

Unfallchirurg 2004 · 107:961–964  
 DOI 10.1007/s00113-004-0843-6  
 Online publiziert: 24. September 2004  
 © Springer Medizin Verlag 2004

#### Rubrikherausgeber

Prof. Dr. D. Nast-Kolb · Essen  
 Prof. Dr. T. Mittlmeier, Rostock  
 Prof. Dr. H. Reilmann · Braunschweig

Die Beiträge der Rubrik „Weiterbildung · Zertifizierte Fortbildung“ sollen dem Facharzt als Repetitorium dienen und dem Wissensstand der Facharztprüfung für den Arzt in Weiterbildung entsprechen. Die Rubrik beschränkt sich auf gesicherte Aussagen zum Thema.

S. Hankemeier · H. C. Pape · M. Jagodzinski · C. Krettek  
 Unfallchirurgische Klinik, Medizinische Hochschule Hannover

# Operative Technik der Kallusdistraction

**In dieser Übersicht werden die operationstechnischen Prinzipien des Femursegmenttransports mittels Monorail-Verfahren sowie der Femurverlängerung mit einem Verlängerungsnagel anhand von klinischen Beispielen dargestellt.**

## Femursegmenttransport mit Monorail-Technik

Vor der Segmentresektion wird zur temporären Fixation der Hauptfragmente ein monolateraler Fixateur externe angebracht, um während der Operation Länge, Rotation und Achse der Hauptfragmente zu erhalten. Die Schanz-Schrauben werden außerhalb des Markraums z. B. von ventral am medialen Femurkondylus und in der Trochanterregion platziert, um den Zugang des Marknagels nicht zu verlegen. Die Wahl des Zugangs zur Segmentresektion wird von der Ausgangssituation beeinflusst (Infekt, Weichteile, Tumor). Vorzugsweise erfolgt die Resektion über einen lateralen Zugang (■ **Abb. 1a, b**).

## Transportsegment

Die Osteotomie erfolgt über eine 1–2 cm lange longitudinale Inzision am lateralen Femur oder über den vorgegebenen Zugang durch fächerförmige quere Anbohrungen und anschließender Durchtrennung mit einem scharfen Osteotom (■ **Abb. 1c**; [4]). Durch diese Technik wird die Hitzeinwirkung auf den Knochen minimiert. Die Länge des Transportsegments sollte 4 cm nicht unterschreiten.

## Marknagelung

Nun wird – je nach Lokalisation des Defekts – ein antegrader oder retrograder Marknagel in konventioneller Weise implantiert. Je nach Weite des Markraumes und Vorgeschichte kann der Markraum mit flexiblen Bohrwellen aufgebohrt werden. Retrograde Marknägel werden vor allem bei kurzen distalen Segmenten eingesetzt. Das Zentrum des Eintrittspunkts eines retrograden Marknagels liegt 1 cm ventral der Blumensaat-Linie mittig zwischen den Femurkondylen. Zur antegraden Marknagelung wird exakt in Verlängerung des Markraums im Bereich der lateralen Wand der Fossa piriformis eingegangen.

Da sich beim Segmenttransport die Gesamtlänge des Femurs nicht ändert, wird der Marknagel ► **primär statisch verriegelt**. (Anmerkung: Zur Femurverlängerung in Monorail-Technik würde nach Abschluss der Verlängerung die statische Verriegelung vor Abnahme des Transportfixateurs erfolgen.) Solide Marknägel weisen den Vorteil auf, dass sich Infektionen nicht innerhalb des Marknagels ausbreiten können. Um einen störungsfreien Transport zu ermöglichen, sollte der Durchmesser des Marknagels 1,5–2 mm kleiner sein als der des Markraums.

Biologisch schonende  
 Osteotomietechnik

Implantation eines ante- bzw.  
 retrograden Marknagels

### ► Primäre statische Verriegelung

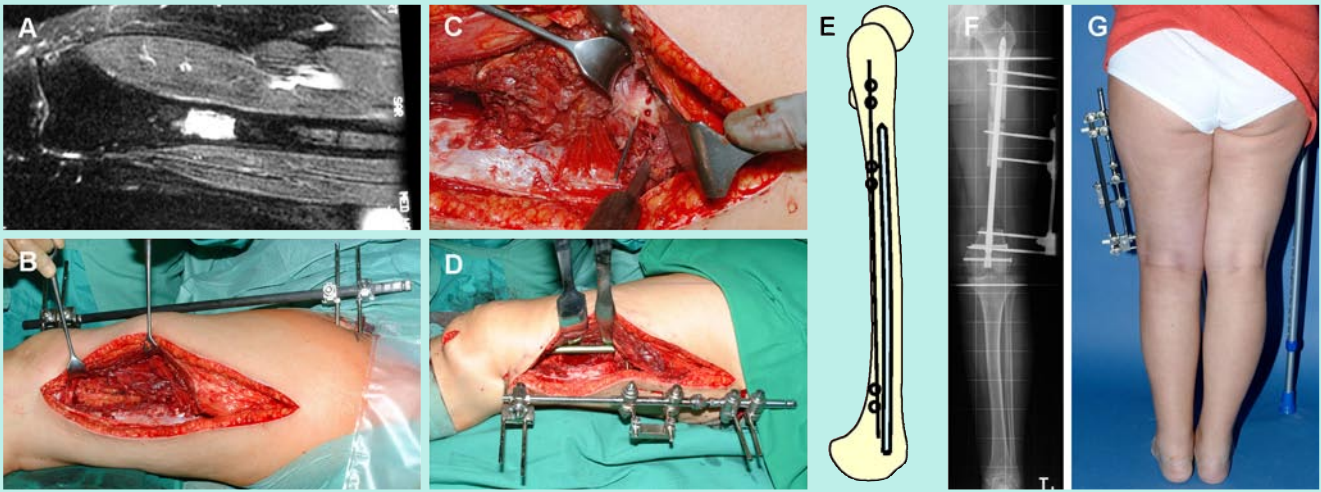


Abb. 1a–g ▲ Femursegmenttransport mit der Monorail-Technik nach Knochentumorresektion. a MRT einer 48-jährigen Patientin mit einer histologisch gesicherten solitären Metastase eines Mammakarzinoms des linken Femur und Zustand nach Radiatio der Metastase am Femur. Entschluss zur weiten Tumorresektion und Rekonstruktion mittels Segmenttransport bei zunehmender Beschwerdesymptomatik. b Anlage eines temporären ventromedialen Fixateur externe und weite Tumorresektion, sodass ein 11 cm langer Femursegmentdefekt entsteht. c Osteotomie des Transportsegments nach vorausgegangenem multiplen Anbohrungen. d Aufgrund des kurzen distalen Fragmentes Implantation eines unaufgebohrten distalen Femurnagels sowie Anlage eines monolateralen Transportfixateurs. e Platzierung des Transportfixateurs dorsal des Marknagels. f Die postoperative Beinachsenaufnahme zeigt korrekte Achsenverhältnisse. g Klinischer Befund während des Transports



Abb. 2a–c ◀ Weiterer Verlauf bei der Patientin aus ▣ Abb. 1. a Radiologische Verlaufskontrolle 7 Wochen nach Distraktionsbeginn. b Docking-Manöver 15 Wochen nach Transportbeginn. Zur Erhöhung des Patientenkomforts und zur Stimulation der Knochenheilung an der Docking-Stelle erfolgt eine Osteosynthese mit einer winkelstabilen T-Platte, das Anfrischen der Knochenenden, eine autologe Spongiosaplastik aus dem Tibiakopf sowie die Entfernung des Transportfixateurs. c Knöcherne Ausheilung 9 Monate nach Abschluss des Transportes bzw. 13 Monate nach Tumorresektion

Platzierung des monolateralen Fixateur externe streng parallel zum Marknagel.

Zwischen Schanzschrauben und Marknagel sollte kein direkter Kontakt bestehen

Nun wird ein monolateraler Fixateur externe zum Transport des Knochensegmentes streng parallel zum Marknagel platziert (▣ Abb. 1d, e). Im Schaftbereich werden die 5 mm Schanz-Schrauben vorteilhaft septumnah an der Linea aspera von lateral/dorsolateral platziert. Am proximalen und distalen Femur bieten der Trochanter major sowie der dorsale Anteil der Femurkondylen Platz zur Insertion der Schrauben. Zwischen Schanz-Schrauben und Marknagel sollte kein direkter Kontakt bestehen, um bei Pintrakt-Infektionen das Risiko einer Infektausbreitung entlang des Markraums zu minimieren sowie um Behinderungen des Transports zu vermeiden.

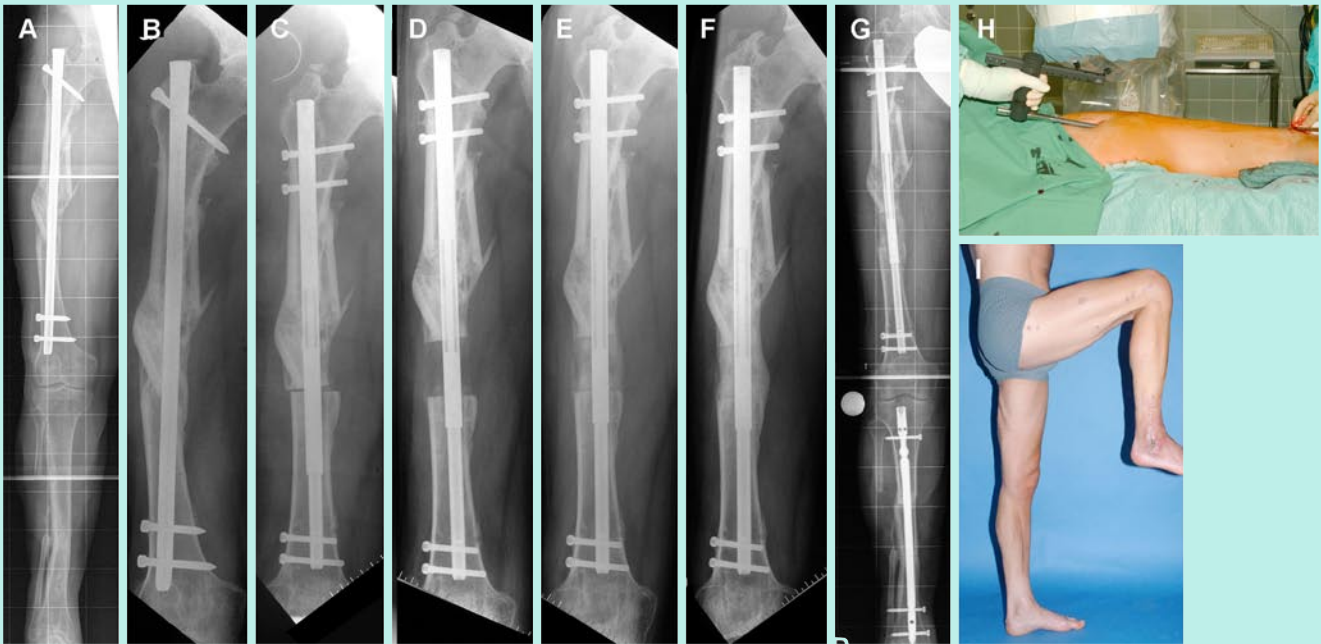


Abb. 3a–i ▲ Beinverlängerung mit einem ISKD-Verlängerungsnagel. a, b Beinachsen- bzw. Femuraufnahme eines 27-jährigen Patienten mit einer posttraumatischen Beinverkürzung von insgesamt 63 mm. Femurverkürzung von 27 mm mit 41° Außenrotationsfehlstellung und 12° Varusfehlstellung; an der Tibia bei Zustand nach Osteitis und schlechten Weichteilverhältnissen 36 mm Verkürzung mit 45° Innenrotationsfehlstellung. c Implantation eines Femur-ISKD zur Verlängerung des Femur von 40 mm mit simultaner Korrektur der Rotations- und Varusfehlstellung. An der Tibia aufgrund der Weichteilverhältnisse keine simultane Verlängerung, sondern nur Rotationskorrektur über einen unaufgebohrten Marknagel. Eine resultierende Beinlängendifferenz von 23 mm wird planmäßig toleriert und mit einer Schuhsohlenerhöhung ausgeglichen. c Postoperatives Röntgenbild. d Abschluss der Distraction (Distaktionsindex 0,9 mm/Tag). e, f Zunehmende Konsolidierung nach 6 bzw. 9 Monaten. g Beinachsenaufnahme 6 Monate postoperativ demonstriert physiologische Achsenverhältnisse. h, i Minimal-invasive Implantationstechnik des Femur-ISKD. Hervorragende Funktion nach Abschluss der Distraction. Reizlose Weichteilverhältnisse im Bereich der Stichinzisionen

Nach Montage des Fixateurs wird der Transport testweise für einige Millimeter durchgeführt, um die Funktion der Konstruktion und die Osteotomie auf Vollständigkeit zu prüfen. Anschließend wird das Segment in seine ursprüngliche Stellung zurückgeführt und der temporäre, ventromedial angelegte Fixateur entfernt. Nach 7 Tagen wird der Transport begonnen. Der Fixateur externe kann nach erfolgtem Docking nach einer minimal-invasiven Osteosynthese im Dockingbereich entfernt werden (▣ Abb. 2). Erfolgt keine Osteosynthese im Dockingbereich, muss der Fixateur bis zur sicheren Einheilung des Transportsegments im Dockingbereich verbleiben.

### Kallusdistraction des Femur mit Verlängerungsnagel

Die Implantation eines Oberschenkelverlängerungsnagels kann in Rücken- oder Seitenlage erfolgen. Die Rückenlage erleichtert eine intraoperative Beurteilung der Beinachse und ist daher bei simultaner Achsenkorrektur zu bevorzugen. Die Seitenlagerung hingegen erleichtert den Zugang zum Markraum.

Zur ► **Rotationskontrolle** werden am proximalen und distalen Femur 2 parallele 3,0-mm-Kirschner-Drähte außerhalb des Markraums eingebracht. Die Osteotomie erfolgt durch multiple Anbohrungen und anschließende Durchtrennung mit einem Osteotom oder mit Hilfe einer Gigli-Säge, welche besonders plane Knochenflächen ermöglicht [1].

Die Implantation des Verlängerungsnagels entspricht im wesentlichen der allgemeinen ► **Technik der antegraden Marknagelung** [3]. Über eine 2–3 cm lange Hautinzision wird die Fossa piriformis in Verlängerung des Markraums eröffnet. Im Unterschied zu

Nach Montage des Fixateurs wird der Transport testweise über einige Millimeter durchgeführt.

Nach 7 Tagen Beginn des Segmenttransportes

#### ► Rotationskontrolle

#### ► Technik antegrader Marknagelung

## ► Poller-Schrauben

konventionellen Marknägeln weisen Verlängerungsnägel aufgrund des internen Verlängerungsmechanismus keine Antekurvatur auf, weshalb der Eintrittspunkt in den Markraum wenige Millimeter weiter ventral im Vergleich zu konventionellen Nägeln liegen sollte. Präoperativ wird daher die Antekurvatur des Femurs radiologisch analysiert, um intraoperativen Problemen beim Einbringen des Verlängerungsnagels vorzubeugen. Fehlplatzierte Bohrkanäle und unerwünschte Nagelpositionen werden mit ► **Poller-Schrauben** blockiert [4]. Bei diskreten Fehlstellungen wird das geringe Spiel des Nagels im Knochen zur „In-situ-Korrektur“ mit Poller-Schrauben genutzt. Der Markraum des Femurs wird 2,0 mm über den Durchmesser des Verlängerungsnagels aufgebohrt, damit der Distraktionsmechanismus durch Rotationsbewegungen ausgelöst werden kann und sich nicht im Osteotomiespalt verklemmt.

Vor der Implantation des Nagels wird die Distraktionsstrecke am Nagel eingestellt. Der Verlängerungsnagel wird manuell in den Markraum eingeführt. Hammerschläge sind zu vermeiden, um den Distraktionsmechanismus nicht zu schädigen (■ **Abb. 3h**). Der Verlängerungsnagel wird zuerst distal verriegelt, um im Falle einer zu großen Distraction im Osteotomiespalt den Nagel mitsamt dem verriegelten distalen Fragment zurückziehen zu können. Idealerweise sollte der Osteotomiespalt 1–2 mm betragen, um Rotationsbewegungen zwischen dem proximalen und distalen Fragment zu ermöglichen. Vor der proximalen Verriegelung erfolgt die Überprüfung der Rotationsstellung anhand der Markierungsdrähte im proximalen und distalen Fragment.

Postoperativ wird der Patient mit einer Teilbelastung von 15 kg an 2 Unterarmgehstützen mobilisiert. Beim ISKD-Verlängerungsnagel (■ **Abb. 3**) misst der Patient mit dem externen Monitor regelmäßig die Distraktionsstrecke und modifiziert bei Bedarf sein Aktivitätsniveau oder führt bei Bedarf Rotationsbewegungen des Beines zur Komplettierung der angestrebten täglichen Distraction durch [2]. Vorteile der Verlängerungsnägel sind die Vermeidung fixateurbedingter Komplikationen (Pininfekte der Weichteile, fortgeleitete Pininfekte, durch Muskeltransfixation bedingte Bewegungseinschränkungen), Erhöhung des Patientenkomforts sowie die minimal-invasiven Weichteilinzisionen (■ **Abb. 3i**).

## Korrespondierender Autor

**Dr. S. Hankemeier**

Unfallchirurgische Klinik, Medizinische Hochschule, Carl-Neuberg-Straße 1, 30625 Hannover  
E-Mail: [hankemeier.stefan@mh-hannover.de](mailto:hankemeier.stefan@mh-hannover.de)

**Interessenkonflikt:** Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

## Literatur

1. Hankemeier S, Bastian L, Gosling T, Krettek C (2004) Principles of callus distraction. Unfallchirurg (in print)
2. Hankemeier S, Pape HC, Gosling T, Hufner T, Richter M, Krettek C (2004) Improved comfort in lower limb lengthening with the intramedullary skeletal kinetic distractor Principles and preliminary clinical experiences. Arch Orthop Trauma Surg 124: 129–133
3. Krettek C (2001) Principles of intramedullary fracture stabilization. 2. Surgical technique. Unfallchirurg 104: 749–769
4. Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, Richter M, Pape HC, Miclau T (1999) The use of Poller screws as blocking screws in stabilising tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails. J Bone Joint Surg Br 81: 963–968