

Rotationsstabiler Schraubanker vs. Gamma3-Nagel bei pertrochantärer Femurfraktur

Eine funktionelle Outcome-Analyse

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin (Dr. med.)¹

an der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Sven Löhnert

aus

Dortmund

2024

¹ Doktor der Medizin (Dr. med.)

Betreuer der Dissertation: Prof. Dr. Michael Hoffmann

Gutachter der Dissertation: PD. Dr. Konrad Mader

Vorsitz der Prüfungskommission: PD. Dr. Konrad Mader

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Johannes Keller

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Florian Barvencik

Datum der mündlichen Prüfung: 08.10.2025

Inhaltsverzeichnis

1.	Darstellung der Publikation	4
2.	Artikel	10
3.	Zusammenfassung	17
4.	Literaturverzeichnis	19
5.	Erklärung des Eigenanteils	21
6.	Eidesstattliche Versicherung	22
7.	Danksagung	23

1. Darstellung der Publikation

Die Inzidenz der proximalen Femurfrakturen steigt in den nächsten Jahren dynamisch weiter an. So zeigt es u.a. eine Studie von Schippers et al., die die Inzidenz an einem überregionalen Traumazentrum in Deutschland quantifiziert hat. Hier wurden für die Jahre 2016 bis 2022 sogar ein überproportionaler Anstieg verzeichnet. Der Anstieg der Inzidenz für proximale Femurfrakturen im Vergleich zum Vorjahr lag in ihrer Studie für das Jahr 2021 bei 23,8% und für das Jahr 2022 bei 17,8%. Für ganz Deutschland wurden im Jahr 2019 über 150000 proximale Femurfrakturen gezählt. Dies entspricht deutschlandweit 22,6% aller Frakturen. [19] Unter den proximalen Femurfrakturen stellt die pertrochantäre Femurfraktur damit nach der Schenkelhalsfraktur die zweithäufigste Frakturform dar. [1] Weltweit wurden im Jahr 2000 ungefähr 1,66 Millionen pertrochantäre Femurfrakturen diagnostiziert. Die Anzahl dieser soll bis 2050 um das 6-fache steigen. [6]

Einer der Hauptgründe für den Anstieg der Inzidenz ist eine zunehmend alternde Gesellschaft. [5, 17] 2019 waren 69% der Betroffenen, welche eine pertrochantäre Femurfraktur erlitten haben weiblich und 87% älter als 70 Jahre. Die höchste Inzidenz war bei Frauen über dem 90. Lebensjahr mit 2550/100000 Einwohner festzustellen [16].

Während die Inzidenz der pertrochantären Femurfraktur in der Altersgruppe, der 60- bis 64-jährigen lediglich 0,06% beträgt, steigt sie mit dem Erreichen des 65. Lebensjahres deutlich an und liegt bei Menschen, die über 85 Jahre alt sind bereits bei 1,3%. [5, 17] 75% der Betroffenen sind älter als 70 Jahre. [7] Das Durchschnittsalter zum Erleiden einer pertrochantären Femurfraktur liegt im 80 Lj. [17]

Die Entstehung einer pertrochantären Femurfraktur wird bei älteren Personen begünstigt durch eine Kombination aus einer erhöhter Sturzneigung, bedingt durch eine herabgesetzte Lokomotionsfähigkeit und aus einer reduzierten Belastbarkeit des Knochens, häufig im Rahmen einer Osteoporose. [12, 21] Pertrochantäre Femurfrakturen resultieren daher bei älteren Patienten überwiegend aus osteoporoseassoziierten Niedrigenergiestraumen. Hierzu zählen für gewöhnlich Stürze aus niedriger Höhe. [1, 9] Prinzipiell gilt das ein verstärkter Knochenabbau durch eine erhöhte Osteoklastenaktivität oder eine verminderte Osteoblastenfunktion bedingt ist. Zudem kann eine Kombination aus beiden Faktoren zugrunde liegen. [18, 22] In 95% der Fälle handelt es sich bei der Osteoporose um eine primäre Osteoporose, deren Ursache im Knochenstoffwechsel liegt,

aber noch nicht gänzlich geklärt ist. Hierzu gehört auch der häufigste Typ, die postmenopausale Osteoporose, welche auch als primäre Osteoporose Typ I bezeichnet wird. Durch den perimenopausalen Östrogenabfall und den altersbedingten Muskelschwund kommt es zu einer vermehrten Aktivierung des Knochenstoffwechsels („high turnover“). Dies hat einen vermehrten Knochenabbau und einen Verlust der Struktur zur Folge. Die Spongiosa reduziert sich, Spongiosabälkchen verschlanken oder verschwinden vollständig und die Kortikalis nimmt entweder an Dicke zu oder wird honigwabenähnlich umgebaut. Die primäre Osteoporose Typ I gilt es von der senilen Osteoporose, als Typ 2 bezeichnet, zu unterscheiden. [18, 22]

Laut Fuchs et al. gaben in einer Studie zur 12-Monats-Prävalenz von Osteoporose in den Jahren 2014 und 2015 in Deutschland 24% der ≥ 65 -jährigen Frauen eine Osteoporose an. Bei den Männern ≥ 65 Jahren lag der Anteil bei 5,6%. Ab dem 45. Lebensjahr gaben Frauen signifikant häufiger eine Osteoporose als Männer an [4].

Die operative Versorgung der pertrochantären Femurfraktur ist in allen Altersklassen die Regel. [15] Um eine zeitnahe Mobilisation des Patienten zu ermöglichen ist die größte Herausforderung des Operierenden eine stabile Verankerung des Implantats im häufig osteoporotischen Knochen. Die Erhaltung der Mobilisation ist maßgeblich für die weitere Lebensqualität verantwortlich [5, 12]. Dies lässt sich mit dem funktionellen Outcome beschreiben. Zu eruieren ist, welches Implantat anhand des funktionellen Outcomes die optimale Versorgung der pertrochantären Femurfraktur darstellt. Zeigt sich der rotationstabilen Schraubanker mit additiver Trochanterabstützplatte (RoSA/TAP) dem Gamma3-Nagel (G3N) anhand der Arbeit von Löhnert et al. gleichwertig? Wie wird in der Literatur eine mögliche Überlegenheit intra- über extramedullärer Implantate in der Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen diskutiert?

Zur operativen Therapie stehen extramedulläre und intramedulläre Osteosyntheseverfahren zur Verfügung. 2007 wurden nach Lohmann et al. fast zweidrittel der pertrochantären Femurfrakturen mit intramedullären Implantaten versorgt und weniger als 30% mit extramedullären Systemen. [13]

Die Überlegenheit intramedullärer über extramedullärer Osteosyntheseverfahren wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Insgesamt zeichnet sich laut Literatur bei höhergradig

instabilen pertrochantären Femurfrakturen der bevorzugte Einsatz intramedullärer Implantate ab. [2, 23]

Eine im Jahr 2023 publizierte Studie von Zeelenberg et al. zeigte nach der Versorgung stabiler 31A1 Frakturen mit einem intra- oder extramedullären Implantat keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Komplikationsrate und des funktionellen Outcomes. Die cut-out Rate lag für extramedulläre Implantate bei 0,5% und für intramedulläre Implantate bei 1,1%. Die Autoren resultierend hieraus das mit Blick auf die steigende Inzidenz der pertrochantären Femurfraktur, die für das Gesundheitssystem entstehenden Kosten zur operativen Versorgung berücksichtigt werden sollten und daher in Abhängigkeit des Operierenden ein extramedulläres Implantat zu bevorzugen ist. [24]

Zu dem RoSA/TAP gibt es bisher nur wenige Studien. 2016 veröffentlichten Knobe et al. eine biomechanische Untersuchung von instabilen nach AO 31A2.2 Frakturen. Die Osteosynthese erfolgte mit einem RoSA/TAP oder proximaler Femurnagel Antirotation (PFNA). Hier zeigten die beiden Implantate hinsichtlich der biomechanischen Eigenschaften keine signifikanten Unterschiede. Das Versagensmuster unterschied sich dennoch. Während es bei dem PFNA zum Ausbruch am Trochanter major und der sogenannten lateralen Wand kam, resultierte das Versagensmuster des RoSA/TAP in der posterioren Fraktur des Femurhalses. Dies wurde begründet mit einer herabgesetzten Stabilität des Femurhalses durch die einliegende posteriore Schraube der TAP. [11]

Im Jahr 2015 zeigten Knobe et al. in einer ähnlichen biomechanischen Untersuchung die Überlegenheit des intramedullären über das extramedulläre Implantat. Hier untersucht wurde der Intertan Nagel gegenüber der perkutanen Kompressionsplatte (PCCP). [10]

In einer ersten klinischen Evaluation des RoSA/TAP, welche im Jahr 2017 veröffentlicht wurde, verwiesen Maier et al. eine akzeptable Reosteosyntheserate von 8%. 19 Patienten des Gesamtkollektivs hatte eine 31A1 Fraktur und 61 Patienten eine 31A2 oder 31A3 Fraktur. [14]

Die Erkenntnisse dieser Studien erlauben die Annahme, dass der RoSA/TAP, anders als möglicherweise andere extramedulläres Implantat, auch bei instabilen pertrochantären Femurfrakturen eine Möglichkeit zur suffizienten Osteosynthese darstellt.

In der Literatur wird bei vergleichenden Studien zwischen intra- und extramedullären Implantaten am häufigsten die DHS als extramedulläres Implantat herangezogen. Hier

zeichnet sich in der Literatur die Überlegenheit der intramedullären Implantate über die DHS ab. [2, 8]

Für den Gamma3-Nagel zeigte sich in einer Studie von Catania et al. eine cut-out Rate von 4,8%. Der Gamma3-Nagel stellt seit Jahrzehnten ein Standardimplantat zur Versorgung proximaler Femurfrakturen dar. Für den Elos Nagel zeigte sich mit 2,6% eine etwas geringere cut-out Rate. [3]

In dem, für diese Publikationspromotion, veröffentlichten Artikel von Löhnert et al. wurden insgesamt 162 Patienten, die nach der AO-Klassifikation eine 31A1, 31A2 oder 31A3 pertrochantäre Femurfraktur in den Jahren 2018 und 2019 erlitten haben und mit einem RoSA an der RoMed Klinik in Bad Aibling, Bayern oder einem Gamma3-Nagel an der Asklepios Klinik in St. Georg, Hamburg versorgt wurden, für diese retrospektive Analyse postalisch kontaktiert. Von den ursprünglich 162 kontaktierten Patienten konnten 43 Patienten in Form von 2 Kollektiven in die Studie involviert werden.

Neben den Patientenbasisdaten (Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index), der ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists), der Dauer des stationären Aufenthalts, dem Frakturtyp, sämtlichen intra- und postoperative Komplikationen, der Schnitt-Naht-Zeit und dem Blutverlust wurden zwei Funktionsscores (SF-36 und NMS) erhoben.

Der SF-36 ist ein krankheitsunspezifischer Gesundheitsfragebogen, der auf der Basis von 36 Fragen, in 8 Kategorien (Vitalität, körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, körperliche Rollenfunktion, emotionale Rollenfunktion, soziale Rollenfunktion, psychisches Wohlbefinden), Aussagen über den Gesundheitszustand des Patienten erlaubt.

Die Anzahl der erreichbaren Punkte für die 8 Kategorien erstrecken sich von 0 bis 100. Hierbei entspricht eine Anzahl von 0 erreichten Punkten einer maximalen gesundheitlichen Einschränkung, während bei einer erreichten Punktzahl von 100 keine gesundheitlichen Einschränkungen vorliegen.

Der NMS nach Parker und Palmer dient der Erfassung des Mobilitätsstatus und wurde jeweils für den Zeitpunkt vor und ≥ 1 Jahr nach operativer Versorgung erhoben. Er dient dazu, anhand 3 unterschiedlicher Aktivitäten den Grad der Mobilität in 4 Kategorien

einzuteilen. Es können jeweils 0-3 Punkte pro Aktivität erreicht werden, sodass die maximal erreichbare Punktzahl 9 beträgt.

Zur Beurteilung des operativen Outcomes wurde die Differenz zwischen der Summe des NMS vor der Fraktur und nach der Fraktur errechnet.

Die Ergebnisse wurden mit Parameterschätzern, Standardfehlern und p-Werten dargestellt. Die p-Werte wurden zweiseitig berechnet. Ein p-Wert < 0.05 galt als signifikant.

Stetige Variablen wurden mit Mittelwerten und Standardabweichungen und mit Medianen und 25er / 75er Perzentilen beschrieben. Kategorielle Daten wurden mit absoluten und relativen Häufigkeiten dargestellt.

Sämtliche Berechnungen wurden mit der statistischen Analysesoftware R (R Core Team, 2022) durchgeführt.

Beide Implantate zeigten in der 2024 veröffentlichten Studie von Löhnert et al. hinsichtlich des funktionellen Outcomes ≥ 1 Jahr nach pertrochantärer Femurfraktur keine signifikanten Unterschiede auf. Dies entspricht den Ergebnissen von Zeelenberg et al.. [20, 24] Zahlenmäßig zeigte sich der Gamma3-Nagel im Vergleich zum RoSA/TAP dennoch leicht überlegen. Dies zeigt sich sowohl in den Kategorien der körperlichen Rollenfunktion und körperliche Funktionsfähigkeit des SF-36 als auch in dem geringeren Punkteverlust von vor der Fraktur zu ≥ 1 Jahr nach der Fraktur im New Mobility Score. [20]

Die Komplikationsrate lag in der Arbeit von Löhnert et al. im Bereich der, in der Literatur dokumentierten. Für den RoSA ergab sich eine Komplikationsrate von 10%, für das Gamma3-Nagel Kollektiv von 9%. In dem Gamma3-Nagel Kollektiv zeigten sich keine implantatassoziierten Komplikationen. Das in der Studie von Löhnert et al. in 2 Fällen verzeichnete Ausbrechen der Platte am Femurschaft, zeigt die vermeintliche biomechanische Schwäche extramedullärer Implantate am Femurschaft. In beiden Fällen lag eine instabile 31A2.2 Fraktur vor. [20]

Für die Anwendung der Implantate im klinischen Alltag ergibt sich, dass stabile Frakturen sowohl mit intra- als auch extramedullären Implantaten suffizient versorgt werden können. Bei der Versorgung instabiler pertrochantärer Femurfrakturen entsprechend 31A2 und 31A3 Frakturen sollten intramedulläre Osteosyntheseverfahren präferiert werden. [20]

Aufgrund der fehlenden Komplikation eines cut-out, sowohl in dem RoSA/TAP Kollektiv als auch dem Gamma3-Nagel Kollektiv, kann dies bezüglich keine Überlegenheit eines Implantats abgeleitet werden. [20]

Studien mit einer größeren Anzahl an Patienten und Patientinnen wäre zur vergleichenden Untersuchung insbesondere der Komplikation, des cut outs, interessant. Sollte sich hier eine verminderte Rate an cut-out als implantatassoziierte Komplikation zeigen, wäre eine Weiterentwicklung des RoSA zu einem intramedullären Implantat sinnvoll. Dadurch könnten die vermeintlichen Vorteile des intramedullären platzierten Kraftträgers sowie die der Schrauben-Klingen Kombination im Kopf-Hals Fragment vereint werden. [20]

Originalien

Unfallchirurgie 2024 · 127:722–728
<https://doi.org/10.1007/s00113-024-01479-1>
 Angenommen: 26. Juli 2024
 Online publiziert: 12. September 2024
 © The Author(s), under exclusive licence to
 Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
 Springer Nature 2024

Redaktion

Tobias Helfen, München
 Carl Neuerburg, München
 Hans Polzer, München



Rotationsstabiler Schraubanker (RoSA) vs. Gamma3-Nagel (G3N) bei pertrochantärer Femurfraktur

Eine funktionelle Outcome-Analyse

Sven Löhnert¹ · Klaus-Jürgen Maier² · Peter Behrendt¹ · Michael Hoffmann¹

¹ Abteilung für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sportorthopädie, Asklepios Klinik St. Georg, Hamburg, Deutschland

² Abteilung für Unfallchirurgie und Orthopädie, RoMed Klinik Bad Aibling, Bad Aibling, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Die pertrochantäre Femurfraktur (PFF) stellte deutschlandweit im Jahr 2019 mit 10,7% die zweithäufigste Frakturform dar. Um eine frühzeitige Mobilisierung der Patienten zu ermöglichen, besteht das primäre Operationsziel in der belastungsstabilen Osteosynthese. Die größte Gruppe der implantatbedingten Komplikationen stellt anhaltend das Implantatversagen (> 80%) dar.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, den Einfluss des Implantats auf das funktionelle Outcome zu erfassen und zu analysieren.

Material und Methoden: 43 Patienten mit einer PFF (AO-Typen 31A1–31A3) wurden in die Studie inkludiert. Der Einfluss des Implantats auf das funktionelle Outcome wurde mithilfe 2er Fragebögen (SF-36, NMS (New Mobility Score)) erfasst und analysiert.

Ergebnisse: In unserer Studie konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des funktionellen Outcomes ≥ 1 Jahr nach Osteosynthese der PFF in Abhängigkeit des verwendeten Implantats aufgezeigt werden. Es zeichnete sich jedoch überwiegend eine leichte zahlenmäßige Überlegenheit des G3N über den RoSA ab.

Diskussion: In der Literatur wird die Überlegenheit der intra- über die extramedullären Implantaten anhaltend diskutiert.

Das Implantatversagen stellt weiterhin die häufigste Komplikation dar. Bei intramedullären Implantaten, wie dem G3N, besteht das Versagensmuster primär im Versagen der Kopf-Hals-Komponente. Für herkömmliche extramedulläre Implantate stellen bei instabilen PFF zudem die biomechanischen Eigenschaften am Femurschaft eine Herausforderung dar. Eine Weiterentwicklung des RoSA zu einem intramedullären Implantat könnte die Vorteile des intramedullär platzierten Kraftträgers mit den Vorteilen der Klingen-Schrauben-Kombination im Hals-Kopf-Fragment vereinen und zu einem Rückgang von implantatassoziierten Komplikationen führen.

Schlüsselwörter

Proximale Femurfraktur · New Mobility Score · SF-36 Fragebogen · Klingen-Schrauben-Kombination · Implantatversagen



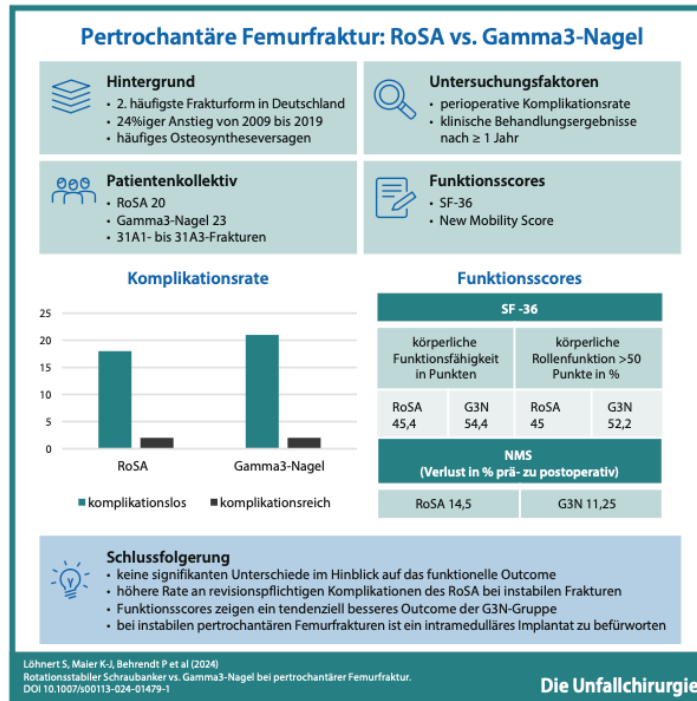
QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hinführung zum Thema

Zur Erhaltung der Lebensqualität und Reduktion perioperativer Komplikationen wird eine frühzeitige Mobilisierung nach einer pertrochantären Femurfraktur (PFF) angestrebt. Die größte Herausforderung besteht in der Frakturversorgung mit einer belastungsstabilen Osteosynthese. In

diesem Zusammenhang werden intra- und extramedulläre Implantate kontrovers diskutiert, da das Implantatversagen eine entscheidende Komplikation darstellt. Bei intramedullären Implantaten kommt es primär zum Versagen der Kopf-Hals-Komponente, während bei den extramedullären Implantaten der längere Hebelarm eine biomechanische Heraus-

Graphic abstract



forderung darstellt. Aktuell existiert keine Studie, die den RoSA mit dem Gamma3-Nagel im Hinblick auf das funktionelle Outcome in der PFF-Versorgung beurteilt.

Hintergrund und Fragestellung

Seit dem Jahr 1910 verzeichnet Deutschland eine demografische Entwicklung mit einer nahezu kontinuierlich alternden Gesellschaft [3].

Im Jahr 2019 wurden deutschlandweit für alle Altersgruppen 688.403 Frakturen dokumentiert. Neben der Schenkelhalsfraktur stellt die pertrochantäre Femurfraktur mit 10,7 % die zweithäufigste Fraktorentität dar. Dies entspricht einem Anstieg um 24 % im Vergleich zu dem Jahr 2009. Insgesamt 69 % der Betroffenen waren weiblich und 87 % der Gesamtbetroffenen älter als 70 Jahre [20].

Zur Erhaltung der Lebensqualität und Reduktion der perioperativen Morbidität besteht das primäre Ziel in der frühzeitigen postoperativen Mobilisation unter Vollbe-

lastung [2, 15, 18, 21]. Die größte Herausforderung für den Operateur stellt hierbei die belastungsstabile Osteosynthese des häufig osteoporotischen Knochens dar [8]. Die häufigste Komplikation stellt mit über 80 % der implantatbedingten Komplikationen das Osteosyntheseveragen, mit Cut-out und Kollaps des Hüftkopfes in Varusstellung, dar [14, 16].

Bei dem RoSA (Abb. 1 und 2) handelt es sich analog zur dynamischen Hüftschraube (DHS) um ein extramedulläres Implantat. Im Unterschied zur DHS stellt der RoSA allerdings ein dreiteiliges System dar, bestehend aus einer Schraubeklingen-Kombination, die in den Hüftkopf eingebracht wird und einer an dem Femurschaft verankerten Gleithülsenplatte. Zudem kann zur Erhöhung der Stabilität und zum Abstützen der sog. lateralen Wand optional eine winkelstabile Trochanterabstützplatte (TAP) zum Einsatz kommen [13, 16]. Diesem extramedullären Implantat steht mit dem Gamma3-Nagel ein Implantat nach dem Prinzip einer in-

tramedullären Osteosynthese gegenüber (Abb. 3).

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, beide Implantate im Hinblick auf die perioperative Komplikationsrate und das klinische Behandlungsergebnis in der Behandlung von pertrochantären Femurfrakturen (31-A1, 31-A2 und 31-A3) zu evaluieren. Es wird angenommen, dass beide Osteosyntheseverfahren diesbezüglich ein gleichwertiges Ergebnis erzielen.

Methodik

Patientenkollektiv

Insgesamt konnten 43 Patienten, die nach der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) eine pertrochantäre Femurfraktur des Typs 31-A1, 31-A2 oder 31-A3 in den Jahren 2018 und 2019 erlitten haben und mit einem RoSA an der RoMed Klinik in Bad Aibling, Bayern, oder einem Gamma3-Nagel in der Asklepios Klinik in St. Georg, Hamburg, versorgt wurden, in Form von 2 Kollektiven in diese retrospektive Studie inkludiert werden.

Ausschlusskriterien waren tumorbedingte Frakturen, zeitgleich aufgetretene ipsi- oder kontralaterale Frakturen der unteren Extremität und des Beckenrings, Amputationen der unteren Extremität und minderjährige Patienten.

Untersuchungsablauf

Patientenbasisdaten (Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index) sowie die Risikoeinstufung der Patienten aufgrund von Vorerkrankungen wurden in Form der ASA-Klassifikation (American Society of Anesthesiologists) aus elektronischen Krankenakten extrahiert. Weitere Parameter wie die Dauer des stationären Aufenthalts in Tagen und der Frakturtyp, klassifiziert nach AO, wurden ebenfalls erfasst. Stabile Frakturen waren nach AO 31-A1 klassifizierte. Die Frakturtypen 31A2 und 31A3 nach AO stellten die instabilen Frakturen dar. Zudem wurden sämtliche intra- und postoperative Komplikationen dokumentiert. Sämtliche postoperative Komplikationen bis ein Jahr nach stattgehabter Fraktur wurden registriert. Des Weiteren wurden die Schnitt-Naht-Zeit in Minuten und der

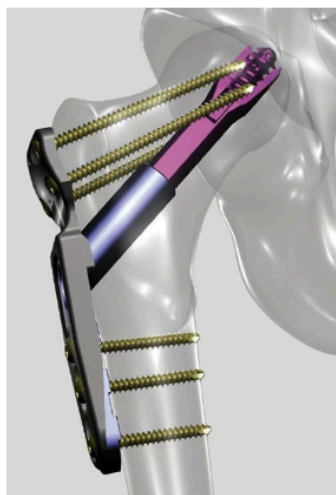


Abb. 1 ▲ RoSA P3, TAP und Antiteleskopier-schrauben als schematische Darstellung (mit freundlicher Genehmigung der Fa. Koenigsee Implantate)

Blutverlust dokumentiert. Der Blutverlust wurde bemessen anhand der Hämoglobindifferenz in Gramm pro Deziliter (g/dl) präoperativ und dem ersten postoperativen Tag.

Die funktionelle Outcome-Analyse der Studienteilnehmer nach ≥ 1 Jahr erfolgte mittels standardisierter Funktionsscores. Der Short Form Gesundheitsfragebogen (SF-36) ist ein weltweit etablierter und validierter krankheitsunspezifischer Gesundheitsfragebogen, der auf der Basis von 36 Fragen Aussagen über den Gesundheitszustand des Studienteilnehmers erlaubt [6]. Der New Mobility Score (NMS) nach Parker und Palmer dient der Erfassung des Mobilitätsstatus und wurde jeweils für den Zeitraum vor und ≥ 1 Jahr nach operativer Versorgung erhoben. Er zeigt eine sehr hohe Interrater-Reliabilität und eine sehr hohe Validität zwischen Mobilität und Selbstständigkeit [17]. Zur Beurteilung des operativen Outcomes wurde die Differenz zwischen der Summe des NMS vor der Fraktur und nach der Fraktur errechnet.

Statistik

Stetige Variablen wurden mit Mittelwerten und Standardabweichungen beschrieben.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mit einem ungepaarten t-Test berechnet. Die p -Werte wurden zweiseitig berechnet. Ein p -Wert $< 0,05$ galt als signifikant.

Der Wilcoxon-Test wurde angewandt, um ordinale Score-Werte hinsichtlich der Implantate zu vergleichen. Fishers exakte Tests wurden verwendet, um die Verteilung diskreter Größen in Abhängigkeit vom Implantat zu untersuchen. Die statistische Analyse erfolgte mittels R Core Team, 2022.

Ergebnisse

Insgesamt konnten 20 Patienten mit einem RoSA und 23 Patienten mit einem Gamma3-Nagel in die klinische Outcome-Analyse inkludiert werden. Bei 15 Patienten des RoSA-Kollektivs kam zur Fraktur-stabilisierung additiv eine TAP zum Einsatz. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation lag bei $77,5 \pm 11,1$ Jahren (RoSA 79,5 Jahre, G3N 75,8 Jahre, $p = 0,335$). In allen 43 Fällen wurde postoperativ, röntgenologisch gesichert, ein regelrecht einliegendes Osteosynthesematerial dokumentiert.

Beide Kollektive zeigten hinsichtlich des Geschlechts ($p > 0,999$, Chi-Quadrat-Test) und des Alters ($p = 0,335$, Wilcoxon-Test) keine signifikanten Unterschiede. Die Basisdaten sind der **Tab. 1** zu entnehmen.

Die perioperative Komplikationsrate lag bei 10 % für das RoSA-Kollektiv und 9 % für das Gamma3-Nagel-Kollektiv. In dem RoSA-Kollektiv kam es in 2 Fällen zu einem Ausbruch der Platte am Femurschaft. In einem Fall folgte dadurch eine Verkipfung der Fraktur in Valgusstellung und die Ausbildung eines Hämatoms. Für das Gamma3-Nagel-Kollektiv wurde in 2 Fällen die Ausbildung eines Hämatoms dokumentiert. In beiden Fällen waren diese nicht operationspflichtig. Die durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeit betrug für das Gamma3-Nagel-Kollektiv 59 ± 14 min und für das RoSA-Kollektiv bei 53 ± 15 min.

Der prä- zu postoperative Abfall des laborchemisch bestimmten Hämoglobins betrug für das RoSA-Kollektiv ($2,5 \pm 0,9$ g/dl) und für das Gamma3-Nagel-Kollektiv ($2,0 \pm 2,0$).

Die Ergebnisse des SF-36 und NMS sind in **Tab. 2** und **3** angegeben. Anhand der körperlichen Funktionsfähigkeit

zeigt sich ein tendenziell besseres, nicht signifikantes ($p = 0,33$) funktionelles Outcome für das Gamma3-Nagel-Kollektiv. Ähnliches zeigt sich in der Kategorie der körperlichen Rollenfunktion. Hier wird die Einschränkung der Rollenfunktion durch körperliche Beeinträchtigungen festgehalten. Es erzielten 47,8 % des Gamma3-Nagel-Kollektivs und 55,0 % des RoSA-Kollektivs 0 bis 50 Punkte. Dementsprechend zeigt sich für das Kollektiv, das mit einem Gamma3-Nagel versorgt wurde, ein prozentual, wenn auch geringfügig, größerer Anteil an Studienteilnehmern, die über 50 Punkte erreicht haben.

Die erreichten Punkte für den NMS fallen für beide Implantate ≥ 1 Jahr nach der PFF geringer aus als vor der Fraktur (**Tab. 3**). In dem RoSA-Kollektiv fiel der durchschnittliche Score von 6,9 Punkten vor der Fraktur, um einen Punkt, auf einen durchschnittlichen Score von 5,9 Punkten ≥ 1 Jahr nach der Fraktur. Der Punktverlust in dem Gamma3-Nagel-Kollektiv war mit 0,9 Punkten etwas geringer als in dem RoSA-Kollektiv. Hier fiel der durchschnittliche Score von 8 Punkten vor der Fraktur auf durchschnittlich 7,1 Punkte ≥ 1 Jahr nach der Fraktur. Auch hier zeigt sich eine leichte Überlegenheit des Gamma3-Nagels ($p = 0,96$).

Sowohl bei der Betrachtung des Medians als auch des Mittelwertes der körperlichen Funktionsfähigkeit zeigen die Subgruppen mit komplikationslosen Verläufen höhere Punktzahlen als die Subgruppen mit komplikationsreichen Verläufen. Zwischen den Ergebnissen der körperlichen Funktionsfähigkeit der Subgruppen mit komplikationslosen Verläufen (RoSA, $n = 18$, MW = 47, SD = 37, Gamma3-Nagel, $n = 20$, MW = 56, SD = 33) konnten keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,37$) aufgezeigt werden.

In der Gamma3-Nagel-Subgruppe mit komplikationslosen Verläufen liegt der Mobilitätsverlust, gemessen anhand des Punktverlustes (Differenz vor/nach der Fraktur 0,9 Punkte), leicht unter dem der RoSA-Subgruppe (Differenz vor/nach der Fraktur 0,9 Punkte). Insgesamt ließen sich dennoch keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,86$) darstellen.



Abb. 2 ▲ Rechtsseitige 31A2.3-Fraktur versorgt mit RoSA P3, TAP und 2 Antiteleskopierschrauben



Abb. 3 ▲ Linksseitige 31A1.2-Fraktur versorgt mit einem Gamma3-Nagel

Diskussion

Die Studie zeigt eine tendenziell höhere Rate operationspflichtiger Komplikationen bei der Verwendung des RoSA-Implantats bei tendenziell klinischer Überlegenheit des G3N-Implantats in den funktionellen Outcome-Scores. Bisher wurden keine Studien durchgeführt, die das funktionelle Outcome nach operativer Versorgung einer PFF mit einem Gamma3-Nagel oder RoSA mit additiver TAP verglichen haben.

Die Überlegenheit intramedullärer über extramedulläre Implantate wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Insgesamt zeichnet sich bei höhergradig instabilen PFF der bevorzugte Einsatz intramedullärer Implantate ab [2, 23]. Dies ist nicht zuletzt auf die Weiterentwicklung dieser, wie beispielsweise des Gamma3-Nagels, zurückzuführen. Der intramedullär platzierte Kraftträger kann durch das „Rohr-im-Rohr-Prinzip“ die auf den Femurschaft einwirkenden Kräfte besser übernehmen [2]. Neben der Überlegenheit des intramedullären Implantats im Rahmen biomechanischer Studien spielt der Tip-to-Apex-Abstand (TAD) eine entscheidende Rolle, in Bezug auf das Cut-out als mögliche Komplikation, in der Versorgung peritrochantärer Femurfrakturen [1, 23]. Baumgaertner et al. konnten in einer 1995 publizierten Studie zeigen, dass ein Anstieg der TAD mit dem statistischen Auftreten eines Cut-out der Schenkelhalsschraube korreliert [1]. Als

extramedulläres Implantat ist in den Studien am häufigsten die DHS vorzufinden [2, 14, 19]. Der RoSA stellt ebenfalls ein extramedulläres Implantat dar. Bisher gibt es nur wenige Studien, die den RoSA untersucht haben. 2013 konnten Knoke et al. in einer biomechanischen Studie die Überlegenheit des RoSA über die DHS für stabile PFF aufzeigen [12]. Eine vergleichende Studie zum klinischen Outcome nach Osteosynthese der peritrochantären Femurfrakturen mittels intramedullärem Kraftträger als Goldstandard gibt es bisher nicht.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Gamma3-Nagels konnten diverse Studien eine Verbesserung des Gamma3-Nagels gegenüber seinen Vorgängermodellen verifizieren [9, 10, 22]. Intramedulläre Kraftträger erweisen sich in der Osteosynthese instabiler PFF insbesondere aufgrund ihrer biomechanischen Eigenschaften am Femurschaft als vorteilhaft. Das Versagensmuster der Osteosynthese besteht gemäß der Literatur jedoch nicht primär in dem Versagen des Implantats am Femurschaft, sondern im Kopf-Hals Fragment [2, 11]. Catania et al. dokumentierten in einer Studie zur Versorgung peritrochantärer Femurfrakturen mit einem intramedullären System eine Cut-out-Rate von 4,8% für den Gamma3-Nagel [5]. Dies entspricht bei der hohen Inzidenz der Fraktur einer anhaltend großen Anzahl an Patienten. Trotz der Weiterentwicklung der Implantate stellt die häufigste Komplikation weiterhin das Im-

plantatversagen dar [8, 14]. Die Angaben zum Versagen der Osteosynthese variieren in der Literatur, wie oben ersichtlich, deutlich [8]. In einer früheren Arbeit konnten Maier et al. 2016 hinsichtlich der biomechanischen Eigenschaften des RoSA/TAP und des PFNA bei instabilen A2.2-Frakturen keine signifikanten Unterschiede feststellen [13]. Die Entwicklung des RoSA beruht auf der theoretisch stabileren Verankerung der Klingen-Schrauben-Kombination im Kopf-Hals-Fragment. Der RoSA könnte daher eine Option als Revisionsimplantat nach beispielsweise Cut-out darstellen.

Die in unserer Arbeit dokumentierte Komplikationsrate bewegte sich im Rahmen der in der Literatur beschriebenen [7, 8]. In unserer Studie konnte bei keinem Studienteilnehmer ein Cut-out beobachtet werden. Der TAD lag in dem RoSA/TAP-Kollektiv in 15% der Fälle (3/20, MW = 20 mm) und in dem Gamma3-Nagel-Kollektiv in 26% der Fälle (6/23, MW 24 mm) > 25 mm. In einer 2022 veröffentlichten retrospektiven Studie von Caruso et al. ging ein TAD > 34,8 mm bei 31A2-Frakturen mit einem statistisch erhöhten Risiko für ein Cut-out einher [4]. Ein TAD > 38,4 mm wurde in einem Fall in dem RoSA/TAP-Kollektiv kalkuliert. Das Implantatversagen des RoSA resultierte in beiden Fällen aus dem Ausbrechen der Platte am Femurschaft. In beiden Fällen lag eine instabile Fraktur nach AO-Klassifikation 31A2.3 vor. In einem Revisionseingriff wurde die 3-Loch-Gleit-hülsenplatte gegen eine längere 5-Loch-

Originalien

Tab. 1 Basisdaten			
Basisdaten			
	RoSA, n = 20	Gamma3-Nagel, n = 23	Insgesamt, n = 43
Geschlecht ¹			
Männlich	5 (25)	6 (26)	11 (26)
Alter (Jahre)	80 (±10)	76 (±12)	78 (±11)
Stationärer Aufenthalt (Tage)	15,0 (±6,7)	14,8 (±15,7)	15,0 (±12,2)
BMI im Durchschnitt	24,7 (±4,5)	23,1 (±3,2)	23,8 (±3,9)
ASA ¹			
1	0 (0)	3 (13)	3 (7)
2	6 (30)	7 (30)	13 (30)
3	14 (70)	11 (48)	25 (58)
4	0 (0)	2 (9)	2 (5)
AO 31A1–31A3 ¹			
Stabil (31A1)	7 (35)	12 (52)	19 (44)
Instabil (31A2 und 31A3)	13 (65)	11 (48)	24 (56)
Reposition ¹			
Geschlossen	16 (80)	22 (96)	38 (88)
¹ N (%)			

Tab. 2 SF-36, postoperativ			
SF-36, postoperativ			
	RoSA, n = 20	Gamma3-Nagel, n = 23	
SF-36-Kategorie			
Körperliche Funktionsfähigkeit im Durchschnitt	45,4 (±36,5)	54,4 (±34,5)	p = 0,33
Körperliche Rollenfunktion ¹			
0 Punkte	5 (25)	7 (30)	–
25 Punkte	1 (5)	3 (13)	
50 Punkte	5 (25)	14 (4)	
75 Punkte	1 (5)	1 (4)	
100 Punkte	6 (30)	10 (44)	
Unknown	2 (10)	1 (4)	
Körperliche Schmerzen im Durchschnitt	74,9 (±23,2)	72,0 (±27,5)	p = 0,76
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung im Durchschnitt	50,2 (±19,6)	57,7 (±24,0)	p = 0,29
¹ N (%)			

Tab. 3 NMS, prä- und postoperativ			
NMS, prä- und postoperativ			
	RoSA, n = 20	Gamma3-Nagel, n = 23	
Summe präoperativ im Durchschnitt	6,9 (±3,4)	8,00 (±2,3)	p = 0,27
Summe postoperativ ≥ 1 Jahr im Durchschnitt	5,9 (±3,8)	7,1 (±2,3)	p = 0,43

Gleithülsenplatte ausgetauscht. Der TAD lag in beiden Fällen <25 mm (1. Fall 20 mm, 2. Fall 21 mm).

Die Frage, bis zu welchem Punkt sich PFF mit einem extramedullären Implantat, unter Berücksichtigung der biomechanischen Eigenschaften am Femurschaft, suffizient versorgen lassen, bleibt letztendlich

offen. Um die auf die Platte einwirkende Zugspannung besser zu kompensieren, wäre eine längere, minimalinvasiv eingeschobene Platte wünschenswert. Auch eine Weiterentwicklung des RoSA zu einem intramedullären Implantat könnte die Vorteile des intramedullär platzierten Kraftträgers mit den Vorteilen der Klingen-Schrau-

ben-Kombination im Hals-Kopf-Fragment vereinen und zu einem signifikanten Rückgang von implantatassoziierten Komplikationen führen.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße lassen sich keine Aussagen zu wesentlichen Unterschieden hinsichtlich der Komplikationen zwischen den beiden Implantaten ableiten.

In unserer Arbeit zeigen die Kategorien körperliche Funktionsfähigkeit und körperliche Rollenfunktion des SF-36 für beide Kollektive vergleichbare Ergebnisse, mit einer statistischen, zahlenmäßigen, wenn auch nur geringfügigen Überlegenheit des Gamma3-Nagels.

Die Ergebnisse des RoSA fielen u. a. aufgrund eines komplikationsreichen Verlaufes mit unterdurchschnittlichen Ergebnissen (0 Punkte für die beiden oben erwähnten SF-36 Kategorien sowie 0 Punkten im NMS ≥ 1 Jahr nach PFF) niedriger aus.

Eine in dem Jahr 2018 veröffentlichte Metaanalyse, in welcher der Blutverlust und die Operationslänge hinsichtlich 5 Implantaten (G3N, Proximaler Femurnagel Antirotation, perkutane Kompressionsplatte, dynamische Hüftschraube, Femurkopfersatz) bei PFF verglichen wurden, ergaben sich für die intramedullären Implantate eine kürzere Operationsdauer und ein geringerer Blutverlust. Letzteres deckt sich mit unseren Ergebnissen. Der RoSA war nicht der Teil der oben genannten Metaanalyse. Dennoch ist das Verfahren dem der DHS ähnlich. Die etwas kürzere Schnitt-Naht-Zeit im RoSA-Kollektiv kann auf die Implantation durch überwiegend den gleichen Operateur zurückzuführen sein. Der geringere Blutverlust ist insbesondere auf eine geringere Verletzung der Weichteile zurückzuführen. Dieser Umstand könnte sich auf das Outcome, insbesondere der schwerwiegenden vorerkrankten ASA-3-/ASA-4-klassifizierten Studienteilnehmer, positiv auswirken. Zur genaueren Differenzierung wäre eine Studie mit Subgruppenvergleichen notwendig.

Limitationen

Die Interpretation der Ergebnisse ist durch einige Limitationen beschränkt. Das retrospektive Studiendesign und die geringe Fallzahl sind als wesentliche Schwächen zu nennen. Durch das retrospektive De-

sign war keine Randomisierung möglich. Die Osteosynthese wurde von unterschiedlichen Operateuren in unterschiedlichen Kliniken durchgeführt. Die Verwendung des jeweiligen Implantats stellt jedoch ein Standardverfahren in der jeweiligen Klinik dar. Dennoch könnte auch dies einen Einfluss auf die Ergebnisse unserer Studie gehabt haben. Zur genaueren Verlaufskontrolle des Outcomes wäre ein wiederholtes Erfassen der Daten mithilfe der Fragebogen in kleineren Zeitintervallen möglicherweise von Vorteil gewesen. Zudem hätte das Vorliegen des SF-36 Fragebogens zu einem Zeitpunkt vor der PFF weitere Daten zur Interpretation des Outcomes geboten.

Fazit für die Praxis

Die vorliegende Studie zeigt keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf das funktionelle Outcome zwischen beiden Versorgungsgruppen. In unserer Studie zeigt sich eine höhere Rate revisionspflichtiger Komplikationen des RoSA bei instabilen PFF. Im Hinblick auf die klinischen Funktionsscores zeigt sich ein tendenziell besseres Outcome der G3N-Gruppe, sodass insbesondere bei instabilen PFF ein intramedulläres Implantat zu befürworten ist.

Korrespondenzadresse

Michael Hoffmann, MD

Abteilung für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sportorthopädie, Asklepios Klinik St. Georg Lohmühlenstr. 5, 20099 Hamburg, Deutschland
mic.hoffmann@asklepios.com

Datenverfügbarkeit. Die erhobenen Datensätze können auf begründete Anfrage in anonymisierter Form beim korrespondierenden Autor angefordert werden. Die Daten befinden sich auf einem Datenspeicher der Asklepios Klinik St. Georg.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Löhnert, K.-J. Maier, P. Behrendt und M. Hoffmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission (2021-100667-BO-ff), im Einklang mit dem nationalen Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 durchgeführt. Von allen beteiligten Patient/-innen liegt eine Einverständniserklärung vor.

Rotationally stable screw anchor (RoSA) vs. Gamma3 Nail (G3N) in pertrochanteric femoral fractures. A functional outcome analysis

Background: The pertrochanteric femoral fracture (PFF) represents one of the most common fracture types throughout Germany. To enable early mobilization of patients, the primary surgical goal is load-stable osteosynthesis. Implant failure still represents the largest group of implant-related complications (>80%).

Objective: The aim of the study was to document and analyze the influence of the implant on the functional outcome and an evaluation of the rotationally stable screw anchor (RoSA) vs. Gamma3 nail.

Material and methods: In a retrospective study 43 patients with PFF (AO 31A1-A3) were included in the study. The influence of the implant on the functional outcome was assessed by 2 standardized questionnaires (SF-36, NMS (New Mobility Score)) and analyzed in a retrospective evaluation.

Results: In the study no significant differences in functional outcome scores ≥ 1 year after osteosynthesis of the PFF could be shown depending on the implant used. There is an overall tendency for a better outcome in the G3N group.

Discussion/conclusion: In the literature the superiority of intramedullary nailing over extramedullary implants is continually discussed. Implant failure is still the most frequent complication. In intramedullary implants, such as the G3N, the primary cause is failure of the head-neck component. For conventional extramedullary implants the biomechanical properties on the femoral shaft also pose a challenge in the case of unstable PFF. The further development of the RoSA to an intramedullary implant could combine the advantages of intramedullary load carriers with the advantages of the blade-screw combination in the head-neck fragment and lead to a reduction in implant-associated complications.

Keywords

Proximal femoral fractures · New Mobility Score · SF-36 Questionnaire · The blade-screw combination · Implant failure

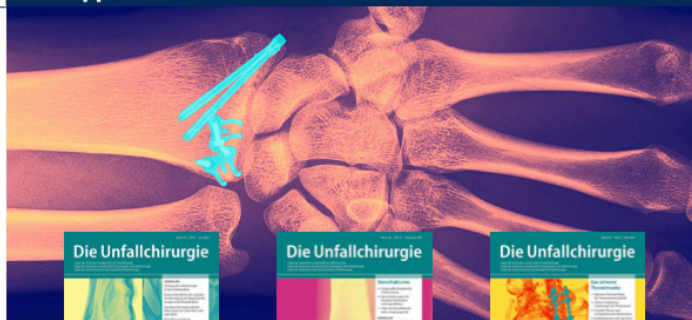
Literatur

- Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindsog DM et al (1995) The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of pertrochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 77:1058–1064
- Bonnaire F, Lein T, Bula P (2011) Pertrochanteric Femurfrakturen. *Unfallchirurg* 114:491–500
- Bundesamt S Bevölkerungsvorausberechnungen für Deutschland
- Caruso G, Corradi N, Caldaria A et al (2022) New tip-apex distance and calcar-referenced tip-apex distance cut-offs may be the best predictors for cut-out risk after intramedullary fixation of proximal femur fractures. *Sci Rep* 12:357
- Catania P, Passaretti D, Montemurro G et al (2019) Intramedullary nailing for pertrochanteric fractures of proximal femur: a consecutive series of 323 patients treated with two devices. *J Orthop Surg Res* 14:449
- Corporation R36-item-short-form. In: health-care/surveys_tools/mos/. RAND Corporation
- Ehlinger M, Favreau H, Eichler D et al (2020) Early mechanical complications following fixation of proximal femur fractures: From prevention to treatment. *Orthop Traumatol Surg Res* 106:S79–S87
- Füchtmeier B, Gebhard F, Lenich A (2011) Komplikationen bei pertrochanterischen Frakturen. *Unfallchirurg* 114:479–484
- Georgiannos D, Lampridis V, Bisbinas I (2014) Complications following Treatment of Trochanteric Fractures with the Gamma3 Nail: Is the Latest Version of Gamma Nail Superior to Its Predecessor? *Surg Res Pract* 2014:143598
- Georgiannos D, Lampridis V, Bisbinas I (2015) Subtrochanteric femoral fractures treated with the Long Gamma3® nail: A historical control case study versus Long trochanteric Gamma nail. *Orthop Traumatol Surg Res* 101:675–680
- Hirschfeld C, Jung J, Wicher A et al (2019) Operative Revisionen bei Komplikationen nach Gamma3-Nagel-Osteosynthese hüftnaher Frakturen. *Unfallchirurg*
- Knobe M, Gradl G, Maier K-J et al (2013) Rotationally Stable Screw-Anchors Versus Sliding Hip Screw Plate Systems in Stable Trochanteric Femur Fractures: A Biomechanical Evaluation. *J Orthop Trauma* 27:e127–e136
- Knobe M, Nagel P, Maier K-J et al (2016) Rotationally Stable Screw-Anchors With Locked Trochanteric Stabilizing Plate Versus Proximal Femoral Nail Antirotation in the Treatment of AO/OTA 31A2.2 Fracture: A Biomechanical Evaluation. *J Orthop Trauma* 30:e12–e18
- Krischak G, Dürselen L, Röderer G (2011) Versorgung pertrochanterischer Femurfrakturen. *Unfallchirurg* 114:485–490
- Lang NW, Breuer R, Beiglböck H et al (2019) Migration of the Lag Screw after Intramedullary Treatment of AO/OTA 31.A2.1-3 Pertrochanteric Fractures Does Not Result in Higher Incidence of Cut-Outs, Regardless of Which Implant Was Used: A Comparison of Gamma Nail with and without

- U-Blade (RC) Lag Screw and Proximal Femur Nail Antirotation (PFNA). J Clin Med 8:
16. Maier K-J, Bücking B, Horst K et al (2017) Der Rotationsstabile Schraubanker mit winkelstabiler Stützplatte (RoSA/TAP). Unfallchirurg 120:1054–1064
 17. Peter V (2020) Mobilitätsstatus erheben und Prognose abgeben—New Mobility Score. ergopraxis 13:38–39
 18. Radaideh AM, Qudah HA, Audat ZA et al (2018) Functional and Radiological Results of Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA) Osteosynthesis in the Treatment of Unstable Pertrochanteric Fractures. J Clin Med 7:
 19. Raschke MJ, Alt N (2014) Komplikationen nach Osteosynthese des proximalen Femurs. Orthopäde 43:35–46
 20. Rupp M, Walter N, Pfeifer C et al (2021) Inzidenz von Frakturen in der Erwachsenenpopulation in Deutschland. Dtsch Arztebl Int 118:665–669
 21. Sandmann GH, Biberthaler P (2015) Pertrochanteräre Femurfrakturen beim geriatrischen Patienten. Unfallchirurg 118:447–462
 22. Schupfner R, Käsmann LT, Wagner W et al (2016) Complications in Treatment of 31-A Fractures with Trochanteric Gamma Nail (TGN) Versus Gamma3 Nail (G3N)—A Review of 217 Cases. Open Orthop J 10:389–395
 23. Weiser L, Ruppel AA, Nüchtern JV et al (2015) Extra- vs. intramedullary treatment of pertrochanteric fractures: a biomechanical in vitro study comparing dynamic hip screw and intramedullary nail. Arch Orthop Trauma Surg 135:1101–1106

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Lesetipp



Leitthemenübersicht Die Unfallchirurgie

Die Unfallchirurgie bietet Ihnen jeden Monat umfassende und aktuelle Beiträge zu interessanten Themenschwerpunkten aus allen Bereichen der Traumatologie.

Rückblick 2023

- 01/23 Trends in der Rehabilitation
- 02/23 Acetabulumfrakturen
- 03/23 Critical-size-bone-Defekte
- 04/23 Weiterbildung
- 05/23 Unfallchirurgen und Orthopäden als Gutachter
- 06/23 Originalienheft
- 07/23 Schockraummanagement
- 08/23 Senioren im Straßenverkehr
- 09/23 Ellenbogenverletzungen
- 10/23 Spinales Trauma
- 11/23 Stressfrakturen
- 12/23 Intraoperative Bildgebung

Vorschau 2024

- 01/24 Bandverletzungen des Kniegelenks
- 02/24 Implantatassoziierte Infektionen
- 03/24 Schweres Thoraxtrauma
- 04/24 Osteoporoseassoziierte Frakturen
- 05/24 Proximale Femurfrakturen
- 06/24 Distale Radiusfrakturen
- 07/24 Kriegsassoziierte Herausforderungen
- 08/24 Defektdeckungen nach Trauma
- 09/24 Innovationen in der Amputationschirurgie
- 10/24 Kindertraumatologie
- 11/24 Klavikulafrakturen
- 12/24 Rolle der Unfallchirurgie in Bevölkerungsschutz & Katastrophenmedizin

(Änderungen vorbehalten)

Alle Inhalte der Zeitschrift finden Sie unter www.springermedizin.de/die-unfallchirurgie

SpringerMedizin.de bietet Ihnen Zugang zu allen elektronisch verfügbaren Ausgaben Ihrer Zeitschrift – unabhängig davon, seit wann Sie die Zeitschrift abonniert haben.

Unser Tipp: Mit dem e.Med-Abo können Sie jederzeit auf alle Inhalte von SpringerMedizin.de zugreifen. Auf Wunsch erhalten Sie darüber hinaus eine gedruckte Fachzeitschrift ihrer Wahl.

Testen Sie e.Med 14 Tage lang kostenlos und unverbindlich!

Jetzt informieren unter
www.springermedizin.de/eMed

3. Zusammenfassung

Diese Publikationspromotion fokussiert sich auf die Untersuchung des funktionellen Outcomes $\geq$ ein Jahr nach PFF. In diese Studie wurden insgesamt 43 Patienten inkludiert. 20 Patienten wurden mit einem RoSA und bei Bedarf additiver Trochanterabstützplatte (TAP) in der RoMed Klinik, Bad Aibling versorgt. 23 Patienten erhielten eine intramedulläre Osteosynthese in der Asklepios Klinik St. Georg. Mittels zwei funktioneller Scores (SF-36, New Mobility Score) wurde das funktionelle Outcome erfasst und analysiert. Zudem wurden intraoperative, sowie postoperative Komplikationen binnen 1 Jahr dokumentiert. Hinsichtlich des funktionellen Outcomes zeigte sich eine zahlenmäßige, leichte, dennoch nicht signifikante Überlegenheit des G3N. Die Komplikationsrate lag für beide Implantate (G3N 9%, RoSA 10%) im Bereich der, in der Literatur dokumentierten. Im RoSA Kollektiv kam es in 2 Fällen zu einem Ausbruch der Platte am Femurschaft. Ein cut-out wurde in keinem Fall dokumentiert. In der Literatur ist die größte Gruppe an Komplikationen, die der implantatassoziierten Komplikation. Dazunter stellt das cut-out im Bereich des Femurkopfes eine der häufigsten Komplikationen dar. Das Prinzip des RoSA beruht auf der theoretisch stabileren Verankerung der Schraub-Klingen-Kombination im Kopf-Hals Fragment. Die biomechanische Herausforderung des RoSA liegt in der Verankerung des Implantats am Femurschaft, während der G3N diese im Sinne eines Rohr-in-Rohr Prinzips aufnimmt. Die Weiterentwicklung des RoSA zu einem intramedullären Implantat, mag die biomechanischen Vorteile der Implantate vereinen und zu einer weiteren Reduktion der implantatassoziierten Komplikationen führen. Zusammenfassend zeigen beide Kollektive hinsichtlich des funktionellen Outcomes keine signifikanten Unterschiede. Bei instabilen PFF ist entsprechend unserer Ergebnisse dennoch ein intramedulläres Implantat von Vorteil.

This publication focuses on the investigation of functional outcome $\geq$ one year after pertrochanteric femoral fracture (PFF). A total of 43 patients were included in this study. 20 patients were treated with a RoSA and, if required, an additive trochanteric stabilizing plate (TSP) at the RoMed Klinik, Bad Aibling. 23 patients underwent intramedullary osteosynthesis at the Asklepios Klinik St. Georg. The functional outcome was recorded and analyzed using two functional scores (SF-36, New Mobility Score). In addition, intraoperative and postoperative complications were documented within 1 year. With regard to the functional outcome, the G3N showed a numerical, slight but non-significant superiority. The complication rate for both implants (G3N 9%, RoSA 10%) was within the range documented in the literature. In the RoSA collective, the plate broke out on the femoral shaft in 2 cases. A cut-out was not documented in any case. In the literature, the largest group of complications is implant-associated complications. Among these, cut-out in the area of the femoral head is one of the most common complications.

The principle of RoSA is based on the theoretically more stable anchoring of the screw-blade combination in the head-neck fragment. The biomechanical challenge of the RoSA lies in the anchoring of the implant to the femoral shaft, while the G3N accommodates this in the sense of a tube-in-tube principle. The further development of the RoSA into an intramedullary implant may combine the biomechanical advantages of the implants and lead to a further reduction in implant-associated complications. In summary, both collectives show no significant differences in terms of functional outcome. According to our results, an intramedullary implant is nevertheless advantageous for unstable PFF.

4. Literaturverzeichnis

1. Bahrs C, Schreiner A, Stöckle U et al. (2018) Per- und subtrochantäre Femurfrakturen. *Der Chirurg* 89:837-848
2. Bonnaire F, Lein T, Bula P (2011) Pertrochantäre Femurfrakturen. *Der Unfallchirurg* 114:491-500
3. Catania P, Passaretti D, Montemurro G et al. (2019) Intramedullary nailing for pertrochanteric fractures of proximal femur: a consecutive series of 323 patients treated with two devices. *J Orthop Surg Res* 14:449
4. Fuchs J, Scheidt-Nave C, Kuhnert R (2017) 12-Monats-Prävalenz von Osteoporose in Deutschland. In: Robert Koch-Institut, Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung
5. Füchtmeier B, Gebhard F, Lenich A (2011) Komplikationen bei pertrochantären Frakturen. *Der Unfallchirurg* 114:479-484
6. Gomez M, Marc C, Talha A et al. (2019) Fast track care for pertrochanteric hip fractures: How does it impact length of stay and complications? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 105:979-984
7. Harrasser N, Eisenhart-Rothe R, Biberthaler P (2016) Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie. Springer Berlin Heidelberg
8. Hirschfeld C, Jung J, Wicher A et al. (2019) Operative Revisionen bei Komplikationen nach Gamma3-Nagel-Osteosynthese hüftnaher Frakturen. *Der Unfallchirurg*
9. Jaeschke-Melli S, Hedke J, Meiners J et al. (2013) Standards in der Versorgung proximaler Femurfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit* 15:119-128
10. Knobe M, Gradl G, Buecking B et al. (2015) Locked minimally invasive plating versus fourth generation nailing in the treatment of AO/OTA 31A2.2 fractures: A biomechanical comparison of PCCP(®) and Intertan nail(®). *Injury* 46:1475-1482
11. Knobe M, Nagel P, Maier KJ et al. (2016) Rotationally Stable Screw-Anchor With Locked Trochanteric Stabilizing Plate Versus Proximal Femoral Nail Antirotation in the Treatment of AO/OTA 31A2.2 Fracture: A Biomechanical Evaluation. *J Orthop Trauma* 30:e12-18
12. Krischak G, Dürselen L, Röderer G (2011) Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen. *Der Unfallchirurg* 114:485-490
13. Lohmann R, Frerichmann U, Stöckle U et al. (01.07.2007) Proximale Femurfrakturen im Alter Auswertung von Krankenkassendaten von über 23 Mio. Versicherten – Teil 1. *Die Unfallchirurgie* 07/2007
14. Maier K-J, Bücking B, Horst K et al. (2017) Der Rotationsstabile Schraubanker mit winkelstabiler Stützplatte (RoSA/TAP). *Der Unfallchirurg* 120:1054-1064
15. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P (2009) Orthopädie und Unfallchirurgie. Thieme
16. Rupp M, Walter N, Pfeifer C et al. (2021) Inzidenz von Frakturen in der Erwachsenenpopulation in Deutschland. *Dtsch Arztebl International* 118:665-669
17. Sandmann GH, Biberthaler P (2015) Pertrochantäre Femurfrakturen beim geriatrischen Patienten. *Der Unfallchirurg* 118:447-462
18. Scharf HP, Rüter A, Pohlemann T et al. (2011) Orthopädie und Unfallchirurgie: Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung. Elsevier Health Sciences Germany
19. Schippers P, Gercek E, Wunderlich F et al. (2024) Überproportional angestiegene Inzidenz proximaler Femurfrakturen in einem Level-One-Traumazentrum. *Die Unfallchirurgie* 127:221-227

20. Sven Löhnert, Klaus-Jürgen Maier, Peter Behrendt et al. (2024) Rotationsstabiler Schraubanker (RoSA) vs. Gamma3-Nagel (G3N) bei pertrochantärer Femurfraktur. Eine funktionelle Outcome-Analyse. Die Unfallchirurgie 10/2024
21. Taeger G, Schmid C, Zettl R et al. (2000) Die stabile und instabile pertrochantäre Femurfraktur Differenzierte Indikationsstellung für die dynamische Hüftschraube. Der Unfallchirurg 103:741-748
22. Waschke J, Böckers TM, Paulsen F et al. (2019) Sobotta Lehrbuch Anatomie. Elsevier Health Sciences
23. Weiser L, Ruppel AA, Nüchtern JV et al. (2015) Extra- vs. intramedullary treatment of pertrochanteric fractures: a biomechanical in vitro study comparing dynamic hip screw and intramedullary nail. Arch Orthop Trauma Surg 135:1101-1106
24. Zeelenberg ML, Nugteren LHT, Plaisier AC et al. (2023) Extramedullary versus intramedullary fixation of stable trochanteric femoral fractures: a systematic review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg 143:5065-5083

5. Erklärung des Eigenanteils

Im Folgenden erfolgt die Erklärung des Eigenanteils durch den Erstautor, Sven Löhnert, der oben genannten Publikation. Die Idee des Vergleichs der Beiden Kollektive entstammt dem Erstautor. Sie wurde an die in den jeweiligen Kliniken arbeitenden ärztlichen Kollegen Prof. Hoffmann und Dr. Maier herangetragen. Durch den Erstautor erfolgte die Extraktion von Patientendaten aus dem Krankenhausinformationssystem, an Rechnern der Romed Klinik Bad Aibling, sowie der Asklepios Klinik St. Georg. Diese wurden in anonymisierter Form in eine Exceltabelle übertragen. Zur Gewinnung von Informationen des funktionellen Outcomes erfolgte durch den Erstautor die Erstellung eines Fragebogens auf Basis des SF-36 und des NMS, sowie der Versand in postalischer Form an die jeweiligen Patienten und Patientinnen. In Kooperation mit einem Statistiker wurden in mehreren Sitzungen gemeinsam mit dem Erstautor statische Methoden zur Analyse der Daten eruiert. Durch den Statistiker wurden p-Werte errechnet. Arithmetische Mittelwerte, Mediane sowie Standardabweichungen wurden durch den Erstautor kalkuliert. Die Vermessung der Tip-Apex-Distanz erfolgte, in den jeweiligen, klinikeigenen, bildgebenden Programmen durch den Erstautor. Im Anschluss an die ausführliche Literaturrecherche, wurden hier erlangte Informationen sowohl in die Einleitung als auch in die Diskussion der Publikationspromotion durch den Erstautor eingearbeitet. Die Interpretation und Analyse sämtlicher Ergebnisse erfolgte durch den Erstautor. Die Verfassung der Erstauflage des Manuskripts erfolgte durch den Erstautor. Durch die weiteren in der Publikation genannten Autoren erfolgte, durch deren vorhandene Expertise, die Einbringung von Korrekturvorschlägen und Anregungen insbesondere für die Diskussion.

6. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Datum

Unterschrift

7. Danksagung

Ich danke ganz herzlich Herrn Professor Dr. med. Michael Hoffmann, Herrn Privatdozent Dr. med. Peter Behrendt und Herrn Dr. med. Klaus-Jürgen Maier für deren immer verfügbare Unterstützung.