

5. Diskussion

Die hüftgelenksnahen Frakturen gehören zu den häufigsten Verletzungen alter Menschen. Durch den Verlust der Mobilität besteht die Gefahr der sozialen Isolation und des Eintritts einer zunehmenden Pflegebedürftigkeit, weswegen sie auch als Polytrauma des alten Menschen bezeichnet werden. Ziel der operativen Versorgung muß es daher sein diesen Mobilisationsverlust durch eine stabile und schonende Osteosynthese zu verhindern.

Die in der Anfangszeit verwendeten statischen Osteosyntheseverfahren wurden später zugunsten der dynamischen Verfahren verlassen.

Initial kam dabei die dynamische Hüftschraube zur Anwendung. Hierbei handelte es sich um ein extramedulläres Verfahren. Der Nachteil dieses Verfahrens bestand jedoch in den deutlich höheren Biegespannungen, denen die Implantate vor allem bei instabilen Frakturen mit Beteiligung der medialen Kortikalis ausgesetzt waren. Diese Biegespannungen führten häufiger zum Implantatversagen und zur Refraktur. Aus diesem Grund traten in letzten Jahren mit dem Gamma-Nagel, dem Classic-Nail, dem proximalen Femurnagel und zuletzt auch dem TriGen-Trochanternagel zunehmend intramedulläre Implantate in den Vordergrund [35, 37].

Nach Stürmer [48] werden dabei an das ideale Implantat folgende Anforderungen gestellt.

- Gewährung der Belastungsstabilität
- Sichere Verankerung auch bei Osteoporose
- Ermöglichung der Fraktursinterung (dynamisches Verfahren)
- Vermeidung einer Implantatperforation in das Gelenk
- Schonung der Vascularisation
- Einfache Implantationstechnik

Im Rahmen dieser retrospektiven Analyse wurden die Daten von 127 Patienten erfasst. Das Kollektiv teilte sich dabei in 105 Frauen (82,7%) und 22 Männer (17,3%). Das Durchschnittsalter betrug 81,22 Jahre, wobei die Frauen im Mittel 83,6 Jahre, die Männer 70 Jahre alt waren. In einer vergleichbaren Studien wurden von Werner-Tutschku et al. [60] 70 Patienten, 74,3% Frauen und 25,7% Männer untersucht. Das Durchschnittsalter lag hier bei den Frauen bei 83 Jahren und bei den Männern bei 68 Jahren. Käfer et al. [19] erfaßten in ihrer Studie 112 Patienten (93,9% Frauen und 16,1 % Männer) mit einem Gesamtdurchschnittsalter von 79 Jahren. Die Studie von Hohendorff [17] umfaßte 133 Patienten, davon 96 Frauen (72,2%) und 37 Männer (27,8%), mit einem Gesamtdurchschnittsalter von 78,4 Jahren. Auch in weiteren Studien fanden sich Kollektive mit ähnlichem Umfang und einer vergleichbaren Alters- und Geschlechtsverteilung [11, 29, 50]. Somit kann in der vorliegenden Untersuchung von einem, für deutsche Verhältnisse repräsentativen Kollektiv ausgegangen werden.

Im eigenen operierten Gesamtkollektiv fanden sich mit einem Anteil von 77,2 %, überwiegend A2-Frakturen, gefolgt von A1-Frakturen mit 18,1%. Relativ gering war jedoch mit 4,7 % die Zahl der A3-Frakturen. Bei Werner-Tutschku et al. [60] dominierten zwar ebenfalls mit 54,4% die A2-Frakturen, jedoch nicht so deutlich, wie in der vorliegenden Studie. Ebenso differiert die Zahl der A3- Frakturen, die mit 35,7 % deutlich über der des eigenen Kollektives lag.

Gleichzeitig verzeichnete Werner-Tutschku et al. [60] wesentlich weniger A1-Frakturen (9,9%). In der Studie von Megas et al. [29] traten in der mit dem Gammanagel versorgten Gruppe 2,1 % A1-Frakturen, 13,3 % A2-Frakturen und 84,6 % A3-Frakturen auf. Die mit dem PFN versorgten Patienten hatte in 45,7% der Fälle eine A2-Fraktur und in 54,3% der Fälle eine A3-Fraktur.

W.Friedl et al. [11] hatten in ihrer 186 Patienten umfassenden Studie 15,5% A1-Frakturen, 51,9% A2-Frakturen und 15,9 % A3-Frakturen. Die restlichen 16,7% umfaßten subtrochantäre und Kombinationsfrakturen.

Während die A1-Frakturen allgemein als stabil angesehen werden, handelt es sich bei den höhergradigen A2- und A3-Frakturen um instabile Frakturformen, da die mediale Abstützung in Form des Trochanter minor nicht mehr gegeben ist [11, 14, 55]. Somit bestanden in unserem Kollektiv 81,9% instabile Frakturen. In den vorgenannten Studien war die Zahl dieser instabilen Frakturen mit 90,1% [61], 84,5% [11] und 97,9% [29] ähnlich hoch, was in einer ähnlichen Zusammensetzung des Patientenkollektives, speziell in Hinblick auf die Altersstruktur und dem damit verbundenen Osteoporosegrad begründet liegt. Diese Altersstruktur begründet auch den mit 96,9 % hohen Anteil von Low-energy-Traumata als Ursache der Fraktur. In einer Studie von R. Wagner et al. [54] war eine ähnliche Verteilung zu verzeichnen. Dort erlitten 86,2 % ein Low-energy- und nur 13,8 % ein High-energy-Trauma.

Ein weiteres Problem des relativ hohen Alters der Patienten ist die Komorbidität. Diese läßt sich zum einen an Hand des ASA-Stadiums klassifizieren, zum anderen aber auch an den einzelnen, im Rahmen der Anamnese erhobenen Erkrankungen. Das ASA-Stadium wurde präoperativ durch den Anästhesisten bestimmt. In unserem Kollektiv waren dabei 83,5 % der Patienten dem ASA-Stadium 3 zuzuordnen. 8,7% der Patienten wiesen sogar ein Stadium 4 auf . In der Studie von Suckel et al. [50] war der Anteil der Patienten in Stadium 3 und 4 ähnlich. Er beschrieb, dass 54,5 % Patienten ein Stadium 3 aufwiesen und im Stadium 4 sich sogar 24,7 % befanden. Käfer et al. [19], die das ASA-Stadium als Prognosefaktor untersuchten, hatten in ihrem Kollektiv 44,6 % Patienten mit ASA 3 und nur 0,9 % der Patienten im Stadium 4. In ihrer Untersuchung war das Stadium 2 mit 49,1 % am häufigsten vertreten.

R. Sailer et al.[39] schlüsselten in ihrer Studie die Nebenleiden einzeln auf. Dabei war bei 19 Patienten (17,4%) eine KHK, bei 12 (11%) ein Diabetes mellitus und bei 9 (8,2%) Patienten ein cerebrales Leiden nachweisbar. In deren Untersuchung besteht eine deutlich geringere Komorbidität im Vergleich zu unserem Kollektiv, wo in 87,4 % der Fälle eine cardio-pulmonale Begleiterkrankung nachweisbar war. Auch die Rate der an Diabetes erkrankten Patienten lag mit 33,9 % deutlich höher, ebenso die der cerebralen Erkrankungen mit insgesamt 58,3 % . Einem unseren Kollektiv vergleichbare Komorbidität wurde von R. Wagner et al. [54] beschrieben. Hier hatten 87,5 % der Patienten eine cardio-vasculäre Begleiterkrankung 19,5 % einen Diabetes mellitus und 37,5 % ein cerebrales Leiden. Insgesamt fällt auf, dass das in dieser Arbeit untersuchte Kollektiv im Vergleich zu ähnlichen Studien eine relativ hohe Komorbidität aufwies.

Durch das Unfallereignis und die bestehenden Nebenleiden kommt es häufig zu einer rasch einsetzenden Stoffwechselentgleisung und in deren Folge auch zu lagerungsbedingten Dekubitalulcera [55]. Daher wird allgemein ein operatives Vorgehen innerhalb von 24 Stunden empfohlen [3,23, 53, 55]. Im Rahmen der OP-Vorbereitung sollte dabei nach Kuner und Schäfer [23] besonders auf die 3 Funktionskreise „ Kreislauf / Atmung, Stoffwechselregulationsorgane, wie Leber und Niere und Stoffwechselsysteme (Wasser und Elektrolythaushalt)“ geachtet werden. Bei eindeutigen Defiziten empfiehlt es sich, dabei einen Internisten mit einzubeziehen. Bei Kuner und Schäfer [23] war das in 20,1% der Fälle notwendig. In unserem Kollektiv lag der Anteil mit 44,1% deutlich höher. Dieser Anteil erklärt sich wiederum aus dem o.g. höheren Anteil an Begleiterkrankungen. Dementsprechend verringerte sich die Zahl der Patienten, die innerhalb der ersten 24 Stunden operiert werden konnten, da die internistische Vorbereitung bis zu diesem Zeitpunkt nicht abgeschlossen war. So wurden innerhalb des ersten Tages bei uns 53,5% der Patienten

versorgt, davon 17,3% innerhalb von 6 Stunden. Bis 48 Stunden nach Aufnahme wurden insgesamt 79,5 % operiert. R. Wagner et al. [54] erreichten eine Rate von 91% innerhalb von 24 Stunden, K. Weise und E. Schwab [56] von 82% und Windolf et al [61] sogar von 100%. R. Sailer et al. [40] operierten ihre Patienten innerhalb von durchschnittlich 1,19 Tagen bzw. 28,56 Stunden. Im Vergleich zu diesen Ergebnissen blieben wir hinter der Forderung nach einer Versorgung innerhalb von 24 Stunden zurück. Als Ursachen dafür sind speziell die Probleme der Operationsvorbereitung zu sehen. Ein Grund sind zum einen die immer umfassendere internistische Abklärung der Patienten, zum anderen ist auch die Problematik der Patientenaufklärung mit in Betracht zu ziehen, speziell für die Patienten mit cerebralen Nebenerkrankungen (58,3%). Für diese bestand oft kein Betreuungsverhältnis, so dass erst vom Gericht ein Betreuer eingesetzt werden mußte bzw. ein Betreuungsverhältnis existierte, der Betreuer aber oft nicht sofort erreichbar war. Die Zeitdauer bis zur Erlangung einer rechtskräftigen Operationseinwilligung ist somit auch noch für die verzögerte Versorgung mit in Betracht zu ziehen.

Die Entscheidung über das Narkoseverfahren wurde in unserem Kollektiv alleinig durch die Kollegen der Anästhesie getroffen. Während in der Arbeit von S. Wagner und A. Rüter [54] die rückenmarksnahen Verfahren wegen des geringeren cardio-pulmonalen Risikos favorisiert wurden, erhielten bei uns lediglich 4 Patienten (3,1%) eine derartige Anästhesie. Die Mehrzahl der Patienten, nämlich 123 (96,9 %) wurden in Allgemeinnarkose operiert. In einer aktuellen Studie von B. Hohendorff et al. [17] betrug die Zahl der in Regionalanästhesie operierten Patienten 75,5%. Ähnliche Verhältnisse wie in der durchgeführten Untersuchung finden sich in den Studien von Käfer et al. [19] und Windolf et al. [61]. Bei M. Käfer [19] erhielten 96,4% eine Intubationsnarkose, bei J. Windolf [61] wurden 92,4% mit diesem Verfahren anästhesiert. Es läßt sich somit auch in der Literatur kein eindeutiger Trend

zu einem der beiden Narkoseverfahren erkennen. Jedoch fällt auf, daß in einer Klinik immer eines der beiden Verfahren favorisiert wird. Auffällig ist jedoch das Vorzüge der Intubation im Vergleich zur Regionalanästhesie in keiner der Studien, die dieses Verfahren bevorzugt eingesetzt haben, näher erläutert werden.

Ein weiteres Problem, daß mit jedem neuen Implantat verbunden ist, stellt die Lernkurve dar. Diese läßt sich zum einen an möglichen intraoperativen Komplikationen, die später näher abgehandelt werden, als auch an der Entwicklung der Operationszeit ablesen. So lag das Maximum der Op-Zeit bei 170 Minuten, das Minimum bei 30 Minuten und der Durchschnitt bei 80,54 Minuten. K. Weise und E. Schwab [56] berichteten in ihrer Studie bei der Verwendung des PFN über OP-Zeiten von durchschnittlich 65 min. J. Windolf et al. [61] gaben ebenfalls eine Durchschnittszeit für den Eingriff von 65 min. an, wobei das Maximum mit 180 Minuten und das Minimum mit 35 Minuten gegenüber unseren Werten nur unwesentlich differierte. W. Sailer et al. [40], die den Gamma-Nagel implantierten, verzeichneten mit durchschnittlich 131 Minuten deutlich längere OP-Zeiten als in den anderen Studien.

Weiterhin konnten wir anhand der Trendlinie im Diagramm 17 einen geringen Rückgang der OP-Zeit von Beginn der Einführung im Oktober 2001 bis zum Februar 2005 verzeichnen, die auch als Lerneffekt im Handling des Implantates zu werten ist. Hinsichtlich der Operationszeiten lagen die Durchschnittswerte im untersuchten Kollektiv 15 Minuten höher, als die für den PFN publizierten Durchschnittswerte, wobei jedoch die Minimal- und Maximalzeiten nur unwesentlich gegeneinander differierten. Im Vergleich zur Gammanagelstudie von Sailer et al. [40] lagen die Operationszeiten im eigenen Kollektiv ca. 50 Minuten niedriger. Insgesamt bewegten sich die gemessenen OP-Zeiten in einem ähnlichen Niveau, wie es in der Literatur beschrieben wird.

Das Ziel der operativen Versorgung ist letztendlich die Patienten schnellstmöglich zu mobilisieren und wieder in ihr gewohntes Umfeld zu integrieren. Allerdings ist das nicht bei allen Patienten möglich. Speziell die älteren Patienten können sich häufig vor dem Unfall in der häuslichen Umgebung gerade noch selbst versorgen. Nach dem Trauma stellt die eingeschränkte Mobilität ein massives Problem für diese Patienten dar.

Im Bereich der häuslichen Versorgung sind sie dann auf spezielle Hilfe angewiesen, die durch Angehörige oder einen Pflegedienst realisiert werden muß. Ab einem bestimmten Grad der Hilfsbedürftigkeit läßt sich diese Pflege jedoch nicht mehr unter ambulanten Kautelen realisieren und die Patienten müssen einer stationären Pflegeeinrichtung zugeführt werden. In unserer Untersuchung wurden nach der stationären Therapie 22% der Patienten in eine solche Pflegeeinrichtung verlegt. Davon waren jedoch schon 85,7 % der Patient vor dem Unfall in einem Heim untergebracht, so daß von dem „Down-staging des sozialen Umfeldes“ lediglich 3,1% der Patienten, bezogen auf das Gesamtkollektiv betroffen waren. O. Gonschorek [13] beschrieb in einer Untersuchung der Universität Leipzig aus dem Jahre 2003 6% Neueinweisungen in ein Pflegeheim. Bei A. Suckel et al. [49] wurden 14,3% und bei R. Wagner [54] 8,3% der Patienten neu in ein Heim verlegt. In der Studie von R. Wagner [54], die Classic-Nail und Gammanagel verglichen, wurden 8,3% der Patienten in ein Pflegeheim entlassen. R. Hofmann et al. [16] die ebenfalls den Classic-Nail verwendeten, verzeichneten 11% Entlassungen in Richtung Pflegeheim. Zusammenfassend kann man feststellen, das aus unserem Kollektiv weniger Patienten nach dem Unfall eine Verschlechterung der sozialen Situation erlebten, als das in vergleichbaren Studien publiziert wurde.

Unser vordergründiges Ziel im Rahmen der postoperativen Therapie war eine bestmögliche Mobilisation der Patienten. Da jedoch dieser Beübungsvorgang bis zur Entlassung nicht vollständig abgeschlossen war,

wurde von uns die Verlegung in eine Rehabilitationseinrichtung angestrebt, um dort die Patienten weiter zu konditionieren, was ambulant nicht in einem derartigen Maße zu realisieren ist. Dementsprechend verließen 51% unserer Patienten die Klinik in Richtung Anschlußheilbehandlung oder stationärer geriatrischer Rehabilitation. Als Vergleich dazu wurden wieder die vorgenannten Studien herangezogen. Dort lag der Anteil zwischen 22,9% und 46,7% [13, 49, 54]. Auch diese Werte zeigen, daß wir zum Teil mehr Patienten zu einer stationären rehabilitativen Maßnahme schickten als andere Autoren. Aus unserer Sicht existiert zum jetzigen Zeitpunkt keine effektivere Maßnahme als Alternative zur weiteren Konditionierung der Patienten. Im ambulanten Sektor hindern die Patienten oft räumliche Distanzen, zeitliche Einschränkungen und nicht zuletzt auch die Budgetierung der Verordnungsmöglichkeiten durch die Hausärzte an einem effektiven Übungsprogramm teilzunehmen. Aus unserer Sicht ist deshalb diese stationäre Rehabilitation für möglichst viele Patienten anzustreben. Bedingt durch das hohe Alter der Patienten und die häufigen, begleitenden Nebenerkrankungen ist das Risiko, eine allgemeine operationsbedingte Komplikation zu erleiden, deutlich erhöht. So kam es in unserem Kollektiv bei 34,7% der Patienten, also etwa einem Drittel der Fälle zur Entwicklung einer solchen Komplikation. In der Literatur reichen die Angaben über die Häufigkeit von 18-36% [11,16,19,29]. Demnach liegen unsere Ergebnisse im oberen Bereich der publizierten Werte, wobei jedoch vor allem in den Studien mit geringerer Komplikationsrate auffällt, daß der Anteil der Begleiterkrankungen, speziell des Herz-Kreislaufsystems deutlich geringer war [33, 41]. Bestehende Begleiterkrankungen sind jedoch speziell in unserem Kollektiv postoperativ in einem hohen Maße mit dem Auftreten cardio-vaskulärer Probleme assoziiert, woraus sich der höhere Anteil allgemeiner Komplikationen erklären läßt. Diese Gruppe der cardio-vaskulärer Ereignisse stellte auch bei uns mit 13,4 % den größten Anteil an

den allgemeinen Komplikationen dar. Ähnliche Verhältnisse fanden sich auch in den Vergleichsstudien von W. Friedl [11], R. Hoffmann [16], M. Käfer [19] und S. Nuber [33]. Auch hier wurde das Auftreten dieser Komplikation am häufigsten beschrieben. In 10 Fällen führten diese Komplikationen noch vor Beendigung der stationären Therapie zum Tode der Patienten, was einer Letalitätssrate von 7,9% entspricht. Damit stimmt sie mit dem 8%-igen Wert überein, der von der Landesärztekammer Baden-Württemberg in ihrer Qualitätssicherungsstudie Chirurgie angegeben wurde. Auch in weiteren Studien mit intramedullären Implantaten [11, 54] lagen die Frühletalitätsraten um rund 8%, so dass die Ergebnisse trotz des zum Teil mit mehr Nebenleiden belasteten Krankengutes, genau diesen Richtwerten entsprechen.

Neben den aufgeführten allgemeinen Komplikationen kam es bei 8 Patienten (6,3%) zu insgesamt 10 operationsimmanenten Komplikationen. Dabei kam zu 3 Hämatomen, die revisionspflichtig waren und 3 postoperativen Wundinfektionen. Weiterhin entwickelten sich 2 Implantatdislokationen während des stationären Aufenthaltes und intraoperativ traten 2 Fehlbohrungen im Bereich der distalen Verriegelung auf.

Gefäß- oder Nervenschäden, primäre Fehllagen des Implantates oder sekundäre Femurfrakturen wurden nicht beobachtet. Speziell diese Komplikationen wurden mit den veröffentlichten Ergebnissen der anderen Standardimplantate wie Gammanagel (Fa.Stryker-Howmedica), proximaler Femurnagel (Fa. Synthes bzw. Clinical House) und Classic Nail (Fa. Smith & Nephew) verglichen. Die Wundinfektionen und Hämatome sind dabei Komplikationen, die nicht direkt an das Implantat gebunden sind, sondern bei jeder Osteosynthese in dieser Region auftreten können. In der Literatur wird ihre Häufigkeit in Verbindung mit einer notwendigen Revision mit 0,7% bis 13% angegeben. Dabei handelt es sich jedoch um die nach oben und

unten begrenzenden Extremwerte, die von W. Friedl et al. [10] in einer Studie mit dem Gammanagel (0,7% lokale Komplikationen) und von R.K.J. Simmermacher et al. [45] mit dem PFN (13% lokale Komplikationen) publiziert wurden. In den meisten anderen Studien finden sich zu dieser Problematik Werte von 1,5 - 6,26% [17, 19, 32, 41, 47, 50, 52, 54]. Die Ursachen für ein Auftreten solcher Komplikationen sind wiederum im fortgeschrittenen Alter der Patienten und den Nebenerkrankungen zu suchen. Speziell bei den Frauen kommt es in der Region des operativen Zuganges zur vermehrten Ausbildung von Fettpolstern und dem Nachlassen des Gewebstugors. Dadurch kann es postoperativ zur Ansammlung von Blutanteilen oder auch seröser Flüssigkeiten kommen, die sich dann im weniger straffen Gewebe deutlich besser ausbreiten können. Zusätzlich ist das Fettgewebe selbst weniger gut durchblutet als die muskulären Strukturen, so daß auch die Resorption dieser Flüssigkeiten eingeschränkt ist. Diese Problematik wird noch von möglichen Nebenerkrankungen verstärkt. Das trifft vor allem auf Stoffwechselerkrankungen wie den Diabetes mellitus oder die Niereninsuffizienz zu, die ebenfalls zu trophischen Störungen im Operationsgebiet und schlußendlich auch zu Wundheilungsstörungen führen können. Die Möglichkeiten derartige Komplikationen zu vermeiden, liegen in einer adäquaten Einstellung der Stoffwechsellage und vor allem in einer gewebeschonenden Operationstechnik mit einer subtilen Blutstillung. Dementsprechend wurde von uns ein derartiges Vorgehen bei jeder Operation angestrebt und so eine Rate von 4,7% bei den lokalen Komplikationen erreicht. Diese Rate bewegt sich somit im international üblichen Niveau.

Besonderes Augenmerk wurde in dieser Untersuchung auf mechanische Komplikationen gelegt. Diese lassen sich prinzipiell in intraoperative und postoperative Komplikationen unterteilen. In Vergleichsstudien, die sich mit den Standardimplantaten Gammanagel und PFN beschäftigen [10, 13, 17,

19, 29, 32, 45, 50, 54, 56, 59], wurde dabei intraoperativ über Femurschaftfrakturen und zusätzliche Frakturen der lateralen Kortikalis im Trochanterbereich berichtet. Weiterhin wurden Fehlplatzierungen der Schenkelhalsschrauben bzw. die nicht zu implantierende Antirotationsschraube beim PFN erwähnt. Auch traten Probleme bei der distalen Verriegelung mit Fehlbohrung und Fehlplatzierung der Verriegelungsschraube auf. Postoperativ können Dislokationen der Schenkelhalsschrauben mit Cut-out-Situationen, Z-Effekte und umgekehrte Z-Effekte, Brüche des Nagels, Frakturen an der Nagelspitze im Bereich des Femurschaftes sowie Tractusirritationen und Bursitiden in der Trochanterregion auftreten.

Intraoperativ kam es in unserem Kollektiv zu 2 Fehlbohrungen im Bereich der distalen Verriegelung bei der Verwendung des Standardzielgerätes. Diese Problematik wird jedoch auch bei den anderen Nagelsystemen beobachtet und in der Literatur mit einer Häufigkeit von 1,38 % bis 7 % beim Gammanagel [2, 8, 29, 47, 50] und 0,4 % bis 8, 4% beim PFN [12,17, 29, 50] angegeben. In den meisten Fällen ist sie auf eine inadäquate Krafteinwirkung auf das Zielinstrumentarium bei der Einbringung des Nagels in den Femurschaft zurückzuführen. Aber auch eine Änderung der Nagelposition, speziell wenn eine Rotationsbewegung ausgeführt wird, wie sie zur Einstellung der Antetorsion notwendig ist, kann zu einer Instabilität oder Verbiegung des Systems Nagel - Zielinstrument führen. Daraus resultiert wiederum eine falsche Richtung des Bohrers und ein Abgleiten desselben am Nagel. Speziell Hammerschläge auf das Zielinstrument sollten vermieden werden, da sich das vorgenannte Risiko dadurch noch weiter erhöht.

Eine weitere Problematik stellen die Frakturen dar, die sich nicht geschlossen reponieren lassen. Diese werden von einigen Autoren [13, 29, 44, 59] mit einer Häufigkeit von 3,1 % bei der Verwendung des

Gammanagels [29] bis 6,6 % mit dem PFN [13] angegeben. Andere Autoren erwähnen die Art der Reposition nicht, da sie diese nicht als spezielle Komplikation ansehen. W. Friedl et al. [10] führt zum Beispiel bei A3-Frakturen in bis zu 52,2% der Fälle eine offene Reposition durch. Entsprechend seiner Ausführungen wird dadurch bei hochinstabilen Frakturen das Operationstrauma durch eine kürzere OP-Zeit eher gesenkt. Darin sieht er einen Vorteil der offenen Reposition. Speziell bei den reversen Frakturen ist durch den Muskelzug des M. psoas iliacus eine geschlossene Reposition fast unmöglich, da der Muskel das proximale Fragment immer nach medial disloziert und so eine adäquate Einstellung nicht möglich ist. Auch eine fehlende Ligamentotaxis, wie sie bei ausgeprägten Mehrfragmentfrakturen vorkommt, kann eine geschlossene Reposition unmöglich machen, so dass ein Umstieg auf eine offene Reposition erforderlich wird. In diesen Fällen ist nicht die offene Reposition als Komplikation anzusehen, sondern die mehrfachen frustrierten Versuche einer geschlossenen Reposition.

Auch von uns wird die offene Reposition nicht als Komplikation angesehen, da wie bereits aufgeführt einige Frakturtypen per se eine offene Reposition erfordern und der mißlungene geschlossene Repositionsversuch als operationstaktischer Fehler anzusehen ist. Dementsprechend wurden die in dieser Untersuchung ermittelten 6 offenen Repositionen, nicht den intraoperativen Komplikationen angerechnet.

In der postoperativen Phase zeigte sich bis zum Entlassungszeitpunkt bei einem Patient eine Dislokation der Schenkelhalsschrauben nach lateral, die eine Revisionsoperation mit Wechsel der Schrauben erforderlich machte und in einem Fall ein Cut-out der cranialen Schraube durch die obere Kortikalis mit begleitendem Z-Effekt, woraufhin die Osteosynthese gegen einen Duokopfprothese getauscht wurde. Prozentual entspricht das insgesamt einem Revisionsanteil von 1,57 % . In den bereits oben

aufgeführten Referenzstudien finden sich zu Komplikation, wie Dislokation der Schenkelhalsschrauben und Cut-out-Situationen Angaben, die sich zwischen 1,3 % und 16,9 % [10, 17, 29, 56, 59] beim PFN und 3,6 % bis 7,0 % beim Gammanagel [29, 51, 55] bewegen. Diese Komplikationen setzen sich aus dem Teleskopieren der Schenkelhalsschrauben, dem Z-Effekt, bei dem die craniale Schraube nach zentral und die distale nach lateral disloziert, dem umgekehrten Z-Effekt, bei dem die Dislokationsrichtungen entgegengesetzt sind und den Cut-out-Situationen, bei denen die craniale Schraube durch die obere Schenkelhalskortikalis perforiert, zusammen. Hinsichtlich der Komplikationshäufigkeit liegt bei dieser Untersuchung die Rate mit 1,57 % unter den publizierten Werten für Gammanagel und PFN, wobei jedoch bei uns nur der Zeitraum bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus betrachtet wurde. Als direkter Vergleich dazu kann die Studie von W. Werner-Tutschku et al [60], in der der PFN untersucht wurde, herangezogen werden, da dort ebenfalls nur die Frühkomplikationen bis zum Entlassungszeitpunkt erfasst wurden. In dieser Studie betrug die Komplikationsrate für Cut-out und Schraubendislokationen insgesamt 11,4%, was deutlich über den von uns ermittelten Werten liegt. Als Ursachen für den sogenannten Z-Effekt werden in der Literatur zum einen ein schlechtes Repositionsergebnis mit einem postoperativen CCD-Winkel von weniger als 125° [60], ein mechanisches Versagen der Osteosynthese mit Kippung des Kopf-Hals-Fragmentes [17], oder auch ein Wagenhebereffekt durch eine zu lange Antirotationsschraube beim PFN aufgeführt [10]. Beim ersten der beiden Fälle in unserem Kollektiv bestand eine Dislokation beider Schenkelhalsschrauben nach lateral, ein Z-Effekt war somit nicht nachzuweisen. Der CCD-Winkel bei diesem Patienten war mit 135° deutlich über dem angestrebten Wert von 125°. Die Schrauben waren im unteren Drittel des Oberschenkelhalses implantiert und die craniale Schraube war auch nicht zu weit eingeschraubt. Somit trifft in dieser

Situation keine der o.g. Ursachen zu. Aus unserer Sicht waren bei diesem Patienten die Schrauben primär zu lang gewählt, dann regulär implantiert, ragten aber aus dem Femur zu weit nach lateral heraus und waren so Scherkräften durch Muskulatur und Tractus ausgesetzt, die sie sukzessive aus dem Schenkelhals heraushebelten, was auch ihre gleichsinnige Dislokationsrichtung erklärt. Insofern ist der Fehler auf eine ärztliche bedingte falsche Wahl der Implantatkomponenten und nicht auf ein prinzipielles Implantatversagen zurückzuführen.

Hinsichtlich der Cut-out-Problematik wird wiederum ein zu geringer postoperativer CCD-Winkel [60], eine zu craniale Implantation der Schenkelhalsschrauben [53] sowie eine zu geringe Länge der Schenkelhalsschrauben [17] angesehen. In unserem Fall des Cut-out war eindeutig die primär zu craniale Implantation der Schenkelhalsschrauben als Ursache anzusehen. Diese waren im oberen Drittel implantiert, wobei primär der geringste Abstand der cranialen Schraube zur oberen Kortikalis nur 4 mm betrug. Der CCD- Winkel war mit 135° als optimal anzusehen, ebenso die Länge der Schenkelhalsschrauben, die 8,1 mm und 9,1 mm vor der Knochen-Knorpel-Grenze im Hüftkopf zu liegen kamen.

Das cut-out- Phänomen ist bei allen Implantaten zu beobachten, die mit Schrauben im Bereich des Schenkelhalses arbeiten. Werden die Schrauben im oberen Drittel des Schenkelhalses eingebracht, besteht ein hohes Risiko eines späteren Ausbrechens der Schrauben nach cranial. Jedoch ist auch diese bei uns aufgetretene Komplikation nicht dem Implantat selbst, sondern der Implantationstechnik durch den Operateur anzulasten.

In der Literatur [17, 29, 50, 54, 60] werden noch weitere Komplikationen erwähnt, die in unserer Studie jedoch nicht nachweisbar waren. Eine davon ist die Femurschaftfraktur im Bereich der Nagelspitze. Diese treten zum einen bei der Implantation des Nagels und zum anderen als Frühkomplikation im postoperativen Verlauf auf. Ursache dafür ist ein durch

die Antekurvatur des Femur bedingtes Auflaufen der Nagelspitze an der ventralen Kortikalis. Dort kommt es dann zu Spannungsspitzen, so daß es im ungünstigsten Fall zur Perforation der Kortikalis und Fraktur des Femur kommen kann. Bedingt durch seine Länge von 240 mm reicht der PFN von allen Implantaten am weitesten in den Bereich der Antekurvatur hinein und kann die Kortikalis dort alterieren. Allerdings wurde das Design soweit angepaßt, daß im Bereich der Nagelspitze Schwingungen möglich sind und so die Gefahr der Perforation wieder herabgesetzt wird. Im Extremfall führt diese Nagellänge von 240 mm sogar dazu, daß der Nagel nicht implantiert werden kann, so wie es bei W. Werner-Tutschku [60] in einem Fall war und dann auf ein extramedulläres Implantat konvertiert werden mußte. Ein Vorteil dieser Länge ist jedoch, daß dieser Nagel auch zur Versorgung subtrochantärer Frakturen verwendet werden kann, was mit dem Trochanternagel nicht möglich ist. Der Gammanagel ist mit 180 mm deutlich kürzer als der PFN, so daß die Gefahr des Auflaufens an der Kortikalis aus geometrischer Sicht deutlich geringer ist. Jedoch ist er rigider als der PFN, was die Gefahr der Femurschaftfraktur fortbestehen läßt. In der Literatur werden dahingehend Raten von 1,1% bis 4% angegeben [10, 29, 50, 54]. Der TriGen-Trochanternagel ist mit 150 mm das kürzeste Implantat. Ein Auflaufen an der ventralen Kortikalis wurde dadurch nie beobachtet, so daß auch die Gefahr der Schaftperforation nicht bestand, was als designtechnischer Vorteil für den Trochanternagel zu werten ist.

Probleme kann aber schon die Nagelinsertion bereiten. Das beginnt bereits bei der Bestimmung des Eintrittspunktes. Dieser darf bei PFN und Gammanagel auf keinen Fall zu weit lateral gewählt werden, da bei beiden Implantaten proximal auf 17 mm aufgebohrt werden muß und so die Gefahr der Sprengung des Trochantermassives besteht. Hier liegt ein weiterer Vorteil des Trochanternagels, der proximal lediglich einen Durchmesser von 12,5 mm hat und so diese Gefahr verringert wird und außerdem noch mehr

unverletzte Knochensubstanz erhalten wird. Ein weiterer Unterschied zwischen den drei Implantaten besteht bei der Einbringung des Nagels in den Femurschaft. Der TriGen-Trochanternagel und der Gammanagel werden über einen zuvor eingebrachten Führungsdraht implantiert, was die Gefahr einer *via falsa* minimiert. Der PFN dagegen wird nur über das Zielinstrumentarium geführt, so daß im Extremfall bei ihm die Gefahr der Perforation des Femurs oder ein Hindurchgleiten durch den Frakturspalt besteht. Auch hinsichtlich der Art der Dynamisierung unterscheiden sich die 3 Nägel. PFN und Trochanternagel können distal sowohl statisch als auch dynamisch verriegelt werden, der Gammanagel nur statisch. Dadurch kann bei den ersten beiden Implantaten die Sinterstrecke auf die Schenkelhalsschrauben und den Nagel selbst verteilt werden, vorausgesetzt dieser läuft nicht vorher an der Femurkortikalis auf, wie es längenbedingt beim PFN der Fall sein kann. Liegt der PFN allerdings frei im Femurschaft so hat er mit 5,5 mm die längste Dynamisierungsstrecke im distalen Bereich. Beim Trochanternagel ist sie mit 5 mm jedoch nur unwesentlich kürzer. Beim Gammanagel ist die Fraktursinterung nur auf die Region des Schenkelhalses begrenzt. Jedoch wird diese auch noch von anderen Faktoren beeinflusst. Dazu sind der Nageldurchmesser, der Durchmesser der Schenkelhalsschraube, die Länge der Schenkelhalsschrauben, auf die die Hüftkraft eine Hebelwirkung ausübt, der CCD-Winkel sowie die verwendeten Materialien zu zählen. [12]. Dabei bestätigte sich der bereits bekannte Zusammenhang, dass das Gleitverhalten mit zunehmendem CCD-Winkel verbessert wird. Dagegen wirken sich längere Schenkelhalsschrauben durch den vergrößerten effektiven Hebel eher negativ aus. Positiv wirkt sich wiederum ein größerer Nageldurchmesser aus. Den entgegengesetzten Effekt zeigen die Schenkelhalsschrauben, sie gleiten um so besser, je dünner sie sind. In diesen beiden Aspekten unterscheiden sich der PFN zusammen mit dem TROCHANTERIC-

GAMMA-NAIL deutlich vom TRIGEN-Trochanternagel. Die ersten beiden weisen mit 17 mm einen relativ hohen proximalen Nageldurchmesser auf, der sich positiv auf das Gleitverhalten auswirkt. Allerdings wird das Kopffragment von Schrauben getragen, deren Durchmesser 12 mm beträgt, was dem Gleiten entgegenwirkt. Beim Trochanternagel wird der sich eher negativ wirkende auswirkende kleine proximale Durchmesser durch ebenfalls gering dimensionierte Recon-Schrauben ausgeglichen. Ein Stabilitätsdefizit der geringer dimensionierten Recon-Schrauben gegenüber den Schenkelhalsschrauben von Gamma-Nagel und PFN besteht dabei nicht, was in einer Untersuchung des Musculoskeletal Research Center, NYU-Hospital for Joint Diseases Department of Orthopaedic Surgery beim Vergleich eines Nagels mit einer 9 mm- Hüftschraube und einem System im Recon-Modus mit zwei 7 mm- Recon-Schrauben nachgewiesen wurde.[22] Zusätzlich hat er mit 135° den steilsten CCD-Winkel. Dieser Winkel ermöglicht so die besseren Gleiteigenschaften im Vergleich zu den anderen Implantaten. Einen weiteren großen Effekt auf das Gleiten hat auch die Materialpaarung von Schenkelhalsschraube und Nagel. Praxisnahe Werte für die Reibungszahl μ liegen für die Stahl / Stahl-Paarung bei ca. 0,1 und für Titan / Titan bei ca. 0,5. Dementsprechend weisen die neueren Titanimplantate schlechtere materialtechnisch bedingte Gleiteigenschaften auf als Stahlimplantate bei sonst aber deutlich besseren biologischen Eigenschaften [12] in Bezug auf die Einheilung.

Der Gammanagel hat jedoch wieder den Vorteil, das er durch die 12 mm-Schenkelhalsschraube am wenigsten Platz im Bereich des Schenkelhalses benötigt. Das kommt speziell bei kleinen anatomischen Verhältnissen zum tragen. Dort kann es vorkommen, das es technisch nicht möglich ist, beide Schrauben in den Schenkelhals zu implantieren. Speziell beim PFN ist das der Fall, da er mit 21,5 mm die größte Ausdehnung im Schenkelhals benötigt. Beim Trochanternagel mit einem äußeren Schraubenabstand von

17,4 mm ist eine Implantation in der Regel immer möglich. Dadurch wird auch die Rotationsstabilität gewahrt, die beim PFN verloren geht, wenn nur die Schenkelhalsschraube implantiert wird.

Diese Art der Rotationssicherung besteht beim Gammanagel gar nicht erst. Allerdings unterscheidet sich das biomechanische Prinzip der Krafteinleitung des TRIGEN-Trochanternagels von dem des PFN deutlich.

Beim Trochanternagel wird die Tragkraft des Kopf-Hals-Fragmentes über beide Schrauben geleitet, während PFN und Gammanagel die Kraft über eine tragende Schraube in den Nagel einleiten. Jedoch ist auch beim PFN eine Kraftaufnahme der Hüftgleitschraube nicht sicher auszuschließen.

Das ist vor allem dann der Fall, wenn diese im Schenkelhals über die Tragschraube hinausreicht. Als Folge davon sind Brüche der dafür nicht konzipierten Schraube möglich. Speziell dieses Problem soll durch die Kraftaufnahme durch beide Schrauben vermindert werden.

Die Implantation der Schenkelhalsschrauben erfolgt beim PFN und Gammanagel über Bohrdrähte, die die Schraubenrichtung definieren und überbohrt werden. Jedoch besteht dabei die Gefahr der Perforation durch das Hüftgelenk hindurch in das kleine Becken mit der Möglichkeit der Verletzung anderer Strukturen. Diese Gefahr wird beim TRIGEN-Trochanternagel durch die Verwendung von Pilotbohrern zur Einbringen der Schenkelhalsschrauben deutlich vermindert. Insgesamt vereint der TRIGEN-Trochanternagel in sich sehr viele konstruktiven Vorteile, die sowohl bei der Implantation des Systems als auch bei Krafteinleitung nach der Mobilisation zum tragen kommen und damit die vollständige Konsolidierung der Fraktur fördern. Das spiegelt sich auch an der insgesamt geringen intra- und postoperativen Komplikationsrate, auch im Vergleich mit den Standardimplantaten PFN und Gammanagel wieder. Da auch prinzipielle Baugleichheit mit den anderen Nägeln des TriGen-Systems besteht ist im Notfall auch ein intraoperativer Wechsel der Strategie unter Beibehaltung

des gleichen Instrumentariums möglich. Insgesamt ist der TriGen-Trochanternagel unter diesen Voraussetzungen als ein empfehlenswertes Implantat anzusehen.