

# Un Frakturen

## Unterschenkelosteosynthese: Anwendung T2-Tibiamarknagel bei Tibiaschaftfrakturen

Sascha Schroeter, PD Dr. med. Sven Hungerer

### OP-ABLAUF

**Die intramedulläre Osteosynthese der Tibia mit einem Marknagel ist ein Klassiker der Unfallchirurgischen Operationen. Marknägel bieten eine hohe biomechanische Stabilität durch die zentrale Kraftübertragung. Vorteile sind kleine Inzisionen, außerdem kann frakturfern agiert werden und die verletzte Region muss nicht eröffnet werden.**

Osteosynthesen mit einem Marknagel sind primär übungs- und belastungsstabil. Anhand des T2-Tibiamarknagelsystems soll die Anwendung der Marknagelung einer Tibiaschaftfraktur im Folgenden erläutert werden und die verschiedenen Möglichkeiten der Verriegelungen des Marknagels dargestellt werden.

### VORBEREITUNG DER MATERIALIEN

Im Vorfeld der Operation erfolgt die Überprüfung der Implantate und Instrumente auf Vollständigkeit. Der OP wird vorbereitet und die technischen Geräte getestet.

Die Lagerungsmaterialien werden bereitgestellt (Abb. 1). Die Instrumente und Implantate werden gerichtet. Patientenspezifische Röntgen- und CT-Bilder werden im PACS-System geöffnet. Der C-Bogen wird gegenüber der zu operierenden Seite platziert.

### LAGERUNG

Der Patient wird auf einem röntgendurchlässigen OP-Tisch in der Mitte des Saals platziert. Die Arme werden ausgelagert und mit Gelkissen unterpolstert, der Patient wird auf einer Wärme-

matte gelagert. Das zu operierende Bein wird rasiert. Es erfolgt die Anlage einer Oberschenkelblutsperrre und Lagerung des Beins in einer Stufenbettlagerung (Abb. 2). Dies erlaubt die Röntgenkontrolle des Beins ohne Überlagerung der Gegenseite. In der Zwischenzeit richtet der Instrumentierende die Materialien.

### DESINFEKTION

Die untere Extremität wird mit gefärbter alkoholischer Desinfektionslösung von den Zehen bis oberhalb des Kniegelenks vollständig abgewaschen. Der Springer hält das Bein mit sterilen Handschuhen an der Ferse nach oben.

### ABDECKUNG

Bei der Abdeckung werden zwei Personen benötigt. Als erstes wird ein Klebmedium unter

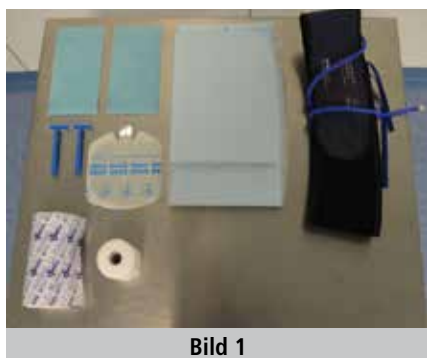


Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4

dem Bein des Patienten entfaltet. Danach folgt das Schlitztuch, das oberhalb des Kniegelenks geklebt wird. Ein kleines Klebetuch wird unter der Ferse gespannt und der Springer kann das Bein in das Tuch ablegen. Anschließend wird eine Stocknette angelegt und mit einem Tape gesichert. Das große Klebetuch wird oberhalb des Kniegelenks platziert. Es folgen der Anschluss von Sauger und Kauter sowie der Funktionstest. Der Bildwandler wird steril bezogen und ein Durchschwenktuch für den C-Bogen geklebt. Bevor der Schnitt erfolgt, wird gegebenenfalls auf Anforderung die Blutsperrle aktiviert.

### OP-ABLAUF UND -TECHNIK

Vor dem Hautschnitt gehen Anästhesisten, Chirurgen und OP-Pflegeteam die WHO-Checkliste (Time Out) durch, um einfache Fehlerquellen im OP-Ablauf zu vermeiden und das Risiko für den Patienten zu minimieren. Die Checkliste wurde an hausinterne Prozesse adaptiert.

### ZUGANG

Der Hautschnitt erfolgt am unteren Rand der Patella in Richtung Tuberositas tibiae. Die Patellarsehne wird nach lateral retrahiert (paraligamentär). Alternativ kann eine

### A GRUNDINSTRUMENTE

Von links oben nach rechts oben :

- Spülgefäß mit Ringerlösung und 60 ml Spritze
- Abwurfshale (für Nadeln)
- 5 Bauchtücher
- 30 Kompressen
- T2-Schlitzhammer (T2-Grundinstrumente)
- Hammer (Grundtisch Standard)
- Meißel
- 2 Kocherklemmen
- 2 Overholt
- 2 Halstedklemmchen
- Wundsperrer
- scharfer Einzinker
- 1 Paar scharfe Wundhaken
- 2 Paar Venenhaken

Von links unten nach rechts unten :

- 2 Adsonpinzetten (Haut)
- 1 Materialschere
- 2 Nadelhalter nach Heger
- 2 Flachzangen (unterschiedlicher Größe)
- 2 Hohlmeißelzangen nach Luer
- 2 scharfe Löffel
- 1 Großfragment-Schraubendreher
- 2 Raspatorien (unterschiedliche Größen)
- 1 Elevatorium
- 1 längere anatomische Pinzette
- 2 kleine anatomische Pinzetten
- 1 grobe Schere (nach Metzenbaum)
- 2 längere feine chirurgische Pinzetten (nach Metzenbaum)
- 1 feine Schere (nach Metzenbaum)
- 2 kräftige chirurgische Pinzetten
- 2 Einmalskalpelle mit 10er-Klinge



### B IMPLANTATE-TISCH

Von links oben nach rechts oben :

- T2-Schraubencassette (Implantate, Schrauben, Kompressionsschrauben und Endkappen)
- 1 Nierenschale mit Gewebeschutz, Fasszange für Führungspieß und AO-Ansatz für flexible Wellen

Von links Mitte nach rechts Mitte :

- 1 AO-Ansatz für verschiedene Bohrer
- 1 T2-Ambossschraube
- 1 T2-Nagelhalteschraube
- 1 T2-Zielgerät, komplett
- 1 intramedulläres Aufbohrset
- 1 T-Griff (Elastosil) AO
- 1 Pfriem

Von links unten nach rechts unten :

- 1 Powerdrive
- 1 Schraubendreher 3,5 mm kurz
- 1 Schraubendreher 3,5 mm lang
- 1 Kompressionsschraubendreher Bit SW 3,5 mm
- 1 Schraubenlängensonde, kurz
- 1 Schubmesslehre, kurz
- 1 Gewebeschutzhülse kurz
- 1 Bohrerführungshülse 5 mm kurz
- 1 Mandrin, kurz
- 1 Bohrer 4,2 x 130 mm, AO, Farbcode Grün
- 1 Bohrer 5,0 x 180 mm, AO, Farbcode Schwarz
- 1 Bohrer 4,2 x 260 mm, AO, Farbcode Grün
- 2 flexible Wellen
- 1 Metallmaßstab



Längsspaltung der Sehne durchgeführt (transligamentär) werden. Anschließend wird der Nageleintrittspunkt bestimmt (**Abb. 3**).

### NAGELEINTRITTSUNKT

Der knöchernen Eintrittspunkt liegt an der ventralen Tibiakante und exakt mittig in der Verlängerung des Markkanals. Die präzise Bestimmung des Nageleintrittspunkts erfolgt unter Bildwandlerkontrolle in zwei Ebenen (**Abb. 4 und 5**). Zum Durchdringen der Kortikalis wird der gebogene Priem benutzt. Ein falsch gewählter Nageleintrittspunkt führt zu einem Achsfehler der Tibia.

### MARKRAUMVORBEREITUNG

Der Markraum wird durch das limitierte Aufbohren vorbereitet. Ziel ist ein markraumfüllendes Implantat, das eine stabile intramedulläre Führung bietet. Durchmesser und Länge des Marknagels werden deshalb individuell für den Patienten ausgewählt. Für die Marknagelung in aufgebohrter Technik verwenden wir einen 3 x 1000 Millimeter-Führungsspieß mit Olive, der über die Fraktur bis zur distalen Tibia vorgeschoben wird (**Abb. 6**). Der Führungsspieß muss immer gesichert werden, während die flexible Bohrwelle eingeführt und wieder zurückgezogen wird, um eine unbemerkte Dislokation als Fehlerquelle zu vermeiden.

Die korrekte Lage des Führungsspießes wird in zwei Ebenen mit dem Bildwandler kontrolliert. Bei korrekter Lage wird am Führungsspieß die Länge des Marknagels bestimmt. Dies erfolgt mit dem Metalllineal und durch Abmessen des

aus dem Knochen herausstehenden Anteils. Die gemessene Länge wird von der bekannten Länge des Führungsspießes abgezogen und die nächste kleinere Länge des Marknagels gewählt. Limitiertes Aufbohren bedeutet, dass bei der Markraum-aufbohrung in 0,5 Millimeter-Schritten mithilfe der Bohrköpfe aufgebohrt wird, bis ein Kortikaliskontakt erreicht wird. Der Kortikaliskontakt entspricht einem tast- und hörbaren Kontakt (« Klackern ») des Bohrkopfs an der Kortikalis.

Die letzte Bohrung sollte diaphysär 1 Millimeter stärker sein als der Durchmesser des verwendeten Marknagels. Das heißt der Marknageldurchmesser muss 1 Millimeter kleiner gewählt werden als der letzte verwendete Bohrkopf.

### EINBRINGEN DES MARKNAGELS

In der Regel wird die Fraktur geschlossen über den Marknagel reponiert. Sollte dies nicht gelingen, so sind zusätzliche Maßnahmen und «Tricks» erforderlich. Dies können Umlenkschrauben sein, die den Marknagel führen, zum Beispiel bei proximalen Tibiafrakturen. In Einzelfällen finden Repositionszangen Anwendung, die über kleine Inzisionen die Fragmente stellen. Zum Einbringen wird der gewählte Nagel am Nagelhandgriff befestigt (**Abb. 7**). Die Halteschraube sollte fest angezogen werden, um eine Lockerung während des Einbringens des Nagels zu verhindern. Eine unbemerkte Lockerung führt zum Ausschlagen der Nuten am Nagel und kann in der Folge zur Fehlplatzierung der proximalen Verriegelungsschrauben über das Zielgerät führen. Mit dem Zielgerät und den Bohrhülsen wird die

korrekte Zusammenstellung von OP-Pflege und Operateur kontrolliert. Für das Einschlagen wird das Zielgerät wieder entfernt. Zum Einbringen des Nagels wird die Ambossschraube am Nagelhandgriff eingedreht. Der Nagel wird über den Führungsspieß eingeführt. Ist der Nagel korrekt ausgerichtet, wird er durch Hammerschläge auf die Ambossschraube in die endgültige Position eingebracht (**Abb. 8**).

*INFO: Nicht auf das Zielgerät direkt schlagen – nur auf die Ambossschraube!*

Drei Rillenmarkierungen am Nagelhandgriff ermöglichen die Bestimmung der korrekten proximalen Eindringtiefe des Marknagels in der Röntgendurchleuchtung.

Wird der Nagel dynamisch verriegelt, ist eine Eindringtiefe von 7 bis 12 Millimetern anzustreben. Der Marknagel kann unter Belastung bis 7 Millimeter proximal gleiten und es sollte eine Irritation der Patellarsehne durch Nagelmigration vermieden werden. Sollte ein Zurückziehen des Nagels zur korrekten Ausrichtung erforderlich sein, so kann dies durch manuellen Zug am Nagelhandgriff erfolgen. Alternativ kann die Universalstange auf die Ambossschraube geschraubt werden und der Nagel vorsichtig geführt zurückgeschlagen werden.

*INFO: Der Nagelkopf ist mit einer Kerbung versehen, um den Nagelkopf unter dem Bildwandler zu lokalisieren. Drei Rillenmarkierungen am Einschlaginstrument im Abstand von 2, 7 und*



Bild 5

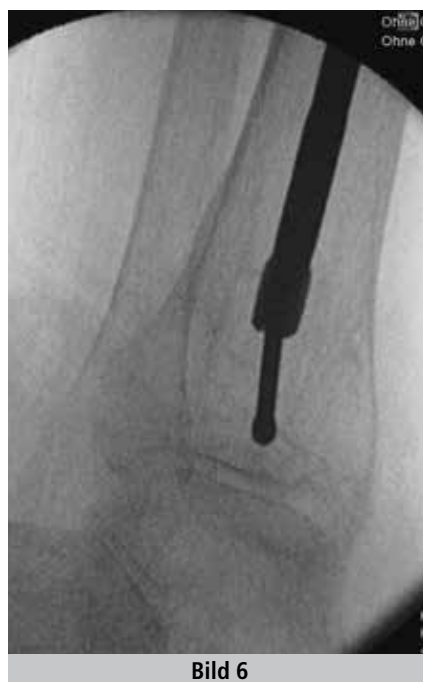


Bild 6



Bild 7

12 Millimetern vom Nagelkopf ermöglichen unter Bildwandlerkontrolle die Bestimmung der korrekten proximalen Eindringtiefe des Nagels.

### DISTALE FREIHANDVERRIEGELUNG

Im Normalfall erfolgt zuerst die Verriegelung der distalen Schraubenlöcher. Das geschieht in Freihandtechnik. Die Rotationsausrichtung sollte vor der distalen Verriegelung des Nagels überprüft werden. Dies kann unter Zuhilfenahme des Zielgeräts erfolgen, um proximal die Rotation auszurichten. Der entscheidende Schritt der distalen Freihandverriegelung ist die exakt runde Einstellung des Verriegelungslochs mit dem Bildwandler. Nach Entfernung des Führungsspießes (!) wird das Schraubenloch mit dem AO-Bohrer 4,2 Millimeter bikortikal gebohrt. Der Bohrer wird im Winkelgetriebe unter Bildwandlerkontrolle zunächst schräg mit der Spitze auf das Verriegelungsloch zentriert ausgerichtet (**Abb. 9**). Unter Bildwandlersicht wird der Bohrer anschließend senkrecht zum Marknagel gehalten und beide Cortices durchbohrt. Die korrekte Bohrung wird in beiden Ebenen mit dem Bildwandler kontrolliert. Die distale Verriegelung sollte mit mindestens zwei Verriegelungsschrauben durchgeführt werden, besser sind drei. Nach Verriegelung der distalen Schrauben des Marknagels kann nun unter Bildwandlerkontrolle mit dem Ausschlaginstrumentarium die Fraktur auf Stoß gebracht werden.

### PROXIMALE VERRIEGELUNG MIT ZIELGERÄT

Die proximale Verriegelung wird mit dem Zielgerät durchgeführt. Das Zielgerät bietet vier proximale Verriegelungsoptionen für den Standard-Tibianagel. Je nach Frakturtyp stehen drei verschiedene Techniken des T2-Systems zur Verfügung:

- **Dynamische Verriegelung:**  
Querfrakturen sind die Indikation für eine dynamische Verriegelung des Marknagels. Die Verriegelungsschraube in dem proximalen Langloch kann durch die Belastung des Patienten bis 7 Millimeter gleiten. Auf diese Weise kann sich die Fraktur unter axialer Belastung zusätzlich setzen, während die Torsionsstabilität erhalten bleibt.
- Für die dynamische Verriegelung wird proximal nur eine mediale Verriegelungsschraube mit kurzem Gewinde (Schaftschraube) in der dynamischen Position des Langlochs eingebracht. Die anderen proximalen Verriegelungslöcher werden nicht besetzt. Die Dreierkombination aus Gewebeschutzhülse, Bohrerführungshülse und dem Mandrin werden für das dynamische Verriegelungsloch am Zielgerät von medial eingeführt (**Abb. 10**).
- Nach Stichinzision der Haut werden diese bis auf den Knochen vorgeschoben. Zum Bohren wird der AO-Bohrer 4,2 x 260 Millimeter verwendet. Die korrekte Schraubenlänge kann an der Skala des Bohrers am Ende der Bohrerführungshülse abge-

lesen werden (**Abb. 11**) oder mit der Schraubenlängensonde bestimmt werden.

- Als Besonderheit wird die dynamische Schraube mit einer Schaftschraube belegt. Daher muss die erste Kortikalis zusätzlich mit dem AO-5 x 180
- Millimeter-Bohrer aufgebohrt werden. Die Schaftschraube wird über die Gewebeschutzhülse eingedreht. Die korrekte Position ist erreicht, wenn die Rillenmarkierung des Schraubendrehers mit dem Ende der Gewebeschutzhülse übereinstimmt.
- **Statische Verriegelung:**  
Eine statische Verriegelung wird dann erreicht, wenn mindestens eine der zwei schrägverlaufenden proximalen Verriegelungsschrauben belegt wird. Diese Technik eignet sich für Frakturen mit spiralförmig verlaufenden Frakturenden oder Trümmerzonen, wenn ein Gleiten nicht erwünscht ist.
- Grundsätzlich lässt sich auch das mediale Langloch in einer statischen Position verriegeln, in der Praxis wird es jedoch meist in der dynamischen Position besetzt. Diese Taktik erlaubt es, in einem Intervall nach zum Beispiel acht Wochen, durch Entfernen der statischen Schrauben den Marknagel zu dynamisieren und die Frakturheilung hierdurch anzuregen. Für die statische Verriegelung werden 5 Millimeter-Gewindeschrauben verwendet.
- **Komplexe Kompressionsverriegelung (advanced compression):** Die komplexe Verriegelungstechnik findet zum Beispiel bei



Bild 8



Bild 10



Bild 9



Bild 11



Bild 12

Schrägfrakturen Anwendung, die vorkomprimiert werden sollen. Für die komplexe Verriegelungstechnik werden nur das dynamische Loch und das proximale der beiden statischen Verriegelungslöcher am Nagelkopf verwendet (**Abb. 12**).

- Das mittlere der drei proximalen Verriegelungslöcher am Nagelkopf wird durch die Kompressionsschraube verlegt. Die Kompressionsschraube für die komplexe Kompressionsverriegelung wird nach temporärer Entfernung der Nagelhalteschraube des Zielgeräts eingebracht und die Fraktur vorkomprimiert. Im Anschluss muss die Nagelhalteschraube wieder eingebracht werden und es erfolgt die Besetzung der proximalen statischen Verriegelungsschraube.

*INFO: Bei komplexer Kompressionsverriegelung kann das mittlere der drei proximalen Verriegelungslöcher am Nagelkopf nicht belegt werden, da die Kompressionsschraube das Loch blockiert (Abb. 12).*

### ENDKAPPE ODER KOMPRESSIONSSCHRAUBE ?

Nach Entfernen des Zielgeräts wird im Fall der dynamischen Verriegelung eine geeignete Kompressionsschraube eingebracht und die Fraktur über die Schaftschraube komprimiert. Eine Endkappe ist bei dynamischer Verriegelung nicht mehr erforderlich.

Für die komplexe Kompressionsverriegelung und die statische Verriegelung wird eine Endkappe verwendet. Diese erlaubt eine optimale Passgenauigkeit des Nagels

und verhindert ein Einwachsen von Knochen- und Narbengewebe in das proximale Nagelgewinde (**Abb. 12**). Die Endkappe wird mit dem Schraubendreher eingedreht und sollte bis zum Anschlag eingedreht werden, um eine Lockerung zu vermeiden. Zum Abschluss erfolgt die Bildwandlerdokumentation der Tibia in zwei Ebenen.

### NAHT, VERBAND UND NACHBEREITUNG

Zuletzt erfolgt die Spülung des Wundgebiets, Einlage einer Redondrainage und der Wundver-

schluss. Nach sterilem Verband wird das Bein mit Watte und elastischen Binden gewickelt.

### BIBLIOGRAFIE

DOI 10.1055/s-0033-1363316

Im OP 2014; 1 : 8-12

© Georg Thieme Verlag KG

Stuttgart · New York · ISSN 1611-7905 |

### AUTOREN

#### Sascha Schroeter

OP-Pflege BGU Murnau

E-Mail: [saschaschroeter@gmx.ch](mailto:saschaschroeter@gmx.ch)

#### PD Dr. Sven Hungerer

Leitender Oberarzt

Septische Rekonstruktive

Chirurgie BGU Murnau

E-Mail: [Sven.Hungerer@bgu-murnau.de](mailto:Sven.Hungerer@bgu-murnau.de)



Geissmann Papier AG

## Sterilgutverpackungen

- ✓ für Spitäler und Kliniken
- ✓ Testsysteme für Sterilisation
- ✓ Impuls- und Durchlaufsiegelgeräte validierbar
- ✓ qualifizierte Beratung
- ✓ Service



[info@geissmannpapier.ch](mailto:info@geissmannpapier.ch)  
[www.geissmannpapier.ch](http://www.geissmannpapier.ch)  
<http://shop.geissmannpapier.ch>

Geissmann Papier AG  
 Güterstrasse 5  
 CH 5605 Dottikon

Tel: +41 56 616 77 77  
 Fax: +41 56 616 77 78



**HAWO Geräte** garantieren Ihnen ein einwandfreies Verschliessen der Sterilgutverpackungen nach DIN 58953-7. Wartung und Validierung erfolgen bei uns im Hause. Ersatzgerät kostenlos.

Besuchen Sie uns doch auch online?  
[shop.geissmannpapier.ch](http://shop.geissmannpapier.ch)

