

Unfallchirurg 2016 · 119:885–889  
 DOI 10.1007/s00113-016-0210-4  
 Online publiziert: 8. Juli 2016  
 © Der/die Autor(en) 2016. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

**Redaktion**  
 P. Biberthaler, München



Kaj Klaue<sup>1</sup> · H. Zwipp<sup>2</sup> · T. Mittlmeier<sup>3</sup> · N. Espinosa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Reparto di Chirurgia Ortopedica, Clinica Luganese Moncucco, Lugano, Schweiz

<sup>2</sup> Klinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der TU Dresden, Dresden, Deutschland

<sup>3</sup> Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universität Rostock, Rostock, Deutschland

<sup>4</sup> Fuß- und Sprunggelenkchirurgie, Uniklinik Balgrist, Zürich, Schweiz

## Die innere Kreisbogen-Osteosynthese der tibio-talo-calcanealen Arthrodese

### Einführung

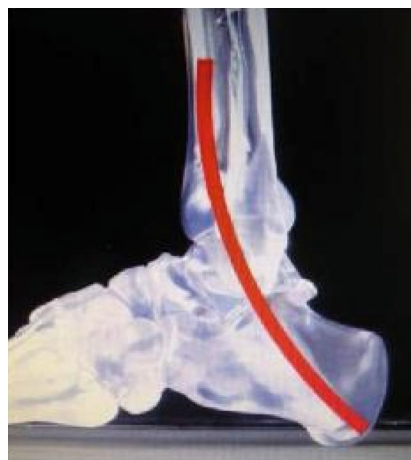
Die tibio-talo-calcaneale Arthrodese erfährt heute eine steigende Popularität in der rekonstruktiven Chirurgie. In der Vergangenheit wurde diese Arthrodese oft als eventuelle Alternative bei der Indikation zur Beinamputation diskutiert. Dabei werden heute die Indikationen bei posttraumatischen Zuständen, bei kongenitalen Fehlstellungen, bei rheumatischer Polyarthritiden oder bei diabetischer Charcot-Arthropathie gestellt. Heute stellt man fest, dass der funktionelle Erfolg nach tibio-talo-calcanealer Arthrodese von einer peinlich genauen Orientierung des Rückfußes abhängt. Dies gilt besonders, wenn die extrinsischen Muskeln, insbesondere die Mm. tibialis posterior, peroneus brevis, tibialis anterior und peroneus longus funktionsfähig bleiben. Dazu gehört die anatomische Führung der Sehnen um den lateralen und den medialen Knöchel. Die Fixation der Arthrodese ist eine mechanische Herausforderung, weil die Belastung durch das Körpergewicht und über die Hebelarme des Fußes hoch ist. Die funktionelle Mechanik des Rückfußes zeigt, dass keine konstante Zug- oder Druckseite besteht und dass relevante Rotationskräfte in der horizontalen Ebene bestehen [4].

### Problematik

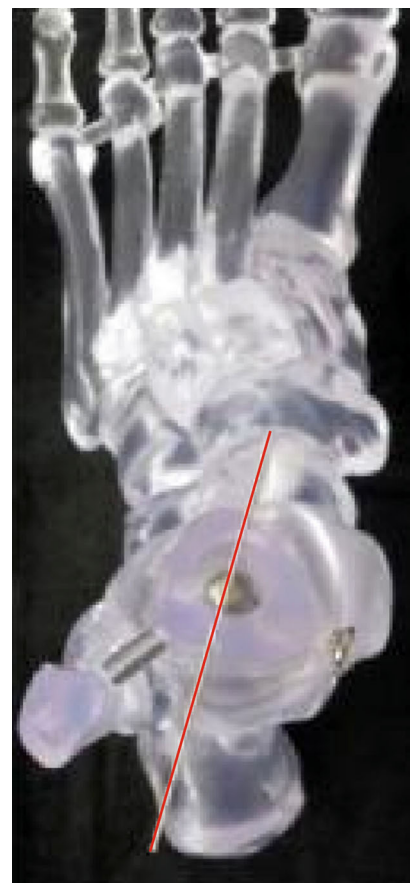
Das normale „Alignment“ des Rückfußes in der frontalen oder Koronarebene

ist ein leichter physiologischer Valgus (ca 5–7 Grad Valgus) [4, 9]. Das Alignment der distalen Tibia, des Taluskörpers und des Tuber calcanei folgt einer anatomischen Linie, die das Tuber calcanei, die hintere Facette des subtalaren Gelenks, den Taluskörper, das tibio-talare Gelenk und die distale Tibiametaphyse verbindet. Diese Linie liegt auf einem Kreisbogen (Abb. 1), der in einer zur Belastungsebene senkrechten, ca. 15–20 Grad nach innen gerichteten Ebene liegt (Abb. 2).

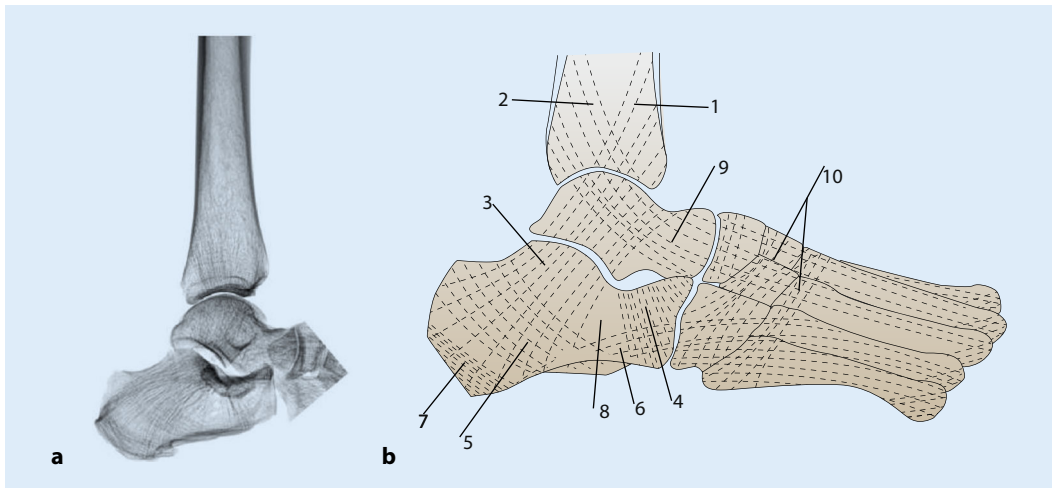
Man erkennt diese Linie auch in der inneren ossären Struktur der Knochen. Calcaneus, Talus und Tibiametaphyse sind intern von einem feinen, verdichteten, Spongiosaknochen-Netz durchflochten, dessen Orientierung diesem Kreisbogen entspricht ([4]; Abb. 3a).



**Abb. 1** ▲ Das physiologische Alignment des Rückfußes entspricht einem Kreisbogen (Modell). Aus [10]



**Abb. 2** ▲ Die Ebene des Kreisbogens liegt in einer zur Belastungsebene senkrechten leicht nach innen rotierten Ebene. Der Kreisbogen weist einen Radius von ungefähr 20 cm auf. Aus [10]



**Abb. 3** ◀ Knochen-trabekel des Rückfußes: **a** seitliches Röntgenbild eines weiblichen Skeletts; **b** Trabekel des Rückfußes, schematisches Diagramm (mod. nach [4])



**Abb. 4** ▲ Kreisbogenförmige Bohrung durch Calcaneus, Talus und distale Tibia und entsprechend kongruente, formschlüssige Nageleinführung (schematisches Diagramm)

Ziel der Operation ist es, Tibiametaphyse, Talus und Calcaneus in einem anatomischen Alignment fest zu verbinden, sodass eine zumindest teilbelastete, frühfunktionelle Behandlung möglich ist. Die anatomischen Gegebenheiten suggerieren, dass der optimale Kraftträger entlang des beschriebenen Kreisbogens verläuft.

Heute verbreitete „gerade“ Fixationsnägel haben eine plantare Eintrittsstelle, die genau über dem Verlauf des Nervus

plantaris lateralis liegt und dessen Integrität stark gefährdet. Somit besteht die ernste Gefahr einer iatrogenen, invalidisierenden plantaren Neuropathie [1, 2, 3, 7, 8]. Der Nagel durchquert den Calcaneus an einer kurzen und extrem schwachen Stelle [7], die einen sehr unsicheren Halt gibt (neutrale Zone oder „Pseudoleerraum“) (Abb. 3b; [5, 9]). Ein gerader Nagel stellt den Rückfuß in eine Varus-Fehlstellung ein (fehlender Valgus). „Geknickte“ Nägel sollten diese iatrogene Fehlstellung vermeiden. Sie müssen jedoch durch eine größere Bohrung durchgestoßen werden [5] und ergeben wegen der unvermeidlichen Inkongruenz zwischen Bohrung und Nagelform eine inhärent instabile Fixation. Die Stabilität sollte dann mit zusätzlichen Maßnahmen (calcaneo-kuboidale Transfixation, blockierende, evtl. zementierte Sperrplatte [6]) verbessert werden.

### Lösung

Ein kreisbogenförmiger Nagel kann die Tibia, den Talus und den Calcaneus fest verbinden. Dabei handelt es sich um einen reinen „Knochnagel“, der nicht in einer vorbestehenden Öffnung, wie zum Beispiel dem Markraum bei Röhrenknochen geführt wird. Die Öffnung wird an der gewünschten Stelle vom Operateur angelegt (Abb. 4).

Dazu gehören einige Hilfsmittel: ein Zielgerät, die Bildverstärkerkontrolle und ein Bogenfräser. Mit dem Zielgerät platziert der Operateur die Ebene und das Zentrum des Kreisbogens. Drei Punkte

sind notwendig, um die Ebene des Bogens zu definieren (Abb. 5a).

Der Ansatz der Achillessehne, die mediale Schulter des Talushalses vor dem medialen Malleolus und die Tibiadiaphyse ergeben drei konstante Referenzpunkte. Das Zielgerät wird zuerst am Calcaneus und am Talus fixiert und dann mit einer Schanzschraube in der Tibiadiaphyse verankert. Die Ebene des Kreisbogens ist somit vorgelegt. Die Position des Zentrums des Bogens wird in dieser Ebene mit einem einstellbaren Hebelarm definiert. Dieses Zentrum entspricht dem Rotationszentrum des Fräsers für die Knochenbohrung. Dafür braucht es eine kurze Bildverstärkerkontrolle, wobei der Fuß mit dem Zielgerät (röntgendurchlässig) in der Bogenebene untersucht wird. Ein Bogen, der den Nagel simuliert, wird auf das vorgelegte Rotationszentrum des Fräsers (Achse) montiert und über dem Fuß projiziert (Abb 5b).

Die Position des Nagels kann genau im Calcaneus, im Talus und in der distalen Tibia geprüft werden. Bei eingestelltem Hebelarm ist die Schwenkachse des Knochenfräsers definiert. Eine biegsame Welle und Kopffräser werden mit einer steifen Führungshülse an den Bohrer montiert. Dieser wird auf die Schwenkachse montiert und die kreisförmige Öffnung vom Tuberculum calcanei bis zum Eintritt in den Tibiamarkraum gefräst (Abb. 5c).

Ein Nagel, der genau dem Durchmesser des Fräskopfes entspricht, wird dann eingeführt. Der Durchmesser des Nagels nimmt zwischen Spitze und Basis leicht zu, sodass ein ausgezeichnete Form-

schluss im Knochen zustande kommt. Der Formschluss besteht in sehr widerstandsfähigem, dichtem spongiösen Knochen und ergibt somit einen optimalen Kraftschluss. Die Rotationskräfte, die sich auf diese „zentrale“ Fixation negativ auswirken können, werden mit einer subtalaren, im Nagel festgedrehten Verriegelungsschraube und einer Verriegelungsschraube in der distalen Tibia aufgefangen (Abb. 6).

Der Außenknöchel wird mobilisiert und als Knochenplatte an der Tibia und am Talus fixiert.

## Klinik

Elf Fälle wurden mit der beschriebenen Technik in den letzten zwei Jahren behandelt. Das Alter der Patienten war im Schnitt 57 (45–65) Jahre und das Follow-up betrug mindestens drei Monate. Bei einem Patienten bestand eine schwere diabetische Charcot-Arthropathie, bei einer Patientin eine Hemiplegie, bei einer Patientin eine chronische rheumatische Polyarthrititis und bei einem Patienten eine kongenitale Klumpfußdeformität. Die sieben anderen Patienten wiesen schwere posttraumatische Deformitäten auf.

Der wesentliche Schritt ist immer die korrekte operative Einstellung der Rückfußachsen oder des Alignments. Diese Einstellung wird provisorisch mit Kirschnerdrähten fixiert. Die definitive innere Fixation dieser Einstellung geschah in allen Fällen ohne sekundäre Abweichung, wobei die Einführung des Nagels einen leichten, über seine gesamte Länge konstanten Widerstand zeigte. Das Anlegen des Zielgeräts, Ausfräsen und die Nagelfixation wurden regelmäßig innert 20–30 min durchgeführt. Die postoperative Phase verlief in allen Fällen in einem zirkulären Gips ohne Belastung für zwei Wochen zur bewegungsfreien Konsolidation der Weichteile. In der Folge wurde eine Teilbelastung in einem abnehmbaren Stiefel mit Nockensole (konvexe, steife Sohle) bis acht Wochen postoperativ erlaubt, wobei mehrere Patienten nach Anlegen des Stiefels sich ohne Entlastungsstöcke bewegten. Danach erfolgte in der Regel eine totale Belastung in normalem Schuhwerk. In zwei Fällen kam

Unfallchirurg 2016 · 119:885–889 DOI 10.1007/s00113-016-0210-4  
© Der/die Autor(en) 2016. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

K. Klaue · H. Zwipp · T. Mittlmeier · N. Espinosa

## Die innere Kreisbogen-Osteosynthese der tibio-talo-calcanealen Arthrodesen

### Zusammenfassung

Die tibio-talo-calcaneale Arthrodesen erfährt heute eine steigende Popularität in der rekonstruktiven Chirurgie. Die genaue anatomische Orientierung des Rückfußes und eine funktionelle extrinsische Muskulatur des Rückfußes sind unentbehrlich für ein gutes Ergebnis. Die Fixation der Arthrodesen ist ein mechanisches Problem. Gerade und geknickte Nägel sind anatomisch und mechanisch nicht optimal. Ein kreisbogenförmiger Knochennagel kann die Tibia, den Talus und den Calcaneus in anatomischem Alignment fest verbinden. Dabei handelt es sich um einen reinen „Knochennagel“, im Gegensatz zum „Marknagel“, der in einer vorbestehenden Öffnung bei Röhrenknochen geführt wird. Der Nagel wird durch eine kreisbogenförmige Aussparung geführt, die einen optimalen Formschluss zum Knochen

ergibt. Ein entsprechendes Zielgerät erlaubt das genaue Fräsen der Aussparung, die den spongiösen Knochentrabekeln folgt. Elf Fälle wurden mit dem Instrumentarium operiert, mit den Indikationen von posttraumatischen Zuständen, kongenitalen Fehlstellungen, rheumatischer Polyarthrititis und diabetischer Charcot-Arthropathie. Die gewünschte Einstellung des Alignments wird durch die Nageleinführung nicht beeinflusst. Die Fixation ergibt eine primäre Stabilität, mit dem Ziel einer frühzeitigen funktionellen Behandlung.

### Schlüsselwörter

Tibio-talo-calcaneale Arthrodesen · Tibio-calcaneale Arthrodesen · Rückfußnagel · Charcot · Rückfußalignment · Funktionelle Behandlung

## Internal circular arc osteosynthesis of tibiototalcalcaneal arthrodesis

### Abstract

Tibiototalcalcaneal arthrodesis has recently become more popular as a form of reconstructive surgery. The precise anatomical orientation and the functional extrinsic musculature of the hindfoot are essential for a satisfactory result. Fixation of the arthrodesis is a mechanical problem. Straight and angulated nails are not anatomically or mechanically ideal. A circular arc nail can fix the tibia, the talus and the calcaneus in anatomical alignment. This is a pure “bone nail”, in contrast to the “intramedullary nail”, which is driven through an existing opening in long bones. The nail is driven through a circular arc-shaped opening in the bone, which results in optimal form-fit between nail and bone. A corresponding aiming

device permits the precise shaping of the bone tunnel, which follows the orientation of the bone trabeculae. The instrumentation was applied in 11 cases, with the following indications: post-traumatic conditions, congenital deformities, chronic polyarthrititis and diabetic Charcot arthropathy. The desired alignment of the hindfoot is not affected while the nail is being introduced. The fixation achieves primary stability thus allowing for early functional treatment.

### Keywords

Tibiototalcalcaneal arthrodesis · Tibiocalcaneal arthrodesis · Hindfoot nail · Hindfoot alignment · Functional treatment

es zur weiteren Eintauchung auf Höhe des oberen Sprunggelenks mit Abbruch der Tibia-Verriegelungsschraube. Dies jedoch zum Vorteil der Konsolidation in optimaler Stellung. In allen Fällen ist eine knöcherne Konsolidation eingetreten, die manchmal mittels CT festgestellt wurde.

## Fazit für die Praxis

Die klinische Erfahrung zeigt bis heute, dass die tibio-talo-calcaneale Arthrodesen bei physiologischer Einstellung der Rückfußachsen mit einem flüssigen Gangmuster kompatibel ist. Die endosale, bogenkreisförmige Nagelfixation zwischen Tuber calcanei, Talus und distaler Tibiametaphyse erlaubt eine phy-



**Abb. 5** ▲ Technik der kreisbogenförmigen Rückfußnagelung: **a** Zielgerät. Es braucht drei Fixationspunkte, die die Ebene der Bohrung und des entsprechenden Nagels definieren (rote Punkte); **b** schwenkbares extrakorporales Nagelphantom. Unter Bildverstärker wird so der Drehpunkt des Kreisbogens eingestellt; **c** nach dem Fixieren des Drehpunktes folgt das Auffräsen des Calcaneus, des Talus und der distalen Tibia



**Abb. 6** ◀ Klinisches Beispiel der kreisbogenförmigen Fixation der tibio-calcanearen Arthrodeuse durch einen postero-lateralen Zugang: **a** Seitenbild präoperativ. **b** Seitenbild postoperativ. **c** AP-Bild präoperativ. **d** AP Bild postoperativ

biologische Einstellung des Rückfußes; sie folgt den anatomischen Belastungskräften, ergibt eine optimale primäre Stabilität durch einen stabilen Form- und Kraftschluss und erlaubt eine ungestörte Knochenkonsolidierung. Der Vergleich mit anderen Nagelverfahren ist heute auf die Operationstechnik begrenzt: Bei anderen „gebogenen“ Nägeln geschieht eine Änderung des Rückfußalignement beim Einschlagen, was zwangsmäßig mit einer traumatischen Erweiterung des Knochenlumens einhergeht. Der primäre Formschluss der Fixation wird dabei zumindest alteriert. Dabei wird ein „cut-out“ des Nagels aus dem Calcaneus und eine fehlende subtalare Konsolidation beobachtet. Die Stabilität wird bei diesen

Techniken mit weiteren Maßnahmen zu verbessern versucht, wobei die Autoren eine längere relevante Entlastung empfehlen [5].

### Korrespondenzadresse



**PD Dr. K. Klaue**  
 Reparto di Chirurgia  
 Ortopedica, Clinica Luganese  
 Moncucco  
 6900 Lugano, Schweiz  
 k.klaue@bluewin.ch

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** K. Klaue, H. Zwipp, T. Mittlmeier und N. Espinosa geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Anderson T, Linder L, Rydholm U, Montgomery F, Besjakov J, Carlson A (2005) Tibio-calcaneal arthrodesis as a primary procedure using a retrograde intramedullary nail: a retrospective study of 26 patients with rheumatoid arthritis. *Acta Orthop* 76:580–587
2. Brodsky JM, Verschae G, Tenenbaum S (2014) Surgical correction of severe deformity of the ankle and hindfoot by arthrodesis using a compressing retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 35(4):360–367
3. Budnar VM, Hepple S, Harries WG (2010) Tibiocalcaneal arthrodesis with a curved, interlocking, intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 31(12):1085–1092
4. Kelikian AS (2011) Sarrafian's anatomy of the foot and ankle, 3. Aufl. Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong-Kong Sidney Tokyo
5. Klos K, Wähnert D, Gueorguiev B, Schwieger K, Hofmann GO, Windolf M, Mückley T (2010) Development of a technique for cement augmentation of nailed tibiocalcaneal arthrodesis constructs. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 25(6):576–581
6. Klos K, Gueorguiev B, Schwieger K, Fröber R, Brodt S, Hofmann GO, Windolf M, Mückley T (2009) Comparison of calcaneal fixation of a retrograde intramedullary nail with a fixed-angle spiral blade versus a fixed-angle screw. *Foot Ankle Int* 30(12):1212–1218
7. Mendicino RW, Catanzariti AR, Saltrick KR et al (2004) Tibiocalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nailing. *J Foot Ankle Surg* 43:82–86
8. Moorjani N, Buckingham R, Winson I (1998) Optimal insertion site for intramedullary nails during combined ankle and subtalar arthrodesis. *Foot Ankle Surg* 4:21–26
9. Testut L, Jacob O (1909) *Traité d'Anatomie Topographique avec Applications Médico-chirurgicales*, Vol 2. Octave Doin, Paris, S 1110–1113
10. Klaue K (2015) *The foot, from evaluation to surgical correction*. Springer, Berlin Heidelberg

M. Galla, M. Walther  
**Arthroskopie an Sprunggelenk und Fuß**

**Das Praxisbuch der Techniken und Indikationen**

Stuttgart: Schattauer GmbH 2016,  
 1. Auflage, 340 S., 400 Abb., 9 Tab.,  
 (ISBN 978-3-7945-2967-4), 149.99 EUR

Die Arthroskopie an Sprunggelenk und Fuß hat in den letzten Jahrzehnten durch die technische Entwicklung von kleineren



Instrumenten und Optiken, die Etablierung zusätzlicher Portale, sowie die Einführung neuer Verfahren erhebliche Fortschritte gemacht. Entsprechend haben die ar-

throskopischen Verfahren in den vergangenen Jahren rasant zugenommen. Heute ist die Arthroskopie des Sprunggelenks ein Standardverfahren in Diagnostik und Therapie. Nach Knie und Schultergelenk ist es heute das am dritthäufigsten arthroskopierte Gelenk. Im Unterschied zu den meisten anderen Gelenken können sogar extra-artikuläre Strukturen wie beispielsweise ein Os Trigonum, die Haglund Exostose oder Sehnenpathologien (Tendoskopie) beurteilt und behandelt werden.

Das Buch „Arthroskopie an Sprunggelenk und Fuß: Das Praxisbuch der Techniken und Indikationen“ gibt einen Überblick über alle gängigen arthroskopischen Verfahren an Fuß- und Sprunggelenk. Im ersten, allgemeinen Teil werden Anatomie, klinische Untersuchung, sowie Bildgebung mit speziellem Fokus auf die Arthroskopie vorgestellt. Im zweiten Teil werden prinzipielle Techniken wie die Arthroskopie am oberen sowie unteren Sprunggelenk, Großzehengrundgelenk und Tendoskopie beleuchtet. Anschließend erfolgt die konkrete Darstellung von verschiedenen Verfahren für bestimmte Krankheitsbilder wie beispielsweise Arthrodesen, Plantarfaszienrelease, verschiedene Verfahren zur Knorpeltherapie oder Außenbandrekonstruktion. Dabei sind die einzelnen Kapitel übersichtlich und praktisch gegliedert. Es werden jeweils alle Aspekte von Indikation, Lagerung, Instrumentarium, Zugangswege und Untersu-

chungsgang, Operationstechniken, Nachbehandlung, bis Ergebnisse und Risiken berücksichtigt.

Besonders hervorzuheben ist die praktische Ausrichtung des Buches. In außergewöhnlich vielen Abbildungen erfolgt die Darstellung sämtlicher Aspekte. Anhand klinischer Fotos werden die verschiedenen Untersuchungstechniken dargestellt. Die Portale und Lagerungen werden für jeden Eingriff übersichtlich bebildert und auch die pathologischen Befunde sowie deren Behandlung werden ausführlich anhand der arthroskopischen Bilder herausgearbeitet. Darüber hinaus wird für jedes Verfahren eine konkrete Empfehlung zur Nachbehandlung angegeben.

Die Darstellung ist prägnant, praxisorientiert und übersichtlich. Nach der Lektüre hat der Leser Kenntnisse über Indikationen, die konkrete Durchführung der Eingriffe, sowie über die Ergebnisse und die Einordnung im Bezug zu anderen Verfahren. Das Buch ist uneingeschränkt zu empfehlen und ergänzt wirkungsvoll andere Fachbücher.

*H. Polzer (München)*