Mit Marknagel- implantation assoziierte Frakturen

Allgemeiner Teil

Definition

Die implantatassoziierten Frakturen werden in

- die periprotetischen Frakturen sowie
- die Frakturen nach Osteosynthese

unterteilt [17]. Der vorliegende Beitrag hat explizit die Frakturen zum Thema, die bei der Implantation von Marknägeln auftreten können.

Die immer größer werdende Gruppe der implantatassoziierten Frakturen bei liegendem Osteosynthesematerial

betrifft Frakturen im Übergangsbereich von einem durch ein Implantat verstärkten Knochen zum gesunden Knochen. In der Regel sind erneute Traumen, Osteopenie oder Osteoporose und biomechanische Spannungskonzentrationen am Implantatende mögliche Ursachen des Auftretens einer solchen Fraktur [17]. Je nach Risikofaktor ergibt sich ein unterschiedlich langes Intervall zur vorausgegangenen Operation.

Frakturen, die implantatassoziiert im Rahmen der Einbringung auftreten, werden dagegen als iatrogene Fraktur und intraoperative Komplikation angesehen.

Datenlage

In der Literatur sind nur wenige Publikationen zu finden, die sich mit der Problematik der implantatassoziierten Frakturen beschäftigen. Es ist also nicht verwunderlich, dass hinsichtlich der Angaben zu intraoperativen Komplikationen im Sinne einer artefiziellen Fraktur beim Einbringen eines Marknagels keine breite Diskussion in der Fachliteratur geführt wird. Lediglich uneinheitliche Angaben zu intraoperativen Fissuren und Frakturen und deren Auswirkung auf das Behandlungsergebnis sind zu finden. Die meisten Angaben existieren für die Implantation elastischer intramedullärer Nägel (ESIN) bei Kindern, die Implantation retrograder Humerusnägel und die Implantation der unterschiedlichen Modelle von Marknägeln mit Gelenkkomponente bei der osteosynthetischen Versorgung von hüftgelenknahen Femurfrakturen.

Iatrogene implantatassoziierte Fraktur

Grundlagen der Diagnostik und Therapie

Die besondere Herausforderung für den Traumatologen besteht in der Notwendigkeit, im Rahmen der laufenden Operation die Komplikation einer iatrogenen Frak-

Abb. 1 ▲ Fallbeispiel 1: proximale Humerusschaftfraktur bei 64-jähriger Patientin, Versorgung mit antegradem PHN (proximaler Humerusnagel, Synthes®) und 2 Cerclagen, frühpostoperativ Implantatversagen durch Ausbrechen der lateralen Kortikalis und Lockern der Verriegelungsbolzen

Dieser Beitrag erschien ursprünglich in der Zeitschrift *Trauma und Berufskrankheit* (2013) 15:6–16. DOI 10.1007/s10039-013-1928-7.

Abb. 2 ▲ Fallbeispiel 2: quer verlaufende proximale Humerusschaftfraktur bei 60-jährigem Patienten, osteosynthetische Versorgung mit kurzem PHN (proximaler Humerusnagel), frühpostoperativ bei geringer Belastung des Arms Auftreten einer Schrägfraktur im Bereich des Nagelendes, nach Entfernung des kurzen Nagels Reosteosynthese mit langem proximalem Humerusnagel (Stryker®)

Abb. 3 ▲ Fallbeispiel 3: pathologische petrochantäre Femurfraktur bei 62-jähriger Patientin mit Plasmazytom mit sich intraoperativ beim Einbringen des kurzen Gammanagels (Stryker®) ereignender Schaftsprennung am Implantatende, intraoperativ Wechsel des Osteosyntheseverfahrens auf langen aufgebohrten Gammanagel (Stryker®), belastungsstabile Versorgung der Frakturen

tur nicht nur zu erkennen, sondern diese auch adäquat zu behandeln.

Ziel einer Marknagelosteosynthese ist in der Regel die Wiederherstellung einer funktionsfähigen Extremität, die zumindest übungs- bzw. belastungsstabile Osteosynthese eines langen Röhrenkno-

chens. Tritt der unvorhergesehene Umstand einer zusätzlichen intraoperativen Fraktur ein, sollte trotzdem das primäre Ziel der Operation erreicht werden. Es können ein intraoperativer Verfahrenswechsel auf ein längeres Implantat oder eine zusätzliche Plattenosteosynthese zur

adäquaten Stabilisierung der neu aufgetretenen Fraktur notwendig sein.

Eine postoperative Ruhigstellung der operierten Extremität sollte unbedingt vermieden werden, um nicht die Komplikationen der operativen Frakturbehandlung mit denen der zusätzlichen konser-

vativen Therapie zu kombinieren. Ebenso wie die peripröthetischen Frakturen, die im Rahmen der Implantation der Endoprothese auftreten, erfordern auch die iatrogenen Frakturen bei Marknagelimplantation ein sofortiges Komplikationsmanagement.

Einteilung

Eine Einteilung bzw. Klassifikation der Frakturen, die beim Implantieren von Marknägeln auftreten, existiert nicht.

Risiken und Bedeutung

Das intraoperative Auftreten einer zusätzlichen Fraktur ist prinzipiell bei allen Schritten einer Marknagelosteosynthese möglich. Auch kann das intraoperative Erkennen einer in der Primärdiagnostik nicht diagnostizierten Fraktur im Rahmen der Bildwandlerkontrollen das Vorliegen einer iatrogenen implantatassoziierten Fraktur vortäuschen. Exemplarisch sei hier die initial übersehene Schenkelhalsfraktur genannt, die nach dem Lagern auf dem Extensionstisch und bei den ersten intraoperativen Durchleuchtungskontrollen zur Bestimmung der korrekten Eröffnungsstelle erkannt wird. Das bisherige Behandlungskonzept einer Verriegelungsmarknagelung des Femurs muss in solchen Fällen um die Notwendigkeit der Stabilisierung des Schenkelhalses erweitert werden.

Eine iatrogene Fraktur kann beim Eröffnen des Markraums durch eine Fehlpositionierung der Nageleintrittsstelle bedingt sein. Wird der Femurnagel mit zu großer Spannung eingeschlagen, können eine zusätzliche Schenkelhalsfraktur bzw. ein Ausbrechen der lateralen Kortikalis oder gar des Trochanter major die Folge sein.

Beim Aufbohrvorgang bzw. beim Einbringen des Implantats kann es neben einer Schaftsprennung auch zur zunehmenden Fragmentdislokation, insbesondere bei Trümmerfrakturen, kommen. Das zusätzliche Ausbrechen vorher nicht dislozierter Fragmente führt zu einem geringeren Fragmentkontakt und somit schlechteren Voraussetzungen, eine sichere knöcherne Konsolidierung der Fraktur zu erreichen.

Eine Fehlpositionierung des Marknagels kann zu einer Perforation der Korti-

Trauma Berufskrankh 2014 · 16[Suppl 4]:330–340 DOI 10.1007/s10039-014-2092-4
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

S. Rausch · G.O. Hofmann

Mit Marknagelimplantation assoziierte Frakturen

Zusammenfassung

Klassifikation. Eine Einteilung bzw. Klassifikation der Frakturen, die beim Implantieren von Marknägeln auftreten, gibt es nicht.

Datenlage. Die meisten Angaben existieren für die Implantation elastischer intramedullärer Nägel (ESIN) bei Kindern, die Implantation retrograder Humerusnägel und der unterschiedlichen Modelle von Marknägeln mit Gelenkkomponente bei der osteosynthetischen Versorgung hüftgelenknaher Femurfrakturen.

Bewertung. Das entscheidende Merkmal einer implantatassoziierten Fraktur im Rahmen der Marknagelung ist deren Lokalisation in Bezug zum Implantat. Ist die Stabilität der Marknagelosteosynthese nicht mehr gewährleistet, ist die neu aufgetretene Fraktur eine relevante intraoperative Komplikation, die zur Änderung der Operationsstrategie führt.

Therapie. Die besondere Herausforderung für den Traumatologen besteht in der Notwendigkeit, im Rahmen der laufenden Operation die Komplikation einer iatrogenen Fraktur nicht nur zu erkennen, sondern die-

se auch adäquat zu behandeln. Es können ein intraoperativer Verfahrenswechsel auf ein längeres Implantat oder eine zusätzliche überbrückende Plattenosteosynthese zur adäquaten Stabilisierung der neu aufgetretenen Fraktur notwendig sein. Eine postoperative Ruhigstellung der operierten Extremität sollte unbedingt vermieden werden, um nicht die Komplikationen der operativen mit denen der zusätzlichen konservativen Behandlung zu kombinieren.

Schlussfolgerung. Zusammenfassend betrachtet ist die korrekte technische Durchführung der jeweiligen Marknagelosteosynthese der entscheidende Faktor zur Vermeidung einer zusätzlichen intraoperativen Fraktur. Die Prinzipien der intramedullären Knochenbruchstabilisierung sind strikt zu berücksichtigen.

Schlüsselwörter

Marknagelosteosynthese · Prothesen und Implantate · Implantatassoziierte Frakturen · Knochennägel · Intraoperative Komplikationen

Fractures associated with intramedullary nail implantation

Abstract

Classification. A classification of fractures that occur during implantation of intramedullary nails does not exist.

Literature available. Most data are available for the implantation of elastic intramedullary nails (ESIN) in children, the implantation of retrograde nails in the humerus, and the implantation of different types of intramedullary nails with a joint component in the osteosynthetic treatment of femoral fractures near the hip joint.

Characteristics. The defining characteristic of an implant-related fracture when intramedullary nailing is performed is their location in relation to the implant. If the stability of intramedullary stabilization can no longer be guaranteed, then the newly occurring fracture is a relevant intraoperative complication that leads to a change in the surgical strategy.

Therapy. The challenge for the trauma surgeon during the operation is the necessity to

recognize the complication of an iatrogenic fracture and to treat it adequately. Different methods of intraoperative change to a longer implant or an additional bridging plate for adequate stabilization of the new fracture may be necessary. Postoperative immobilization of the operated limb should be avoided in order not to combine the complications of operative fracture treatment and additional conservative treatment.

Conclusion. The correct technical execution of nailing procedure is the key factor to avoid an additional intraoperative fracture. The principles of intramedullary fracture stabilization should be strictly considered.

Keywords

Intramedullary nailing · Prostheses and implants · Periprosthetic fractures · Bone nails · Intraoperative complications

Abb. 4 ◀ Fallbeispiel 4: mehrfachverletzter Patient (27 Jahre) mit u. a. proximaler Femurfraktur rechts, Dislokation eines großen Trochanter-major-Fragments aufgrund des gedeckten Einbringens des Gammanagels (Stryker®), im weiteren Verlauf keine weitere Dislokation, daher: Osteosynthese belassen

kalis führen und so die Stabilität der Osteosynthese und das Behandlungsergebnis gefährden.

Die Fehlbohrung bzw. -positionierung einer Verriegelungsschraube sind trotz des Einsatzes einer Zielhülse bzw. eines Zielbügels möglich und können den Knochen schwächen. Besonders gefährdet für eine Fehlbohrung ist der Arbeitsschritt der Freihandverriegelung. Verriegelungen erfolgen nahe am Implantatende. Hierdurch wird der Übergangsbereich von geschütztem zu gesundem Knochen weiter

geschwächt, und eine zusätzliche Spannungsspitze am Implantatende durch eine Verklebung an der Kortikalis kann eine intraoperative Fissur zur Folge haben, die bei späterer Belastung zu einer dislozierten Fraktur in diesem Bereich führt.

Das entscheidende Merkmal einer implantatassoziierten Fraktur im Rahmen der Marknagelung ist deren Lokalisation in Bezug zum Implantat. Ist die Stabilität der Marknagelosteosynthese nicht mehr gewährleistet, ist die neu aufgetretene Fraktur eine relevante intraoperati-

ve Komplikation, die eine Änderung der Operationsstrategie bedingt.

Prävention

Insgesamt ist die korrekte technische Durchführung der jeweiligen Marknagelosteosynthese der entscheidende Faktor zur Vermeidung einer zusätzlichen intraoperativen Fraktur. Die Sorgfalt des Operateurs bei der Bestimmung und Vorbereitung des Eintrittspunkts des Nagels, die ausreichende Vorbereitung des Markraums bezüglich des Nageldurchmessers unter Beachtung der anatomischen Gegebenheiten des Knochens bzw. der Kurvatur des Implantats und das Vermeiden von gewaltsamen Repositionsmanövern bzw. dem unkontrollierten Einschlagen des Nagels sowie die notwendige Sorgfalt beim Verriegeln lassen das Risiko einer iatrogenen Fraktur sehr gering werden. Die Prinzipien der intramedullären Knochenbruchstabilisierung sind strikt zu berücksichtigen [5, 7, 8, 18].

Spezieller Teil

Elastisch stabile intramedulläre Nagelung

Prinzipiell stellt sich die Operationsindikation bei Kindern dann, wenn eine vollständig dislozierte Fraktur konservativ nicht reponiert und/oder adäquat stabilisiert werden kann [10].

Die elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) ist bei korrekter Indikation und Technik ein kinderadaptiertes Osteosyntheseverfahren [12].

In einer Sammelstudie der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) mit über 400 Oberschenkelfrakturen aus dem Jahr 2001 konnte Schmitzbecher [14] typische intraoperative Komplikationen benennen. Diese traten in 6,5% der Fälle auf. Neben der Notwendigkeit zur offenen Reposition wurden die ungewollte Perforation der Kortikalis sowie das Aussprengen eines zusätzlichen Fragments, welches die Stabilität der elastischen Markraum-nagelung herabsetzte, benannt. Die insgesamt geringe intraoperative Komplikationsrate wurde in der Publikation von Slongo [15] 2005 bestätigt. Jubel et al. [6] beschrieben bei den von ihnen publizierten 47 Fällen von

Abb. 5 ▲ Fallbeispiel 5: proximale Femurfraktur bei 83-jährigem Patienten nach Sturz, Primärversorgung durch langen Gammanagel (Stryker®) mit Cerclage subtrochantär, intraoperativ Perforation der ventralen Kortikalis des distalen Femurs mit frühpostoperativem Versagen der distalen Verriegelung, zur Herstellung von Belastungsfähigkeit Durchführung einer winkelstabilen überbrückenden Doppelplattenosteosynthese mit Verblockung des Nagels durch winkelstabile Schraube in der lateralen LCP („locking compression plate“, Synthes®), knöcherne Ausheilung im zeitgerechten Intervall

kindlichen Femurfrakturen lediglich einmal die Aussprengung eines großen dritten Fragments und die Notwendigkeit zum Verfahrenswechsel auf eine Plattenosteosynthese.

Marknagelung von Humerusfrakturen

Lange Zeit war die konservative Behandlung von Humerusschaftfrakturen die Therapie der Wahl. Aber mittlerweile ist neben der Plattenosteosynthese auch die Marknagelung nicht nur von Schaftfrakturen, sondern auch von proximalen Humerusfrakturen etabliert. Die geschlossene Reposition, die Stabilität der Marknagelosteosynthese und das geringe Weichteiltrauma sind auch hier gewichtige Argumente zur Indikationsstellung. Hinsichtlich unserer Fragestellung muss zwischen antegrader und retrograder Technik unterschieden werden.

Retrograde Technik

Sie weist hinsichtlich des Auftretens iatrogenen Frakturen bei der Nagelinserktion die höchsten intraoperativen Komplikationsraten mit bis zu 6% auf [2, 4, 11, 13]. Ursächlich ist eine Schwächung des Knochens durch das Aufbohren und Auffräsen des Eintrittsportals. Die gegenüberliegende Kortikalis darf bei diesem Arbeitsschritt keinesfalls beschädigt werden, sonst kommt es beim Einschlagen des Nagels zu periportal Frakturen, die mit überbrückenden Plattenosteosynthesen versorgt werden müssen. An dieser Stelle sei nochmals auf die Publikation von Trapp u. Bühren [17] verwiesen. Sie stellten an dem Fallbeispiel einer retrograden Marknagelung nach Humerusschaftfraktur die Komplikation der Fraktur am Nageleintrittspunkt ausführlich dar und zeigten mit der zur Behebung eingesetzten, beide Frakturen überbrückenden Doppelplattenosteosynthese einen Lösungsweg auf.

Loitz et al. [11] beschrieben in ihrer Analyse von 120 Fällen 7 iatrogene Frakturen, von welchen 6 bei der Implantation des Nagels am distalen Humerus auftraten. Die Frakturen wurden intraoperativ durch Drahtcerclage gesichert und heilten bis auf einen Fall folgenlos aus. Bezüglich einer notwendigen Ruhigstellung wurden keine Angaben gemacht. Loitz et al. [11] benannten die iatrogene Fraktur jedoch als spezifische Komplikation der retrograden Humerusnagelung.

In ihrer retrospektiven Vergleichsuntersuchung konnten Denies et al. [2] 2010 eine höhere Rate an iatrogenen Frakturen der Nagelung von Humerusschaftfrakturen im Vergleich zur Plattenosteosynthese zeigen. Bei 3 von 49 Marknägeln kam es zur zusätzlichen Fraktur. Lösungsweg dieser Komplikation war die den Nageleintrittspunkt überbrückende additive Plattenosteosynthese.

Rommens et al. [13] wiesen in ihrer Publikation 2008 explizit auf die Notwendigkeit der korrekten technischen Durch-

Abb. 6 ◀ Fallbeispiel 6: proximale Femurfraktur einer 86-jährigen Patientin nach Sturz, Primärversorgung durch langen Gammanagel (Stryker®), dabei Perforation der ventralen Kortikalis am distalen Femur und unzureichende Stabilität der Frakturversorgung bzw. drohende perimplantäre Fraktur, Wechsel des langen Gammanagels und Überbrücken der Schwachstelle mit noch längerem Implantat, suffiziente distale Verriegelung und Refixation des ausgebrochenen ventralen Fragments mit Cerclage

Abb. 7 ▶ Fallbeispiel 7: pertrochantäre Femurfraktur bei 84-jähriger Patientin, intraoperativ Fehlverriegelung distal trotz Verwendung der Zielhülse des Gammanagels (Stryker®), Belassen der fehlpositionierten Schraube, um Schwächung des Knochens am Implantatende zu minimieren, Freihandbesetzen des Verriegelungslochs

führung der retrograden Marknagelung am Humerus hin, um iatrogene Frakturen beim Einbringen des Nagels zu vermeiden. Die Nageleintrittsstelle muss genügend groß ausgearbeitet und das Ein-

bringen des Nagels ohne größere Gewalt möglich sein. In 2 von 45 Fällen kam es zu einer iatrogenen Fraktur [13].

In den 51 Fällen von Humerusschaftfrakturen, die retrograd genagelt wurden,

traten laut Fernandez et al. [4] intraoperativ 4 zusätzliche Frakturen auf: 2 Schaftsprengungen, eine suprakondyläre Fraktur und eine Fraktur an der Nageleintrittsstelle.

Abb. 8 ▲ Fallbeispiel 8: pertrochantäre Femurfraktur bei 76-jährigem Patienten, Versorgung mit Gammanagel (Stryker®), frühpostoperativ Nachweis einer Fissur am Nagelende, das Verriegelungsloch einbeziehend, zur Vermeidung einer weiteren Dislokation Reosteosynthese mit langem überbrückenden Gammanagel (Stryker®)

Antegrade Technik

Hier steht die iatrogene Schädigung der Rotatorenmanschette im Vordergrund der Diskussion. Durch die relativ geringen Nageldurchmesser sind Schaftsprennungen selten. Aus unserer Sicht ist jedoch wie bei allen Marknägeln gerade auch am proximalen Humerus auf die korrekte Eröffnungsstelle zu achten. Insbesondere die Schwächung der lateralen Kortikalis kann zu einer ungenügenden Verankerung des proximalen Nagels und der Verriegelungsbolzen führen, sodass ein frühes, in solchen Fällen intraoperativ begründetes Osteosyntheseversagen die Folge ist (■ **Abb. 1**). Zudem treten am Nagelende des proximalen Humerusnagels Spannungsspitzen auf, die bei einer möglichen intraoperativen Fissur postoperativ zu einem frühen Osteosyntheseversagen führen können (■ **Abb. 2**).

Marknagelung von Femurfrakturen

Das gesamte Spektrum der marknagelspezifischen intraoperativen Frakturen lässt sich an der Versorgung hüftgelenknaher Femurfrakturen mit intramedullären Kraftträgern mit Gelenkkomponente verdeutlichen. Gerade in diesem Bereich kann durch eine Vielzahl von Studien gezeigt werden, dass die marknagelassoziierte intraoperative Fraktur eine zwar seltene, jedoch typische Komplikation darstellt [9]. Neben den typischen postoperativen Versagensmustern des „cut out“ der Schenkelhalsschraube bzw. der Femurschaftfraktur am unteren Nagelende zeigen sich intraoperative Schaftsprennungen, das Aussprengen von zusätzlichen Fragmenten, die Fehlbohrung und Fehlverriegelung sowie die distale Nagelperforation bei Verwendung des langen intramedullären Implantats mit Gelenkkomponente.

Intraoperative Schaftsprennungen

Suckel et al. [16] veröffentlichten eine retrospektive vergleichende Analyse von 100 Gamma- vs. 96 Gleitnägeln. In 1% der mit Gammanagel und in 2,1% der mit Gleitnagel versorgten Fälle wurden intraoperative Schaftsprennungen beschrieben. Probleme mit der distalen Verriegelung traten bei 2% bzw. 1% der Fälle auf. Ein Vergleich mit der Literatur ergab eine

Abb. 9 ▲ Fallbeispiel 9: peritrochantäre Femurfraktur bei 73-jährigem Patienten, Versorgung mit Gammanagel (Stryker®), intraoperativ Fehlbohrung bei der distalen Verriegelung, periimplantäre Schenkelchaftfraktur an der iatrogen verursachten Schwachstelle im Rahmen der postoperativen Mobilisation, Reosteosynthese mit langem Implantat (Gammanagel, Stryker®)

durchschnittliche Schaftsprengrungsrate von 1,2% (0–3,3%). Die intraoperative Schaftsprengrung wurde durch die Autoren als individueller Fehler des Operateurs bei unzureichendem Aufbohren der Markhöhle bzw. durch zu forsches Einschlagen des Nagels betrachtet [16]. Aber gerade die Versorgung derartiger Frakturen ist aus unserer Sicht ein Ausbildungseingriff und findet nicht selten in der Dienstzeit statt. Die Heranführung des traumatologischen Nachwuchses an die selbstständige Durchführung einer Osteosynthese ist immer mit der Gefahr intraoperativer Komplikationen und deren Management verbunden. So zeigte die Untersuchung von Docquier et al. [3] aus dem Jahr 2002 über 439 Gammanagelimplantationen bei peritrochantären Frakturen eine intraoperative Komplikationsrate von 3,4% – hauptsächlich durch Schaftsprengrungen (1,8%) begründet. In 2 Fällen war der Verfahrenswechsel notwendig, die übrigen konnten unter verzögertem Belastungsaufbau zur Ausheilung gebracht werden. Die Autoren werteten ebenfalls die fehlerhafte Implantationstechnik als Hauptursache der Komplikation (■ Abb. 3).

Eine Metaanalyse zu implantatspezifischen Komplikationen bei der Versorgung peritrochantärer Frakturen zeigte in den meisten ausgewerteten Arbeiten

das Auftreten von intraoperativen Schaftsprengrungen [1] bei der Verwendung von Marknägeln mit Gelenkkomponente. Insgesamt jedoch sind diese Ereignisse selten.

Aus unserer Sicht sind die intraoperativen Frakturen bei der Implantation von proximalen Femurnägeln mit Gelenkkomponente jedoch nicht allein durch die Schaftsprengrungen abgebildet, wie im Folgenden näher ausgeführt.

Fragmentdislokation

Beim Einbringen des Nagels an der Insertionsstelle kann es zur intraoperativen Fraktur und Dislokation von Fragmenten kommen. Die Dislokation des Trochanter-major-Fragments mit anhängender pelvitrochantärer Muskulatur führt zur Unfähigkeit, das Becken zu stabilisieren, und sollte bei relevanter Dislokation refixiert werden. Die Diskussion, ob eine bereits vorliegende Fissur vervollständigt oder aber eine Fraktur durch die Nagelimplantation gesetzt wurde, ist unerheblich. Es zählt allein das Behandlungsergebnis (■ Abb. 4).

Schädigung der Kortikalis

Auch die Schwächung der ventralen distalen Kortikalis bzw. die Perforation derselben (■ Abb. 5, 6) sind als eine relevante implantatspezifische intraoperative Komplikation zu werten. Ursachen für ein der-

artiges Ereignis sind neben der zu dorsal gewählten Nagelinsertionsstelle die vermehrte Antekurvatur des Femurs gerade des älteren Menschen, die zu geringe Antekurvatur des Implantats oder die Fehlpositionierung des Bohrführungsdrachts bzw. das zu frühe Zurückziehen desselben, bevor der Nagel distal platziert wurde. Die Stabilität der gesamten Osteosynthese ist in Gefahr. Intraoperativ sind ein Verfahrenswechsel auf einen längeren, korrekt implantierten Nagel oder eine additive Plattenosteosynthese unverzichtbar. Eine sonst notwendige Mobilisation unter Entlastung kann bei den typischen Patienten meist nur im Rollstuhl realisiert werden und war nicht das eigentliche Ziel der Osteosynthese.

Schwächung des Knochens

Gerade im Bereich des Nagelendes kann sie durch eine Fehlbohrung bzw. Fehlpositionierung einer Verriegelungsschraube hervorgerufen werden. Dies kann bei der Verwendung von Zielgeräten ebenso der Fall sein wie bei der Freihandverriegelung unter Durchleuchtungskontrolle. Ist Letzteres nicht selten der Lernkurve des Operateurs geschuldet, kann Ersteres technische Ursachen haben.

Vor Beginn des Bohrvorgangs für die Verriegelung sollte immer der korrekte Sitz der Zielvorrichtung auf dem Nagel überprüft werden. Wurde der Nagel entgegen den Empfehlungen des Herstellers unter gewisser Spannung eingebracht, kann auch dessen Verformung zu einer Fehlbohrung über das Zielinstrumentarium führen. Wir empfehlen, eine einmal gesetzte Schraube zu belassen und die korrekte Verriegelung, wenn nötig freihand, unter Durchleuchtung durchzuführen (■ Abb. 7, 8, 9).

Aussprengen eines zusätzlichen Fragmentes

Es kann bei einer auf den ersten Blick harmlos erscheinenden Oberschenkelchaftfraktur zur vermehrten Instabilität im Frakturbereich und zur Überforderung des gewählten Marknagels bzw. seiner Verankerung im Knochen führen. Bei dem in ■ Abb. 10 dargestellten Fall ist das Osteosyntheseversagen multifaktoriell begründet, trotz der langstreckigen Fraktur intraoperativ wurde ein zu kurzer Nagel,

Abb. 10 ◀ Fallbeispiel 10: Femurschaftfraktur mit schrägem Verlauf bei 64-jährigem Patienten nach Treppensturz, Aus Sprengung eines relevanten dritten Fragments im Rahmen der Versorgung mit einem LFN (lateralen Femurnagel, Synthes®), frühpostoperatives Versagen der unvollständigen distalen Verriegelung des zu kurz gewählten Implantats, Reosteosynthese mit retrogradem Femurnagel (T2 Stryker®) zur Gewährleistung der knöchernen Ausheilung erforderlich

Abb. 11 ◀ Fallbeispiel 11: 33-jährige Patientin mit Unterschenkelchaftfraktur, beim Versuch der Marknagelung der Tibia Auftreten einer proximalen iatrogenen Fraktur im Bereich des Nageleintrittspunkts, intraoperativer Wechsel der Versorgungsstrategie und zunächst Anlage eines Fixateur externe, nach Konsolidierung der Weichteilverhältnisse Osteosynthese mit überlappenden winkelstabilen Großfragmentplatten [LISS Tibia, 4,5 LCP Synthes® (LISS: „less invasive stabilisation system“)]

es war bereits das längste Modell, gewählt, und die vorhandenen distalen Verriegelungsoptionen wurden nicht effizient genutzt. Die implantatspezifische Komplikation der Schaftsprennung bzw. des Ausprengens eines zusätzlichen Fragmentes bei der Marknagelimplantation trug einen entscheidenden Anteil zum Osteosyntheseversagen bei.

Es bleibt immer zu berücksichtigen, dass jedes Implantat seine Eigenheiten besitzt, die meist erst beim Auftreten von Versagern erkannt werden.

Marknagelung von Tibiafrakturen

Die Tibiaschaftfraktur stellt eine klassische Indikation zur Marknagelosteosynthese dar. Neben den diaphysären Frakturen werden heutzutage auch weiter metaphysär gelegene Brüche nicht selten mit einem Marknagel versorgt (■ **Abb. 11**). Der technische Fortschritt bei peripher gelegenen Verriegelungsoptionen, die winkelstabil verblockt werden können, führte zu dieser Entwicklung. Aber gerade die proximalen Tibiafrakturen stellen für den Traumatologen nicht selten eine

operationstechnische Herausforderung dar. Eine Verkipfung des gelenktragenden Fragments kann oft nur durch zusätzliche invasive Maßnahmen, wie den Einsatz von Pollerschrauben oder Abstützplatten oder eine offene Reposition mit Repositionswerkzeugen, verhindert werden. Im Rahmen einer derartigen Ausweitung der eigentlich minimalinvasiven Marknagelung sind immer auch intraoperative Fissuren oder dislozierte Frakturen möglich. Gerade der Operationsschritt der Markraumeröffnung birgt das Risiko einer Perforation der Tibiahinterwand bzw. des Ausbrechens der Vorderwand bei zu forscher Manipulation.

Das selten angewendete Verfahren der retrograden Marknagelung der Tibia ist hinsichtlich des Risikos einer periportalen Fraktur am Eröffnungspunkt ähnlich zu bewerten wie die retrograde Marknagelung am Humerus.

Die Gefahr der Schaftsprennung beim Einschlagen des Marknagels in die Tibia ist bei korrekter technischer Durchführung aus unserer Sicht gering.

Korrespondenzadresse

Dr. S. Rausch
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
Universitätsklinikum Jena,
Erlanger Alle 101, 07747 Jena
Sascha.Rausch@
med.uni-jena.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Rausch und G.O. Hofmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Audigé L, Hanson B, Swiontkowski MF (2003) Implant-related complications in the treatment of unstable intertrochanteric fractures: meta-analysis of dynamic screw-plate versus dynamic screw-intramedullary nail devices. *Int Orthop* 27(4):197–203
2. Denies E, Nijs S, Sermon A et al (2010) Operative treatment of humeral shaft fractures. Comparison of plating and intramedullary nailing. *Acta Orthop Belg* 76 (6):735–742

3. Docquier PL, Manche E, Autrique JC et al (2002) Complications associated with gamma nailing. A review of 439 cases. *Acta Orthop Belg* 68(3):251–257
4. Fernandez FF, Matschke S, Hülsenbeck A et al (2004). Five years' clinical experience with the unreamed humeral nail in the treatment of humeral shaft fractures. *Injury* 35(3):264–271
5. Hierholzer C, Woltmann A, Bühren V (2009) Therapy of femur shaft fractures. *Z Orthop Unfall* 147(1):91–115
6. Jubel A, Andermahr J, Prokop A et al (2004) Pitfalls und Komplikationen der elastisch stabilen intramedullären Nagelung (ESIN) von Femurfrakturen im Kindesalter. *Unfallchirurg* 107:744–749
7. Krettek C (2001) Prinzipien der intramedullären Knochenbruchstabilisierung, Teil 1. *Unfallchirurg* 104(7):639–651
8. Krettek C (2001) Prinzipien der intramedullären Knochenbruchstabilisierung. Teil 2: Operationstechnik. *Unfallchirurg* 104(8):749–769
9. Kukla C, Heinz T, Gaebler C et al (2001) The standard gamma nail: a critical analysis of 1,000 cases. *J Trauma* 51(1):77–83
10. Laer L von (2001) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Thieme, Stuttgart New York
11. Loitz D, Könnecker H, Illgner A et al (1998) Retrograde Marknagelung von Humerusfrakturen mit neuen Implantaten. *Unfallchirurg* 101:543–550
12. Rether JR (2005) Intramedulläre Stabilisierung von Schaftfrakturen im Wachstumsalter. *Trauma Berufskrankh* 7:112–117
13. Rommens PM, Kuechle R, Bord T et al (2008) Humeral nailing revisited. *Injury* 39(12):1319–1328
14. Schmittenbecher PP (2001) Komplikationen und Fehler bei der Anwendung intramedullärer Stabilisierungsverfahren von Schaftfrakturen im Kindesalter. *Kongressbd Dtsch Ges Chir Kongr* 118:435–437
15. Slongo TF (2005) Complications and failures of the ESIN technique. *Injury [Suppl 1]* 36:A78–A85
16. Suckel A, Helwig P, Schirmer A et al (2003) Complication rate in the treatment of inter- and subtrochanteric femur fractures with two intramedullary osteosyntheses. Comparison of a conventional nailing system and a rotation stable fixation of the head-neck-fragment, gammanail and glidingnail. *Zentralbl Chir* 128(3):212–217
17. Trapp OM, Bühren V (2011) Implantatassoziierte Frakturen. *Trauma Berufskrankh* 13(1):133–140
18. Wick M, Muhr G (2005) Ante- und retrograde Marknagelung bei Femurschaftfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 2:103–106