

Abteilung für Unfallchirurgie der
Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar

(Leiter: Univ.-Prof. Dr. P. Biberthaler)

Behandlungskonzepte bei Mehretagenfrakturen des Femurs

Das „Rendez-vous“-Verfahren als Therapieoption

Markus Karl Tauber

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. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. C. Hierholzer
2. Univ.-Prof. Dr. P. Biberthaler

Die Dissertation wurde am 15.01.2015 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 15.09.2015 angenommen.

1.	Einleitung.....	5
1.1.	Geschichtlicher Überblick:.....	7
1.2.	Anatomie:.....	10
1.2.1.	Anatomie des Knochens:	10
1.2.2.	Anatomie der Gefäße:.....	11
1.2.3.	Anatomie der Nerven:	11
1.1.1.	Anatomie der Muskulatur:	12
1.2.	Physiologie und Interaktion der Muskelgruppen:.....	12
1.3.	Klassifikation der Frakturen:.....	14
1.4.	Inzidenz.....	17
1.4.1.	Inzidenz der Femurfrakturen	17
1.4.2.	Inzidenz der Femur-Mehretagenfrakturen	17
1.5.	Fragestellung und Ziel der Arbeit	18
2.	Material und Methodik	20
2.1.	Material	20
2.2.	Methodik	22
2.2.1.	Studienaufbau	22
2.2.2.	auswärtig angewandte Operationsverfahren.....	23
2.2.3.	In der BG Unfallklinik Murnau angewandte Operationsverfahren.....	23
2.2.4.	Beurteilung der Behandlungsergebnisse	24
2.2.5.	Das „Rendez-vous“-Verfahren	27
2.2.5.1.	Implantate des „Rendez-vous-Verfahrens“	28
2.2.5.2.	Operationsablauf des ersten Schrittes.....	31
2.2.5.3.	Operationsablauf des zweiten Schrittes.....	37
2.2.5.4.	Nachbehandlung	44
2.2.6.	Revisionseingriffe	46
2.2.7.	Statistische Untersuchung.....	47
3.	Ergebnisse	48
3.1.	Auswertung der patientenbezogenen Daten	48
3.1.1.	Patientenkollektiv	48
3.1.2.	Ursache der Traumatisierung.....	49
3.1.3.	Letalität:.....	49
3.2.	Frakturspezifische Daten	50
3.2.1.	Frakturlokalisationen:	50
3.2.1.1.	Proximal:.....	50
3.2.1.2.	Distal:.....	50

3.2.2.	Kombinationen der Frakturen: Die Mehretagenfraktur	51
3.3.	Arten und Verteilung der Stabilisationsverfahren	52
3.3.1.	Versorgungen in der BG Unfallklinik Murnau	52
3.3.1.1.	Versorgungsstrategien in der BG Unfallklinik Murnau	52
3.3.1.2.	Frakturversorgung der BGU Murnau proximal.....	53
3.3.1.3.	Frakturversorgung der BGU Murnau distal	54
3.3.2.	Versorgungen außerhalb der BG Unfallklinik Murnau	55
3.3.2.1.	Versorgungsstrategien außerhalb der BG Unfallklinik Murnau	55
3.3.2.2.	Frakturversorgung alio loco proximal.....	55
3.3.2.3.	Frakturversorgung alio loco distal.....	56
3.4.	Behandlungsergebnisse.....	58
3.4.1.	Behandlungsergebnisse der BG Unfallklinik Murnau	58
3.4.2.	Behandlungsergebnisse der auswärtigen Versorgungen	61
3.4.3.	Behandlungsergebnisse gesamt	62
3.5.	Statistische Auswertung	67
4.	Diskussion	71
4.1.	Diskussion der Methodik und Literatur	71
4.2.	Klinikstandard der BG Unfallklinik Murnau	79
4.3.	Komplikationen und Ergebnisse der Frakturversorgungen:	92
5.	Zusammenfassung.....	96
6.	Literaturverzeichnis	99
7.	Abbildungsverzeichnis.....	104
8.	Danksagung	106
9.	Veröffentlichungen	107

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen:

a.	Arteria
Abb.	Abbildung
ADL	Activities of Daily living/Tätigkeiten des Alltags
AIO	All-in-one
a.l.	alio loco
ant.	Anterior
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
a.p.	anterior-posterior
beg.	begonnen
BGU	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
BV	Bildverstärker
ca.	circa
cm	Zentimeter
conv.	konventionell
CT	Computertomographie
DCO	Damage control Orthopedic
DHS	Dynamische Hüftschraube
dist.	Distal
einz.	einzeitig
ESWT	Extrakorporale Stoßwellentherapie
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
l.m.	lateral-medial
LE	Lungenembolie
li.	links
LISS	Less invasive stabilization system
m.	Musculus
mm	Millimeter
n.	Nervus
post.	posterior
prox.	proximal
RDV	Rendez-vous
re.	rechts
ROM	Range of motion/Bewegungsumfang
SCN	Suprakondylärer Nagel
T2	spezieller Marknagel Typ T2
TEP	Totalendoprothese
TVT	tiefe Beinvenenthrombose
UKM	Unfallklinik Murnau
v.	Vena
1-ztg.	einzeitig
2-ztg.	zweizeitig
%	Prozent
∅	Durchmesser

1. Einleitung

Eine häufige Verletzung im Bereich der Unfallchirurgie und Orthopädie stellt die Fraktur des Femurs dar. So ist der Stolpersturz des geriatrischen Patienten, insbesondere der weiblichen, häufigste Frakturursache des Femurs. Der Altersdurchschnitt liegt hier bei über 70 Jahren für Frauen (Lögters 2009). Insbesondere Frakturen bis zu 7cm distal des trochanter minors, sogenannte subtrochantere Frakturen, finden sich bei älteren Patienten vergesellschaftet mit einer zumeist primären, altersbedingten Osteoporose. Diese Frakturen sind mit den Wirbelkörperfrakturen die zwei häufigsten Brüche im Alter und bedürfen zu ihrer Entstehung relativ wenig Energie. Häufig reichen Bagatellunfälle wie ein Stolpersturz aus, um den geschwächten Knochen brechen zu lassen.

Bei jüngeren Patienten liegen jedoch häufig Mehrfragment- Frakturen distal der Trochanterregion vor. Ursächlich hierfür ist häufig eine direkte, hochenergetische Krafteinleitung auf das Femur. Regelmäßig liegen Hochenergetraumen zugrunde, was die Tatsache bekräftigt, dass bei etwa 30% der Verletzten eine begleitende Polytraumatisierung vorliegt (Lötgers 2009, Ulmar 2013). Auch Begleitverletzungen des Kniegelenkes in bis zu 40% der Fälle wurden beschrieben (Delany 1953, Friedmann 1986).

Wird jedoch ein hohes Maß an Energie axial auf das Femur in Verlängerung der Schaftlängsachse eingeleitet, so kann es zur Fraktur proximal im Bereich des Schenkelhalses oder der Trochanterregion und auch distal im Bereich des diaphysären Schaftes oder der Kondylenregion kommen. Aufgrund des einleitenden Kraftvektors liegen die Frakturen eher lateral im Schenkelhalsbereich, verlaufen steiler, im Sinne einer Abscherfraktur und sind häufig undisloziert. Bei Schaftfrakturen liegen diese zumeist im mittleren Diaphysendrittel (Haas 1995, Wolinski 1995) und sind häufig mehrfragmentär. Ist die auf das Femur eingeleitete Energie groß genug, kann es zur Entstehung von zwei Brüchen am Femur kommen. Liegen diese beiden Frakturen nun sehr nahe zusammen und stehen eventuell sogar in Verbindung, kann man noch von ausgedehnten Trümmerfrakturen sprechen.

Das Zusammentreffen von zwei Brüchen an einem Femur auf unterschiedlichen Höhenniveaus stellt jedoch eine Besonderheit unter den Femurfrakturen dar.

Man spricht hierbei von einer Mehretagenfraktur des Femurs. Synonym können Begriffe wie Multilevel Fraktur, Kettenverletzung des Femurs, Kombinationsfrakturen am Femur

oder Zweietagenfraktur verwendet werden. Die vermutlich erste Arbeit, die die Versorgung einer solchen Verletzung beschreibt, stammt aus dem Jahre 1951 und wurde von Becher (Becher 1951) verfasst. Hierbei wird die Nagelung der Schenkelhalsfraktur bei bestehender Oberschenkelfraktur beschrieben.

Als Erstbeschreiber dieses Verletzungsmusters gelten Delaney et al. (Delaney 1953), die in einer Arbeit aus dem Jahre 1953 über die Femurschaftfraktur in Verbindung mit einer Schenkelhalsfraktur am gleichen Femur berichtet haben.

Die Komplexität der Verletzung, die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten, mit denen die einzelnen Frakturen auftreten können, sowie das häufige Vorliegen weiterer, oftmals lebensbedrohlichen Begleitverletzungen im Rahmen einer Polytraumatisierung, stellen den Behandler oftmals vor eine große Herausforderung. Vermeintlich einfach zu versorgende Frakturen des Femurs werden plötzlich aufgrund ungewohnter Instabilität, bedingt durch eine zweite Fraktur, hinsichtlich ihrer Versorgung höchst anspruchsvoll. Und auch im weiteren Behandlungsverlauf bereiten diese Verletzungen häufig Probleme bei der Frakturheilung.

Eines der größten Probleme dieser Kombinationsverletzung überhaupt besteht jedoch in der Gefahr, diese überhaupt nicht zu erkennen indem eine der Frakturen übersehen wird. In der Regel wird die proximale, häufig undislozierte Fraktur des Schenkelhalsbereiches übersehen. Nach Literaturangaben bewegen sich die Zahlen für primär übersehene proximale Frakturen zwischen 10% und 30% (Wolinsky 1995, Alho 1997, Haas 1995). Ursächlich hierfür sind vermutlich mehrere Faktoren. Zum einen ist die in der Regel instabile und krepitierende Schafffraktur offensichtlicher. Zusätzlich kann eine undislozierte und projektionsradiografisch oft schlecht sichtbare Schenkelhalsfraktur als Zusatzfraktur vorliegen. Eine oft vergesellschaftete Polytraumatisierung mit Mehrfachverletzungen und Beteiligung des Kopfes, des Thoraxes oder des Beckens zieht insbesondere in der Frühphase der Diagnostik und Primärversorgung die Aufmerksamkeit auf sich. (siehe: Abbildung 1: Femur Mehretagenfraktur Bsp.1+ 2)

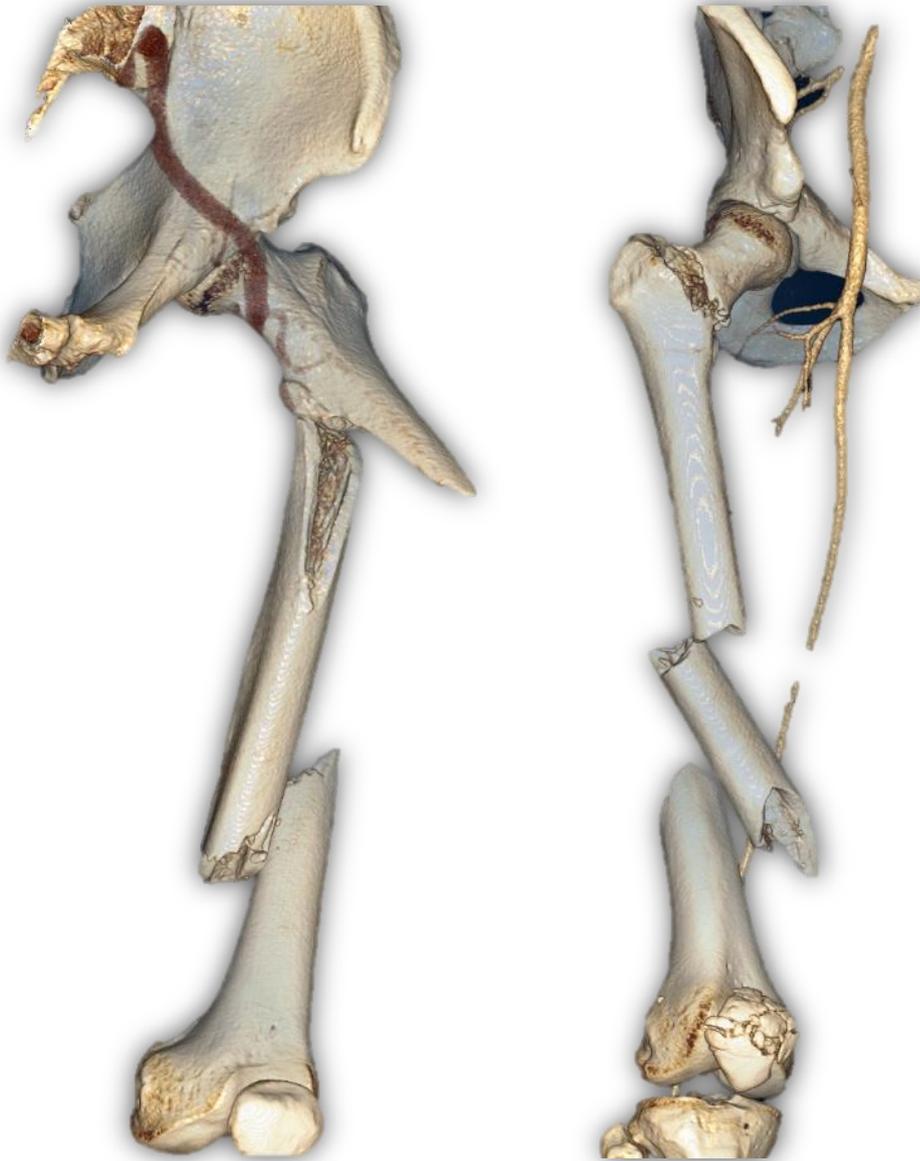


Abbildung 1: Femur Mehretagenfraktur Bsp.1+ 2

1.1. Geschichtlicher Überblick:

Im Laufe der medizinischen Entwicklung, insbesondere im letzten Jahrhundert, hat sich die Versorgung der Femurfraktur einem großen Wandel unterzogen. So waren bis Mitte des 19. Jahrhunderts die Ruhigstellung in gelenkübergreifenden, zirkulären Schienenverbänden, wie auch die Traktionsbehandlung in der Extension oder die Anlage eines Becken-Bein Gipses, etablierte Behandlungsverfahren. Zur Schienung wurden diverse Materialien wie Holz, Blech, Pappe und zur Fixation häufig Lederriemen und Baumwollbinden verwendet (Povacz 2007).

Als Meilensteine der medizinischen und im speziellen der unfallchirurgischen Entwicklung müssen die Entdeckung des Gipsverbandes durch Nicolai Pirogoff und Antonius Mathysen 1851, die Einführung der Antisepsis unter anderem durch Ignaz Semmelweis 1847 und Joseph Lister 1861 und Asepsis durch Friedrich Trendelenburg 1882 sowie die Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen 1895 genannt werden.

Begleiterkrankungen und -Verletzungen haben häufig zu schweren, teils sogar tödlichen Komplikationen geführt. So war und ist ein Blutverlust von bis zu 2 Litern bei einer geschlossenen Femurschaftfraktur in die Kompartimente des Oberschenkels möglich und kann dadurch zum Volumenmangelschock und letztlich auch zum Herz-Kreislaufversagen führen. Auch das Risiko für Pneumonien, tiefe Beinvenenthrombosen (TVT) und folglich auch der Lungenembolien (LE) wurde durch die damals regelhaft verordnete Ruhigstellung in Form von Bettruhe deutlich erhöht. Zusätzliche Probleme bereiteten die trotz Schienung meist fortbestehende Instabilität und die Notwendigkeit der häufigen Verbandwechsel. Dies führte zu Schmerzen und Unruhe im Bruchbereich mit dem damit verbundenen Risiko der sekundären Dislokation und Entstehung von Pseudarthrosen. Vernachlässigbar erschienen dagegen die häufig massiven Bewegungseinschränkungen der betroffenen Gelenke, die aus der oftmals wochenlange Ruhigstellung resultierten. Auch Muskel- und Nervenschäden mussten billigend in Kauf genommen werden (Povacz 2007).

Der zunehmende Wunsch nach Wiederherstellung der körperlichen Unversehrtheit und das Streben nach Perfektionierung der medizinischen Versorgung sowie Steigerung der mäßigen Behandlungserfolge unterstützte die Entwicklung neuerer Frakturversorgungsverfahren.

Bereits damals stellten Pseudarthrosen die Chirurgen vor große Probleme. So gab (Whitman 1902) eine Heilungsrate von 30% bei Behandlung von Schenkelhalsfrakturen im Becken-Beingips an. Im Laufe der Zeit wurden diverse Verfahren der Repositions- und Stabilisationsmöglichkeiten entwickelt. Bereits 1886 berichtete Bircher auf dem deutschen Chirurgenkongress von der Versorgung gebrochener Röhrenknochen mittels intramedullärer Schienung. Er hatte hierzu Elfenbeinstäbe und Zapfen am Ober- und Unterschenkel verwendet (Bircher 1886). Nicht unerwähnt bleiben darf der Dreilamellennagel von M.N. Smith-Petersen, den er 1925 vorstellte.

Als Pionier der intramedullären Marknagelung muss sicherlich auch Küntscher genannt werden. Gerhard Küntscher berichtete 1939 von 39 Fällen einer Frakturbehandlung mittels Marknagel, den er ein Jahr später, 1940 auf der 68. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in Berlin vorstellte. Die Weiterentwicklung dieses Nagels, der „Detentionsnagel“; vorgestellt 1968 auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in München; brachte durch die Möglichkeit der proximalen und distalen Verriegelung zusätzliche Stabilität auch bei instabilen Mehrfragment- und Trümmerfrakturen. Dieser Nagel kann als Entwicklungsbasis für eine Reihe auch jetzt noch existierender und weltweit etablierter Marknagelsystem angesehen werden.

Ein zweites Stabilisationsverfahren, das speziell für die Versorgung der häufigen, proximalen Schenkelhals und pertrochantären Frakturen entwickelt wurde und auch heute noch als eines der wichtigsten Implantate gilt, ist die Dynamische Hüftschraube (DHS) der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese, kurz AO, aus dem Jahre 1979. Sie stellt eine Weiterentwicklung der „Sliding Hip Screw“ von Callender aus dem Jahre 1967 dar.

Es gibt zwischenzeitlich eine Vielzahl von verschiedenen Stabilisationssystemen die intramedullär, extramedullär oder auch extrakorporal angewandt werden können und sich zur adäquaten und stabilen Versorgung einer Femurfraktur eignen. Das anzustrebende Ziel einer frühen Mobilisation, zumindest unter Teilbelastbarkeit, ist hiermit oft möglich. Die langwierige komplette Ruhigstellung und Immobilisation scheint in der Tat der Vergangenheit anzugehören.

Für die häufigeren Frakturtypen wurden inzwischen hochspezialisierte und technisch anspruchsvolle, sowie aufwendig gefertigte Implantate entwickelt, die sich häufig nur marginal unterscheiden. Die gängigsten und häufig verwendeten Implantate wie auch deren klassische Indikation und Anwendung werden im Rahmen dieser Arbeit beschrieben.

Viele davon scheinen Ideen- Erben des Detentionsnagels von G.Küntscher zu sein.

1.2. Anatomie:

1.2.1. Anatomie des Knochens:

Das Femur kann in verschiedene Regionen eingeteilt werden. Hierzu zählen der Hüftkopf, der Schenkelhals, die inter- und pertrochantere, subtrochantere, Schaft-, suprakondyläre und die Kondylen-Region. Die metaphysäre Zone definieren wir (Hierholzer 2009) beginnend proximal mit der subtrochanteren Region, distal abschließend mit der suprakondylären Region. Die Diaphyse erstreckt sich zwischen diesen beiden metaphysären Zonen.

An der dorsalen Seite des Femurs verläuft eine wichtige Faszieninsertionslinie, genannt die „Linea aspera“. Entlang der dorsalen Linie aspera ist der femorale Kortex deutlich dicker. Das Femur, der längste menschlichen Röhrenknochen, zeigt keinen strikt geraden Verlauf sondern besitzt eine anteriore Krümmung. Das Ausmaß dieser Antekurvatur unterliegt einer individuellen Varianz und variiert daher von Patient zu Patient im Ausmaß der Krümmung. Regelmäßig findet sich auf Schaftmitte im medullären Kanal ein Isthmus, eine Verjüngung des Kanaldurchmessers, der sich nach proximal und distal wieder weitet. Auch das Ausmaß dieser Verjüngung unterliegt einer individuellen Streuung, wie verständlicherweise auch der reguläre Knochenkanaldurchmesser und die Länge des Femurs selbst.

Das in allen Dimensionen verdickte distale Femurende wird von zwei konvexen Kondylen gebildet, die mit einer Kapsel-Bandverbindung und der Kniescheibe mit der Tibia das Kniegelenk bilden. Die größeren der beiden Kondylen wird Condylus medialis, die kleinere Condylus lateralis genannt. Getrennt werden die beiden Kondylen durch die Fossa intercondylaris. Die Fossa stellt eine senkenartige Einbuchtung dar, die sich von anterior kaudalwärts bis nach posterior in unterschiedlicher Tiefe und Form entwickelt. Körpervorderseitig vereinigen sich die beiden Kondylen in einer transversal konkaven und sagittal konvexen Gelenkfläche, der Facies patellaris, die mit der Kniescheibe das Femuropatellargelenk bildet. Seitlich der Kondylen finden sich die gering vorspringenden Knöchel des Kniegelenkes, die Epikondylen medial und lateral. Den rückseitigen Abschluß bildet eine flache Knochenleiste, die Linea intercondylaris.

Die knielseitige Gelenkfläche des Femurs ist in einem physiologischen Valguswinkel zur Femurschaftachse orientiert. Der durchschnittliche Valgus-Winkel beträgt bei Männern ca. 5 Grad und bei Frauen ca. 7 Grad. Der volumenmäßig größere Anteil der femoralen Kondylen liegt hinter der Femurschaftachse.

1.2.2. Anatomie der Gefäße:

Das Femur besitzt eine ausgedehnte und teils großkalibrige Gefäßstruktur wobei der Großteil der Blutversorgung über die Arteria profunda femoris erfolgt. Die Aa. nutriciae treten entlang der bereits genannten Linie aspera von dorsal und cranial in das Femur ein und sichern die endostale Zirkulation. Durch einen größtenteils zentrifugalen Blutfluss gewährleistet eine endostale Zirkulation einen Großteil der Femurkortikalisversorgung. Zusätzlich besteht ein zweites Blutzirkulationssystem über das Periost, das einen überwiegenden zirkulären Blutfluss und nur eine geringe longitudinale Ausbreitung hat. Dieses periostale Perfusionssystem wird daher durch großflächige Denudierung des Knochens im Rahmen der Präparation oder auch der Reposition häufig empfindlich gestört, was sich unter anderem in einem größeren Risiko für die Entwicklung einer Pseudarthrose widerspiegelt.

1.2.3. Anatomie der Nerven:

Der Nervus femoralis zieht, auf dem Musculus iliopsoas liegend, in den Oberschenkel und endet in der vierköpfigen Quadrizeps Muskulatur auf der anterioren Seite. Der N. saphenus bildet die Endstrecke des N. femoralis und verläuft distal entlang der Oberschenkelinnenseite und des Knies immer weiter zur Oberfläche, was seine hohe Verletzungsanfälligkeit in diesem Bereich erklärt. Der N. ischiadicus tritt durch das Foramen ischiadicum majus aus dem kleinen Becken aus und an der posterioren Seite des Femurs ventral der Insertion des Gluteus maximus, zwischen M. piriformis und M. gemellus superior, in den Oberschenkel ein und verläuft weiter nach distal, um sich dann etwas körperfern der Schaftmitte in den N. tibialis und N. peroneus aufzuteilen.

1.1.1. Anatomie der Muskulatur:

Betrachtet man nun den Knochen umgebenden Weichteilmantel, so zeigt sich der Femurschaft allseitig durch große Muskelgruppen umschlossen: Die Adduktorengruppe bestehend aus den Mm. adductor magnus, longus und brevis, M. gracilis und M. pectineus und bilden den medialen Teil. Der Quadrizepsmuskel und der M. sartorius liegen auf der anterioren, die Oberschenkelbeuger mit M. biceps femoris, M. semitendinosus und M. semimembranosus auf der posterioren und der M. vastus lateralis mit dem Tractus iliotibialis auf der lateralen Seite.

Die wichtigsten neurovaskulären Strukturen des Femurs stellen die Nn. femoralis und ischiadicus sowie die Aa. femoralis superficialis und profunda femoris dar.

Die Arteria femoralis durchtritt die Lacuna vasorum, teilt sich dann auf in die A. femoralis superficialis und die etwas dorsaler und in der Tiefe verlaufende A. profunda femoris, die sich im weiteren Verlauf auf der Rückseite in ihre Endäste aufzweigt.

Die A. femoralis superficialis verläuft von der anterioren zur medialen Seite des Oberschenkels durch den Adduktorenkanal und verlässt medial den Adduktoren Hiatus um schließlich im dorsalen und distalen Teil des Oberschenkels in die a. poplitea überzugehen.

1.2. Physiologie und Interaktion der Muskelgruppen:

Die bereits beschriebenen Muskelgruppen haben im Falle eines Bruches des Femurknochens in Abhängigkeit der Frakturlokalisierung stark dislozierende Wirkung auf die einzelnen Frakturfragmente. Hierunter spielen insbesondere die Muskelinsertionspunkte im proximalen und distalen Drittel des Femurs für die Frakturdislokation eine große Rolle. Frakturen im proximalen Schaft- und subtrochanteren Bereich führen dabei zu einer Flexion und Abduktion des kurzen proximalen Segments, da die Hüftabduktoren und der M. iliopsoas medio-dorsal am trochanter minor und die Adduktoren medial am Femur ansetzen und dadurch eine axiale und varisierende Zugrichtung auf die Fraktur einwirkt. Ein Teil dieser Kräfte wird jedoch durch die Fascia lata lateral durch eine Art Zuggurtungseffekt ausgeglichen.

Bei distalen, metaphysären und suprakondylären Frakturen des Femurs hingegen führt der Muskelzug des M. gastrocnemius mit seinen beiden dorsalen Ansätzen medial und lateral supracondylär zu einer Dorsalflexion des distalen Segmentes (Hierholzer 2009). (siehe Abbildung 2: Dislokation der Fragmente, Ansicht von lateral (li) und medial (re))

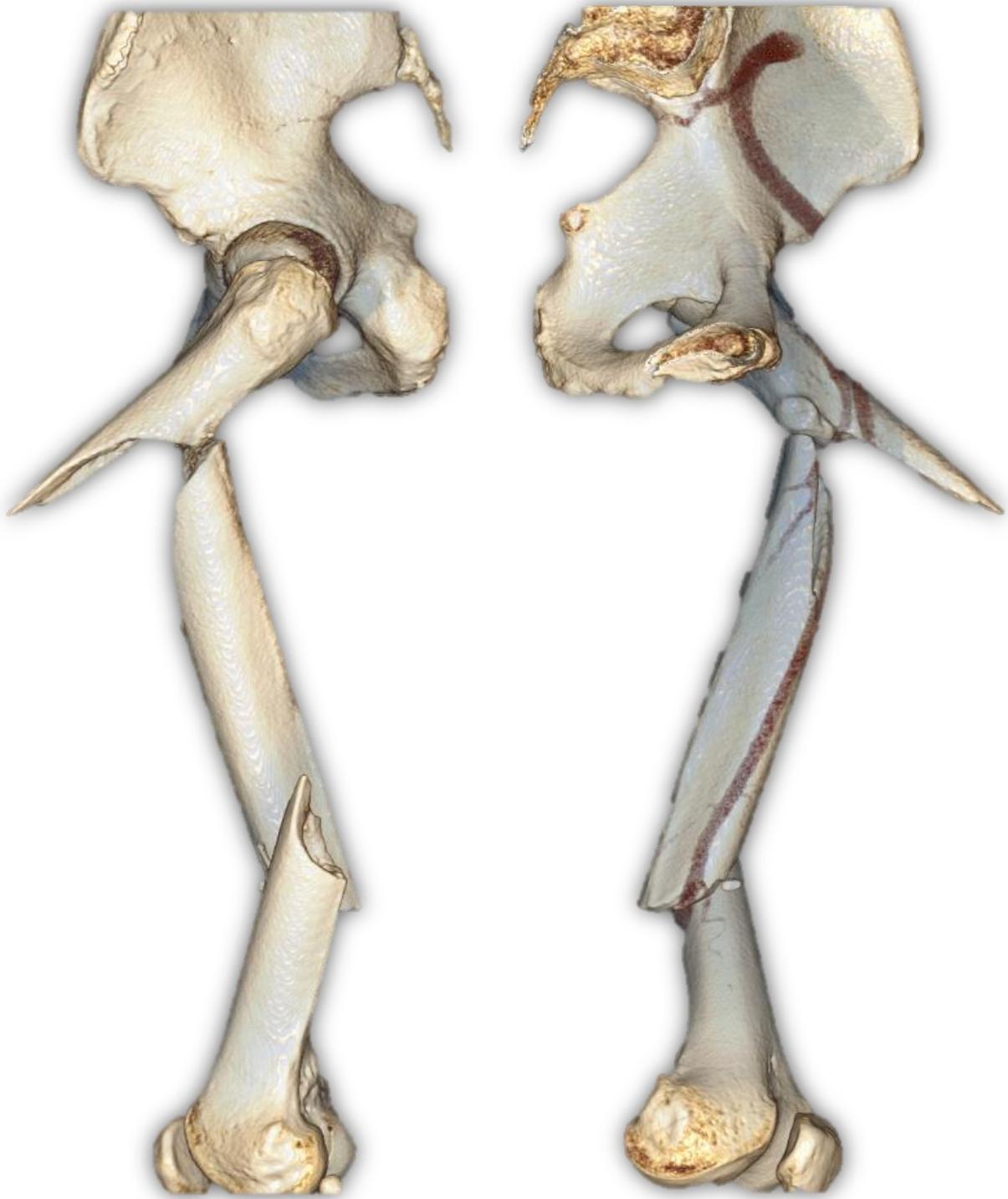


Abbildung 2: Dislokation der Fragmente, Ansicht von lateral (li) und medial (re)

1.3. Klassifikation der Frakturen:

Die Frakturen am Femur werden unter anderem eingeteilt nach:

- Lokalisation
- Frakturverlauf
- Anzahl der einzelnen Fragmente
- Frakturstabilität

Hierfür wurden im Laufe der Zeit diverse Einteilungen geschaffen unter welchen sich die AO-Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese (AO Foundation 2014) als allgemein bekannt und gebräuchlich etabliert hat und auch als Basis dieser Arbeit dient. Diese Klassifikation wurde 1991 von Müller et al. eingeführt (Müller 1991), weshalb häufig auch die Bezeichnung Müller-Klassifikation verwendet wird.

(Siehe: Abbildung 3: modifizierte AO Klassifikation der Femurfrakturen 31-33 (AO 2014))

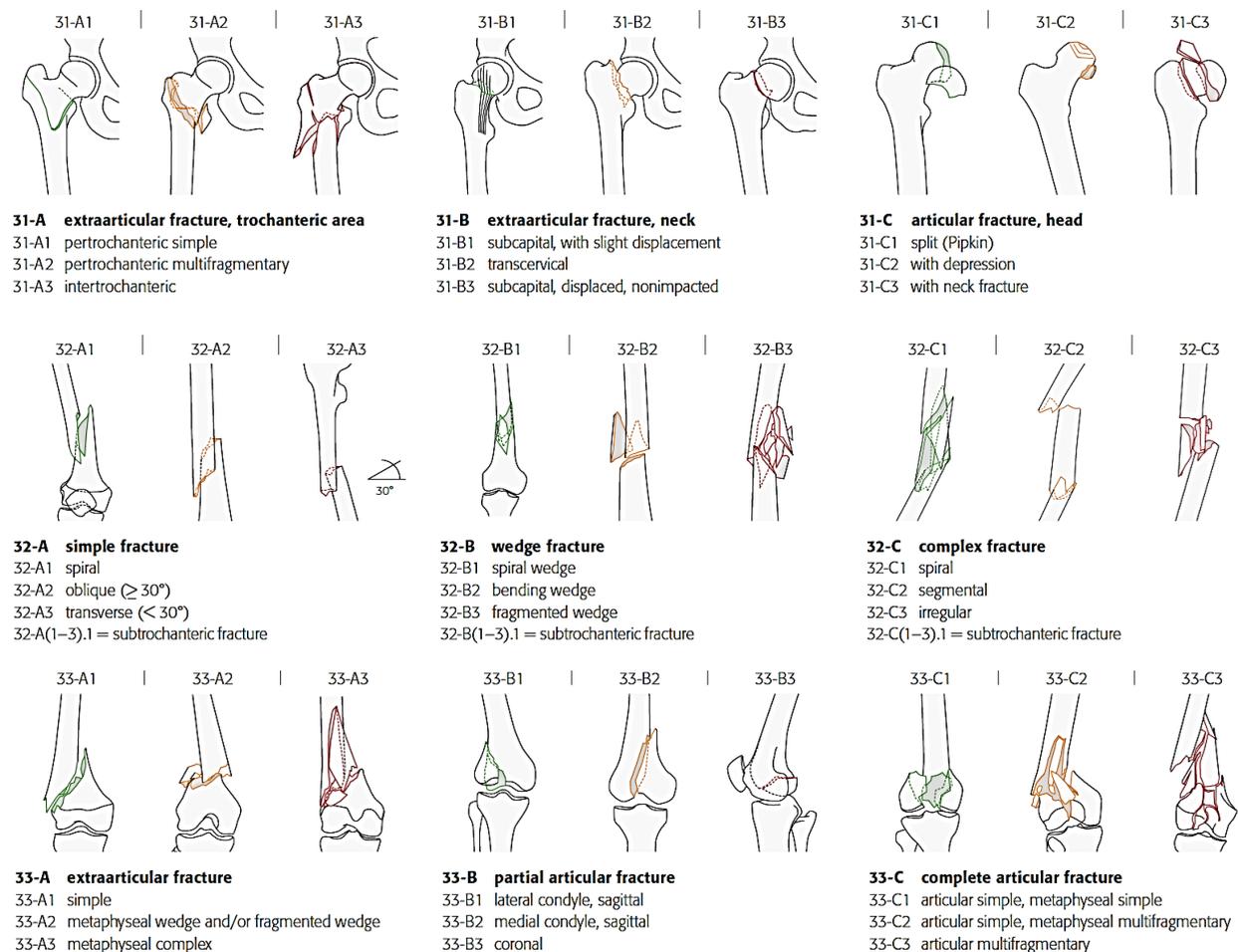


Abbildung 3: modifizierte AO Klassifikation der Femurfrakturen 31-33

Diese Klassifikation kann um weitere Unterteilungen für die jeweiligen Abschnitte des Femurs erweitert werden. So können die Frakturen der Trochanterregion, wie auch die Schenkelhalsfrakturen jeweils nochmals in Subgruppen unterteilt werden (Steinbrich 1999, Reimertz 2012).

Auch die Schaftfrakturen AO 32 haben in der AO Klassifikation, wie der Abbildung zu entnehmen, mehrere Untergruppen, genannt AO 32-A bis 32-C. Die Mehretagenfraktur wird in der Gruppe der AO 32-C Frakturen im Unterpunkt 2 (somit AO 32-C2) berücksichtigt.

Diese Frakturkonstellation 32-C2 kann wiederum nochmals in drei Untergruppen eingeteilt werden. Somit entspricht die Gruppe 32-C2.1 der Femurschaft-Etagenfraktur oder Segmentfraktur mit einem intermediären Fragment.

Die Untergruppe 32-C2.2 weist als Besonderheit ein zusätzliches Keilfragment auf und die letzte Gruppe, 32-C2.3 hat zwei Intermediärfragmente (Steinbrich 1999, Reimertz 2012).

Die Mehretagenfraktur des Femurs mit Frakturen auf unterschiedlichen Höhen, beispielsweise im Schenkelhals- und Schaftbereich wird in der AO-Klassifikation jedoch nicht berücksichtigt.

Neben der AO-Klassifikation haben sich für die einzelne Abschnitte des Femurs weitere Klassifikationen wie beispielsweise die Einteilung nach Garden (Garden 1971) oder Pauwels (Pauwels 1973) für die medialen und intrakapsulären Schenkelhalsfrakturen etabliert.

Für die distalen Femurfrakturen existiert neben der bereits erwähnten AO-Klassifikation nach Müller (Müller 1991) auch die sog. Neer-Klassifikation (Neer 1967) um nur eine kleine Auswahl zu nennen.

Der Vollständigkeit halber seien auch die Einteilungen für die Grade einer „offenen Fraktur“ sowie den Grad der Weichteilverletzung erwähnt. Hier hat sich die Einteilung nach Tscherne (Oestern/Tscherne 1984), sowie im anglo-amerikanischen Sprachraum die Klassifikation nach Gustilo und Anderson (Gustilo/Anderson 1976) durchgesetzt. Beide unterscheiden sich nur geringfügig und teilen die Verletzungen in jeweils 4 Gruppen, bzw. in 3 mit entsprechender Untergruppierung ein.

Unabhängig davon kann anhand der Frakturlokalisierung nach proximalen Frakturen, nach Schaftfrakturen und nach distalen supra- oder interkondylären Brüchen unterschieden werden.

Die subtrochanteren Frakturen, die in der proximalen, metaphysären Schaftregion liegen, betrachten wir aufgrund ihrer anatomischen Besonderheiten und Instabilität als hüftgelenknahe, proximale Frakturen.

Es existiert eine Klassifikation, die die proximalen Frakturen bei Mehretagenfrakturen des Femurs einteilt. Begründet wurde diese bereits 1993 durch Winquist (Winquist 1993).

Hierbei werden drei Typen voneinander unterschieden:

- Typ I entspricht einer nicht dislozierten
- Typ II einer übersehenen und
- Typ III einer dislozierten Schenkelhalsfraktur

Als Erweiterung dieser Einteilung würden sich die Typen IV bis VI anbieten, die eine weitere Einteilung nach - pertrochanter stabil, - pertrochanter instabil und - subtrochanter bilden könnten und als Ergänzung in folgender modifizierten Tabelle dargestellt werden. (siehe: Abbildung 4: Fraktуреinteilung modifiziert nach Winquist (Winquist 1993)).

Typ nach Winquist	Fraktur
I	Schenkelhalsfraktur undisloziert
II	Schenkelhalsfraktur übersehen
III	Schenkelhalsfraktur disloziert
IV	Stabile pertrochantäre Fraktur
V	Instabile pertrochantäre Fraktur
VI	Subtrochantäre Fraktur

Abbildung 4: Fraktуреinteilung modifiziert nach Winquist (Winquist 1993)

1.4. Inzidenz

1.4.1. Inzidenz der Femurfrakturen

Beim Vergleich der Inzidenzen einer Femurfraktur in Abhängigkeit der Lokalisation oder Frakturhöhe fällt auf, dass es in Abhängigkeit der Lokalisation, teils deutliche geschlechts- und altersspezifische Unterschiede gibt. Als mit Abstand am häufigsten ist hierbei die proximal gelegene Schenkelhalsfraktur, insbesondere beim älteren Menschen anzusehen. In Deutschland liegt die Inzidenz derzeit bei etwa 75/100.000. Dies entspricht in etwa der Hälfte aller proximalen Femurfrakturen (Beck/Rüter 2000).

Die Verteilung unter den beiden Geschlechtern ist wie bereits erwähnt, teilweise altersabhängig unterschiedlich. Ist sie bis etwa 45 Jahre annähernd gleich, ist mit zunehmendem Alter das weibliche Geschlecht häufiger betroffen. Prädisponierend ist hier das Vorliegen einer strukturellen Schädigung der Knochengrundsubstanz wie bei der Osteoporose. Auffallend ist, dass sich das Durchschnittsalter der Patienten mit einer Femurschaftfraktur im Vergleich der beiden Geschlechter teils deutlich unterscheidet. So liegt der Altersmedian der Männer bei 27 Jahren, verglichen mit dem der Frauen bei 79 Jahren (Ostrum 2000). Ursächlich ist hier in der Regel die Einwirkung einer höheren Energie auf den Oberschenkel oder das Kniegelenk. Begründet kann dies durch die beiden häufigsten Unfallmechanismen werden. Das Hochrasanztrauma beim jüngeren Mann und der Bagatellsturz des älteren Patienten. Häufigste Lokalisation ist das proximale, hüftgelenknahe Femur. Hier führen die Schenkelhalsfrakturen und die pertrochantären Frakturen mit jeweils etwa 45%.

1.4.2. Inzidenz der Femur-Mehretagenfrakturen

Die Inzidenz der Kombinationsverletzung von zwei Frakturen am gleichen Femur wird in der Literatur auf zwischen 2-2,5% und 9% aller Femurfrakturen angegeben (Bennett 1993, Swiontkowski 1984, Wu 1991, Zettas 1981). Die verletzten Personen sind in der Regel einer hohen Energieeinwirkung ausgesetzt. In der Mehrzahl der Fälle sind es Hochrasanztraumen mit axialer Krafteinleitung in das Femur wie beispielhaft bei PKW-, Motorradunfällen oder dem Sturz aus großer Höhe. In der Regel sind Männer mittleren

Alters betroffen. Aber auch dem von einem PKW erfassten Fußgänger können Verletzungen dieser Art zugefügt werden.

1.5. Fragestellung und Ziel der Arbeit

Die Versorgung einer einzelnen Fraktur des Femurs erfolgt in der Regel nach etablierten und international gültigen Vorgaben sowie häufig nach klinikinternen Standardrichtlinien und orientiert sich letztlich immer auch am Erfahrungsstand des Operateurs. Für die Versorgung der jeweiligen Femurfraktur steht eine Fülle an Implantaten zur Verfügung. Entscheiden für die richtige Implantatwahl sind mehrere Faktoren. Hierzu zählen unter anderem die Frakturlokalisation, der Frakturverlauf und die Frakturausdehnung sowie die Eigenstabilität der Fraktur, die sogenannte intrinsische Fraktur- Stabilität und das Ausmaß an Begleitverletzungen der umgebenden Strukturen, um nur einige zu nennen.

Auch das Alter des Patienten, etwaige degenerative Vorschädigungen und der Grad an Mobilität sollte mitberücksichtigt werden. Von Seiten der Implantat-Hersteller werden klare Indikationsrichtlinien für ihre Produkte angegeben. Somit ist es vergleichsweise einfach, eine „Standard“-Fraktur am Femur osteosynthetisch zu versorgen und ein geeignetes Implantat auszuwählen. Selbstverständlich können auch hier immer erschwerende Faktoren hinzukommen, die eine vermeintlich einfache Frakturversorgung deutlich erschweren können.

Gibt es zwischenzeitlich eine Reihe von definierten Entscheidungsrichtlinien und Therapiestandards für die Frakturversorgung einer einzelnen Femurfraktur, fehlen diese für die Versorgung von Mehrfachfrakturen am Femur nahezu gänzlich. Es gibt bisher keine allgemein gültigen Versorgungsrichtlinien oder etablierte Standardversorgungen. Dies liegt zum einen an der Seltenheit dieser Verletzungen (Bennet 1993, Swiontkowski 1984, Wu 1991, Zettas 1981), maßgeblich jedoch an der großen Varianz, mit welcher die Frakturen in Kombination auftreten können.

Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Versorgungsverfahren erläutert und deren klassische Indikation wie auch die jeweiligen Grenzen der Implantate thematisiert. Hierbei fließen die Erfahrungen, die bei der Behandlung von regelhaft polytraumatisierten

Patienten mit Femur-Mehretagenfraktur in einem Zeitraum von über 10 Jahren gesammelt werden konnten, ein.

In diesem Zeitraum wurde ein neues operatives Therapiekonzept entwickelt, das sich sowohl für die primär definitive Behandlung einer Mehretagenfraktur des Femurs bei Monoverletzung, wie auch als zweizeitige, schrittweise Stabilisierung im Sinne des Damage Control Orthopaedic (DCO) Konzepts (Pape 2002) eignet.

Das DCO Konzept wird in der prioritätengerechten Versorgung von Polytrauma Patienten angewendet.

Die vorliegende Arbeit soll das sogenannte „Rendez-vous“ Verfahren vorstellen, beschreiben und im Vergleich mit anderen Osteosyntheseverfahren vergleichen und evaluieren.

Zusätzlich wird die Frage thematisiert, inwieweit sich dieses Verfahren als Standardverfahren bei der Versorgung von Femur-Mehretagenfrakturen eignet.

2. Material und Methodik

2.1. Material

Verwendet wurden:

Computertomograph I	Siemens Somatom Definition AS 128 Zeilen Multislice
Computertomograph II	General Electric LightSpeed 4
Röntgenanlage	Philips medical System DigitalDiagnost
C-Bogen	Siemens Siremobil Iso-C 3D ZIEM Vision FD

Bildauswertung und Bearbeitung: Agfa Impax EE (der jeweils aktuellen Entwicklungsstufe)

Statistische Auswertung: IBM SPSS Statistics Vs. 19 (IBM®, USA)

Für die Osteosynthesen in unserem Haus wurden folgende Implantate der jeweiligen Hersteller verwendet.

Stryker T2™ Femur Marknagel System	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Stryker T2™ Supracondylärer Nagel SCN	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Stryker Gamma3™ Trochantärer Nagel 180	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Stryker Gamma3™ Langer Nagel R2.0	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Synthes DHS Standardsystem (Stahl)	Synthes GmbH Umkirch b.F.
Synthes DHS Titan	Synthes GmbH Umkirch b.F.
Dall-Miles Cable System 2mm	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Stryker ASNIS™ III	Stryker GmbH & Co.KG Duisburg
Hoffmann II® Fixateur externe System	Stryker Howmedica GmbH Duisburg
Hoffmann II® MRI Fixateur externe System	Stryker Howmedica GmbH Duisburg
LISS DF (distaler Femur)	Synthes GmbH CH-Oberdorf
Targon FN	Aesculap AG & Co.KG Tuttlingen

Zur Verfügung stehen nach Standard folgende Größen:

Stryker T2™ Femur Marknagel	ø 10 bis 13 mm in 1mm Schritten, Längen 300 bis 480 mm in 20mm Stufen
Stryker T2™ SCN	ø 11+ 13 mm, Länge 170 mm und 200-440 mm in 20 mm Schritten
Stryker Gamma3™ Trochantärer Nagel	ø proximal 15,5 mm, ø distal 11mm Länge 180 mm mit 120°, 125°, 130° Schenkelhals- schrauben-Winkel, Endkappen 0,+5,+10 mm, Schenkelhalsschrauben 70 - 130 in 5 mm Schritten
Stryker Gamma3™ Langer Nagel R2.0	ø proximal 15,5mm, distal 11mm Längen von 240mm bis 400mm in 20mm Schritten Schenkelhalsschrauben 70-130 in 5mm Schritten
Synthes DHS Standardsystem (Stahl)	130°-150° in 5° Stufen mit 2,4,5 oder 6 Löchern Schenkelhalsschrauben der Länge 70 mm bis 130 mm in 5 mm Schritten
Synthes DHS Titan	135° mit 2 oder 4 Löchern, Schenkelhalsschrauben der Länge 70 mm bis 130 mm in 5 mm Schritten
Stryker ASNIS™ III	ø 4,0/5,0/6,5/8,0, Teilgewinde von 40 mm bis zu 180 mm Länge in 5 mm Schritten
Stryker Hoffmann II® Fixateur externe	Brückenstab, Karbon, ø 8 mm x 65 mm, 100 - 500 mm in 50 mm Schritten, Schanzschrauben mit ø 5 oder 6 mm
Dall-Miles Cable System	Kabelstärke 2mm, Kabelschlösser 2mm
LISS DF LCP	mit 5 bis 19 Löchern in 2er schritten jeweils linke und rechte Ausführung in den Längen 156 bis 436 mm
Targon FN	Targon FN Femurplatte 130° Targon FN Tele Screw 70 – 110 mm in 10 mm Schritten, Verriegelungsschrauben ø 4,5 mm der Längen 36 – 60 mm in 4 mm Schritten

2.2. Methodik

2.2.1. Studienaufbau

In der Zeit von 2004 bis 2014 wurden in der BG Unfallklinik Murnau insgesamt 60 Patienten mit Mehretagenfrakturen des Femurs behandelt, die für die Anfertigung dieser Arbeit ausgewählt und retrospektiv nachuntersucht wurden. Alle Patienten mussten zwei voneinander unabhängige, aber zeitgleich entstandene Frakturen am gleichen Femur aufweisen. Alle Patienten wurden in der BG Unfallklinik Murnau behandelt. Ein Teil, aber nicht alle Patienten, wurden in der BG Unfallklinik Murnau operativ versorgt. Auch die Patienten, die eine Erstbehandlung und auch definitive Osteosynthese bereits zuvor in einem anderen Haus erhalten haben und zur weiteren Behandlung in unsere Klinik verlegt wurden, wurden zur Auswertung hinzugezogen.

Es wurden Daten bezüglich des Geschlechtes, des Alters, der Verletzungsursache, der Frakturlokalisationen und auch der jeweiligen Frakturkonstellationen erhoben. Untersucht wurden die Art der Primärstabilisationen, das Operationsverfahren der definitiven Versorgung, die Anzahl der Folgeeingriffe, Komplikationsverläufe sowie deren Hauptursachen und die Anzahl der notwendigen Revisionseingriffe.

Für die Diagnosestellung einer Femur-Mehretagenfraktur wurden ausnahmslos CT Aufnahmen verwendet, die in der Regel in unserem Haus angefertigt wurden. Erfolgte die Diagnosestellung und operative Versorgung bereits in einer anderen Klinik und brachten die Patienten Aufnahmen eines Computertomographen mit vergleichbarer Auflösung mit, wurden diese, eine ausreichende Beurteilbarkeit vorausgesetzt, verwertet. Lag kein aktuelles Bildmaterial vor oder entsprach die Auflösung nicht der geforderten Qualität, wurde eine neue CT Untersuchung in unserem Haus durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurde ein Somatom Definition AS 128 Zeilen Multislice Computertomograph von Siemens verwendet. Die Bildbetrachtung und -Bearbeitung erfolgte mit der Agfa Impax EE Software im jeweiligen Entwicklungsstand. Auch die Bildverarbeitung der konventionellen, projektionsradiografischen Aufnahmen, die in der Regel mit dem DigitalDiagnost von Philips medical angefertigt wurden, erfolgte mit dieser Software. Befundet wurden die Aufnahmen immer von einem radiologischen Facharzt, sowie von mir, FA für Orthopädie und Unfallchirurgie und selbstverständlich vom

behandelnden Oberarzt der Unfallchirurgie. Alle Aufnahmen wurden zusätzlich nochmals gemeinsam mit Prof. Dr. C. Hierholzer, Betreuer dieser Arbeit, befundet und bewertet.

2.2.2. auswärtig angewandte Operationsverfahren

Es wurden alle auswärtig durchgeführten Osteosynthesen radiologisch ausgewertet. Die verwendeten Implantate wurden soweit möglich bezüglich Hersteller und Bezeichnung identifiziert. Sollte dies aufgrund der Röntgen- oder CT Bilder nicht möglich gewesen sein, wurde der Operationsbericht hinzugezogen. War auch dieser nicht verfügbar, da beispielsweise die Osteosynthese im Ausland durchgeführt wurde und ein Operationsbericht nicht einzuholen war, wurde das Implantat dem nächstähnlichen, uns bekannten Implantat zugeordnet. Auch die Anzahl der Voroperationen sowie die Behandlungsstrategie bezüglich ein- oder zweizeitiger Versorgung und eventueller Primärstabilisation durch Verwendung eines Fixateur externe wurden erfasst.

An klassischen Implantaten, die auch in unserem Haus verwendet werden, kamen zur Anwendung. Der Gammanagel in kurzer oder langer Ausführung, Schrauben für die direkte Verschraubung einer medialen Schenkelhalsfraktur in solider und kanülierter Ausführung und Plattenimplantate wie die LISS Platte von Synthes.

Daneben wurden Implantate verwendet, die in unserem Haus in der Regel nicht zur Anwendung kommen. Hierzu zählen beispielsweise der PFNA (proximaler Femurnagel Antiration) der Firma Synthes, der UFN (solider Femurnagel) der Firma Synthes und der Sirius alpha Nagel der Firma Zimmer. An Platten kamen zwei NCB® Platten (periprosthetic Femur Plate System) der Firma Zimmer mit der Möglichkeit der distalen, polyaxialen aber dennoch winkelstabilen Verriegelung der Schrauben in der Platte zum Einsatz.

2.2.3. In der BG Unfallklinik Murnau angewandte Operationsverfahren

In der BGU Murnau wurden die Versorgungen sowohl einzeitig, wie auch zweizeitig durchgeführt. Die operative Behandlung erfolgte immer nach den Vorgaben des diensthabenden Unfallchirurgenteams. Es wurde das Stabilisationsverfahren angewendet, das dem jeweiligen Operateur als am besten geeignet erschien. Im Falle einer zweizeitigen Versorgung erfolgte der zweite Eingriff immer nach Rücksprache mit dem

ersten Operateur und nach nochmaliger Fallbesprechung am Tag vor dem Eingriff im Rahmen der unfallchirurgischen Indikationsbesprechung.

Wurde die Entscheidung zur Durchführung einer zweizeitigen Versorgung im Rahmen der DCO Versorgung von Polytrauma-Patienten gefällt, erfolgte am Unfalltag die Anlage eines Fixateur externe mit Überbrückung der Frakturen. Bei sehr kniegelenksnahen Frakturen wurde der Fixateur externe gelenkübergreifend vom Femur bis an die Tibia angelegt. Ließ die Vitalsituation des Patienten es zu, erfolgte gleich die definitive Stabilisation der proximalen Fraktur.

Im Abstand von 3-7 Tagen erfolgte der Verfahrenswechsel und die definitive Versorgung mit Abbau des Fixateur externe und Osteosynthese der distalen Fraktur. Zur Anwendung kamen hier die folgenden Implantate:

- Proximal wurden kanülierte Schrauben, dynamische Hüftschrauben, kurze oder lange Gammanägel und bei isolierten Schaftfrakturen auch antegrade Marknägel verwendet. In Einzelfällen erfolgte auch der direkte endoprothetische Totalgelenkersatz.
- Distal erfolgte die Osteosynthese mittels Platten, retrograder Marknägel oder Einzelschrauben, sofern die distale Fraktur nicht bereits mit dem Implantat der proximalen Fraktur ausreichend stabilisiert werden konnte.

Wurde die Entscheidung zugunsten einer direkten und einzeitigen Versorgung getroffen, erfolgte noch am Unfalltag die definitive osteosynthetische Stabilisation mit einem oder mehreren Osteosynthese- Implantaten.

2.2.4. Beurteilung der Behandlungsergebnisse

Zur Beurteilung der knöchernen Durchbauung wurden primär konventionelle Röntgenaufnahmen des Femurs mit beiden angrenzenden Gelenken in zwei Ebenen angefertigt. Zeigten diese konventionellen Aufnahmen, deren zeitlicher Abstand zur definitiven Operation mindestens 6-8 Wochen betragen musste, eine sichere und stabile Knochenheilung und konnten die Patienten schmerzfrei gehen, galten die Frakturen als geheilt (siehe Abbildung 5: radiologisch sichere Durchbauung).

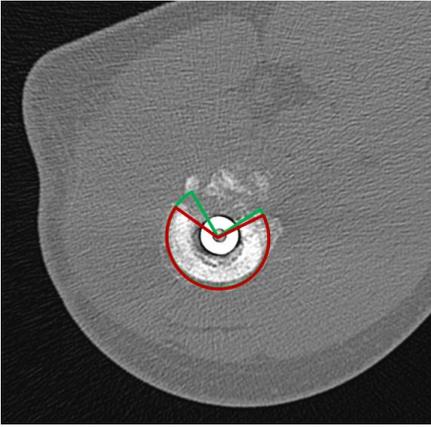


Abbildung 6: CT- Schnitt axial; Ossifikation < 75%

Bestanden anhaltende Beschwerden und konnte keine Durchbauung oder Zunahme der Ossifikation radiologisch nachgewiesen werden, wurde definitionsgemäß, nach 6 Monaten die Diagnose einer Pseudarthrose gestellt. In der Regel wurde damit auch die Indikation zur operativen Revision gestellt. War die Fraktur nach Ablauf von 4 Monaten nicht eindeutig verheilt, wurde die Diagnose einer „delayed-union“, einer verzögerten Knochenbruchheilung gestellt. Hat sich an der Durchbauungssituation nach 6 Monaten nichts verändert, wurde die Diagnose einer „non-union“ oder synonym auch Pseudarthrose gestellt.

Die Achsenverhältnisse bezüglich einer Varus- oder Valgusabweichung wurden mittels projektionsradiografischer, digitaler Aufnahmen mit Darstellung des gesamten Femurs in zwei Ebenen und unter Abbildung beider Gelenke beurteilt. Die Längenverhältnisse wurden klinisch kontrolliert und bei Auffälligkeiten mittels Ganzbein-Standaufnahmen beider Beine verifiziert. Etwaige Torsionsabweichungen wurden durch Erfassung der Bewegungsumfänge beider Hüftgelenke detektiert. Ergaben sich hierbei wesentliche Seitendifferenzen, wurde eine Torsions-Computertomographie ergänzend angefertigt um das Maß der Abweichung genau zu erfassen.

Alle Patienten wurden in regelmäßigen Abständen kontrolliert und nachuntersucht. Eine radiologische Kontrolluntersuchung wurde in der ersten postoperativen Woche mit Abbildung des gesamten Femurs und beider Gelenke in zwei Ebenen durchgeführt. Nach der Entlassung aus der stationären Behandlung wurden die Patienten im 6-Wochen Rhythmus bis zum 6. Monat klinisch und radiologisch nachuntersucht. Wenn möglich, wurde das Kontrollintervall auf 3-6 Monate verlängert. Die radiologischen Kriterien für eine suffiziente Heilung wurden bereits beschrieben. Zusätzlich wurden alle Patienten nach

dem von Friedman und Wyman (Friedman 1986) etablierten Nachuntersuchungsschema beurteilt. Hierbei wurden vordergründig funktionelle Ergebnisse evaluiert. Es wurden:

- Beeinträchtigungen der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) sowie
- Schmerzen und
- Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit von Hüfte und Knie (ROM)

erfasst und bewertet. Ebenso wurde die Rückkehr zu sportlicher Aktivität und Berufsfähigkeit auf ein Niveau wie vor dem Unfall überprüft.

Hieraus wurden drei Gruppen gebildet:

- I. **Gut**
 - keine Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens
 - kein Schmerz
 - weniger als 20% Bewegungseinschränkung von Knie- oder Hüftgelenk

- II. **Mäßig**
 - mäßige Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens
 - milde bis moderate Schmerzen
 - 20-50% Bewegungseinschränkung von Knie- oder Hüftgelenk

- III. **Schlecht**
 - deutliche Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens
 - starke Schmerzen
 - über 50% Bewegungseinschränkung von Knie- oder Hüftgelenk

2.2.5. Das „Rendez-vous“-Verfahren

Dieses Verfahren wurde im Laufe der Jahre entwickelt und basiert auf der Verwendung zweier etablierter Osteosyntheseverfahren, die weltweit Anwendung bei der Frakturversorgung von Femurfrakturen finden. Die Kombination dieser beiden, normalerweise unabhängig voneinander angewandten osteosynthetischen

Stabilisierungsverfahren hat sich in der BG Unfallklinik Murnau als „Rendez-vous“-Verfahren etabliert. Dieses Verfahren eignet sich sowohl zur ein- aber auch zweizeitigen Versorgung einer Femur-Mehretagenfraktur.

Aufgrund der Besonderheit des in unserem Haus entwickelten Verfahrens folgt eine detaillierte Beschreibung mit Erläuterung der einzelnen Operationsschritte.

2.2.5.1. Implantate des „Rendez-vous-Verfahrens“

Die proximale Fraktur wird mittels einer Dynamischen Hüftschraube (DHS) stabilisiert (siehe: Abbildung 7: Dynamische Hüftschraube der Fa. Synthes® (Synthes 2007), mit freundlicher Genehmigung).

Wir verwenden hierbei ausschließlich die Standard DHS Ausführung, die von der Firma Synthes hergestellt und vertrieben wird. Das Implantat ist in der Standardausführung aus Stahl gefertigt und ist mit Schenkelhalswinkeln von 130° bis 150° in 5° Stufen sowie mit 2, 4, 5 oder 6 Löchern verfügbar. Es werden Schenkelhalsschrauben verwendet, die in den Längen von 70mm bis 130mm, jeweils in 5mm Schritten verfügbar sind.

Wir empfehlen zusätzlich die Verwendung einer Antirotationsschraube zur zusätzlichen Sicherung gegen ein Verdrehen des Hüftkopfes um die Schenkelhals- Achse.



Abbildung 7: Dynamische Hüftschraube der Fa. Synthes (Synthes 2007), mit freundlicher Genehmigung

Prinzipiell eignet sich die DHS für laterale Schenkelhalsfrakturen AO Typ 31-A1.1, als auch für stabile petrochantären Frakturen, AO Typ 31-A1.3. Natürlich können auch mediale Schenkelhalsfrakturen, AO Typ 31-B1, 2 und B3 mit dem Implantat stabil versorgt werden. Bei instabilen petrochanteren AO Typ A2, oder intertrochanteren AO Typ A3

Frakturen sollte die Indikation für die Verwendung einer DHS unserer Ansicht nach sehr streng gestellt werden, wenngleich der Hersteller das Implantat hierfür freigibt. Wir empfehlen die Verwendung einer 4-Loch DHS Platte, da diese den weiteren Ablauf deutlich vereinfacht.

Das Implantat für die Versorgung der distalen Fraktur ist in diesem Verfahren der retrograde Marknagel, wobei wir in der Regel das T2™ System des Herstellers Stryker® verwenden.

(siehe Abbildung 8: Stryker T2™ Femur Marknagel (Stryker 2005), mit freundlicher Genehmigung)

Als Option steht dieser Nagel auch in der SCN Ausführung, wobei SCN für suprakondylärer Nagel steht, zur Verfügung. Diese Ausführung hat mehrere Optionen für eine distale Verriegelung im Vergleich zur Standard T2- Ausführung.

Für die proximale Verriegelung stehen beim retrograd eingebrachten T2 Femur-Nagel insgesamt 4 Verriegelungsmöglichkeiten zur Verfügung. Je zwei in antero/posteriores (a.p.) und in latero/medialen (l.m.) Ausrichtung. Distal sind drei Löcher in l.m. Ausrichtung für die Verriegelung vorgesehen. Dabei ist das mittlere Loch als Langloch ausgeführt, um mittels Kompressionsschraube Druck auf die in dieses Loch eingebrachte Schaftschraube auszuüben um damit die Fraktur zu komprimieren. Ein weiterer Vorteil dieses Implantates ist die Möglichkeit der ante- wie retrograden Verwendung ein und desselben Implantates. Für das Rendez-vous-Verfahren eignet sich der T2 Standardnagel im Vergleich zum T2 SCN besser, da die proximalen Verriegelungsoptionen beim SCN keine Verriegelung in der l.m. Ausrichtung vorsehen. Diese sind jedoch für die synchrone Verriegelung des Nagels und die Fixation der proximalen DHS Platte notwendig.

Der T2 Marknagel von Stryker ist in der Regel in folgenden Größen vorrätig. An Durchmesser stehen vom Hersteller 11, 12 und 13 mm zur Verfügung. Die Längen beginnen bei 300 mm und reichen in 20mm Stufen bis 480 mm.

Um das Risiko des Entstehens von Sollbruchstellen bei sogenannten „Kissing implant“ zu vermeiden, empfiehlt sich ein Überlappen der beiden Implantate. Hierbei zeigt sich bereits einer der Vorteile der 4-Loch DHS Platte gegenüber der 2-Loch Platte, da die 4-Lochplatte deutlich mehr Überlappung ermöglicht.



Abbildung 8: Stryker T2™ Femur Marknagel (Stryker 2005), mit freundlicher Genehmigung

Eine Besonderheit des „Rendez-vous“-Verfahrens ist die proximale Verriegelung des retrograden Marknagels, da diese durch die distalen Fixationslöcher der Platte mit denselben Schrauben erfolgt. Auch hier erweist sich die Verwendung der 4-Loch Platte als sinnvoll, da mehr Verriegelungsoptionen zur Verfügung stehen. Durch die verschiedenen Marknagellängen, die zur Auswahl stehen, ergibt sich in Kombination mit den 4 proximalen Verriegelungslöchern ein in der Regel ausreichender Spielraum für die exakte Nagelplatzierung und adäquate Stabilisation der Platte im meta- und diaphysären Raum. Als generelle Regel sollte die Länge des retrograden Marknagel derart gewählt werden, dass die Trochanteren- Region erreicht wird.

Im Folgenden werden die einzelnen OP Schritte beschrieben und mit intraoperativen C-Bogen Röntgenbildern verdeutlicht. Wie bereits erwähnt, eignet sich das Rendez-vous Verfahren sowohl für die zweizeitige Versorgung nach DCO Richtlinien wie auch für eine einzeitige und definitive Versorgung. Die Entscheidung ob eine ein- oder zweizeitige Versorgung durchgeführt wird, sollte vor Beginn der Lagerungsmaßnahmen definitiv getroffen werden, da sich diese voneinander unterscheiden können und sonst intraoperative Umlagerungsmaßnahmen notwendig werden könnten. Da die Patienten in

der Regel mehrfach verletzt sind, empfehlen wir die im Folgenden beschriebene zweizeitige Versorgung.

2.2.5.2. Operationsablauf des ersten Schrittes

Für die Anlage des Fixateur externes wie auch für alle weiteren operativen Eingriffe zur Frakturstabilisation am Femur, empfiehlt sich in der Regel die Allgemeinnarkose. Eine begleitende Muskelrelaxationstherapie erleichtert die Fraktureposition erheblich.

2.2.5.2.1. Lagerung

Der Patient wird, sofern keine weiteren Begleitverletzungen dies verbieten, auf dem Rücken und möglichst weit an den Tischrand der verletzten Seite gelagert. Es erfolgt eine zirkuläre Hautdesinfektion und das freie Abdecken des verletzten Beines mit sterilen Tüchern bis in die Leiste. Auf eine freie Abbildungsmöglichkeit des gesamten Femurschaftes wie auch des angrenzenden Hüft- und Kniegelenkes mittels C-Bogen Bildwandler ist zu achten.

2.2.5.2.2. Aufbau des Fixateur externe zur operativen Stabilisierung der Schafffraktur

Als generelles Versorgungs- Prinzip empfehlen wir, die Frakturen von distal nach proximal zu stabilisieren. Daher muss zunächst die distale Fraktur, in der Regel die Schafffraktur stabilisiert werden. Ohne die Stabilisierung der Schafffraktur ist es häufig unmöglich, die proximale Fraktur-Komponente zu reponieren und auch zu retinieren.

Es werden in der Regel zwei 5mm oder 6mm Schanzschrauben proximal und distal der distalen Fraktur verwendet, die von streng lateral über zwei ausreichend dimensionierte Hautinzisionen eingebracht werden. Hierzu erfolgt die Hautinzision, das stumpfe Spreizen mit der Schere in die Tiefe und durch die Fascia lata bis auf die Femurdiaphyse. Anschließend erfolgt das Vorbohren, auch wenn selbstschneidende und selbstbohrende Pins verwendet werden. Für den richtigen Abstand zueinander und für eine parallele Ausrichtung der Pins empfiehlt sich die Verwendung der Halteklemmen des Fixateur-

Systems als Führung. Nach dem Vorbohren werden die Pins soweit eingeschraubt, sodass die Spitze um etwa 3mm die Gegenkortikalis überragt. Die Pinhalteklappen und die Längsträger werden montiert aber noch nicht festgezogen. Erst nach korrekter Frakturposition, die in mehreren Ebenen mittels Bildverstärker kontrolliert werden muss, werden alle Schrauben festgezogen.

Lässt es der Vitalzustand der Patienten zu, empfiehlt es sich, die proximale Fraktur gleich definitiv zu versorgen, da häufig die proximale, hüftgelenksnahe Fraktur mit dem Fixateur nicht adäquat und sicher zu stabilisieren ist.

2.2.5.2.3. Versorgung der proximalen Fraktur mit DHS

Nun erfolgt die Versorgung der hüftgelenksnahen Fraktur. Es wird eine 4-Loch DHS verwendet. Hierzu erfolgt die Anlage eines lateralen Zugangs, der circa 3cm proximal des Trochanter majors beginnt und etwa 15cm nach distal reicht. Der unter dem subcutanen Fettgewebe liegende Tractus iliotibialis wird längs gespalten und der Musculus vastus lateralis wird dorsal am Septum intermusculare abgelöst und nach ventral unter Zuhilfenahme eines Hohmann-Hebels angehoben.

Sofern noch nicht geschehen, muss die Fraktur nun korrekt reponiert werden. Dies kann durch Manipulation des zwischenzeitlich temporär mittels Fixateur extern stabilisierten distalen Femurs und Unterschenkel erfolgen. Auch eine direkte Reposition kann gelegentlich notwendig sein. Hierzu eignen sich beispielsweise kräftige K-Drähte der Stärke 2,0mm die seitlich am Trochanter und Schenkelhals vorbei in den Hüftkopf eingebracht werden können. Die ventral und dorsal liegenden Gefäße und nervalen Strukturen sind strikt zu schonen. Insbesondere bei der Verwendung von spitzen Instrumenten wie Hohmann-Hebeln muss darauf geachtet werden, dass die spitzen Enden nicht zu weit nach medial, ventral des Schenkelhalses eingebracht werden. Verletzungen der a. profunda femoris könnten hier zu massiven Blutungen führen, die nur über einen zusätzlichen ventralen Zugang adäquat versorgt werden können und ein nicht unerhebliches, vital bedrohliches Risiko für den Patienten darstellen können. (siehe: Abbildung 9: Repositionsmanöver der proximalen Fraktur).

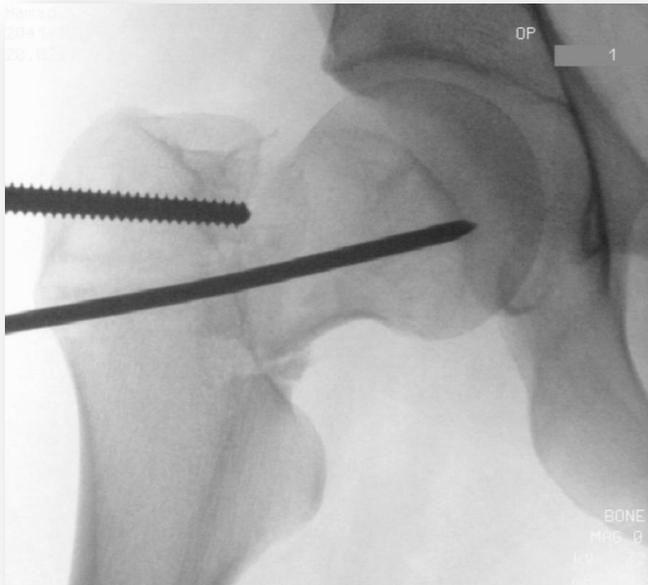


Abbildung 9: Repositionsmanöver der proximalen Fraktur



Abbildung 10: Korrekte Reposition der proximalen Fraktur

Ist die proximale Fraktur zufriedenstellend reponiert, kann nun das Zielgerät für die Schenkelhalsschraube seitlich angelegt werden. Nach Positionierung unter Beachtung der korrekten Antetorsion wird ein Zieldraht eingebracht. Dieser sollte zentrumsnah im dorso-caudalen Quadranten liegen. Für das Einbringen des Zieldrahtes empfiehlt es sich, die

laterale Kortikalis mittels 2.0mm Bohrer aufzubohren. Besteht die Gefahr eines Repositionsverlustes oder könnte sich der Hüftkopf beim Aufbohren oder Einschrauben der Schenkelhalsschraube mitdrehen, sollte bereits jetzt ein weiterer Zieldraht für eine kanülierte Antirotationsschraube eingebracht werden. Die Lagekontrolle der Drähte sollte sorgfältig und in mindestens zwei Ebenen (a.p. und Lauenstein Aufnahme) erfolgen. (siehe Abbildung 11: Lagekontrolle der Zieldrähte in 2 Ebenen)



Abbildung 11: Lagekontrolle der Zieldrähte in 2 Ebenen

Nun erfolgen die Längenmessung und das Aufbohren mit dem Stufenbohrer. Sollte die Gefahr der Torsion des Hüftkopfes beim Bohren oder Einschrauben der Schenkelhalsschraube bestehen, kann vor dem Aufbohren die Antirotationsschraube eingebracht werden. Hier hat sich das Verwenden einer kanülierten Schraube vom Typ Asnis™ III mit einem Durchmesser von 6,5mm bewährt (siehe: Abbildung 12: Einbringen der Antirotationsschraube).

Nach dem Aufbohren wird die Schenkelhalsschraube eingebracht. Sowohl beim Bohren als auch beim Eindrehen der Schenkelhalsschraube ist darauf zu achten, dass sich der Führungsdraht nicht mitdreht und dabei ins kleine Becken vordringt, wodurch es zu schwerwiegenden Hohlorgan- oder Gefäßverletzungen kommen kann.



Abbildung 12: Einbringen der Antirotationsschraube

Das Gewindeschneiden des Knochens ist zu empfehlen, sollte aber insbesondere beim harten Knochen eines jungen Patienten immer erfolgen.

Beim Eindrehen der Schenkelhalsschraube ist auf die korrekte Tiefe und auf die korrekte Endposition zu achten.

Die Schenkelhalsschraube darf auf keinen Fall die Knochengrenze des Hüftkopfes überragen und sollte mindestens 5mm darunter enden.

Ferner muss darauf geachtet werden, dass das Griffstück des T-förmigen Montagegriffes am Ende der letzten Umdrehung parallel zu Femurlängsachse steht.

(siehe: Abbildung 13: korrekte Endlage von Schenkelhals- und Antirotationsschraube)

Nur dann kann die Platte in richtiger Lage montiert werden und der Teleskopeffekt besteht.

Die DHS-Platte kann nun eingebracht werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass kein Muskel- oder Weichteilgewebe unter der Platte eingeklemmt wird. Nachdem die Platte korrekt liegt, kann der Führungsdraht entfernt werden.

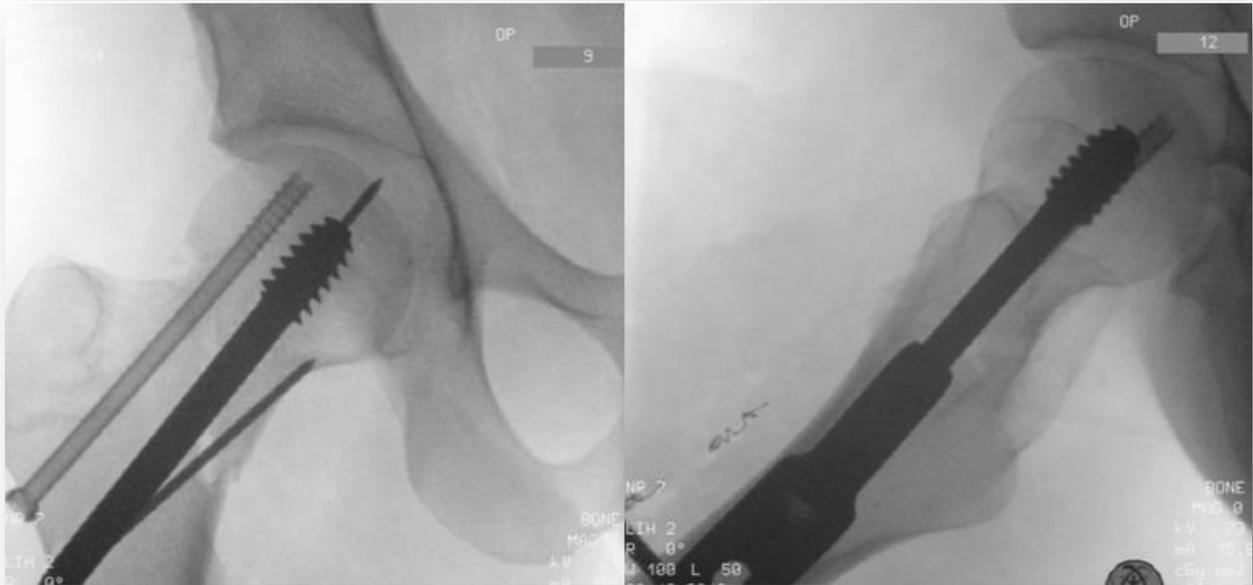


Abbildung 13: korrekte Endlage von Schenkelhals- und Antirotationsschraube

Die Platte wird mit Kortikalisschrauben des Durchmessers 4,5mm fixiert. Hier sollte jetzt bereits bedacht werden, dass der im zweiten Schritt eingebrachte retrograde Marknagel mit einer dieser Schrauben zusammen verriegelt wird.

Es sollte immer die distalste Schraube der Platte den Nagel mit verriegeln. Ansonsten müssten die Schrauben zwar durch die Platte, aber seitlich am Nagel vorbei eingebracht werden, was technisch schwierig sein kann.

Eine Drainage sollte eingelegt werden. Abschließend erfolgen der schichtweise Wundverschluss mit Einzelknopfnah und der Hautverschluss.

Hiermit ist eine stabile Erstversorgung abgeschlossen. Der Patient kann nun zur weiteren Therapie und Überwachung auf eine intensivmedizinische Station übernommen werden. Im Rahmen eines zweiten Eingriffes erfolgt dann der Wechsel des Verfahrens am distalen Femur mit Abbau des Fixateur externe und Osteosynthese mit dem retrograden Femurmarknagel. Als sinnvolles Zeitintervall hat sich der Zeitraum von 3-7 Tagen nach der Erstversorgung erwiesen.

2.2.5.3. Operationsablauf des zweiten Schrittes

2.2.5.3.1. Lagerung und Abbau des Fixateur externe

Der Patient wird nun wieder auf dem Rücken gelagert. Eine Lagerungsrolle sollte unter das Kniegelenk gelegt werden. Nach dem Abwaschen mit aseptischer Lösung bei liegendem Fixateur externe erfolgt das Abdecken mit sterilen Tüchern.

Dabei hat sich bewährt, für das aseptische Abwaschen, den Fixateur noch zu belassen, da so die Extremität deutlich leichter für den Abdeckvorgang hochgehalten werden kann. Anschließend kann der Fixateur steril demontiert werden.

2.2.5.3.2. Versorgung der distalen Fraktur

Es wird eine Längsinzision infrapatellar von etwa 3 cm Länge vom unteren Patellapol zur Tuberositas tibiae angelegt und das Ligamentum patellae wird freipräpariert. Das Ligamentum patellae kann längsgespalten werden, oder man wählt einen Zugang zum Gelenk medial des ligamentum patellae. Nun wird der korrekte Eintrittspunkt unter Zuhilfenahme eines Zieldrahtes und des BV in der fossa intercondylaris bestimmt. Der Insertionspunkt liegt mittig in der interkondylären Notch, anterior der Blumensaat-Linie. Die korrekte Definition des Marknagel Eintrittspunktes ist entscheidend für den weiteren Verlauf, für die Positionierung des Nagels und auch für die Frakturposition. (siehe: Abbildung 14: Bestimmung des Marknagel Eintrittspunktes a.p. und seitlich)

Nach Einbringen des Zieldrahtes wird dieser mithilfe des 12mm Bohrer überbohrt. Hierbei muss eine Führungshülse verwendet werden, um eine Beschädigung der Patellarrückfläche zu vermeiden und um zu verhindern, dass größere Mengen Bohrmehl ins Gelenk gelangen und dort verbleiben können.

(siehe: Abbildung 15: Aufbohren des Marknagel-Eintrittspunktes)

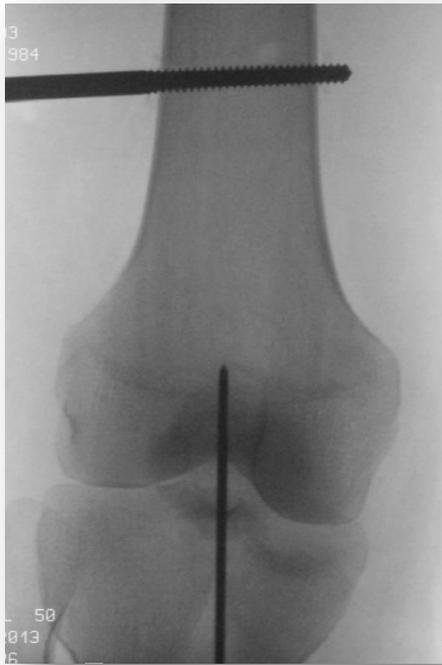


Abbildung 14: Bestimmung des Marknagel Eintrittspunktes a.p. und seitlich



Abbildung 15: Aufbohren des Marknagel-Eintrittspunktes

Anschließend wird der Bohrer mit dem Ziel-K-Draht entfernt und ein Führungsdraht der Länge 100 cm mit Olive wird eingeführt. Auf die korrekte intramedulläre Endposition des Führungsdrahtes ist zu achten.

(siehe: Abbildung 16: Korrekte Lage des Führungsdrahtes intramedullär)

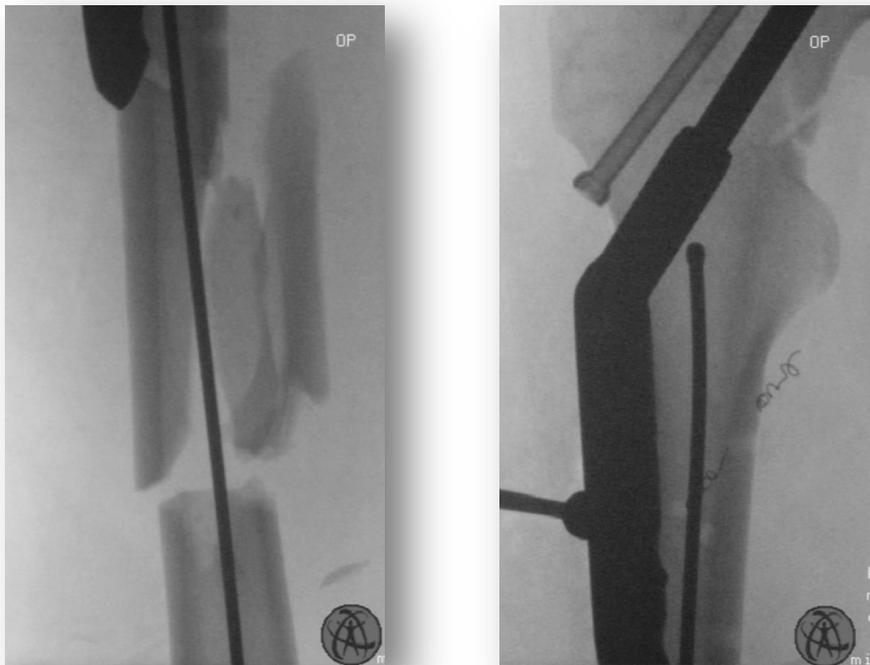


Abbildung 16: Korrekte Lage des Führungsdrahtes intramedullär

Es wird nun schrittweise über den liegenden Führungsdraht aufgebohrt. Der Durchmesser des Bohrers, mit dem ein hör- und spürbarer Kontakt an der diaphysären Kortikalis erreicht wird, bestimmt den zu verwendenden Nageldurchmesser. Der Markraum wird nun weiter aufgebohrt. Wir empfehlen den diaphysären Bereich 2 mm größer als der geplante Marknageldurchmesser aufzubohren, um den retrograden Marknagel problemlos einbringen zu können und das Risiko von Fissuren oder weiteren Frakturen zu reduzieren. Die Lage der Spitze des Führungsdrahtes proximal sollte immer wieder kontrolliert werden. Diese sollte etwa auf Höhe des trochanter minor, auf jeden Fall aber proximal des distalen DHS-Plattenendes liegen. Nun wird die korrekte Länge des Marknagels mittels Röntgenlineal oder durch subtraktive Messung mit Nagel-Längenmesser ermittelt. Beide Messgeräte werden vom Hersteller zur Verfügung gestellt. Für die Längenbestimmung des Nagels sollte größte Sorgfalt aufgewendet werden, da durch die spezielle Verriegelungstechnik bei diesem Verfahren wenig Spielraum bleibt. Wird der Nagel zu kurz gewählt, fehlt entweder die distale Stabilisation durch den Kortikaliskontakt des distalen Nagelendes, da dieses zu weit in den Knochen und somit in den Markraum geschoben werden muss, oder aber die proximale Verriegelung kann nicht wie geplant

durch die DHS Platte und den Marknagel erfolgen. Wird der Nagel hingegen zu lang gewählt, besteht proximal das gleiche Problem, oder aber der Marknagel steht distal ins Gelenk über, was in jedem Fall strikt vermieden werden muss.

Wurde die Länge und der Durchmesser des Implantates bestimmt, kann der Marknagel auf das Einschlaginstrument montiert und implantiert werden. Hierbei muss die anteriore Krümmung des Femurs, der auch die Form des Marknagels nachempfunden ist, beachtet werden. Während des Einschlagens sollten in regelmäßigen Abständen die Frakturstellung wie auch die Lage des Nagels und des Zieldrahtes unter Durchleuchtung kontrolliert werden. Der Marknagel muss soweit eingeschlagen werden, dass das distale Nagelende nicht die interkondyläre Notch überragt und ins Kniegelenk steht, was dort zu schweren retropatellären Schäden führen kann. Auch ein zu tiefes Einschlagen des Nagels ist ungünstig, da sonst, wie bereits beschrieben, die distale kortikale Führung verloren geht. Dies kann bis zu einem gewissen Maß durch eine Abschlusskappe, die in verschiedenen Dimensionen zur Verfügung steht, ausgeglichen werden.

Wesentlich und entscheidend ist die Positionierung der proximalen Verriegelungslöcher. Ziel ist es, mindestens eine Schraube zur Verriegelung des Marknagels durch die Platte der DHS zu führen.

Ist der Marknagel korrekt positioniert und die Fraktur reponiert, sollte bereits jetzt die korrekte, achsrichtige Femurstellung kontrolliert werden. Auch auf eine leicht zu übersehende Rotationsabweichung ist zu achten, da bis zur vollständigen Verriegelung die Femurfragmente entlang der Längsachse auf dem Nagel leicht gegeneinander verdreht werden können.

Vor dem Bohren der Verriegelungslöcher muss der Führungsdraht entfernt werden.

Nun erfolgt die proximale Verriegelung in Freihand-Technik. Hierbei müssen ein distales Loch der DHS Platte und ein proximales Verriegelungsloch des Nagels orthograd, genau auf einer Linie liegen. Dies sollte mittels Bildverstärker kontrolliert werden.

(siehe: Abbildung 17: orthograde Einstellung des Bohrloches)

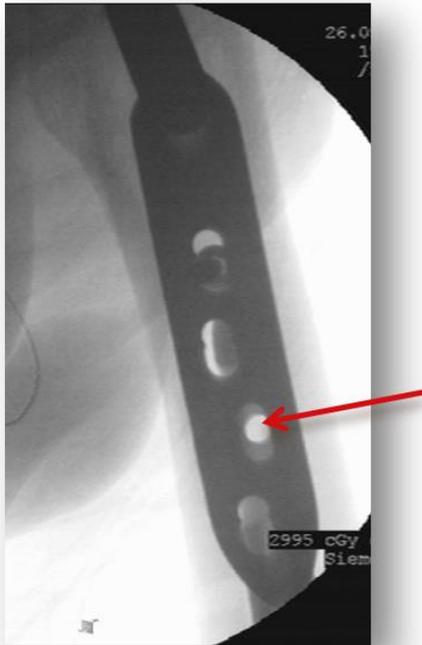


Abbildung 17: orthograde Einstellung des Bohrloches

Nun wird das Loch für die „Rendez-vous“ Verriegelung gebohrt. Beim Bohren sollte mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, da hierbei der Bohrer leicht abgebrochen werden kann. Nach dem Bohren wird mit dem Messgerät die Länge der Verriegelungsschraube bestimmt. (siehe: Abbildung 18: Bohren, Messen & Einbringen der „Rendez-vous“ Verriegelungsschraube)

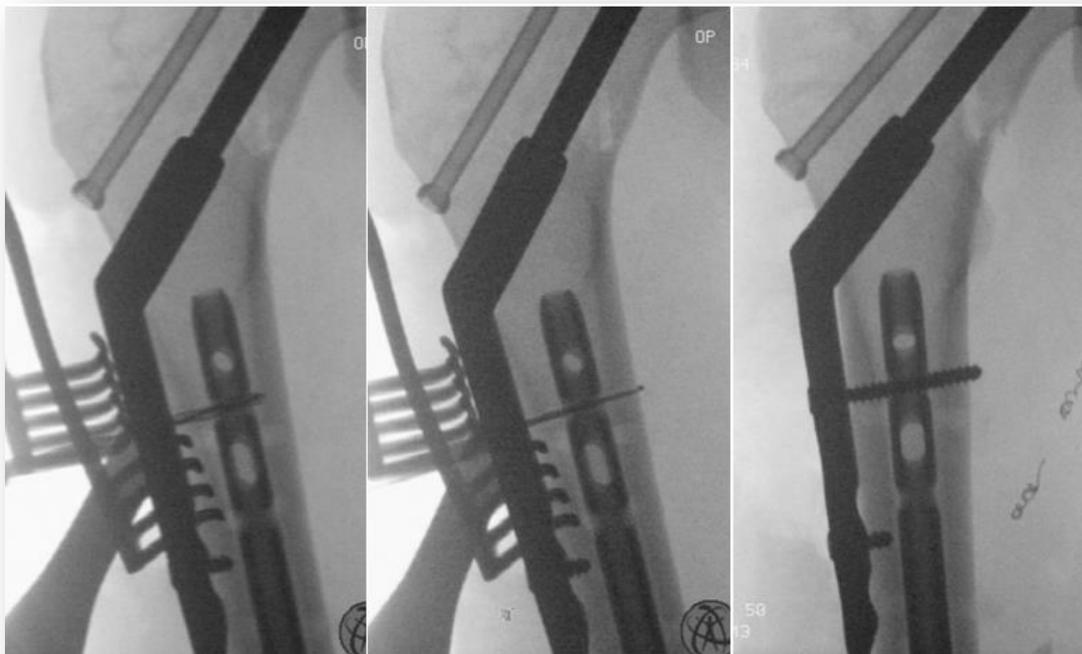


Abbildung 18: Bohren, Messen & Einbringen der „Rendez-vous“ Verriegelungsschraube

Anschließend werden die weiteren Verriegelungsschrauben des Marknagels freihand gebohrt und eingebracht. Erfahrungsgemäß kann nur eine Schraube sowohl durch die Platte als auch durch den Nagel eingebracht werden. Die weiteren von lateral und von ventral platzierten Schrauben müssen seitlich am Nagel vorbei in der Miss-a-nail-Technik eingebracht werden. Als hilfreich zeigt sich hierbei das Plattendesign der DHS Platte, bei der die seitlichen Schraubenlöcher, die für die Fixation der Platte am Schaft gedacht sind, nicht in einer Reihe, sondern versetzt positioniert sind.

Nach dem Einbringen aller proximalen Verriegelungsschrauben sollte eine BV Kontrolle erfolgen, um damit die korrekte Implantatlage, sowohl in der Platte als auch im Nagel zu überprüfen und zu dokumentieren.

(siehe: Abbildung 19: Bilddokumentation der korrekten Schraubenlage)

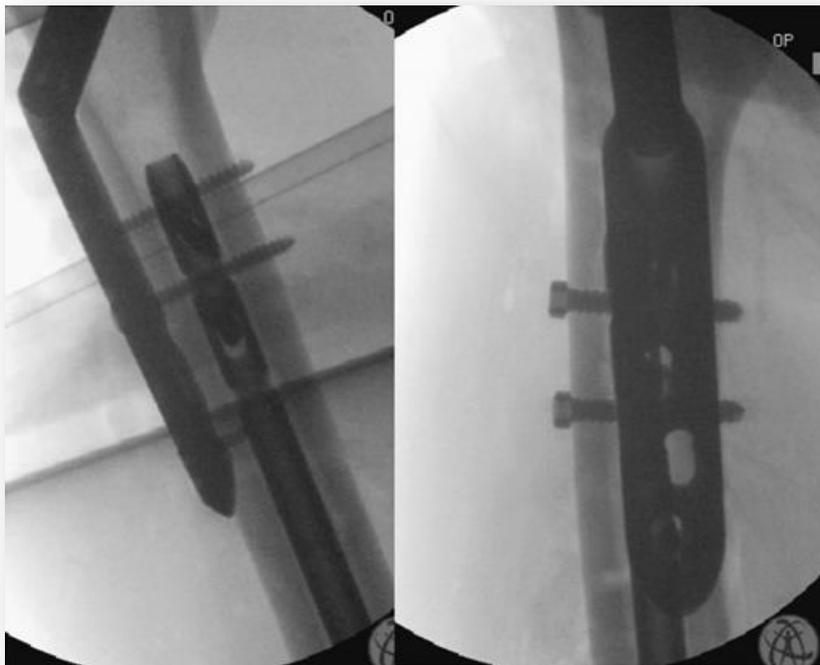


Abbildung 19: Bilddokumentation der korrekten Schraubenlage

Nachdem nun die proximale Verriegelung abgeschlossen ist besteht die letzte Möglichkeit, nochmals die korrekte Reposition der Fraktur, die Position der Frakturfragmente sowie die richtige Rotation zu überprüfen und im Bedarfsfall zu korrigieren.

Erst dann sollte die distale Verriegelung unter Verwendung des Zielgerätes durchgeführt werden. Bei sehr weichem Knochen können die dafür vorgesehenen Kondylenschrauben verwendet werden.

Je nach Frakturtyp stehen hier drei verschiedenen Verriegelungsoptionen zur Verfügung.

- Statisch
- dynamisch
- komplex

Bei letztgenanntem besteht die Möglichkeit, die Fraktur mittels kurzer Kompressionsschrauben „anzukomprimieren“ und den Nagel dann statisch zu verriegeln. Die Dynamische Verriegelung sollte initial immer auch statisch verriegelt werden und erst nach mehreren Wochen „dynamisiert“ werden, indem die distale statische Verriegelungsschraube entfernt wird. Auch hier ist wieder darauf zu achten, dass die Dynamisierungsstrecke ausreichend dimensioniert wurde, und der Nagel auch bei maximaler Dynamisierung nicht distal ins Gelenk übersteht.

Prinzipiell empfohlen wird die statische oder komplexe Verriegelung. Statisch sollte bei schräg, Spiral oder Trümmerbrüchen zur Anwendung kommen, die komplexe bei queren Schafffrakturen. (siehe: Abbildung 20: Abgeschlossene distale komplexe Verriegelung)

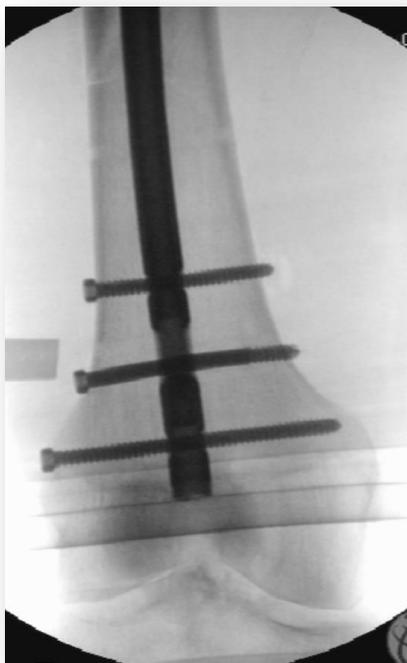


Abbildung 20: Abgeschlossene distale komplexe Verriegelung

Nach Demontage des Zielgerätes sollte eine Endkappe ausgewählt und montiert werden. Diese Kappen sind in vier Größen erhältlich und dienen zum einen einer besseren kortikalen Abstützung und Führung des Nagels. Ferner verhindert sie ein Einwachsen von Bindegewebe in das Gewinde des Nagels, was spätestens bei einer eventuellen Entfernung des Nagels zu Schwierigkeiten führen kann.

Zum Abschluß sollte das Kniegelenk gründlich gespült werden um Knochenmehl aus dem Gelenk zu entfernen. Wir empfehlen die Einlage einer Drainage. Es folgt der mehrschichtige Wundverschluss, wobei das Ligamentum patellae sorgfältig mittels Naht rekonstruiert werden sollte.

2.2.5.4. Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt immer individuell an das Verletzungsausmaß, das Alter des Patienten, eventuelle Begleiterkrankungen sowie an die Stabilität der Versorgung angepasst.

Die Drainage wird in der Regel nach zwei Tagen entfernt. Bei regelrechter Wundheilung kann die Entfernung des Nahtmaterials nach 12 Tagen erfolgen.

Prinzipiell wird eine Teilbelastung von 10 - 20 kg für 6 Wochen verordnet.

Sofern möglich, wird die Teilbelastung unter Verwendung von Unterarmgehstützen umgesetzt. Ist dies aufgrund zusätzlicher Verletzungen an den oberen Extremitäten nicht möglich, können alternativ Achselgehstützen oder ein Unterarmgehwagen eingesetzt werden.

Ziel sollte immer eine möglichst frühe Mobilisation sein, weshalb in der Regel ab dem 2. postoperativen Tag mit physiotherapeutischen Übungsbehandlungen begonnen wird.

Es wird eine postoperative Röntgenkontrolle nach Beginn der Mobilisation im Rahmen des stationären Aufenthaltes innerhalb der ersten postoperativen Woche angefertigt. Weitere radiologische Verlaufskontrollen erfolgen nach 4 bis 6 Wochen zur Stellungs- und Konsolidierungskontrolle und vor Freigabe der beschwerdeorientierten Aufbelastung. Ab dann werden klinische und röntgenologische Verlaufskontrollen alle 6 Wochen im Rahmen der Sprechstundenkontrollen vorgenommen. Bis zum zweiten Jahr werden die Verlaufskontrollen auf ein Zeitintervall von 3-6 Monaten ausgeweitet. Wird eine knöcherne

Konsolidierung bereits im Verlauf radiologisch dokumentiert und ist der Patient beschwerdefrei, kann das Konsultationsintervall weiter ausgedehnt werden.
(siehe: Abbildung 21: Ausheilungsergebnis nach „Rendez-Vous“-Versorgung)



Abbildung 21: Ausheilungsergebnis nach „Rendez-Vous“-Versorgung

Eine Metallentfernung ist nicht zwingend erforderlich, kann aber bei störendem Implantat erfolgen. Insbesondere proximal können Reizungen des Tractus iliotibialis durch die seitlich aufliegende DHS Platte entstehen. Für eine elektive Metallentfernung muss die knöcherne Heilung radiologisch eindeutig nachgewiesen sein, und die Entfernung des

Osteosynthesematerialies sollte frühestens nach 6 Monaten, in der Regel aber erst 12 Monate nach Stabilisation durchgeführt werden.

2.2.6. Revisionseingriffe

Ein Revisionseingriff wurde und werden immer in Abhängigkeit der jeweiligen Situation und des klinischen Befundes indiziert und durchgeführt. Die Behandlungsmaßnahmen orientieren sich an der Befundkonstellation, der Dringlichkeit, dem Leidensdruck und der Prognose.

Ursachen für einen Revisionseingriff können, wie bei anderen Osteosynthesen auch sein:

- Implantatversagen
- Fehlstellungen
- Infektionen
- verzögerte Knochenbruchheilungen oder Pseudarthrosen.

Die Art des Revisionseingriffes orientierte sich dabei immer an der Ursache des jeweiligen Falles. Als Revisionseingriffe werden Implantatwechsel, wenn möglich mit Aufbohrung des Markraumes, lokale Pseudarthrosenresektionen mit Anlagerung von Spongiosa oder Spongiosaplastiken, die in der Regel vom ipsilateralen Beckenkamm entnommen werden, durchgeführt.

Ein Implantatwechsel kann einen Wechsel gegen ein baugleiches, ein größer oder stärker dimensioniertes oder konstruktiv/konzeptionell andersartiges Implantat bedeuten. Bei septischen oder infizierten Osteosynthesen wird der in unserem Hause etablierte Behandlungsstandard durchgeführt. Hierzu erfolgt immer die Entfernung des Implantates, die temporäre externe oder interne Stabilisation mittels Wechselimplantat sowie mehrere Debridement-Eingriffe. Diese werden wiederholt, bis in zwei mikrobakteriologischen Abstrichen in Folge kein Bakterienwachstum mehr nachweisbar ist.

In geeigneten Fällen kommt bei ausbleibender Knochenbruchheilung oder Pseudarthrose, trotz korrekter Implantatlage und achsrichtigen Stellungsverhältnissen, die extrakorporale Stoßwellentherapie zur Anwendung.

2.2.7. Statistische Untersuchung

Die Daten wurden mithilfe der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Vs. 19 (IBM®, USA) analysiert.

Die Gruppenverteilung wurde mit dem Kolmogorov Smirnow Test auf Normalverteilung getestet und parametrische Werte mit Mittelwerten und Standardabweichung angegeben. Zur Anwendung kamen der T-Test bei zwei unabhängigen Stichproben und die einfaktorielle Anova Varianzanalyse bei mehr als zwei unabhängigen Stichproben für normalverteilte Daten. Zusätzlich erfolgte mit der Regressionsanalyse die statistische Auswertung abhängiger Variablen der Gruppen.

Nicht parametrisch verteilte Daten wurden als Median mit Konfidenzintervall angegeben. Die Gruppenunterschiede wurden mit dem Mann-Whitney U Test untersucht und Korrelationen mit dem Spearman Testverfahren.

Fallzahlkalkulationen erfolgten im Weiteren mit Hilfe der berechneten Mittelwerte und Standardabweichungen. Es wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ und einer Power von 80 % vorausgesetzt. Die Berechnungen wurden mit einem open source Programm von <http://www.clinical-trials.de/> durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Auswertung der patientenbezogenen Daten

3.1.1. Patientenkollektiv

Von den 60 untersuchten Patienten waren 47 Männer und 13 Frauen.

(siehe Abbildung 22: Geschlechterverteilung) Das Durchschnittsalter für beide Geschlechter gemeinsam lag bei 46,2 Jahren, wobei der jüngste Patient eine 17-jährige Frau und der älteste Patient eine 90-jährige Dame waren. Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 43,23 Jahren ($\pm 21,9$), das der Männer bei 47,02 Jahren ($\pm 13,6$). (siehe Abbildung 23: Altersverteilung)

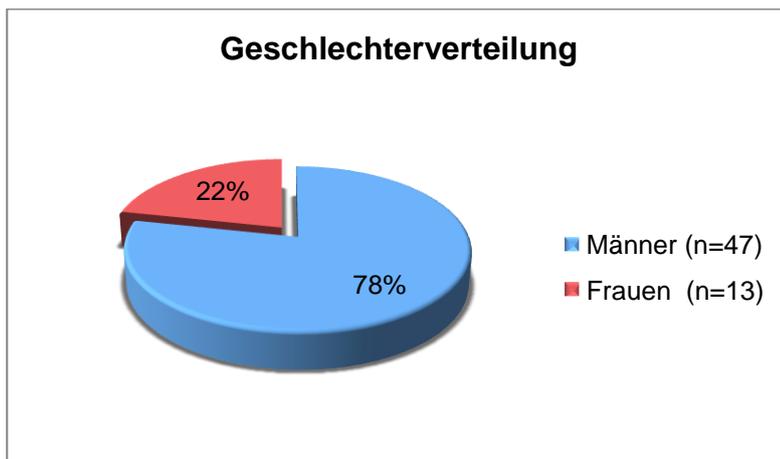


Abbildung 22: Geschlechterverteilung

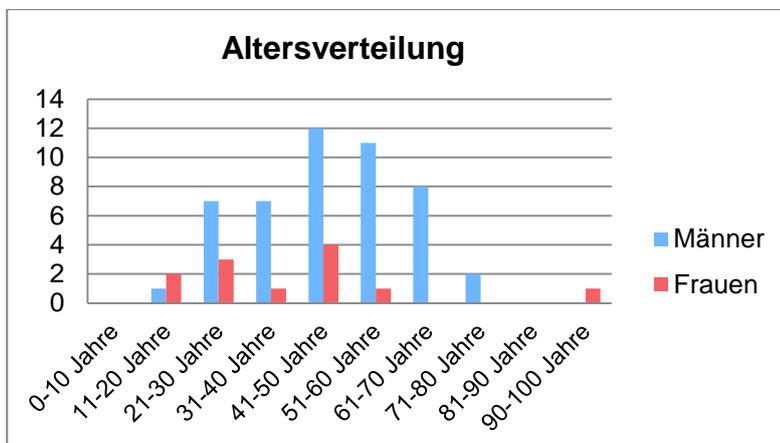


Abbildung 23: Altersverteilung

3.1.2. Ursache der Traumatisierung

Die häufigste Verletzungsursache insgesamt war ein Unfall im Straßenverkehr.

29 Patienten waren Opfer eines Motorradunfalles.

25 Patienten waren Insasse eines verunglückten PKW oder LKW.

Ein Sturz aus größerer Höhe über 4m war bei 3 Patienten, ein Sturz aus unter 4m

Fallhöhe war bei zwei Patienten die Verletzungsursache. Ein Patient erlitt ein

Überrolltrauma und zog sich hierbei die Mehretagenfrakturen des Femurs zu.

(siehe Abbildung 24: Unfallursache)

Bei 54 Patienten lag eine Polytraumatisierung ($ISS \geq 16$) vor, eine Monoverletzung wurde bei 6 Patienten diagnostiziert.

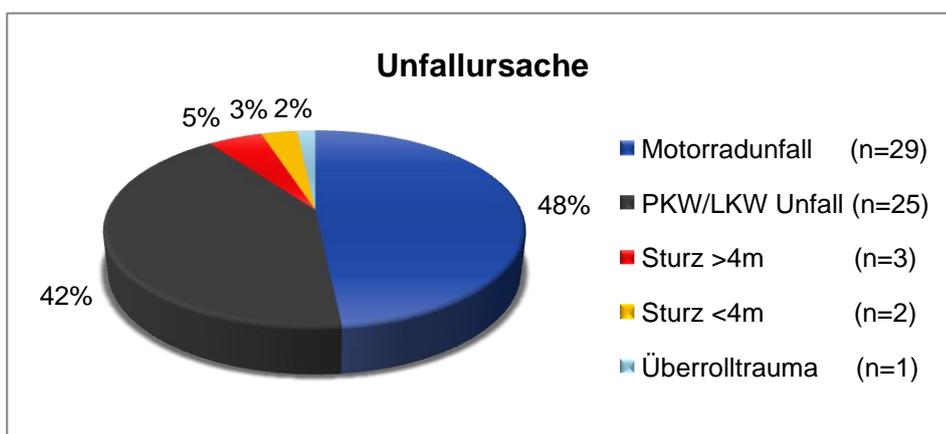


Abbildung 24: Unfallursache

3.1.3. Letalität:

Von den Untersuchten 60 Patienten verstarben drei im Rahmen des stationären Aufenthaltes an den Folgen ihrer Begleitverletzungen. Die Letalität betrug daher im Beobachtungszeitraum von 10 Jahren bei 60 in die Untersuchung eingeschlossenen Patienten und 3 Verstorbenen, 5 %. Einer dieser drei Patienten wurde im Rahmen der weiteren Versorgung aus dem Ausland in die BGU Murnau zuverlegt und verstarb im Laufe der stationären Behandlung.

3.2. Frakturspezifische Daten

3.2.1. Frakturlokalisationen:

3.2.1.1. Proximal:

Bei den proximalen Frakturen handelte es sich bei 22 Fällen (= 37%) um Schenkelhalsfrakturen, 15 mediale (= 25%) und 7 (= 12%) laterale, die gemeinsam nach AO Klassifikation in der Gruppe 31-B zusammengefasst werden können. 20 Frakturen (= 33%) verliefen durch die Trochanterregion wobei auch pertrochantäre Trümmerfrakturen nach AO 31-A hinzugezählt wurden. Subtrochantäre Frakturen lagen in 6 Fällen (= 10%) vor. Diese können auch mit den 3 proximalen Schaftfrakturen und im weiteren Sinne auch mit den 9 Schaftfrakturen (insgesamt 20%) im mittleren Drittel zusammengefasst werden und sind nach AO Kriterien als 32-Frakturen zu klassifizieren. (siehe Abbildung 25: Frakturlokalisation proximal)

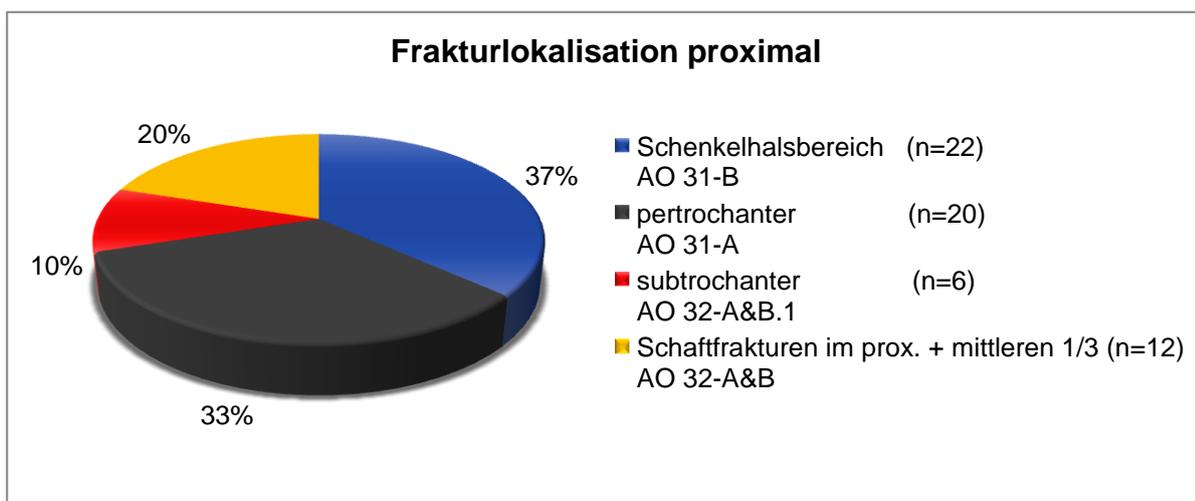


Abbildung 25: Frakturlokalisation proximal

3.2.1.2. Distal:

Betrachtet man isoliert die distalen Frakturen, so fanden sich in 32 Fällen (= 53%) Frakturen im mittleren Schaftdrittel, gefolgt von 21 Frakturen (= 35%) im distalen Drittel, wobei auch diese wieder als AO 32-Frakturen zusammengefasst werden können. Sieben (=12%) Frakturen wurden als interkondyläre Femurfrakturen AO Typ 33 B & C gewertet. (siehe Abbildung 26: Frakturlokalisation distal)

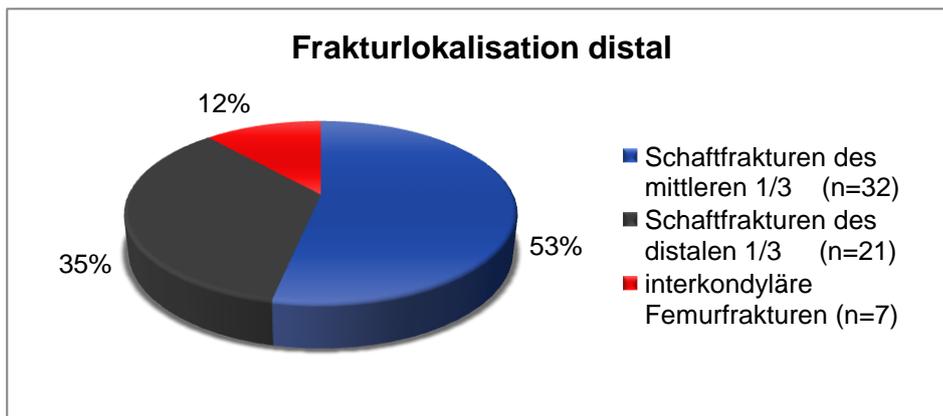


Abbildung 26: Frakturlokalisation distal

Zusammenfassend: Proximal war mit 37% die Fraktur am häufigsten im Schenkelhalsbereich im Sinne von AO 31-B Frakturen und distal mit 53% im mittleren Schaftbereich, nach AO unter 32 zusammengefasst.

3.2.2. Kombinationen der Frakturen: Die Mehretagenfraktur

Betrachtet man die verschiedenen Konstellationen der Mehretagenfrakturen, so war mit 17 Fällen (= 28%) die häufigste Kombination eine Fraktur des Schenkelhalses, AO 31-B mit einer Fraktur des Femurschaftes im mittleren Drittel AO Typ 32. In 13 Fällen (= 22%) fand sich eine pertrochantäre Femurfrakturen, AO Typ 31-A in Kombination mit einer Schaftfraktur im mittleren Drittel, Typ AO 32. Bei 6 Patienten (= 10%) traten Schaftfrakturen im mittleren und distalen Drittel in Kombination auf, wobei zwei einzelständige und unabhängige Frakturen vorliegen mussten.

Im weiteren Sinne können diese Frakturen als AO 32-C2 Frakturen gewertet werden. Mehrsegmentale Trümmerfrakturen, AO Typ 32-C1 und AO Typ 32-C3 wurden nicht gewertet, da es sich hierbei nicht um solitäre Frakturen handelt, es sei denn, es bestand zusätzlich noch eine weitere, davon unabhängige Fraktur.

In 4 Fällen (= 7%) bestand eine Schenkelhalsfraktur (AO 31-B) zeitgleich mit einer Schaftfraktur des distalen Drittels (AO 32). Ebenso traten jeweils 4 Frakturen (= 7%) der pertrochantären (AO 31-A) und der subtrochantären (AO 32 A-C(1-3).1) Femurfraktur gemeinsam mit einer Femurschaftfraktur des distalen Drittels (AO32) auf. Diese wurden in der folgenden Grafik zur besseren Veranschaulichung zusammengefasst. (siehe Abbildung 27: Häufigkeit der jeweiligen Frakturkombinationen)

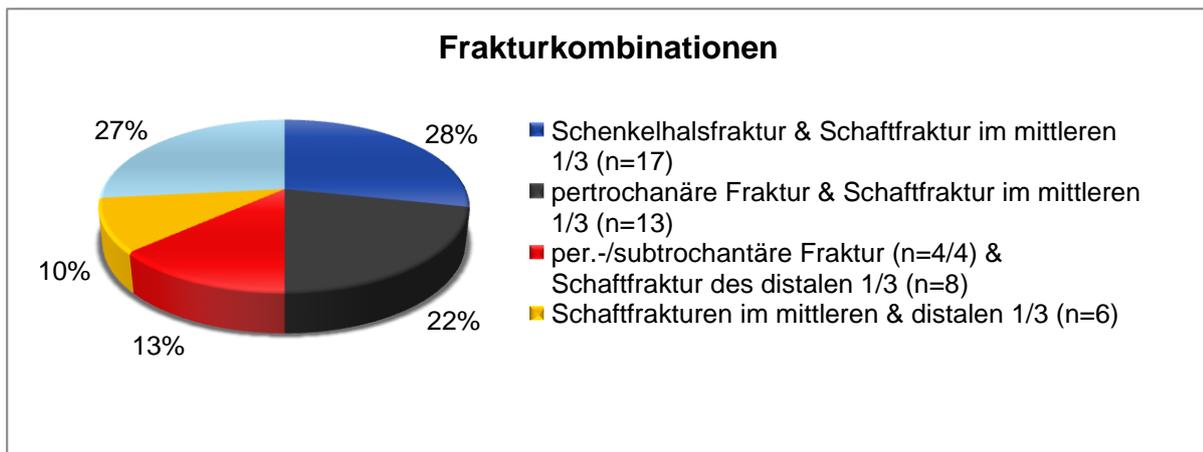


Abbildung 27: Häufigkeit der jeweiligen Frakturkombinationen

Alle Patienten (n=60) wurden einer operativen Stabilisierung zugeführt, wobei nicht alle Primäreingriffe in der BG Unfallklinik Murnau erfolgten. Alle Frakturen, die sofort erkannt wurden, wurden auch operativ stabilisiert.

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Patienten wurden größtenteils (n=49 = 82%) in der BG Unfallklinik Murnau mindestens einmal operativ behandelt. Nicht alle wurden direkt zur Erstversorgung in unser Haus verbracht.

29 Patienten (= 48%) wurden bereits in einem anderen Haus operativ erstversorgt oder zumindest mittels Fixateur externe temporär stabilisiert.

Vier Patienten (= 7%) wurden nach einer Primärstabilisation mittels Fixateur externe außer Haus zur definitiven Osteosynthese in die BG Unfallklinik Murnau verlegt. 31 Patienten (= 52%) wurden in der BG Unfallklinik Murnau komplett versorgt.

3.3. Arten und Verteilung der Stabilisationsverfahren

3.3.1. Versorgungen in der BG Unfallklinik Murnau

3.3.1.1. Versorgungsstrategien in der BG Unfallklinik Murnau

Von den 31 Patienten, die vom Unfalltag an in der BG Unfallklinik Murnau operativ behandelt wurden, wurden 15 einer direkten, definitiven Versorgung zugeführt. 16 Patienten wurden dem Damage Control Orthopedic, kurz DCO-Prinzip folgend aufgrund

der Verletzungsschwere im Rahmen eines zweizeitigen Verfahrens behandelt. Ein Patient (= 2%) hiervon verstarb noch vor der definitiven Versorgung. Somit wurden 15 Patienten (= 25%) definitiv im Rahmen eines zweiten Eingriffes versorgt. In der Regel wurde der zweite Eingriff innerhalb von 6 Tagen (Mittelwert 6,36 Tage \pm 3,42) durchgeführt.

Von den 15 primär, definitiv versorgten Patienten (= 50%) erhielten 80% (n=12) ein „All-in-one“ Implantat und bei 3 (= 20%) wurden die Frakturen einzeln mit solitären Implantaten stabilisiert. Alle drei wurden distal mit einer LISS Platte versorgt und zwei davon proximal mit kurzem Gamma-Nagel. Ein Patient erhielt primär eine Hüft Totalendoprothese. Von den 12 „All-in-one“ Implantaten erhielt die Hälfte (n=6) einen langen Gamma-Nagel. Die anderen 6 Patienten erhielten einen T2-Marknagel (3 retrograd, 3 antegrad).

Von den 15 zweizeitig versorgten Patienten wurden zwei ebenfalls mittels „All-in-one“ Implantaten versorgt. In einem Fall mit einem langen Gamma-Nagel, im anderen mit einem retrograden T2-SCN Marknagel. 4 Patienten erhielten zur distalen Frakturstabilisation eine Plattenosteosynthese (2 LISS, 2 LCDCP). Die proximalen Frakturen dieser Patienten wurde in 3 Fällen mittels DHS und Antirotationsschraube, in einem Fall mittels direkter Verschraubung mit ASNIS Schrauben versorgt.

8 Patienten wurden entsprechend unseres „Rendez-vous“ Konzeptes zweizeitig mittels retrogradem Marknagel in Kombination mit einer DHS osteosynthetisch stabilisiert.

3.3.1.2. Frakturversorgung der BGU Murnau proximal

Aufgegliedert nach Frakturversorgungsverfahren, unabhängig ob ein- oder zweizeitig, wurden 12 proximale Frakturen (= 40%) mittels DHS stabilisiert. 8 davon mit zusätzlicher Antirotationsschraube. 7 lange Gamma-Nägel (= 23%), zwei mit Cerclage und zwei kurze Gamma-Nägel (= 7%) wurden verwendet. 4 Marknägel (= 13%) vom Typ T2-SCN und 3 reguläre T2 Marknägel (= 10%) mit Antirotationsplatte wurden zur Stabilisation der proximalen Fraktur verwendet. Eine mediale, undislozierte Schenkelhalsfraktur konnte direkt mit ASNIS Schrauben (= 3%) stabilisiert werden. Ein Patient erhielt eine Hüft Totalendoprothese und ein Patient verstarb noch vor der definitiven Versorgung. Ein weiterer Patient verstarb nach der operativen Stabilisation an den Folgen seiner Begleitverletzungen.

(siehe: Abbildung 28: Proximale Versorgungen BGU Murnau)

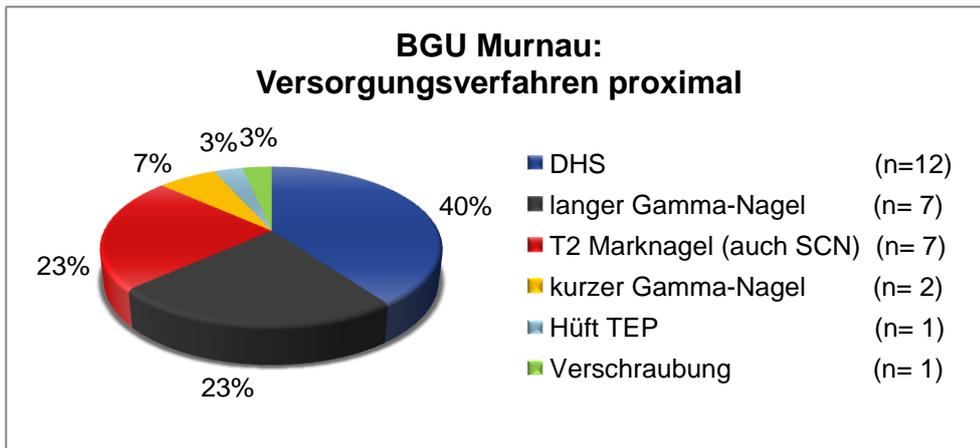


Abbildung 28: Proximale Versorgungen BGU Murnau

3.3.1.3. Frakturversorgung der BGU Murnau distal

Bei 14 Patienten (= 23%) wurde im Rahmen einer „All-in-one“ Versorgung die distale Fraktur mit dem Implantat der proximalen Fraktur gefasst. Die Verteilung entspricht daher der proximalen „All-in-one“ Verteilung. 8 distale Frakturen (= 27%) wurden mittels retrogradem T2 nach dem „Rendez-vous“ Prinzip stabilisiert.

In 6 Fällen wurden Plattenosteosynthesen (4 LISS, 2 LCDCP) und in zwei retrograde Marknagelstabilisationen mit dem T2 SCN in kurzer Ausführung durchgeführt.

(siehe: Abbildung 29: distale Versorgungen BGU Murnau)

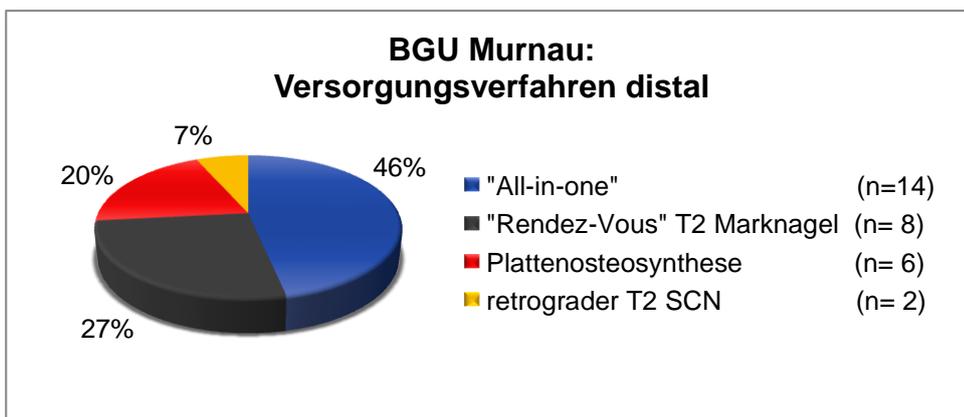


Abbildung 29: distale Versorgungen BGU Murnau

3.3.2. Versorgungungen außerhalb der BG Unfallklinik Murnau

3.3.2.1. Versorgungsstrategien außerhalb der BG Unfallklinik Murnau

29 Patienten (= 48%) wurde nicht in der BG Unfallklinik Murnau operativ erstversorgt. Bei über der Hälfte (62%) der Patienten (n=18), die nicht in unserem Haus erstversorgt wurden (n=29), wurde bereits am Unfalltag im Sinne einer einzeitigen Versorgung eine definitive Osteosynthese durchgeführt. Dementsprechend wurden 11 Patienten (= 38%), die außer Haus erstversorgt wurden, einem zweizeitigen Behandlungsregime zugeführt. Vier Patienten davon wurden entsprechend dem DCO Konzept mittels Fixateur externe auswärtig erstversorgt. Einer davon erhielt bereits im Rahmen der Erstversorgung proximal eine DHS. Diese vier Patienten wurden zum zweiten und definitiven Eingriff in unser Haus verlegt.

(siehe: Abbildung 30: Versorgungsstrategieverteilung)

Bei diesen 4 Patienten wurde bei einem das Rendez-vous Verfahren angewandt, ein Patient erhielt zur bereits implantierten DHS einen kurzen retrograden T2-SCN Marknagel und ein Patient wurde mittels langem retrogradem T2-SCN und Antirotationsplatte stabilisiert. Der letztgenannte Patient erhielt proximal eine DHS und distal eine Plattenosteosynthese mittels LISS Platte.

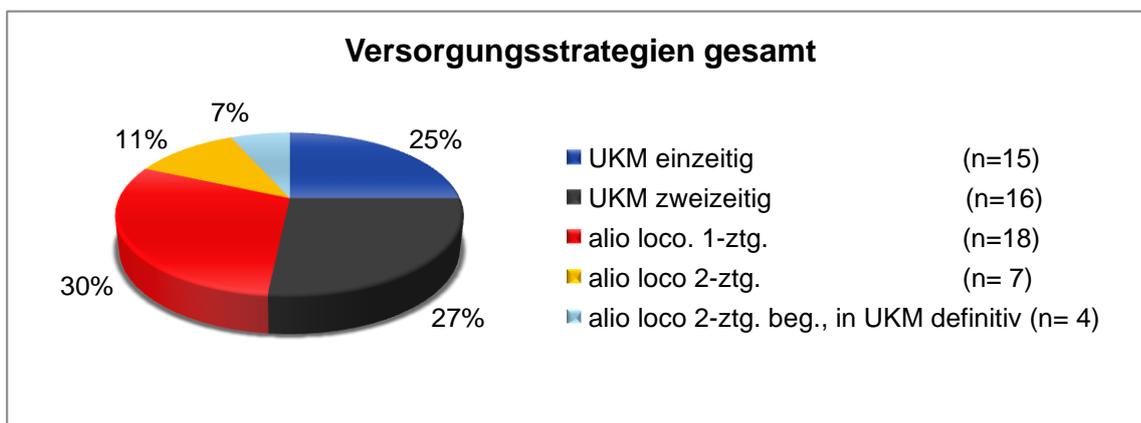


Abbildung 30: Versorgungsstrategieverteilung

3.3.2.2. Frakturversorgung alio loco proximal

Die 25 Patienten (= 42%), die in der BG Unfallklinik Murnau weder primär (n= 29), noch im Rahmen des zweizeitigen Eingriffes (n= 4) behandelt wurden, können anhand der

Frakturversorgungen folgendermaßen eingeteilt werden. Sieben (= 28%) proximale Frakturstabilisationen erfolgten mittels Proximalem Femurnagel Antirotation PFNA von Synthes, 5 (= 20%) mit langem Gamma-Nagel, drei davon mit Cerclagen. In jeweils 4 Fällen (= 17%) wurde eine DHS oder Schrauben zur direkten Schenkelhals-Verschraubung verwendet. 3 Frakturen (= 12%) wurden mit als „All-in-one“-Device verwendeten retrograden Marknägeln gefasst. Ein solider Femurnagel UFN von Synthes wurde ebenso als „All-in-one“ Implantat zur proximalen Frakturstabilisation verwendet. Eine proximale Fraktur (= 4%) wurde übersehen und erst deutlich verzögert als Schenkelhalspseudarthrose detektiert, weshalb hier nur noch die Implantation einer Hüft Totalendoprothese erfolgen konnte.

(siehe: Abbildung 31: proximale Frakturversorgung a.l.)

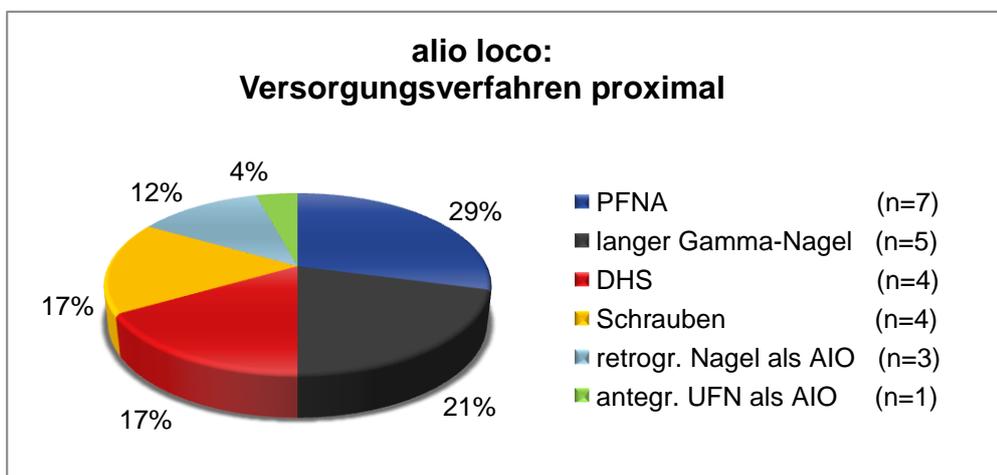


Abbildung 31: proximale Frakturversorgung a.l.

3.3.2.3. Frakturversorgung alio loco distal

Die Frakturversorgung der distalen Frakturen erfolgte auswärts insgesamt in 14 Fällen (= 56%) mittels „All-in-one“ Implantaten, in 4 Fällen (= 16%) mittels retrogradem Marknagel, in 3 (= 12%) mit antegradem Marknagel. Zwei Frakturen (= 8%) wurden mittels Non-Contact Bridging Platten, kurz NCB Platten der Firma Zimmer versorgt. In einem Fall (= 4%) erfolgte die Stabilisation einer interkondylären Femurfraktur mittels Schraubenosteosynthese und in einem Fall wurde das „Rendez-vous“-Verfahren in einem anderen Krankenhaus angewendet.

(siehe: Abbildung 32: distale Frakturversorgung a.l.)

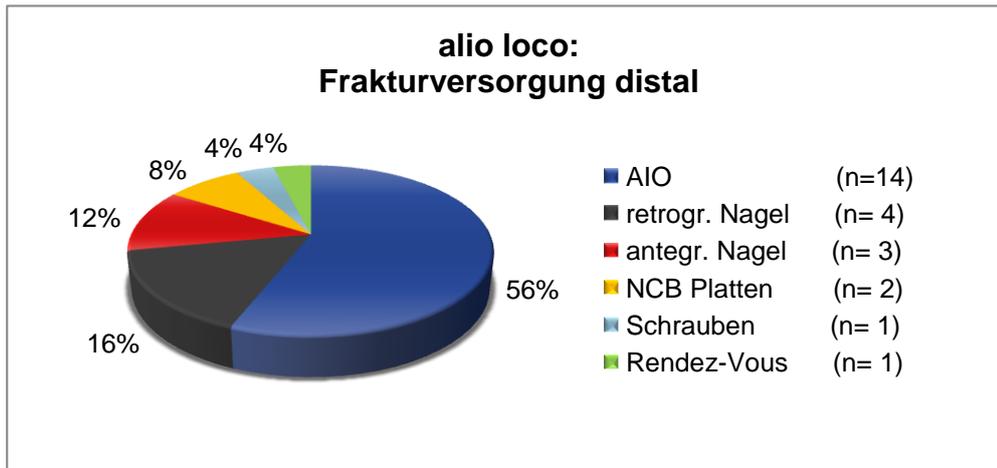


Abbildung 32: distale Frakturversorgung a.I.

Die außer Haus durchgeführten 14 „All-in-one“-, kurz AIO Versorgungen wurden in 4 Fällen mittels PFNA von Synthes, in 4 Fällen mittels langem Gamma-Nagel, davon zwei mit Cerclagen, in drei Fällen mittels retrogradem Marknagel, in einem mit antegradem UFN Marknagels, in einem mit PFN von Synthes sowie in einem mit extra langer DHS versorgt.

Fasst man die einzelnen AIO Versorgungen konzeptionell zusammen, so wurden diese 14 Femur-Mehretagenfrakturen in 9 Fällen (= 64%) mit einem intramedullären Marknagel mit Schenkelhalskomponente (PFNA, langer Gamma-Nagel und PFN von Synthes), in vier Fällen (= 29%) mittels Marknagelimplantat ohne Schenkelhalskomponente und in einem Fall (= 7%) mittels lateralem Plattenimplantat mit Schenkelhalskomponente versorgt.

Die 14 AIO Versorgungen in der BGU Murnau wurden in 8 Fällen mit einem einzigen Implantat versorgt. Die anderen 6 Patienten wurden zusätzlich mit Cerclagen oder Antiroationsplatten versorgt, wobei die Hauptosteosynthese der beiden Frakturen aus einem Implantat bestand. Davon wurden die eine Hälfte (n= 7) mit einem langen Gamma-Nagel, die andere Hälfte mit einem regulären T2 Marknagel (3 antegrad, 4 retrograd) versorgt.

3.4. Behandlungsergebnisse

3.4.1. Behandlungsergebnisse der BG Unfallklinik Murnau

Von den 31 Patienten, die ab dem Unfalltag in der BG Unfallklinik Murnau behandelt wurden, heilten 20 knöchern zeitgerecht aus und hatten einen komplikationslosen Heilverlauf. Die Knochenbruchheilung beider Frakturen konnte durchschnittlich nach 5 Monaten röntgenologisch nachgewiesen werden. Die proximale Frakturkomponente heilte dabei mit 3-4 Monaten etwas schneller als die Schaftkomponente mit gut 5 Monaten. 13 Patienten hatten sich bereits einer operativen Metallentfernung unterzogen. Bei einem Patienten konnte eine verzögerte Knochenbruchheilung diagnostiziert werden.

Sieben Patienten (= 23% der in der BGU Murnau versorgten Patienten) entwickelten nach Stabilisation im Verlauf eine behandlungsbedürftige Pseudarthrose. Bei einem Patienten (= 3,2%) konnte die proximale Schenkelhalsfraktur initial nicht detektiert werden und nach 8 Tagen musste ein Revisionseingriff mit sekundärer Stabilisation der proximalen Fraktur erfolgen. Auch retrospektiv ist die proximale Fraktur in den CT-Aufnahmen vom Unfalltag nicht zu erkennen.

Zwei Patienten (= 6%) verstarben während der stationären Behandlung, sodass die Auswertung der Frakturheilung nicht abgeschlossen werden konnte.

Bei fünf Patienten wurden die Frakturen als offene Frakturen gewertet und es erfolgten mehrere Revisionseingriffe zur Wundkonditionierung. Bei einem dieser Patienten kam es zu einer verzögerten Knochenbruchheilung, wobei kein osteosynthetischer Revisionseingriff mehr notwendig war. Ein Patient mit offener Femurschaftfraktur im distalen Drittel nach Überrolltrauma bot das Bild eines Infektverlaufes, weshalb hier trotz mehrfacherer Debridement-Eingriffe eine Infekt-pseudarthrose entstand. Nach 11 Monaten erfolgte eine Segment-Resektion mit Reosteosynthese, die letztlich ausheilte. Bei einem Patienten musste aufgrund einer Abrissverletzung der A.poplitea eine Oberschenkelamputation durchgeführt werden. Das Ausheilungsergebnis der distalen Schaftfraktur kann daher nicht verwertet werden, da die distale Frakturhöhe der Amputationshöhe entsprach.

Bei einem Patienten, der in Rahmen des ersten Schrittes für eine Versorgung nach Rendez-vous eine DHS bekam, wurde initial keine ausreichende Reposition der Schenkelhalsfraktur erreicht, weshalb im Rahmen des zweiten Eingriffes ein

Verfahrenswechsel auf Targon Femoral Neck, kurz Targon FN, der Firma Braun Melsungen AG erfolgte. In einer CT Kontrolle 6 Monate nach Versorgung, zeigte sich eine Implantat-Lockerung bei Schenkelhalspseudarthrose, weshalb eine Revisionsoperation mit nochmaliger Rendez-vous Versorgung durchgeführt wurde. Additiv erfolgte eine Stoßwellenbehandlung (ESWT Behandlung) und 10 Monate später konnte in einer konventionellen Röntgenaufnahme die komplette Durchbauung beider Frakturen nachgewiesen werden.

Von den 15 Patienten, die in der BGU Murnau einzeitig definitiv versorgt wurden, entwickelten 5 eine revisionsbedürftige Pseudarthrose, was einer Pseudarthrosenrate von gut 33% entspricht. 3 Davon wurden initial mittels AIO Implantat stabilisiert. Ein Patient in Form eines retrograden T2 und in 2 Fällen mittels langen Gamma-Nägeln. Die beiden anderen pseudarthrotisch verheilten Frakturen wurden initial proximal mit kurzem Gamma-Nagel und distal mit LISS Platten versorgt. Bei beiden distalen Plattenversorgungen kam es zur Ausbildung einer Pseudarthrose.

Von den einzeitig versorgten Patienten heilten 9 in regulärer Zeit, nur eine Fraktur heilte verzögert. Die restlichen 5 Patienten zeigten die gestörte Knochenbruchheilung in der bereits beschriebenen Form der Pseudarthrosen und mussten nochmals operativ behandelt werden.

(siehe: Abbildung 33: Auswertung der einzeitigen Versorgungen der BGU Murnau)

Von den 14 Patienten mit AIO Versorgung, entwickelten 21% (n=3) eine Pseudarthrose, bei einem konnte eine verzögerte Knochenbruchheilung festgestellt werden, die nach additiver ESWT ausheilte.

Bei den 14 komplett zweizeitig versorgten Patienten kam es in 2 Fällen zur Pseudarthrosenbildung, was gut 14% entspricht. Bei einer Patientin lag die Ursache in einer ungenügenden Reposition, sowohl im Schenkelhals- als auch im Schaftbereich, weshalb es zur Pseudarthrose kam. Bei dem zweiten bildete sich die Pseudarthrose im Schenkelhalsbereich aus. Alle beiden wurden operativ revidiert und heilten anschließend aus. Die eine Patientin wurde mit zwei unabhängigen Implantaten am Schenkelhals und am Femurschaft versorgt, der zweite Patient wurde nach dem Rendez-vous Konzept behandelt.

Ein Patient wurde nicht gewertet, da eine Amputation im Schaftbereich erfolgen musste.

Von den 8 Patienten, die eine Behandlung nach Rendez-vous Verfahren erhielten, hat 1 Patient, was einer Rate von 12,5% entspricht, eine Pseudarthrose ausgebildet.
(siehe: Abbildung 34: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen der BGU Murnau)

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=12)	9	3
Konventionell (n=3)	1	2
„Rendez-vous“ (n=0)	0	0

Abbildung 33: Auswertung der einzeitigen Versorgungen der BGU Murnau

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=1)	1	0
Konventionell (n=5)	4	1
„Rendez-vous“ (n=8)	7	1

Abbildung 34: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen der BGU Murnau

Verglichen mit den AIO Versorgungen (n=13), bei denen es insgesamt zu 3 Pseudarthrosen kam (P.-Rate = 23%), lag die Rate der Pseudarthrosen (n=4) der Versorgungen mit zwei Implantaten inklusive der Rendez-vous Versorgungen (n=16) bei 25%.

Betrachtet man alle Patienten, die in der BGU Murnau komplett operativ versorgt wurden, und auch zur Nachkontrolle zur Verfügung standen, bleiben 28 Patienten. Von diesen 28 Patienten haben 7 Patienten eine Pseudarthrose entwickelt, die operativ revidiert werden musste. Somit liegt die Pseudarthrosenrate der Femur-Mehretagenfraktur Versorgungen in der BGU Murnau bei 25%.

3.4.2. Behandlungsergebnisse der auswärtigen Versorgungen

Von den 29 Patienten, die nicht ab dem Unfalltag in der BG Unfallklinik Murnau, sondern auswärtig vorbehandelt wurden, heilten 22 letztlich knöchern aus. Davon hatten 10 einen komplikationslosen und zeitgerechten Heilverlauf.

Ein Patient verstarb während der weiteren stationären Behandlung in der BGU Murnau, sodass die Auswertung der Frakturheilung hier nicht abgeschlossen werden konnte.

Bei 12 Patienten wurde das Osteosynthesematerial bereits entfernt.

15 Patienten entwickelten im Verlauf nach Primärstabilisation eine behandlungsbedürftige Pseudarthrose. Bei einem Patienten wurde die proximale Schenkelhalsfraktur übersehen, weshalb hier ein Hüft-TEP Implantiert werden musste.

Bei zwei Patienten wurden die Frakturen als offene Frakturen gewertet. Bei einem dieser Patienten kam es zur Infektpseudarthrose am Femurschaft, weshalb ein osteosynthetischer Revisionseingriff notwendig war. Bei drei Patienten wurde ein Implantatversagen mit Platten- und Schraubenbruch beobachtet.

Ein Patient musste aufgrund einer Frakturheilung unter Rotationsabweichung operativ mittels Osteotomie, Rotationskorrektur und Reosteosynthese behandelt werden.

Von den 18 Patienten, die auswärtig einzeitig definitiv versorgt wurden, entwickelten 12 eine revisionsbedürftige Pseudarthrose, was einer Pseudarthrosenrate von 67% entspricht. 6 Davon wurden mittels AIO Implantat, zwei mit langen Gamma-Nägeln, zwei mit PFNA, einer mit PFN von Synthes und einer mit UFN versorgt. Die 6 verbliebenen Patienten wurden mit unterschiedlichsten Implantaten und Kombinationen von Osteosynthese-Systemen versorgt.

Von den 10 Patienten mit AIO Versorgung als einziger und definitiver Eingriff entwickelten 60% (n=6) eine Pseudarthrose.

(siehe:

Abbildung 35: Auswertung der einzeitigen Versorgungen auswärts)

Bei den 11 komplett zweizeitig versorgten Patienten kam es in 3 Fällen zur Pseudarthrosenbildung, wobei ein Patient während des stationären Aufenthaltes verstarb. Dies entspricht somit einer Rate von 30%.

Ein Patient hiervon hatte aufgrund eines größeren Substanzdefektes am distalen Femur eine Defektpseudarthrose durch mangelnde Knochensubstanz entwickelt, die mittels

autologer Knochenanlagerung und überbrückender Plattenosteosynthese erfolgreich behandelt werden konnte.

(siehe: Abbildung 36: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen auswärts)

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=10)	4	6
Konventionell (n=8)	2	6
„Rendez-vous“ (n=0)	0	0

Abbildung 35: Auswertung der einzeitigen Versorgungen auswärts

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=3)	2	1
Konventionell (n=6)	4	2
„Rendez-vous“ (n=1)	1	0

Abbildung 36: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen auswärts

Alle AIO Versorgungen zusammen (n=14) bildeten in 7 Fällen (= 50%) eine Pseudarthrose aus. Betrachtet man alle konventionellen Versorgungen zusammen (n=15), so heilten diese in 53% pseudarthrosenbedingt nicht zeitgerecht.

Betrachtet man alle Patienten, die nicht in der BGU Murnau operativ versorgt wurden, können die Daten von 28 Patienten ausgewertet werden. Von diesen 28 Patienten haben 15 Patienten eine Pseudarthrose entwickelt, die operativ behandelt werden musste. Somit ist die Pseudarthrosenrate der Femur-Mehretagenfraktur-Versorgungen, die nicht in der BGU Murnau durchgeführt wurden, bei etwa 53%.

3.4.3. Behandlungsergebnisse gesamt

Die Daten aller 60 Patienten wurden zum besseren Vergleich und zur Veranschaulichung in Tabellen zusammengefasst. Exemplarisch ist im Folgenden eine Zusammenstellung aufgeführt. Die Patientendaten sind anonymisiert. Es wurden das Geschlecht und das Alter des Patienten zum Unfallzeitpunkt, die AO Frakturklassifikation proximal und distal

sowie das Versorgungsverfahren mit dem jeweiligen Implantat und das endgültige Heilungsergebnis aufgeführt.

(siehe: Abbildung 37: Frakturklassifikation AO/OTA, Osteosynthese und Heilung)

Patient	Age	Gender	AO prox.	AO distal	AIO	RDV	konv	conv. proximally	conv. dist.	Healing
1	18	male	32 A1.1	32 A3			1	T2+Cercl	plate	yes
2	60	male	31 A2	32 A1	1			PFNA		yes
3	24	male	31 B2	32 B2	1			long Y-N		yes
4	40	male	32 B2	33 A2	1			retr. UFN		yes
5	43	male	31 B3	32 A1			1	missed, H-TEP	UFN	yes
6	29	male	31 B3	32 B2		1		DHS Ant-Rot-screw		yes
7	25	male	31 B2	32 B2			1	Screws	ant. Nail	yes
8	55	male	31 A1	32 C1	1			long Y-Nail + Cerc		yes
9	62	male	31 A1	32 A2		1		DHS ant-rot-screw		yes
10	62	male	32 B2	33 B2	(1)			SCN+ Aro-plate+Cercl		exitus
11	55	male	31 B2	32 C3			1	DHS	LCDCP	Amp.
12	28	male	31 B3	32 B3		1		DHS Ant-Rot-screw		yes
13	42	male	32 A3	33 A1	1			SCN		yes
14	57	male	31 B3	32 B1			1	DHS Ant-Rot-screw	ret. Nail	yes
15	54	male	31 B3	32 B1			1	Screws	ret. Nail	yes
16	28	male	31 B2	32 C3		1		DHS		yes
17	38	male	31 B3	32 A2		1		DHS Ant-Rot-screw		yes
18	47	male	31 A2	32 A2			1	long DHS	plate	yes
19	43	male	31 A2	32 A2				exitus		exitus
20	68	male	31 A3	33 A2			1	short y-Nail	SCN	yes
21	23	female	32 C1.1	32 C1	1			long y-Nail		yes
22	47	male	31 B1	33 C3			1	Screws	LISS	yes
23	23	male	32 B3	32 A2	1			T2+aux. Plate		yes
24	46	male	32 A2.1	32 A2	1			long y-Nail + Cerc		yes
25	52	female	31 B3	32 B1	1			long y-Nail		yes
26	52	male	31 A1	32 A2		1		DHS Ant-Rot-screw		yes
27	52	male	32 B3	33 B2			1	PFNA	Screw	yes
28	57	male	32 A3.1	32 A3	1			long y-Nail		yes
29	19	female	31 B2	32 A2	1			long y-Nail		yes
30	90	female	31 B3	32 A1			1	H-TEP	LISS	yes
31	38	male	32 A3.1	32 A2	1			PFNA		yes
32	47	male	31 A1	32 C1	1			long y-Nail		yes
33	18	female	32 A2	32 A2	1			T2 ant-rot-plate		yes
34	50	male	32 C1	32 A3	1			UFN		yes
35	40	male	31 A2	33 B2			1	Sirus alpha like PFNA	NCB Plate	yes
36	56	male	31 B3	32 A1			1	DHS	ret. Nail	yes
37	45	male	32 A2	32 B2	1			SCN		yes
38	45	female	32 A2	33 A2	1			SCN		yes
39	64	male	31 B3	32 B1			1	DHS Ant-Rot-screw	LCDCP	yes

Patient	Age	Gender	AO prox.	AO distal	AIO	RDV	konv	conv. proximally	conv. dist.	Healing
40	31	male	32 B1	33 A1	1			retr. SCN		yes
41	65	male	31 A1	33 C3			1	DHS	SCN	yes
42	39	female	31 A3	32 A2	1			long y-Nail		yes
43	68	male	31 A1	32 A2	1			Synthes PFN		yes
44	61	male	31 A1	32 B2	1			long y-Nail + Cerc		yes
45	45	female	31 A1	32 B2	1			long y-Nail + Cerc		yes
46	79	female	32 A3.1	32 A2			1	long y-Nail	NCB Plate	yes
47	53	male	31 A2	32 A2		(1)		DHS		exitus
48	61	male	31 B2	32 B2		1		DHS ant-rot-screw		yes
49	48	male	31 B3	32 A2		1		DHS like		yes
50	49	female	32 A2	32 A2	1			SCN+ Ant-rot-plate		yes
51	40	male	31 A1	32 A2	1			PFNA		yes
52	44	male	31 A3	32 A2	1			PFNA		yes
53	48	female	31 B2	32 A3			1	DHS	SCN	yes
54	29	male	31 B3	33 C2			1	DHS ant-rot.screw	LISS	yes
55	28	female	31 B1	32 C1			1	PFNA like	T2	yes
56	53	male	31 A2	33 C2			1	DHS ant-rot-screw	LISS	yes
57	27	female	31 B1	32 B3			1	Screws	SCN	yes
58	48	male	31 A1	33 A2			1	short Y-Nail	LISS	yes
59	38	male	32 B2	32 A2	1			ret. Nail		yes
60	76	male	31 A2	32 C3		1		DHS Ant-RoSchraube		yes

Legende: AIO= All-in-one, RDV= Rendez-vous, konv.=Konventionelle Osteosynthese

Abbildung 37: Frakturklassifikation AO/OTA, Osteosynthese und Heilung

Im Folgende sind die Behandlungsergebnisse nach einzeitiger und zweizeitiger Versorgung zusammengefasst dargestellt.

(siehe: Abbildung 38: Auswertung aller einzeitigen Versorgungen und Abbildung 39: Auswertung aller zweizeitigen Versorgungen)

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=22)	13	9
Konventionell (n=11)	3	8
„Rendez-vous“ (n=0)	0	0

Abbildung 38: Auswertung aller einzeitigen Versorgungen

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=4)	3	1
Konventionell (n=11)	8	3
„Rendez-vous“ (n=9)	8	1

Abbildung 39: Auswertung aller zweizeitigen Versorgungen

Zusammenfassend ergeben sich somit insgesamt 57 Patienten, die zur Abschlusskontrolle nach 2 Jahren beurteilt werden konnten und in folgender Tabelle zusammengefasst werden können.

(siehe: Abbildung 40: Auswertung aller Versorgungen gesamt)

Implantat	Frakturheilung	Pseudarthrose
All-in-one (n=26)	16	10
Konventionell (n=22)	11	11
„Rendez-vous“ (n=9)	8	1

Abbildung 40: Auswertung aller Versorgungen gesamt

In der Zusammenfassung sinkt die Pseudarthrosenrate aller Rendez-vous Versorgungen auf 11% (1 von 9) und stellt damit gleichzeitig die niedrigste Rate dar.

Im Rahmen dieser letzten Untersuchung wurden die Behandlungsergebnisse nochmals analysiert. Es wurden die Bewertungspunkte nach Friedman und Wyman (Friedman 1986) beurteilt. Hierbei wurden Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit von Hüfte und Knie (ROM), Beeinträchtigungen der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) sowie Schmerzen erfasst und die ossäre Durchbauung abschließend bewertet.

Dieses Bewertungssystem wurde insofern erweitert, als dass die einzelnen Kriterien je nach Bewertungsgrad mit Punktwerten versehen wurden. In Abhängigkeit des Gesamtpunktwertes wurde das Behandlungsergebnis dann nach Gut, mittel oder schlecht eingestuft.

(siehe: Abbildung 41: modifizierte Bewertungstabelle nach Friedman/Wyman (Friedman 1986))

Ergebnisse	Einschränkungen der ADL	Schmerz	Bewegungseinschränkungen ROM [%]
Punktwerte:			
Gut: 4-6 Punkte	<i>Keine</i> = 2 Punkte	<i>keine</i> = 2 Punkte	<20 = 2 Punkte
Mäßig: 2-3 P.	<i>gering</i> = 1 Punkt	<i>Mild/moderat</i> = 1 Punkt	20-50 = 1 Punkt
Schlecht: <2 P.	<i>deutlich</i> = 0 Punkte	<i>stark</i> = 0 Punkte	>50 = 0 Punkte

Abbildung 41: modifizierte Bewertungstabelle nach Friedman/Wyman (Friedman 1986)

Die Behandlungsergebnisse, aufgeteilt nach Versorgungsart, wurden somit nach gut, mäßig und schlecht unterteilt. Die einzelnen Bewertungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Den Spalten 2-4 sind die einzelnen Bewertungsverteilungen zu entnehmen.

Bei den AIO Versorgungen sind 18 von 26 mit gut zu bewerten, was einem Anteil von 69,2% entspricht.

Von den 22 konventionellen Versorgungen mit zwei Implantaten wurden 17 mit gut bewertet, was einem Anteil von 77,3% entspricht.

Bei den 9 Rendez-vous Patienten heilten 77,8% (n=7) mit einem guten Ergebnis aus. (siehe: Abbildung 42: Langzeitergebnisse nach Friedman/Wyman (Friedman, Wyman 1986))

Ergebnisse	Einschränkungen der ADL	Schmerz	Bewegungseinschränkungen ROM [%]
All-in-one device (n = 26)			
Gut: 18	keine: 17	keine: 15	<20: 14
Mäßig: 6	gering: 7	mild/moderat: 9	20-50: 10
Schlecht: 2	deutlich: 2	stark: 2	>50: 2
Konventionel (n= 22)			
Gut: 17	keine: 15	keine: 11	<20: 9
Mäßig: 2	gering: 4	mild/moderat: 9	20-50: 10
Schlecht: 3	deutlich: 3	stark: 2	>50: 3

“Rendez-vous“ (n = 9)			
Gut: 7	keine: 6	keine: 7	<20: 6
Mäßig: 2	gering: 3	mild/moderat: 2	20-50: 3
Schlecht: 0	deutlich: 0	stark: 0	>50: 0

(ADL: Activities of Daily Living; ROM: range of motion)

Abbildung 42: Langzeitergebnisse nach Friedman/Wyman (Friedman, Wyman 1986)

3.5. Statistische Auswertung

Zum Vergleich der Behandlungsergebnisse bezüglich der Pseudarthrosenrate wurden die Rendez-vous Versorgungen den anderen Versorgungen (AIO + Konventionell) gegenübergestellt und mittels Regressionsanalyse analysiert und mit dem Chi-Quadrat Test auf signifikante Unterschiede untersucht.

Hierbei zeige sich eine signifikant geringere Pseudarthrosenrate ($p = 0,047$) der Rendez-vous Versorgungen ($n=9$) gegenüber allen anderen Versorgungen ($n=48$).

Um die Vergleichbarkeit der Versorgungen der verschiedenen Frakturtypen zu gewährleisten, wurde ein Punktesystem entworfen, das sich an der Instabilität der Fraktur, analog der AO Klassifikation orientierte. So wurden beispielsweise gering dislozierte AO 31 B-1 Frakturen mit einem Punkt bewertet. AO B-2 Frakturen wurde mit zwei Punkten bewertet und die subcapitalen, aber dislozierten Schenkelhalsfrakturen Typ B-3 erhielten 3 Punkte. Subtrochantäre und C-Verletzungen wurden mit bis zu 6 Punkten entsprechend höher bewertet.

Analog dazu wurden die Schaftfrakturen und die distalen Femurfrakturen gewertet. Aus den beiden Punktwerten wurde ein Summenwert (AO-Punktwert) gebildet, der maximal 12 Punkte betragen konnte. Dieser Summenwert erlaubt eine bessere Vergleichbarkeit der jeweiligen Versorgung miteinander.

(siehe: Abbildung 43: Punktescore nach AO-Frakturtyp)

	AO Klassifikation	AO - Punktwert
<u>perthrochantere Fraktur</u>	31 A 1	3
	31 A 2	4
	31 A 3	5
<u>Schenkelhalsfraktur</u>		
	31 B 1	1
	31 B 2	2
	31 B 3	3
<u>Subtrochantere Fraktur</u>		
	32 A1.1	4
	32 B1.1	5
	32 C1.1	6
<u>Femurschaftfraktur</u>		
	32 A1, 2, 3	1-3
	32 B1, 2, 3	3, 4, 4
	32 C1-3	5
<u>distale Femurfraktur</u>		
	33 A1-3	1-3
	33 B1, 2, 3	3, 4, 4
	33 C1, 2, 3	5, 6, 6

Abbildung 43: Punktescore nach AO-Frakturtyp

Der Mittelwert für die Rendez-vous Versorgung, betrug $6,6 \pm 1,8$ Punkte und der Median 6,0 (4,5 – 7,5). Der Mittelwert für die Konventionellen und die AIO Versorgungen betrug $6,2 \pm 1,6$ Punkte und der Median 6,0 (5 - 7).

Der Punktwert nach Frakturschwere der Rendez-Vous Versorgungen (n=9) unterschied sich nicht signifikant ($p=0,478$) von dem der übrigen Versorgungsverfahren (n=51). Dies bedeutet, dass es keine relevanten Unterschiede bezüglich der Frakturschwere zwischen den mittels Rendez-vous und den anderen Patienten gab.

(siehe: Abbildung 44: Boxplot AO-Punktwert AIO&Konventionell vs. Rendez-vous)

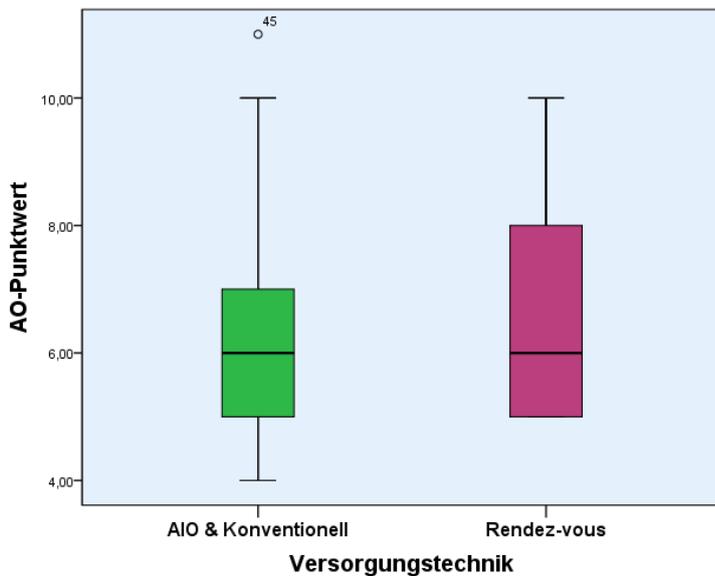


Abbildung 44: Boxplot AO-Punktwert AIO&Konventionell vs. Rendez-vous

Die Auswertung der Behandlungsergebnisse anhand der Punktebewertung nach Friedman und Wyman ergab für die Rendez-vous Versorgen einen Mittelwert von $5,1 \pm 1,3$ Punkten bei einem Median von 6 (5-7). Der Mittelwert der All-in-one Versorgungen betrug $4,5 \pm 1,8$ bei einem Median von 5,5 (4-7) und die konventionell behandelten Patienten wiesen einen Mittelwert von $4,2 \pm 1,7$ Punkten bei einem Median von 5,0 (4,5-5,5) auf.

Ein signifikanter Unterschied konnte hier nicht festgestellt werden.

(siehe: Abbildung 45: Boxplot Bewertung der einzelnen Versorgungen nach Friedman/Wyman)

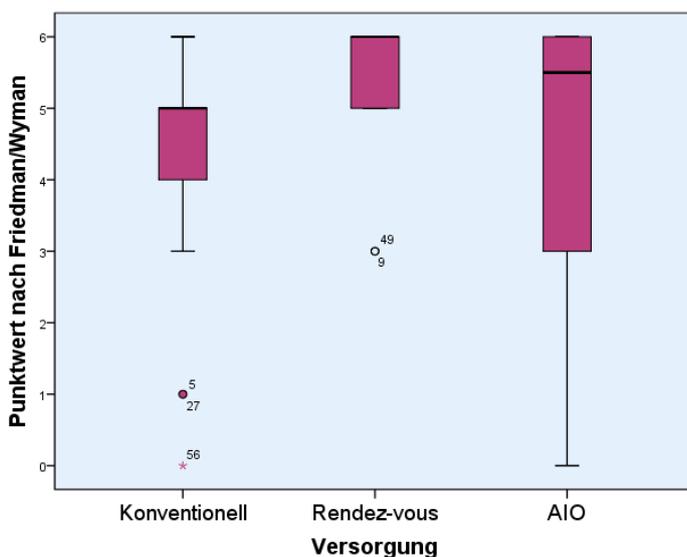


Abbildung 45: Boxplot Bewertung der einzelnen Versorgungen nach Friedman/Wyman

Anhand der Bewertung nach Friedman/Wyman wurde eine Fallzahlkalkulation zur Fallzahlschätzung für unverbundene Stichproben und stetige Zielgrößen durchgeführt. Hierzu wurden die Mittelwerte der Rendez-vous Versorgung ($5,1 \pm 1,3$) den der konventionellen Behandlung ($4,2 \pm 1,7$) gegenübergestellt.

Es wurde eine Standardabweichung von 1,7, ein Alphawert per Definition von 0,05 bei einer definierten Power von 0,8 festgelegt.

Hierbei wurde eine Fallzahl pro Gruppe von mindestens 57 Probanden errechnet.

4. Diskussion

4.1. Diskussion der Methodik und Literatur

Sind die Femur-Mehretagenfrakturen mit etwa 2,5%-9% aller Femurfrakturen (Bennett FS 1993, Swiontkowski 1984, Wu 1991, Zettas 1981) ein relativ seltenes Verletzungsmuster, fordern sie trotzdem ein großes Maß an Aufmerksamkeit und Sorgfalt in der Behandlung. Die in der Regel aus hochenergetischen Krafteinwirkungen auf den Körper im Rahmen von sogenannten Hochrasanztraumen resultierenden Verletzungen kommen selten isoliert vor.

In der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau wurden im Jahr 2013 insgesamt 348 polytraumatisierte Patienten mit einem injury severity score, kurz ISS, über 16 behandelt.

Unter diesen Patienten fanden sich 8 Patienten (= 2,3%), bei denen eine Mehretagenfraktur des Femurs diagnostiziert werden konnte. Im Beobachtungszeitraum von insgesamt 11 Jahren, konnten über 80 Patienten mit mehreren Frakturen am längsten Röhrenknochen des Menschen, dem Femur, in der BGU Murnau gezählt werden. Da sich häufig bei der Behandlung dieser meist komplizierteren Frakturkombinationen Schwierigkeiten zeigten, wurde beschlossen, dieses Verletzungsmuster genauer zu untersuchen.

Im Rahmen der Untersuchung zeigte sich eine relativ gut vergleichbares, da sehr homogenes Patientenkollektiv. Es waren fast 80% der Patienten Männer mit einem Durchschnittsalter von 47 Jahren betroffen. Interessanterweise decken sich diese Zahlen mit den Zahlen der Polytraumaversorgung in der BGU Murnau. Das Durchschnittsalter der 2013 behandelten Patienten lag bei 47,9 Jahren, und mit einem Anteil von 71% waren deutlich mehr Männer betroffen.

Die Ursache der Verletzung war mit 90% fast immer ein Unfall im Straßenverkehr. Aufgrund der bauartbedingt schwächeren Schutzsysteme haben die Lenker eines Motorrades im Gegensatz zu den Führern eines PKW oder LKW etwas häufiger dieses Verletzungsmuster gezeigt.

Die Einschlusskriterien für diese Untersuchung wurden folgendermaßen definiert: Es mussten mindestens zwei Frakturen an einem Femur im Rahmen eines traumatischen Ereignisses vorliegen.

Davon unabhängig waren Faktoren wie Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen, Begleitverletzungen, Herkunft oder Vorversorgungszustand. Es wurden Unfallverletzte, die direkt vom Unfallort in unsere Klinik verbracht wurden ebenso miteingeschlossen, wie auch bereits andernorts vorversorgte Patienten, die beispielsweise aufgrund einer ausbleibenden knöchernen Konsolidierung weiter behandlungsbedürftig waren und sich in unserem Hause eines Revisionseingriffes unterziehen mussten.

Für die Versorgung von polytraumatisierten Patienten gelten in der BG Unfallklinik Murnau fest definierte, klinikinterne Grundstandards auf die im Folgenden noch genauer eingegangen wird.

Die Behandlung von polytraumatisierten Patienten mit mindestens einer Fraktur des Femurs wurde von Pape et al. (Pape 2003) in einem Behandlungsalgorithmus 2003 zusammengefasst. Dieser Algorithmus wurde unter dem Namen Damage Control Orthopedic vorgestellt und hat sich seither als DCO-Prinzip etabliert. Pape hat eine Einteilung der polytraumatisierten Patienten mit versorgungspflichtigen Frakturen der großen Gliedmaßen in 4 Kategorien beschrieben.

- Stabil
- Borderline
- Instabil
- In extremis

Die Patienten, die in die erste Kategorie eingeteilt werden können, sind cardio-pulmonal und hämodynamisch stabil. Diese Patienten können innerhalb der ersten 24 Stunden einer definitiven Frakturversorgung zugeführt werden.

Die sogenannten „Borderline“ Patienten sind, wie es der Name schon sagt, grenzwertig. Kennzeichnend für dieses Patientenkollektiv ist eine initial vermeintlich noch stabile Vitalsituation, die sich jedoch in kürzester Zeit destabilisieren kann. Diese Patienten sollten vor einem operativen Eingriff durch adäquate, supportive Maßnahmen in die Gruppe der stabilen Patienten überführt werden. Im Zweifelsfall sollten Patienten immer in die niederere, instabilere Kategorie eingeteilt und dementsprechend behandelt werden.

Die „instabilen“ Patienten werden nach dem DCO-Prinzip behandelt. Hierbei gilt es, eine möglichst schnelle und schonungsvolle Primärstabilisierung der Frakturen zu erreichen. Das Trauma des Eingriffes sollte den in dieser Phase ohnehin schon stark belasteten Organismus nicht noch mehr als zwingend notwendig gefährden.

Die Kategorien der „instabilen“ und „in extremis“ unterscheiden sich letztlich nur in der Dringlichkeit der stabilisierenden Maßnahmen. Bei den „in extremis“ Patienten sind häufig bereits lebensrettende Erstmaßnahmen im Schockraum notwendig (Hildebrand 2004).

Dieses DCO Prinzip gilt als Leitfaden in der Behandlung von polytraumatisierten Patienten in der BG Unfallklinik Murnau; insbesondere mit Frakturen an den langen Röhrenknochen der Extremitäten und am Becken.

Bisher gibt es keine allgemein gültigen oder anerkannten Leitlinien oder Empfehlungen, die eine klare Behandlungsstrategie für die Versorgung von Femur-Mehretagenfrakturen vorgeben. Dies liegt mitunter daran, dass die Kombinationsmöglichkeiten an Frakturen des Femurs eine einheitliche und standardisierte Behandlung nicht zulassen. In der Literatur finden sich mehrere Studien, die von verschiedenen Behandlungsstrategien von Mehretagenfrakturen des Femurs berichten. Fast allen gemein ist ein relativ kleines Patientenkollektiv mit Fallzahlen um 30 Probanden, die jeweils mit einem Implantat versorgt und nachuntersucht wurden. Einigkeit besteht insoweit, dass es Frakturkonstellationen gibt, die nicht mit dem jeweils beschriebenen Verfahren erfolgreich behandelt werden konnten.

Eine interessante Arbeit veröffentlichte Shuler 1997 (Shuler 1997). Er untersuchte 52 Patienten mit Femur-Mehretagenfrakturen und berichtet von einer deutlichen Überlegenheit der Schenkelhalsfrakturen mit 90% gegenüber der Lokalisation der proximalen Fraktur im Trochanterbereich mit 10%. Diese Zahlen konnten wir in dem von uns untersuchten Patientengut nicht bestätigen, da hier die Frakturen im Schenkelhalsbereich mit etwa 30% annähernd gleichhäufig wie im Trochanter-Bereich lokalisiert waren.

Betrachtet man die Studienlage der letzten 20 Jahre, so kann man eine gewisse Wandlung in der Versorgungsart beobachten.

Eine Untersuchungsreihe über die Verwendung eines zephalomedullären Implantates wie den „Russel-Taylor-Rekonstruktions-Femurnagel“ wurde 1999 von Randelli veröffentlicht

(Randelli 1999). In dieser Arbeit berichtet er von Behandlungserfolgen bei 27 Patienten mit Schenkelhalsfrakturen und Frakturen im Schaftbereich. Es erfolgte primär die intramedulläre Schienung der Femurschaftfraktur mit dem Nagel und anschließend die Stabilisation der Schenkelhalsfraktur mit den proximalen Verriegelungsschrauben, die für die Stabilisation im Schenkelhalsbereich konzipiert waren. Zur Vermeidung einer sekundären Dislokation oder zusätzlichen Verschlechterung bei bereits mäßig dislozierter Schenkelhalsfraktur erfolgte initial die temporäre Fixation der Schenkelhalsfraktur mit Kirschner-Drähten.

Von Hung wurde 2004 die proximale Schrauberversorgung der Schenkelhalsfraktur in Kombination mit einer Plattenosteosynthese der Schaftfraktur propagiert (Hung 2004). In einigen Fällen erfolgte die proximale Stabilisation auch mittels DHS. Es wurden zwei Gruppen gebildet, wobei hier zwischen Schenkelhals- und intertrochanteren Frakturen unterschieden wurde. Verständlicherweise waren die Ergebnisse der Schenkelhalsfrakturen aufgrund der höheren Stabilität besser als die in der Regel instabileren pertrochantären Frakturen.

Oh et al. beschrieb 2006 im „Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery“ die retrograde Marknagelversorgung mit nachfolgender Schraubenosteosynthese der Schenkelhalsfraktur (Oh 2006). Auch er musste feststellen, dass es keine optimale Behandlungsrichtlinie für diese komplexen Verletzungen gibt. Es wurden 17 Patienten untersucht. Von diesen 17 Patienten entwickelten fast 30% eine revisionsbedürftige Pseudarthrose. Es waren Bonegrafts oder Verfahrenswechsel notwendig. Ein Patient entwickelte eine Hüftkopfnekrose, die mittels endoprothetischem Ersatz versorgt werden musste.

Zwei Jahre später, 2008, veröffentlichte die Gruppe um Abalo ihre Behandlungserfolge bei der Versorgung der ipsilateralen Schenkelhals- und Schaftfraktur mit einer Dynamischen Hüftschraube und Kompressionsplatte (Abalo 2008). Von 1286 Patienten mit Femurfraktur hatten 44 zeit- und seitengleich eine Schenkelhalsfraktur. Dies entspricht in etwa 3% der Femurfrakturen und diese Zahl deckt sich mit den gängigen Inzidenzraten von 2-9%. Interessanterweise kam es bei den 37 untersuchten Patienten mit Schenkelhalsfraktur (n=30) und pertrochantärer Fraktur (n=7) zu keiner einzigen Hüftkopfnekrose. Dafür wurden jedoch insgesamt 8 behandlungsbedürftige Pseudarthrosen, 5 im Schaftbereich und 3 im Schenkelhalsbereich beschrieben. Die Pseudarthrosenrate entsprach hier gut

18%. Verglichen mit den Zahlen aus unserem Haus lag diese in der BGU Murnau für alle hier durchgeführten Osteosynthesen mit 25% etwas darüber. Betrachtet man jedoch die von uns propagierte Rendez-vous Versorgung isoliert, beträgt hier die Pseudarthrosenrate nur 12,5%.

Eine weitere Versorgungstechnik stellt die Kombination aus direkter Verschraubung einer Schenkelhalsfraktur mit antegradem Marknagelosteosynthese dar. Hierbei werden die Schrauben, die die Schenkelhalsfraktur stabilisieren sollen, seitlich am Marknagel vorbeigeführt. Es empfiehlt sich hierbei, zuerst den antegraden Marknagel zu platzieren, da es dann leichter ist, die Schrauben am bereits liegenden Nagelimplantat seitlich vorbei zu setzen. Würden zuerst die Schrauben gesetzt, kann es mitunter sehr schwierig sein, den Nagel noch zwischen den bereits liegenden Schrauben einzubringen. Diese Technik ist international unter dem Begriff „Miss-a-Nabil-technique“ bekannt. Dieses Verfahren hat sich im großen Feld der möglichen Stabilisationsverfahren positioniert und stellt häufig bei Frakturen um ein bereits liegendes Marknagelimplantat eine der wenigen Versorgungsmöglichkeiten dar, die verbleiben können. Wir sind der Meinung, dass die Anwendung dieses Verfahrens wenigen Einzelfällen vorbehalten bleiben sollte.

Und auch Okcu berichtet von diesem Verfahren in seiner 2003 veröffentlichten Arbeit (Okcu 2003). Es wurden insgesamt 25 Patienten mit Femur-Mehretagenfrakturen mittels antegradem Verriegelungsmarknagel und additiver Schraubenosteosynthese versorgt. Bei drei der insgesamt 25 behandelten Patienten lag die zweite Fraktur nicht proximal im Schenkelhals- oder der Trochanterbereich, sondern distal. Auch diese wurden mittels Einzelschrauben versorgt. Die restlichen 22 Patienten wiesen Frakturen im Schenkelhalsbereich auf, die ebenso alle mit Einzelschrauben versorgt wurden. Allerdings mussten 33,3% operativ revidiert werden, da Pseudarthrosen, Implantatversagen und übersehene Frakturen proximal im Verlauf auftraten.

Ergänzend kann hierzu die Arbeit von Tsai zitiert werden, die er 2009 veröffentlichte (Tsai 2009). Er berichtet von der Versorgung von 43 Patienten. Es wurden insgesamt vier verschiedenen Implantat-Kombinationen verwendet. Unter anderem wurde auch die antegrade Marknagelosteosynthese in Verbindung mit der direkten Schenkelhalsverschraubung mittels kanülierten Schrauben durchgeführt. In der Zusammenfassung und Auswertung rät Tsai klar von diesem Verfahren ab, da die

Komplikationsrate im Vergleich zur Versorgung mit DHS, die eine der vier Alternativen Behandlungsoptionen darstellte, 11-fach erhöht war.

Was nicht direkt formuliert wird, aber sicherlich eine nicht unerhebliche Rolle spielt, ist die häufig suboptimale Indikation für ein Implantat. Dies kann auf einer Fehleinschätzung der Frakturstabilität, einer mangelnden Patienten Compliance, einer eingeschränkten Knochenqualität oder auch auf einer Unterschätzung des Frakturausmaßes beruhen. So sollte beispielsweise die direkte Verschraubung einer hüftgelenksnahen Fraktur nur bei undislozierten, eventuell auch leicht valgisch eingestauchten, medialen Schenkelhalsfrakturen erfolgen, deren Frakturebene einen möglichst kleinen Winkel zur Horizontalebene bildet.

Pauwels hat eine entsprechende Winkeleinteilung veröffentlicht (Pauwels 1973). Bei Typ I beträgt der Winkel zwischen Frakturebene und der resultierenden Druckkraft etwa 90° . In Bezug auf die Horizontalebene entspricht dies in etwa bis 30° , bei Typ II bis 50° und bei Typ III bis 70° . Entscheidend ist dabei das sich verändernde Verhältnis von Druck- zu Schubkräften.

Wir empfehlen die Verwendung der Schraubenosteosynthese bis maximal Grad II nach Pauwels, da mit zunehmender Steilheit der Frakturebene die Scherkräfte zu groß werden und die Schrauben diese Last nicht mehr aufnehmen können. Die DHS beispielsweise, ist in dieser Situation in der Lage, durch die fest vorgegebene Neigung der Schenkelhalsschraube, diese Kräfte in die seitliche Platte besser abzuleiten zu können.

Nahezu alle Autoren berichten von gleichen oder ähnlichen Problemen und Komplikationen. So ist verständlicherweise der Infektverlauf insbesondere bei offenen Frakturen zu nennen. Einige der häufigsten, wenn nicht sogar die häufigsten Probleme, stellen die Pseudarthrosen, die „non-union“ oder „delayed-union“ dar.

Die Pseudarthrosen oder auch die verzögerten Knochenbruchheilungen treten sowohl im Schenkelhals- als auch im Schaftbereich auf.

Die Wahrscheinlichkeit einer Pseudarthrose im Schenkelhalsbereich korreliert erfahrungsgemäß mit dem Grad der anatomischen Reposition sowie dem Frakturverlauf. So berichtet die Arbeitsgruppe um Wiss (Wiss 1992) von der Behandlung von 33 Patienten mit größtenteils (97%) vertikalen Abscherfrakturen, Typ Pauwels-III. Hierbei erfolgte primär die Versorgung der Schenkelhalsfraktur mit Reposition und Osteosynthese

und im Anschluss die Marknagelosteosynthese der Femurfraktur. Bei 5 von 19 in dieser Weise versorgten Patienten, was in etwa 26% entspricht, berichtet Wiss von Varus-Pseudarthrosen. Von diesen 5 entwickelten zusätzlich 2 Patienten eine Femurkopfnekrose.

Dies deckt sich mit der bereits angesprochenen Theorie von Pauwels, der in Ermangelung anderer Implantate bereits 1973 nur die Grad I - II Frakturen für eine Nagelung empfahl. Bei Grad III Frakturen über 70° Frakturwinkel zur Horizontalen wurde allenfalls noch eine exakte Doppelnagelung mit Platzierung des proximalen Nagels nah an der lateralen Corticalis als machbar empfunden.

Auch die Ausheilung in Fehlstellung wird immer wieder genannt. Häufig wird hierbei die varische Abkipfung des Hüftkopfes oder des Schenkelhalses als Zeichen der ungenügenden Reposition, der Frakturinstabilität oder schlicht der Osteosynthesen-Überforderung beschrieben. Ein Hinweis auf ungenaue Reposition ist eine postoperativ verbleibende Rotationsabweichung in der Femurlängsachse. Dieser Fehler kann vermieden werden, wenn intraoperativ, vor der definitiven Verriegelung des zweiten Nagelendes (proximal oder distal, je nachdem mit welcher Verriegelung begonnen wurde) die korrekte Rotation nochmals radiologisch und klinisch kontrolliert wird.

Technisch kann dies durch folgendes Vorgehen relativ leicht umgesetzt werden. Im seitlichen Strahlengang wird der C-Bogen so eingestellt, dass die Femurkondylen bei ruhig liegendem Bein dorsalseitig kongruent übereinanderliegen. Dann wird der C-Bogen in allen Ebenen fixiert und nach proximal parallel bis auf Höhe des Hüftkopfes verschoben. Bei der Durchleuchtung sollte nun der Hüftkopfmittelpunkt auf der Verlängerung der ventralen Femurkortikalis liegen.

Anders formuliert sollten mindestens 2/3 der Hüftkopf-Zirkumferenz ventral der Femurschaftebene liegen.

Zur Verdeutlichung wird auf folgende intraoperative, röntgenologische Bilddokumentation verwiesen.

(siehe: Abbildung 46: Intraoperative, radiologische Rotationskontrolle)

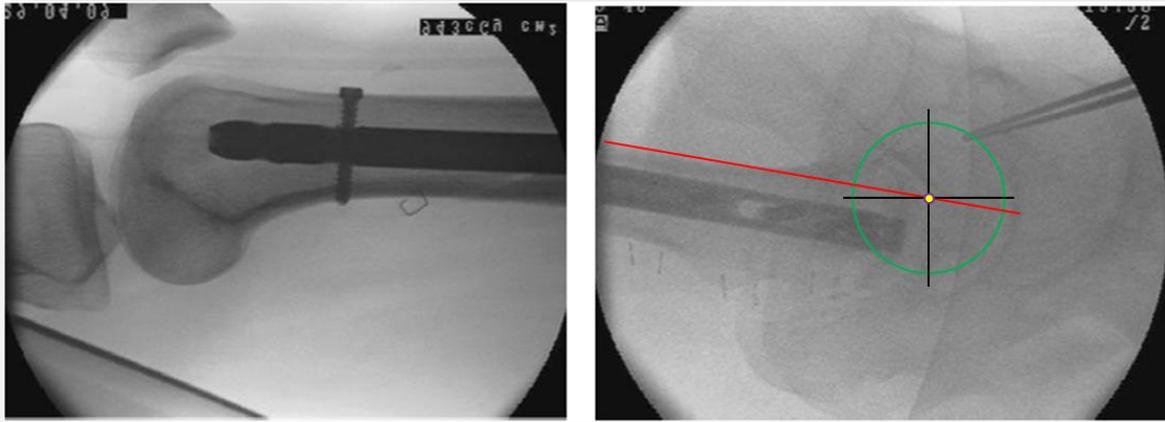


Abbildung 46: Intraoperative, radiologische Rotationskontrolle

Auch die posttraumatische, avaskuläre Hüftkopfnekrose wird in den Studien wiederholt beschrieben. Bekanntermaßen ist die avaskuläre Nekrose jedoch auch bei der solitären Schenkelhalsfraktur eine typische Komplikation und ergibt sich nicht zwingend aus der Kombination zweier Frakturen am gleichen Femurknochen. Sie scheint mit einer inadäquaten Reposition, einer verzögerten Versorgung aber auch mit dem Grad an initialer Dislokation vergesellschaftet zu sein (Garden 1971).

Alle Autoren sind sich einig, dass die Versorgung der Femur-Mehretagenfraktur eine sehr komplexe und hoch anspruchsvolle Herausforderung für den behandelnden Chirurgen darstellt. In allen Studien und Veröffentlichungen ähnelte sich das Patientengut. Es waren in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle Männer mittleren Alters betroffen, die im Rahmen von Hochrasanztraumen, zumeist im Straßenverkehr, verletzt wurden. Eine Mehrfachverletzung war häufig zu beobachten. Dabei waren Schädel-Hirn-Traumata sowie Thoraxtraumen am häufigsten vergesellschaftet (Alho 1997). All diese Faktoren verdeutlichen die Schwierigkeiten, die bei der Behandlung und der Frakturversorgung auftreten können.

In einem weiteren Punkt sind sich alle Autoren und auch wir uns einig. Es gibt keine einheitliche Regel, keinen etablierten Standard und kein Patentrezept für die erfolgreiche Therapie der Mehretagenfraktur des Femurs. Und es gibt kein Implantat, das für alle Frakturkombinationen immer gleichgut geeignet ist.

In einem unterscheiden sich die in der BGU Murnau gewonnenen Daten im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Zahlen glücklicherweise deutlich. Denn die 10-30% (Alho 1997, Haas 1995) an übersehenen proximalen Frakturen bei Vorliegen einer Femurfrakturen im Schaft oder distalen Anteil konnten hier nicht bestätigt werden. Lediglich bei einem Patienten mit Mehretagenfraktur des Femurs wurde initial nur der distale Bruch diagnostiziert. Erst eine Woche später, nach bereits erfolgter Stabilisation der Schaftfraktur, wurde in einer Röntgenkontrolle eine sehr laterale Schenkelhalsfraktur festgestellt. Inwieweit diese Fraktur durch das Unfallereignis entstanden ist, läßt sich retrospektiv nicht mehr eindeutig klären, da in den CT Aufnahmen vom Unfalltag keine Fraktur in diesem Bereich zu erkennen war. Die Entstehung der Fraktur im Rahmen der antegraden Marknagelosteosynthese wäre auch denkbar. Entscheidend ist jedoch, dass bei jeder Femurfraktur im Schaftbereich oder distal davon, eine zweite, weiter proximal liegende Fraktur, aktiv ausgeschlossen werden muss.

Im Rahmen der Behandlung von über 70 Patienten mit dieser hier thematisierten Befundkonstellation aus zwei Brüchen an einem Femurknochen in über 10 Jahren, haben wir unsere eigenen klinikinternen Behandlungsrichtlinien in Form eines Klinikstandards etabliert.

4.2. Klinikstandard der BG Unfallklinik Murnau

Behandlungsrichtlinien der BG Unfallklinik Murnau für die Versorgung von Femurfrakturen als isolierte Monoverletzung oder im Rahmen einer Mehrfachverletzung:

Alle schwer- oder schwerstverletzten oder bewusstlosen Patienten, alle Insassen eines verunfallten PKW, bei dem das Airbag System aktiviert wurde oder die Aufprallgeschwindigkeit über 30 km/h lag, alle verunfallten Motorradfahrer sowie unbeobachteten Sturzofer werden im Schockraum behandelt und nach den Behandlungsrichtlinien des ATLS® Konzeptes betreut.

Als Basis dient neben einer standardisierten Erstuntersuchung des komplett entkleideten Verletzten durch einen Unfallchirurgen und einen Neurochirurgen auch die FAST Sonografie (Focused Assessment with Sonography for Trauma). Bei allen klinisch eindeutig mehrfachverletzten Patienten, bei Bewusstlosen, sowie bei Beteiligten eines

Hochrasanztraumas wie auch in nicht eindeutigen Fällen erfolgt die radiologische Abklärung immer mittels Polytrauma-Computertomographie.

Es gilt immer das „damage control orthopaedic“ oder DCO-Prinzip. Eine schnelle und stabile Fixation der Frakturen wird angestrebt. Insbesondere bei instabilen Patienten mit Mehrfachverletzungen muss eine zeitnahe Primärstabilisation der Extremitäten und des Beckens erfolgen. Als probates Mittel bietet sich hier der Fixateur externe an. Dies führt zu einem deutlichen Rückgang des Blutverlustes, einer sehr guten Schmerzreduktion und einer deutlich erleichterten und dadurch auch verbesserten Lagerungs- und Pflegesituation. Die zusätzliche Traumatisierung durch den chirurgischen Eingriff, im Sinne des sogenannten „second hits“, wird mit diesen Maßnahmen auf ein Minimum reduziert. Die durch einen operativen Eingriff unumgängliche zusätzliche Traumatisierung des bereits verletzten Körpers, inklusiver der zusätzlichen Negativfaktoren wie Temperaturabfall, Blut- und Flüssigkeitsverlust und erhöhter Ausschüttung von Stresshormonen, wird auf ein Minimum reduziert.

Als Umkehrschluss ergibt sich daraus:

Eine definitive Versorgung ist nur bei Monoverletzungen, bei kreislaufstabilen Patienten und bei entsprechender Erfahrung des Operationsteams indiziert.

Die erste Entscheidung bezüglich der operativen Versorgung, die getroffen werden muss kann somit folgendermaßen definiert werden:

Lässt der Zustand des Patienten eine sofortige und definitive osteosynthetische Stabilisation der Frakturen zu und ist das zuständige Operationsteam in der Lage, diesen Eingriff durchzuführen, kann die Stabilisation bereits am Unfalltag definitiv erfolgen.

In allen anderen Fällen, und auch im Zweifel über den Zustand des Patienten, sollte die Versorgung zweizeitig erfolgen.

Unabhängig davon, ob ein ein- oder zweizeitiges Verfahren geplant und durchgeführt wird, gilt es folgende zwei Versorgungsstrategien zu unterscheiden:

In geeigneten Fällen kann ein Implantat als sogenanntes „all-in-one-Device“ (AIO) verwendet werden. Hierbei werden beide Frakturen mit nur einem einzigen Implantat gefasst. Einige Hersteller weisen sogar extra auf die besondere Möglichkeit der Verwendung bei Mehretagenfrakturen hin. Prinzipiell ist dieses Versorgungsverfahren durchaus plausibel und in geeigneten Fällen auch probat einsetzbar.

Andererseits besteht die Möglichkeit der Stabilisation der jeweiligen Fraktur mit bereits gängigen Implantaten, die für die jeweilige Fraktur geeignet und indiziert sind. Häufig ist die Kombination zweier Implantate aufgrund der jeweiligen Frakturlokalisation und der damit bedingten fest definierten Implantatlage nicht immer problemlos möglich.

Beispielsweise kann ein antegrader Marknagel zur Stabilisation einer Femurschaftfraktur nicht mit einem Gamma-Nagel kombiniert verwendet werden.

Auch die Reihenfolge der Stabilisationen sollte vor dem Eingriff gründlich geplant werden. Wie bereits erwähnt, kann es mitunter unmöglich werden, nach einer bereits durchgeführten Schraubenosteosynthese des Schenkelhalses eine antegrade Marknagelung durchzuführen. Es empfiehlt sich daher, bereits vor dem ersten Eingriff die Behandlungsstrategie festgelegt zu haben.

Für die Strategie der individuellen Frakturversorgung, d.h. die gesonderte Stabilisierung jeder einzelnen Frakturlokalisation, mit zwei oder mehreren Implantaten, haben wir uns aus der Fülle der verfügbaren Implantate auf folgende Auswahl beschränkt.

Minimalinvasive Zugschraubenosteosynthese:

Eine proximale Fraktur, insofern es sich um eine undislozierte oder allenfalls gering valgisch eingestauchte mediale Schenkelhalsfraktur Typ Pauwels I oder II handelt, kann mit Zugschrauben stabilisiert werden. Die anatomische Reposition ist anzustreben. Steht sie etwas im Valgus, sollte die Stellung belassen werden. Alle anderen Abweichungen sollte durch Reposition korrigiert werden (McElvenny 1957).

Die Vorteile der kanülierten Schraubenosteosynthese liegen in einer vergleichsweise leichten Anwendung, dem relativ geringen Preis sowie der geringen Weichteilirritation bei korrekter Handhabung.

Wir empfehlen die Verwendung von kanülierten Schrauben, da deren korrekte Platzierung, wie auch eine eventuell später geplante Materialentfernung, deutlich einfacher ist. Es gibt zwar Studien (Chapman 1996), die zeigen, dass nicht kanülierte Schrauben aufgrund tieferer und engerer Gewindgänge einen besseren Halt im Knochen haben und höhere Ausreißkräfte tolerieren, entscheidender aber die Reposition und die Implantatlage sind.

Es sollten Schrauben mit Teilgewinde gewählt werden, da so erstens, die Kompression im Frakturspalt ermöglicht wird und zweitens, ein Sintern der Fraktur ohne die Gefahr der medialen Perforation der Schrauben durch den Hüftkopf ins Gelenk vermieden werden kann. Die Schrauben gleiten dann nach lateral/caudal aus dem Knochen. Hier kann es zu lokalen Irritationen kommen, weshalb die Schrauben dann entfernt werden sollten.

Wie bereits angesprochen, können sich Schwierigkeiten offenbaren, wenn mit der proximalen Frakturversorgung mittels Schrauben begonnen wurde, und im Weiteren dann eine antegrade Marknagelstabilisation für die distale Fraktur geplant ist. Da der antegrade Marknagel kaum mehr an den bereits liegenden Schrauben vorbeigeführt werden kann, sollten hier die Stabilisationsschritte umgekehrt durchgeführt werden. Korrekt müsste die Marknagelversorgung als erster Schritt durchgeführt werden und die Schrauben müssten dann in der „miss-a-Nail-technique“ am liegenden Nagel seitlich vorbeiführend eingebracht werden. Eine retrograde Marknagelung mit einem entsprechend kürzerem Nagel oder auch eine Plattenosteosynthese, sofern es die distale Fraktur zulässt, würden sich hierbei anbieten.

DHS:

Mehr Stabilität im Schenkelhalsbereich und daher auch bei lateraleren Schenkelhalsbrüchen, sowie bei als stabil zu wertenden petrochantären Frakturen, gewährleistet die dynamische Hüftschraube. Einer der wesentlichen Vorteile dieses Implantates gegenüber der direkten Verschraubung ist die Winkelstabilität. Auch hierbei ergeben sich jedoch Einschränkungen für eine anschließende Schafffrakturversorgung, insbesondere von antegrad. Ein seitliches Passieren der Hüftschraube mit einem von proximal eingebrachtem antegraden Marknagel ist nicht möglich.

In diesem Fall bietet sich jedoch die retrograde Marknagelosteosynthese an, insofern die distale Fraktur eine solche Versorgung zulässt. Zur DHS, deren Schenkelhalsschraube idealerweise möglichst distal positioniert werden sollte, empfehlen wir bei der Versorgung von Schenkelhalsfrakturen immer die Verwendung einer cranial von der Schenkelhalsschraube positionierten Antirotationsschraube. Hierzu verwenden wir eine kanülierte Schraube, die am besten nach der Positionierung des Zieldrahtes für die Schenkelhalsschraube eingebracht wird. Damit verhindert die Antirotationsschraube

bereits die mögliche Dislokation oder Malrotation beim Aufbohren und beim Einbringen der Schenkelhalsschraube. Bei stabilen pertrochantären Frakturen, kann auf die Antirationsschraube verzichtet werden, da aufgrund der breitbasigen Abstützung der pertrochantären Fraktur die Gefahr der Malrotation des proximalen Frakturfragments beim Einbringen der Schenkelhalsschraube gering ist.

Kurzer Gammanagel:

Dieses Implantat zeichnet sich durch seine intramedulläre Kraftableitung der über die Gelenkkomponente aufgenommenen Last aus. Es eignet sich daher insbesondere beim osteoporotisch weichen Knochen wie auch bei instabileren pertrochanteren Frakturen. Bei enger und gründlicher Indikationsstellung können auch subtrochantere Frakturen damit behandelt werden. Ein weiterer Vorteil ist die Verfügbarkeit von verschiedenen Längen und Ausführungen der Schenkelhalswinkel. Der von uns verwendete Gamma3™ (Fa. Stryker) ist nur einer von vielen intramedullären Kraftträgern mit Gelenkkomponente. Es gibt zahlreiche Entwicklungsbemühungen, insbesondere das Design der Gelenkkomponente betreffend. Bei der Auswahl des Implantates muss jedoch auch auf den Platzbedarf des intramedullären Schaftanteiles geachtet werden. Insbesondere bei zeitgleicher proximal gelegener Schaftfraktur können sich Probleme durch Kollision der Implantate oder zu knappe Überlappung ergeben.

Antegrader Femurmarknagel:

Wendet man sich der Frakturversorgung im Schaftbereich zu, so steht der antegrade Marknagel mit seinen verschiedenen Verriegelungsmöglichkeiten als Universalimplantat an erster Stelle. Aber auch hier gibt es Einschränkungen in der Anwendung. Wurde die proximale Fraktur bereits versorgt, so ist eine antegrade Marknagelung in der Regel nicht mehr, zumindest nicht problemlos, möglich. Wird hingegen die Schaftfraktur zuerst mittels Nagel versorgt, so bietet sich noch, bei geeigneter Indikation, die bereits beschriebene „miss-a-Nabil-technique“ an. In sehr seltenen Fällen, insbesondere bei segmentalen AO Typ 32-C2 Frakturen, kann der antegrade Marknagel auch als „All-in-one-Device“ zur Anwendung kommen. Allerdings ist dieses Verfahren nur auf den Fall beschränkt, bei dem beide Frakturen im Schaftbereich dicht beieinander liegen. Dieser Fall ist jedoch in der Tat

selten und im Rahmen einer lokalen Krafteinwirkung, wie beispielsweise bei der Kollision eines Fußgängers mit der Stoßstange eines PKW, möglich. Prinzipiell kann postuliert werden: liegt die Schaftfraktur im 3. oder 4. Fünftel des Femurs, ist der antegrade Marknagel zu wählen. Liegt die Fraktur jedoch weiter distal im 4. bis 5. Fünftel bietet sich die retrograde Marknagelosteosynthese an. Liegt die Fraktur jedoch weiter proximal, muss ein Implantat mit Gelenkkomponente gewählt werden, da sonst die proximale Abstützung aufgrund der kurzen Strecke sowie des weiteren Markraumes nicht mehr ausreicht. Auch im distalen metaphysären Bereich bietet der antegrade Marknagel aufgrund der Aufweitung des Markraumes nicht genug Stabilität, sodass eine stabile Frakturretention nicht mehr ausreichend gewährleistet werden kann.

Retrograder Nagel:

Der retrograde Marknagel, insbesondere in der Ausführung als T2™ SCN (Fa.Stryker), bietet hier dank mehrerer, teils verriegelbaren und mehrdimensionaler Schraubenoptionen, deutlich mehr Stabilität. Insbesondere in Kombination mit einer sehr weit proximal liegenden Fraktur, wie beispielsweise im Schenkelhalsbereich, bietet der retrograde Marknagel bei distalen Schaftfrakturen noch relativ viele Behandlungsoptionen für die proximale Frakturversorgung.

Auch die Möglichkeit einer ausreichenden Überlappung der Implantate, um das „Kissing-Implant“ zu vermeiden, ist häufig gegeben. Der retrograde Marknagel eignet sich daher sehr gut für die zweizeitige Frakturversorgung im Verlauf. Auf die Kombination dieses Implantates mit der proximalen Frakturversorgung mit einer Dynamischen Hüftschraube wurde und wird noch genauer eingegangen, da sich dieses spezielle Kombinationsverfahren in unserem Haus als erfolgreiches Standardverfahren unter der Bezeichnung des „Rendez-vous-Verfahren“ etabliert hat.

An seine Grenzen stößt der retrograde Marknagel sicherlich bei Mehrfragment-Frakturen des Kniegelenkbereiches, die eine distale Verriegelung des Nagels aufgrund in der Trümmerzone liegender Verriegelungsschrauben erschweren bis unmöglich machen. Ein extrem weiter Markraum in Kombination mit einer weit distal liegenden Fraktur stellt eine ungünstige Ausgangssituation für eine stabile Versorgung mit einem intramedullären

Implantat dar. Hier sollte der extramedullären Plattenosteosynthese der Vorrang gewährt werden.

Plattensysteme:

Zwischenzeitlich gibt es Platten von diversen Herstellern, die für fast alle Frakturlokalisationen am Femur geeignet sind. So gibt es Plattenimplantate für die Versorgung von Schenkelhalsfrakturen, die seitlich auf das Femur aufgebracht werden und in fest vorgegebenen Winkeln winkelstabile Teleskopschrauben aufnehmen können (Targon FN der Firma Zimmer).

Es gibt eine Vielzahl von Platten in verschiedenen Längen, aus diversen Metalllegierungen, mit verschiedenen Oberflächendesigns und der Verwendungsoption von nicht winkelstabilen, von winkelstabilen monoaxialen und winkelstabilen polyaxialen Schrauben. Selbstverständlich umfasst das Repertoire der Plattenimplantate auch speziell anatomisch geformte Exemplare, die sich beispielsweise der lateralen Kondylenregion des distalen Femurs sehr gut anpassen. Insbesondere diese Implantate bieten bei besagten Mehrfragment-Frakturen des distalen Femurs deutlich mehr Optionen, was insbesondere die Stabilität aber auch die Anzahl der verwendbaren Schrauben im Frakturbereich betrifft.

Ein weiterer positiver Effekt bei der plattenosteosynthetischen Versorgung ist die gute Überlappungsmöglichkeit, sowohl in Kombination mit einer weiteren Platte aber auch bei Verwendung eines intramedullären Nagelimplantates.

Cerclagen:

Als rein additives Implantat sollte man Cerclagensysteme betrachten, wobei wir das Dall-Miles Cable System (Fa. Stryker) verwenden. Eine oder mehrere Cerclagen sollten bei der Behandlung von Frakturen am Femurschaft nie die einzige und alleinige Osteosynthese darstellen. Wir empfehlen die Verwendung von Drahtcerclagen bei der operativen Stabilisierung von komplexen Frakturmustern, insbesondere für die Osteosynthese von langen Spiralfrakturen im proximalen oder distalen Femurschaft- Drittel.

Insbesondere bei langen Spiralfrakturen, eventuell auch noch mit einem Biege- oder Keilfragment, sollte zuerst eine offene Frakturposition erfolgen, die dann mit 1 oder 2

Kabeln gesichert wird. Anschließend kann die definitive Osteosynthese mittels intramedullärem Nagelimplantat von retro- oder antegrad durchgeführt werden.

Oft wird die Verwendung von Cerclagen, die das Femur zirkulär umfassen, als ein Risikofaktor für eine gestörte Knochenbruchheilung oder sogar für die Ausbildung einer Pseudarthrose dargestellt. Dies trifft jedoch nicht zu, da das Femur eine periostale und endostale Blutversorgung besitzt. Die zirkuläre Anlage von Drahtcerclagen um das Femur, stellt daher kein relevantes Risiko für die Devaskularisierung eines lokalen Femur Abschnittes dar, da die Perfusion nicht longitudinal sondern zirkulär erfolgt. Voraussetzung hierfür ist jedoch die sorgfältige Schonung des Periostes bei der Präparation, der Reposition und bei der Anlage der Cerclagen. Obwohl die periostale Zirkulation nur ca. ein Viertel des äußeren Cortex versorgt, besitzt sie eine wichtige Rolle in der Frakturheilung der Diaphyse, da es bei einer Frakturdislokation zur Zerreißung der medullären Gefäße kommt. Daher dominiert die periostale Blutversorgung der Frakturzone während der Phase der frühen Knochenheilung.

Die physiologische Reaktion auf einen Bruch des Femurs ist eine Proliferation der periostalen Gefäße. Die endostale Zirkulation durch die Knochenkanälchen ist erst deutlich später wiederhergestellt und funktionstüchtig. Eben diese periostale Perfusion in der frühen Frakturheilungsphase ermöglicht ein Überleben des Knochens im Frakturgebiet und eine rasche und stabile Frakturheilung. Auch aus diesem Grund ist eine periostale Denudierung, insbesondere entlang der Linea aspera, unbedingt zu vermeiden.

Moderne Plattenimplantate bieten daher inzwischen die Möglichkeit der minimalinvasiven Einbringung und gedeckten Verschraubung. Auch bei der Anwendung von intramedullären Markraumnägel hat sich zwischenzeitlich gezeigt, dass eine exakte anatomische Reposition zu Lasten eines großzügigen offenen und gewebstraumatischen Zugangs eindeutig häufiger zur ausbleibenden Knochenheilung führt, als eine geschlossene Reposition mit minimalinvasiver Stabilisation (unter Beachtung der korrekten Achsen- und Längenverhältnisse) unter Tolerierung einzelner mäßig dislozierter Frakturfragmente.

All-in-one-Device“:

Wurde bisher das Implantat für jeweils eine Fraktur ausgewählt und somit zwei Osteosyntheseverfahren kombiniert, bietet sich bei speziellen Frakturkonstellationen auch die Verwendung eines einzigen Implantates an. In diesem Fall sprechen wir von einer „All-in-one“ Versorgung. Vorwegzunehmen und zu betonen ist hierbei jedoch die Tatsache, dass nur die enge Indikationsstellung bei der Auswahl des Implantates den Erfolg der Versorgung ermöglicht. Es ist leicht zu verstehen, dass aufgrund der begrenzten Spannweite des jeweiligen Osteosynthese-Implantates nur solche Frakturkonstellationen für die „All-in-one“ Versorgung in Frage kommen, bei denen die beiden Brüche relativ nah beisammen liegen und mit dem singulären Implantat auch sicher gefasst werden können.

Langer Gammanagel:

In dem hier untersuchten Patientenkollektiv hat sich die Verwendung eines langen Gamma-Nagels als „All-in-one device“ etabliert und bewährt. Aber auch andere Systeme wie beispielsweise der „PFNA, TFN oder PFN“ (Fa. Synthes), der „T2-Recon“ Nagel (Fa. Stryker) und viele andere Systeme sollten der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben.

Als Indikationsrahmen für die Wahl des langen Gammanagel-Systems sehen wir die Kombination aus proximalen Frakturen im lateralen Schenkelhals- und pertrochantären sowie knapp subtrochantären Bereich. Auch die instabilen Frakturen dieser Regionen können mit dem langen Gammanagel korrekt adressiert werden. Stellt dieses Implantat für die nicht- oder nur gering dislozierte laterale Schenkelhalsfraktur in gewisser Weise ein „overstuffing“ dar, zeigt es in der Kombination mit einer Schaftfraktur im proximalen oder oberen Rand des mittleren Schaftdrittels seinen idealen Einsatzbereich bei der Versorgung der Femur-Mehretagenfraktur.

Auch die bereits beschriebenen Marknagelsysteme, wie der T2™ von ante- oder retrograd, können bei geeigneter Frakturkonstellation als „All-in-one-device“ benützt werden.

Als vereinfachte Anwendungsregel hat sich folgende Maxime in unserem Haus etabliert: Die Anwendung eines „All-in-one-device“ kann überhaupt nur dann in Betracht gezogen

werden, wenn die Frakturen auf der gleichen cranialen oder caudalen Hälfte des Femurs liegen. Weitere wichtige Faktoren bei dieser in der Regel einzeitigen Versorgung eines frisch Verletzten sind zum einen die Invasivität sowie der meist nicht unerhebliche zeitliche Mehraufwand. Wird die Entscheidung zur einzeitigen definitiven Versorgung mittels „All-in-one“ Implantat gestellt, so darf der Verletzte nur eine Monoverletzung aufweisen und muss nach DCO Kriterien sicher in die Gruppe der stabilen Patienten eingeteilt werden können. In der großen Mehrzahl der Fälle handelt es sich um schwer- bis schwerstverletzte, polytraumatisierte Patienten, denen im Rahmen der notfallmäßigen Erstversorgung ein längerer operativer Eingriff entsprechend des DCO Prinzips nicht zugemutet werden sollte.

Besondere Beachtung bei der Verwendung von „All-in-one“ Implantaten sollten folgenden Punkten geschenkt werden:

- Die Versorgung muss immer sicher einzeitig erfolgen können.
- Eine Mehrfragment-Fraktur erschwert die geschlossene aber auch offene Reposition teils gravierend.
- Eine minimalinvasive Versorgung, wie bei der Konzeption des Implantates gedacht, ist oftmals unmöglich.
- Oftmals können nicht alle Fragmente, die einer Stabilisation bedürfen, mit dem einen Implantat ausreichend stabil gefasst werden.

So sind primäre wie auch sekundäre Dislokationen häufigste Ursache für das Scheitern dieser Therapieoption.

Implantatspezifische Eigenschaften sind oftmals Schwachpunkte bei der AIO Versorgung. So ist beispielsweise der lange Gammanagel nur in einer Stärke von 11 Millimetern verfügbar, besitzt keine Verriegelungsmöglichkeit in der Sagittalebene und auch keinerlei Kompressionsoption für eine horizontal verlaufende Schafffraktur. Zusätzlich kann nur das proximale Frakturfragment und das distale gefasst werden. Das häufig instabile Zwischenfragment bildet somit den „floating part“ (Lin 2002). Erschwerend kommt hinzu, dass im Fall eines notwendigen Revisionseingriffes häufig die gesamte bereits erfolgte osteosynthetische Stabilisation aufgelöst werden muss, wodurch die Reposition und anatomische Frakturstellung gefährdet sind.

Einen guten Kompromiss mit weitem Indikationsfeld bei stabiler und solider osteosynthetischer Stabilisation auch von zwei Frakturen an einem Femur, stellt das von

uns propagierte „Rendez-vous-Verfahren“ dar. Der technische Anspruch ist vergleichsweise niedrig. Das Verfahren eignet sich als zweizeitige Stabilisation insbesondere beim Schwerverletzten. Beide Stabilisationskomponenten; proximal die dynamischen Hüftschraube und distal der retrograde Marknagel; stellen jede für sich und auch in Kombination, eine sehr stabile, mittlerweile gut etablierte Versorgungsmöglichkeit von proximalen Femurfrakturen und Schaftfrakturen dar.

Das Rendezvous Verfahren:

Nach Durchlaufen der Schockraumuntersuchungen wird der Patient, soweit er sich in einem ausreichend stabilen Zustand befindet und ihm ein operativer Eingriff zugemutet werden kann, entsprechend der DCO Prinzipien osteosynthetisch versorgt. Es sind langwierige und kreislaufbelastende Eingriffe, die eine weitere Traumatisierung in der Akutphase darstellen und zu weiterem Blut- und Temperaturverlusten führen können, zu unterlassen. Ziel ist es, eine möglichst schnelle und schonungsvolle primäre Stabilisation der instabilen Gliedmaßen und Gelenke zu erreichen, um die Folgeschäden zu minimieren. Hierzu zählen unter anderem, einen weiteren Blutverlust aus den großen Röhrenknochen zu verhindern, eine Schmerzlinderung durch Stabilisation zu erreichen und damit eine adäquate Lagerung zu ermöglichen. Nur in wenigen Fällen handelt es sich bei Patienten mit einer Femurmehrfragmentfraktur um Einfachverletzte mit nur dieser Monoverletzung am Femur. In diesen Fällen besteht die Möglichkeit einer primär definitiven Versorgung, wobei auch hier das „Rendez-vous“ Verfahren bei geeigneter Frakturkonstellation angewandt werden kann.

Im Folgenden wird nun der Versorgungsablauf einer Mehretagen Femurfraktur nach dem Prinzip des mehrzeitigen Rendezvous Verfahren beschrieben.

Die distale Fraktur, die in der Regel im mittleren oder distalen Schaftbereich lokalisiert ist, wird mittels Fixateur externe stabilisiert. Hierzu wird der Hoffmann® II MRI Fixateur externe der Firma Stryker® in Verbindung mit 6.0mm selbstbohrenden Pins verwendet. Es empfiehlt sich, wenn möglich, eine MR-gängiges Fixateur externe System zu verwenden, da Kniebinnenschäden auch bei noch anliegendem Fixateur deutlich leichter detektiert werden können und eine eventuell notwendige Bandrekonstruktion bereits in einem der folgenden Eingriffe mit durchgeführt werden kann oder die Verletzung der richtigen konservativen Behandlung zugeführt werden kann.

Klassischerweise befinden sich zwei Pins proximal und zwei Pins distal einer Fraktur. Sollte die distale Femurfraktur sehr weit distal liegen, sodass man von einer supracondyläre- oder sogar intercondylären Fraktur sprechen kann, ist die distale Platzierung von zwei Pins in entsprechendem, durch die Klemmbacken definierten Abstand nicht immer möglich. In diesem Falle sollte die kniegelenkübergreifende Montage des Fixateurs in Betracht gezogen werden. Schwierigkeiten kann die Anlage der Pins im Zwischenfragment bereiten, da dieses keine „feste“ Beziehung, weder nach proximal noch nach distal, mehr hat und somit beim Bohren keinen festen Widerstand mehr bietet und gerne ausweicht. Ferner kann der Bohrer leicht abrutschen und dadurch zu nicht unerheblichen Begleitverletzungen führen.

Ist das proximale und hüftgelenktragende Fragment groß genug und besitzt einen ausreichenden epiphysären Abschnitt, kann dieser Teil auch mittels zweier Pins stabilisiert werden. Folglich müssen die beiden Frakturen relativ nahe im distalen Femurteil beisammen liegen. Dies entspricht erfahrungsgemäß leider nicht der tatsächlichen Verteilungshäufigkeit, da in der Regel die proximalere Fraktur im Bereich des Schenkelhalses oder der Trochanterregion (in 70% der BGU Murnau Patienten) lokalisiert ist und die distale Fraktur einer Schafffraktur im mittleren bis distalen Drittel (= 88%) entspricht. Das proximale Femurfragment ist daher selten mittels Fixateur extern direkt zu stabilisieren, weshalb hier eine sofortige und definitive osteosynthetische Versorgung, wenn möglich, anzustreben ist.

Dem Versorgungsprinzip bei Kettenverletzungen folgend empfehlen wir, mit der Stabilisation der distalen Fraktur zu beginnen, da dann die proximale Reposition in der Regel leichter gelingt. Das Zwischenfragment, oder auch „floatation part“ (Lin) genannt, ist dann bereits gefasst und die proximale Reposition kann damit deutlich leichter über Manipulation an der distalen Extremität erfolgen.

Handelt es sich bei der proximalen Fraktur um einen hüftgelenksnahen Bruch im Schenkelhalsbereich und ist dieser Bruch nicht disloziert, so kann, falls es der Zustand des Patienten zulässt, bereits mittels einer internen Osteosynthese die definitive Versorgung erfolgen. Auch angesichts der Gefahr der sekundären Dislokation empfiehlt sich hier bereits die definitive Stabilisation.

In einem zweiten Schritt erfolgt dann der Verfahrenswechsel mit Abbau des Fixateurs und die Osteosynthese mittels eines internen Kraftträgers.

Die proximale Fraktur wird mittels einer Dynamischen Hüftschraube (DHS), und in der Regel mit Antirotationsschraube, stabilisiert. Wir empfehlen eine 4-Loch Platte zu verwenden, da dies den weiteren Ablauf deutlich vereinfacht.

Das Implantat für die Versorgung der distalen Fraktur ist in diesem Verfahren der retrograde Marknagel, wobei wir in der Regel das T2™ System der Firma Stryker® verwenden. Um das Risiko des Entstehens von Sollbruchstellen bei sogenanntem „Kissing implant“ zu vermeiden, müssen beide Implantate ausreichend überlappen. Hierbei zeigt sich bereits einer der Vorteile der 4-Loch DHS Platte gegenüber der 2-Loch Platte, da die 4-Lochplatte deutlich mehr Implantat- Überlappung ermöglicht. Die proximale Verriegelung des retrograden Marknagels erfolgt dann durch die distalen Fixationslöcher der Platte mit denselben Schrauben. Auch hier erweist sich die Verwendung der 4-Loch Platte als sinnvoll, da mehr Verriegelungsoptionen zur Verfügung stehen. Durch die verschiedenen Marknagellängen, die zur Auswahl stehen, ergibt sich in Kombination mit den 4 proximalen Verriegelungslöchern ein in der Regel ausreichender Spielraum für die exakte Nagelplatzierung und adäquate Stabilisation der Platte im meta- und diaphysären Raum.

Im Folgenden wird ein Behandlungsalgorithmus vorgestellt, nach dem in der BGU Murnau Femur-Mehretagenfrakturen in Abhängigkeit der Frakturlokalisationen versorgt werden. (siehe: Abbildung 47: Behandlungsalgorithmus der BGU Murnau)

Proximal	ZS	DHS	γ-Nagel	ant.Nagel	ret.Nagel	Platte
med. SHF undisloziert	X	X	-			
med. SHF disloziert	(X)	X	-			
lat. SHF	-	X	-			
perthrochanter stabil	-	X	(X)			
perthrochanter instabil	-	-	X			
subthrochanter	-	-	X			
Distal						
Schaft 3. 1/5			(X)	X	(X)	(X)
Schaft 4. 1/5			-	X	X	X
Dist. 1/5 ohne Gelenk- bet. /suprakondylär			-	-	X	X
Intercondylär			-	-	X	X

Legende: ZS = Zugschrauben, DHS = Dynamische Hüftschraube, γ-Nagel=Gamma-Nagel
ant./ret.= antegrader und retrograder Marknagel, SHF=Schenkelhalsfraktur, x=geeignet, (X)=bedingt
geeignet, - = ungeeignet

Abbildung 47: Behandlungsalgorithmus der BGU Murnau

Die Nachbehandlung orientiert sich an der Primärstabilität der Fraktur, der Stabilität der osteosynthetischen Versorgung sowie an der Compliance des Patienten und häufig auch an den Zusatzverletzungen.

In der Regel ist eine frühzeitige Mobilisation ab dem zweiten postoperativen Tag möglich. Eine Teilbelastung von 10kg für 6 Wochen sollte bei jeder osteosynthetischen Frakturversorgung anzustrebendes Ziel sein. Eine Röntgenkontrolle des gesamten Femurs in 2 Ebenen wird in der ersten bis zweiten postoperativen Woche angefertigt. Nach 6 Wochen erfolgt nochmals eine radiologische Kontrolluntersuchung, in deren Abhängigkeit dann mit der beschwerdeorientierten Aufbelastung begonnen werden kann. Die Entfernung des Osteosynthesematerials ist in der Regel nicht zwingend erforderlich, kann aber bei Wunsch des Patienten durchgeführt werden. Hierzu fordern wir den sicheren Nachweis der knöchernen Konsolidierung beider Frakturen, und die Metallentfernung sollte frühestens nach 12 Monaten erfolgen.

4.3. Komplikationen und Ergebnisse der Frakturversorgungen:

Als häufigste Komplikation fand sich eine pseudarthrotische Knochenbruchheilung. Waren im Femurschaft überwiegend hypertrophe Pseudarthrosen zu finden, heilten die Frakturen des Schenkelhalsbereiches überwiegend atroph, pseudarthrotisch. Als Hauptursache für die Entstehung einer Pseudarthrose ist in der überwiegenden Zahl der Fälle mangelnde Stabilität der Frakturversorgung zu nennen. Ausgenommen hiervon sind die als offen zu wertenden Frakturen, bei denen es zum Infektverlauf mit Ausbildung einer Infektpseudarthrose kam.

Erstaunlicherweise bestätigte sich die initiale Vermutung nicht, dass AIO Versorgungen einen signifikant höheres Risiko für die Ausbildung einer Pseudarthrose haben als die klassischen Versorgungen mit zwei Implantaten. 23% vs.25% bei den in der BGU Murnau versorgten Patienten zu 50% vs. 53% der auswärtig versorgten Patienten.

Konzeptionell bedingt muss die AIO Versorgung typischerweise einzeitig durchgeführt werden.

Die einzeitige Versorgung wiederum erfolgt häufig im Rahmen der frühen Erstversorgung am Unfalltag. Diese Tatsache wiederum birgt mehrere Gefahren in sich, die eine gute und adäquate Frakturversorgung gefährden:

- Das OP-Team ist für diese komplexe Frakturversorgung nicht immer optimal vorbereitet und ausgebildet.
- Die Notfallversorgung erfolgt oft außerhalb des regulären operativen Tagesverlaufes.
- Es können nur Implantate verwendet werden, die gerade zu diesem Zeitpunkt vorrätig sind.
- Die meisten AIO Implantate sind intramedulläre Marknagelsysteme mit Gelenkkomponente. Die distale Verriegelung erfolgt hier jedoch typischerweise meist statisch, sodass eine häufig sinnvolle und notwendige Kompression einer zusätzlichen Schaftfraktur nicht suffizient möglich ist.
- Zusätzlich ist durch die antegrade Einbringung des intramedullären Schaftanteiles des Implantates eine Dislokation mit Aufweitung des Bruchspaltes im Schaft vorprogrammiert, da mit dem Einschlagen des Nagels der distale Schaftanteil vom Nagel nach distal getrieben wird. Eine Osteosynthese der Schaftfraktur auf Distanz ist daher ein typisches Problem der AIO-Versorgung. (siehe: Abbildung 48: Osteosynthese des Femurschaftes auf Distanz)

Von den 8 Patienten, die auswärtig mittels AIO Implantat in Form eines PFNA oder einem diesem ähnlichen Implantat versorgt wurden und eine Pseudarthrose entwickelt haben, wiesen alle bis auf ein Patient eine Pseudarthrose im Schaftanteil des Femurs auf.

Nur ein Patient entwickelte die Pseudarthrose im Schenkelhalsbereich.

Dies deckt sich auch mit den Ausheilungszeiten der einzelnen Frakturen.

So heilt die proximale Fraktur in durchschnittlich 3-4 Monaten schneller als die distale Fraktur mit 4-5 Monaten (Chen 2000, Ostermann 1994, Wruhs 1986).

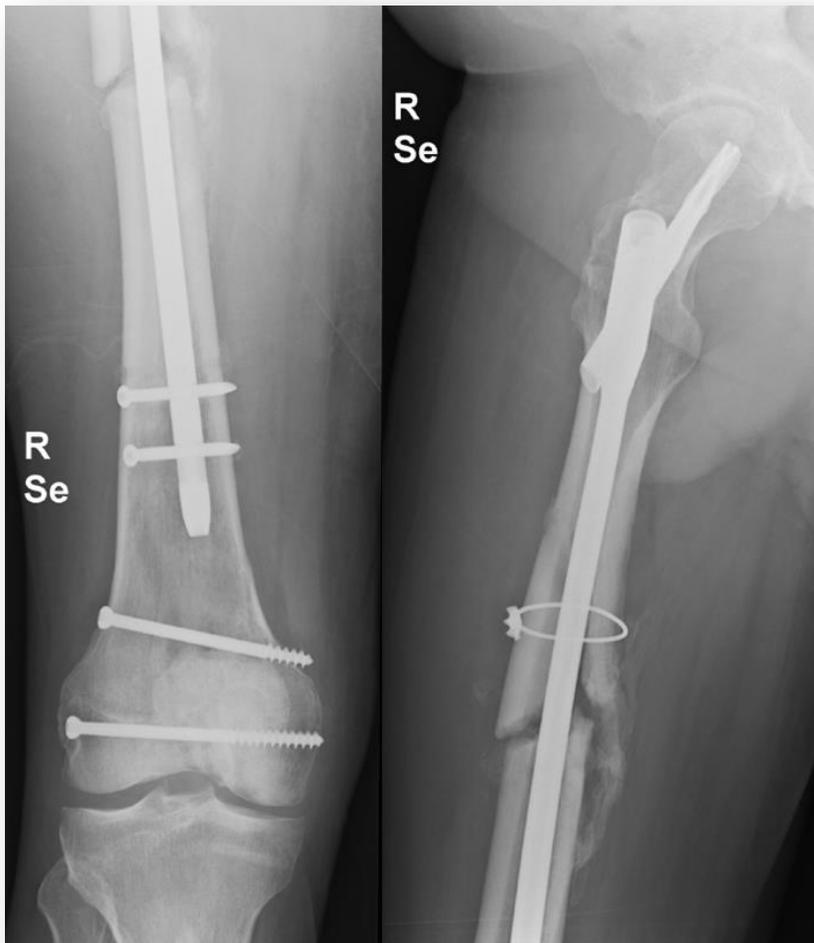


Abbildung 48: Osteosynthese des Femurschaftes auf Distanz

Betrachtet man die Pseudarthrosenrate der nicht in der BGU Murnau versorgten Patienten in Höhe von 53%, muss man kritisch die Selektion des Patientengutes anführen. Mit einer der Hauptgründe für eine Vorstellung in unserem Haus nach bereits anderorts versorgter Mehretagenfraktur des Femurs, ist sicherlich das Vorliegen einer ausbleibenden Knochenbruchheilung. Dadurch ist verständlicherweise auch die Zahl der Revisionseingriffe dementsprechend hoch. Anders formuliert, wurden im Verhältnis deutlich weniger Patienten mit problemlos ausgeheilten Mehretagenfrakturen nach auswärtiger Versorgung in unserem Hause vorgestellt. Bezüglich der Beurteilung der Pseudarthrosenrate sollten daher primär die Versorgungen aus unserem Haus genauer betrachtet werden.

Hier bestätigt sich die Behauptung, dass eine einzeitige Versorgung (n=5) eher pseudarthrotisch heilt, als die zweizeitige (n=2). Und auch die AIO Versorgung (n=3) neigt

etwas mehr zur Ausbildung eines Falschgelenkes als die Versorgung der Frakturen mit zwei Implantaten (n=2), wenngleich die Fallzahlen verhältnismäßig gering sind.

Die mit 11,1% niedrigste Pseudarthrosenrate wiesen die nach dem Rendez-vous-Verfahren versorgten Patienten auf. Wobei auch diese augenscheinlich relativ hohe Rate von über 11 Prozent durch eine einfache Umformulierung relativiert werden kann. Denn von den 9 Patienten mit „Rendez-vous“ Versorgung, bildete nur ein einziger Patient eine Pseudarthrose aus.

Dies spiegelt sich auch in der statistischen Auswertung wider, da hier eine signifikant niedrigere Pseudarthrosenrate für das Rendez-vous Verfahren berechnet werden konnte. Zusätzlich konnte durch die statistische Datenanalyse kein signifikanter Unterschied in der Frakturschwere dieses Patientenkollektives nachgewiesen werden.

Auch der Behandlungserfolg anhand der Bewertung des von uns modifizierten Protokolls von Friedman und Wyman (Friedman/Wyman 1986) zeigte ein, wenngleich nicht signifikant besseres, jedoch mit einem Mittelwert von 5,1 Punkte zu 4,2 der konventionellen und 4,5 Punkten der AIO Versorgung, doch sichtbar besseres Ergebnis. Anhand dieser Untersuchung wurde eine Poweranalyse durchgeführt, die zeigte, dass pro Gruppe mindestens 57 Patienten notwendig wären, um eindeutige Unterschiede aufweisen zu können.

Das Rendez-vous Verfahren kann auch bei der Versorgung komplexerer Frakturen angewendet werden und ist nicht nur für die Versorgung „einfacher und stabiler“ Brüche geeignet. Das Indikationsspektrum der beiden Osteosyntheseverfahren, auf denen das Rendez-vous Verfahren basiert, muss jedoch immer genau beachtet werden.

Die Auswertung der Verteilungshäufigkeiten der einzelnen Frakturen hat gezeigt, dass das Rendez-vous Verfahren für einen großen Teil (> 50%) der Frakturen geeignet gewesen wäre. So wiesen über die Hälfte der untersuchten Patienten Frakturkombinationen aus einer Fraktur im Pertrochanteren- oder Schenkelhalsbereich mit einer Schaftfraktur im mittleren Drittel auf.

5. Zusammenfassung

Die Femur-Mehretagenfraktur hält eine Sonderstellung unter allen Femurfrakturen inne. In der Regel treten diese Multilevel- Frakturen oder auch Kettenverletzungen des Femurs, wie sie synonym bezeichnet werden können, im Rahmen einer Polytraumatisierung auf. Die Verletzungsursache ist in der deutlichen Mehrzahl der Fälle ein sogenanntes Hochrasanztrauma. Typischerweise werden diese kurzzeitigen, aber hochenergetischen Kräfte bei Unfällen im Straßenverkehr freigesetzt.

Die Versorgung dieser regelhaft sehr komplexen Frakturkombinationen stellt die behandelnden Ärzte oft vor eine große Herausforderung, da die Schwierigkeiten bei der Therapie der Mehretagenfrakturen multifaktoriell geartet sind. Begleitverletzungen sind häufig (Alho 1997). Die Herausforderung bei der osteosynthetischen Versorgung liegt unter anderem im instabilen Intermediärfragment, oder auch „floating part“ genannt (Lin 2002).

Aufgrund der häufig prolongierten Heilverläufe und einer hohen Rate an Pseudarthrosen wurde dieses Patientenkollektiv in einem Zeitraum von über 10 Jahren von 2004 bis 2014 in der BG Unfallklinik Murnau nachuntersucht. Es wurden über 80 Patienten mit Femur-Mehretagenfrakturen in diesem Zeitraum behandelt. Von 60 für diese Untersuchung ausgewählten Patienten wurden 31 vom Unfalltag in diesem Haus behandelt und operativ stabilisiert. 29 Patienten wurden in einem anderen Krankenhaus erstversorgt. 13 davon wurden im weiteren Verlauf in diesem Haus mindestens einmal operativ revidiert.

In der BGU Murnau wurde im Laufe der Zeit ein Behandlungsstandard für diese komplexe Form der Femurfrakturen etabliert. Zusätzlich wurde daraus ein besonderes Versorgungskonzept entwickelt, das seither als „Rendez-vous“ Verfahren seine Anwendung findet. Dieses Verfahren vereint die klassische proximale Femurfraktur-Versorgung durch eine DHS mit der etablierten Marknagelosteosynthese einer Femurschaftfraktur auf elegante Art und Weise.

Als häufigstes Problem im Heilverlauf aller Mehretagenfrakturen des Femurs kann zweifelsfrei die Pseudarthrosenbildung genannt werden. Die Pseudarthrosenrate aller Frakturversorgungen von Femur-Mehretagenfrakturen, die in der BGU Murnau durchgeführt wurden, lag durchschnittlich bei 25%. Es war ein Unterschied zwischen den einzeitig und zweizeitig versorgten Patienten zu verzeichnen. Während bei der einzeitigen Versorgung 33% der Patienten eine Pseudarthrose entwickelten, lag die

Pseudarthrosenrate für das zweizeitige Vorgehen bei 13%. Die niedrigste Rate für die Ausbildung einer Pseudarthrose wies die „Rendez-Vous“ Versorgung mit einem betroffenen Patienten (11,1%) auf.

Die Frakturversorgung von Mehretagenfrakturen des Femurs ist oft schwierig, und auch wir sind der Meinung, dass es keine perfekte und universelle Versorgung für alle Mehretagenfrakturen gibt und geben kann. Zu groß sind die potentiellen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Frakturen miteinander. Und dadurch scheiden, je nach Frakturkonstellation, mögliche Implantatkombinationen aus.

Für die im Rahmen dieser Untersuchung jedoch am häufigsten zu beobachtende Frakturkombination (>50%) aus einer Schenkelhals- (28%) oder pertrochanteren (22%) Fraktur mit einer Schaftfraktur des mittleren Femurdrittels, eignet sich das Rendez-vous Verfahren sehr gut. Als ideale Indikation bietet sich diese Versorgung bei Frakturen des Schenkelhals- und der Trochanterregion an, die nach AO Typ 31-A1.1, 31-A1.3 und 31-B1-2 und B3 eingeteilt werden können und in Kombination mit Schaftfrakturen im mittleren und distalen Drittel des Femurs auftreten. Diesen Frakturkombinationen entsprechen über der Hälfte der von uns untersuchten Patienten (34 von 60).

Es kann sowohl als einzeitiges, wie auch als zweizeitiges Verfahren, und sehr gut im Einklang mit den DCO Kriterien angewandt werden. Es bedarf keiner speziellen Unterweisung oder Erlernung von neuen chirurgischen Techniken, da es zwei bereits etablierte und häufig angewandte Osteosyntheseverfahren kombiniert.

Das beste Stabilisationsverfahren ist allerdings wertlos, wenn im Rahmen der Diagnostik und Erstuntersuchung das Vorliegen einer Mehretagenfraktur nicht erkannt wird.

Glücklicherweise konnten im Rahmen dieser Arbeit die ansonsten publizierten Zahlen für übersehene proximale Frakturen bei Femurschaftfrakturen von 10-30% (Alho 1997, Haas 1995) nicht bestätigt werden. In der BGU Murnau wurde nur eine Schenkelhalsfraktur, trotz CT Untersuchung des Hüftgelenkes, erst 7 Tage später diagnostiziert. Die Rate an übersehenen proximalen Frakturen beträgt daher im eigenen Kollektiv nur 3%.

Dies ist als Erfolg einer konsequenten Polytraumadiagnostik mit computertomografischer Abbildung des Beckens, inklusive des Hüftgelenkes und des proximalen Femurs zu werten.

Entscheidend ist, dass bei Vorliegen einer Femurschaftfraktur eine eventuell zusätzlich bestehende, zweite, weiter proximal gelegene Fraktur aktiv gesucht und ausgeschlossen werden muss.

6. Literaturverzeichnis

1. Abalo A, Dossim A, Ouro Bangna AF, Tomta K, Assiobo A, Walla A. Dynamic hip screw and compression plate fixation of ipsilateral femoral neck and shaft fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2008 Apr;16(1):35-8. PubMed PMID: 18453656
2. Alho A. Concurrent ipsilateral fractures of the hip and shaft of the femur. A systematic review of 722 cases. *Ann Chir Gynaecol*. 1997;86(4):326-36. PubMed PMID: 9474427
3. AO Foundation (2014); AO/OTA Fracture and Dislocation Classification (<https://aotrauma.aofoundation.org/Structure/education/self-directed-learning/reference-materials/classifications/Documents/AO-OTA-Fracture-and-Dislocation-Classification.pdf>) Stand 04.11.2014
4. Becher H. [Nailing of femur neck fracture nailing of femur neck fracture with a concomitant fracture of femur head]. *Zentralbl Chir*. 1951;76(23):1609-12. PubMed PMID: 14932355
5. Beck A, Rüter A. [Therapy concept in femoral neck fractures. 1]. *Chirurg*. 2000 Feb;71(2):240-8. Review. German. PubMed PMID: 10734597
6. Bennett FS, Zinar DM, Kilgus DJ. Ipsilateral hip and femoral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1993 Nov;(296):168-77. PubMed PMID: 8222421
7. Bircher H. [Eine neue Methode unmittelbarer Retention bei Frakturen der Rohrenknochen]. *Arch.klin.Chir*.34 (1893) 410-422
8. Chapman JR, Harrington RM, Lee KM, Anderson PA, Tencer AF, Kowalski D. Factors affecting the pullout strength of cancellous bone screws. *J Biomech Eng*. 1996 Aug;118(3):391-8. PubMed PMID: 8872262
9. Chen CH, Chen TB, Cheng YM, Chang JK, Lin SY, Hung SH. Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. *Injury*. 2000 Nov;31(9):719-22. PubMed PMID: 1084160
10. Delaney WM, Street DM. Fracture of femoral shaft with fracture of neck of same femur; treatment with medullary Nail for shaft and Knowles pins for neck. *J Int Coll Surg*. 1953 Mar;19(3):303-12. PubMed PMID: 13044949

11. Friedman RJ, Wyman ET Jr. Ipsilateral hip and femoral shaft fractures. Clin Orthop Relat Res. 1986 Jul;(208):188-94. PubMed PMID: 3720122
12. Garden RS. Malreduction and avascular necrosis in subcapital fractures of the femur. J Bone Joint Surg Br. 1971 May;53(2):183-97. PubMed PMID: 5578215
13. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. J Bone Joint Surg Am. 1976 Jun;58(4):453-8. PubMed PMID: 773941.
14. Haas NP, Schütz M, Mauch C, Hoffmann R, Südkamp NP. Versorgung ipsilateraler Frakturen des Femurschaftes und des proximalen Femurs – Therapieübersicht und aktuelles Management. Zentralbl Chir 1995 120:856-861
15. Hierholzer C, Woltmann A, Bühren V. Therapy of femur shaft fractures. Z Orthop Unfall. 2009 Jan-Feb;147(1):91-115, quiz 116-7. doi: 10.1055/s-2008-1039299. Epub 2009 Mar 4. German. PubMed PMID: 19263319.
16. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC. Damage control: extremities. Injury. 2004 Jul;35(7):678-89. Review. PubMed PMID: 15203308
17. Hung SH, Hsu CY, Hsu SF, Huang PJ, Cheng YM, Chang JK, Chao D, Chen CH. Surgical treatment for ipsilateral fractures of the hip and femoral shaft. Injury. 2004 Feb;35(2):165-9. PubMed PMID: 14736475
18. Lin SH, Lo CW, Cheng SC, Kuo MY, Chin LS. Use of reconstruction nails to manage ipsilateral displaced femoral neck-shaft fractures: assessment of a new approach. J Orthop Surg (Hong Kong). 2002 Dec;10(2):185-93. PubMed PMID: 12493933
19. Lögters T, Windolf J, Flohé S. [Fractures of the shaft of the femur]. Unfallchirurg. 2009 Jul;112(7):635-50; quiz 651. doi: 10.1007/s00113-009-1669-z. Review. German. PubMed PMID: 19575174
20. McElvenny RT. The immediate treatment of intracapsular hip fracture. Clin Orthop. 1957;10:289-325. PubMed PMID: 13561571
21. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1991) Manual of internal fixation. Springer Verlag, Berlin, 3.Auflage 1991 152-7

22. Neer CS 2nd, Grantham SA, Shelton ML. Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1967 Jun;49(4):591-613. PubMed PMID: 6025996
23. Oestern HJ, Tschernke H. Pathophysiology and classification of soft tissue injuries associated with fractures. In: „Fractures with soft tissue injury“, Tschernke H, Gotzen L (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin, 1984, 1-9
24. Oh CW, Oh JK, Park BC, Jeon IH, Kyung HS, Kim SY, Park IH, Sohn OJ, Min WK. Retrograde nailing with subsequent screw fixation for ipsilateral femoral shaft and neck fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2006 Sep;126(7):448-53. Epub 2006 Jun 21. PubMed PMID: 16810555
25. Okcu G, Aktuglu K. Antegrade nailing of femoral shaft fractures combined with neck or distal femur fractures. A retrospective review of 25 cases, with a follow-up of 36-150 months. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003 Dec;123(10):544-50. Epub 2003 Sep 9. PubMed PMID: 13680274
26. Ostermann PA, Henry SL. [Treatment of the ipsilateral femur shaft and femur neck fractures with the Russell-Taylor reconstruction nail]. *Chirurg.* 1994 Nov;65(11):1042-5. German. PubMed PMID: 7821064
27. Ostrum RF, Agarwal A, Lakatos R, Poka A. Prospective comparison of retrograde and antegrade femoral intramedullary nailing. *J Orthop Trauma.* 2000 Sep-Oct;14(7):496-501. PubMed PMID: 11083612
28. Pape HC, Giannoudis P, Krettek C. The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery. *Am J Surg.* 2002 Jun; 183(6):622-9. Review. PubMed PMID: 12095590
29. Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, Zelle B, Garapati R, Grimme K, Krettek C, Reed RL 2nd. Changes in the management of femoral shaft fractures in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma.* 2002 Sep;53(3):452-61; discussion 461-2. PubMed PMID: 12352480.
30. Pape HC, Krettek C. [Damage control orthopaedic surgery]. *Unfallchirurg.* 2003 Feb; 106(2):85-6. German. PubMed PMID: 12683383

31. Pauwels F, Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte, Einteilung der Schenkelhalsfrakturen unter biomechanischen Gesichtspunkten, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1973 1.Auflage S.83
32. Povacz F. Erfolge der Unfallchirurgie im 19.Jahrhundert. In „Geschichte der Unfallchirurgie“ Springer Medizinverlag Heidelberg, 2007, 2. Auflage, S.124-38
33. Randelli P, Landi S, Fanton F, Hoover GK, Morandi M. Treatment of ipsilateral femoral neck and shaft fractures with the Russell-Taylor reconstructive Nail. Orthopedics. 1999 Jul;22(7):673-6. PubMed PMID: 10418862
34. Reimertz C, Pichl J, Peine R, Hoffmann R; „Per- und subtrochantere Femurfrakturen“ in Tscherne Unfallchirurgie Hüfte und Oberschenkel; Hrsg. Haas NP, Krettek Ch; Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 2012 1.Auflage S.182-183
35. Shuler TE, Gruen GS, DiTano O, Riemer BL. Ipsilateral proximal and shaft femoral fractures: spectrum of injury involving the femoral neck. Injury. 1997 May;28(4):293-7. PubMed PMID: 9282185
36. Steinbrich W, Regazzoni P; Frakturklassifikation untere Extremität. In „Frakturen und Luxationen“ Hrsg. Ulrich Mödder (1999), Thieme Verlag Stuttgart-New York, 1999, 1.Auflage S.202-13
37. Stryker ® 2005, T2™ Femur Marknagel System, Operationsanleitung. (http://www.stryker.de/ta-femur_op-technik.pdf), Stand: 13.01.2015
38. Swiontkowski MF, Hansen ST Jr, Kellam J. Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. A treatment protocol. J Bone Joint Surg Am. 1984 Feb;66(2):260-8. PubMed PMID: 6693453.
39. Synthes ® 2007, DHS Operationstechnik (<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/016.000.686.pdf>) Stand:13.01.2015
40. Tsai CH, Hsu HC, Fong YC, Lin CJ, Chen YH, Hsu CJ. Treatment for ipsilateral fractures of femoral neck and shaft. Injury. 2009 Jul;40(7):778-82. doi:10.1016/j.injury.2009.03.009. Epub 2009 May 18. PubMed PMID: 19450801

41. Ulmar B, Simon S, Eschler A, Mittlmeier T. [Subtrochanteric femoral fractures]. Unfallchirurg. 2013 Dec;116(12):1097-112; quiz 1113-4. doi: 10.1007/s00113-013-2525-8. German. PubMed PMID: 24337553
42. Whitman R. VII. A New Method of Treatment for Fracture of the Neck of the Femur, together with Remarks on Coxa Vara. Ann Surg. 1902 Nov;36(5):746-61. PubMed PMID: 17861210;
43. Winqvist RA. Locked Femoral Nailing. J Am Acad Orthop Surg. 1993 Nov;1(2):95-105. PubMed PMID: 10675860.
44. Wiss DA, Sima W, Brien WW. Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. J Orthop Trauma. 1992;6(2):159-66. Review. PubMed PMID: 1602335
45. Wolinsky PR, Johnson KD. Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. Clin Orthop Relat Res. 1995 Sep;(318):81-90. PubMed PMID: 7671535
46. Wruhs O, Jenny JY, Karger C. Management of combination injuries of the femur shaft and femoral neck fractures with a locking nail. Multicenter study of 26 cases from 4 trauma clinics. Unfallchirurgie. 1986 Aug;12(4):208-14. German. PubMed PMID: 3532482
47. Wu CC, Shih CH. Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. Retrospective study of 33 cases. Acta Orthop Scand. 1991 Aug;62(4):346-51. PubMed PMID: 1882674
48. Zettas JP, Zettas P. Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. Clin Orthop Relat Res. 1981 Oct;(160):63-73. PubMed PMID: 7285439

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Femur Mehretagenfraktur Bsp.1+ 2	7
Abbildung 2: Dislokation der Fragmente, Ansicht von lateral (li) und medial (re)	13
Abbildung 3: modifizierte AO Klassifikation der Femurfrakturen 31-33	14
Abbildung 4: Fraktуреinteilung modifiziert nach Winquist (Winquist 1993)	16
Abbildung 5: radiologisch sichere Durchbauung	25
Abbildung 6: CT- Schnitt axial; Ossifikation < 75%	26
Abbildung 7: Dynamische Hüftschraube der Fa. Synthes (Synthes 2007)	28
Abbildung 9: Stryker T2™ Femur Marknagel (Stryker 2005)	30
Abbildung 10: Repositionsmanöver der proximalen Fraktur	33
Abbildung 11: Korrekte Reposition der proximalen Fraktur	33
Abbildung 12: Lagekontrolle der Zieldrähte in 2 Ebenen	34
Abbildung 13: Einbringen der Antirotationsschraube	35
Abbildung 14: korrekte Endlage von Schenkelhals- und Antirotationsschraube	36
Abbildung 15: Bestimmung des Marknagel Eintrittspunktes a.p. und seitlich	38
Abbildung 16: Aufbohren des Marknagel-Eintrittspunktes	38
Abbildung 17: Korrekte Lage des Führungsdrahtes intramedullär	39
Abbildung 18: orthograde Einstellung des Bohrloches	41
Abbildung 19: Bohren, Messen & Einbringen der „Rendez-vous“ Verriegelungsschraube	41
Abbildung 20: Bilddokumentation der korrekten Schraubenlage	42
Abbildung 21: Abgeschlossene distale komplexe Verriegelung	43
Abbildung 22: Ausheilungsergebnis nach „Rendez-Vous“-Versorgung	45
Abbildung 23: Geschlechterverteilung	48
Abbildung 24: Altersverteilung	48
Abbildung 25: Unfallursache	49
Abbildung 26: Frakturlokalisierung proximal	50
Abbildung 27: Frakturlokalisierung distal	51
Abbildung 28: Häufigkeit der jeweiligen Frakturkombinationen	52
Abbildung 29: Proximale Versorgungen BGU Murnau	54
Abbildung 30: distale Versorgungen BGU Murnau	54
Abbildung 31: Versorgungsstrategieverteilung	55
Abbildung 32: proximale Frakturversorgung a.l.	56
Abbildung 33: distale Frakturversorgung a.l.	57
Abbildung 34: Auswertung der einzeitigen Versorgungen der BGU Murnau	60

Abbildung 35: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen der BGU Murnau	60
Abbildung 36: Auswertung der einzeitigen Versorgungen auswärts	62
Abbildung 37: Auswertung der zweizeitigen Versorgungen auswärts.....	62
Abbildung 38: Frakturklassifikation AO/OTA, Osteosynthese und Heilung	64
Abbildung 39: Auswertung aller einzeitigen Versorgungen.....	64
Abbildung 40: Auswertung aller zweizeitigen Versorgungen	65
Abbildung 41: Auswertung aller Versorgungen gesamt	65
Abbildung 42: modifizierte Bewertungstabelle nach Friedman/Wyman (Friedman 1986) ..	66
Abbildung 43: Langzeitergebnisse nach Friedman/Wyman (Friedman, Wyman 1986)	67
Abbildung 44: Punktescore nach AO-Frakturtyp.....	68
Abbildung 45: Boxplot AO-Punktwert AIO&Konventionell vs. Rendez-vous	69
Abbildung 46: Boxplot Bewertung der einzelnen Versorgungen nach Friedman/Wyman ..	69
Abbildung 47: Intraoperative, radiologische Rotationskontrolle	78
Abbildung 48: Behandlungsalgorithmus der BGU Murnau.....	91
Abbildung 49: Osteosynthese des Femurschaftes auf Distanz.....	94

8. Danksagung

Folgenden Personen möchte ich für Ihre mir entgegengebrachte Hilfe und Unterstützung im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit meinen besonderen Dank aussprechen.

In erster Linie gilt der Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Christian Hierholzer für die Überlassung des Themas, die Anregungen und zahlreichen Ideen. Ferner danke ich ihm für die hervorragende Unterstützung, die Motivation und freundliche Betreuung.

Herrn Prof. Dr. A. Woltmann danke ich für die wissenschaftliche Unterstützung und Beratung.

Herrn Prof. Dr. V. Bühren danke ich, stellvertretend auch für den Trägerverein der BG Kliniken, für die Möglichkeiten diese Arbeit in der BG Unfallklinik erstellen zu können und die Räumlichkeiten und die Infrastruktur der Klinik nutzen zu dürfen.

Herrn PD. Dr. S. Hungerer für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung

Frau Hannelore Maderspacher für die zuverlässige und schnelle Hilfe bei der Beschaffung und Organisation von Büchern, Fachzeitschriften und Artikeln.

Der Firma Stryker, stellvertretend Frau Jacobs und der Firma Synthes, stellvertretend Frau Saller für die Bereitstellung und die Erlaubnis zur Veröffentlichung von Bildmaterial der verwendeten Implantate.

Besonderer Dank gilt meiner Familie.

Meiner Frau Constanze für die zuverlässige Unterstützung und Entlastung, meinen Kindern für ihre existenzbedingte Motivation und meinen Eltern, die mir mit ihrer immer großzügigen und selbstlosen Unterstützung meine Ausbildung und diesen beruflichen Werdegang überhaupt ermöglicht haben.

9. Veröffentlichungen

Art der Veröffentlichung: *Article*

Titel: *Surgical treatment of ipsilateral multi-level femoral fractures*

Autoren: *C.v. Rüden, M. Tauber, A. Woltmann, J. Friederichs, S. Hackl, V. Bühren, C. Hierholzer*

Zeitschrift: *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*

Volumen, Seitenzahl: 9 Seiten

Tag der Veröffentlichung: 24.01.2015

PMID: 25616698

Art der Veröffentlichung: Vortrag

Titel: „Chirurgisches Behandlungskonzept: Mehretagenfrakturen des Femurs beim Polytrauma“

Autoren: Markus Tauber, Christian Hierholzer, Volker Bühren, Alexander Woltmann

Veranstaltung: 89. Jahrestagung Vereinigung Bayerischer Chirurgen in Regensburg

Tag der Veranstaltung: 26.07.2012