praxis. 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 290-334
46. Hefti F, Jund G (1998): Tumoren. In: Kinderorthopädie in der Praxis. 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 583-643
47. Hepp WR, Debrunner HU (2004): Orthopädisches Diagnostikum. 7. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York. 135-165
48. Herring JA (2002): Slipped Capital Femoral Epiphysis. In: Tachdjian's Pediatric Orthopedics. 3. Auflage, Vol.2. W.B. Saunders Company, Philadelphia-London-New York-St. Louis-Sydney-Toronto. 711-764
49. Hipp E (1962): Die Gefäße des Hüftkopfes - Anatomie. In: Klinik und Angiographie. Enke Verlag, Stuttgart
50. Hipp E, Glas K (1987): Idiopathische Hüftkopfnekrose. In: Witt AN, Rettig H, Schlegel KF (Hrsg.): Spezielle Orthopädie – Hüftgelenk und untere Extremität, Teil 1., Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 2:65-107
51. Hipp E, Schittich I (2003): Knochennekrosen. In: Hipp EG, Plötz W, Thiemel G (Hrsg.): Orthopädie und Traumatologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York. 315-349
52. Imhäuser G (1954): Die operative Behandlung der pathologischen Antetorsion am coxalen Femurende. Z Orthop 85: 395-405
53. Ingram AJ, Clarke MS, Clark CS, Jr. and Marshall WR (1982): Chondrolysis Complicating Slipped Capital Femoral Epiphysis. Clin. Orthop. 165: 99-109
54. Jani L, Arnold P, Soloniewicz A (1996): Epiphyseolysis capitis femoris. Orthop. 134: 400-406
55. Jani L, Krämer KL, Grifka J, Niethard FU, Scharf HP, Schleberger R, Zacher J (1999): Epiphyseolysis capitis femoris. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT) und Berufsverbandes der Aerzte für Orthopädie (Hrsg.) Leitlinien der Orthopädie. Dtsch Ärzteverlag, Köln. 31-35
56. Jerre R, Billing L, Hansson G, Wallin J (1994): The contralateral hip in patients primarily treated for unilateral slipped upper femoral epiphysis. Long-term follow-up of 61 hips. J. Bone and Joint Surg. 76-B:563-567
57. Jerre R, Billing L, Hansson G, Karlsson J, Wallin J (1996): Bilaterality in slipped capital femoral epiphysis: importance of a reliable radiographic method. J. Pediatr. Orthop. 5-B:80-84

58. Jerre R, Hansson G, Wallin J, Karlsson J (1996): Long-term results after realignment operations for slipped upper femoral epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 78-B(5):745-750
59. Kahle WK (1994): The case against routine metal removal. *J Pediatr Orthop* 14:229-37
60. Kauffmann GW, Moser E, Sauer R (2001): *Radiologie*, 2. Aufl., 2. Band, Urban & Fischer Verlag, München-Jena. 59-91, 311-312
61. Konermann W, Gruber G, Tschauer C (1999): *Die Hüftreifungsstörung*. Steinkopff Verlag, Darmstadt
62. Kotz R, Salzer-Kuntschik M, Lechner G, Immenkamp M (1984): Tumoren und tumorähnliche Erkrankungen. In: Witt AN, Rettig H, Schlegel KF, Hackenbroch M, Hupfauer W (Hrsg.): *Orthopädie in Praxis und Klinik*. Bd. III, Teil 2. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
63. Langlotz F, Nolte LP (1999): Intraoperative Navigationssysteme. In: Jerosch J, Nicol K, Peikenkamp K (Hrsg.): *Rechnergestützte Verfahren in der Orthopädie und Unfallchirurgie*. Steinkopff Verlag, Darmstadt 399-413
64. Lehman WB, Menche D, Grant A, Norman A, Pugh J (1984): The Problem of Evaluating in Situ Pinning of Slipped Capital Femoral Epiphysis: An Experimental Model and a Review of 63 Consecutive Cases. *J. Pediat. Orthop.* 4: 297-303
65. Leitch JM, Paterson DC, Foster BK (1991): Growth Disturbance in Legg-Calve-Perthes Disease and the Consequences of Surgical Treatment. *Clin. Orthop.* 262:178-184
66. Leunig M, Casillas MM, Hamlet M, Hersche O, Nötzli H, Slongo T, Ganz R (2000): Slipped femoral epiphysis. Early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop. Scand.* 71: 370-375
67. Loder RT, Aronsson D, Dobbs MB, Weinstein SL (2000): Slipped Capital Femoral Epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 82,8:1170-1188
68. Lippert H (1996): Bein, Hüftgelenk. In: *Lehrbuch Anatomie*. 4.Auflage, Urban&Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore. 689–704
69. Madan S., Blakeway C (2002): Radiation exposure to surgeon and patient in intramedullary nailing of the lower limb. *Injury, Int. J. Care Injured* 33: 723-727
70. Mann D, Weddington J (1989): Slipped Capital Femoral Epiphysis. Results of Treatment with a Single Cannulated Screw. *Orthopedics* 12:251-255
71. Meier MC, Meyer LC, Ferguson RL (1992): Treatment of slipped capital femoral epiphysis with a spica cast. *J. Bone and Joint Surg.* 74-A:1522-1529

72. Melby A, Hoyt WA, Jr, Weiner DS (1980): Treatment of chronic Slipped Capital Femoral Epiphysis by Bone-Graft Epiphyseodesis. *J. Bone and Joint Surg.* 62-A:119-125
73. Meyers MH, Akeson W, Convery FR (1989): Resurfacing of the knee with fresh osteochondral allograft. *J. Bone and Joint Surg.* 71-A:704-13
74. Mirkopoulos N, Weiner DS, Askew M (1988): The evolving slope of the femoral growth plate relationship to slipped capital femoral epiphysis. *J. pediat. Orthop.* 8:268-273
75. Moll KJ, Moll M (1997): Hüftgelenk. In: *Anatomie*. 15. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Lübeck- Stuttgart-Jena-Ulm. 178 - 182
76. Morrissy RT (1989): Principles of in situ fixation in chronic slipped capital femoral epiphysis. *Instr. Course Lect.* 38:257
77. Morrissy RT, Weinstein SL (1996): Slipped capital femoral epiphysis. In: *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics*. Band 2, 5. Auflage, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia-New York, 993-1022
78. Mühlbauer R, Eichler K (2004) : *Radiologie in Frage und Antwort*, 1. Auflage, Urban Fischer Verlag, München-Frankfurt. 180-181
79. Nagel E (2000): *Die Skelletreife der Hüft-/Beckenregion bei Kindern mit Epiphyseolysis capitis femoris juvenilis*, Dissertation, Universität Köln
80. Niethard FU, Pfeil J (2003): Hüftgelenk und Oberschenkel. In: *Bob A, Bob K, (Hrsg.): Orthopädie*, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 459-496
81. Nguyen D, Morrissy RT (1990): Slipped capital femoral epiphysis: rationale for the technique of percutaneous in situ fixation. *J. Pediatr. Orthop.* 10:341
82. Pizzutillo PD (1988): Risks of Pinning in Situ of Slipped Capital Femoral Epiphysis. *Orthop. Trans.* 12: 564
83. Plötz GM, Hippe P, Hassenpflug J (1998): „Recurrent“ epiphysiolysis capitis femoris – need for simultaneous stabilization of both hip joints. *Orthop. Ihre Grenzgeb.* 136(6) :534-41
84. Pschyrembel (1998): *Klinisches Wörterbuch*. 258. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin-New York. 82
85. Rao SB, Crawford AH, Burger RR, Roy DR (1996): Open bone peg epiphysiodesis for slipped femoral epiphysis. *J. Pediatr. Orthop.* 16:37-48
86. Rattey T, Piehl F, Right JG (1996): Acute slipped capital femoral epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 98-A:398

87. Riley PM, Weiner DS, Gillespie R, Weiner SD (1990): Hazards of Internal Fixation in the Treatment of Slipped Capital Femoral Epiphysis. *J. Bone and Joint Surg.* 72,10: 1500-1509
88. Roth M (2000): Intraoperative fluoroskopiebasierte Patientenlageerkennung zur präzisen Unterstützung chirurgischer Eingriffe. Dissertation. Technische Universität München
89. Schai PA, Exner GU, Hänsch O (1996): Prevention of secondary coxarthrosis in slipped capital femoral epiphysis: A long-term follow-up study after corrective intertrochanteric osteotomy. *J. Pediatr. Orthop.* 5-B:135-143
90. Schittich I, Gradinger R, Scheyerer M, Burgkart R (1990): Der kindliche Hüftschmerz. *Pädiatr. Praxis* 41:465-478
91. Schittich I (1996): Der Stellenwert der Kernspintomographie für die Differentialdiagnose, Therapieentscheidung und Prognose beim M. Legg-Calve-Perthes. Habilitationsschrift. Technische Universität München
92. Schulitz KP, Dustmann HO (1991): Morbus Perthes. Ätiopathogenese, Differentialdiagnose, Therapie und Prognose. Springer Verlag, Berlin
93. Schulte am Esch J, Kochs E, Bause H (2002): Anästhesie und Intensivmedizin, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart. S. 62; 84; 89; 171-178; 483-492
94. Schünke M, Schulte E, Schuhmacher U, Voll M, Wesker K (2005): Prometheus – Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
95. Shaw JA (1984): Preventing Unrecognized Pin Penetration into Hip Joint. *Orthop. Rev.* 13:142-152
96. Siffert RS (1977): The Effect of Trauma to the Epiphysis and Growth Plate. *Skeletal Radiol.* 2:21-30
97. Siffert RS (1981): Patterns of Deformity of the Developing Hip Clin. *Orthop.* 160:14-29
98. Putz R, Pabst R (1993): Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen, Rumpf, Eingeweide, untere Extremität, 20. Aufl., Band 2, Urban&Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore. 307-321
99. Stanitski CL, Woo R, Stanitski DF (1996): Femoral version in acute slipped capital femoral epiphysis. *J. Pediatr. Orthop.* 5-B:74-76
100. Stevens DB, Short BA, Burch JM (1996): In Situ Fixation of the Slipped Capital Femoral Epiphysis with a Single Screw. *J. Pediatr. Orthop.* 5-B:85-89

101. Swiontkowski MF (1983): Slipped Capital Femoral Epiphysis. Complications Related to Internal Fixation. *Orthopedics* 6:705-712
102. Tönnis D (1984): Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. Springer Verlag, Berlin
103. Trueta J (1957): The Normal Vascular Anatomy of the Human Femoral Head during Growth. *J. Bone and Joint Surg.* 39-B:358-394
104. Trueta J, Amato VP (1960): The Vascular Contribution to Osteogenesis. III. Changes in the Growth Cartilage Caused by Experimentally Induced Ischaemia. *J. Bone and Joint Surg.* 42-B:571-587
105. Turnwald A (2001): Die schmerzhafte kindliche Hüfte, Dissertation, Universität Ulm
106. Velasco R, Schai PA, Exner GU (1998): Slipped capital femoral epiphysis: A long-term follow-up study after open reduction of the femoral head combined with subcapital wedge resection. *J. Pediatr. Orthop.* 7-B:43-52
107. Vrettos BC, Hoffman EB (1993): Chondrolysis in slipped upper femoral epiphysis. Long-term study of the aetiology and natural history. *J. Bone and Joint Surg.*, 75-B(6)-S
108. Walters R, Simon SR (1980): Joint Destruction: A Sequel of Unrecognized Pin Penetration in Patients with Slipped Capital Femoral Epiphyses. In: Riley LH, Jr Louis S, Mosby CV (Hrsg.): *The Hip: Proceedings of the Eight Open Scientific Meeting of The Hip Society.* 145-164
109. Weber BG (1965): Die Imhäuser-Osteotomie bei floriden Gleitprozess. *Z. Orthop.* 100: 312-20
110. Weiner DS, Weiner S, Melby A, Hoyt WA (1984): A 30-year experience with bone graft epiphysiodesis in the treatment of slipped capital femoral epiphysis. *J. Pediatr. Orthop.* 4:145-152
111. Wirth CJ, Jäger M (2001): Angeborene Deformitäten des Hüftgelenks. In: *Praxis der Orthopädie, 3.Auflage, Band 1, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York,* 620-638, 910
112. Ylae-Jaeeski J, Kuebler O, Exner GU (1987): Analyse von Volumendaten für Diagnostik und Planung operativer Eingriffe am Bewegungsapparat. Proc.9.DAGM-Tagg. Mustererkenn., Braunschweig. 252-256

10. TABELLEN- UND ABBILDUNGSLEGENDE

10.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Häufigkeit der Erkrankungen

Tabelle 2: Überblick über OP-Dauer, BV-Zeit, Hb-Abfall und Alter bei den jeweiligen Erkrankungen

Tabelle 3: intra- postoperative Gabe von Blut- bzw. Blutersatzstoffen

Tabelle 4: K-Draht-fixierte Osteotomien

Tabelle 5: ITO nach Imhäuser

Tabelle 6: bds.gespickt + einseitige Imhäuser

Tabelle 7: Kürettagen/Plombagen (n=21)

Tabelle 8: Epiphyseodesen (n=10)

Tabelle 9: ME-K-Drähte (n=45)

Tabelle 10: ME nach Imhäuser-Osteotomie (n=22)

Tabelle 11: Einteilung der intraoperativen Bilder nach dem 3-stufigen Score-Verfahren

Tabelle 12: Einteilung der postoperativen Bilder nach dem 3-stufigen Score-Verfahren

Tabelle 13: verfahrensassoziierte Komplikationen bei Patienten mit ECF nach in-situ-Fixation (Riley 1990)

Tabelle 14: verfahrensassoziierte Komplikationen bei Patienten mit ECF (Loder 2000)

10.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Koronarer Schnitt durch ein rechtes Hüftgelenk (Schünke 2005)

Abb. 2: Antetorsionswinkel des proximalen Femurs (Breusch 2002)

Abb. 3: rechte Hüfte: ED-Winkel bei Coxa vara epiphysarea

Abb. 4: (a) schematische Darstellung der Hüftkopfgefäße des linken Femur. (b)

Ausgußpräparat der dorsolateralen Region eines linken Femur mit R. profundus (4) und Aufteilung der Rr. nutritii capitis lateralis (3), deren Arkadenbildung (1) und intraossärer Verlauf (2) deutlich wird. Außerdem stellt sich der R. communicans (6) zwischen R. profundus (4) der A. circumflexa femoris medialis und R. ascendens der A. circumflexa femoris lateralis (5) dar (Hipp 1987).

Abb. 5: Stabilisierung der Epiphysenfuge mit Kirschner-Drähten (Bauer 1994)

Abb. 6: Verschraubung der Hüftkopfepiphyse als operative Therapie bei ECF (Wirth 2001)

Abb. 7: Ansicht eines proximalen linken Femurs von cranial. Beispiel einer typischen dorsalen Schenkelhalsperforation bei der Epiphyseodese bei einem Patienten mit ECF: zu laterale Ausrichtung des K-Drahtes (A), korrekte Lage des K-Drahtes (B) (Loder 2001).

Abb. 8: Skizze eines möglichen Verlaufs der K-Drähte durch den Schenkelhals

Abb. 9: Schenkelhalsperforation durch K-Drähte (Loder 2000)

Abb. 10: Ideale Implantatlage

Abb. 11: Intertrochantäre Varisierungsosteotomie (Bauer 1994)

Abb. 12: Technik der ITO mittels einer Winkelplatte (Burgkart 2006)

Abb. 13: Arterielle Blutversorgung am proximalen Femur (Burgkart 2006)

Abb. 14: 2 Beispiele für inkorrekte Plattenlage jeweils nach durchgeführter ITO (Burgkart 2006)

Abb. 15: Imhäuser-Osteotomie (Wirth 2001)

Abb. 16: Keilentnahme bei der Imhäuser-Osteotomie (Niethard 2003)

Abb. 17: Flexibles intraoperatives Röntgen mit einem Röntgenbildverstärker-System (Fluoroskop) (Roth 2000)

Abb. 18: Darstellung des „blinden Flecks“: Projektionsbedingtes Problem des „toten Winkels“

Abb. 19: Eine im Röntgenbild nicht zu sehende Schenkelhalsperforation

Abb. 20: Klassifikation der Röntgenbilder

Abb. 21: Score-Einteilung der Implantatlage: links und mitte „verdeckte“, rechts „entdeckte“

Perforation. Bildaufnahmen: 20° zur TA, 10° zur TA, TA. TA = Tangentialaufnahme

Abb. 22: Pat. 3: Beckenübersicht

Abb. 23: Pat. 3: Lauensteinaufnahme, linke Hüfte

Abb. 24: Pat. 5: Lauensteinaufnahme von der linken und rechten Hüfte

Abb. 25: Pat. 8: Beckenübersicht und Lauensteinaufnahme von der linken Hüfte

Abb. 26: Pat. 2: linke Hüfte

Abb. 27: Pat. 5: Beckenübersicht

Abb. 28: Pat. 11: Beckenübersicht, linke Hüfte nach Lauenstein

Abb. 29: Pat. 11: BÜS, rechte Hüfte ap

Abb. 30: Pat. 11: Verlaufskontrolle Beckenübersicht, 2 ½ Jahre postoperativ

Abb. 31: Rechnergestützte Konstruktion einer dreidimensionalen virtuellen Kugel

11. DANKSAGUNG

Meinem Doktorvater, Herrn Professor Doktor Reiner Gradinger, möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas herzlich danken.

Gleichzeitig bedanke ich mich bei Oberarzt Doktor Rainer Burgkart für die überaus wertvollen Ratschläge und Antworten auf die Fragen, mit denen ich zu jeder Zeit zu ihm kommen dürfte, als auch für seine Hilfe bei der Korrektur und Zusammenfassung dieser Arbeit.

Großes Dankeschön an Tobias Obst und Felix Regenfelder für das geduldige Einarbeiten. Ohne die aufopferungsvolle Unterstützung der Familien Schuberth und Andric wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

CURRICULUM VITAE

PERSÖNLICHE DATEN

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Name | Andric |
| Vorname | Vlatka |
| Geburtsdatum/-ort | 08. März 1978, Augsburg |
| Familienstand | ledig |
| Nationalität | deutsch |
| Konfession | katholisch |

AUSBILDUNG

BASISCHIRURGIE

| | |
|----------------|--|
| 07/2005 – dato | Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum Kempten-Oberallgäu gGmbH, Ärztlicher Leiter Dr. med. Max Markmiller |
|----------------|--|

STUDIUM DER HUMANMEDIZIN

PROMOTION

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie der TU München, Arbeitsgruppe für virtuelle Orthopädie
Doktorvater: Prof. Dr. med. Reiner Gradinger
Operationstechnische Evaluation von gelenkerhaltenden Operationsverfahren am proximalen Femur bei Patienten unter 18 Jahre.

THEORETISCHER TEIL

| | |
|-------------------|---|
| 11/1998 – 03/2001 | Vorklinisches Studium an der LMU München |
| 03/2001 | Physikum, Note 2,66 |
| 03/2001 – 03/2004 | Klinisches Studium an der TU München |
| 04/2005 | 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note 1.0 |

PRAKTISCHES JAHR

| | |
|-------------------|--|
| 04/2004 – 08/2004 | 1. Terial: Innere Medizin im Städtischen Krankenhaus München Bogenhausen bei Prof. Dr. med. Helmke in der Abteilung für Rheumatologie, Klinische Immunologie und Osteologie |
| 08/2004 – 11/2004 | 2. Terial: Chirurgie im Städtischen Krankenhaus München Bogenhausen bei Prof. Dr. med. Heitland in den Abteilungen für Allgemein- und Unfallchirurgie, Rekonstruktive und Wiederherstellungschirurgie bei Prof. Dr. med. Ninikovic |
| 11/2004 – 03/2005 | 3. Terial: Orthopädie im Universitätsklinikum Rechts der Isar, München, Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie bei Prof. Dr. med. Reiner Gradinger |

FAMULATUREN

| | |
|---------|---|
| 09/2001 | Pädiatrie und Kinderorthopädie im Kinderkrankenhaus Josefinum, Augsburg bei Dr. med. Heinrich |
| 08/2002 | Pathologie, Klinikum Rechts der Isar bei Prof. Höfler |
| 03/2003 | Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Zentrale Notaufnahme Krankenhaus München Schwabing bei Dr. med. Höcherl |
| 08/2003 | Gynäkologie, Frauenärztliche Praxis in Ingolstadt bei Dr. med. Schuberth |

PRAKTISCHER TEIL

| | |
|---------|--|
| 08/1998 | Krankenpflegepraktikum in der Herzchirurgie, Klinikum Augsburg |
| 03/1999 | Krankenpflegepraktikum in den Orthopädischen Kliniken der Hessing Stiftung, Augsburg |

SCHULBILDUNG

| | |
|-------------------|---|
| 09/1996 – 06/1998 | Gymnasium Holbein, Augsburg Leistungskurse: Mathematik, Physik Abschluss: Allgemeine Hochschulreife, Note 1,7 |
|-------------------|---|

ZUSATZQUALIFIKATIONEN

| | |
|--------------------|--|
| 01/2007 | Grundkurs Sonographie Abdomen, Prof. Bohndorf |
| 06/2006 | Kompaktkurs Notfallmedizin, Garmisch-Partenkirchen |
| 01/2007 | Fachkunde Rettungsdienst beantragt |
| 03/2006 | ACLS-Kurs, Kempten |
| 01/2006 – 02/2006 | Strahlenschutzkurs, München |
| 01/2007 | Fachkunde Strahlenschutz beantragt |
| 10/2003 – 01/2004 | Teilnahme am Kurs „Klinisch-neurologische Visite“ |
| 05/2001 – dato | Sportmedizinische Weiterbildung |
| 10/2003 – dato | Sportmedizinische Betreuung des StuSta Rugby-Teams, 2. Bundesliga |
| 07/2005 – dato | Regelmäßige Teilnahme an extrauniversitären und Notarzt-Fortbildungen |
| Computerkenntnisse | Word, Excel, Power Point, SPSS, SAP für DRJ, ORBIS Internet: Anwenderkenntnisse |

SPRACHKENNTNISSE UND HOBBIES

Kroatisch: Muttersprache
Englisch: fließend in Wort und Schrift
Französisch: Grundkenntnisse
Basketball Schwaben TSV, Pilates

Augsburg, den 30.01.2007