

1. Einleitung

1.1. Historischer Abriss

Berichte über die Möglichkeit der Behandlungen von proximalen Femurfrakturen liegen im Gegensatz zu anderen Frakturen erst aus dem Mittelalter vor.

Erstmals wurde ein Verfahren von Ambroise PARE' (1510-1590) vorgestellt, der eine Schenkelhalsfraktur mittels Holzschienen ruhiggestellt hatte. [6]

Auch die pertrochantären Frakturen waren initial eine Domäne der konservativen Therapie, da diese nahezu immer zu einer knöchernen Konsolidierung führt. Es kamen dabei die unterschiedlichsten Verfahren zur Anwendung, zum einen die Lagerungstherapien auf verschiedenen Schienen, zum anderen die verschiedenen Extensionsformen. Jedoch waren diese Behandlungen durch die sekundären Komplikationen mit einer hohen Letalitätsrate behaftet. Fortschritte in der Anästhesietechnik legten dann den Grundstein für die Einführung der operativen Versorgung. Seitdem wurden unterschiedlichste Implantate zur Frakturstabilisierung entwickelt.

Prinzipiell gliedern sich diese Techniken in 2 Gruppen – nämlich in intra- und extramedulläre Methoden.

Der von SMITH – PETERSEN entwickelte Dreilamellennagel fand dann als erstes Implantat Anwendung bei der operativen Therapie [26] .Jedoch musste dazu zum einen ein ausreichend großes Trochanterfragment vorhanden sein und zum anderen war im medialen Bereich ein tragfähiges Widerlager erforderlich, um eine Varuskippung zu verhindern.

Daher wurde 1939-1941 in Amerika der JOHANSSON-Nagel mit Stiel nach JEWETT entwickelt. Diese mit einem Dreilamellennagel ausgestattete Materialkombination wurde im weiteren Verlauf durch die Arbeitsgruppe um REHBEIN [40] zu einem Zweilamellennagel weiterentwickelt.

KÜNTSCHER hatte 1939 bereits auf eine Stabilisierung mit dem steilen Schenkelhalsnagel hingewiesen [24].

War jedoch der Trochanter minor mit Anteilen der medialen Femurkortikalis ausgesprengt, konnte dieser Nagel nicht mehr angewendet werden. Das führte dann 1940 zur Entwicklung des Y-Nagels durch KÜNTSCHER. Dieser war eine Kombination aus Schenkelhalsnagel und Marknagel. Jedoch war die Implantation des Quernagels teilweise sehr schwierig, weshalb die Methode von einigen Chirurgen abgelehnt wurde.

1950 wurde dann von LEZIUS und HERZER der Rundnagel entwickelt [27]. Dieser wurde von medial eingebracht und an der unverletzten Femurkortikalis verankert. Scherkräfte wurden dabei in Druckkräfte umgewandelt und der als Gleitschiene dienende Nagel ermöglichte ein Zusammensintern der Fraktur. Allerdings gab es keinen exakt definierten Insertionspunkt, so dass die exakte Nagelposition nicht immer gewährleistet war und so dessen Verwendung einschränkte.

1946 wurde von KÜNTSCHER ein weiteres Implantat vorgestellt. Dabei handelte es sich um einen langen Trochanternagel, der über den medialen Femurkondylus eingebracht wurde und entlang des Schenkelhalses ca. 1-1,5 cm vor dem Hüftgelenksspalt zum Liegen kam.

Diese Art der Fixierung wurde von ENDER und SIMON-WEIDNER aufgegriffen und von ihnen mit 3-4 runden elastischen Kondylennägeln umgesetzt. Durch die fächerförmige Aufteilung im Schenkelhals und Femurkopf wurde eine gute Fragmentfixierung erreicht.

Das Problem dieser Osteosyntheseform war jedoch die Sinterung der Fragmente mit einer Ausheilung in einer Außenrotationsstellung und die Weichteilirritation an der Einbringungsstelle.

POHL und HELFERICH entwickelten 1952 aus dem KÜNTSCHERSCHEN Y-Nagel die nichtsperrende POHLsche Laschenschraube. Diese setzte sich aus der Schenkelhalsschraube und einer dem Femur anliegenden Lasche

zusammen, wobei die Schenkelhalsschraube in der Lasche gleiten konnte und so das Prinzip der dynamischen Osteosynthese umsetzte. Von SEIDEL wurde später zusätzlich die Trochanterabstützplatte entwickelt.

Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) entwickelte 1959 die Winkelplatten mit 95° und 130°-Winkeln. Durch das U -Profil besaßen diese einteiligen Platten den Vorteil der primär höheren Rigidität [30].

Auf der Basis der Prinzipien der POHLschen Laschenschraube wurde von der AO die dynamische Hüftschraube (DHS) entwickelt. Diese zeigte in einer multizentrischen Studie deutliche Vorteile gegenüber den Laschen- und Ender-Nägeln [51]. Aus diesem Grunde entwickelte sie sich zu dem am häufigsten eingesetzten Implantat im deutschen Sprachraum.

Jedoch stießen diese Implantate bei der Versorgung der instabileren Frakturen mit Beteiligung der medialen Kortikalis und des Trochanter major an ihre Grenzen.

Dabei wurde klar, dass die intramedullären Osteosyntheseformen geringeren Biegespannungen ausgesetzt waren als die extramedullären [14]. Somit wurden diese in der weiteren Entwicklung favorisiert [8, 42].

1988 wurde folgerichtig der Gamma-Nagel vorgestellt, der rasch, unkompliziert und minimalinvasiv implantiert werden konnte [3].

1992 wurde von FRIEDL [11] das biomechanische Prinzip des Doppel-T-Klingenprofils wieder aufgegriffen und mit einem intramedullären Implantat kombiniert. Es entstand der sogenannte Gleitnagel. Hier sind die Vorteile der geringeren Biegespannung mit den Vorteilen der minimalinvasiven Implantation sowie der rotationsstabilen Schenkelhalsfixierung verknüpft.

Auch die AO entwickelte ein weiteres Implantat und stellte so den proximalen Femurnagel (PFN) vor. Dieser besteht neben dem eigentlichen Nagel aus der Schenkelhalsschraube, dem Kraftträger für das Kopf-Hals-Fragment und der Hüftgleitschraube. Diese wird kranial der

Schenkelhalsschraube, dem eigentlichen Kraftträger über einen Zieldraht eingebracht und dient der Rotationssicherung des Kopf-Hals-Fragmentes.

In der Weiterentwicklung dieses Implantates dem PFN-A wird eine Spiralklinge an Stelle der beiden Schenkelhalsschrauben eingesetzt. Diese wird in den Schenkelhals eingeschlagen, verdichtet dabei die Spongiosa und garantiert so bei gleichzeitiger winkelstabiler Fixation im Nagel die Rotationsstabilität. Speziell im osteoporotischen Knochen soll das von Vorteil sein.

Der in dieser Studie behandelte TRIGEN-Trochanternagel besitzt zwei Schenkelhalsschrauben mit 6,5 mm Durchmesser. Dabei sollen beide Schrauben gleichzeitig der Lastaufnahme und der Rotationssicherung dienen, wobei auf Grund der geringeren Dimensionen im Vergleich zum PFN die Implantation einfacher und sicherer sein soll.

1.2. Anatomie und Funktion des Hüftgelenkes

Die Region um das Hüftgelenk und das proximale Femurende gehört zu den wohl am meisten untersuchten Gebieten des Körpers. Gleichzeitig ist sie durch die biomechanischen Gegebenheiten auch das Gebiet, das den höchsten Belastungen ausgesetzt ist.

So findet man beim Einbeinstand eine Belastung die in der Frontalebene bis zum 3-fachen Körpergewichtes erreichen kann. Beim Zweibeinstand beträgt die Belastung eines jeden einzelnen Hüftgelenkes ca. 80 % des Körpergewichtes.

Das kann durch Gehhilfen zwar reduziert werden und vermindert sich durch eine Stütze auf der kontralateralen Seite um 25 % . Die Entlastung durch zwei Stützen ergibt jedoch nur unmittelbar postoperativ eine weitere Verminderung, was aber eher dem begleitenden Wundschmerz als der bewussten Entlastung zugeschrieben wird.

Dem entsprechend unterliegen auch die Osteosynthesen einer erheblichen Krafteinwirkung.

1.2.1. Ossäre Verhältnisse

Das proximale Femurende steht zur Schaftachse in einem Winkel von durchschnittlich $126^\circ \pm 6^\circ$. Dieser Winkel wird als CCD-Winkel bezeichnet und ist beim Neugeborenen erheblich steiler und erreicht erst um die Pubertät herum seinen Normalwert und sinkt im Alter weiter ab. Proportional stärker dazu nimmt aber auch die Länge des Schenkelhalses ab.

Als zweiter Winkel prägt der Antetorsionswinkel die Form des Femur. Er definiert sich durch den Schenkelhalsverlauf und eine Linie durch die Femurkondylen. Auch er vollzieht einen Wandel während der Wachstumsphase und wächst von ca. 0° beim Neugeborenen auf ca. $10-12^\circ$ in der Pubertät an. Diese beiden Winkel prägen die Spannungsverteilung im

Hüftgelenk. An der Medialseite des Schenkelhalses ist die Spannungsverteilung deutlich stärker ausgebildet als an der Lateralseite, da im Bereich des Trochanter major die Kortikalis sehr verdünnt ist. Insgesamt ist die Region des proximalen Femur funktionell äußerst an die gegebenen statischen Belastungen angepasst. Das spiegelt sich einerseits in der Ausprägung der Kortikalis und zum Anderen am Grad der Mineralisierung wieder. Die Kortikalis ist an der Medialseite des Schenkelhalses deutlich stärker ausgebildet als an der Lateralseite. Im Rahmen des Alterungsprozesses erreicht die Ausbildung der Kortikalis zur Pubertät ihren höchsten Wert. Während der 3. und 4. Dekade kommt es dann zu einer langsamen Verringerung, die dann im Greisenalter als Asymptote ausläuft. Dabei kommt es nach dem 60. Lebensjahr zu einem Verlust sowohl medial als auch lateralseitig. Bei Frauen tritt dieser Effekt ca. 10 Jahre nach der Menopause ein.

Auch die Spongiosa trägt in ihrer Anordnung der Biegebeanspruchung Rechnung und wird in ihrem Bauprinzip mit einem Kran verglichen. Dabei betrifft diese Anordnung nicht nur die Frontalebene, sondern ist auch nach der Torsionsbeanspruchung ausgerichtet. Als zusätzlicher Ausdruck dieser Anpassung findet sich direkt an der Knickstelle des Schenkelhalses eine im wesentlichen frontal eingestellte Verdichtung, die als MERKEL'scher Schenkelsporn bezeichnet wird. Im Bereich des Trochanter major stellt die Anordnung der Spongiosa eine reine Druckkonstruktion dar. Die Druckkräfte, die auf den Trochanter major wirken, entstehen durch eine Sehnenplatte, die die kurzen Abduktoren mit dem M. vastus lateralis verbindet und so eine Zuggurtung entstehen lässt, die direkt auf den Trochanter major wirkt.

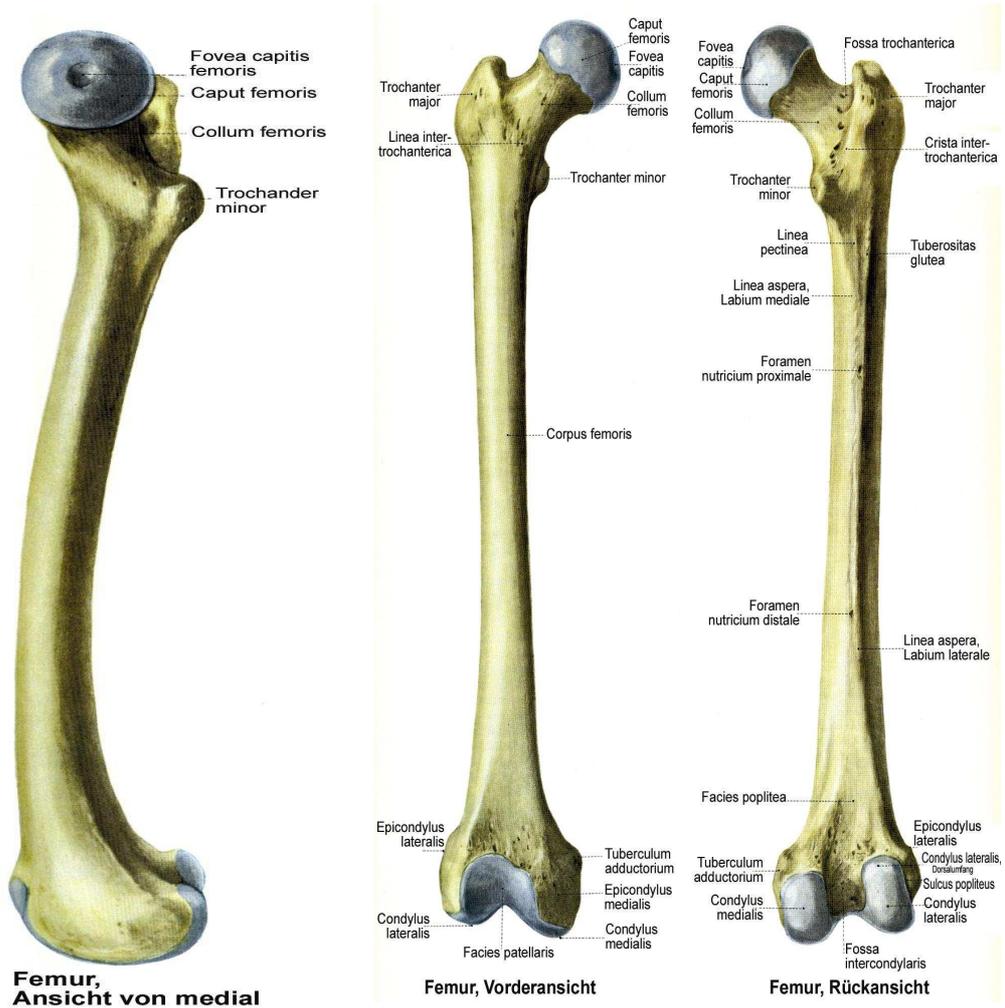


Abb.1 Anatomie des Femur
 Aus v. Lanz / Wachsmuth (1998), Praktische Anatomie, Band 10, Teil 4, 2. Ausgabe

1.2.2. Die Blutversorgung des proximalen Femurendes

Für eine gute Frakturheilung ist eine entsprechende arterielle Blutversorgung erforderlich. Insbesondere im Bereich des proximalen Femur findet man eine spezielle Gefäßversorgung vor.

Prinzipiell werden die Röhrenknochen über drei Gefäßsysteme versorgt, die epi- und metaphysären Gefäße, die A. nutricia und das Periost. Diese anastomosieren untereinander und können sich so partiell ersetzen, jedoch nicht in vollem Umfang. Der Hauptteil der Versorgung wird dabei von den intramedullären Gefäßen erbracht, die von der A. nutricia und vom epi- und metaphysären System gespeist werden. Bei Frakturen kommt es zwar häufig zur Läsion dieses Systems, jedoch wird diese aber auch sehr rasch wiederhergestellt, was besonders für intramedulläre Osteosynthesen eine große Rolle spielt.

Das Periost trägt im wesentlichen zum venösen Abstrom des Blutes bei und versorgt zusätzlich die äußeren Schichten der Kortikalis.

Das proximale Femur ist grundsätzlich in zwei Regionen aufgeteilt, zum einen die pertrochantere Region und zum anderen den Hüftkopf mit Schenkelhals.

Den zentralen Pfeiler der Blutversorgung bilden die beiden Aa. circumflexae des Femurs. Diese entstammen der A. profunda femoris, die wiederum ihren Ursprung in der A. femoralis hat. Die Aa. circumflexae bilden einen extrakapsulär liegenden Gefäßring. Der Ramus profundus der A. circumflexa medialis umgreift den Schenkelhals dabei von posterior und die A. circumflexa femoris lateralis von anterior. Die Trochanterregion wird dabei von Gefäßzweigen aus dem vorgenannten Gefäßring, die dann nach lateral verlaufen, penetriert. Zusätzlich besteht im Bereich der Muskelansätze noch ein vom Gefäßring unabhängiges Gefäßnetz, das mehrere Äste an den Knochen abgibt. Wenn es in der Trochanterregion zu einer Fraktur kommt, bleibt der Gefäßring im allgemeinen unversehrt. Die die Fragmente

versorgenden Gefäße werden durch die umgebende Muskulatur geschützt und die Blutversorgung bleibt so im wesentlichen unbeeinträchtigt. Deshalb sind hier osteosynthetische Versorgungen bis hinein ins hohe Alter fast immer möglich, wobei hier durch intramedulläre Verfahren die geringste Alteration der Gefäßversorgung besteht. Die extramedullären Verfahren beeinflussen die periostale Gefäßversorgung zwar negativ, jedoch konnte bisher dadurch keine wesentlich Beeinträchtigung der Frakturheilung nachgewiesen werden.

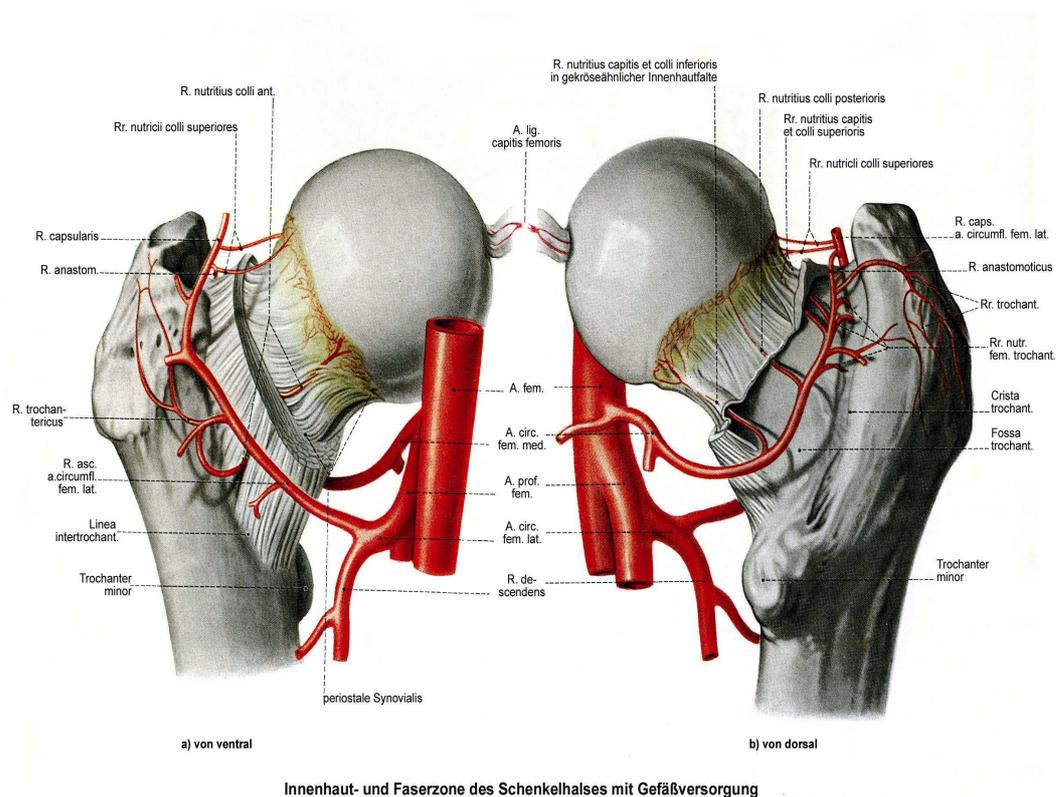


Abb. 2 Blutversorgung der Schenkelhalsregion

Aus Lanz / Wachsmuth (1998), Praktische Anatomie, 10. Band, 4. Teil, 2. Ausgabe

Andere Verhältnisse herrschen im Bereich des Schenkelhalses. Die Äste der Aa. circumflexae laufen auf dem Schenkelhals nach proximal bis zur Knorpel-Knochen-Grenze und tauchen dort in die tieferen Regionen ein. Zusätzlich existiert noch die A. ligamenti capitis femoris, die zwar keine suffiziente Kollateralarterie darstellt, bei medialen Schenkelhalsfrakturen aber noch einen wesentlichen Beitrag zur Restdurchblutung leisten kann. Kommt es zu einer Fraktur mit einem Dislokationsgrad von GARDEN II und mehr werden die Gefäße im Bereich der Fossa trochanterica so verletzt, dass die Durchblutung durch sie nicht mehr gewährleistet ist und das Kopffragment lediglich über die A. ligamenti capitis femoris ernährt werden kann, da auch die medulläre Blutversorgung unterbrochen ist. Für die Erhaltung des Kopffragmentes ist daher eine möglichst rasche Wiederherstellung dieser intramedullären Blutversorgung durch eine entsprechende Osteosynthese essentiell. Dazu empfehlen sich auch hier intramedullär - dynamische Osteosynthesen.

1.3. Hüftgelenksnahe Frakturen

1.3.1. Diagnostik und pathophysiologische Aspekte

Die Diagnostik der pertrochantären Femurfraktur beginnt mit der Inspektion und Palpation. Dabei findet sich bei dislozierten Frakturen typischerweise eine Außenrotation und gelegentlich eine Verkürzung. Hinsichtlich des Weichteilschadens ist die Region über dem Trochanter major besonders exponiert. Dort finden sich dann mögliche Hämatome [33].

Zusätzlich ist bei entsprechenden Untersuchungen ein Zug- und Stauchungsschmerz nachweisbar. Letztlich ist auch eine Prüfung von Motorik, Sensibilität und Durchblutung zwingend erforderlich.

In der Anamnese lassen sich dann Hinweise über den Unfallmechanismus und eventuell zu erwartende Begleitverletzungen eruieren.

Die anschließende Röntgendiagnostik umfasst eine tief eingestellte Beckenübersichtsaufnahme mit Darstellung des proximalen Femurschaftes und eine axiale Röntgenaufnahme in Lauenstein- Position (Aufnahme in Rückenlage des Patienten bei Beugung und Abduktion im Hüftgelenk) [55] . Durch diese Spezialaufnahmen läßt sich dann die Frakturform und die damit erforderliche Therapie festlegen.

Entsprechend dem Muskelzug ist dabei häufig ein verringerter CCD-Winkel mit begleitender Beinverkürzung nachweisbar.

Bei entsprechenden Hochrasanztraumata, wie Verkehrsunfällen, muß nach Begleitverletzungen gesucht werden, die eine höhere Priorität im zeitlichen Ablauf der Versorgung erfordern. Die Frakturen im Hüftgelenksbereich entstehen dabei eher durch direkte Gewalteinwirkung.

Der sonst typische Mechanismus, der vor allem ältere Menschen betrifft ist durch den Sturz auf die Hüftregion selbst mit einer begleitenden Körperbewegung um das fixierte Bein gekennzeichnet, so daß zusätzlich

starke Rotationskräfte auf die Trochanterregion wirken. [55] Die Verletzung ist dabei meist auf das Hüftgelenk begrenzt.



Abb. 3: 75-jährige Patientin mit Zustand nach Sturz
Beckenübersicht



Abb.4: 81-jährige Patientin, Zustand nach Sturz
Axiale Aufnahme des linken Hüftgelenke

1.3.2. Klassifikation der pertrochantären Femurfrakturen

Im Bereich des proximalen Femurendes existieren mehrere Klassifikationssysteme. Die meisten beschreiben jedoch Frakturen im Kopf- und Schenkelhalsbereich. Klassifikationen, die per- und subtrochantäre Frakturen mit einschließen, sind die nach EVANS, ENDER, BOYD, JENSON KYLE, SENSHEIMER und die AO / ASIF-Klassifikation [30, 31]. Bei letzterer besteht der Vorteil, dass alle Frakturen nach einheitlichen Codes eingeteilt werden. Die pertrochantären Frakturen, die das Ziel dieser Arbeit sind, werden dabei in die Gruppe 31 eingeordnet.

Alle Klassifikationen versuchen dabei prinzipiell zwischen instabilen und stabilen Frakturen zu unterscheiden. Dazu wird besonderer Wert auf eine Darstellung der Frakturverhältnisse im Bereich der medialen Kortikalis gelegt, da diese eine wichtige Abstützfunktion innehat und die Implantatwahl beeinflusst.

In der vorliegenden Arbeit wird die zur Zeit gebräuchlichste Einteilung nach den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese verwendet.

A1: Fraktur der Trochanterregion, pertrochantär einfach

A1.1 Fraktur entlang der Linea intertrochanterica

A1.2 Fraktur durch den Trochanter major

A1.3 Fraktur nach distal des Trochanter minor

A2: Fraktur der Trochanterregion, pertrochantär multifragmentär

A2.1 Fraktur mit einem Zwischenfragment

A2.2 Fraktur mit mehreren Zwischenfragmenten

A2.3 Fraktur nach distal des Trochanter minor

A3: Fraktur der Trochanterregion, intertrochantär

A3.1 einfach schräg

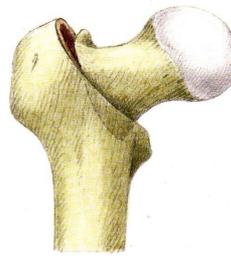
A3.2 einfach quer

A3.3 mehrfragmentär

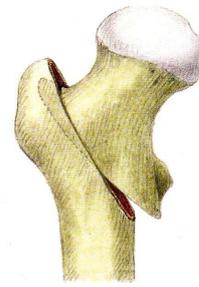
A₁ = einfache Zweifragmentfraktur



A1.1



A1.2

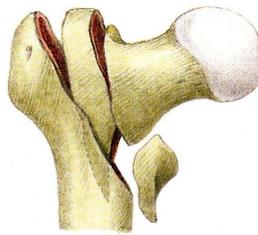


A1.3

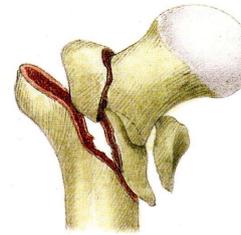
A₂ = Mehrfragmentfrakturen



A2.1



A2.2



A2.3

A₃ = intertrochantäre Femurfrakturen



A3.1



A3.2



A3.3

Abb. 5. Klassifikation der Frakturen der Trochanterregion [30, 31]

Unabhängig vom Frakturtyp sind aus biologischer und mechanischer Sicht alle Frakturen dieser Region als nicht belastungsfähig anzusehen und sollten daher operiert werden.

A1-Frakturen, bei denen die laterale Kortikalis unverletzt ist, wurden früher fälschlicherweise als stabil angesehen. A2-Frakturen beziehen den Trochanter minor mit ein und weisen damit einen zusätzlichen Instabilitätsfaktor auf.

Von diesen beiden Frakturtypen unterscheiden sich die A3-Frakturen durch eine Fraktur der lateralen Kortikalis.

1.3.3. Komplikationsmöglichkeiten nach Osteosynthese pertrochantärer Femurfrakturen

Die allgemeinen Komplikationen einer Fraktur und ihrer Behandlung sind Schock, Thrombosen, Lungen- und Fettembolien, Pneumonien und Wundheilungsstörungen. Im folgenden sollen die wichtigsten operationsimmanenten Komplikationen kurz dargestellt werden [15, 58, 59]. Die Osteosynthese pertrochantärer Femurfrakturen mit intramedullären Implantaten ist ein relativ sicheres Verfahren mit einer kurzen Lernkurve. Trotzdem existieren einige Fehlerquellen, die bereits in der präoperativen Vorbereitung beginnen.

Bei der Lagerung sollte auf eine entsprechende Adduktion des verletzten Beines und einer partiellen Drehung des Oberkörpers zur Gegenseite geachtet werden, um eine achsengerechte Einführung des Nagels in das Femur zu gewährleisten. Bei Nichtbeachtung dieser Regeln droht ein Auflaufen des Nagels an der medialen Kortikalis mit der Gefahr der Schaftperforation.

Im weiteren Verlauf ist auf eine exakte Reposition zu achten, da nur so eine regelrechte Lage des Implantates zu erreichen ist. Gelingt diese nicht geschlossen, sollte sie besser offen reponiert werden. Folgen einer ungenügenden Reposition wären eine spätere Fehlstellung des Beines oder auch ein Cut-out auf Grund der Fehlbelastung des Implantates. Der Cut-out, das heißt die Penetration einer Schraube durch die Kortikalis, kann sowohl nach zentral als auch nach proximal erfolgen. Gleichzeitig kann es dabei zu einem sogenannten Z-Effekt kommen. Darunter versteht man die gegenläufige Migrationstendenz der Schenkelhalsschrauben. Das heißt die craniale Schraube bewegt sich zentralwärts, während die caudale nach lateral wandert [59].

Die nächste Komplikationsmöglichkeit im operativen Ablauf besteht bei der Wahl des Zuganges. Wenn dieser zu weit ventral oder dorsal gewählt wird, kann es dazu führen, daß der Trochanter major nicht zentral eröffnet wird und so die Gefahr der ventralen oder dorsalen Kortikalisaussprengung besteht, die eine Instabilität des Implantates zur Folge haben könnte. Eine Sprengung des Trochanters ist auch möglich, wenn der Nagel ohne Aufbohren mit der 12,5 mm-Fräse eingebracht wird. Auch nach Aufbohren sollte der Nagel nicht unter Anwendung großer Kraft eingebracht werden müssen. Der Nageldurchmesser sollte daher möglichst dünn gewählt werden um ein Auflaufen an der Kortikalis zu verhindern, was Spannungsspitzen hervorrufen würde und zu einer Schaftsprengung führen könnte. Daher wird in den meisten Fällen ein 10mm-Nagel verwendet.

Bei der Implantation der Schenkelhalsschrauben ist auf eine exakte Positionierung des Führungsspießes in beide Ebenen vor der Anlage der Bohrung zu achten. Bei Fehlbohrungen entstehen sonst Substanzdefekte, die eine Korrektur nicht mehr zulassen und so eine Fehllage des Implantates bedingen. Ebenso muß auf eine korrekte Länge der Schenkelhalsschrauben geachtet. Werden diese zu kurz gewählt, erfassen sie das Femurkopffragment nicht richtig und ein Ausbrechen wäre die Folge. Sind sie zu lang, irritieren sie den Tractus und führen so zu Schmerzen bei Bewegung und zu einer chronischen Bursitis. Verstärkt wird das noch beim Gleiten der Schenkelhalsschrauben bei Sinterung der Fraktur.

Im weiteren Verlauf der Operation ist die distale Verriegelung die nächste Fehlerquelle. Auch hier ist bei der Anlage des Zuganges auf ein zentrales Vorgehen auf den Femurschaft zu achten, speziell bei der Incision der Fascie, da es durch Spannungsspitzen auf die Führungshülsen zu deren Achsabweichung und damit zu Fehlbohrungen kommen kann. Als Folge dieser Fehlbohrungen kann es im Extremfall zu iatrogenen Femurschaftfrakturen kommen.

Trotz regelrechter Osteosynthese und anfänglich guter Frakturstellung kann es auch im Rahmen der Frakturheilung zu Komplikationen kommen. So ist eine aseptische Knochennekrose oder eine verzögerte Frakturheilung bzw. eine Pseudoarthrose häufig die Ursache für eine sekundäre Dislokation des Implantates bzw. der Fragmente. Diese kann z.B. durch eine ungenügende Ruhigstellung der Fraktur, eine Spaltbildung zwischen den Frakturrenden, eine mangelnde Blutversorgung, Infektionen sowie allgemeinen Faktoren wie Alter und Ernährungszustand bedingt sein. Liegt bei einer per- bis subtrochantären Fraktur die Resorptionszone caudal der Schenkelhalsschrauben, entstehen bei Ausschöpfen des Langloches der distalen Verriegelung Kraftvektoren die direkt auf den Verriegelungsbolzen wirken und im Extremfall, zu dessen Bruch führen können. Im weiteren Verlauf ist der Nagel selbst Spannungsschwankungen ausgesetzt, die auch seinen Bruch herbeiführen können. Bei nicht konsolidierter Fraktur wäre dann die Indikation zur Reosteosynthese gegeben.

In einer Vergleichsstudie der Orthopädischen Klinik der Universität Patras in Griechenland wurden die intraoperativen Komplikationen bei der Implantation des PFN in einer Häufigkeit von 28,8 %v angegeben im Vergleich zum Gammanagel mit 17,5 %. Postoperativ wurden die Komplikationsraten für den PFN mit 27,6% und für den TGN mit 18,4% benannt. [29]

Tabelle 1: Intraoperative Komplikationen bei der Versorgung hüftgelenksnaher Frakturen

Art der Komplikation	Implantat	
	PFN	TGN
Offene Reposition	4,80%	3,10%
Probleme der Nagelinsertion / Fraktur der lateralen Kortikalis	4,80%	4,20%
Femurschaftfraktur	0%	1,03%
Probleme der distalen Verriegelung	8,40%	4,10%
Fehlplatzierung der Schenkelhalsschraube / Hüftgleitschraube	10,80%	5,10%

Tabelle 2: postoperative Komplikationen bei der Versorgung hüftgelenksnaher Frakturen

Art der Komplikation	Implantat	
	PFN	TGN
Nagelbruch	4,60%	1,10%
Bruch der Verriegelungsschraube	0,00%	1,10%
Pseudarthrose / notwendige Dynamisierung	4,60%	2,30%
Cut-out	4,60%	3,40%
Schraubendislokation (Z-Effekt)	12,30%	1,10%
Femurschaftfraktur	0,00%	1,10%
Hüftkopfnekrose	1,50%	0%
postoperative Fehlstellung (Rotations- und Varusfehlstellung)	0,00%	7,90%

PFN: proximaler Femurnagel
TGN: Trochanteric Gamma Nail

Trotz der aufgeführten Komplikationsmöglichkeiten ist das hier behandelte Nagelsystem bei richtiger Handhabung ein sicheres Verfahren.