

# Osteotomien des Trochanter major

**Seit der Erstbeschreibung der klassischen Trochanterosteotomie Anfang der 1970er Jahre durch Charnley [5, 6] haben sich Indikation, Osteotomie-technik und Technik der Refixierung für die Osteotomien der Trochanter-major-Region geändert. Während Charnley seine Technik ursprünglich für den Bereich der Primärendoprothetik beschrieben hat [5, 6], zeigte sich mittlerweile, dass die Trochanterosteotomien besser für die Bereiche der Revisionsendoprothetik, der gelenkerhaltenden Hüftchirurgie sowie der Traumaversorgung eignen [8, 16, 27].**

Zahlreiche Operationstechniken wurden beschrieben und verschiedene Osteosyntheseverfahren können zur Refixierung des Trochanterfragments eingesetzt werden. Die knöcherne Konsolidierung ist einerseits Grundvoraussetzung für ein gutes funktionelles Resultat, jedoch nach wie vor in einigen Fällen problematisch. Implantatbruch und -wanderung sowie die Trochanterdislokation gefährden dann das Gesamtergebnis des operativen Eingriffs.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die gängigsten Operationstechniken zu beschreiben und einen Überblick über Biomechanik und klinische Erfahrungen zu geben.

## Osteotomietechniken

Die Osteotomie des Trochanter major kann indiziert sein bei [11, 19]:

- der chirurgischen Hüftluxation,
- Revisionseingriffen mit isolierter kranialer/kraniomedialer Pfannenwanderung,

- Revisionseingriffen mit zementierten Schäften und feststehendem Zementmantel,
- aseptischen Hüft-TEP-Wechseln,
- der Versorgung von periartikulären Hüftgelenkfrakturen und
- der Entfernung von heterotopen Ossifikationen.

## „Klassische“ Trochanterosteotomie

Die klassische Trochanterosteotomie wurde Mitte der 1960er und Anfang der 1970er Jahre von Charnley entwickelt und routinemäßig bei der Implantation von zementierten Hüftendoprothesen durchgeführt [5, 6].

## Operationstechnik

Der Patient wird in Seitenlage gelagert. Nach entsprechendem chirurgischem Zugang sollte zunächst der Sattel mit einem Hohmann-Haken dargestellt werden, der am kraniodorsalen Schenkelhals platziert wird. Die durchzuführende Osteotomie wird entlang des Sulkus zwischen der lateralen Ansatzstelle des M. vastus intermedius und der Insertionsstellen der Mm. gluteus medius und minimus markiert. Dabei ist es erforderlich, die proximale Ansatzstelle des M. vastus lateralis am Tuberculum innominatum frei zu präparieren. Die Osteotomie wird mit einer oszillierenden Säge durchgeführt. Sie sollte ca. 1 cm proximal des Tuberculum innominatum begonnen und in Richtung des eingesetzten Hohmann-Hakens weitergeführt werden. Nach erfolgter Osteotomie wird das Trochanterfragment nach proximal und ventral retrahiert und die ansetzenden Fasern der kurzen Außen-

rotatoren werden abgelöst, was die weitere Fragmentmobilisation erleichtert ([19], **Abb. 1**).

Das Trochanterfragment kann mittels einer reinen Cerclagen-, einer Zuggurtungs- oder einer Schraubenosteosynthese refixiert werden. Bei einer reinen 4-Cerclagen-Osteosynthese werden 2 Drähte horizontal und 2 Drähte vertikal eingesetzt. Die Cerclagendrähte überkreuzen sich. Die horizontal verlaufenden Cerclagen sollten durch den Trochanter minor geführt werden. Die vertikal verlaufenden Cerclagen sollten ca. 2 cm distal der Osteotomiefläche eingeführt werden [19]. Bei einer Zuggurtungsosteosynthese sollten die Kirschner-Drähte die mediale Femurkortikalis nicht mehr als 1 cm überragen (**Abb. 2**). Auch bei einer Schraubenosteosynthese muss die mediale Kortikalis in voller Dicke von der Schraube erfasst werden.

## Klinische Erfahrungen

In der Originalarbeit von Charnley konnte in einem Kollektiv von 379 primären Hüftendoprothesen eine Pseudarthrosenbildung in 4,2% der Fälle und eine Rate an Cerclagenbrüchen von 7,4% beobachtet werden [6]. Jensen u. Harris [12] berichteten über 804 Fälle (725 Primär- und 79 Revisionsendoprothesen). Bei 1% der Osteotomien zeigte sich eine Pseudarthrosenbildung, während 2,3% der Primär- und 7,6% der Revisionsfälle eine verzögerte Knochenheilung hatten. Dabei wurden ein osteoporotischer Knochen, ein inadäquater Knoten der vertikal verlaufenden Cerclagen und das Platzen von Teilen des Trochanterfragments auf Knochenzement als Risikofaktoren für eine verzögerte Knochenheilung identifiziert [12].

## Verschiebeosteotomie des Trochanter (Trochanter-slide-Osteotomie)

Die Trochanter-slide-Osteotomie wurde bereits in den 1970er und 1980er Jahren durch verschiedene Autoren in jeweils leicht modifizierter Form beschrieben [19, 20].

### » Vorteile hauptsächlich im Erhalt des Ansatzes des M. vastus lateralis am Fragment

Im Vergleich zur klassischen Trochanterosteotomie sehen viele Autoren Vorteile, hauptsächlich den Erhalt des Ansatzes des M. vastus lateralis am Fragment, was protektiv gegenüber einer kranialen Wanderung des Trochanterfragments wirkt. Neben der Revisionsendoprothetik wurde die Technik auch zur Durchführung einer chirurgischen Hüftluxation unter Berücksichtigung der Hüftkopfvaskularisation und insbesondere der A. circumflexa femoris medialis weiterentwickelt [8].

### Operationstechnik

Wir verwenden die Technik wie von Ganz et al. [8] beschrieben (■ **Abb. 3**). Der Patient wird in Seitenlage gelagert. Ganz et al. [8] empfehlen die Durchführung eines Kocher-Langenbeck-Zugangs, wobei auch andere Zugänge theoretisch möglich sind. Das Bein wird nach innen rotiert und der dorsale Rand des M. gluteus medius identifiziert. Eine Mobilisation des Muskels oder die Darstellung des M. piriformis sind nicht erforderlich. Anschließend erfolgt eine Inzision vom kraniodorsalen Rand des Trochanter major bis zum proximalen dorsalen Rand des M. vastus lateralis. Die Trochanterosteotomie wird entlang dieser Inzision mit einer oszillierenden Säge durchgeführt, wobei eine Maximaldicke des Trochanterfragments von 1,5 cm eingehalten werden sollte. Proximal sollte die Osteotomie geradezu medial der hintersten Sehnenfasern des M. gluteus medius enden, damit der oberflächliche Ast der A. circumflexa femoris medialis nicht verletzt wird.

Orthopäde 2013 · 42:322–331 DOI 10.1007/s00132-012-2013-9  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

### K. Anagnostakos · D. Kohn · O. Lorbach Osteotomien des Trochanter major

#### Zusammenfassung

Mit der zunehmenden Zahl implantierter Hüftendoprothesen stieg auch die Anzahl der Revisionsoperationen. Die Trochanterosteotomie bietet sich als Zugang für die Revisionsendoprothetik an, falls mit weichteiligen Standardzugängen keine genügende Übersicht geschaffen werden kann oder falls der weichteilige Zugang mit einer Traumatisierung funktionell wichtiger Strukturen verbunden wäre. Die Trochanterosteotomien sind muskelschonende Verfahren. Sie werden deshalb auch in der Traumachirurgie und der gelenkerhaltenden Hüftchirurgie (chirurgische Hüftluxation) erfolgreich eingesetzt. Neben einer präzisen Osteotomietechnik ist die stabile Refixierung von besonderer Bedeutung, aber gleichzeitig aufgrund der hohen

auf den Trochanter major einwirkenden Muskelkräfte und der in diesem Bereich zarten Kortikalis technisch anspruchsvoll. Es existiert eine Vielzahl an Operationstechniken und Implantaten. Im vorliegenden Beitrag werden gängige traditionelle und neue Osteotomieverfahren am Trochanter major wie die „klassische“ Trochanterosteotomie nach Charnley, die Trochanterverschiebeosteotomie, die erweiterte Trochanterosteotomie und die stufenförmige Trochanterosteotomie sowie die jeweilige Refixationstechnik beschrieben.

#### Schlüsselwörter

Hüftendoprothesen · Revisionsoperationen · Trochanterosteotomie · Hüftluxation, chirurgische · Refixierung, stabile

## Osteotomy of the greater trochanter

#### Abstract

The increasing number of total hip arthroplasty procedures lead to an increasing number of revision surgeries. The trochanteric osteotomy technique is an established procedure in selected cases with the necessity of extending the usual surgical approach. Trochanteric osteotomy is also successfully performed in other areas, such as trauma surgery and joint-preserving surgery (surgical dislocation). Several techniques for trochanteric osteotomy are available employing various fixation techniques and implants. This ar-

ticle presents the most common trochanteric osteotomy techniques for extension of the surgical approach (the classical according to Charnley, the trochanter slide, the extended trochanteric, and the stepped osteotomy) as well as clinical results and biomechanical experiences.

#### Keywords

Hip arthroplasty · Revision surgery · Trochanteric osteotomy · Hip luxation, surgical · Refixation, stable

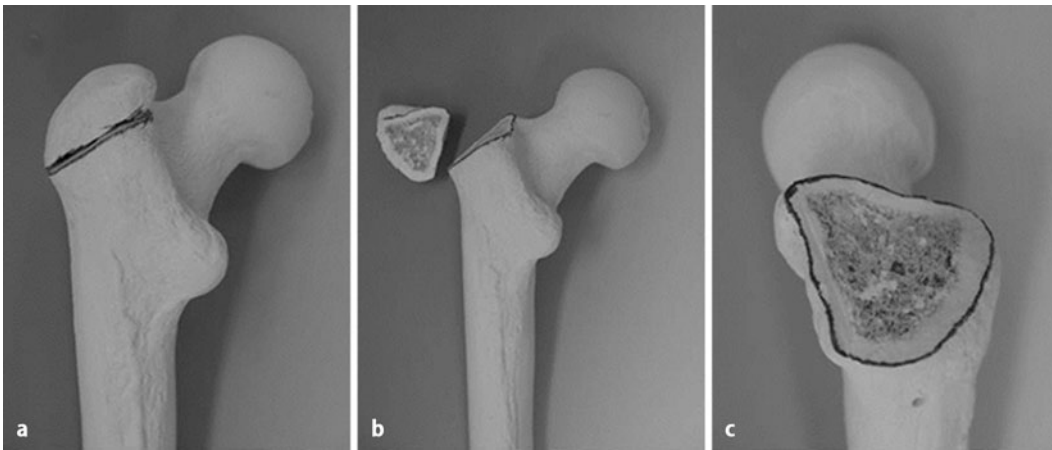
Das osteotomierte Trochanterfragment mit dem anhängenden M. vastus lateralis kann nach ventral mobilisiert werden, nachdem der dorsale Teil von der Sehne des M. gluteus medius freipräpariert wurde. Die noch weiter dorsal liegenden Fasern vom M. gluteus medius sollten ebenfalls von der Trochanterbasis abgelöst werden. Die Osteotomie ist dann exakt durchgeführt worden, wenn einzelne Fasern der Sehne des M. piriformis am Trochanterfragment inserieren. Die Fasern müssen abgelöst werden.

Nach Durchführung der jeweiligen Hüftoperation kann das Trochanterfragment je nach Knochenqualität entweder mittels zwei 3,5 mm dicken Kortikalis-schrauben, Cerclagen oder einer Kral-

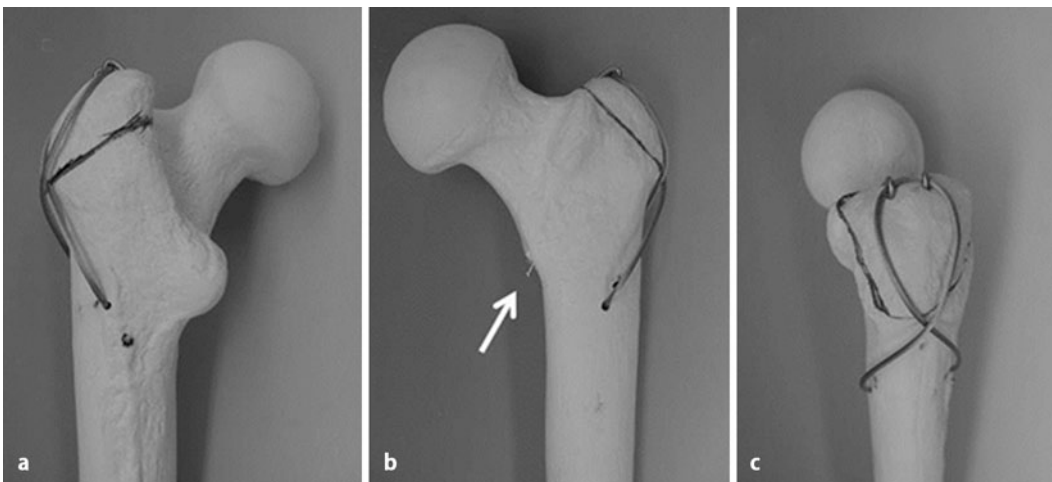
lenplatte mit Cerclagen refixiert werden (■ **Abb. 4, 5**).

### Klinische Erfahrung

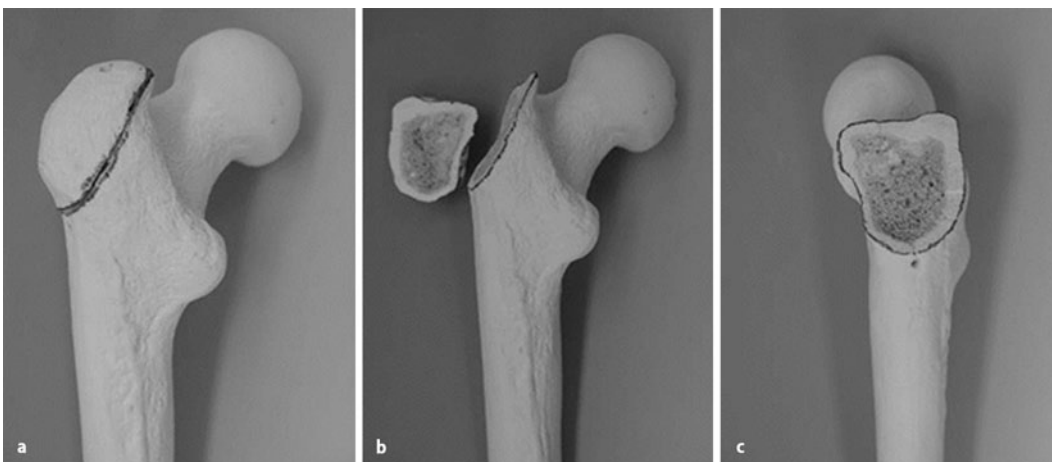
Lakstein et al. [14] evaluierten 83 Trochanter-slide-Osteotomien aus dem Bereich der Revisionsendoprothetik bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von  $62 \pm 13$  Monaten. Die Trochanterrefixation erfolgte stets mittels reiner Cerclagenosteosynthese. Die knöchernen Heilungsrate betrug 84,4%. Nicht-dislozierte Frakturen des Trochanter major konnten in 15,6% der Fälle beobachtet werden. Die Prothesenluxationsrate betrug 4,8%. Auch bei Reosteotomien des Trochanter major mittels Slide-Osteotomie zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsicht-



**Abb. 1** ◀ Klassische Trochanterostomie nach Charnley [5, 6]: Die laterale Grenze der Osteotomie liegt in Höhe des Tuberculum innominatum, **a, b** von dorsal, **c** von lateral (linkes Femur)



**Abb. 2** ◀ Refixation der klassischen Trochanterostomie mittels einer Zuggurtungsosteosynthese: Hierbei sollte beachtet werden, dass die Kirschner-Drähte die mediale Femurkortikalis nicht mehr als jeweils 1 cm überragen („Pfeil“), **a** von dorsal, **b** von ventral, **c** von lateral (linkes Femur)



**Abb. 3** ◀ Trochanter-slide-Osteotomie: Die laterale Grenze ist distal des Tuberculum innominatum, so dass am osteotomierten Fragment der Ansatz des M. vastus lateralis noch anhängt, **a, b** von dorsal, **c** von lateral (linkes Femur)

lich knöcherner Heilungsrate, Bildung einer Pseudarthrose, Abduktorenschwäche, lokalen Beschwerden und Prothesenluxationsrate im Vergleich zu einem Patientenkollektiv mit erstmaligen Slide-Osteotomien [15, 16].

In ihrer Originalpublikation haben Ganz et al. [8] diese Osteotomie bei 213 Fällen zur Durchführung einer chir-

urgischen Hüftluxation eingesetzt. Eine operative Revision des Trochanterfragments wegen ausbleibender Heilung war bei 3 Fällen erforderlich. Postoperativ klagte kein Patient über eine Schwäche der Hüftabduktoren. Eine avaskuläre Hüftkopfnekrose konnte in keinem Fall beobachtet werden. Zwei Patienten erlitten eine Neuropraxie des N. ischiadicus,

die sich innerhalb der ersten 6 postoperativen Monate komplett zurückbildete. Die Inzidenz von heterotopen Ossifikationen betrug 37%.

## Erweiterte Trochanterosteotomie

Die erweiterte Trochanterosteotomie wurde erstmalig von Wagner beschrieben [29] und später durch Younger et al. [32] populär gemacht. Diese Methode wurde ursprünglich zur Entfernung von festsitzenden Prothesenschäften entwickelt.

Durch die Erweiterung der Osteotomie unter Einbeziehung der Diaphyse werden Schaftentfernung und ggf. eine Zemententfernung erleichtert (■ **Abb. 6**).

### Operationstechnik

Der Patient wird in Seitenlage gelagert. Der M. vastus lateralis und M. vastus intermedius werden ventral der Linea aspera vom Femur abgelöst. Die genaue Länge und Breite der Osteotomie wird mit einem Stift entsprechend der präoperativen Planung markiert. Vor Durchführung des distalen Osteotomieschnittes sollte eine Cerclage 1 cm unterhalb dieser Region zur Verhütung einer möglichen Femurfraktur platziert werden.

Die Osteotomie wird mit einer oszillierenden Säge durchgeführt. Die distale Osteotomie sollte senkrecht zur Femurachse erfolgen. Die Breite der Osteotomie sollte ca. ein Drittel der Femurzirkumferenz betragen. Die weitere Ablösung des Fragments kann je nach Indikation entweder weiter mit der oszillierenden Säge oder mittels einer Hochtourenfräse durchgeführt werden, um eine Fragmentsprengung zu vermeiden, was die spätere Refixation deutlich erschweren und den Heilungsprozess beeinträchtigen würde. Die Schnittführung sollte leicht schräg sein, so dass, wenn es zu einem Knochenverlust während der Schaftexplantation kommen sollte, die Fragmentrefixation dennoch anatomisch und engsitzend stattfinden kann. Im proximalen Bereich in Höhe des Tuberculum innominatum sollte die Osteotomieebene nach medial zielen, damit der gesamte Trochanter major und nicht nur Anteil davon erfasst werden.

Nach abgeschlossener Osteotomie sollte das Fragment vorsichtig mittels geraden und gebogenen Osteotomien von der Pro-

these bzw. vom Zement abgehoben werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer Fragmentfraktur aufgrund des häufig qualitätsreduzierten Knochens kommt.

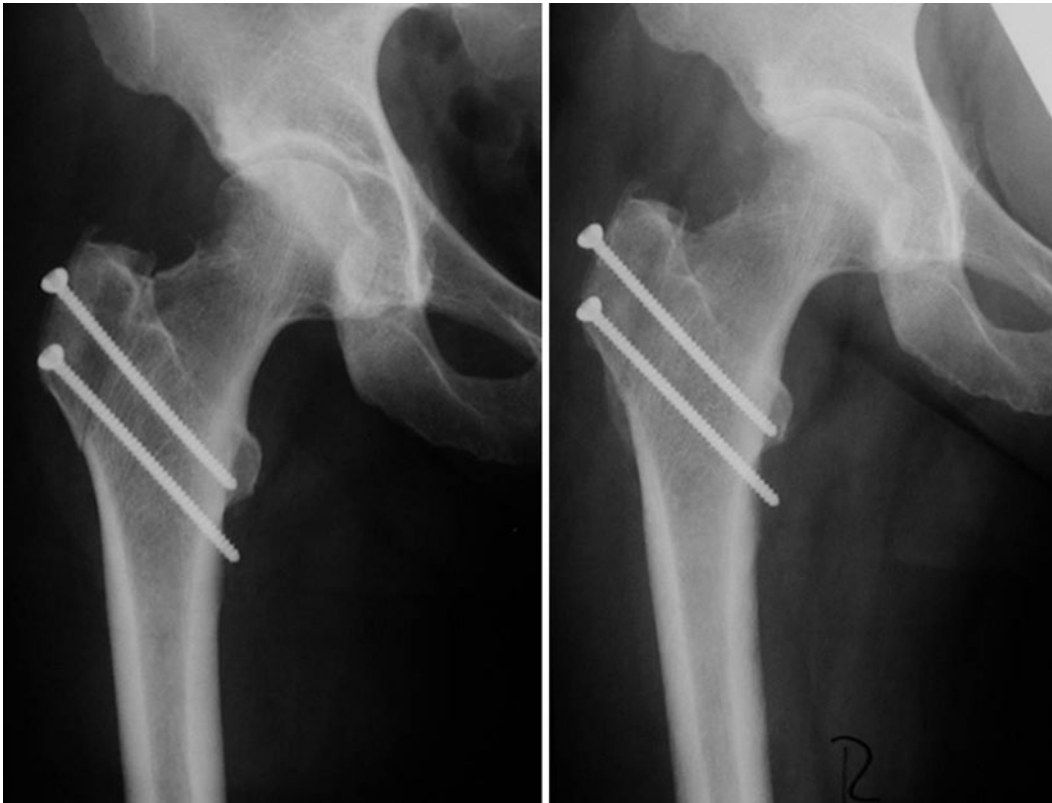
Das erweiterte Trochanterfragment kann nach durchgeführtem Schaftwechsel entweder mittels Cerclagen oder mittels einer langen Krallenplatte mit Cerclagen refixiert werden (■ **Abb. 7**). Bei einer Schaftrevision mit geplantem Wiedereinbau eines zementierten Schaftes sollte die Trochanterrefixation vor dem Einbringen des Zements erfolgen. Eine sichere Refixation erfordert, dass mindestens 2 Cerclagen distal des Trochanter minor platziert werden.

### Klinische Erfahrung

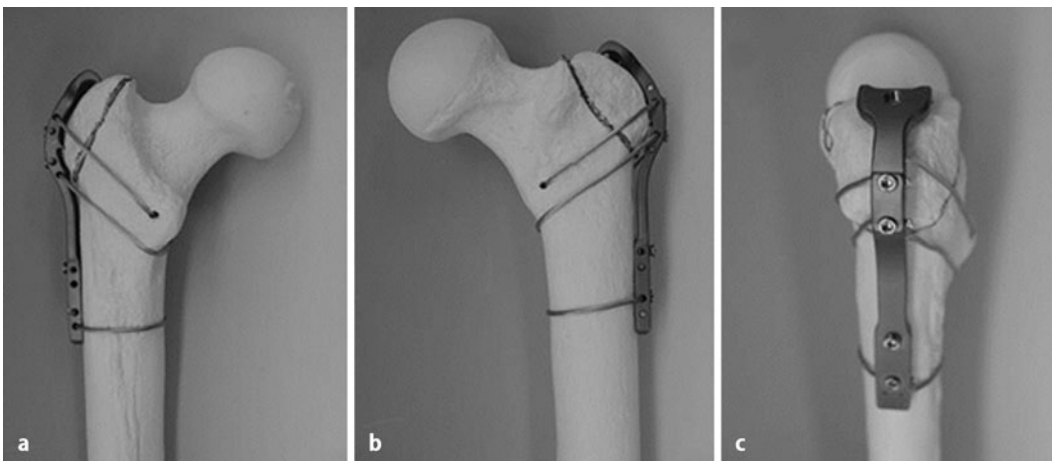
In einer retrospektiven Analyse von 20 Revisionsfällen konnten Younger et al. [32] eine abgeschlossene Knochenheilung nach 3 Monaten bei allen Fällen beobachten. Bei keinem Patienten konnte eine Fragmentmigration von >2 mm festgestellt werden. Miner et al. [21] be-

# Hier steht eine Anzeige.





**Abb. 4** ◀ Trochanter-slide-Osteotomie zur Durchführung einer chirurgischen Hüftluxation: Die Trochanterrefixation erfolgte mittels zwei 3,5-mm-Kortikalschrauben (*links*), 6 Wochen nach Operation ist das Trochanterfragment knöchern konsolidiert (*rechts*)



**Abb. 5** ◀ Refixation der Trochanter-slide-Osteotomie mittels einer kurzen Krallenplatte und Cerclagen: Zur Verhinderung einer Implantatdislokation sollte die kraniale Cerclage durch den Trochanter minor geführt und mindestens eine weitere Cerclage distal des Trochanter minor angelegt werden, **a** von dorsal, **b** von ventral, **c** von lateral (linkes Femur)

richteten über eine Pseudarthrosenrate von 1,2% bei einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 2 Jahren bei 192 Revisionsfällen.

### Trochanterstufenosteotomie

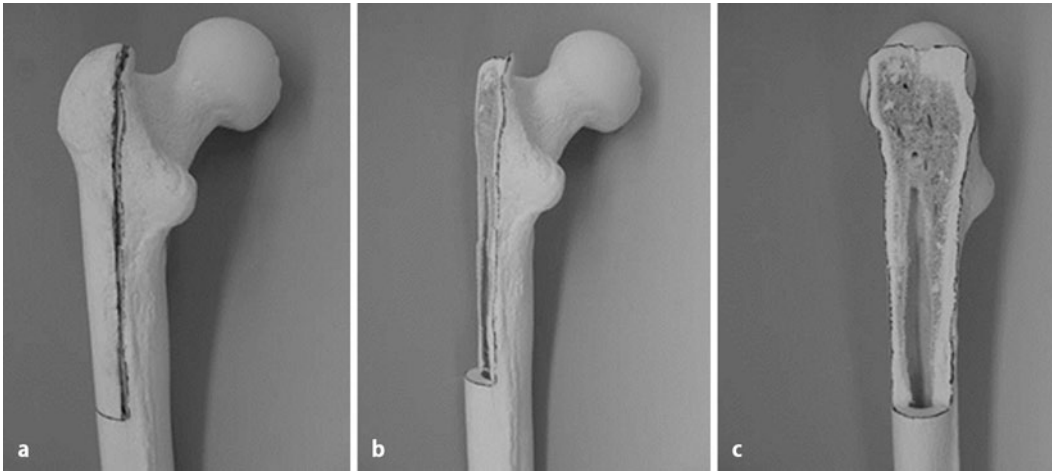
Eine Osteotomie mit flacher Auflagefläche hat ein theoretisch höheres Risiko zur Dislokation als eine stufenförmige Osteotomie [2]. Basierend auf diesem Prinzip wurde die Trochanterstufenosteotomie entwickelt ([2], **Abb. 8**).

### Operationstechnik

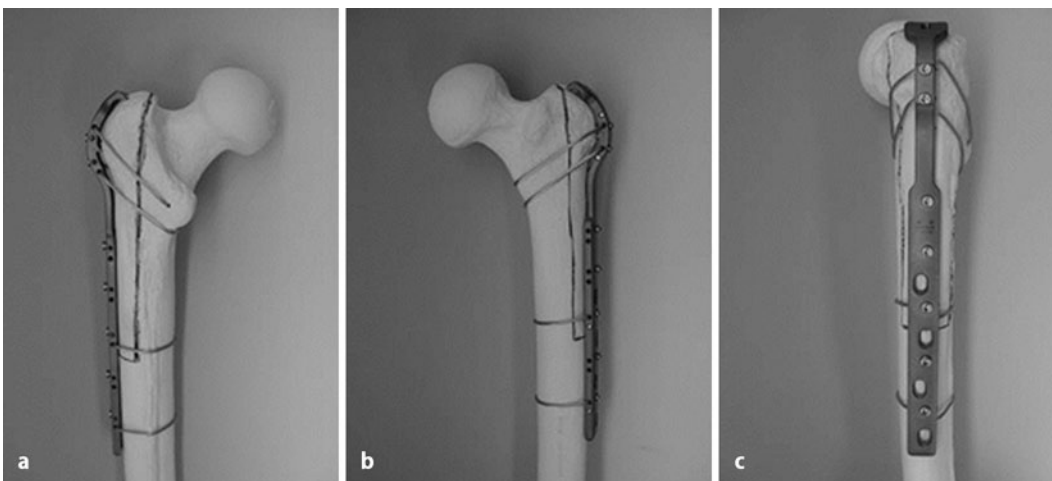
Die Lagerung des Patienten und der chirurgische Zugang sind gleich wie bei den bereits beschriebenen Osteotomietechniken. Die Ausrichtung der Osteotomie ähnelt der der Trochanter-slide-Osteotomie (Beginn am kraniodorsalen Rand des Trochanter major bis zum proximalen dorsalen Rand des M. vastus lateralis unterhalb des Tuberculum innominatum).

Die Anlage der Stufe erfolgt nach folgendem Prinzip (**Abb. 8**): Der 1. Teil

der Osteotomie wird von proximal nach distal über ca. drei Fünftel des Trochantermassivs durchgeführt. Die Richtung entspricht derjenigen einer Trochanter-slide-Osteotomie. Der 2. Teil der Osteotomie wird von distal nach proximal durchgeführt und beginnt ca. 10–15 mm distal des Tuberculum innominatum. Diese Osteotomie erfolgt parallel und nach medial versetzt zur 1. Osteotomie und endet genau in Höhe des distalen Endes der 1. Osteotomie. Der Abstand zwischen dem distalen Ende der 1. und dem proximalen Ende der 2. Osteotomie sollte 6 mm be-



**Abb. 6** ◀ Erweiterte Trochanterosteotomie: Die Länge der Osteotomie bis auf die Femurdiaphyse richtet sich nach dem einliegenden Implantat bzw. dem Zementköcher. **a, b** Von dorsal, **c** von lateral (linkes Femur)



**Abb. 7** ◀ Refixation der erweiterten Trochanterosteotomie mittels einer langen Krallenplatte mit Cerclagen (Cable ready® System, Fa. Zimmer): Im Rahmen der Refixation ist es wichtig, dass mindestens 2 Cerclagen distal des Trochanter minor diaphysär platziert werden, **a** von dorsal, **b** von ventral, **c** von lateral (linkes Femur)

tragen. Bei der Entwicklung dieser Technik hatte der Abstand 3 mm betragen und wurde später auf 6 mm vergrößert [2]. Zur Verbindung der Enden beider Osteotomien wird ein dritter, senkrechter Schnitt gemeißelt. Durch diese Stufe soll einerseits ein Widerlager gegen die kraniale Trochantermigration andererseits eine rotationsstabile Konstruktion entstehen. Nach erfolgter Hüftoperation kann das Trochanterfragment prinzipiell mittels jeder Osteosynthesetechnik refixiert werden (■ **Abb. 9**).

### Klinische Erfahrung

Bei einer Auswertung von 113 chirurgischen Hüftluxationen mittels der Trochanterstufenosteotomie konnte eine knöcherne Heilung in 97% der Fälle nach den ersten 6 postoperativen Wochen beobachtet werden [2]. Die Trochanterrefixation wurde bei allen Patienten mit-

tels zwei 3,5-mm-Kortikalisschrauben durchgeführt. Komplikationen traten ausschließlich bei Patienten mit einer Stufenhöhe von 3 mm auf. Die Inzidenz von heterotopen Ossifikationen betrug 6,2%. 76 Patienten beklagten lokale Beschwerden im weiteren Verlauf und unterzogen sich einer Implantatentfernung nach einem mittleren Zeitraum von 5 Monaten [2–18]. In 13 Fällen wurde zusätzlich eine Burssektomie durchgeführt.

### Nachbehandlung

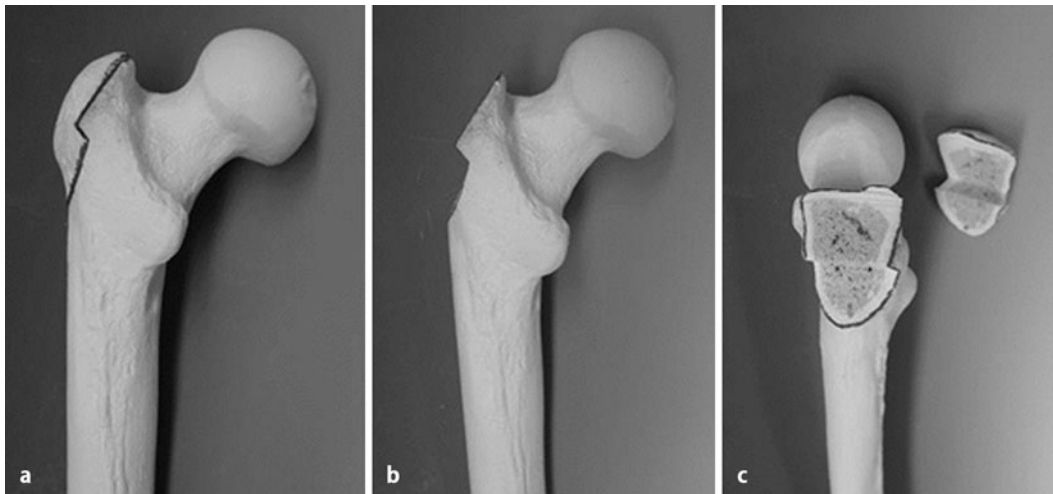
Die Nachbehandlung wird primär von der durchgeführten Hüftoperation bestimmt. Nach Trochanterosteotomie ist zusätzlich die aktive Abduktion für 8–12 Wochen zu meiden. Für denselben Zeitraum sollten 2 Gehstützen verwendet und das operierte Bein nur mit Sohlenkontakt belastet werden. Die Hüftbeugung ist auf 70° zu limitieren.

### Osteosynthesetechniken

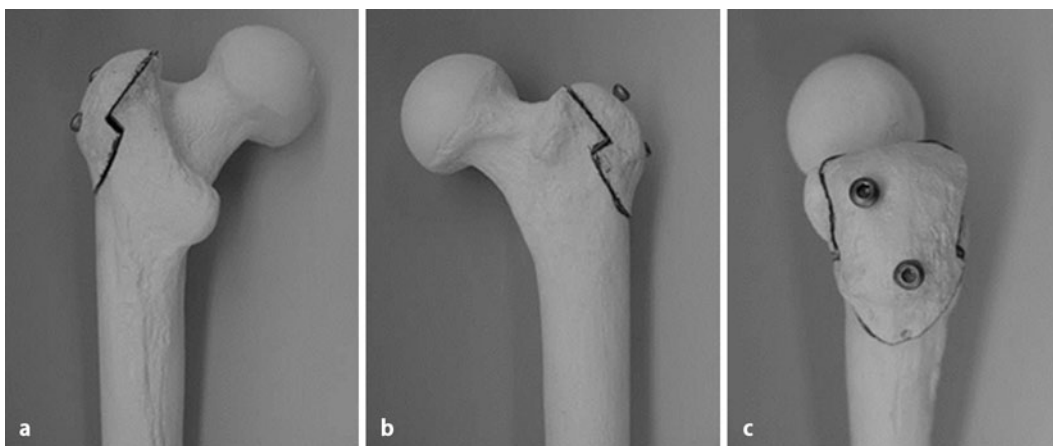
Insgesamt werden verschiedene Implantate aus 4 Generationen unterschieden [11]:

- monofilamentale Cerclagen „Drahtcerclagen“ (1. Generation),
- multifilamentale Cerclagen „Drahtseilcerclagen“ (2. Generation),
- Kabelplattensysteme (3. Generation),
- Krallenplattensysteme (4. Generation).

Die Implantate der 1. Generation wurden bei den ersten Trochanterosteotomien eingesetzt [5, 6]. Die Cerclagen der 2. Generation wurden von Dall u. Miles 1977 eingeführt [7]. Im Vergleich zu den Implantaten der 1. Generation konnte die Überlegenheit dieser Konstrukte hinsichtlich Kompressionskraft und signifikanter Reduktion der kranialen Dislokationsstrecke anhand mehrerer biomechanischen Studien gezeigt werden [17, 26].



**Abb. 8** ◀ Trochanterstufenosteotomie (s. Text): Die Ausrichtung der Osteotomie ähnelt der Trochanter-slide-Osteotomie (Beginn am kraniodorsalen Rand des Trochanter major bis zum proximalen dorsalen Rand des M. vastus lateralis unterhalb des Tuberculum innominatum), **a, b** von dorsal, **c** von lateral (linkes Femur)



**Abb. 9** ◀ Refixation der Trochanterstufenosteotomie mittels zwei 3,5-mm-Kortikalisschrauben: Die Schrauben sollten versetzt angebracht werden, damit das Risiko einer Längsspaltung und -fraktur des Trochantermassivs minimiert wird, **a** von dorsal, **b** von ventral, **c** von lateral (linkes Femur)

Auch die Entwicklung der ersten Kabelplattensystem geht auf Dall u. Miles zurück [7]. Durch die größere Auflagefläche der Platte im Vergleich zu den Drahtseilcerclagen sollte dieses Konstrukt eine stabilere Trochanterrefixation im Vergleich zu den Implantaten der 1. und 2. Generation ermöglichen, was anhand von biomechanischen Studien zunächst bestätigt werden konnte [10].

Es konnte allerdings schnell festgestellt werden, dass die Dicke, die Positionierung und die Anzahl der verwendeten Cerclagen das operative Ergebnis entscheidend beeinflussten. Bei Einsatz von 1,6 mm dicken Cerclagen beschrieben Dall u. Miles [7] eine Bruchrate von 6,2%, während der Wechsel auf 2 mm dicke Cerclagen diese Rate auf 3,1% reduzierte. Beim Durchziehen der Cerclagen durch den Knochenzement – im Fall eines zementierten Schaftes – konnten Bruchraten von 22% [28] bis 32,5% [23] beobachtet werden. McCarthy et al. [18] zeigt

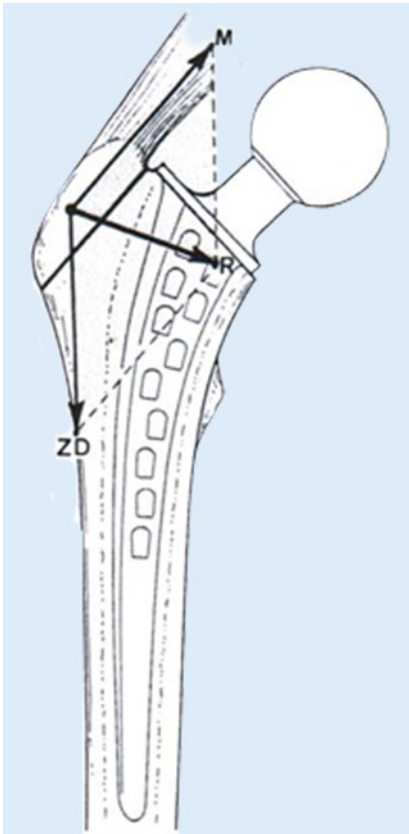
ten, dass posterolateral positionierte Cerclagen ca. 23-mal häufiger als anteromedial gelegene brachen. Bei Verwendung einer 1,6 mm dicken Cerclage kam es zu einer Pseudarthrosenrate von 5,4%, während diese Rate auf 4,8 bzw. 1,5% beim Einsatz von 2×1,6 bzw. 2×2,0 mm dicken Cerclagen sank [7].

» Die Dicke, die Positionierung und die Anzahl der verwendeten Cerclagen beeinflussen das operative Ergebnis

Trotz der insgesamt besseren klinischen Resultate im Vergleich zu den Implantaten der ersten beiden Generationen wurden frühzeitig Kontraindikationen für die Verwendung dieses Systems erkannt [11]. Bei einer Freilegung des osteotomierten Trochanterfragments aus den umgebenden Weichteilen besteht die Gefahr einer kritischen Minderdurchblutung und so-

mit der sekundären Nekrose und Fraktur. Falls die mediale Femurkortikalis distal des Trochanter minor nicht intakt ist, kann keine adäquate Implantatfixierung erfolgen. Bei Verwendung zementfreier Endoprothesen in Kombination mit einem medialen Knochendefekt sollten die Cerclagen dem Prothesenschaft nicht aufliegen, denn dadurch könnten metallische Abriebpartikel entstehen.

Die Implantate der 4. Generation sollen über verschiedene theoretische Vorteile im Vergleich zu ihren Vorgängern verfügen. Das Angebot von Platten verschiedener Längen ermöglicht einerseits die adäquate Trochanterrefixation sogar bei einer erweiterten Osteotomie, andererseits wird das Risiko einer Trochantermigration oder -rotation durch die Platzierung von Cerclagen distal des Trochanter minor gesenkt. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit des wiederholten Nachspannens der Drahtseile bis zum Erreichen einer adäquaten Spannung. Al-



**Abb. 10** ▲ Biomechanik der Trochanter-major-Fixation (*M* Muskelkraft, *ZD* Zuggurtungskraft des Drahts, *R* resultierende Druckkraft auf die Osteotomieebene). (Aus [30])

lerdings können diese recht voluminösen Implantate lokal stören. Bei kleinen, fragilen oder osteoporotischen Trochanterfragmenten kann sich auch die korrekte Platzierung als schwierig erweisen und es kann zu einer Fraktur während der Implantatbefestigung kommen. In der Regel ist eine ausgedehntere Weichteilpräparation im Vergleich zu anderen Implantaten erforderlich. Ein weiterer Nachteil liegt in den höheren Materialkosten.

➤ **Ziel jeder Fixierungstechnik und jedes Implantats sollte die stabile und rigide Fragmentrefixation sein.**

Anatomische Kenntnisse und biomechanisches Verständnis der Region sind unabdingbare Voraussetzungen für ein erfolgreiches klinisches und komplikationsarmes Ergebnis (■ **Abb. 10, 11**).

Charnley [5, 6] konnte zeigen, dass bei der Hüftflexion die Abduktoren zunächst Scherkräfte bewirken und die nach proximal gerichteten Kraftvektoren erst sekun-

där auftreten. Diese Scherkräfte können größer als das 4fache des Körpergewichts sein und treten beim Treppensteigen oder beim Aufstehen von einem Stuhl auf [11].

Insgesamt gestaltet sich die Analyse der vorhandenen Literatur für alle Osteotomieverfahren schwierig. Die meisten Studien stammen aus den Zentren, welche die jeweilige Operationstechnik oder das jeweilige Implantat entwickelt haben [2, 5–8, 20, 29, 30]. Es existiert keine Studie, die unabhängig von diesen Variablen klinische und radiologische Resultate zwischen verschiedenen Operationsmethoden und Fixierungstechniken suffizient miteinander vergleicht.

### Vergleich verschiedener Implantate bei gleicher Osteotomietechnik

Plausinis et al. [22] untersuchten das biomechanische Verhalten nach Trochanter-slide-Osteotomie, die entweder mittels eines Cable-Grip®-Systems oder dicken Ethibond®-Fäden fixiert wurde. Bei zyklischer Belastung mit Scherkräften von 75% des Körpergewichts und Kompressionskräften zwischen 25 und 100% des Körpergewichts zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Verfahren weder in der koronaren noch der axialen Richtung.

Schwab et al. [25] verglichen die biomechanischen Ergebnisse von 2 Fixierungstechniken (2- vs. 3-Cerclagen-Fixierung) nach erweiterter Trochanterosteotomie in vitro. Zwischen beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich erreichter Maximalkraft, Biegesteifheit, und kranialer oder transversaler Dislokationsstrecke gefunden werden.

In einer retrospektiven klinischen Vergleichsstudie von 58 Patienten konnten Barrack u. Butler [1] die niedrigste Inzidenzrate von Cerclagenbrüchen und Pseudarthrosenbildung bei den Implantaten der 4. im Vergleich zu solchen der ersten drei Generationen feststellen.

### Vergleich verschiedener Osteotomietechniken bei gleichem Implantat

Schoeniger et al. [24] untersuchten die Stabilität nach Trochanterstufen- gegenüber Trochanter-slide-Osteotomie in

einer In-vitro-Studie. Alle Osteotomien wurden mittels Schraubenosteosynthese (2-mal 3,5-mm-Kortikalisschrauben) refixiert. Die Slide-Osteotomie wies eine größere Migration hinsichtlich der Translation auf. Bezüglich der Rotation ergaben sich keine Unterschiede im Vergleich zur Stufenosteotomie.

Khanna et al. [13] verglichen die Stabilität nach erweiterter Trochanterosteotomie gegenüber der Anlage eines erweiterten kortikalen Fensters bei intaktem Trochanter major in vitro. Die Biegesteifheit war bei allen Untersuchungen in der zweiten Gruppe signifikant höher. Vor der Refixation des osteotomierten Fragments zeigte sich eine um 29% höhere Biegesteifheit beim kortikalen Fenster im Vergleich zur erweiterten Trochanterosteotomie und nach der Refixation um 22%.

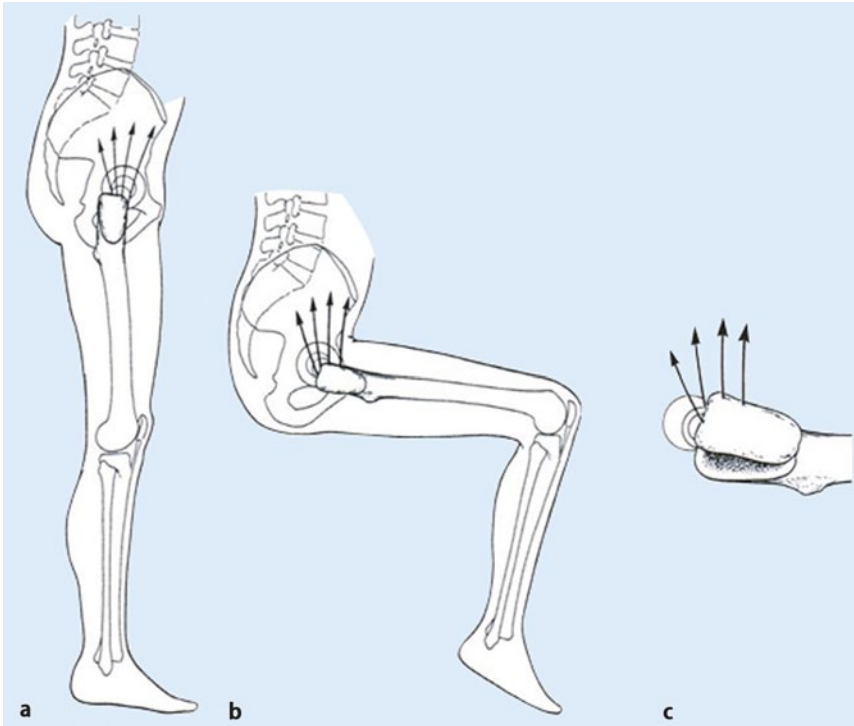
### Komplikationen

Bei zahlreichen Operationstechniken und Implantaten existiert aktuell kein Verfahren, das eine komplette Knochenheilung ohne Komplikationen sichert. Die Hauptkomplikationen nach Trochanterosteotomie umfassen Implantatbrüche, Knochenbrüche, die Entstehung von Abriebpartikeln mit daraus resultierender frühzeitiger Polyethylenabnutzung, die Trochanterfragmentdislokation und die Pseudarthrosenbildung (■ **Abb. 12**, [11, 19]).

Mögliche Ursachen zur Pseudarthrosenbildung und/oder Dislokation sind [11, 19]:

- ein Knochen verminderter Qualität (z. B. Osteoporose, mehrfache Voroperationen),
- die kleine Größe des osteotomierten Trochanterfragments,
- die nicht-anatomische Reposition der Osteotomieflächen,
- ein zu großer Kontakt des Fragments zum Knochenzement (falls zementierte Prothese),
- eine geringe spongiöse Auflagefläche,
- eine Implantatfehlage,
- technische Fehler beim Knoten von Fadencerclagen, Verdrillen der Drahtcerclagen oder Spannen der Drahtseile und
- eine geringe operative Erfahrung.





**Abb. 11** ▲ Scherkräfte am Trochanter major bei Hüftflexion: **a** Streckstellung der Hüfte: Trochanter major wird nach kranial gezogen. **b** Hüftflexion: Mm. glutei medius und minimus ziehen den Trochanter major nach ventral. **c** Bei ungenügender Trochanterfixation Verschiebung des Trochanter major nach ventral – Pseudarthrose. (Aus [30])



**Abb. 12** ◀ Kraniale Migration des osteotomierten Trochanterfragments mit pelvitrochantärer Muskelinsuffizienz 4 Wochen nach aseptischem Pfannenwechsel rechts: Die Implantate sind intakt (kurze Cable-ready®-Platte, Fa. Zimmer). Die Drahtseile haben sich medial in den Knochen eingeschnitten, der Patient hatte nicht konsequent entlastet. Trotz der Migration weist die Osteosynthese keinen Bruch auf

Eine Studienanalyse aus dem Zeitraum 1978–1993 ergab eine Bruchrate der Drahtseilcerclagen von 22% [11]. Dabei konnte tendenziell ein Zusammenhang zwischen Drahtseilbruch und Pseudarthrosenbildung beobachtet werden. Boardman et al. [4] berichteten in einem Kollektiv von 96 Fällen, dass 79,2% der Patienten mit einer Trochanterpseudar-

throse gebrochene Drahtseile hatten, während Harris u. Crothers [9] eine Bruchrate der Cerclagen von 2% bei keinem Pseudarthrosenfall in einem Kollektiv von 136 Fällen feststellen konnten.

Wieser et al. [31] versuchten Risikofaktoren zur Entstehung einer Pseudarthrosenbildung nach Trochanterosteotomie zu identifizieren. Eine Slide-Os-

teotomie wurde in 247 (126-mal Primär-, 121-mal Revisionsendoprothetik) und eine erweiterte Osteotomie in 51 (4-mal Primär-, 47-mal Revisionsendoprothetik) Fällen durchgeführt. Zementierte Implantate wurden 195-mal und zementfreie 103-mal eingesetzt. Bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 28,5 (6–116) Monaten betrug die knöchernen Heilungsrate 80,5%. Die Risikofaktorenanalyse ergab ein 4fach höheres Risiko für die Slide- im Vergleich zur erweiterten Osteotomie und ein 3fach höheres Risiko für zementierte im Vergleich zu zementfreien Prothesenschäften. Eine multiple logistische Regressionsanalyse identifizierte das Patientenalter und den Einsatz von Knochenzement als unabhängige Risikofaktoren zur Pseudarthrosenbildung.

Eine weitere Komplikation nach Trochanterosteotomie und -refixation betrifft die lokale Weichteilirritation sowie die Entstehung einer Bursitis trochanterica. Der Therapieerfolg variiert allerdings stark. Die lokale Infiltration von Lokalanästhetika mit optionalem Zusatz eines Kortikosteroids kann bei manchen Fällen zum Erfolg führen. Eine Therapie-resistenz zur Implantatentfernung zwingen, wobei eine Infektion präoperativ ausgeschlossen werden sollte und der Patient über eine mögliche Beschwerdepersistenz trotz Implantatentfernung informiert werden muss. Bernard u. Brooks [3] berichteten über eine Beschwerdebesserung bei lediglich 50% der Fälle nach Implantatentfernung und Bastian et al. [2] bei 55%.

### » Die Erfahrung des Operateurs spielt eine entscheidende Rolle

Die Erfahrung des Operateurs spielt auch eine entscheidende Rolle. Boardmann et al. [4] konnten eine höhere Komplikationsrate bei Trochanterosteotomien feststellen, die von Assistenz- im Vergleich zu Fachärzten durchgeführt wurden.

## Fazit für die Praxis

- Die Trochanterosteotomie ist im Zeitalter der chirurgischen Hüftluxation und der Revisionsalloarthroplastik eine wertvolle Ergänzung der weichteiligen Zugänge zum Hüftgelenk und zum proximalen Femur. Sie ermöglicht eine ausgezeichnete intraoperative Übersicht unter Schonung der pelvitrochantären Muskulatur. Die erweiterte Trochanterosteotomie kann die Entfernung des Prothesenstiels erheblich erleichtern.
- Die korrekte Durchführung der Osteotomie und die folgende stabile Refixation sind jedoch die Grundvoraussetzungen für die nachfolgende Knochen-zu-Knochen-Heilung und damit für eine geringe Komplikationsrate.
- Eine Verfeinerung der Osteotomie-technik und die Entwicklung besserer Implantate für die Refixierung sind zur weiteren Reduktion von Komplikationen erforderlich.
- Die Trochanterosteotomie und -refixation verlangt den erfahrenen, versierten Hüftoperateur.

## Korrespondenzadresse

### PD Dr. K. Anagnostakos

Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes Kirrbergerstraße 1, 66421 Homburg/Saar  
konstantinos.anagnostakos@uks.eu

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Barrack RL, Butler RA (2005) Current status of trochanteric reattachment in complex total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 441:237–242
2. Bastian JD, Wolf AT, Wyss TF, Nötzli HP (2009) Stepped osteotomy of the trochanter for stable, anatomic refixation. *Clin Orthop Relat Res* 467:732–738
3. Bernard AA, Brooks S (1987) The role of trochanteric wire revision after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 69:352–354
4. Boardmann KP, Bocco F, Charnley J (1978) An evaluation of a method of trochanteric fixation using three wires in the Charnley low friction arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 132:31–38
5. Charnley J (1970) Total hip replacement by low-friction arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 72:7–21
6. Charnley J (1972) The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention. *J Bone Joint Surg Br* 54:61–76
7. Dall DD, Miles AW (1983) Re-attachment of the greater trochanter: the use of the trochanter cable-grip system. *J Bone Joint Surg Br* 65:55–59
8. Ganz R, Gill TJ, Gautier E et al (2001) Surgical dislocation of the hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br* 83:1119–1124
9. Harris WH, Crothers OD (1978) Reattachment of the greater trochanter in total hip-replacement arthroplasty: a new technique. *J Bone Joint Surg Am* 60:211–213
10. Hersh CK, Williams RP, Trick LW et al (1996) Comparison of the mechanical properties of trochanteric fixation devices. *Clin Orthop Relat Res* 329:317–325
11. Jarit GC, Sathappan SS, Panchal A et al (2007) Fixation systems of greater trochanteric osteotomies: biomechanical and clinical outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 15:614–624
12. Jensen NF, Harris WH (1986) A system for trochanteric osteotomy and reattachment for total hip arthroplasty with ninety-nine percent union rate. *Clin Orthop Relat Res* 208:174–181
13. Khanna G, Bourgeault CA, Kyle RF (2007) Biomechanical comparison of extended trochanteric osteotomy and slot osteotomy for femoral component revision in total hip arthroplasty. *Clin Biomech* 22:599–602
14. Lakstein D, Backstein DJ, Safir O et al (2010) Modified trochanteric slide for complex hip arthroplasty. Clinical outcomes and complication rates. *J Arthroplasty* 25:363–368
15. Lakstein D, Kosashvili Y, Backstein D et al (2010) Trochanteric slide osteotomy on previously osteotomized trochanters. *Clin Orthop Relat Res* 468:1630–1634
16. Langlais F, Lambotte JC, Collin P et al (2003) Trochanteric slide osteotomy in revision total hip arthroplasty for loosening. *J Bone Joint Surg Br* 85:510–516
17. MacDonald SJ, Cole C, Guerin J et al (2003) Extended trochanteric osteotomy via the direct lateral approach in revision hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 417:210–216
18. McCarthy JC, Bono JV, Turner RH et al (1999) The outcome of trochanteric reattachment in revision total hip arthroplasty with a Cable Grip System: Mean 6-year follow-up. *J Arthroplasty* 14:810–814
19. McGrory BJ, Bal S, Harris WH (1996) Trochanteric osteotomy for total hip arthroplasty: six variations and indications for their use. *J Am Acad Orthop Surg* 4:258–267
20. Mercati E, Guary A, Myquel C, Bourgeon A (1972) A postero-external approach to the hip joint: value of the formation of a digastric muscle. *J Chir (Paris)* 103:499–504
21. Miner TM, Momberger NG, Chong D, Paprosky WL (2001) The extended trochanteric osteotomy in revision hip arthroplasty: A critical review of 166 cases at mean 3-year, 9-month follow-up. *J Arthroplasty* 16:188–194
22. Plausinis D, Speirs AD, Garbuz DS et al (2003) Fixation of trochanteric slide osteotomies: a biomechanical study. *Clin Biomech* 18:856–863
23. Ritter MA, Eizember LE, Keating EM, Faris PM (1991) Trochanteric fixation by cable grip in hip replacement. *J Bone Joint Surg Am* 73:580–581
24. Schoeniger R, LaFrance AE, Oxland TR et al (2009) Does trochanteric step osteotomy provide greater stability than classic slide osteotomy? A preliminary study. *Clin Orthop Relat Res* 467:775–782
25. Schwab JH, Camacho J, Kaufman K et al (2008) Optimal fixation for the extended trochanteric osteotomy. A pilot study comparing 3 cables vs 2 cables. *J Arthroplasty* 23:534–538
26. Shaw JA, Daubert HB (1988) Compression capability of cerclage fixation systems: a biomechanical study. *Orthopedics* 11:1169–1174
27. Siebenrock KA, Gautier E, Ziran B, Ganz R (1998) Trochanteric flip osteotomy for cranial extension and muscle protection in acetabular fracture fixation using a Kocher-Langenbeck approach. *J Orthop Trauma* 12:387–391
28. Silverton CD, Jacobs JJ, Rosenberg AG et al (1996) Complications of a cable grip system. *J Arthroplasty* 11:400–404
29. Wagner H (1989) A revision prosthesis for the hip joint. *Orthopäde* 18:438–453
30. Weber BG (1989) Zur Osteotomie des Trochanter major bei der Totalprothese des Hüftgelenks. *Orthopäde* 18:540–544
31. Wieser K, Zingg P, Dora C (2012) Trochanteric osteotomy in primary and revision total hip arthroplasty: risk factors for non-union. *Arch Orthop Trauma Surg* 132:711–717
32. Younger TJ, Bradford MS, Magnis RE, Paprosky WG (1995) Extended proximal femoral osteotomy. A new technique for femoral revision arthroplasty. *J Arthroplasty* 10:329–338