Bernhard Karich

Chirurgische Klinik, Kreiskrankenhaus Bautzen, Klinikum Bautzen-Bischofswerda

Probleme mit dem γ -Nagel – Optimierungsmöglichkeiten

Zusammenfassung

Bei der Versorgung pertrochanterer Femurfrakturen nehmen intramedulläre Implantate inzwischen den führenden Rang ein. Gründe dafür sind die hohe Belastungsstabilität und die minimalinvasive Operationstechnik, die den überwiegend geriatrischen und oft multimorbiden Patienten zugute kommen. Erster Vertreter dieser Implantatgruppe ist der von Grosse und Kempf entwickelte γ -Nagel. Er zeigt besonders bei instabilen Frakturen bessere Ergebnisse als die bisher als Standard geltende dynamische Hüftschraube. Das in der Anfangsphase teils heftig umstrittene Funktionsprinzip ist inzwischen in verschiedenen Variationen als Standardmethode etabliert. Aufgrund der in der Einführungsphase hohen Komplikationsraten hatte der γ -Nagel den Ruf eines anspruchsvollen Implantats. Die kritische Analyse der implantatspezifischen Probleme des Standard- γ -Nagels führte zu einer Optimierung dieses Implantats und des zugehörigen Instrumentariums mit deutlich reduzierter Komplikationsrate und verbessertem Handling. In diesem Beitrag wird der aktuelle Stand der Entwicklung dargestellt, wobei auf die jeweiligen Komponenten einzeln eingegangen wird. Der Entwicklungsprozess wird durch die abschließend dargestellten eigenen Untersuchungsergebnisse belegt.

Schlüsselwörter

Pertrochantere Femurfraktur · γ -Nagel · Trochanterer γ -Nagel · Titan- γ -Nagel · Klingenschraube

Die pertrochantere Femurfraktur ist eine typische Verletzung im höheren Lebensalter mit stetig ansteigender Häufigkeit. Die Versorgung dieser Fraktur fordert ein stabiles Implantat, das die Mobilisierung der betagten Patienten unter sofortiger Vollbelastung erlaubt. Eine schlechte Knochenqualität und häufig hohe Komorbidität sind weitere Probleme der Alterstraumatologie. Eine schnelle und möglichst minimalinvasive Operationstechnik mit sicherer Verankerung des Implantats sind Bedingungen, die heute an ein modernes Implantat gestellt werden.

Der 1988 erstmalig vorgestellte γ -Nagel, als dessen Vorbild Küntscher's Y-Nagel gilt, ist ein Implantat, welches diese Forderungen erfüllen kann [7].

Die ersten Publikationen Anfang der 90er Jahre berichteten einerseits über hervorragende Ergebnisse, andererseits wurden teilweise erhebliche Komplikationen beschrieben (Tabelle 1). Befürworter und Skeptiker zitieren häufig die jeweils zutreffenden Publikationen aus dieser Zeit.

Gründe für die hohen Komplikationsraten der ersten Jahre sind

- die fehlende Erfahrung der Operateure,
- das technisch noch nicht ausgereifte Implantat und
- das Instrumentarium der ersten Generation.

Tabelle 1

Die häufigsten Komplikationen des Standard- γ -Nagels laut Literaturangaben bis 1995 [2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 13]

Komplikation	Häufigkeit [%]
Femurschaftfraktur oder Kortikalisbruch	0,4–8
Hüftschraubenausbruch (Cut out)	0,4–8
Sekundäre Rotation des Kopf-Hals-Fragments	2,4
Distale Fehlbohrung	2–15

Die wesentlichsten implantatspezifischen Komplikationen waren

- intraoperative Schaftsprennung,
- postoperative Frakturen an der Nagelspitze,
- Hüftschraubenausbrüche mit oder ohne Kopfrotation und
- distale Fehlbohrungen (Abb. 1).

© Springer-Verlag 2003

Dr. Bernhard Karich
Chirurgische Klinik, Kreiskrankenhaus Bautzen,
Klinikum Bautzen-Bischofswerda,
Flinzstraße 1, 02625 Bautzen,
E-Mail: bernhardkarich@web.de,
Tel.: 03591-363100

B. Karich

Problems with the gamma nail. Possibilities for improvement

Abstract

Intramedullary nailing implants have now assumed the first place in the treatment of pertrochanteric fractures. The reasons for their popularity are their high fatigue strength and the minimally invasive surgical technique required for their use. These advantages are of great benefit to the mainly geriatric and frequently multitraumatized patients concerned. The main device in this implant group is the gamma nail, which was originally developed by Grosse and Kempf. The gamma nail yielded results superior to those obtained with the dynamic hip screw, which had been the standard so far, especially when it was used in the treatment of unstable fractures. Although there was some vigorous debate over the original principles of the gamma nail, the current system is widely accepted and is available in different variants. However, owing to the high complication rate when the system was first introduced, the original gamma nail acquired the reputation of being an implant whose use made high demands. The critical analysis of implant-specific problems associated with the original gamma nail resulted in improvements to the implant and the instruments, with a noticeably reduced complication rate and better surgical technique. This article describes its current state of development. The various components are discussed individually. The results of our own investigation appear at the end of the report, reflecting this development process.

Keywords

Pertrochanteric fractures · Gamma nail · Trochanteric gamma nail · Titanium gamma nail · U-blade

Hüftnahe Femurfrakturen

Abb. 1a–c ► **Komplikationen des Standard-γ-Nagels. Schaftfissur an der Nagelspitze (a), Schaftfraktur an der Nagelspitze (b), Cut out der Schenkelhalschraube (c)**

Unbestritten ist, dass die richtige Lagerung des Patienten und die exakte Einhaltung der Operationstechnik entscheidend für den Erfolg der Osteosynthese sind.

Eigene Untersuchungen aus den Jahren von 1995–1997 gaben den Anlass, das Design des Implantats zu verändern. Hinzukommen Weiterentwicklungen der Hüftschraube und des Instrumentariums. Das Ergebnis ist ein modulares System, welches den heutigen Ansprüchen einer modernen Frakturversorgung gerecht wird.

Optimierung der Schaftkomponente

Die starke Valguskrümmung des Standard-γ-Nagels von 10° wurde bereits in der Einführungsphase von einigen Autoren kritisiert. Nachdem Benum [2] 1992 eine Studie mit einer 6°-Variante und hohen Komplikationsrate von 11% publiziert hatte, wurde die Diskussion über die Valgusvorschränkung für längere Zeit beendet.

Im eigenen Krankengut traten aufgrund des Konflikts zwischen engem Markraum und der starken Nagelkrümmung erhebliche intraoperative Probleme auf. Dies war der Anlass, eine Analyse von postoperativen Röntgenaufnahmen nach γ-Nagel-Implantation durchzuführen.

In 60% der untersuchten Fälle fand sich eine 3-Punkt-Verklemmung (Abb. 2) des Nagels im Markraum trotz einer distalen Bohrung von bis zu 4 mm über dem Nageldurchmesser! Besonders schwierig wurde die Situation bei engem Markraum in Kombination mit einer Varuskonfiguration des Femurs. Folge einer Nagelverklemmung können die unzureichende Nagelinsertion und daraus resultierend eine kraniale Hüftschrau-

Abb. 2 ▲ **3-Punkt-Verklemmung des Standard-γ-Nagels**

benposition sein. Unter Belastung kommt es zu einer Druckbeanspruchung der lateralen Kortikalis. Häufig klagten die Patienten dann über einen unspezifischen Oberschenkelsschmerz. Im Extremfall kann es zu einer Schaftfraktur an der Nagelspitze kommen.

Durch Reduktion der Valgusvorschränkung auf 5° konnten die notwendige distale Markraumböhrung reduziert und die Insertion des Implantats deutlich erleichtert werden (Abb. 3). In einer eigenen Untersuchung konnten die Vorteile durch eine Verkürzung der Operationszeit und eine bessere Hüftschraubenlage belegt werden. Der für den Standard-γ-Nagel nahezu typische Oberschenkelsschmerz wurde ebenfalls nicht mehr beobachtet.

Da distal überwiegend nur mit einer Schraube verriegelt wurde, war die Verkürzung des Implantats auf 180 mm

Abb. 3a–d ▲ Fallbeispiel einer 85-jährigen Patientin, welche am 9. postoperativen Tag unfallunabhängig verstorben ist. a Röntgenbild intraoperativ, b Röntgenbild postoperativ, c anatomisches Präparat mit liegendem 5°-γ-Nagel, d Verkleben des Standard-γ-Nagels

mit nur einer Verriegelungsschraube der nächste logische Schritt. Die Markteinführung des Trochanteric-γ-Nagels (TGN) erfolgte im November 1997. Die Valgusvorschränkung wurde wie beim langen γ-Nagel auf 4° reduziert (Abb. 4b). Für viele unbemerkt ergaben sich aus der Kompatibilität zum Standardinstrumentarium einige technische Veränderungen, welche sich ebenfalls als vorteilhaft erwiesen. So verringerten sich die realen CCD-Winkel des Implantats um 6° auf 119, 124 bzw. 129°. Die kalkarnahe Hüftschraubenplatzierung ist problemlos möglich. Die distale Verriegelungsschraube verläuft in einem Winkel von 84° zur distalen Nagelachse. Dadurch wird die laterale Kortikalis an der Nagelspitze zusätzlich entlastet. Durch Optimierung des Designs der Nagelspitze ist häufig die unaufgebohrte Insertion des Implantats möglich. Auch bei einer starken Antekurvation des Femurs ergeben sich für den kurzen Nagel keine Probleme (Abb. 5). Durch diese Verbesserungen wurde in unserer Klinik mit dem TGN eine durchschnittliche Operationszeit von 30 min erreicht. Der TGN ist in unserer Einrichtung inzwischen das Standardimplantat zur Versorgung tro-

chanterer Frakturen. Dabei sehen wir auch bei Frakturen vom Typ A3 der AO-Klassifikation keine Indikationseinschränkung (Abb. 6).

Das erfolgreiche Konzept der kurzen femoralen Komponente findet sich auch beim jüngsten Mitglied der γ-Nagel-Familie, der γ-Titan-Variante (Abb. 4c). Durch Oberflächenbehandlung mit einer Typ-II-Anodisation ergibt sich ein gutes Gleitverhalten für die Schenkelhalsschraube. Wahlweise können 2 verschiedene Hüftschrauben verwendet werden, auf welche nachfolgend noch

näher eingegangen wird. Die distale Verriegelungsschraube wurde auf einen Durchmesser von 5 mm reduziert. Durch Vergrößerung der Gewindesteigung ist das Eindrehen der Schraube deutlich schneller möglich. Weiterhin ist die distale Bohrung des Nagels als 5-mm-Langloch ausgeführt. Die Verriegelung erfolgt meist in dynamischer Position. Bei lateralen Frakturen unterhalb der Schenkelhalsschraube findet sich postoperativ eine sofortige Dynamisierung. Seltener wird bei stabilen Frakturen eine sekundäre Dynamisierung beobachtet.

Für subtrochanter und mehretagige Frakturen sowie für Schaftfrakturen bei liegendem γ-Nagel stehen in beiden Werkstoffen lange Nägel in Abstufungen von 20 mm zwischen 340 mm und 440 mm Länge zur Verfügung (Abb. 7). Distal gibt es 2 Verriegelungslöcher, wobei die Titanvariante ebenfalls ein distales Langloch besitzt. Der Biegeradius beträgt bei der Stahlvariante 3000 mm, beim Titan nagel 2200 mm.

Weiterentwicklung der Schenkelhalsschraube

Als Last aufnehmende Komponente des γ-Nagels besitzt die Schenkelhalsschraube eine zentrale Bedeutung. Die exakte Positionierung ist für das Gelingen der Osteosynthese entscheidend. Die Schenkelhalsschraube des Standard-γ-Nagels wird mit einem 20 mm langen Gewinde im Hüftkopf verankert. Am lateralen Ende ermöglichen 4 um 90° versetzt angeordnete Gleitrillen die rotationsstabile Arretierung der Schraube. Das Design der Rillen erlaubt ein Gleiten der Schraube bei Fraktursinterung, gleichzeitig ist bei sachgerechter Operationstechnik eine zentrale Dislokation

Abb. 4a–c ► Die Weiterentwicklung der Schaftkomponente. a 5°-γ-Nagel, b Trochanteric-γ-Nagel, c Titan-γ-Nagel

Abb. 5 ▲ **Vorteil des Trochanteric-γ-Nagels bei extremer Antekurvatur des Femurs**

ausgeschlossen. Ein übermäßiges Einstauchen des Kopffragments wird durch das Aufgleiten desselben auf den Nagelschaft verhindert.

Die Schenkelhalsschraube des Titanagels besitzt ein 30 mm langes Kopfgewinde ohne gewindefreien Kragen bei sonst gleicher Bauart.

Spezifische Probleme der Schenkelhalsschraube sind

- der Hüftschraubenausbruch (Abb. 8),
- die Hüftkopffrotation beim Eindrehen der Schraube (Abb. 9) und
- die sekundäre Hüftkopffrotation bei exzentrischer Schraubenlage (Abb. 10).

Um dies zu vermeiden, ist bei der Operation eine axial zentrale, kalknahe Hüftschraubenlage anzustreben. Die Rotation des Kopffragments wird, bedingt durch die Frakturmorphologie und das rechtsdrehende Gewinde der Schenkelhalsschraube, besonders bei linksseitigen Frakturen beobachtet. Auf der postoperativen axialen Röntgenaufnahme ist dann der typische Kalkarsporn erkennbar (Abb. 9). Dies kann beim Eindrehen der Schraube durch eine temporäre Fixation mit einem 2. Führungsdraht verhindert werden.

Zur Vermeidung der sekundären Kopffrotation gibt es bisher 2 Lösungen.

1. Der Gleitnagel nach Friedel verwendet unter Aufgabe des Schrauben-

Abb. 6 ► **Versorgung einer A3-Fraktur mit einem Trochanteric-γ-Nagel**

Abb. 7 ▲ **3-Etagen-Fraktur des linken Oberschenkels. Versorgung mit einem langen γ-Nagel**

Abb. 8 ► **Cut out der Schenkelhalsschraube. Röntgenaufnahmen und Hüftkopfpräparat**

2. Das 2-Schrauben-Prinzip wird bei mehreren Implantaten angewendet. Zusätzlich zur Tragschraube wird über dieser eine 2. Antirotations-

schraube (oder Stift) eingebracht. Ein kleiner Schenkelhalsdurchmesser kann allerdings die Verwendung der Antirotationschraube limitieren. Auch bei diesen beiden Verankerungsvarianten wurde bereits ein Cut

Abb. 9 ◀ **Hüftkopffrotation beim Eindrehen der Schenkelhalsschraube (linkes Hüftgelenk). Kalkarsporn im seitlichen Röntgenbild**

Abb. 10a–d ▲ **Sekundäre Rotation des Kopfsegments. Röntgenbilder postoperativ (a), am 7. postoperativen Tag (b) und Hüftkopfpräparat (c,d)**

Abb. 11 ▲ **Klingenschraube (Ansicht ohne Schaftkomponente)**

out der Hüftkomponente beobachtet [5, 10].

Für den γ -Nagel wurde in unserer Klinik in Zusammenarbeit mit dem Implantathersteller eine rotationsstabile Schenkelhalsschraube entwickelt. Dabei galt die Kompatibilität zum Standardinstrumentarium als eine wichtige Prämisse.

Als Lösung wurde das aus der Technik bekannte Nut-Feder-Prinzip aufgegriffen. Bei einer Gewindesteigung von

3 mm ergibt sich für die Schenkelhalsschraube pro Vierteldrehung ein Vorschub von 0,75 mm. Für die exakte Platzierung der Schraube sind bereits 2 Gleitrillen ausreichend. Die beiden übrigen Rillen werden durch eine Nut ersetzt, über welche eine Doppelklinge eingebracht werden kann. Durch

Abflachen der Nut im Kopfteil der Schraube wird ein Aufspreizen der Klinge erreicht, wodurch der rotationsstabilisierende Effekt vergrößert wird. Gegen eine Dislokation wird die Klinge mit einer Verschlusschraube gesichert. Das Gewindeteil der Schenkelhalsschraube wurde auf 30 mm verlängert. Zusätzlich zur Rotationsstabilisierung vergrößert sich so die Last aufnehmende Fläche der Schenkelhalsschraube (Abb. 11). Die Gleitfähigkeit der Schraube wird durch die Klinge nicht beeinträchtigt.

Untersuchungen im Polyurethanhartschaum und Torsionsprüfungen in humanen Hüftköpfen zeigten eine gute Torsionsstabilität. Diese war – wie zu erwarten – deutlich von der Qualität der Hüftkopfspongiosa beeinflusst. Unter Belastungstests im Knochenersatzmodell zeigte die Klingenschraube im Vergleich zur Standardschraube ein vermindertes Cut out (Abb. 12).

Das Eindringen der Klinge erfolgt über eine Schubstange, welche in das laterale Ende der Schraube eingedreht wird (Abb. 13). Der zeitliche Aufwand der Klingensmontage beträgt etwa 2 min. Implantate und die wenigen zusätzlichen Instrumente sind in einer separaten Box untergebracht.

Seit Juni 2000 erfolgt der klinische Einsatz (Abb. 14). Bevorzugte Indikation sind Frakturen mit kurzem Kopf-Hals-Fragment und daraus resultierender Rotationsinstabilität sowie osteoporotischer Knochen. Bei den bisher operierten Patienten ergaben sich keine implantatspezifischen Probleme.

Besseres Instrumentarium

Begleitend zur Optimierung des Implantats erfolgte auch eine Weiterentwicklung des Instrumentariums. Bereits bewährt hat sich der Karbonzielbügel, welcher auch im axialem Strahlengang

Abb. 12 ► **Vergleichende Untersuchung des Cut out im Knochenersatzmodell**

Abb. 13 ◀ Eindrücken der Spreizklinge in den Hüftkopf

Abb. 14 ◀ Klingenschraube im axialen Strahlengang

einen problemlosen Einsatz des Röntgenbildverstärkers erlaubt.

Ein kanülierter Pfriem ermöglicht die Markraumeröffnung und das unkomplizierte Einführen des Bohrführungsdrahts in einem Schritt (Abb. 15a). Mit einem proximalen Bohrer, welcher der Form der Schaftkomponente entspricht, kann die zeitraubende Markraumborung deutlich verkürzt werden (Abb. 15b). Nur noch selten ist eine distale Markraumborung erforderlich.

Nach Insertion des Nagels erlaubt ein neues Zielgerät (one shot device) die genaue Positionierung des Führungsdrahts für die Schenkelhalsschraube [1]. Diese Vorrichtung ist insbesondere für den weniger erfahrenen Operateur eine gute Hilfe (Abb. 16).

Die proximale Kortikalisfensterung kann alternativ mit dem 5,5-mm-Bohrer (Titanvariante 4,2 mm) und einem entsprechenden Trokar erfolgen (Abb. 15c). Besonders bei einer stärkeren lateralen Kortikalis ist das ein Vorteil, den alle

Kollegen zu schätzen wissen. Zudem ist eine problemlose Lagekorrektur bei initial schlechter Führungsdrahtplatzierung möglich.

Zur Vermeidung einer Rotation eines kurzen Kopf-Hals-Fragments ist die temporäre Fixation mit einem 2. Führungsdraht erforderlich. Eine Zielhilfe, welche im Bedarfsfall auf den Schenkelhalsschraubentroker montiert wird, erlaubt eine mühelose Platzierung des Drahts etwa 1 cm oberhalb der Schenkelhalsschraube in Miss-a-nail-Technik (Abb. 15d).

Mit Hilfe einer Bohrerzentrierspitze wird die Präzision der distalen Bohrung verbessert.

Ein leichtgängiges Schnellspannfutter für die Bohrführungs- und Kirschner-Drähte sowie eine Schnellspannkupplung für den 2-Stufen-Bohrer komplettieren die zukünftige Instrumentengeneration.

Eigene Ergebnisse

Eine in unserer Klinik durchgeführte klinisch-radiologische Studie zeigte, dass die starke Valguskrümmung die Ursache für die meisten intraoperativen Probleme des Standard- γ -Nagels ist. Durch eine Reduktion der Krümmung auf 5° konnten diese nahezu vollständig behoben werden (Abb. 17). Die Nagelininsertion gelang bei den modifizierten Implantaten immer problemlos. Intraoperative Schaftfrakturen wurden nicht beobachtet. Allerdings wurde der Markraum hier auch distal standardmäßig bis 13 mm aufgebohrt. Überwiegend wurde distal nur mit 1 Schraube verriegelt.

Mit Einführung des Trochanteric- γ -Nagels 1997 löste dieser den Standard- γ -Nagel in unserem Behandlungsregime ab. Die optimierte Schaftkomponente ermöglichte teilweise die ungebohrte Nagelininsertion. Gleichzeitig wurde der 12-mm-Pfriem zur Kortikalisfensterung durch einen 5,5-mm-Bohrtrokar ersetzt. Im Zusammenhang mit dem Trochanteric- γ -Nagel wurden bisher keine intraoperativen Komplikationen beobachtet.

Im Rahmen einer multizentrischen Anwendungsbeobachtung wird seit August 2000 die weiterentwickelte Titanvariante zur Versorgung sämtlicher per-trochanterer Frakturen verwendet. Gleichzeitig kam das weiterentwickelte Instrumentarium zur Anwendung.

Von allen 4 Implantatgruppen wurden repräsentative Patientenkollektive bezüglich ihrer operativen und klinischen Parameter erfasst und ausgewertet.

Der Einfluss der Implantatoptimierung zeigt sich hauptsächlich durch Verbesserung der operativen Parameter. Nagelininsertionsprobleme und Implantatverklebungen wurden nur in der Standard- γ -Nagel-Gruppe beobachtet. Die Verkürzung der Operationszeit (Abb. 18), Reduktion der Markraumborung und Verbesserung der Implantatlage (Abb. 19) zeigen deutlich die Verbesserung des Nageldesigns bei den winkelreduzierten Implantaten. Der Patient profitiert von der kürzeren Narkosebelastung und sichereren Implantatverankerung. Bei den Implantaten mit reduzierter Valgusvorschränkung haben wir den für den Standard- γ -Nagel nahezu typischen Oberschenkelschmerz nicht mehr beobachtet.

Abb. 15a–d ◀ **Neue Komponenten des Instrumentariums. Kanülierter Pfriem (a), proximaler Bohrer (b), Kortikalisfensterung proximal (c), Antirotationsdraht Miss-a-nail (d)**

Abb. 16 ◀ **One shot device, Funktionsweise und klinischer Einsatz**

Abb. 17a,b ◀ **Häufigkeitsverteilung der Nagel-Kortikalis-Kontakte, Standard-γ-Nagel (a) und 5°-Valgus-γ-Nagel (b)**

Abb. 18 ◀ **Durchschnittliche Operationszeiten der verschiedenen Implantatmodifikationen**

Abb. 19 ◀ **Vergleich der Hüftschraubenposition**

In jeder Gruppe kam es zu 1 Hüftschraubenausbruch. Ursache waren jeweils falsche Hüftschraubenplatzierungen und somit Fehler des Operators.

Die Daten des klinischen Verlaufs zeigen keine Unterschiede. Die Krankenhausverweildauer wird im Wesentlichen von der Komorbidität und dem Alter des Patienten sowie dessen sozialer Situation beeinflusst.

Auch der Blutbedarf reduziert sich nicht durch die Reduktion der Markraumborung. Frakturtyp und Begleiterkrankungen haben hier die größte Bedeutung.

Seit Juni 2000 werden in unserer Klinik bei entsprechenden Indikationen zur rotationsstabilen Hüftschraubenverankerung Klingenschrauben verwendet. Bei den bisher versorgten 44 (Stand: Au-

gust 2002) Patienten wurden keine Komplikationen festgestellt.

Fazit für die Praxis

Das γ-Nagel-Prinzip ist heute ein etabliertes Verfahren zur Versorgung trochanterer Frakturen. Die teilweise hohe Komplikationsrate des Standard-γ-Nagels sowie intraoperative Probleme gaben den Anlass, das Implantatdesign zu überdenken. Ursache dieser Probleme sind die starke Nagelkrümmung und die daraus resultierende Verklebung des Implantats. Die Reduktion der Valgusvorschränkung auf 4° und die Verkürzung des Implantats auf 180 mm führten zu einer entscheidenden Verbesserung der Handhabung sowie zu einer Reduktion der intraoperativen Kom-

plikationen. Deutlich kürzere Operationszeiten, die Möglichkeit einer präzisen Implantatplatzierung und der Wegfall des Nagelimpingements im Femurschaft sind die wichtigsten Vorteile für den Patienten.

Komplettiert wird dieses System durch lange Nägel von 340–440 mm in Abstufungen von 20 mm. Alternativ zur bewährten Stahlvariante stehen jetzt auch Titanimplantate in gleicher Auswahl zur Verfügung. Die stärkere Antekurvatur dieser Nägel erweist sich besonders bei osteoporotischer Femurverkrümmung als vorteilhaft.

Die Klingenschraube ermöglicht die optionale rotationsstabile Verankerung eines kurzen Kopf-Hals-Fragments. Aufgrund der größeren Last aufnehmenden Fläche sollte die Verwendung dieser Schraube auch bei starker Osteoporose in Betracht gezogen werden.

Das weiterentwickelte, ergonomisch gestaltete und zweckmäßige Instrumentarium komplettiert das moderne multimodale System.

Die aktuellen Behandlungsergebnisse zeigen, dass die Probleme und Komplikationen des Standard-γ-Nagels nicht mehr mit der 3. Generation des γ-Nagel-Systems in Verbindung gebracht werden dürfen.

Literatur

1. Asche G (1998) Korrekte Platzierung der Schenkelhalschraube beim Gamma-Nagel. Ein Lösungsvorschlag gegen Platzierungsprobleme. In: Gahr RH, Leung K-S, Rosenwasser MP, Roth W (Hrsg) Der Gamma-Nagel. Standortbestimmung nach den ersten zehn Jahren. Einhorn, Reinbeck
2. Benum P (1992) Kommentar zum Beitrag von G. und H. Asche Die Gamma-Nagelung. Ein neues Verfahren zur Stabilisierung peritrochanter Oberschenkelhalsfrakturen. Operat Orthop Traumatol 5: 74–75
3. Boriani S, De lura F, Campanacci L, Specchia L, Bungaro P, Regnoli R, Triscari C, Giacomelli M, Dorigotti P, Costa P, Carretti P, Carfagni A, Giacomini R (1996) A technical report reviewing the use of the 11-mm gamma nail: interoperative femur fracture incidence. Orthopedics 19: 598–600
4. Friedl W (1993) Die Gamma-Nagel-Osteosynthese per- und subtrochanteren Femurosteotomien. Eine experimentelle Untersuchung. In: Beck H, Vécsei V, Wagner W (Hrsg) Osteosynthese International 1993. Kongressband der Jahrestagung des Gerhard-Küntschers-Kreises. Druckhaus Mayer, Erlangen, S 31–37

5. Friedl W, Göhring U, Fritz Th, Krieglstein Ch (1998) Die Gleitnagelosteosynthese – Ein neues universell einsetzbares Implantat zur Versorgung per- und subtrochanterer Femurfrakturen. *Chirurg* 69: 191–197
6. Heinz Th, Vécsei V (1994) Komplikationen und Fehler bei der Anwendung des Gammanagels. *Chirurg* 65: 943–952
7. Kreusch-Brinker R, Rohlmann A, Jensen H-I (1996) Biomechanische Untersuchungen zur Dauerschwingbeanspruchung trochantärer Femurosteosynthesen. In: Börner M, Soldner E (Hrsg) *Osteosynthese International*. Med Lit, Uelzen, S 221–229
8. Leung KS, So WS, Shen WY, Hui PW (1992) Gamma nails and dynamic hip screws for peritrochanteric fractures. A randomised prospective study in elderly patients. *J Bone Joint Surg Br* 74: 345–351
9. Schade K-L, Jurowich B (1993) Komplikationen nach Gammanagelung. In: Beck H, Vécsei V, Wagner W (Hrsg) *Osteosynthese International 1993*. Kongressband der Jahrestagung des Gerhard-Küntschers-Kreises. Druckhaus Mayer, Erlangen, S 221–223
10. Simmermacher RKJ, Bosch AM, Van der Werken Chr (1998) The European experience with the AO-proximal femoral nail (PFN) for the peritrochanteric femoral fracture. *Ned Tijdschr Traumatol Suppl* 1998: 13–14
11. Stapert JW, Dunki Jacobs PB (1993) The gamma nail: pitfalls, complications and randomised studies. Part I: The gamma nail: how to handle this new implant for peritrochanteric fractures? Pitfalls and complications. In: Marti RK, Dunki Jacobs PB (eds) *Proximal femur fractures. Operative techniques and complications*. Medical Press, London, pp 459–474
12. Wagner W, Meister R, Schick CH, Dörnhöfer T, Bartsch M, Walther M, Wölfel R (1993) Der Gamma-Nagel. Indikationen und Komplikationen. In: Beck H, Vécsei V, Wagner W (Hrsg) *Osteosynthese International 1993*, Kongressband der Jahrestagung des Gerhard-Küntschers-Kreises. Druckhaus Mayer, Erlangen, S 207–210
13. Wahl D (1993) Der Gamma-Nagel als universelles Verfahren für Frakturen im trochantären Femurbereich. In: Beck H, Vécsei V, Wagner W (Hrsg) *Osteosynthese International 1993*, Kongressband der Jahrestagung des Gerhard-Küntschers-Kreises. Druckhaus Mayer, Erlangen, S 103–108