

**Redaktion**

M. Blauth, Innsbruck

**Zeichnungen**

J. Kühn, Heidelberg

O. Büttner<sup>1,2</sup> · S. Styger<sup>2</sup> · P. Regazzoni<sup>1</sup> · N. Suhm<sup>1</sup><sup>1</sup> Universitätsspital Basel<sup>2</sup> Hôpital du Jura, Porrentruy

## Stabilisierung sub- und pertrochantärer Femurfrakturen mit dem PFNA®

### Vorbemerkungen

Die speziellen Herausforderungen bei der operativen Behandlung per- und subtrochantärer Femurfrakturen ergeben sich aus folgenden Konstellationen [14]:

- Zumeist sind alte, häufig multimorbide Patienten betroffen, bei denen der zum Trauma führende Unfall – meist ein Sturz im häuslichen Umfeld – nicht selten durch eine akute Verschlechterung des Allgemeinzustandes wie z. B. ein akutes zerebrovasculäres oder kardiales Ereignis, eine Pneumonie oder einen Harnwegsinfekt verursacht ist oder die Folge einer chronischen Grunderkrankung (internistisch, neurologisch, orthopädisch, ophthalmologisch) darstellt.
- Oberstes Ziel ist eine rasche postoperative Mobilisation durch eine primär belastungsstabile Osteosynthese, um Komplikationen wie Pneumonie, thromboembolische Ereignisse oder Dekubitalgeschwüre durch längere Immobilisation zu vermeiden.
- Die operative Behandlung ist häufig technisch erschwert durch eine Osteoporose.

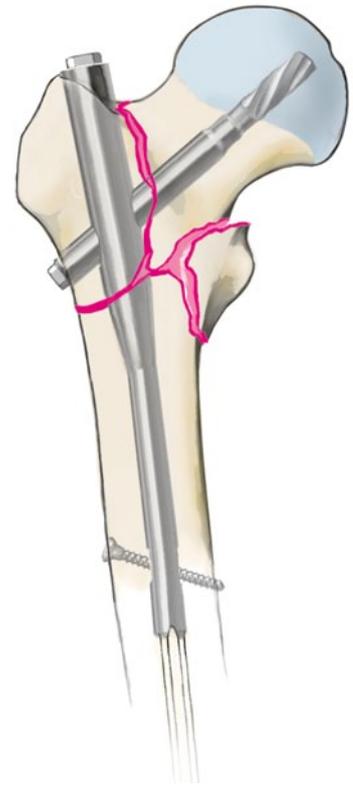
Zur Stabilisierung stehen intra- und extramedulläre Implantate zur Verfügung. Ein Marknagel mit direkter intramedullärer Kraftübertragung kann im Vergleich zu extramedullären Kraftträgern vom Typ der dynamischen Hüftschraube gerade bei den instabilen A2- und A3-Frakturen in den meisten Fällen eine Medialisierung des Femurschaftes verhindern und je nach Frakturverlauf zusätzliche trochantäre Fragmente stabilisieren ([13],

Abb. 1). Ein weiterer Vorteil ist die geschlossene Reposition ohne Freilegung der Fraktur, welche eine verbesserte biologische Knochenheilung und vermindertes Infektionsrisiko erwarten lässt [6, 17]. Mittlerweile stehen zahlreiche Marknägel verschiedener Hersteller für das proximale Femur zur Verfügung, die in der Literatur bei komplexeren instabilen per- und subtrochantären Femurfrakturen im Vergleich zu extramedullären Implantaten teilweise vorteilhaft abschneiden [12, 18, 19]. Eine Ausnahme stellen die einfachen stabilen AO-31-A1-Frakturen dar, welche bei niedriger Komplikationsrate mit der kostengünstigeren DHS gleichwertig stabilisiert werden können [1, 15, 20].

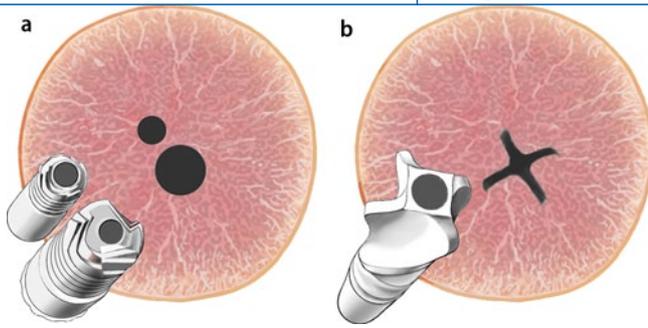
Die verschiedenen Nageltypen (z. B. Classic Nail, IMHS CP, Gamma Nagel, PFN, PFNA®, Targon PF) weisen als Gemeinsamkeiten einen variablen CCD (Corpus Collum Diaphysen)-Winkel von 125–135°, eine gleitfähige Schenkelhalschraube oder Spiralklinge sowie eine distale Verriegelungsmöglichkeit auf und sind jeweils in unterschiedlichen Längen erhältlich (z. B. für den PFNA® 170–420 mm). Für die langen Varianten existieren jeweils Rechts- und Linksversionen. Die wesentlichen Unterschiede liegen in der mediolateralen Krümmung der Nägel von 4–11°, der Elastizität und dem Durchmesser des distalen Nagelendes. Für den PFNA® existiert ferner eine Sonderversion für asiatische Patienten mit anatomischen Anpassungen.

Pathophysiologisch relevant ist eine allfällige Rotationsinstabilität des Kopf-Halsfragmentes. Einige Nagelsysteme versuchen, diese über Einstellung einer interfragmentären Kompression durch

die Schenkelhalschraube und Arretierung dieser Position durch einen spezifischen Verriegelungsmechanismus zu verhindern (z. B. Gamma Nagel, IMHS CP). Demgegenüber stehen Systeme mit zwei separaten Implantaten im Kopf-Halsfragment zur Verfügung, bei denen die Rotationskontrolle durch einen zusätzlichen proximalen Antirotationspin erfolgt (z. B. PFN, Targon PF). In osteoporotischem



**Abb. 1** ▲ Beispiel einer Versorgung mittels PFNA® bei instabiler AO-31-A2-Fraktur mit Trochanter-minor- und großem Trochanter-major-Fragment



**Abb. 2** ◀ Schematischer Vergleich Schenkelhalschraube/Antirotationspin-PFN (a) und Spiralklinge-PFNA® (b). Die Spiralklinge weist aufgrund ihres Designs eine größere Kontaktfläche im spongiosen Knochen des Schenkelhalses auf

Knochen verblieb das Problem der azetabulären Penetration („cutting out“) der Schenkelhalschraube durch den Hüftkopf. Die 2004 eingeführte Systemmodifikation mit Umstellung auf eine gleitfähige Spiralklinge (PFNA®) anstelle der Schenkelhalschrauben/Antirotationspin-Kombination (PFN) lässt hypothetisch dank ihrem Design mit relativ großer Kontaktfläche im Knochen eine bessere Stabilisierung in Kombination mit einer Antirotationsfunktion in osteoporotischem Knochen erwarten (▣ **Abb. 2**, [2, 11, 25]). Durch die freie Drehbarkeit beim Einschlagen kann sich die Spiralklinge bei geringem Knochenverlust in die Schenkelhalspongiosa eindrehen und erhält so unter gleichzeitiger Kompaktierung der Spongiosa zusätzlich Halt in stabiler Position. Ansonsten vertraute man bei der Konstruktion des PFNA® auf das bewährte Design des alten PFN, welche eine Implantation über kurze Inzisionen mit einem System aus Führungsdrähten und einem Zielbügel ermöglicht.

### Operationsprinzip und -ziel

**Unmittelbar belastungsfähige, unaufgebohrte intramedulläre Osteosynthese pertrochantärer und subtrochantärer Femurfrakturen über kurze frakturferne Zugänge. Rotationsstabile, axial dynamische Fixation des Kopf-Halsfragmentes mit Hilfe einer speziellen Klinge. Option zu dynamischer und statischer Verriegelung des Nagels im Schaftbereich.**

### Vorteile

- Biomechanisch günstige intramedulläre Osteosynthese
- Kein Aufbohren des Markraums notwendig

- Meist geschlossene Frakturposition möglich
- Kurzer, frakturferner Zugang mit geringem zusätzlichem Weichteiltrauma zur Verriegelung des Nagels
- Technisch einfache und sichere Operationstechnik zur Klingeplatzierung im Schenkelhals über Zielbügel und Führungsdraht
- Primäre Rotationsstabilität durch die spezielle Klingengeometrie mit einem einzigen Element im Kopf-Halsfragment
- Gegenüber Systemen mit Schenkelhalschrauben verbesserte Stabilität der Spiralklinge im Schenkelhals bei osteoporotischem Knochen durch geringeren Spongiosaverlust bei der Klingeneinbringung sowie eine größere Knochen-Implantat-Kontaktfläche
- Gleiten der Klinge in der dafür vorgesehenen Perforation des Nagels möglich
- Dynamisierung im Schaftbereich möglich
- Primär volle Belastbarkeit der Konstruktion
- Möglichkeit der langstreckigen Schienung des Femur durch Verwendung des langen PFNA® und damit Vermeidung von Stressspitzen am Implantatende (z. B. kurzer Marknagel oder DHS)
- Möglichkeit zur Einbringung der distalen Verriegelungsschrauben auch beim langen PFNA® über den Zielbügel mit Hilfe der Zielbügelverlängerung SureLock (▣ **Abb. 15d**). Auf den Einsatz des röntgendurchlässigen Winkelgetriebes für die distale Verriegelung kann damit in den meisten Fällen verzichtet werden.

### Nachteile

- Anspruchsvolle geschlossene Reposition und Operationstechnik bei primär instabilen Frakturen
- Gefahr einer Varusdislokation des Kopf-Halsfragmentes bei instabilen Frakturen und bei Frakturverlauf im Bereich der Nagelinsertion
- Abstützung großer Trochanterfragmente nur durch den Einsatz zusätzlicher Cerclagen möglich
- Gefahr iatrogenen Schaftfrakturen an der Nagelspitze bei pathologischer Antekurvation oder sehr kleinen Patienten
- Im Vergleich zu anderen Modellen (Gamma-Nagel, IMHS CP, PFN) keine direkte interfragmentäre Kompression über das Schenkelhalsimplantat möglich
- Im Vergleich zur DHS höherer Implantatpreis

### Indikationen

- Sämtliche per- und subtrochantäre Frakturen der AO-Klassifikation 31-A

### Kontraindikationen

- Offene Wachstumsfugen
- Ungeeignete Femuranatomie (pathologische Antekurvation bzw. fehlverheilte Schaftfrakturen)

### Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken wie Thrombose, Embolie, Nachblutung, revisionspflichtiges Hämatom/Serom, Infektion
- Implantatversagen, -bruch (▣ **Abb. 3**)
- Azetabuläre Penetration der Spiralklinge durch den Hüftkopf („cutting out“)
- Traktusirritation durch laterales Überstehen der Spiralklinge bei sekundärer Frakturverkürzung
- Femurschaftfraktur an der Implantat Spitze
- Verzögerte Heilung oder Pseudarthrose
- Bedarf einer Bluttransfusion und deren Risiken

## Zusammenfassung · Abstract

Oper Orthop Traumatol 2011 · 23:357–374 DOI 10.1007/s00064-011-0030-1  
© Springer-Verlag 2011

O. Büttner · S. Styger · P. Regazzoni · N. Suhm

### Stabilisierung sub- und pertrochantärer Femurfrakturen mit dem PFNA®

#### Zusammenfassung

**Operationsziel.** Primär belastungsstabile Osteosynthese per- und subtrochantärer Femurfrakturen mit intramedullärem Kraftträger, besonders auch in osteoporotischem Knochen. Rasche Wiederherstellung der Anatomie und Funktion des verletzten Beins.

**Indikationen.** Sämtliche per- und subtrochantäre Frakturen der AO-Klassifikation 31-A.

**Kontraindikationen.** Offene Wachstumsfugen und ungeeignete Femuranatomie (pathologische Antekurvatur bzw. fehlerhafte Schaftfrakturen).

**Operationstechnik.** Wenn möglich geschlossene, bei Bedarf offene Reposition der Faktur auf dem Extensionstisch. Intramedulläre, unaufgebohrte Nagelung und Frakturfixation durch Einbringen einer Spiralklinge über einen Führungsdraht in das Kopf-Halsfragment. Möglichkeit zur dynamischen oder statischen Verriegelung im Femurschaft.

**Operative Nachsorge.** Rasche Mobilisation ab dem ersten postoperativen Tag mit

schmerzadaptierter Vollbelastung. Thromboseprophylaxe für 6 Wochen mit Fondaparinux, Rivaroxaban oder niedermolekularem Heparin (NMH), alternativ orale Antikoagulation.

**Ergebnisse.** Im Rahmen einer AO-Multizenterstudie an 11 europäischen Kliniken wurden zwischen April 2004 und Juni 2005 313 Patienten (Durchschnittsalter 80,6 Jahre, 77% Frauen, 23% Männer) mit 315 instabilen pertrochantären Frakturen mittels PFNA® („proximal femoral nail antirotation“) operativ stabilisiert [24]. Bei 82% handelte es sich um 31-A2-Frakturen, bei 18% um 31-A3-Frakturen. Die durchschnittliche Operationszeit betrug 56 min für die A2-Frakturen und 66 min für die A3-Frakturen. Die durchschnittliche Liegedauer im Akutspital betrug 12 Tage. Bei 72% der Patienten konnte ein Repositions- und Stabilisierungsergebnis erreicht werden, welches eine unmittelbare postoperative Vollbelastung erlaubte. Insgesamt wurden 165 Komplikationen beobachtet,

117 davon waren nicht auf das Implantat zu beziehen. 46 operationsbedingte Komplikationen führten zu 28 ungeplanten Re-Operationen (u. a. 7 Femurschaftfrakturen, 4 acetabuläre Penetrationen). 56% der Patienten konnten über ein ganzes Jahr nachkontrolliert werden. Nach einem Jahr waren 89% der Frakturen konsolidiert. Die höchsten Komplikationsraten wiesen Frakturen der Morphologie 31-A2.3 sowie Patienten älter als 90 Jahre auf. Mit dem PFNA® wurde damit eine mit den Resultaten anderer intra- und extramedullärer Implantate vergleichbare Anzahl operationsbedingter Komplikationen (14,6%) beschrieben.

#### Schlüsselwörter

Femurfrakturen · Intramedulläre Nagelung · Minimal invasiver Eingriff · Belastung · Osteoporotische Frakturen

### Stabilization of inter- and subtrochanteric femoral fractures with the PFNA®

#### Abstract

**Objective.** Intramedullary nail system fixation of inter- and subtrochanteric femoral fractures allows early weight-bearing, especially in osteoporotic bone. Restoration of anatomical shape and early return to function of the injured leg.

**Indications.** All inter- and subtrochanteric fractures of AO type 31-A without limitation.

**Contraindications.** Open physes and unsuitable femoral shaft anatomy (increased anterior bow of femoral shaft or malunion after femoral fracture).

**Surgical technique.** If possible closed, otherwise open fracture reduction on a fracture table and unreamed intramedullary nailing. Fixation of the fracture by insertion of a helical blade via a guide wire in the head-neck fragment of the femur. Option of static or dynamic locking at the femoral diaphysis.

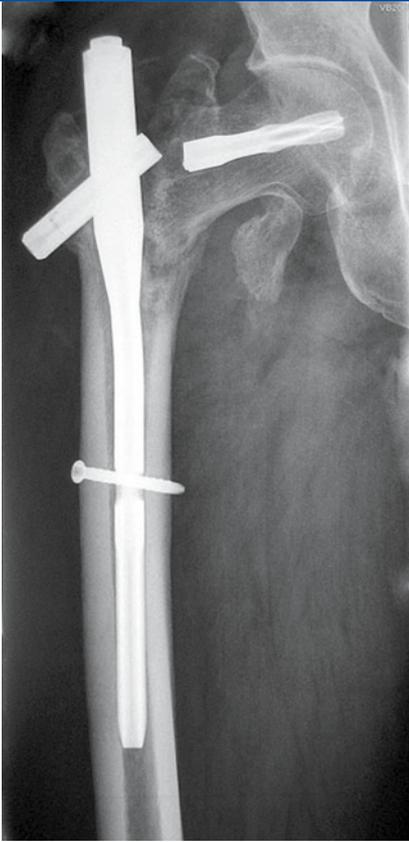
**Postoperative management.** Early mobilization immediately the day after surgery with full weight-bearing and use of assistive device, as tolerated. Thrombosis prophylaxis for 6 weeks with fondaparinux, rivaroxaban or a low molecular weight heparin (LMWH), alternatively oral anticoagulation.

**Results.** Between April 2004 and June 2005, the AO multicenter study at 11 European trauma centers included 313 patients (mean age 80.6 years, 77% women, 23% men) with 315 unstable trochanteric fractures treated with a Proximal Femoral Nail Antirotation® (PFNA®) device for consecutive follow-up [24]. In 82%, the fractures were 31-A2, while in 18% the fractures were 31-A3. Average operation time for A2 fractures was 56 min and 66 min for A3 fractures. Average duration of hospital stay in the trauma center was 12 days. Surgical reduction and fracture fix-

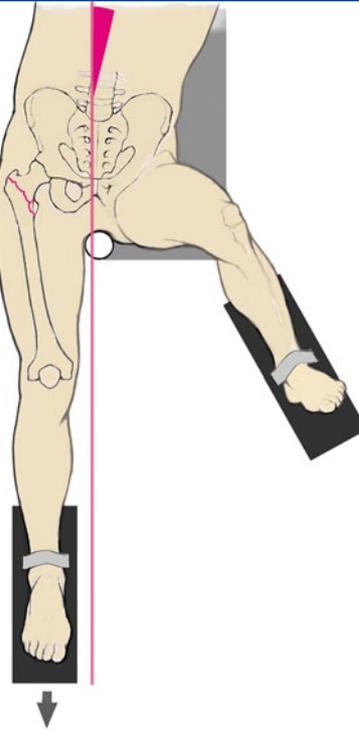
ation that permitted full weight-bearing immediately after operation was achieved in 72% of cases. Of 165 complications, 46 were surgery-related with unplanned revision surgery in 28 cases (including 7 femur fractures and 4 acetabular penetrations). Follow-up for more than 1 year was possible in 56% of patients. After 1 year, 89% of the fractures were consolidated. The highest complication rate was found in fractures type 31-A2.3 and in patients older than 90 years. The recorded number of implant-related complications (14.6%) is comparable to the results of other intramedullary and extramedullary implants.

#### Keywords

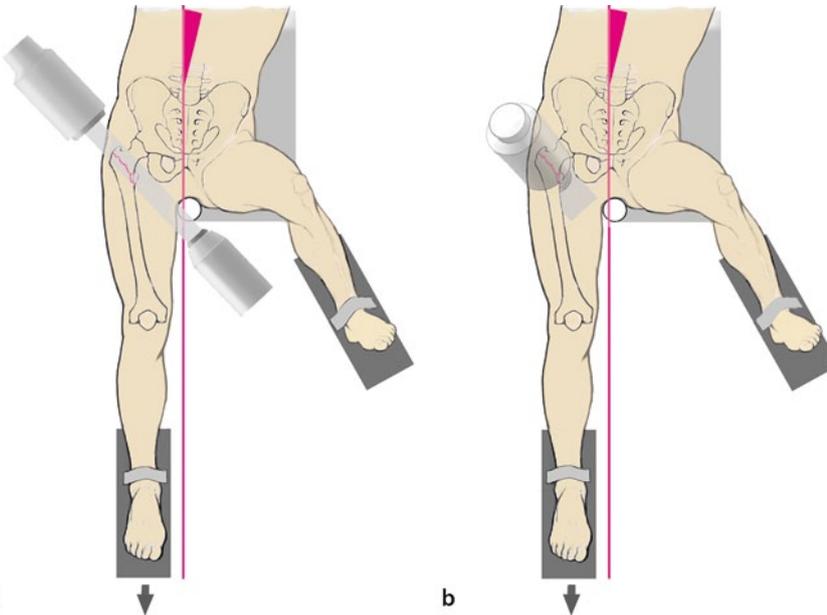
Femur neck fractures · Intramedullary nailing · Minimally invasive surgical procedures · Weight-bearing · Osteoporotic fractures



**Abb. 3** ▲ PFNA®-Spiralklingenbruch bei Pseudarthrose einer AO-31-A2-Fraktur nach erneutem Sturz auf die Hüfte ein Jahr nach Primärversorgung



**Abb. 4** ▲ Lagerung auf dem Extensionstisch. Auf eine ausreichende Flexion/Abduktion des nicht verletzten Beins ist zu achten, um die intraoperative BV-Kontrolle mit dem C-Bogen zu ermöglichen



**Abb. 5** ▲ Platzierung des C-Bogens halbschräg zwischen den Beinen des Patienten. Durch einfaches Umschwenken können die anteroposteriore und axiale Projektion eingestellt werden. Eine Austestung vor der sterilen Abdeckung ist empfehlenswert

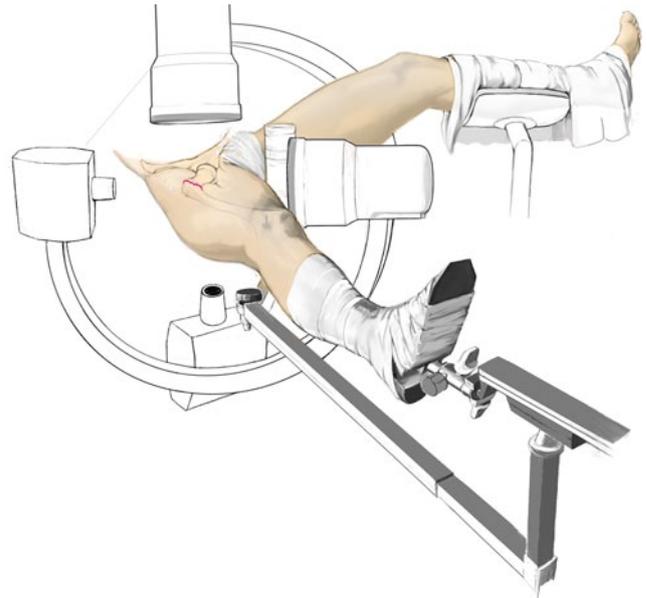
- Rotationsfehlstellung des Femurs
- Beinverkürzung
- Femurkopfnekrose
- Abduktoreninsuffizienz, postoperatives Hinken
- gegebenenfalls offene Reposition erforderlich
- Implantatwechsel (DHS, Endoprothese)
- Druckschäden durch Lagerung oder Extension

### Operationsvorbereitungen

- Konventionelle Röntgenaufnahmen des Beckens in anterioposteriorer (a.-p.) Projektion tiefzentriert und axiale Aufnahme der betroffenen Hüfte
- Bestimmung der Implantatgröße anhand von Planungsfolien am konventionellen Röntgenbild in 2 Ebenen, alternativ digitale Operationsplanung sofern entsprechende Software vorhanden
- Möglichst umgehende operative Versorgung (innerhalb der ersten 24 h nach Trauma [21]). Ausnahme: Unvertretbar erhöhtes Operationsrisiko aufgrund internistischer Begleiterkrankungen mit bestehender Möglichkeit durch kurzfristige medikamentöse oder interventionelle Therapie innerhalb kurzer Zeit eine relevante Reduktion des Operationsrisikos bewirken zu können.
- EKG, Röntgenthorax a.-p. (gemäß anästhesiologischer Vorgaben)
- Labordiagnostik mit Blutbild, Elektrolyten und Gerinnungsstatus
- Bei oraler Antikoagulation Antagonisieren mit Vitamin K bis INR normalisiert (<1,5). In Abhängigkeit der individuellen Risikoeinschätzung für thromboembolische Ereignisse überbrückende Therapie mit unfraktioniertem Heparin oder alternativ mit niedermolekularem Heparin (NMH) in therapeutischer Dosierung. Bei Patienten mit niedrigem Thromboembolierisiko genügt eine Prophylaxe mit NMH. Fondaparinux und Rivaroxaban dürfen nicht präoperativ verordnet werden.

## Instrumentarium und Implantate

- Röntgenbildverstärker (BV)
- Extensionstisch
- Sterile Abdeckung (Vertikaltuch, selbstklebend mit Inzisionsfolie)
- Sterile Röntgenschablone zur Bestimmung des Markraumdurchmessers unter dem BV bei Diskrepanz zur präoperativen Planung und intraoperativem Kontrollbedarf
- PFNA®-Set mit Instrumentarium (Synthes GmbH, Oberdorf, Schweiz): Führungsdrähte, Bohrer, Zielbügel (unterschiedliche Zielbügelaufsätze in Abhängigkeit zum CCD-Winkel), Bohrhülensystem, etc.
- PFNA® unterschiedlicher Länge (170, 200, 240, 340, 380, 420 mm) und Durchmesser (9, 10, 11, 12 mm) mit variablen CCD-Winkeln (125° und 130°, zusätzlich 135° für den PFNA®-Standard [240 mm])



**Abb. 6** ▶ Technik mit zwei separaten C-Bögen. Bei korrekter Platzierung wird der Operateur nicht behindert und es lässt sich Zeit sparen

- PFNA® „AsianSize“ mit Modifikationen für Patienten asiatischer Herkunft (geringere Schulterhöhe, verkleinerter Klingen- und Nageldurch-

messer, angepasste mediolaterale Krümmung)

- Zielbügelverlängerungsaufsatz (SureLock) für die distale Verriegelung beim PFNA® lang (340, 380, 420 mm)

# Hier steht eine Anzeige.

- Separate Spiralklingen unterschiedlicher Längen (80–120 mm)
- 4,9-mm-Verriegelungsbolzen, selbstschneidend (Länge 26–100 mm)
- PFNA®-Verschlusschraube (Verlängerung um 0–15 mm)
- Bohrmaschine, Markraumböhrer
- Einzinker, Cerclagenset, Umfahrinstrumentarium
- Repositionszangen (Verfügbarkeit der kollinearen Repositionsklemme zur minimal-invasiven Reposition vorteilhaft)

### Anästhesie und Lagerung

- Spinal-/Periduralanästhesie oder Intubationsnarkose
- Rückenlagerung auf Extensionstisch

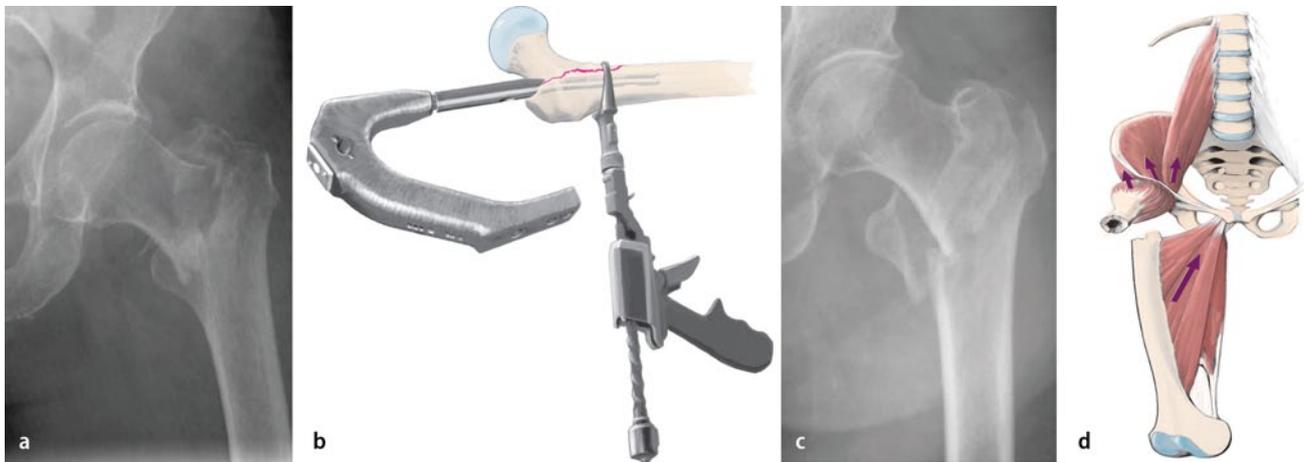
- Lagerung auf dem Extensionstisch mit Adduktion des betroffenen Beins um 10° und zusätzlich Oberkörperneigung zur gesunden Seite zur Erleichterung der Präparation und Insertion der Instrumente/PFNA® (▣ **Abb. 4**)
- Innenrotation des betroffenen Beins im Hüftgelenk von 10–15° und horizontale Einstellung der Knie Scheibe
- Kontralaterales Bein im Hüftgelenk 70° flektiert und 30° abduziert. Einseitige Steinschnittlage mit Lagerung des Unterschenkels in Beinschale
- Platzierung des C-Bogens halbschräg hinter der sterilen Abdeckung (Vertikaltuch) zwischen den Beinen des Patienten, so dass Hüftkopf und proximales Femur durch einfaches Um-

schwenken um 90° anteroposterior und axial eingesehen werden können (▣ **Abb. 5**)

- Alternativ 2-C-Bogen-Technik mit Platzierung des ersten C-Bogens zur Darstellung der anteroposterioren Abbildung von der kontralateralen Seite senkrecht zum Patienten und axiale Einstellung des zweiten C-Bogens zwischen den Beinen des Patienten (▣ **Abb. 6**)

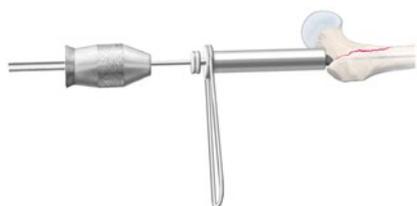
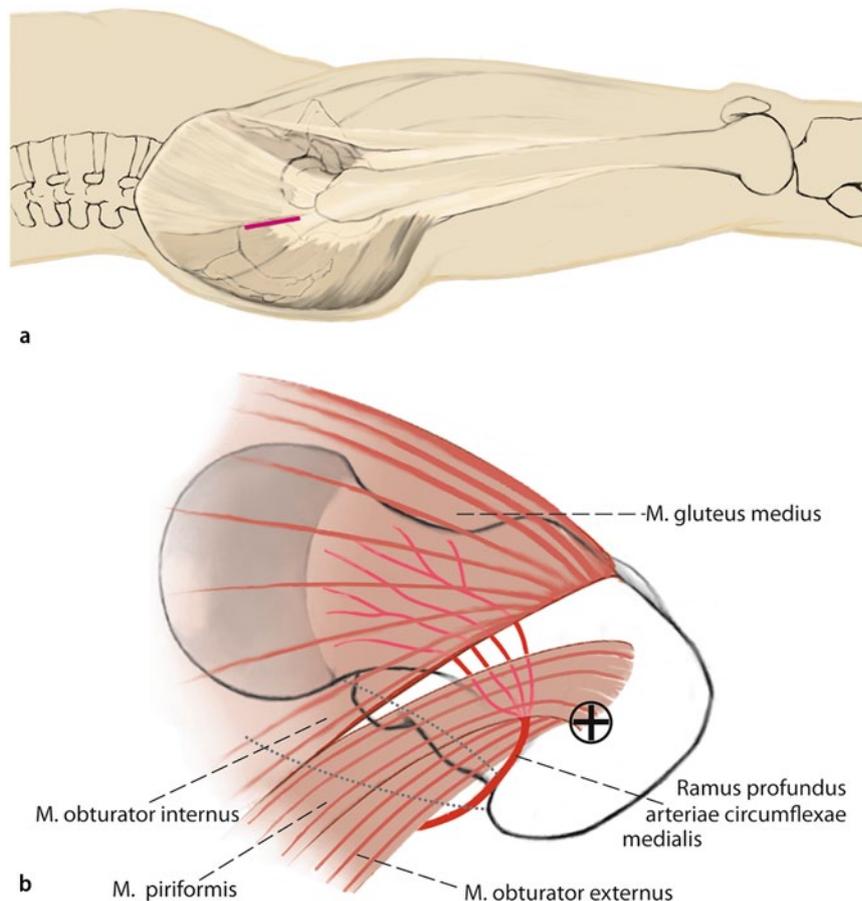
### Operationstechnik

- (▣ **Abb. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21**)

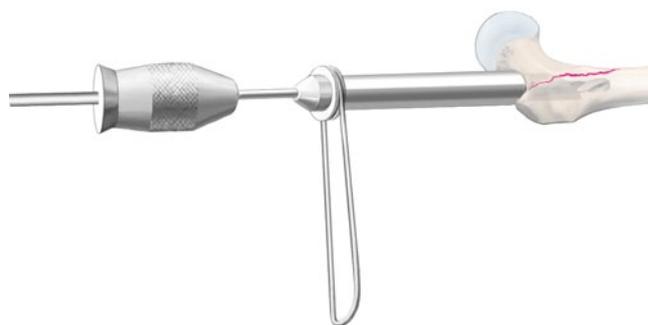


**Abb. 7** ▲ Reposition. Pertrochantäre Frakturen unterscheiden sich in ihrem Dislokationsverhalten durch unterschiedliche Muskelzüge grundsätzlich von subtrochantären Frakturen. Laterale Schenkelhalsfrakturen wie auch Typ-A1-Frakturen (**a**) neigen gelegentlich zur Verkürzung und Außenrotationsfehlhaltung des verletzten Beins durch Überwiegen der Außenrotatoren im Hüftgelenk. Diese Fehlstellung lässt sich zumeist durch axialen Zug und leichte Innenrotation problemlos korrigieren und kann auf dem Extensionstisch entsprechend fixiert werden. Bei 31-A1.3-Frakturen (**b**) mit Frakturausläufer distal des Trochanter minor durch die mediale Kortikalis kann unter Umständen eine offene Reposition mittels Repositionszangen über eine Erweiterung der Inzision für die PFNA®-Klinge erforderlich werden. 31-A2-Frakturen (**c**) stellen eine zusätzliche Herausforderung an die geschlossene Reposition dar durch die fehlende Stabilität am Kalkar medial und der Tendenz einer Varusfehlstellung beim Nachlassen der Extension. Kranialisierte oder dorsalisierte intertrochantäre Fragmente können häufig nur offen mittels Cerclage reponiert werden über einen erweiterten trochantären Zugang. Die Einstellung des distalen Femurs gelingt meist problemlos durch axialen Zug. A3-Frakturen (**d**) und subtrochantäre Frakturen stellen sich häufig in Abduktion, Flexion und Außenrotation des proximalen Schenkelhals-/Trochanterfragmentes und Adduktion und Außenrotation des distalen Femurs gegeneinander ein. Hierbei ist umso mehr auf eine ausreichende Innenrotation des Beins und genügenden axialen Zug zu achten. Dennoch verbleibt gelegentlich beim Versuch das distale Fragment mit dem Führungsdraht aufzufädeln eine Dorsalisierungstendenz des distalen Femurfragments durch Zug des M. gastrocnemius bestehen, welche nur durch manuellen Gegendruck von unten behoben werden kann. Sollte in seltenen Fällen eine offene Reposition erforderlich werden, kann eine 5-mm-Schanz-Schraube als Joy Stick 5–10 cm distal der Fraktur eingebracht werden, welche nach Auffädeln mit dem Führungsdraht in die laterale Kortikalis zurückgezogen wird. Gerade bei komplexen Repositionsmanövern empfiehlt sich die 2-BV-Technik

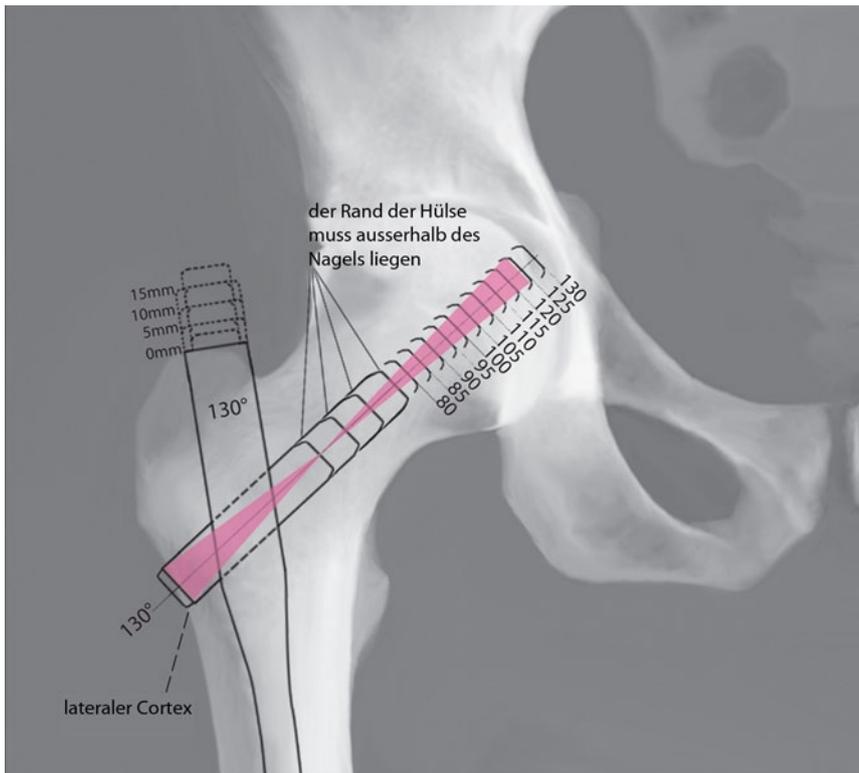
**Abb. 8** ▶ Zugang. 5 cm lange Hautinzision etwa 5–10 cm proximal und leicht dorsokraniel der Trochanterspitze (**a**), wobei auf eine korrekte, horizontale Einstellung des Trochanter major geachtet werden muss. Stumpfe Präparation auf die in diesem Bereich sehr dünne Glutealfaszie und Spaltung derselben in Faserrichtung. Aufsuchen des sehnigen Ansatzes des M. gluteus medius und Spalten der Muskelfasern leicht dorsokraniel in Faserrichtung, wobei der N. glutealis superior zu schonen ist. Stumpfes Eingehen auf die Trochanterspitze am medialen Übergang zur Fossa piriformis. Der ideale Eintrittspunkt liegt für den 240-mm-PFNA®-Standard direkt lateral des sehnigen Ansatzes des M. piriformis (**b**, Kreuz). Durch diesen Eintrittspunkt wird der für die Schenkelhalsdurchblutung essentielle R. profundus der Arteria circumflexa medialis (**b**) bestmöglich geschützt [5, 8]. Beim langen PFNA® mit kleinerem Krümmungsradius ( $R=1500$  mm) kann ein 4–6 mm weiter dorsal liegender Eintrittspunkt zur Erleichterung der Nagelinsertion gewählt werden [7]. Wir empfehlen eine genaue Palpation der proximalen Trochanterregion zur genauen Bestimmung der anatomischen Landmarken, da die korrekte Identifikation des Eintrittspunktes für den weiteren Operationsverlauf essentiell ist



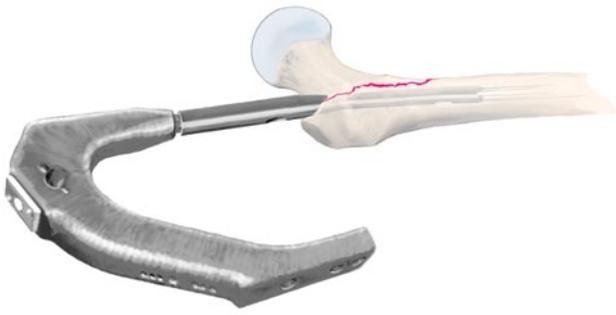
**Abb. 9** ▲ Einbringen des Führungsdrahtes. Nach Identifikation des Eintrittspunktes wird ein im T-Griff eingespannter Führungsdraht unter digitaler Kontrolle auf den geplanten Eintrittspunkt aufgesetzt und in Projektion auf den Femurschaft etwa 15 cm in den Markraum eingedreht. Die korrekte Lage wird mit dem BV in beiden Ebenen dokumentiert. Je nach Frakturtyp muss ein allenfalls vorhandenes Trochanter-major-Fragment mit dem Führungsdraht aufgefädelt werden



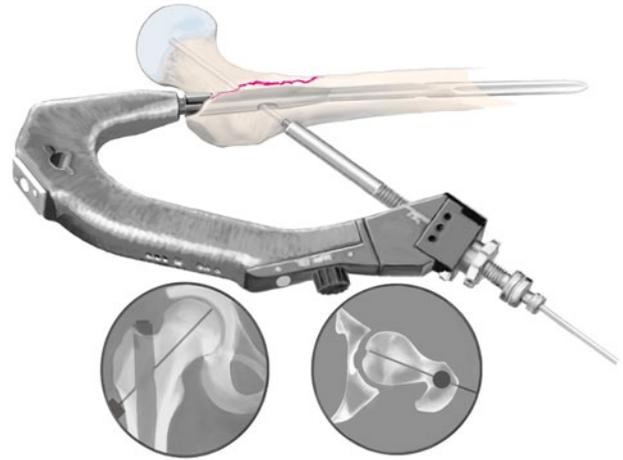
**Abb. 10** ▲ Markraumeröffnung. Der durchbohrte 17-mm-Spiralbohrer wird unter Gewebeschutz über den Führungsdraht auf die Eintrittsstelle aufgesetzt. Bei jungen Patienten mit guter Knochenqualität empfehlen wir das Femur maschinell mit hoher Drehzahl und geringem Druck aufzubohren. Bei älteren Patienten mit osteoporotischem Knochen sollte der Eintrittspunkt vorsichtig per Hand mittels Spiralbohrer und T-Handgriff eröffnet werden. Laterale Wackelbewegungen und übermäßige Druckausübung müssen vermieden werden.



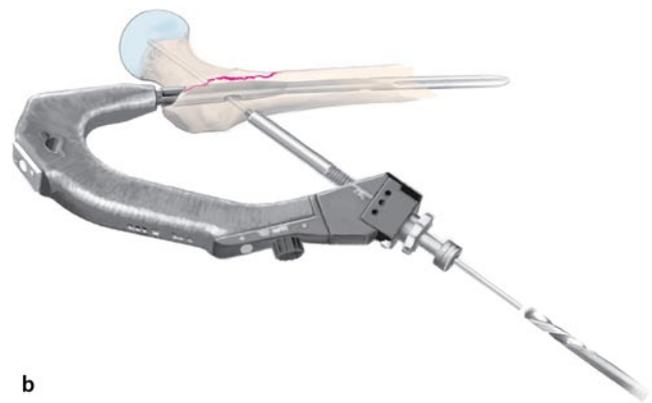
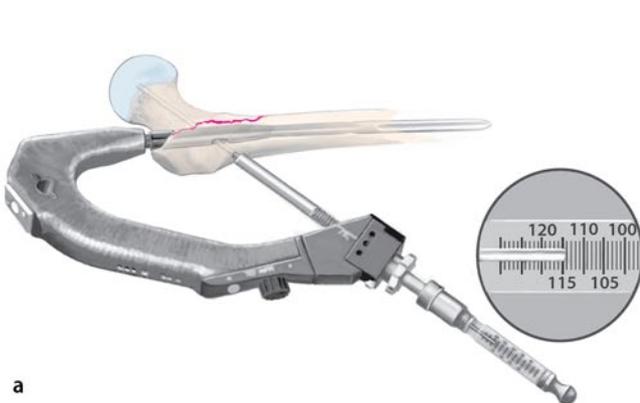
**Abb. 11** ▲ Bestimmung der Nagellänge, des Nageldurchmessers und Festlegung des CCD-Winkels. Grundsätzlich ergibt sich die Auswahl der Nagellänge am Frakturmuster und der Frakturausdehnung nach distal. In letzter Zeit wird jedoch vermehrt diskutiert, instabile per- und subtrochantäre Frakturen, sowie Altersfrakturen und pathologische Frakturen generell mit einem langen Implantat zu versorgen, um das Femur zu schienen und Stressspitzen am Nagelende mit daraus resultierenden Femurschaftfrakturen zu vermeiden. Die Autoren empfehlen im Zweifelsfall die Verwendung des langen PFNA® mit distaler Verriegelung (hierzu auch [Abb. 17](#), [3, 27]). Der korrekte Nageldurchmesser und der erforderliche CCD-Winkel des Implantates kann präoperativ anhand der PFNA®-Planungsschablone am Röntgenbild in 2 Ebenen (bei digitalem Röntgen auf 100%-Ausdrucke achten!) oder intraoperativ mittels BV und der sterilen Röntgenschablone bestimmt werden. Für die Auswahl des Nageldurchmessers orientiert man sich an der engsten Stelle des Femurschaftes. Für den CCD-Winkel stehen je nach Implantatgröße 125° und 130° zur Verfügung (zusätzlich 135° beim PFNA®-Standard), wobei in den meisten Fällen ein 130°-Winkel gewählt wird. Ausnahmen bleiben stark valgischen oder varischen Hüften (siehe gesunde Seite) vorbehalten. Auf die Montage des korrekten Zielbügelaufsatzes (125–135°) auf den PFNA®-Zielbügel muss geachtet werden. Sofern entsprechende Software verfügbar ist, stellt die präoperative digitale Operationsplanung eine praktische Alternative dar



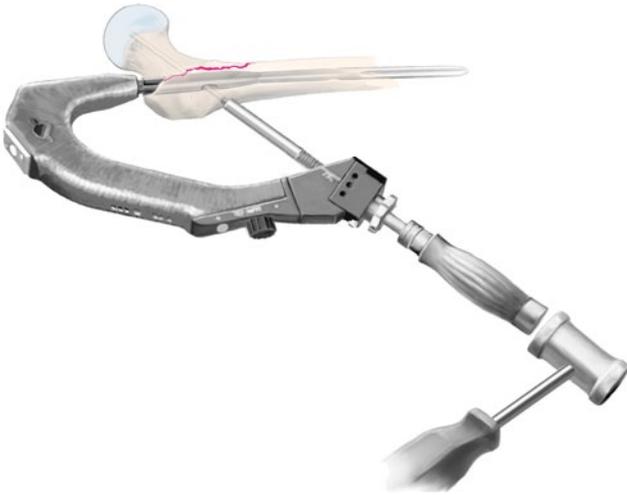
**Abb. 12 ▲** Einbringen des Nagels. Durch leicht drehende Handbewegungen wird der am Zielbügel fest montierte PFNA® in das Femur eingebracht bis die zukünftige projizierte Lage der Spiralklinge in der Mitte des Schenkelhalses zu liegen kommt. Bei auftretenden Widerständen im proximalen Femur empfehlen wir die Lagekontrolle des Implantates in 2 Ebenen mit dem BV. Ein vorsichtiges Vorantreiben mit sanften Hammerschlägen auf die Schutzplatte am Zielbügel sollte nur versucht werden, wenn mechanische Hindernisse durch Fehlplatzierung, zu großem Nageldurchmesser und/oder ein Anstehen der Nagelspitze an der vorderen Kortikalis bei übermäßiger Antekurvation im BV ausgeschlossen werden können, um einen Repositionsverlust (Varisierung) oder eine iatrogene Fraktur zu verhindern. Bei zu großem Nageldurchmesser kann entweder auf das nächst kleinere Implantat gewechselt oder der Femurschaft um 1–2 mm aufgebohrt werden. Bei zu weit dorsalem Eintrittspunkt kommt es zu einem Anstoßen des PFNA® an der ventralen Femurkortikalis. In dieser Situation ist ein Aufbohren wenig hilfreich und kann zu einer Fraktur ventral führen. Wir empfehlen eine sparsame Eröffnung des Eintrittspunktes nach ventral mit dem Markraumfriem, um die PFNA®-Spitze im Verlauf des Femurschaftes etwas weiter nach dorsal orientieren zu können



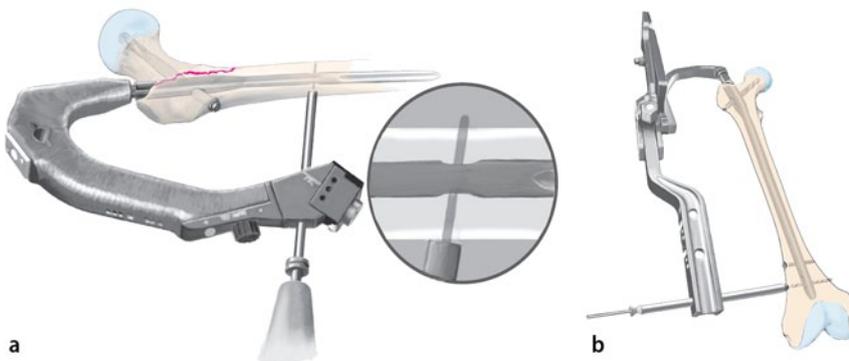
**Abb. 13 ▲** Positionierung des Führungsdrahtes im Kopf-Halsfragment mit dem Zielinstrumentarium. Unter BV-Kontrolle wird die korrekte Position des PFNA® im proximalen Femur bestätigt. Vor Einbringen des zentralen Führungsdrahtes (Ø 3,2 mm) mit der Maschine über die Bohrhülse-Kombination ist die korrekte Montage des Zielbügels auf den Nagel noch einmal zu überprüfen. Der Nagel muss ausreichend distal eingebracht werden, so dass der Führungsdraht in der a.-p.-Projektion zentral im Schenkelhals zu liegen kommt. In der axialen Position sollte ebenfalls eine zentrale Positionierung anvisiert werden. Die parallele Orientierung zur Antetorsion des Schenkelhalses ist bei senkrecht ausgerichteter Patella durch eine um 10–15° zur Horizontalen abgesenkte Einstellung des Zielbügels zum Femur gewährleistet. Der Führungsdraht wird unter BV-Kontrolle bis knapp subchondral (mindestens 5 mm von Gelenkniveau entfernt) vorgebohrt. Häufige Korrekturen der Führungsdrahtpositionierung sind zu vermeiden



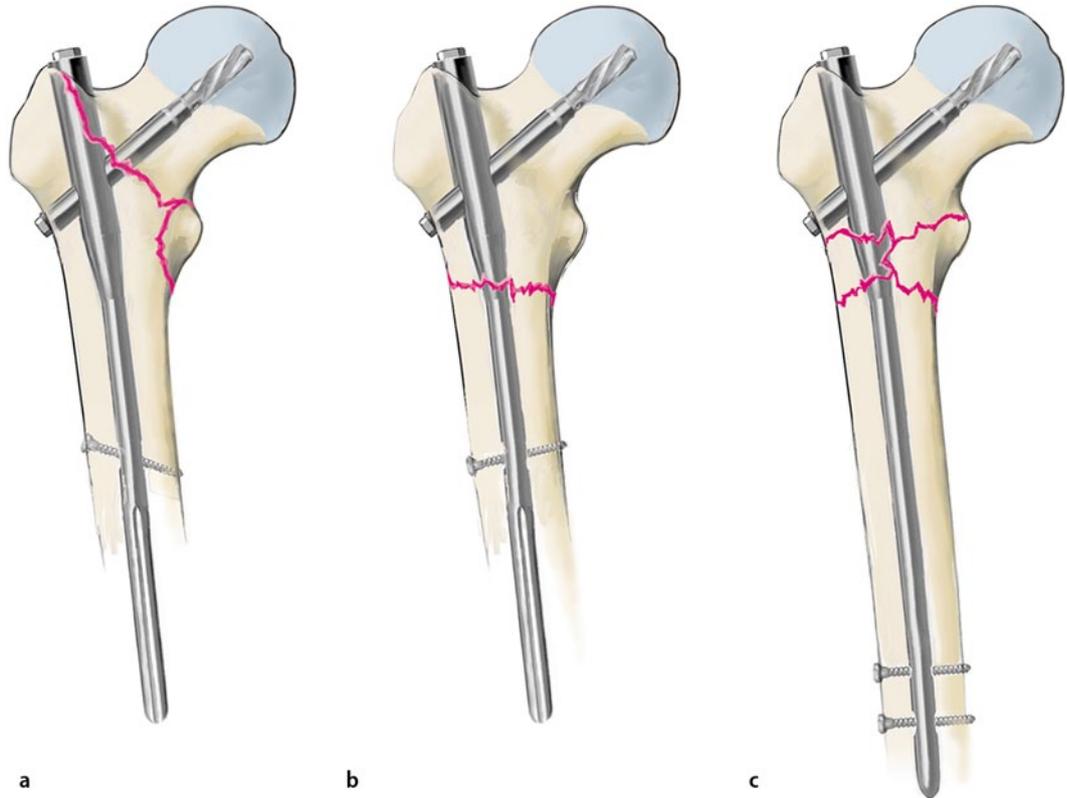
**Abb. 14 ▲** Längenmessung des Kopf-Halsfragmentes und Aufbohren der lateralen Femurkortikalis. Über den Messstab für den Führungsdraht mit dem 3,2-mm-Durchmesser kann die Länge des Führungsdrahtes im Knochen exakt bestimmt werden (a). Liegt der Führungsdraht subchondral, sind von der ermittelten Führungsdrahtlänge 10 mm für die Auswahl der definitiven PFNA®-Spiralklinge abzuziehen. Mit dem durchbohrten Spiralbohrer (Ø 11,0 mm) wird die laterale Femurkortikalis eröffnet (b). Bei guten Knochenverhältnissen muss die Schenkelhalsspongiosa vor Einschlagen der PFNA®-Spiralklinge mit dem separaten kanülierten Stufenbohrer (Ø 11,0 mm) aufgebohrt werden. Hierbei kann die erforderliche Länge (vorher gemessene Länge der PFNA®-Spiralklinge) mittels einer Klemmhülse auf dem Stufenbohrer arretiert werden. Bei osteopenem Knochen empfiehlt es sich 10–20 mm weniger tief als die Länge der verwendeten Spiralklinge aufzubohren. Bei manifest osteoporotischem Knochen kann vor Einschlagen der PFNA®-Spiralklinge auf ein Aufbohren der Schenkelhalsspongiosa komplett verzichtet werden. Der Stufenbohrer ist nicht geeignet zum Aufbohren der lateralen Kortikalis



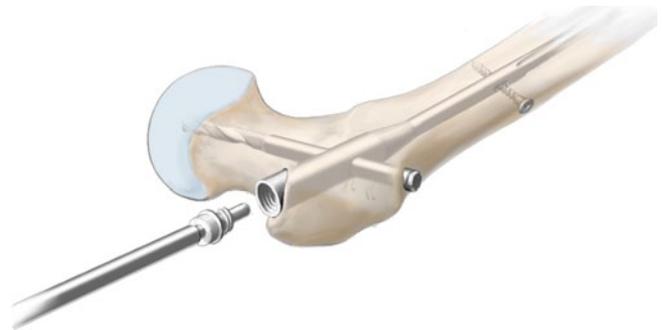
**Abb. 15 ▲** Einbringen der Spiralklinge. Die Spiralklinge wird gegen den Uhrzeigersinn bis zum Anschlag auf das Einschlaginstrument aufgedreht und somit zugleich entriegelt. Der stabile Halt ist zusammen mit der freien Drehbarkeit vor Implantation obligatorisch zu prüfen, bevor die Klinge über die Führungshülse mit sanften Hammerschlägen in den Schenkelhals eingebracht wird. Nach Bestätigung der korrekten Positionierung im BV empfehlen wir, den Zug am Extensionstisch vor dem Verriegeln der Klinge allenfalls etwas nachzulassen, um eine Verriegelung der Fraktur in Distraction zu vermeiden und einem Blockieren des Gleitens der Klinge in der dafür vorgesehenen Perforation im PFNA® durch eine spätere Varusimpaktierung vorzubeugen. Ist die PFNA®-Spiralklinge bis zum Anschlag eingebracht, wird das Einschlaginstrument im Uhrzeigersinn festgedreht, bis die Lücke unter BV-Kontrolle geschlossen ist. Die Klinge ist damit verriegelt und rotationsstabil.



**Abb. 16 ▲** Distale Verriegelung. Für die distale Verriegelung wird das Steckhülensystem mit dem grünen Markierungsring in das dafür vorgesehene grün markierte Loch am Zielbügel aufgesteckt. Nach Stichinzision der Haut und Faszie wird der Trokar bis an das laterale Femur vorgeschoben. Nach Entfernen des Trokars wird mit dem 4-mm-Bohrer bikortikal aufgebohrt. Die Länge des erforderlichen Verriegelungsbolzens kann bei Kontakt des längenmarkierten Bohrers mit der Gegenkortikalis oder alternativ mit dem Längenmess bestimmt werden. Über die unterste Steckhülse wird der geeignete Verriegelungsbolzen eingedreht (a). Beim langen PFNA® empfiehlt sich die Verwendung des Zielbügelsaufsatzes „SureLock“ (b), der neuerdings auch beim PFNA® lang eine distale Verriegelung über eine Steckhülse erlaubt und den Einsatz des röntgendurchlässigen Winkelgetriebes weitgehend überflüssig macht



**Abb. 17 ▲** Prinzipien der distalen Verriegelung. Sämtliche PFNA® können entweder statisch oder dynamisch verriegelt werden. Nur der lange PFNA® erlaubt eine Kombination beider Verriegelungsarten. Isolierte pertrochantäre Femurfrakturen oder laterale Schenkelhalsfrakturen werden prinzipiell statisch verriegelt, um ein Verklemmen der Spiralklinge beim sekundären Teleskopieren zu vermeiden (**a**). Subtrochantäre Frakturen mit ausreichend medialer Abstützung werden vorzugsweise primär dynamisch verriegelt um eine Impaktierung der Fraktur zu erlauben (**b**). Instabile pertrochantäre Frakturen mit subtrochantärem Ausläufer oder Kombinationsfrakturen aus pertrochantären Frakturen und proximalen Femurfrakturen (▣ **Abb. 21**) sollten vorzugsweise mit dem langen PFNA® versorgt werden (Vermeidung von Stressspitzen). Hierbei besteht die Möglichkeit zur dynamischen und statischen Verriegelung mit bei Bedarf sekundärer Dynamisierung (**c**)

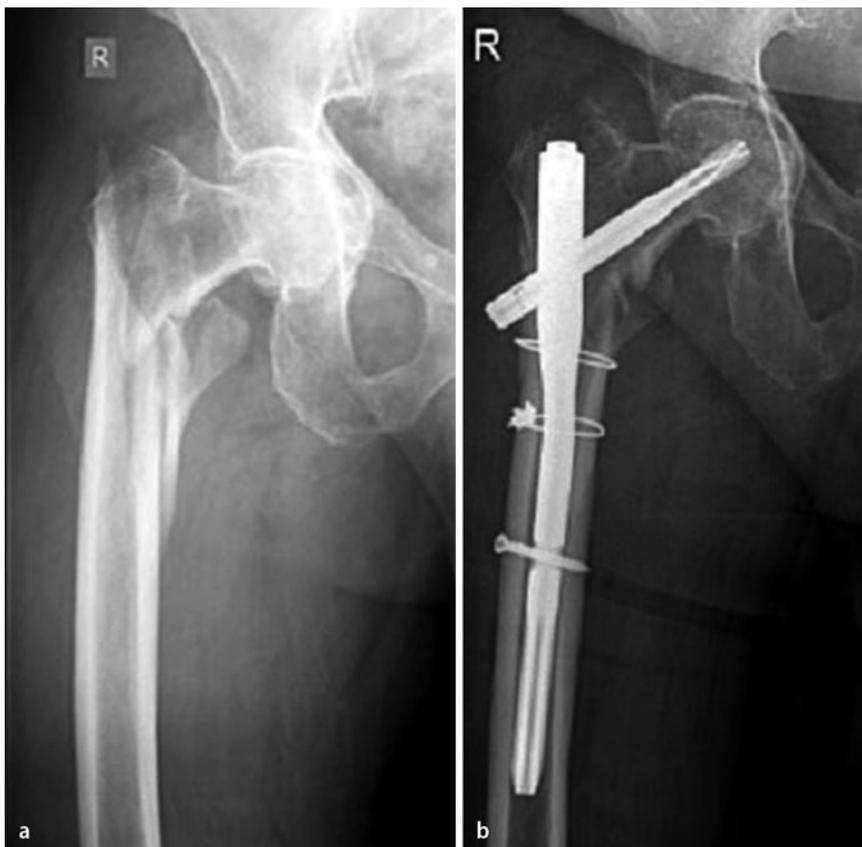


**Abb. 18 ▲** Aufbringen der proximalen Verschlusskappe und Wundverschluss. Ist eine spätere Implantatentfernung zu erwarten (jüngere Patienten), empfiehlt sich das proximale Nagelende mit der Verschlusskappe zu verschrauben. Damit wird ein Einwachsen von Bindegewebe und Knochen in den Nagel verhindert. Bei adipösen Patienten kann es hilfreich sein die Verschlusskappe vor Einbringen in die Wunde mit einer Fadenarmierung zu sichern. Die Einlage einer Redondrainage ist nicht routinemäßig erforderlich und sollte Fällen mit stärkerer Blutung aus dem Markraum oder nach offener Reposition vorbehalten bleiben. Die Muskelfaszie der M. gluteus medius und die Fascia lata (Traktus) werden verschlossen. Bei Bedarf folgen wenige subcutane Adaptationsnähte vor der Hautnaht. Intraoperative Röntgendokumentation mittels BV

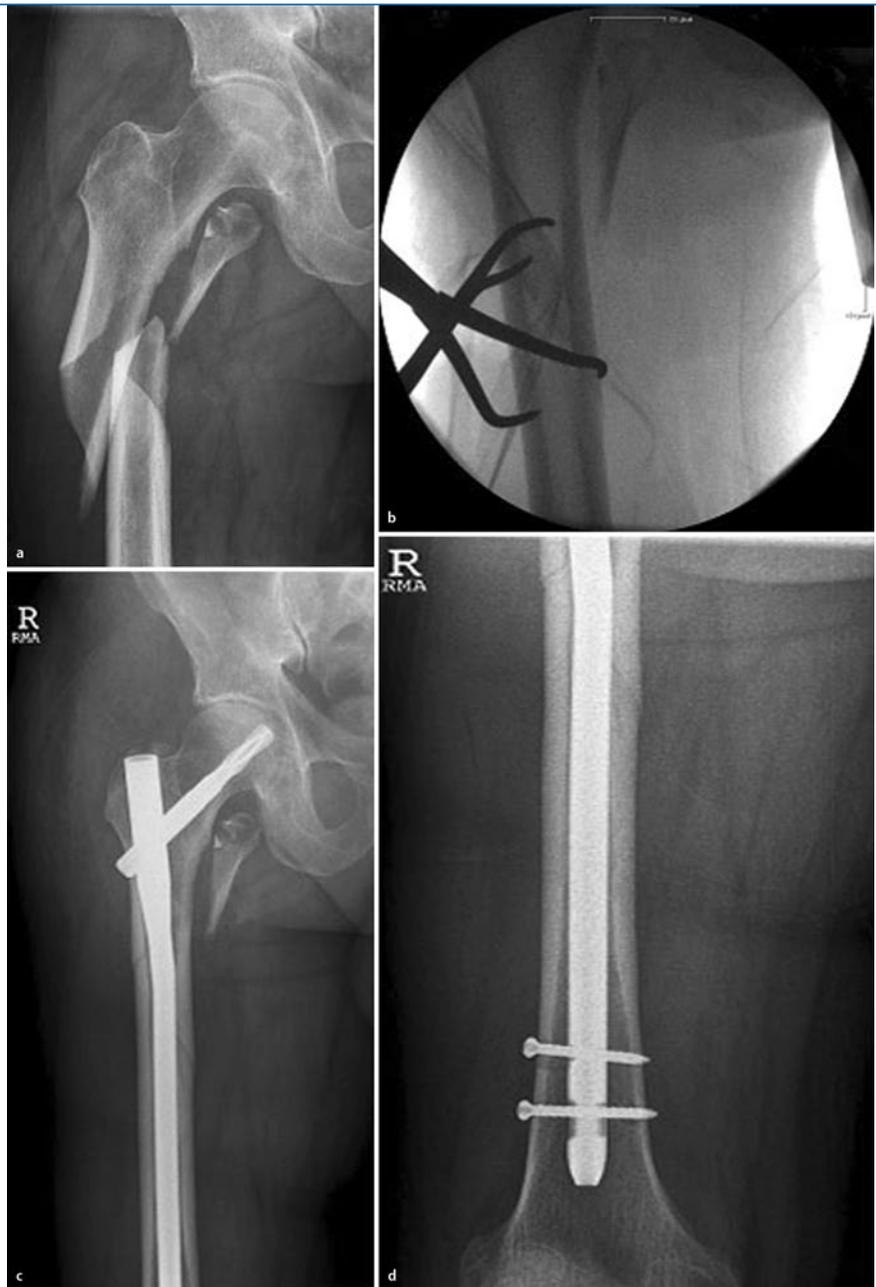
## Besonderheiten

(▣ Abb. 19, 20, 21)

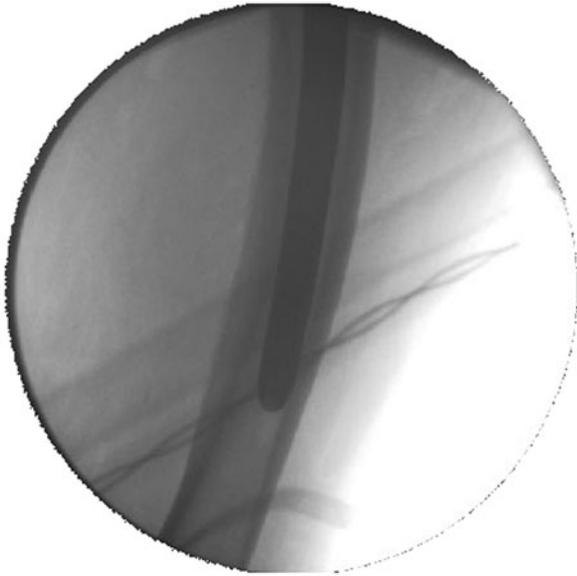
**Abb. 19** ▶ Instabile mehrfragmentäre per-trochantäre Frakturen. Pertrochantäre Trüm-merfrakturen mit zusätzlichen Trochanter-ma-jor-Fragmenten stellen ein besonderes Pro-blem dar, da nach Reposition keine ausreichen-de Abstützung medial und/oder lateral vorhan-den ist (a). Bei Frakturausläufern im Bereich der Eintrittsstelle der PFNA-Klinge führt dies fast zwangsläufig zu einer Varisierung des Kopf-Hals-Fragmentes durch Auseinanderdrücken der Fragmente beim Einbringen des Nagels. Durch Muskelzug der Hüftabduktoren nach kranial be-steht zusätzlich die Gefahr einer Dislokation der Trochanterfragmente. In diesen Fällen empfe-hlen die Autoren, den Eintrittspunkt leicht medial der Trochanter Spitze zu wählen und den Ein-trittspunkt vorsichtig manuell mit dem Mark-raumpfriegel unter Kontrolle der Reposition auf dem Extensionstisch zu eröffnen. Gegebenen-falls können die medialen und lateralen Haupt-fragmente mit der kollinearen Repositionszange über einen erweiterten Zugang gehalten werden. Große Trochanter-major-Fragmente sollten zur Vermeidung einer Abduktoreninsuffizienz durch eine minimal-invasive Cerclage mittels Cable-System gesichert werden (b).



**Abb. 20** ◀ Pertrochantäre Frakturen mit sub-trochantären Ausläufern. Bei pertrochantären Femurfrakturen mit langen subtrochantären Aus-läufern ist die mediale Abstützung unterbro-chen (a). Eine minimal-invasive Reposition mit-tels der kollinearen Repositionszange ohne Frei-legung der Frakturzone erlaubt eine Refixation des Fragmentes mittels Cerclagen (b). Grund-sätzlich empfehlen wir bei diesen Frakturfor-men die Verwendung des langen PFNA® zur Vermeidung von Stressspitzen am Nagelende (nicht abgebildet). Bei schwieriger Reposition schräger subtrochantärer Fragmente empfehlt sich eine offene Reposition über eine minimal verlängerte Inzision auf Höhe der Eintrittsstelle der PFNA®-Klingen. Mit Hilfe einer Weber-Zange bzw. der kollinearen Repositionsklemme gelingt die Reposition in den meisten Fällen anschlie-ßend problemlos. Bei instabilen großen Zusatz-fragmenten empfiehlt sich die Stabilisierung über eine horizontale Cerclage



**Abb. 21 ▲** Reversed Frakturen und subtrochantäre Frakturen. Hier ist ein Beispiel einer subtrochantären Spiralfraktur mit zusätzlichem Trochanter-minor-Fragment dargestellt (a). Es wurde offen reponiert (b) und anschließend mit einem langen PFNA® stabilisiert (c, d). Aufgrund des Frakturpatterns (Spiralfraktur) mit relativ guter Abstützung wurde auf zusätzliche Cerclagen verzichtet. Die Nachbehandlung erfolgte mit Teilbelastung



**Abb. 22** ◀ Intraoperative axiale BV-Aufnahme. Anstoßen der Nagelspitze PFNA-Standard an der ventralen Femurkortikalis

### Postoperative Behandlung

- Postoperative Röntgenaufnahme des operierten Hüftgelenkes in 2 Ebenen
- Lagerung des operierten Beins für 24 h postoperativ in einer Schaumstoffschiene
- Nachbehandlung grundsätzlich mit schmerzadaptierter Vollbelastung, bei instabilen Frakturen mit lateralen Trochanter-major-Fragmenten nach Möglichkeit Teilbelastung für 4–6 Wochen, wobei bei Unfähigkeit zur Teilbelastung die rasche postoperative Mobilisierung prioritär ist.
- Wenn möglich, Erstmobilisation unter physiotherapeutischer Anleitung am ersten postoperativen Tag
- Entfernung von Drainagen nach 24–48 h
- Einsatz einer Motorschiene zur kontrollierten Mobilisation im Hüftgelenk bei ausgedehnter Muskelfreilegung empfehlenswert
- Entlassung 5–10 Tage postoperativ möglich. Ältere Patienten profitieren häufig von einer Anschlussheilbehandlung. Bei jungen Patienten wird zumeist eine Entlassung nach Hause mit ambulanter Physiotherapie angestrebt.
- Fadenentfernung bei reizlosen Wunden 12–14 Tage postoperativ
- Verlängerte Thromboseprophylaxe für 6 Wochen postoperativ mit Fondaparinux (Grad 1A Empfehlung, ACCP Guidelines 2008, [9]) oder

- einem NMH (Grad 1B) zu empfehlen. Alternativ orale Antikoagulation (Grad 1B) oder Rivaroxaban
- Klinische Nachkontrolle nach 2 und 4 Wochen, sowie 6 Wochen postoperativ mit Röntgen in 2 Ebenen
- Evaluation der Osteoporose- und Sturzrisikofaktoren im Rahmen der postoperativen Visite gemäß den Leitlinien der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gesellschaft für Osteologie (DVO). Bei erhöhtem Osteoporoserisiko grundsätzlich Einleitung einer Basismedikation mit Kalzium-Vitamin-D<sub>3</sub>-Präparat noch während der Akuthospitalisation. Die Indikation zur weiteren Osteoporosediagnostik mittels DEXA-Messung (Dual-Energy-X-Ray-Absorption) und einer daraus resultierend eventuell nötigen Pharmakotherapie wird auf die individuelle Situation des verunfallten Patienten abgestützt, wobei unter anderem auch die kognitiven Fähigkeiten (Medikamenten Compliance!) berücksichtigt werden. Die Einleitung längerfristiger Maßnahmen zur Sturzprophylaxe erfolgt in enger Absprache mit den nachbehandelnden Rehabilitationszentren [26].

### Fehler, Gefahren, Komplikationen

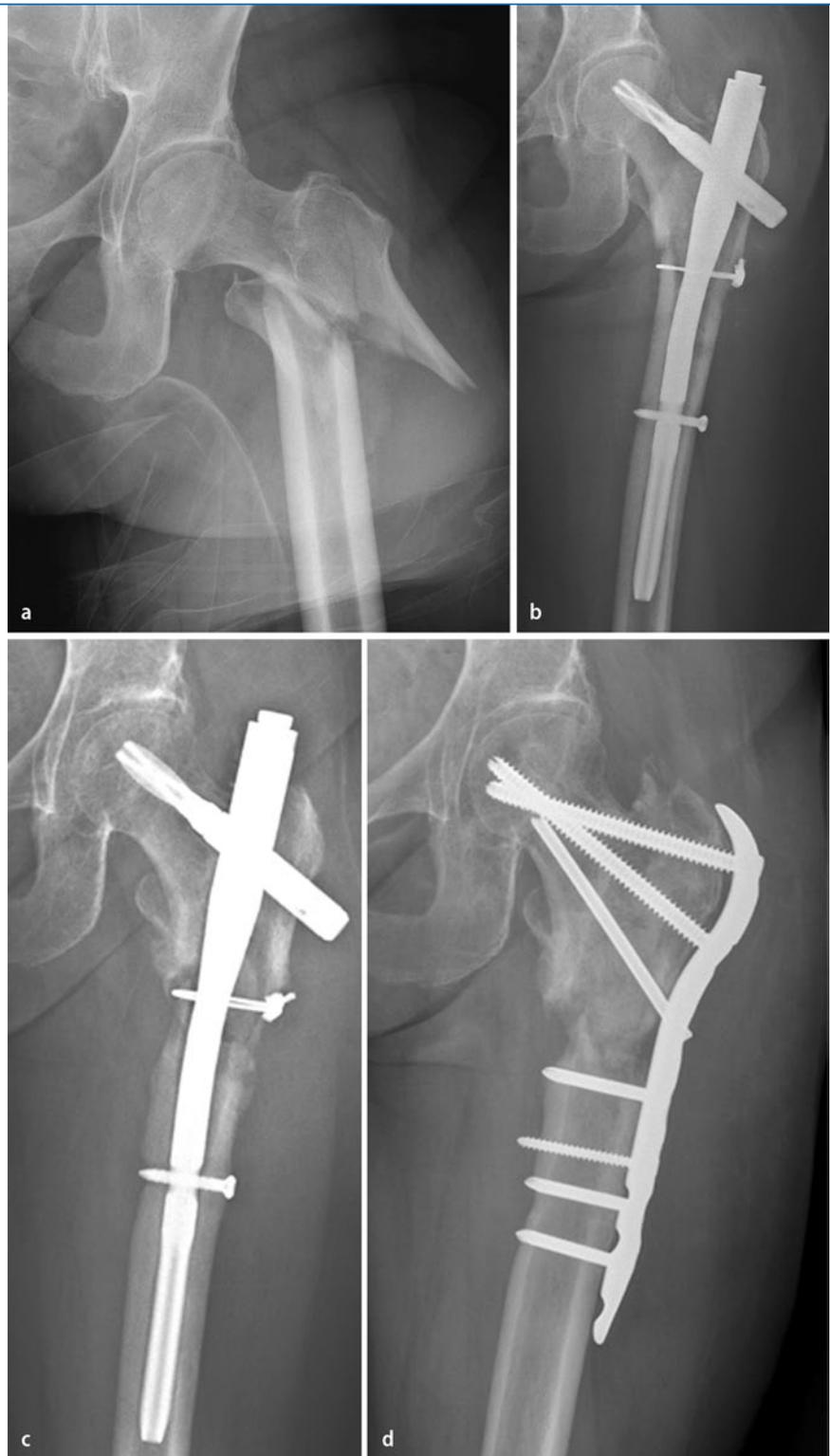
- Trochanterschmerzen und Hinken aufgrund einer Abduktoreninsuffizienz entweder durch eine Läsion des N. gluteus superior oder iatrogen-

ne Muskelschädigungen durch ausgedehnte Manipulationen am Eintrittspunkt: Zur Vermeidung dieser Komplikationen ist beim Zugang eine zu weit proximal gewählte Hautinzision und eine Spaltung des M. gluteus medius zu weit kranial zu vermeiden. Ist die Komplikation eingetreten, existiert neben allgemeinen physiotherapeutischen Maßnahmen keine spezifische Therapie.

- Verletzungen des für die Schenkelhalsdurchblutung wesentlichen R. profundus der Arteria circumflexa femoris medialis bei zu weit dorsal und medial gewähltem Eintrittspunkt: Eine seltene Komplikation bei der Femurmarknagelung mit Gefahr einer Ausbildung einer Femurkopf-Osteonekrose. Eine spezifische Therapie existiert nicht.
- Anstehen der Nagelspitze an der ventralen Femurkortikalis (▣ **Abb. 22**) und Unmöglichkeit, den Nagel ausreichend weit vorschieben zu können: Kein gewaltsames Vorantreiben mit Hammerschlägen, sondern Röntgenkontrolle mit dem BV (a.-p. und axial) zur Feststellung der Ursache. Liegt die Ursache an einem zu weit dorsal gewählten Eintrittspunkt, kann dieser mit dem Markraumpfriegel vorsichtig nach ventral erweitert werden und der Nagel anschließend hierrüber in den meisten Fällen bis nach distal vorgeschoben werden. Bei zu engem Markraum gelingt ein Vorschieben zumeist nach Aufbohren um ein bis eineinhalb Größen. Bei übermäßiger Antekurvation des Femurschaftes (z. B. bei kleinen Patienten) ist ein Aufbohren nicht ungefährlich, da die ventrale Femurkortikalis hierdurch zusätzlich geschwächt wird. In diesem Fall empfiehlt sich ebenfalls eine sparsame Eröffnung des Eintrittspunktes nach ventral mit dem Markraumpfriegel, um die PFNA®-Spitze im Verlauf des Femurschaftes etwas weiter nach dorsal orientieren zu können. Gelegentlich muss jedoch ein kürzerer Nagel gewählt oder das Verfahren gewechselt werden (z. B. DHS).
- Frakturverlauf durch die Trochanter Spitze auf Höhe des Eintrittspunktes: In diesen Situationen wird der Nagel

oft zu weit lateral in den Trochanter eingeführt mit daraus resultierender Varisierung des Kopf-Halsfragments. Ist dies eingetreten, sollte der Nagel noch einmal entfernt werden und der Eintrittspunkt nach medial mit dem Markraumpfriem erweitert werden. Anschließend wird der Nagel noch einmal unter Extension etwas weiter medial eingebracht.

- Schwieriges Auffädeln der Fraktur bei subtrochantären Ausläufern durch Dorsalisierungstendenz des distalen Femurfragmentes: Ausgleich der Fehlstellung durch manuellen Druck von unten.
- Fehlpositionierung der PFNA-Klinge im Schenkelhals: Eine kraniale oder ventrale Positionierung stellt einen Risikofaktor für eine acetabuläre Penetration dar. Primär ist zur Vermeidung dieser Komplikation eine gute Visualisierung des Kopf-Halsfragments mit dem BV essentiell. Vor Einführen des Führungsdrahtes sollte überprüft werden, ob der Nagel ausreichend distal liegt, so dass die mit dem Führungsdraht projizierte Lage der Spiralklinge sowohl in der a.-p.-, als auch in der axialen Projektion zentral im Schenkelhals liegt. Eine leicht dorsokaudale Positionierung ist tolerabel. Der Führungsdraht wird subchondral vorgeschoben. Eine Perforation durch das Acetabulum ins kleine Becken muss vermieden werden.
- Vor Einschlagen der Spiralklinge muss die freie Drehbarkeit geprüft werden. Klingen, die dabei blockieren, sind auszutauschen. Ebenso müssen Klingen, die sich nicht verriegeln lassen, ausgetauscht werden.
- Distale Verriegelung in Distraction zwischen Kopf-Halsfragment und Schaft mit der Gefahr des Verklemmens der Klinge zwischen Klingenloch und lateraler Kortikalis. Die Klinge kann nach einem „Zusammenrutschen“ dieses Teils der Fraktur nicht mehr frei gleiten und ein sekundäres Teleskopieren der intertrochantären Frakturkomponente ermöglichen: Vor Verriegelung muss der Extensionszug unbedingt nachgelassen werden.



**Abb. 23** ▲ **a** Beispiel einer reversed Fraktur. **b** Postoperative Röntgenkontrolle nach Stabilisierung mittels PFNA® und Cerclage. **c** Ausbildung einer hypotrophen Pseudarthrose auf Höhe der Cerclage 9 Monate postoperativ. **d** Postoperative Röntgenkontrolle nach Re-Osteosynthese mittels proximaler Femur-LCP und Spongiosaplastik

- Führungsdraht für die Spiralklinge nur mit Hilfe von gleichzeitigen Repositionsmanövern korrekt zu platzieren: Halten der Reposition durch

den Assistenten, um Komplikationen durch Verbiegen des Führungsdrahtes und ein Verklemmen beim Ein-

**Tab. 1** Demographische Verteilung

	Studien- patienten	Ausge- schlossene Patienten
Anzahl gesamt	313	180
Durchschnittsalter (Jahre)	80,6	81,6
weiblich/männlich	240/73	130/48
Einseitig (Prozent)	95	97
links/rechts	168/147	97/83
Anzahl 31-A2 (Prozent)	257 (82)	143 (79)
Anzahl 31-A3	58	37

**Tab. 2** Postoperative Komplikationen

Komplikationen	An- zahl	inn. 6 Mo- nate	Re- Opera- tionen
Wundinfektionen	10	10	2
Azetabuläre Penetra- tion („cutting out“)	4	3	4
Klingenmigration nach lateral	2	2	–
Klingenlockerung	2	1	–
Bruch des Nagels	1	–	–
Rotationsfehler	2	2	2
Ipsilaterale Femur- fraktur	7	6	6
Delayed-union	2	2	2
Versterben	53	39	–

inn. innerhalb.

bringen der PFNA-Klinge zu vermei-  
den.

- Rotationsfehler in der Femurschaft-  
achse bei subtrocantären Frakturen:  
Lösen der distalen Verriegelung, Re-  
position und erneute Verriegelung.  
Hierbei muss eine Generierung von  
Sollbruchstellen vermieden werden.
- Schmerzhaftes Traktusirritation vor al-  
lem bei schlanken Patienten bei ini-  
tial zu lang gewählter PFNA-Klinge  
und Teleskopieren der Schraube nach  
lateral. Eine insuffiziente Traktus-  
naht kann diesen Umstand erschwe-  
ren: Austausch der Klinge in geeig-  
neter kürzerer Länge und Traktus-  
verschluss. Eine ersatzlose Klingen-  
entfernung empfehlen wir frühestens  
eineinhalb Jahre postoperativ.
- Störung der Knochenheilung  
durch Verwendung von Cerclagen  
(**Abb. 23**): Besonders bei den re-  
versed Frakturen (a) ist die Verwen-  
dung einer (b) oder mehrerer Cer-  
clagen häufig unumgänglich, um eine

ausreichende medio-/laterale Ab-  
stützung der Fraktur zu gewährleis-  
ten und eine sekundäre Varisierung  
des Kopf-Halsfragments zu vermei-  
den. Nach ausgedehnter Freilegung  
der Frakturzone für die offene Re-  
position kommt es hierbei nicht sel-  
ten zu mehr oder weniger ausgepräg-  
ten lokalen Osteonekrosen auf Höhe  
der Cerclagen. Im dargestellten Bei-  
spiel mit Ausbildung einer hypotro-  
phen Pseudarthrose 9 Monate nach  
Primärversorgung (c) wurde eine Re-  
operation mit Nagelentfernung, Pseu-  
darthrosenresektion, Aufbohren des  
Markraums und Re-Osteosynthese  
mittels Spongiosaplastik und proxi-  
maler Femur-LCP (Synthes) erforder-  
lich (d).

Hinweise zur Vermeidung Cerclage-be-  
dingter Störungen der Frakturheilung:

- sparsamer, rationaler Einsatz von  
Cerclagen mit Beschränkung auf in-  
stabile Frakturen mit fehlender me-  
dialer Abstützung und großem Tro-  
chanter-minor-Fragment, subtro-  
chantäre Schräg-/reversed Frakturen  
und dislokationsgefährdete Trochan-  
ter-major-Fragmente
- möglichst schonende, minimal-inva-  
sive offene Reposition der Fraktur-  
zone
- Verwendung der kollinearen Reposi-  
tionszange und eines minimal-invasi-  
ven Cerclage-Systems
- Alternative Osteosyntheseformen  
zum PFNA® (z. B. DHS mit Trochan-  
terabstützplatte, proximale Femur-  
LCP) in die Operationsplanung mit  
einbeziehen

### Ergebnisse

Im Rahmen einer AO-Multizenterstudie  
an 11 europäischen Kliniken wurden zwi-  
schen April 2004 und Juni 2005 313 Pa-  
tienten (Durchschnittsalter 80,6 Jahre,  
77% Frauen, 23% Männer) mit 315 insta-  
bilen pertrocantären Frakturen mittels  
PFNA® operativ stabilisiert [24].

Einschlusskriterien waren eine defi-  
nitive Stabilisierung mit PFNA® inner-  
halb von 7 Tagen nach dem Unfall, Ein-  
willigung zur Teilnahme an den geplan-  
ten Nachkontrollen, so wie eine vorlie-

gende schriftliche Einverständniserklä-  
rung zur Operation. Ausschlusskrite-  
rien stellten eine fehlende Einverständ-  
niserklärung, liegendes Osteosynthese-  
material in der betroffenen Hüfte und/  
oder dem betroffenen Oberschenkel, so  
wie eine vorbestehende Teilnahme an an-  
deren klinischen Studien dar. Allgemei-  
ne Patientendaten, Unfalldaten, Begleit-  
verletzungen und Frakturcharakteristika  
wurden dokumentiert. Zur Auswer-  
tung herangezogen wurden die radiolo-  
gischen Unfalldaten, so wie die postope-  
rativen radiologischen Verlaufskontrollen  
zusammen mit der klinischen Untersu-  
chung und dem SF-12-Patientenfragebo-  
gen. Primärer Endpunkt waren intra- und  
postoperative Komplikationen, sekundä-  
re Endpunkte stellten die Operationsdau-  
er, die Röntgen-Durchleuchtungszeit und  
die Anwenderfreundlichkeit des Implan-  
tates dar. Die Länge des Krankenhausauf-  
enthaltes, postoperative Schmerzen und  
Gehfähigkeit gemäß dem „Parker-Mobi-  
lity“-Score und die Rückkehr in die vor  
dem Unfall gewohnte Umgebung wurden  
als finale Endpunkte zur Bewertung her-  
angezogen.

Bei 82% handelte es sich um 31-A2-  
Frakturen, bei 18% um 31-A3-Frakturen  
(**Tab 1**). Innerhalb von 72 h konnten  
96% aller pertrocantären Femurfrak-  
turen operiert werden, davon 95% auf dem  
Repositionstisch. Die durchschnittliche  
Operationszeit betrug 56 min für die A2-  
Frakturen und 66 min für die A3-Frak-  
turen.

Die Operation selbst wurde in 75% als  
einfach beschrieben. In 46 Fällen kam es  
zum Auftreten von intraoperativen Pro-  
blemen, wobei es sich bei 39 um techni-  
sche Probleme wie falsche Längenmes-  
sung oder Dislokation der Fraktur hand-  
elte. Lediglich in 2 Fällen musste die Klinge  
in einer Re-Operation gegen die korrek-  
te Länge ausgetauscht werden. Fehlstel-  
lungen um mehr als 5° in der Rotations-  
achse und Ante-/Retroversionsfehler zeig-  
ten sich in 0,7% bzw. 0,3% der postope-  
rativen Röntgenkontrollen. Eine Varus-  
fehlstellung des Kopf-Halsfragments um  
mehr als 5° fand sich bei 6,5%. Ein direkter  
Zusammenhang zu Früh- oder Spätkom-  
plikationen fand sich aufgrund dieser Ab-  
weichungen nicht. In 2 Patienten bedurft-  
en Rotationsfehler einer operativen Re-

vision. Die Durchschnittliche Liegedauer betrug 12 Tage, wobei 90% der Patienten einer stationären Anschlussbehandlung oder einer Nachbetreuung durch eine ambulante Pflegeeinrichtung benötigten. Unmittelbare postoperative Vollbelastung konnte bei 72% der Patienten erreicht werden. In den restlichen 28% verhinderten muskuloskelettale Begleitverletzungen und/oder neurologische Nebendiagnosen die Vollbelastung. Insgesamt wurden 165 Komplikationen berichtet, wovon 117 nicht Implantatbezogen waren (Tod n=58; Harnwegs-/pulmonaler Infekt n=28; zusätzliche Fraktur nach Sturz n=12; Tumorerleiden, Schlaganfall, thromboembolische Ereignisse n=3).

Die 46 operationsbedingten Komplikationen resultierten in 28 ungeplanten Re-Operationen (■ **Tab 2**). Darunter fanden sich 4 azetabuläre Penetrationen („cutting out“), 3 davon in Zusammenhang mit einem Sturz auf die operierte Hüfte, sowieso wie 7 ipsilaterale Schaftfrakturen als die schwerwiegendsten Komplikationen. Bei 175 Patienten (177 Frakturen) konnte über ein ganzes Jahr nachkontrolliert werden. 18,5% der Patienten waren zwischenzeitlich aus operationsunabhängigen Gründen verstorben. 80 weitere Patienten konnten nicht kontaktiert werden oder lehnten weitere Nachkontrollen ab. Nach einem Jahr waren 89% der Frakturen konsolidiert. 56% erreichten im „Parker Mobility“-Score die vor dem Trauma bestehende Mobilität, während weitere 12% sich postoperativ um lediglich einen Punkt verschlechterten. Die höchsten Komplikationsraten wiesen Frakturen der Morphologie 31-A2.3 sowie Patienten älter als 90 Jahre auf (■ **Tab 2**).

Die operative Behandlung per- und subtrochantärer Femurfrakturen stellt eine unverändert schwierige Herausforderung dar. Bei den häufigen instabilen Frakturen haben sich die intramedullären Kraftträger bewährt [4], wobei Schaftfrakturen und die azetabuläre Penetration („cutting out“) nach wie vor die schwersten Komplikationen mit Folgeeingriffen bis zum prothetischen Ersatz darstellen. Durch Erhöhung der intraspongiosen Kontaktfläche mit einer Spiralklinge anstelle der üblichen Schenkelhalsschraube lässt sich biomechanisch eine verbesserte Stabilität gerade in osteoporotischen Kno-

chen und eine erhöhte „cutting out“-Resistenz des neuen PFNA® nachweisen. In der vorliegenden Studie zeigte der PFNA® eine mit den Resultaten anderer intra- und extramedullärer Implantate vergleichbare Anzahl operationsbedingter Komplikationen (14,6%) [22]. Die iatrogenen Femurfrakturen liegen mit 2,2% im unteren Drittel, allerdings deutlich höher im Vergleich zum Vorgängermodell PFN [23]. Die Autoren führen dies möglicherweise auf eine relative Überlänge des 240-mm-Standard-PFNA® bei kleinen Patienten zurück. Andere Arbeiten aus Südostasien unterstützen diese Hypothese [10, 16]. Die „cutting out“-Rate liegt mit 1,2% verhältnismäßig niedrig. Das Problem der zentralen Penetration in das Acetabulum kann allerdings auch beim PFN-Nachfolger nicht vollkommen ausgemerzt werden, auch wenn die Autoren in drei der vier Fälle eher einen direkten Sturz auf die operierte Hüfte als eine zyklische Überbelastung dafür verantwortlich machen. Ob durch Verwendung einer Spiralklinge diese Komplikation wirklich reduziert werden kann, bleibt letztendlich auch in dieser klinischen Studie offen. Die vorliegende Arbeit legt Ergebnisse einer Multicenterstudie aus einem kurzen Zeitraum an einer großen Zahl von Kliniken zugrunde. Kritisch betrachtet werden muss dabei die hohe Zahl an ausgeschlossenen Patienten. Von 542 verfügbaren Patienten wurden letztendlich nur 313 (57,7%) in die Studie eingeschlossen. Eine gewisse Verzerrung im Patientenkollektiv kann daher nicht ausgeschlossen werden, wenngleich die demographische Verteilung (■ **Tab 1**) keine relevanten Unterschiede aufweist. Nur 56% der Patienten konnten nach einem Jahr nachuntersucht werden. Insgesamt wurden 165 Komplikationen dokumentiert, davon 46 operationsbedingt. 18,5% der Patienten verstarben innerhalb des ersten Jahres nach Operation und allein 80 Patienten konnten nicht zur Jahreskontrolle aufgebeten werden. Wenngleich diese Zahlen den klinischen Alltag repräsentieren, muss die Aussage zu den operationsbedingten Komplikationen dadurch möglicherweise relativiert werden.

Der PFNA® ist ein geeignetes Implantat zur Versorgung per- und subtrochantärer Femurfrakturen. Eine Überlegenheit gegenüber anderen intramedullären Im-

plantaten lässt sich allerdings zum jetzigen Zeitpunkt aus der aktuellen Literatur [16, 24, 28] nicht belegen.

## Korrespondenzadresse

**PD Dr. N. Suhm**  
 Universitätsspital Basel  
 Spitalstr. 21, 4031 Basel  
 Schweiz  
 SuhmN@uhbs.ch

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Adams CI, Robinson CM, Court-Brown CM et al (2001) Prospective randomized controlled trial of an intramedullary nail versus dynamic screw and plate for intertrochanteric fractures of the femur. *J Orthop Trauma* 15:394–400
- Al-Munajjed AA, Hammer J, Mayr E et al (2008) Biomechanical characterisation of osteosyntheses for proximal femur fractures: helical blade versus screw. *Stud Health Technol Inform* 133:1–10
- Barquet A, Francescoli L, Rienzi D et al (2000) Intertrochanteric-subtrochanteric fractures: treatment with the long gamma nail. *J Orthop Trauma* 14:324–328
- David A, Heyde D von der, Pommer A (2000) Therapeutic possibilities in trochanteric fractures. *Safe – fast – stable*. *Orthopäde* 29:294–301
- Dora C, Leunig M, Beck M et al (2001) Entry point soft tissue damage in antegrade femoral nailing: a cadaver study. *J Orthop Trauma* 15:488–493
- Edwards C, Counsell A, Boulton C et al (2008) Early infection after hip fracture surgery: risk factors, costs and outcome. *J Bone Joint Surg Br* 90:770–777
- Gausepohl T, Pennig D, Koebeke J et al (2002) Antegrade femoral nailing: an anatomical determination of the correct entry point. *Injury* 33:701–705
- Gautier E, Ganz K, Krugel N et al (2000) Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br* 82:679–683
- Geerts WH, Bergqvist D, Pineo GF et al (2008) Prevention of venous thromboembolism: american college of chest physicians evidence-based clinical practice guidelines 8. Aufl. *Chest* 133:381S–453S
- Hwang JH, Oh JK, Han SH et al (2008) Mismatch between PFNa and medullary canal causing difficulty in nailing of the pertrochanteric fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 128:1443–1446
- Ito K, Hungerbühler R, Wahl D et al (2001) Improved intramedullary nail interlocking in osteoporotic bone. *J Orthop Trauma* 15:192–196
- Klinger HM, Baums MH, Eckert M et al (2005) A comparative study of unstable per- and intertrochanteric femoral fractures treated with dynamic hip screw (DHS) and trochanteric butt-press plate vs. proximal femoral nail (PFN). *Zentralbl Chir* 130:301–306
- Kummer FJ, Olsson O, Pearlman CA et al (1998) Intramedullary versus extramedullary fixation of subtrochanteric fractures. A biomechanical study. *Acta Orthop Scand* 69:580–584
- Lindskog DM, Baumgaertner MR (2004) Unstable intertrochanteric hip fractures in the elderly. *J Am Acad Orthop Surg* 12:179–190

15. Menezes DF, Gamulin A, Noesberger B (2005) Is the proximal femoral nail a suitable implant for treatment of all trochanteric fractures? *Clin Orthop Relat Res* 439:221–227
16. Mereddy P, Kamath S, Ramakrishnan M et al (2009) The AO/ASIF proximal femoral nail antirotation (PFNA): a new design for the treatment of unstable proximal femoral fractures. *Injury* 40:428–432
17. Miedel R, Ponzer S, Tornkvist H et al (2005) The standard gamma nail or the Medoff sliding plate for unstable trochanteric and subtrochanteric fractures. A randomised, controlled trial. *J Bone Joint Surg Br* 87:68–75
18. Nuber S, Schonweiss T, Ruter A (2003) Stabilisation of unstable trochanteric femoral fractures. Dynamic hip screw (DHS) with trochanteric stabilisation plate vs. proximal femur nail (PFN). *Unfallchirurg* 106:39–47
19. Pajarinen J, Lindahl J, Michelsson O et al (2005) Pertrochanteric femoral fractures treated with a dynamic hip screw or a proximal femoral nail. A randomised study comparing post-operative rehabilitation. *J Bone Joint Surg Br* 87:76–81
20. Parker MJ, Handoll HH (2008) Gamma and other cephalocondylic intramedullary nails versus extramedullary implants for extracapsular hip fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* CD000093
21. Rae HC, Harris IA, McEvoy L et al (2007) Delay to surgery and mortality after hip fracture. *ANZ J Surg* 77:889–891
22. Schipper IB, Marti RK, Werken C van der (2004) Unstable trochanteric femoral fractures: extramedullary or intramedullary fixation. Review of literature. *Injury* 35:142–151
23. Simmermacher RK, Bosch AM, Werken C van der (1999) The AO/ASIF-proximal femoral nail (PFN): a new device for the treatment of unstable proximal femoral fractures. *Injury* 30:327–332
24. Simmermacher RK, Ljungqvist J, Bail H et al (2008) The new proximal femoral nail antirotation (PFNA) in daily practice: results of a multicentre clinical study. *Injury* 39:932–939
25. Strauss E, Frank J, Lee J et al (2006) Helical blade versus sliding hip screw for treatment of unstable intertrochanteric hip fractures: a biomechanical evaluation. *Injury* 37:984–989
26. Suhm N, Lamy O, Lippuner K (2008) Management of fragility fractures in Switzerland: results of a nationwide survey. *Swiss Med Wkly* 138:674–683
27. Doorn R van, Stapert JW (2000) The long gamma nail in the treatment of 329 subtrochanteric fractures with major extension into the femoral shaft. *Eur J Surg* 166:240–246
28. Xu Y, Geng D, Yang H (2010) Treatment of unstable proximal femoral fractures: comparison of the proximal femoral nail antirotation and gamma nail 3. *Orthopedics* 33(7):473

## EFORT 2012

### Die Europäische Orthopädie und Unfallchirurgie kommt nach Deutschland

Der EFORT Kongress ist der größte internationale Kongress für Orthopäden und Unfallchirurgen in Europa und zieht mittlerweile Teilnehmer aus über 90 Ländern an. Zum zweiten Mal nach 1995 wird nun im nächsten Jahr der Jahreskongress in Deutschland stattfinden: vom 23. bis 25. Mai 2012 lädt EFORT nach Berlin ein und die Teilnehmer erwartet ein hochkarätiges wissenschaftliches Programm. Es sind mehr als 3.900 Abstracts eingereicht worden, eine neue Rekordzahl in der Geschichte der europäischen Gesellschaft.

Aufgrund der UN Dekade für Verkehrssicherheit wird ein Schwerpunktthema die Behandlung von Verletzungen und Verletzungsfolgen sein, ein zweites aufgrund des European Year for Active Aging 2012 die Behandlung der degenerativen Erkrankungen der Halts- und Bewegungsorgane.

Dieser Kongress erlaubt in einer einzigartigen Art und Weise die gesamte Breite des Faches zu erfahren, gewürzt durch unterschiedliche länderspezifische Ansichten und internationale Experten der Spitzenklasse.

Beliebte und bewährte Formate wie Symposia und Instructional Lectures (IL) werden durch interaktive Formate wie z.B. Controversial Case Discussions (CCD) und Expert Meet Experts (ExME) Sessions ergänzt. Neue Formate, wie etwa Crossfire Sessions, bei denen zwei gegensätzliche Ansätze zur Problemlösung vorgestellt und diskutiert werden, erlauben kontroverse Diskussionen über unterschiedliche Philosophien mit Meinungen aus verschiedenen Ländern. EFORT's Specialty Societies haben Sitzungen zu verschiedenen Schwerpunktthemen vorbereitet, in denen ausgewiesene Experten ihre Erfahrung mitteilen.

Der eintägige Comprehensive Review Course (CRC) richtet sich vorwiegend an jüngere Kollegen und erlaubt einen kompetenten Überblick über das gesamte Fach an einem Tag.

Wir freuen uns darauf mit Ihnen die internationalen Gäste in der deutschen Hauptstadt begrüßen zu dürfen, die für viele ausländische Kollegen eine besondere Anziehungs-

kraft hat. Wir sind überzeugt, dass es auch für die deutschen Orthopäden und Unfallchirurgen eine einmalige Möglichkeit ist, sich in diesem Rahmen fortzubilden und zudem mit internationalen Ansichten auseinandersetzen zu können.

Als EFORTs Kongresspräsidenten und Organisationsteam freuen wir uns, Sie im Mai 2012 in Berlin begrüßen zu dürfen. Sie finden alle weiteren Informationen auf <http://www.efort.org/berlin2012/>.

Prof. Dieter C. Wirtz und Prof. Karsten E. Dreinhöfer  
Dreinhöfer mit Florian Gebhardt, Ulrich Stöckle, Karl-Dieter Heller und Klaus-Peter Günther