

Oper Orthop Traumatol 2024 · 36:96–104
<https://doi.org/10.1007/s00064-024-00844-y>
Eingegangen: 14. August 2023
Überarbeitet: 11. Oktober 2023
Angenommen: 21. Oktober 2023
Online publiziert: 27. März 2024
© The Author(s) 2024

Redaktion

Wolf Petersen, Berlin

Zeichnungen

Rüdiger Himmelhan, Mannheim



Single-cut- Derotationsosteotomie am distalen Femur zur Korrektur von Torsion und frontaler Achse

Florian B. Imhoff¹ · Mathieu Trierweiler²¹ Orthopädie und Traumatologie, Standort Bethesda Spital, Universitätsspital Basel, Basel, Schweiz² Kantonsspital Baselland, Liestal, Schweiz

Zusammenfassung

Operationsziel: Die Rotationsosteotomie bedingt eine komplette Durchtrennung des Knochens zur Korrektur der Maltorsion. Eine zusätzliche Korrektur der frontalen Achse kann durch eine definierte schräge Sägeebene der Osteotomie erzielt werden. Der direkte flächige Knochenkontakt wird mit einer winkelstabilen Osteosyntheseplatte fixiert.

Indikationen: Symptome wie anteriorer Knieschmerz, Inwardly-pointing-knee-Syndrom, laterale Patella(sub)luxation, laterale Patellahyperpression sind typische Beschwerden, welche in Kombination mit klinisch erhöhter femoraler Innenrotation und radiologisch erhöhter femoraler Antetorsion zur Indikation der Derotationsosteotomie führen.

Kontraindikationen: Kontraindikationen für die o. g. Derotation bestehen bei vermehrter Hüftaußenrotation versus Innenrotation, erhöhter femoraler Torsion aber keine vermehrte Hüftinnenrotation, Malcompliance wie Unfähigkeit der Stock-Teilbelastung. Zudem stellen generelle Risiken, die zu einer verzögerten Knochenheilung führen wie Nikotinabusus und Adipositas, relative Kontraindikationen dar; ebenso wie eine bereits bestehende patellofemorale Arthrose oder die Einnahme von Glukokortikoiden und Immunsuppressiva.

Operationstechnik: Es kann ein lateraler oder wahlweise medialer Zugang zum distalen Femur zur Darstellung des Knochens mit Eva-Haken gewählt werden. Die Verwendung von patientenspezifischen Schnittblöcke geben das geplante Ausmaß der Derotation und Ebene der Schnittführung sehr präzise vor. Durch eine definierte Single-cut-Schnittebene kann zusätzlich die frontale Achse korrigiert/verbessert werden. Eine zusätzliche biplanare Schnittführung mit anteriorem Wedge erhöht die intraoperative Stabilität und generiert eine größere Fläche für die Konsolidierung.

Weiterbehandlung: Aufgrund des extramedullären Kraftträgers ist eine Teilbelastung mit 15–20 kg an Stöcken für 6 Wochen empfohlen mit jedoch freier Beweglichkeit des Kniegelenks

Ergebnisse: Die Literatur beschreibt signifikant erhöhte Patientenzufriedenheit in Bezug auf Patellastabilität und Kniefunktion nach Kombinationseingriffen mit Derotationsosteotomie. Mit der Verwendung von PSI-Schnittblöcken ist die Genauigkeit der Osteotomie und der 3-dimensionalen Korrektur sehr hoch. Die delayed-union-Rate liegt bei ca. 10%.

Schlüsselwörter

Distale femorale Derotationsosteotomie · Single-cut-Osteotomie · 3D-Korrektur · Patientenspezifische Schnittblöcke



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

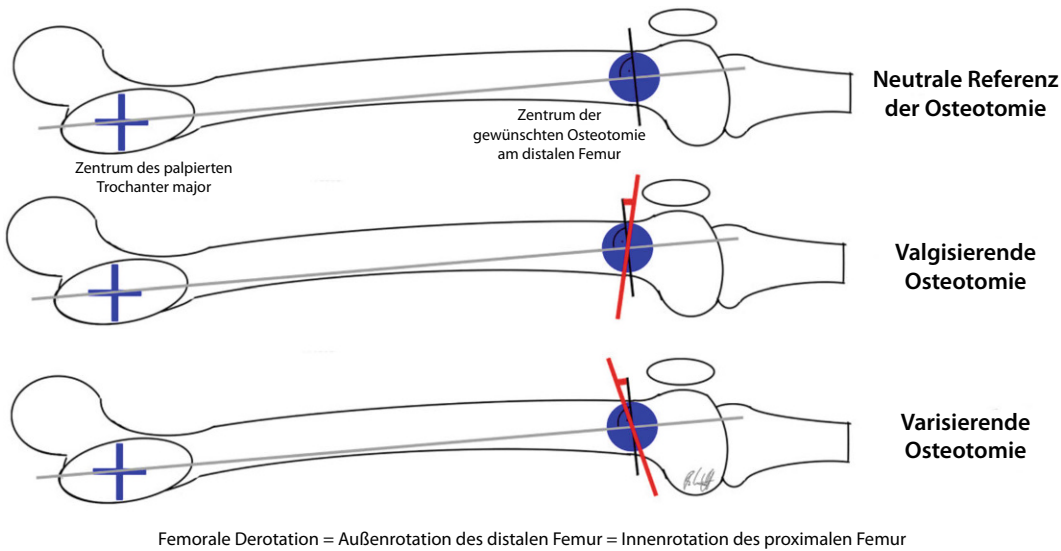


Abb. 1 ◀ Darstellung der Sägeschnittausrichtung von der seitlichen, lateralen Sicht: Eine Abschrägung in Richtung posteriore Kondylen bei Auswärtsdrehen des distalen Fragments (Derotation) führt zu einer Variierung der frontalen Achse. (Übersetzt ins Deutsche nach [5]. Mit freundl. Genehmigung © Florian B. Imhoff et al., CC BY 4.0 (<https://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/>))

Vorbemerkungen

Eine erhöhte femorale Antetorsion ist ein wichtiger Risikofaktor für die patellofemorale Instabilität und das vordere Knieschmerzsyndrom im Adoleszentenalter und bei Erwachsenen [2, 7]. Durch eine Derotationsosteotomie wird das distale Femur nach außen gedreht und ist eine zuverlässige Option, um diese Torsionspathologie im Rahmen der patellofemorale Instabilität in Kombination mit zusätzlichen Bandstabilisierungen zu korrigieren [6]. In der Literatur gibt es verschiedene Beschreibungen der Technik: entweder über einen medialen oder lateralen Zugang, Lage und Einstellung der Osteotomie [1, 3, 12]. Allerdings kann durch eine Rotation und einen leicht schrägen Schnitt zur mechanischen Achse eine ungewollte Veränderung der frontalen und sagittalen Achseinrichtung entstehen. Im schlimmsten Fall kann durch eine Korrektur der femoralen Maltorsion bei patellofemorale Instabilität gleichzeitig ein vermehrter Valgus entstehen, was bei dieser Grundproblematik der lateral luxierenden Patella die Symptome sogar verstärken kann [13].

In einem Berechnungsmodell über die 3-dimensionalen Korrektorebenen konnte gezeigt werden, wie schräg eine Sägeebe-ne bei einer Single-cut-Osteotomie sein muss, um bei gegebenem Derotationswinkel eine entsprechende Veränderung der frontalen Achse zu erreichen [5].

Hier ist wiederum die Implementierung der Planung am 2D-Röntgenbild in die Praxis und an den intraoperativ dargestellten Knochen sehr schwierig und lässt eine gewisse Varianz bzw. Ungenauigkeit zu. Hierfür eignen sich patientenspezifische Schnittblöcke extrem gut, welche zum einen die geplante Korrektur der Drehung/Rotation und zum anderen auch die schräge Sägeebe-nen vorgeben [9]. Im Folgenden wird die Single-cut-Osteotomie am distalen Femur mit und ohne Schnittblöcke gezeigt.

Operationsprinzip und -ziel

Nach kompletter Osteotomie am distalen Femur wird der distale Anteil um die Längsachse des anatomischen Schafts rotiert. Der Zugang kann von lateral oder medial erfolgen. Bei grundlegend erhöhter femoraler Antetorsion wird das distale Fragment nach außen gedreht, um eine Derotation zu erzielen. Gleichzeitig kann durch eine schräge Osteotomie zum Schaft im Rahmen der Drehung auch eine Veränderung/Korrektur der frontalen Achse erzielt werden (▣ Abb. 1). Nach Single-cut-Osteotomie bleibt ein direkter Knochenkontakt erhalten, was mit einer winkelstabilen Platte (von lateral oder medial) fixiert wird. Um eine zusätzliche Auflagefläche der Osteotomie zu erreichen, kann ein anteriores Schild in Keiltechnik generiert werden.

Vorteile

- Direkter Knochenkontakt ohne ossären Gap
- Biplanare Schnittführung mit anteriorem Schild führt zu erhöhtem Knochenkontakt und Stabilität der Osteotomie.
- Gute anatomische Übersicht über einen lateralen Subvastus-Zugang
- Geringe Zugangsmorbidität
- Gefäße und Nerven können sicher weggehalten und geschützt werden.
- Standard-Plattensysteme können verwendet werden.
- PSI-Schnittblöcke verbessern die Genauigkeit.

Nachteile

- Keine sofortige Vollbelastung möglich im Vergleich zu Marknagel-Fixateuren
- Traktus-Irritation durch Plattenlage sehr häufig, Folgeoperation mit Plattenentfernung notwendig
- Zusatzeingriffe wie MPFL-Rekonstruktion erschwert bei lateraler und auch medialer Plattenlage (Röntgenbild für optimalen Eintrittspunkt und Durchzug-Shuttlefäden)

Indikationen

Femorale Maltorsion:

- Chronische patellofemorale Instabilität insbesondere im Revisionsfall, „inwardly-pointing knee“, antero-

Operative Techniken

- re Kniebeschmerzen, laterale Patella-Hyperpression,
- klinisch erhöhte Hüft-Innenrotation $> 50^\circ$ und verringerte Hüft-Außenrotation ($< 20^\circ$),
- auffälliger Innenrotations-Adduktions-Gang, erhöhter Dynamic-Q-Angle,
- femorale Torsionswerte (MRT/CT) erhöht je nach Messmethode: Schneider et al. (MRT) $> 25^\circ$, Waidelich et al. (CT) $> 40^\circ$,
- posttraumatische und/oder iatrogen entstandene femorale Maltorsion, entsprechende Messmethode mit axialer Schnittbildgebung.

Kontraindikationen

- Klinisch keine erhöhte Hüft-Innenrotation trotz erhöhter femoraler Torsionswerte (es würde ein Außenrotationsgang resultieren \Rightarrow Acetabulumversion beachten)
- Rauchen und auch Adipositas sind relative Kontraindikationen, da mit verzögerter Knochenheilung zu rechnen ist
- Malcompliance in der Nachbehandlung (Teilbelastung nicht möglich)
- Offene Wachstumsfugen ist eine relative Kontraindikation.
- Schwere Patellofemoralarthrose als relative Kontraindikation

Patientenaufklärung

- Das erreichbare Korrekturziel der Derotation ist laut Literatur mit $\pm 2^\circ$ angegeben
- Verzögerte Knochenheilung und Pseudarthrose
- Revisionseingriff zur sekundären Stabilisation des medialen Kortex bei Korrekturverlust oder Schraubenlockerung
- Intraoperative Gefäß- und Nervenverletzung mit weiterer sofortiger Intervention
- Adaptation des Gangbilds dauert mindestens 6 Monate und verbessert sich bis zu 12 Monate postoperativ
- Bei neurologischer Grunderkrankung ist der muskuläre Aufbau postoperativ beeinträchtigt und verlängert.

Operationsvorbereitungen

- Planung anhand von Röntgen-Ganzbeinaufnahme (ist zusätzlich eine frontale Korrektur notwendig?)
- Axiale Bildgebung (MRT oder CT) zur Bemessung der Torsion und Entscheid zum Korrekturziel
- 3D-Ganganalyse sinnvoll
- Lagerung im elektrischen Beinhalter mit Blutsperren-Manschette am Oberschenkel soweit proximal wie möglich

Instrumentarium

- Eva-Haken, K-Drähte (Stärke 2,0 mm oder 1,6 mm) für die Vorgabe der Osteotomieebene, Sägeblatt (z.B. Gomina-Sägeblatt: Stärke 0,9 mm, Länge 90 mm)
- Winkelmesser, Fixateur externe Grundmaterial mit Verriegelungsbolzen und Schanz-Pins
- Patientenspezifische Schnittblöcke (PSI)
- Winkelstabile Platten, Typ Fixateur interne

Anästhesie und Lagerung

- Standardlagerung in Rückenlage. Blutsperrenmanschette wird soweit wie möglich proximal angelegt, jedoch nicht aktiviert (intraoperative Koagulation), elektrischer Beinhalter hat sich bewährt für eine feste proximale Fixierung, sodass bei Repositionsmaneuvern nach kompletter Osteotomie nur das distale Fragment manipuliert und gehalten werden muss.
- Spinalanästhesie sowie Allgemeinanästhesie möglich, ggf. zusätzlicher Schmerzkatheter oder „single-shot“ N. femoralis
- Perioperative Antibiotikaprophylaxe Cefuroxim intravenös gewichtsadaptiert
- Cyclokapron 1 g intravenös perioperativ

Operationstechnik

▣ **Abb. 2, 3, 4 und 5**

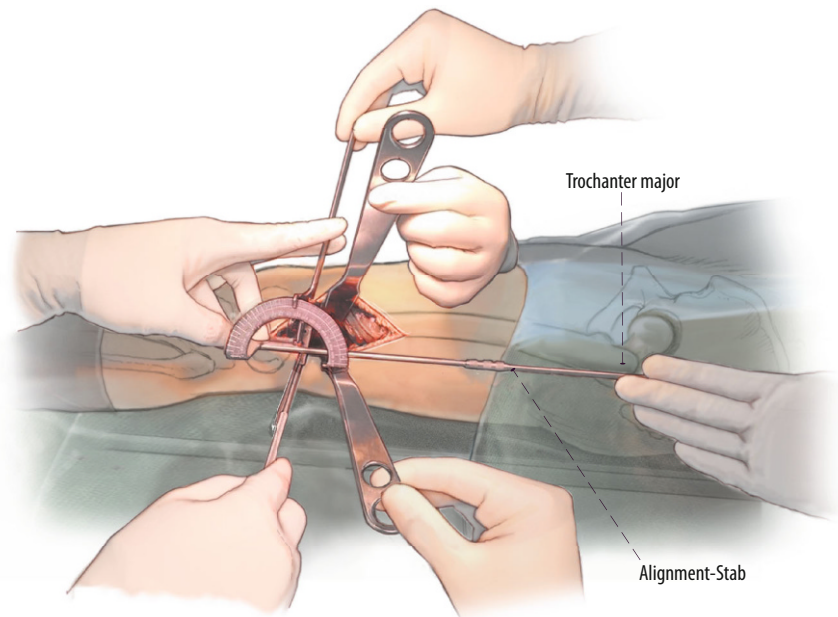


Abb. 2 ▲ Hautschnitt am lateralen distalen Oberschenkel über etwa 10 cm, distal zum lateralen Femurkondylus als Landmarke. Darstellung des Tractus iliobtibialis. Längsschnitt und Subvastus-Zugang. Blutkoagulation vor allem der hier vorhandenen Perforansvenen. In der Regel führen wir diese Operation ohne Blutsperre durch. Einsetzen zweier Eva-Haken anterior und posterior des Femurs. In konventioneller Technik ohne Schnittblöcke wird die anatomische Schaftachse vom Trochanter major zum Epicondylus femoris lateralis mit einem Alignment-Stab gehalten und mit einem Winkelmesser die gewünschte Inklination des Sägeschnitts eingestellt [8]. Als intraoperative Referenz proximal dient der Trochanter major, distal des Epicondylus lateralis femoris

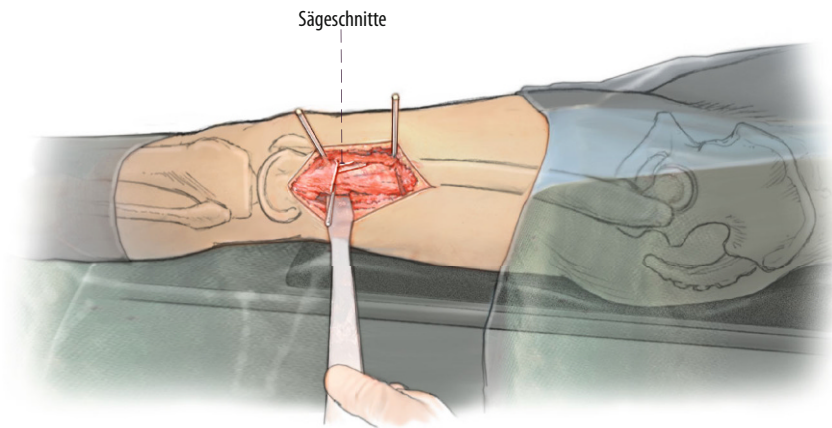


Abb. 3 ▲ Zwei temporäre K-Drähte helfen als Führung für die Sägeebe. Anschließend werden zwei K-Drähte der Stärke 2,5 mm als Rotationskontrolle (1-mal proximal, 1-mal distal der geplanten Osteotomie) eingebracht. Als Alternative zur erhöhten Sicherheit können auch zwei Steinman Fixateur-Pins (z. B. AO Fixateur Fa. Synthes) als Rotationskontrolle und intraoperative Fixationsmöglichkeit verwendet werden, wie in diesem Fall gezeigt. *Cave:* Für die Positionierung dieser Drähte oder Pins muss die korrekte Plattenlage antizipiert werden! In diesem Fall ist die Ebene nicht senkrecht zum anatomischen Schaft: Der posteriore Anteil ist distaler gelegen in Richtung posteriore Kondylen, was zu einer zusätzlichen Varisation der frontalen Achse führt. Die Osteotomie wurde mit anteriorem Wedge gesägt. Um eine erhöhte Auflagefläche der Osteotomie zu erreichen, wird üblicherweise eine Osteotomie in L-Schnitt mit anteriorem Wedge gesägt. Dieses anteriore Schild wird in Keiltechnik mit einer Basishöhe von ca. 5 mm (bei 10° Rotation) bis zu 8 mm (bei 20° Derotation) generiert [3]

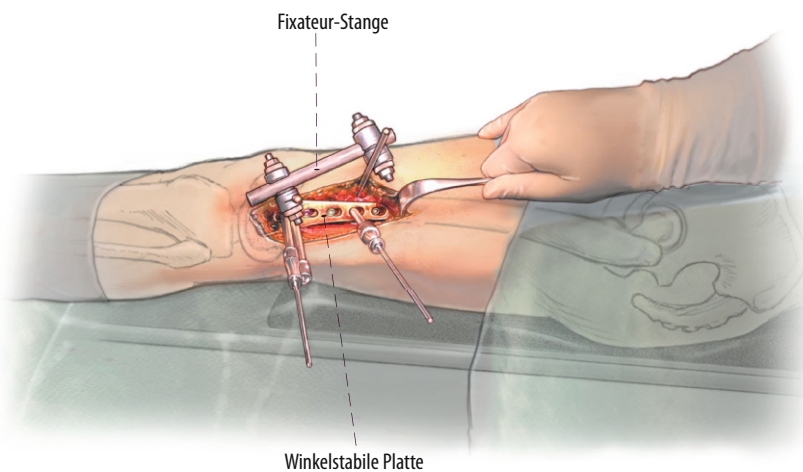


Abb. 4 ▲ Oft muss in Richtung medialem Osteotomiespalt bei L-Technik noch mit einem Meißel nachgearbeitet werden. Anschließend kann die Drehung des distalen Anteils um die gewünschte Gradzahl vorgenommen werden. Eine temporäre Fixierung des Femurs über Fixateurstangen kann zur Hilfe angebracht werden. Die Fixation wird mit einer winkelstabilen Platte Typ Tomofix (Fa. Synthes) vorgenommen. Anschließend können die Hilfsdrähte entfernt werden. Nach Einlage einer Redondrainage als Überlaufbeutel (ohne Sog), werden Traktus, Subkutis und die Haut verschlossen.

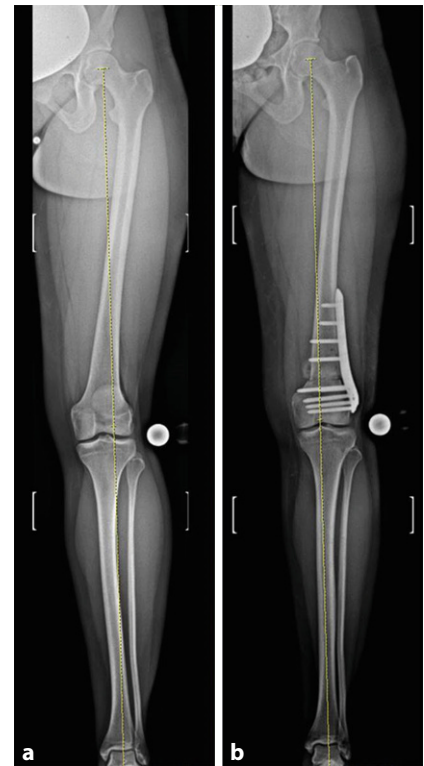


Abb. 5 ▲ Die postoperative Röntgenbildgebung der Ganzbeinachse wird standardmäßig nach 3 Monaten gemacht. Ganzbeinröntgenbild präoperativ (a) und 3 Monate postoperativ (b) nach Derotationsosteotomie um 15° und gleichzeitige Varisierung um 3°

Besonderheiten

(▣ Abb. 6, 7, 8, 9, 10 und 11)

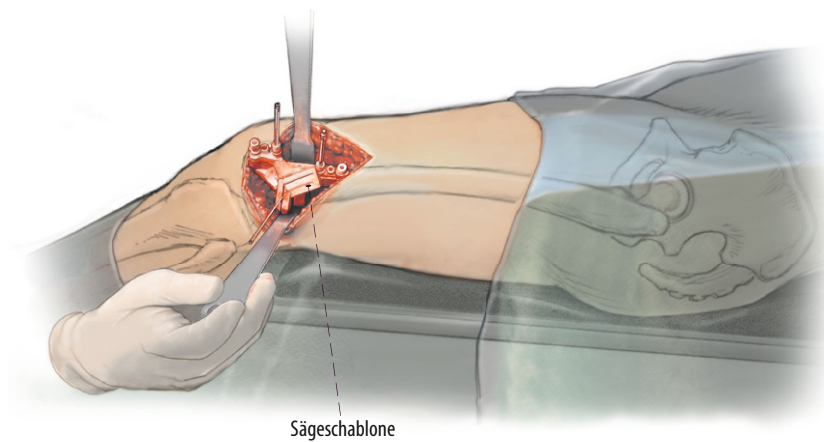


Abb. 6 ▲ Der Erstautor verwendet mittlerweile fast ausschließlich patientenspezifische Instrumentation (PSI-Schnittblock, Fa. Medacta, Schweiz) für diese Operation. Hierfür muss das Femur weiter freipräpariert werden, sodass der Schnittblock vollständig auf die Konturen der Femurform passt. Der Hautschnitt und die Exposition sind etwas größer im Vergleich zur konventionellen Technik. Es werden 4 Steinman-Pins (4,5 mm) für die Sägeschablone mit entsprechenden Reduzierhülsen eingebracht, ein K-Draht kann für die Röntgenkontrolle der Osteotomiehöhe eingebracht werden

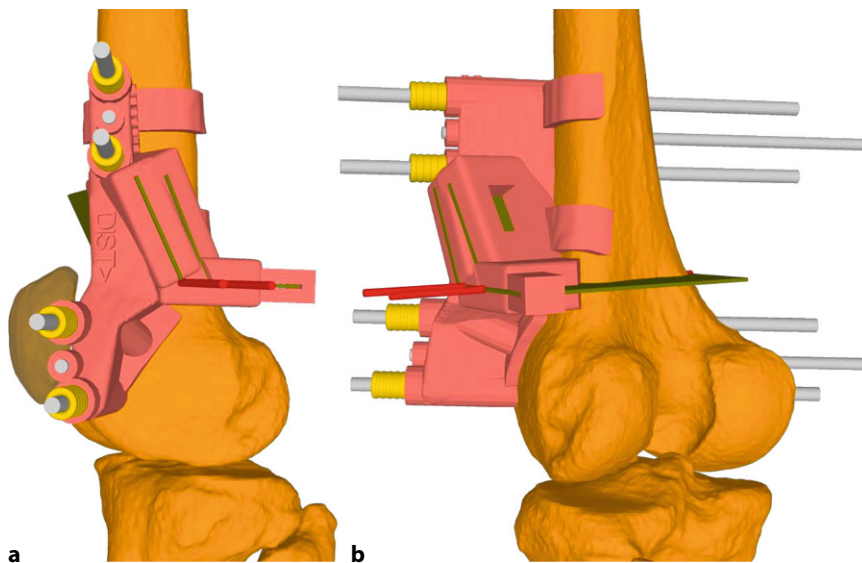


Abb. 7 ▲ Geplanter Schnittblock: **a** von lateral, **b** mit Ansicht von posterior (Fa. Medacta, Schweiz. Planung CARD Team Balgrist, Zürich, Schweiz). Der Schnittblock wurde anhand eines Templates generiert mit Schnittführung für die Rotationsosteotomie und für die Generierung eines anterioren Wedges, welche nach lateral herausgenommen werden kann

Abb. 8 ► Die Inklination des Sägeschnitts wurde mit einer 3D-Planung anhand der CT-Bildgebung mit Segmentierung des Knochens von Hüfte-Knie-Sprunggelenk geplant mit Einstellung der gewünschten Rotation und Korrektur der frontalen Achse über eine entsprechend schräge Schnittebenen: posterior (Fa. Medacta, Schweiz. Planung CARD Team Balgrist, Zürich, Schweiz); Durchführung einer distalen femoralen und distalen tibialen Derotationsosteotomie, die *blaue Linie* zeigt die mechanische Achse, welche in diesem Fall unverändert (0,5° Varus) bleiben soll



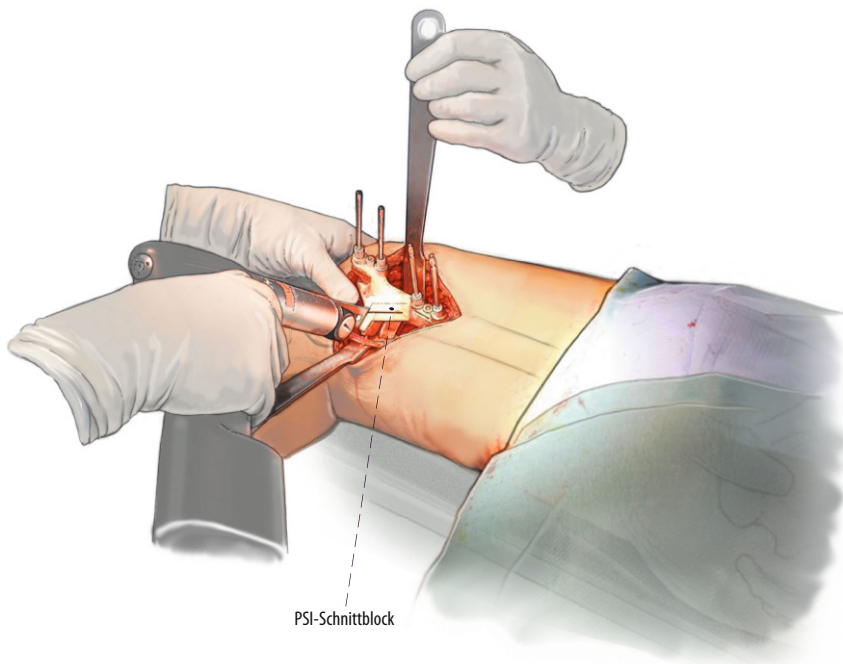


Abb. 9 ▲ Der gezeigte PSI-Schnittblock wurde auch mit einem anteriorem Osteotomie-Keil geplant. Die biplanare Osteotomie mit anteriorem Wedge wird nun mit einem klar definierten Sägeblatt (z. B. Typ Gomina, Stärke 0,9 mm, Länge 90 mm) durch den angelegten Schnittblock schlitzzgeführt gesägt

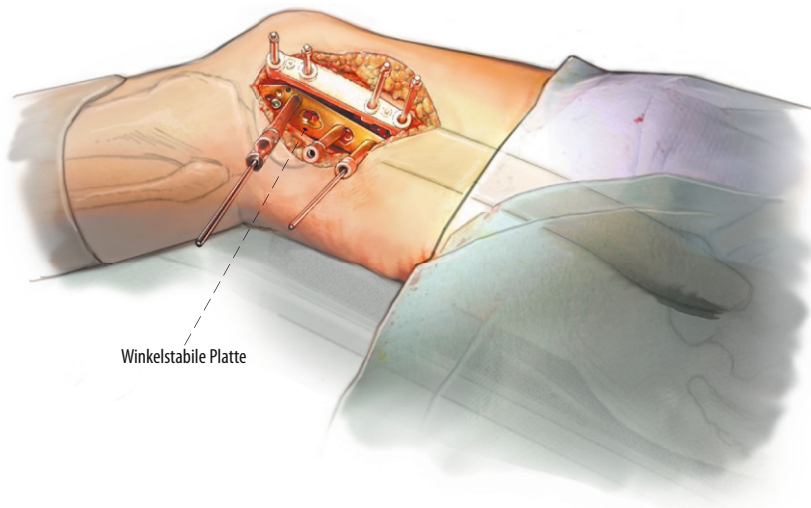


Abb. 10 ▲ Anschließend kann der Guide entfernt und der anteriore Knochenkeil entnommen werden. Es erfolgt die Derotation des distalen Anteils nach aussen und der Repositionsguide kann aufgelegt werden, welcher die korrekte Rotation und Stellung temporär fixiert über Reduzierhülsen. Es wird eine winkelstabile Platte (z. B. Typ Tomofix, Fa Synthes) aufgelegt und fixiert. Alle Hilfsdrähte und Guides werden entfernt. Der Verschluss des Situs ist gleich wie oben beschrieben

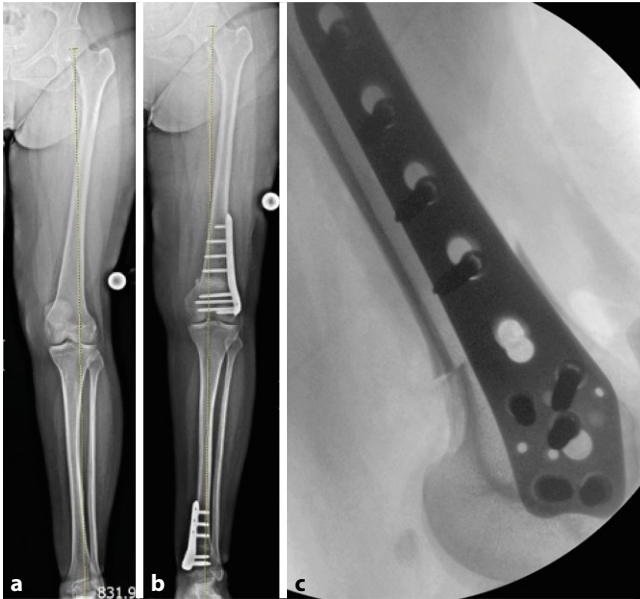


Abb. 11 ▲ Die intraoperative Röntgenkontrolle in zwei Ebenen zeigt die korrekte Lage der Platte und die Schnittführung mit anteriorem Wedge-Ausläufer. **a** Ganzbeinröntgenbild präoperativ und 3 Monate postoperativ nach distaler femoraler Derotation um 12° und distaler tibialer Derotation um 17° (**b**). **c** Intraoperative Kontrolle der Plattenlage und Osteotomieebene mit anteriorem Schild, Fixation mit einer winkelstabilen Platte

Postoperative Behandlung

- Teilbelastung 15–20 kg wegen Plattenosteosynthese für 6 Wochen, Thromboseprophylaxe in dieser Zeit (mit z. B. niedermolekularem Heparin s.c.)
- Freie Beweglichkeit des Kniegelenks
- Mobilisation unter physiotherapeutischer Anleitung mit Gehstöcken als Ziel, ggf. zusätzliche Gehhilfe (Rollator, Rollstuhl)
- Passive Bewegungsschiene im Liegen ab 1. postoperativer Tag. Elektrostimulation der Oberschenkelmuskulatur zur Verminderung der zu erwartenden Muskelatrophie
- Adäquate Schmerztherapie, optional Schmerzkatheter möglich bis 2 Tage postoperativ
- Elastokompressive Wickelung ohne Gippschiene oder Gipsverband, Entfernung Drainagematerial 2. postoperativer Tag, Wechsel auf Kompressionsstrumpf im Verlauf
- Klammer/Fadenentfernung 12–14 Tage postoperativ
- Erste radiologische Nachkontrolle 6 Wochen postoperativ: Röntgenaufnahme Knie a.-p./lateral

- Nach 6 Wochen Übergang zur möglichen Vollbelastung schmerzadaptiert, Benutzung der Gehhilfen (Stöcke, Rollator) bis erlangte und sichere Vollbelastung. Zunehmende Kräftigungsübungen und Beinachsentraining physiotherapeutisch instruiert.
- Nächste radiologische Verlaufskontrolle 3 Monate postoperativ mit Zielsetzung erlangte Vollbelastung ohne Gehhilfe. Röntgenaufnahme Knie a.-p./lateral und Ganzbeinaufnahme Orthoradiogramm
- Weitere Nachkontrollen klinisch und bei Bedarf radiologisch 4,5 Monate, 6 Monate, 9 Monate, 1 Jahr postoperativ mit zusätzlicher Ganganalyse und biomechanischer Testung zum präoperativen Vergleich. Anpassungszeit des Gangbilds kann bis 1 Jahr postoperativ brauchen.
- Bei Traktus-Irritation durch einliegendes Plattenlager, Entfernung möglich bei vollständiger radiologischer Konsolidierung

Fehler, Gefahren, Komplikationen und ihre Behandlung

- Normalerweise ist ein interner Plattenfixateur (z. B. Synthes Tomofix)

medial oder lateral ausreichend, bei Korrekturverlust und Insuffizienz der Osteosynthese (weniger wie 3 bikortikale Schrauben proximal) ist eine Doppelplatten-Osteosynthese zu erwägen.

- Marknagel-Fixierung ist eine gute Alternative und ist sofort belastungsstabil. Der Nachteil liegt in der zusätzlichen Zugangsmorbidität und im Rahmen von gelenknahen Osteotomien schlechteren Verankerungsmöglichkeiten der Bolzen, was wiederum zu einem Korrekturverlust führen kann.
- Komplikationen der Plattenosteosynthese sind die verzögerte Knochenheilung und Pseudarthrosenbildung. Normalerweise ist eine volle Durchbauung radiologisch nach 4–6 Monaten erzielt. Eine CT-Bildgebung kann abwägen, ob ein Stabilitätsproblem (hypertrophe Pseudarthrose) vorliegt und eine zusätzliche Stabilität über eine zweite Platte notwendig ist.
- Fehlerhafte Inklination der Sägeebene und/oder zu geringe/zu viel Derotation können das Korrekturziel in der frontalen Achse wesentlich beeinflussen und müssen daher möglichst exakt (innerhalb von 1–2° Toleranz) durchgeführt werden.
- Die Verletzung von arteriellen Gefäßen, insbesondere A. femoralis/poplitea ist eine schwerwiegende Komplikation, die einer unmittelbaren Intervention durch einen Gefäßchirurgen bedarf. Im eigenen Vorgehen wird die Osteotomie ohne Blutsperre durchgeführt, um im Notfall entsprechend reagieren zu können und Zeit zu gewinnen.
- Verletzungen von Nerven (N. ischiadicus)

Ergebnisse

In einer kürzlich erschienen Studie, bei der der Erstautor mitwirkte, wurde das funktionelle und radiologische Ergebnis nach distaler femoraler Derotationsosteotomie bei Patienten mit patellofemoraler Instabilität und einer erhöhten femoralen Antetorsion untersucht [4]. Eingeschlossen wurden Patienten mit Operationszeitpunkt zwischen 2011 und 2018 und einem Follow-up von mindestens 24 Monaten. Prä- und postoperativ wurden die visuelle

Analogskala (VAS) für Schmerzen, Kujala-Score, Lysholm-Score, subjektive Knieform des International Knee Documentation Committee (IKDC) und Tegner Activity Scale (TAS) Scores ausgewertet. Zudem wurden Röntgen-Ganzbeinaufnahmen vor und nach der Operation durchgeführt sowie jeweils eine MRT-Bildgebung (Hüfte-Knie) zur Torsionsmessung des Femurs. Insgesamt wurden 27 Patienten (30 Knie) eingeschlossen. In 25 Fällen (83,3 %) wurden begleitende Eingriffe zur patellofemorale Instabilität durchgeführt. Die femorale Antetorsion war signifikant reduziert ($28,2 \pm 6,4^\circ$ vs. $13,6 \pm 5,2^\circ$; $p < 0,05$). In der Gruppe mit zusätzlicher Achskorrektur (14 Fälle [46,7 %]) wurde eine Achskorrektur von präoperativ $2,4 \pm 1,2^\circ$ Valgus vs. $0,3 \pm 2,4^\circ$ Valgus ($p < 0,05$) gemessen.

Die klinischen Outcome-Parameter zeigten zum einen eine signifikante Schmerzreduktion (VAS für Schmerzen: $2,0$ [1,0–5,0] vs. 0 [0–1,0]; $p < 0,05$) und eine signifikante Verbesserung der Kniefunktion (Kujala-Score: $55,6 \pm SD$ $13,6$ vs. $80,3 \pm 16,7$; $p < 0,05$; Lysholm-Score: $58,6 \pm 17,4$ vs. $79,5 \pm 16,6$; $p < 0,05$; IKDC: $54,6 \pm 18,7$ vs. $74,1 \pm 15,0$; $p < 0,05$) und eine Zunahme der sportlichen Aktivität (TAS: $3,0$ [3,0–4,0] vs. $4,0$ [3,0–5,0]; $p = n.s.$) im mittleren Beobachtungszeitraum von 38 Monaten. In einem Fall kam es 70 Monate nach der Operation zu einer Patellarelaxation.

Eine Studie zur Genauigkeit der Derotationen mit patientenspezifischen Schnittblöcken zeigte eine Abweichung von $4,8^\circ \pm 3,1^\circ$.

In der Nachuntersuchung von 40 Knie nach Derotation am distalen Femur mit PSI wurde die Genauigkeit mit $1,5 \pm 1,4^\circ$ für femorale Anteversion (axiale Torsionskorrektur) und $0,9 \pm 0,9^\circ$ für die frontale Achse, gemessen am lateralen distalen Femurwinkel, angegeben [11]. In anderen Studien wurde die Komplikationsrate bzgl. Wundheilungsstörung mit 4% angegeben und die „non-union rate“ mit bis zu 10% [10]. Im eigenen Vorgehen wird die Indikation zur zusätzlichen medialen Platte gestellt, falls nach 3–4 Monaten keine schmerzfreie Belastung möglich ist oder eine hypertrophe Kallusbildung vorliegt.

Single-cut derotational osteotomy of the distal femur for correction of torsion and frontal axis

Objective: A rotational osteotomy requires a complete cut of the bone in order to correct maltorsion. An additional correction of the frontal axis can be achieved via an oblique cut of the bone. The osteotomy with bone to bone contact is fixed with an angle stable plate.

Indications: Symptoms such as anterior knee pain, inwardly pointing knee syndrome, lateral patellar subluxation or dislocation, lateral patellar hypercompression syndrome are a common indication for derotational osteotomy if clinically increased femoral internal rotation and radiologically increased femoral antetorsion is detected.

Contraindications: Increased hip external rotation versus internal rotation, increased femoral torsion but no increased internal hip rotation, malcompliance, inability for partial weight bearing, risk of delayed union (nicotine abuse and obesity) as well as patellofemoral arthritis and systematic glucocorticoids, immunosuppressants are (relative) contra-indications.

Surgical technique: A lateral or optionally medial approach to the distal femur and exposure of the bone with Eva hooks for the osteotomy is done. The use of patient-specific cutting blocks accurately specify the planned extent of derotation and level of incision. A defined oblique cutting plane of the single-cut osteotomy and derotation will additionally correct/change frontal axis. An additional biplanar osteotomy with an anterior wedge increases intraoperative stability and generates a larger bone contact area for consolidation.

Postoperative management: With the use of an extra medullary fixation device partial weight bearing with 15–20 kg with crutches up to 6 weeks is required, but no restriction on knee movement is given.

Results: The literature shows significantly improved patient satisfaction regarding patellofemoral stability and knee function. With the use of patient-specific cutting guides, high accuracy of the osteotomy and 3-dimensional correction can be achieved, while delayed union rate is up to 10%.

Keywords

Distal femoral derotational osteotomy · Single cut osteotomy · 3D correction · Patient-specific cutting guides

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Florian B. Imhoff

Orthopädie und Traumatologie, Standort Bethesda Spital, Universitätsspital Basel
Gellertstrasse 144, 4052 Basel, Schweiz
florian.imhoff@usb.ch

Funding. Open access funding provided by University of Basel

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F.B. Imhoff und M. Trierweiler geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Ein „informed consent“ wurde von jedem Patienten vor der Prozedur eingeholt. Die dargestellten Daten sind im Rahmen von bereits veröffentlichten Studien referenziert.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jegli-

chem 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.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Dickschas J, Harrer J, Reuter B, Schwitulla J, Strecker W (2015) Torsional osteotomies of the femur. J Orthop Res 33:318–324

2. Diederichs G, Kohlitz T, Kornaropoulos E, Heller MO, Vollnberg B, Scheffler S (2013) Magnetic resonance imaging analysis of rotational alignment in patients with patellar dislocations. *Am J Sports Med* 41:51–57
3. Hinterwimmer S, Minzlaff P, Saier T, Niemeyer P, Imhoff AB, Feucht MJ (2014) Biplanar supracondylar femoral derotation osteotomy for patellofemoral malalignment: the anterior closed-wedge technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22:2518–2521
4. Hinz M, Cotic M, Diermeier T, Imhoff FB, Feuerriegel GC, Woertler K et al (2023) Derotational distal femoral osteotomy for patients with recurrent patellar instability and increased femoral antetorsion improves knee function and adequately treats both torsional and valgus malalignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31:3091–3097
5. Imhoff FB, Beitzel K, Zakko P, Obopilwe E, Voss A, Scheiderer B et al (2018) Derotational Osteotomy of the Distal Femur for the Treatment of Patellofemoral Instability Simultaneously Leads to the Correction of Frontal Alignment: A Laboratory Cadaveric Study. *Orthop J Sports Med* 6:2325967118775664
6. Imhoff FB, Cotic M, Liska F, Dyrna FGE, Beitzel K, Imhoff AB et al (2019) Derotational osteotomy at the distal femur is effective to treat patients with patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27:652–658
7. Imhoff FB, Funke V, Muench LN, Sauter A, Englmaier M, Woertler K et al (2020) The complexity of bony malalignment in patellofemoral disorders: femoral and tibial torsion, trochlear dysplasia, TT-TG distance, and frontal mechanical axis correlate with each other. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28:897–904
8. Imhoff FB, Schnell J, Magana A, Diermeier T, Scheiderer B, Braun S et al (2018) Single cut distal femoral osteotomy for correction of femoral torsion and valgus malformity in patellofemoral malalignment—proof of application of new trigonometrical calculations and 3D-printed cutting guides. *BMC Musculoskelet Disord* 19:215
9. Jud L, Vlachopoulos L, Beeler S, Tondelli T, Furnstahl P, Fucentese SF (2020) Accuracy of three dimensional-planned patient-specific instrumentation in femoral and tibial rotational osteotomy for patellofemoral instability. *Int Orthop* 44:1711–1717
10. Liska F, Voss A, Imhoff FB, Willinger L, Imhoff AB (2018) Nonunion and delayed union in lateral open wedge distal femoral osteotomies—a legitimate concern? *Int Orthop* 42:9–15
11. Micicoi G, Corin B, Argenson JN, Jacquet C, Khakha R, Martz P et al (2022) Patient specific instrumentation allow precise derotational correction of femoral and tibial torsional deformities. *Knee* 38:153–163
12. Nelitz M, Dreyhaupt J, Williams SR, Dornacher D (2015) Combined supracondylar femoral derotation osteotomy and patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation and severe femoral anteversion syndrome: surgical technique and clinical outcome. *Int Orthop* 39:2355–2362
13. Nelitz M, Wehner T, Steiner M, Durselen L, Lippacher S (2014) The effects of femoral external derotational osteotomy on frontal plane alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22:2740–2746

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Das Wichtigste in Kürze: Abbildungen

Abbildungsmanagement

Bitte beachten Sie, dass alle Abbildungen in Ihrem Manuskript mit einer Quellenangabe versehen sein müssen, sofern sie nicht eigens für die Publikation des geplanten Beitrags erstellt wurden.

Übernahmen

Bereits publizierte Abbildungen (auch in modifizierter Form) aus Publikationen anderer Verlage können nur berücksichtigt werden, wenn die zeitlich unbefristete Abdruckgenehmigung (print, online, mobil) des Inhabers der Nutzungsrechte von Ihnen vorgelegt werden kann.

>> *Weiterführende Informationen und Links zur Rechteeinholung finden Sie über den QR-Code.*

Copyright Clearance Center

Die meisten großen Verlage arbeiten über das Copyright Clearance Center (CCC)/RightsLink. Zu dem Genehmigungsformular gelangen Sie über einen Link an den Online-Artikeln/Kapiteln mit der gewünschten Abbildung.

>> *Weiterführende Informationen mit Kurzanleitung finden Sie über den QR-Code.*

Tipps: Tabellen

Für einfache Tabellen benötigen Sie keine Abdruckgenehmigung. Jedoch ist auch hier die Quelle zu nennen.

Vorsicht: Fotos erkennbarer Personen

Gesichter werden vom Verlag grundsätzlich unkenntlich gemacht. Soll die abgebildete Person erkennbar bleiben, benötigen Sie die zeitlich und räumlich unbeschränkte Einwilligung zur Nutzung des Fotos.

>> *Merkmale wie Tätowierungen und Narben können eine Person erkennbar machen. Wenden Sie sich bei Fragen gern an die Zeitschriftenredaktion.*

Mehr Informationen auf www.springermedizin.de/schreiben

