

S. Hofmann¹ · J. Romero² · E. Roth-Schiff¹ · T. Albrecht³

¹ Allgemeines und Orthopädisches LKH, Stolzalpe, Österreich

² Orthopädische Universitätsklinik Balgrist, Zürich, Schweiz

³ Abteilung für Radiologie, LKH, Judenburg, Österreich

Rotationsfehlstellungen der Komponenten als Ursache chronischer Schmerzen und vorzeitigem Prothesenversagen bei Knieendoprothesen

Zusammenfassung

Die Rotation der Tibia- und Femurkomponente stellt ein zentrales Thema in der modernen Knieendoprothetik dar. Nach der exakten frontalen Achsausrichtung des Beins und der perfekten Weichteilbalancierung stellt die korrekte Rotation der Komponenten die „dritte Dimension“ der Knieendoprothetik dar. Das Ziel einer verbesserten Operationstechnik mit modifizierten Instrumenten und exakter Rotationsposition ist die Optimierung des funktionellen Ergebnisses.

Patienten mit schmerzhaften Knieendoprothesen (KTEP) oder vorzeitigem Prothesenversagen ohne erkennbare konventionelle Implantationsabweichung oder Infekt sollten auf eine Rotationsfehlstellung untersucht werden. In einer prospektiven Studie an 26 Patienten mit schmerzhaften KTEP und Rotationsabweichungen an Femur und/oder Tibia erfolgte eine Revisionsoperation mit Austausch der Komponenten. Bei 25 Patienten lag eine klinisch relevante Innenrotationsfehlstellung der Tibiakomponente (Mittel 8,4°) und/oder Femurkomponente (Mittel 5,6°) vor. Nur in 1 Fall fand sich eine klinisch relevante Außenrotationsfehlstellung der Femurkomponente von 10°. Bei insgesamt 10 Patienten (38%) fand sich eine kombinierte Fehlstellung an Femur und Tibia.

Nach Systemwechsel und Korrektur der Fehlpositionierung der Komponenten zeigten nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 18 (8–34) Monaten 20 dieser Patienten (78%) gute und sehr gute Ergebnisse. Bei Patienten mit chronisch

schmerzhaften KTEP und nachgewiesener Rotationsfehlstellungen der Komponenten sollte bei entsprechendem Leidensdruck ein kompletter Systemwechsel in Erwägung gezogen werden.

Schlüsselwörter

Knieendoprothese · Rotationsfehler · Klinischer Stellenwert · Revision · Ergebnisse

In der Knieendoprothetik sind mit den modernen Implantatsystemen, entsprechender Operationstechnik und Erfahrung in >90% sehr gute und gute klinische Langzeitergebnisse möglich [8, 26]. Da die früheren Designprobleme für die meisten Prothesensysteme behoben sind, liegt der Erfolg oder Misserfolg fast ausschließlich in den Händen des Chirurgen. Als häufigste Ursachen für chronische Schmerzzustände und vorzeitiges Prothesenversagen gelten immer noch aseptische Lockerungen, Instabilitäten, Patella-Probleme und Infekte [24].

Primäre vorzeitige aseptische Lockerungen mit oder ohne Polyethylen-Krankheit (PE) sind selten geworden. Sie stellen in den meisten Fällen die sekundäre Folge von Achsfehlstellungen und/oder Fehlpositionierung der Komponenten dar [27]. Instabilitäten, die zu einem Prothesenversagen führen, sind fast immer Folge einer mangelnden Aus-

balancierung der Weichteile und/oder Fehlpositionierung des Femurs [12]. Einen besonderen Stellenwert nehmen Patella-Probleme und der vordere Knieschmerz ein. Sie treten in 5–20% nach Implantation von Knieendoprothesen (KTEP) auf, betreffen sowohl Patienten mit oder ohne ersetzter Kniescheibe und können ebenfalls zu einem vorzeitigem Prothesenversagen führen [4].

In den meisten Fällen sind Patella-Probleme die sekundäre Folge von Fehlpositionierungen der Tibia- und/oder Femurkomponente [5]. Lediglich der Kniegelenkinfekt kann bei entsprechender Hygiene und Operationszeiten sowie Antibiotikaprophylaxe als schicksalhaftes Ereignis unabhängig vom Operateur betrachtet werden. Hierbei spielen die patientenspezifischen Risikofaktoren die entscheidende Rolle für das Auftreten dieser schwerwiegenden Komplikation.

Die Bedeutung einer geraden mechanischen Gesamtbeinachse (Tragelinie sollte durch Zentrum Hüftkopf, Mitte Kniegelenk und Zentrum Talus laufen) und das symmetrische Ausbalancieren des Streck- und Beugespalts sind in der Knieendoprothetik schon seit >20 Jahren bekannt [18]. Sie stellen die 1.

© Springer-Verlag 2003

Univ.-Doz. Dr. S. Hofmann
Allgemeines und Orthopädisches LKH,
A-8852 Stolzalpe, Österreich
E-Mail: hofmann.siegfried@aon.at

S. Hofmann · J. Romero · E. Roth-Schiffli
T. Albrecht

Rotational malalignment of the components may cause chronic pain or early failure in total knee arthroplasty

Abstract

Rotational alignment of the tibial and femoral component plays an important role in modern total knee replacement surgery. After correct frontal alignment and proper soft tissue balancing, the rotational placement of the components represents the „third dimension“ in knee endoprosthesis surgery. Improved surgical techniques with modified instruments and better rotational component positioning will lead to better functional outcomes.

Patients with painful total knee arthroplasties (TKA) or early failure without evident classic implantation failures or signs of infection should be evaluated for malrotation of the components. In a prospective study in 26 patients with painful TKA and malrotation of the tibia and/or femur component, revision surgery with exchange of the components was performed. Twenty-five cases showed clinically relevant internal malrotation of the tibial component (\varnothing 8.4°) and/or femoral component (\varnothing 5.6°). Only one patient had 10° of external malrotation of the femoral component. Combined malrotations of the tibia and femur were found in ten knees (38%).

After revision surgery and correction of malrotations, 20 patients (78%) were scored with excellent and good results. Patients with painful TKA resistant to conservative therapy and evident malrotations of the component should be considered for revision surgery with change of the malrotated components.

Keywords

Total knee arthroplasty · Rotational malalignment · Clinical consequences · Revision surgery · Results

und 2. Dimension der Knieendoprothetik dar und sind die Voraussetzung für eine erfolgreiche Implantation von Oberflächenersatzprothesen.

In den letzten Jahren erst wurde die Rotationspositionierung der Tibia- und Femurkomponenten als entscheidende 3. Dimension in der Knieendoprothetik erkannt [2, 4, 5, 13, 14, 16, 19, 21, 25]. Dies hat zu einer Veränderung der operativen Techniken, Weiterentwicklung der konventionellen Instrumente und zum ständig ansteigenden Interesse an Navigationssystemen geführt.

Bei vielen Patienten mit schmerzhaften Prothesen, Bewegungseinschränkungen, Instabilitäten oder vorzeitigem Verschleiß ohne erkennbare klassische Implantationsabweichungen oder Infekt kann heute die Rotationsfehlpositionierung der Komponenten als Ursache für den Fehlschlag nachgewiesen werden [13]. Dies ermöglicht erstmals eine Erklärung der bisher oft unklaren Schmerzzustände oder Ursachen eines vorzeitigen Prothesenversagens. Weiters bieten diese Erkenntnisse bei schmerzhaften KTEP die Möglichkeit einer kausalen Therapie durch einen Prothesenwechsel mit Korrektur der Prothesenfehlpositionierung [4, 5]. Der entscheidende Fortschritt besteht jedoch in der Tatsache, dass durch entsprechende Anpassung der Operationstechniken und Schulung der Operateure das Problem von Komponentenfehlpositionierungen von vornherein in so gut wie allen Fällen verhindert werden könnte.

In diesem Übersichtsartikel wird die Einteilung und klinische Bedeutung der Rotationsfehlpositionierungen der Komponenten dargestellt. Die biomechanischen Grundlagen dafür werden in einem eigenen Artikel in diesem Themenheft beschrieben. Kurzfristige Ergebnisse einer eigenen Studie von Revisionsoperationen bei schmerzhaften KTEP mit Rotationsabweichungen werden vorgestellt.

Rotationsabweichungen und Patellaprobleme

Seit mehreren Jahren ist die Rotationsstellung der Tibia- und Femurkomponente als entscheidender Faktor für das femoropatellare Gleitverhalten bekannt [5]. Neben den klassischen Patellaproblemen (zu dicke Patella, ventrales Patellaschild, Patellatiefstand, Fehlpositionierung, Lockerung oder Fraktur) stellt das Patellafehlgleiten als Folge einer Fehlpositionierung der Tibia- und/oder Femurkomponente die häufigste Ursache für einen vorderen Knieschmerz dar [1, 4]. Eine vermehrte kombinierte Innenrotation von Tibia- und Femurkomponente von nur 3–7° kann zum Fehlgleiten mit Subluxation und lateralem Patellalauf führen. Höhergradige Innenrotationsabweichungen können die Ursache für Patellaluxationen oder spätere Patellaermüdungsfrakturen darstellen [5].

Die korrekte Rotationspositionierung der Tibia- und Femurkomponente spielt jedoch nicht nur für den Patellaersatz eine entscheidende Rolle, sondern gilt auch für Patienten ohne Patellaersatz. In einer Studie bei Patienten mit KTEP ohne Patellaersatz führte die Revision wegen „vorderem Knieschmerz“ in nur 50% der Fälle durch den alleinigen Patellaersatz zu einer klinischen Verbesserung [7].

In jüngster Zeit konnte gezeigt werden, dass es sich bei diesen Patienten in den allermeisten Fällen um Rotationsfehlstellungen der Komponenten handelt, die sekundär zu einem Patellafehlgleiten geführt haben [4]. Ein isolierter Patellaersatz bei Patienten mit vorderem Knieschmerz ist daher nur in ausgewählten Fällen nach Ausschluss einer Rotationsfehlstellung sinnvoll. Bei klinischem Verdacht eines Patellafehlgleitens und pathologischen Röntgen in den Patellatangentiaufnahmen sollte eine spezielle CT-Technik zur Feststellung der Tibia- und Femurkomponentenrotation durchgeführt werden [5].

Bei entsprechender Klinik und relevanter Fehlpositionierung der Komponenten führt die alleinige Patellarevision mit oder ohne Tuberositasversetzung und/oder Weichteilkorrekturen in vielen Fällen nicht zu einem befriedigenden Ergebnis [7]. Um das Problem des Patellafehlgleitens mit Schmerzen, Bewegungseinschränkung und vorzeitigem Patellaversagens kausal zu beheben ist in diesen Fällen ein kompletter Systemwechsel mit Neupositionierung der Komponenten sinnvoll (Abb. 1).

Die Positionierung des Tibiaplateaus sollte sich nach anatomischen Landmarken richten, wobei 18° (\pm 3°) Innenrotation zur Tuberositas-Tibiaplateau-Achse die anatomische Norm

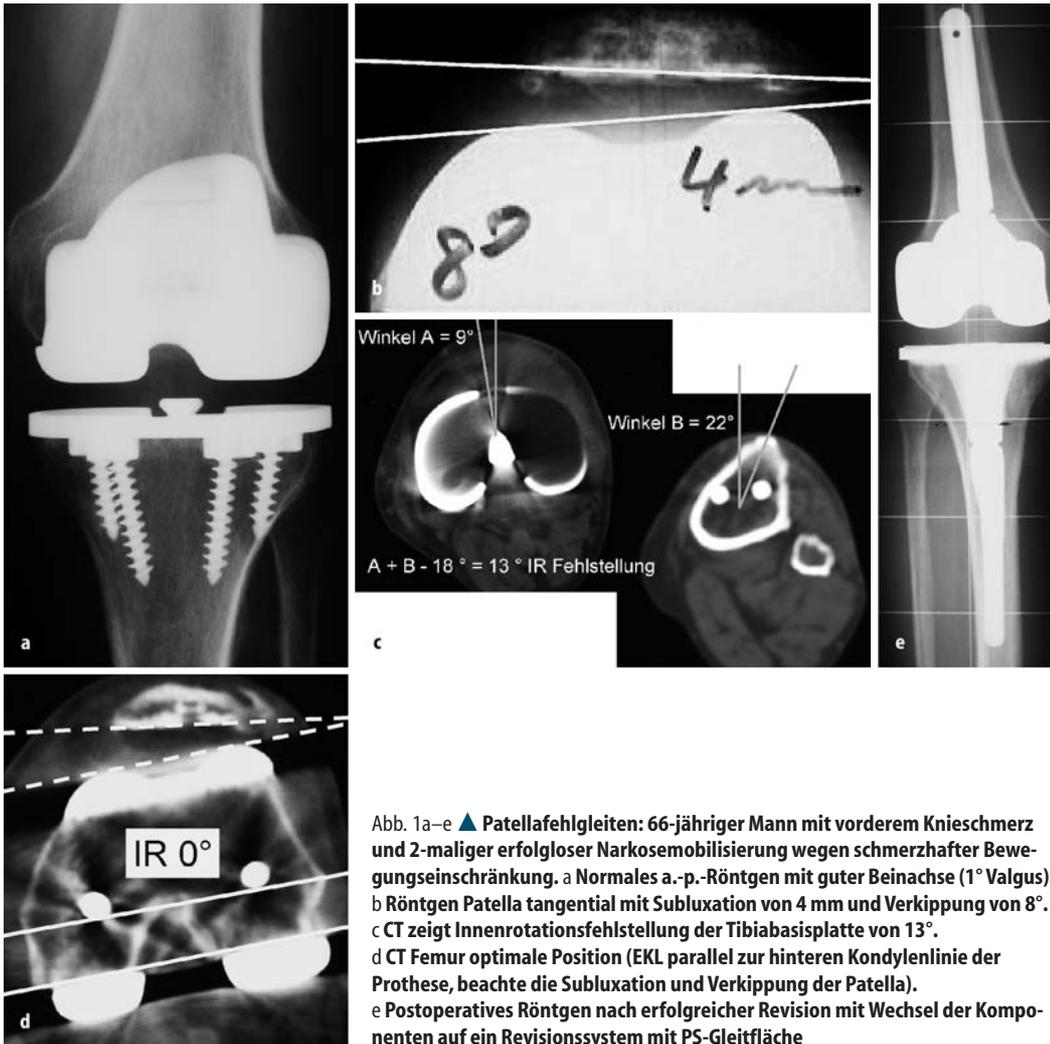


Abb. 1a–e ▲ Patellafehlgleiten: 66-jähriger Mann mit vorderem Knieschmerz und 2-maliger erfolgloser Narkosemobilisierung wegen schmerzhafter Bewegungseinschränkung. a Normales a.-p.-Röntgen mit guter Beinachse (1° Valgus). b Röntgen Patella tangential mit Subluxation von 4 mm und Verkippung von 8° . c CT zeigt Innenrotationsfehlstellung der Tibiabasisplatte von 13° . d CT Femur optimale Position (EKL parallel zur hinteren Kondylenlinie der Prothese, beachte die Subluxation und Verkippung der Patella). e Postoperatives Röntgen nach erfolgreicher Revision mit Wechsel der Komponenten auf ein Revisionsystem mit PS-Gleitfläche

darstellt [6]. Dies entspricht in den meisten Fällen dem Übergang vom medialen zum mittleren Drittel der Tuberositas an der Tibia.

Zusammen mit dem Streckapparat bildet die Tuberositas tibiae den funktionellen Winkel für das Patellagleiten und stellt damit eine logische Landmarke für die Tibiaplateaupositionierung dar. Entsprechende Instrumente mit Stabverlängerung können die Positionierung des Tibiaplateaus zum Zentrum des oberen Sprunggelenks kontrollieren. Die Positionierung des Tibiaplateaus durch Beuge- und Streckmanöver (Floating) ist äußerst fehleranfällig und sollte nicht als alleinige Positionierungshilfe verwendet werden [10].

Navigationssysteme erlauben ebenfalls eine korrekte Positionierung des Tibiaplateaus. Das Problem dabei ist allerdings, dass die anatomischen Land-

marken zuerst vom Chirurgen richtig eingegeben werden müssen. Eine Fehleingabe führt zu einer unweigerlichen Fehlimplantation, die nur durch entsprechende Erfahrung des Chirurgen erkannt und gegen die Angaben des Computers korrigiert werden kann.

Mobile Gleitflächen sind in der Lage, Rotationsfehlstellungen des Tibiaplateaus teilweise zu kompensieren. Dies schlägt sich durch die geringen Patella-probleme dieser Systeme in den Langzeitergebnissen nieder [8]. Darüber hinaus lassen mobile Gleitflächen eine Positionierung des Tibiaplateaus mit größerer Knochenbedeckung zu, da die Implantation in einer relativen Unabhängigkeit von den anatomischen Rotationslandmarken erfolgen kann. Diese „fehlerverzeihende“ Tatsache ist wahrscheinlich der entscheidende Vorteil der mobilen Gleitflächen im Vergleich zu den fixen Gleitflächen. Bei Prothesenty-

pen mit einem dorsalen Abfall (Slope) muss jedoch die Tibiarotation beim Schneiden der Tibia auch bei mobilen Gleitflächen beachtet werden, da ansonsten ein asymmetrischer Beugespalt resultieren würde. Bei entsprechend exakter Komponentenpositionierung zeigen jedoch die fixen Gleitflächen im Vergleich zu den mobilen Gleitflächen in den Langzeitstudien die gleich guten klinischen und röntgenologischen Ergebnisse.

Rotationsabweichungen und Beugespaltprobleme

Die Femurrotation spielt nicht nur für das Patellagleiten sondern auch für das tibiofemorale Gelenkspiel eine entscheidende Rolle. Dabei beeinflusst die Femurrotation nicht den Streckspalt, spielt jedoch mit zunehmender Beugung eine entscheidende Rolle für die

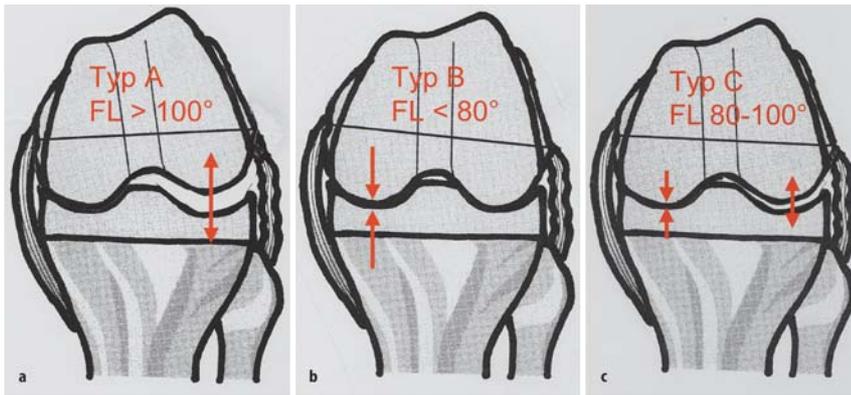


Abb. 2a–c ▲ Schema der asymmetrischen Beugespaltpyten. a **Typ A** mit lateraler Instabilität und guter Beugung. b **Typ B** mit medialer Einklemmung und schlechter Beugung. c **Mischtyp** mit mäßiger Beugung und wenig lateraler Instabilität

Stabilität im Beugespalt [3, 14, 19, 25]. Ein stabiler Beugespalt ermöglicht erst ein schmerzfreies Aufstehen vom Sitzen, Stiegensteigen sowie Gehen und Laufen auf unebenem Boden [22]. Durch In-vitro- und In-vivo-Studien ist gut belegt, dass die transepikondyläre Achse biomechanisch dem tatsächlichen Drehzentrum der Kniegelenkflexion am nächsten kommt [9]. Dies gilt in gleichem Maße auch für die Knieendoprothetik.

Die transepikondyläre Achse entspricht der chirurgischen Epikondylenlinie (EKL) und verbindet die beiden Ansatzpunkte der Seitenbänder an den Epikondylen miteinander [6, 30]. Der hintere Kondylenwinkel [Winkel zwischen hinterer Kondylenlinie (HKL) und EKL] variiert jedoch individuell zwischen 0 und 10° (Abb. 2, 3c). Da bereits minimale Innenrotationsabweichungen der Femurkomponente von wenigen Grad klinisch relevant sein können, stellen die hinteren Kondylen in der Knieendoprothetik heute keine ausreichend zuverlässige Referenzebene mehr dar [21].

Bei einer Innenrotationsabweichung der Femurkomponente können klinisch 3 Beugespaltpyten unterschieden werden (Abb. 2):

Typ A – schmerzhafte laterale Beugespalinstabilität

Bei einer vermehrten Innenrotation der Femurkomponente kommt es bei symmetrisch ausbalanciertem Streckspalt zu einem Öffnen des lateralen Beugespaltes mit zunehmender Flexion (lift off). Die Patienten zeigen eine normale bis

sehr gute Beweglichkeit (>100°), sind jedoch dafür im lateralen Beugespalt instabil. Der laterale Kapsel-Band-Apparat ist dabei nicht in der Lage diese Instabilität zu kompensieren und die sekundären Stabilisatoren (lange Bizepssehne, M. Popliteus und Streckapparat) werden dabei überbeansprucht. Schmerzen im lateralen Kompartiment und im ventralen Streckapparat speziell beim Stiegensteigen, Aufstehen vom Sessel und Gehen und Laufen auf unebenem Boden stellen die klinischen Symptome dar [22]. Die Überlastung des Streckapparats kann dabei ohne wesentliches Fehlgleiten der Patella zu einem vorderen Knieschmerz führen (Abb. 3).

Typ B – schmerzhafte Bewegungseinschränkung

Bei einer vermehrten Innenrotation der Femurkomponente kommt es bei symmetrisch ausbalanciertem Streckspalt zu einem vorzeitigen Festklemmen im medialen Gelenkspalt zwischen 60° und 80° Flexion. Das relative laterale Öffnen bei dieser eingeschränkten Beugung spielt dabei klinisch keine Rolle. Da das mediale Seitenband keinen Spielraum zulässt, folgt eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung, die auch durch konservative Maßnahmen und Narkosomobilisierung nicht wesentlich verbessert werden kann. Schmerzen über dem medialen Kompartiment und dem medialen Tibiakopf sowie erhöhtem medialen Anpressdruck mit vorzeitigem medialen PE-Verschleiß sind dann die Folge [17]. In manchen Fällen kann diese schmerzhafte Bewegungseinschränkung durch Ausbildung einer Arthrofibrose

bis zu einem sekundären steifen Knie führen (Abb. 4).

Typ C – Mischtyp

Bei entsprechender Beugespaltweite kommt es beim Mischtyp zu keinem vorzeitigen medialen Einklemmen und nur zu einer begrenzten Öffnung des lateralen Beugespaltes mit zunehmender Beugung. Die Patienten erreichen eine Flexion von 80–100°. Die Symptomatik und die klinische Untersuchung bietet dabei abhängig vom Schweregrad der Rotationsfehlstellung im Femur unterschiedlich ausgeprägte Befunde der Typen A und B.

Zur korrekten Rotationspositionierung der Femurkomponente gibt es 2 verschiedene Methoden. Bei der „knochenorientierten Technik“ erfolgt die Festlegung der Rotationsposition am Femur anhand von anatomischen Landmarken. Sämtliche Weichteilbalancierungen finden erst nach Beendigung aller Knochnerschnitte an Femur und Tibia sowie Kontrolle der Gesamtbeinachse statt [23]. Die dabei am häufigsten verwendete Technik mit fixen 3° Außenrotation zur HKL ist nur ein grober Richtwert und führt bei Varusknieen in 30% und bei Valgusknieen in 50% zu einer Innenrotationsabweichung zur EKL [21]. Die a.-p.-Linie nach Whiteside [28] verläuft entlang der femoralen Patellagleitfurche und stellt bei normalem vorderem Femurschild in etwa 80% eine Senkrechte zur EKL dar. Die EKL stellt den „golden standard“ dar, ist jedoch intraoperativ häufig nicht exakt zu tasten [15].

Bei der „weichteilorientierten Technik“ erfolgt die Rotationspositionierung der Femurkomponente parallel zum Tibiaplateau nach Ausbalancierung der Bänder im Streckspalt [29]. Diese Technik, deren prominentester Vertreter das LCS-System darstellt, schneidet die dorsalen Kondylen parallel zum Tibiaplateau in 90° Beugung bei gespannten Seitenbändern. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass schon vor dem Schneiden des dorsalen Femurs, der Streckspalt perfekt ausbalanciert sein muss und die Knochnerschnitte an der Tibia und am distalen Femur exakt senkrecht zur mechanischen Achse stehen. Entsprechende Hilfsmittel zur Feststellung eines perfekt ausbalancierten Streckspalts (Spacer oder Spanner) sind dazu erforderlich.

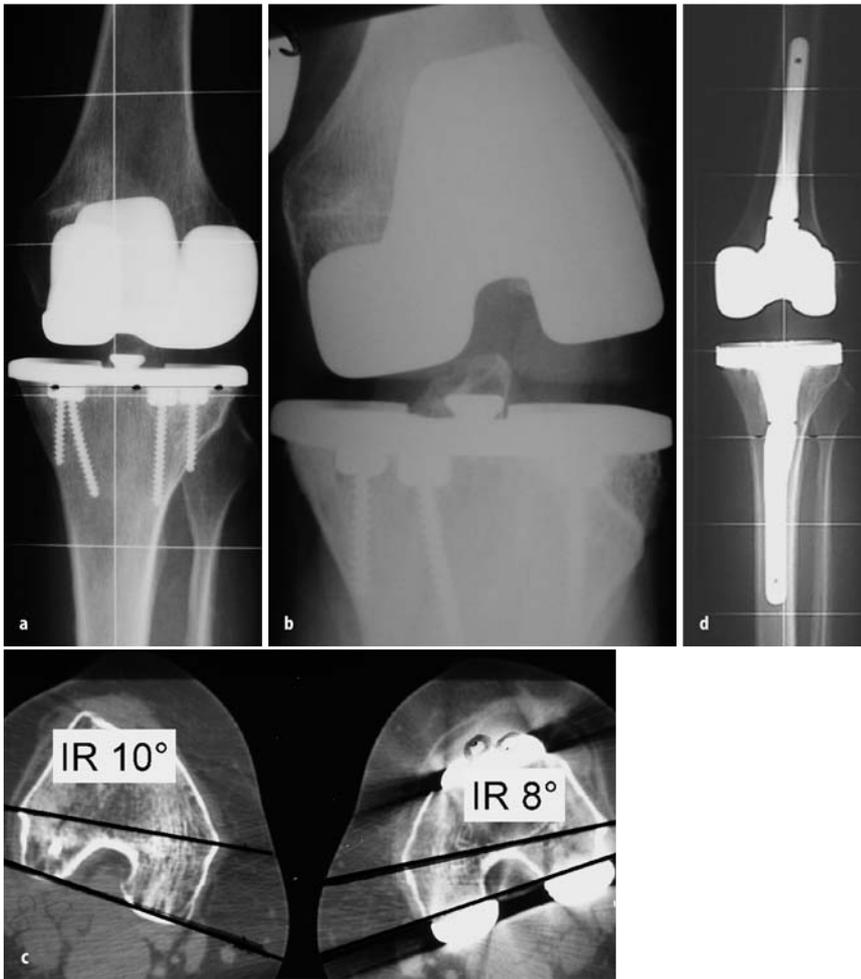


Abb. 3a–d ▲ Instabiler Beugespalt. 39-jährige Patientin mit vorderem Knieschmerz seit Jahren, 3-malige Voroperation an der Patella dann Patellektomie und später KTEP; weiterhin therapierefraktärer vorderer Knieschmerz mit guter Beweglichkeit. a Normales a.-p.-Röntgen mit guter Beinachse (1° Varus). b Stressaufnahme in 60° Beugung zeigt die Instabilität im lateralen Beugespalt. c CT Femur beidseits zeigt links eine anatomische Variante mit einem hinteren Kondylenwinkel von 10° , rechts eine Innenrotationsfehlstellung der Femurkomponente von 8° , (die Prothese wurde in 2° Außenrotation zur HKL eingebaut, Tibiarotation normal). d Postoperatives Röntgen nach erfolgreicher Revision mit Wechsel der Komponenten auf ein Revisionssystem mit PS-Gleitfläche

Diagnostik von Rotationsfehlstellungen

Eine chronisch schmerzhafte oder vorzeitig versagende KTEP, die keine klassische Implantationsabweichung als Erklärung in der konventionellen Röntgenabklärung zeigt, sollte immer auf einen Infekt und/oder Rotationsabweichung der Komponenten untersucht werden. Die klinische Symptomatik der Rotationsfehlstellung ist dabei typisch. Patellafehlgleiten führt zu einer schmerzbedingten Flexionseinschränkung mit vorderem Knieschmerz und vorzeitigem Patellaverschleiß. Bei einer Rotationsfehlstellung des Femurs kommt es bei symmetrischem Streck-

spalt zwangsläufig zu einem asymmetrischen Beugespalt. In Beugung kann dann nur die mediale oder laterale Seite stabil sein (s. Beugespalttyp A, B oder Mischtyp). Eine laterale Instabilität kann dabei durch Überlastung des Streckapparats auch zu einem vorderen Knieschmerz ohne direkte Beteiligung der Patella führen. In vitro und in klinischen Studien konnte dabei gezeigt werden, dass eine Innenrotationsfehlstellung des Femurs im tibiofemorale Gelenk viel weniger toleriert wird als eine Außenrotationsfehlstellung [5, 13, 19, 25].

Die Fehlrotation der Tibia- und Femurkomponente kann jedoch nur mit einer speziellen CT-Technik dargestellt

werden. Bei der Abklärung einer schmerzhaften Prothese ersetzt die CT-Untersuchung jedoch nicht die Standardröntgenuntersuchung sowie eine Ganzbeinaufnahme im Stehen, Bildwandler gezielte Aufnahmen, Patellaufnahmen und Stressaufnahmen in Streckung und 90° Beugung in ausgewählten Fällen.

Berger et al. [5] haben eine Technik beschrieben, mit der die Rotationsposition der Femur- und Tibiakomponenten mit einer speziellen CT-Technik untersucht werden kann. Voraussetzung ist ein Standarduntersuchungsprotokoll mit speziell eingeneigten Schnittebenen bei dem mehrere 1,5 mm dicke Schichten durch die Femurepikondylen, die Tibiagleitfläche, das Tibiaplateau und die Tuberositas tibiae erstellt werden. Durch Einzeichnung der EKL und hinteren Kondylenlinie der Prothese kann der hintere Kondylenwinkel einfach gemessen werden (Abb. 3c, 4c, 5b). Bei einer korrekt implantierten Femurkomponente muss die EKL parallel zur hinteren Prothesenkondylenlinie liegen (Abb. 1d).

An der Tibia wird das geometrische Zentrum der Tibiabasisplatte ermittelt und auf die CT-Schicht mit dem proximalsten Punkt der Tuberositas tibiae übertragen. Der Winkel zwischen Tibiaplateauachse und Senkrechter ergibt den Winkel A. Der Winkel zwischen Tuberositas und der Senkrechten ergibt den Winkel B. Der ermittelte Gesamtwinkel A und B ergibt die absolute Rotationsposition zwischen Tibiaplateau und Tuberositas tibiae (normal $18 \pm 3^\circ$ Innenrotation). Der Gesamtwinkel abzüglich 18° ergibt daher die relative Innenrotationsfehlstellung des Tibiaplateaus zur Tuberositas tibiae (s. Abb. 1c). Bei mobilen Gleitflächen sollte außerdem die Tibiagleitflächenachse gemessen werden, da die Position der PE-Gleitfläche beträchtlich von der Position des Tibiaplateaus abweichen kann. Dies entspricht dem Toleranzspielraum der mobilen Gleitflächen für die Tibiarotation.

Die hohe Treffsicherheit dieser Methode wurde inzwischen von anderen Autoren bestätigt [2, 30]. Aus unserer eigenen Erfahrung bei >50 Patienten konnten wir in etwa 85% die exakte Lage der chirurgischen Epikondylenlinie im CT festlegen. Ausgeprägte Untersuchungsartefakte, nicht exakte Untersuchungsebenen und fehlende anatomi-

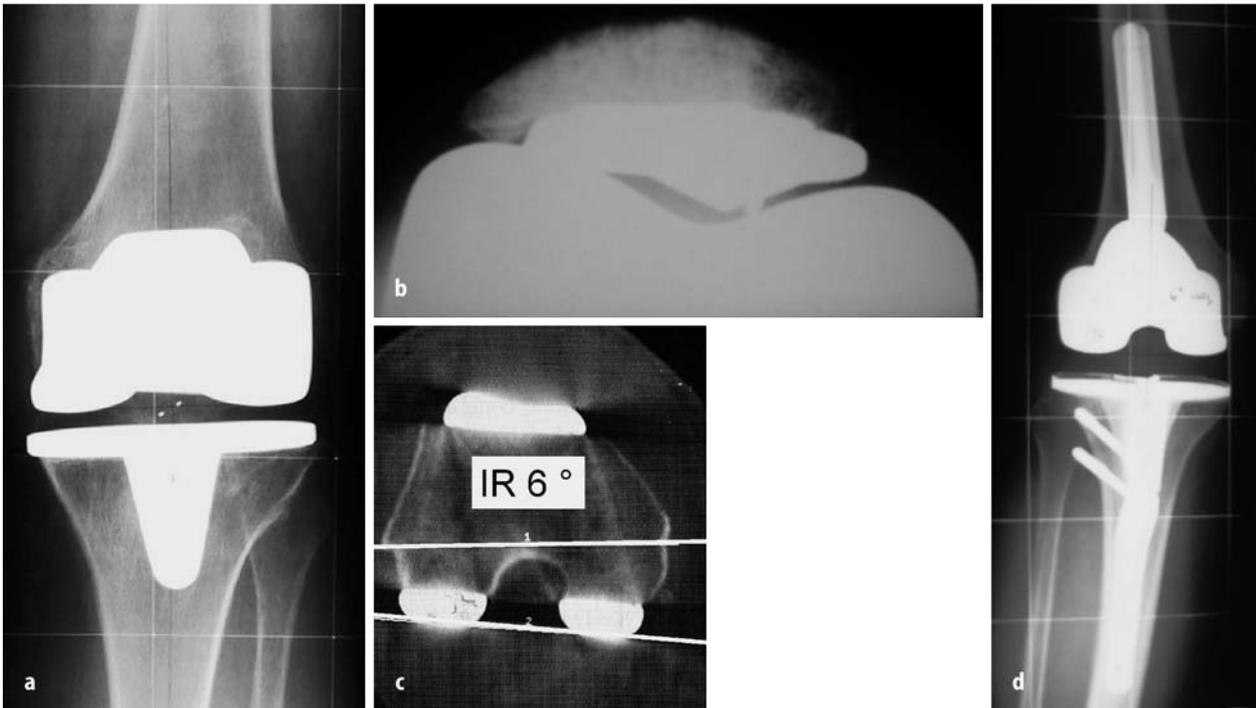


Abb. 4a–d ▲ **Bewegunseinschränkung: 66-jähriger Patient mit schmerzhaft eingeschränkter Beweglichkeit nach KTEP (FL 0–5–70°) und erfolgloser zweimaliger Narkosemobilisation.**
 a Normales a.-p.-Röntgen mit guter Beinachse (2° Varus). b Patella tangential mit normaler Position.
 c CT-Innenrotationsfehlstellung der Femurkomponente von 6°, (Tibia normale Rotation).
 d Postoperatives Röntgen nach erfolgreicher Revision mit Wechsel der Komponenten auf ein Revisionssystem mit P5-Gleitflächen und Tuberositasosteotomie

sche Landmarken können die Ursache für eine fehlende Darstellung der Epikondylenlinie in der CT sein [30].

Vorläufige Ergebnisse von Revisionen bei Rotationsabweichungen

In einer prospektiven Studie an 34 konsekutiven Patienten mit einem Durchschnittsalter von 66 (45–81) Jahren und schmerzhafter KTEP mit asymmetrischen Beugespalt, schmerzhafter Bewegungseinschränkung oder unklarem vorzeitigem Prothesenversagen erfolgte eine Abklärung der Komponentenposition mit einer speziellen Computertomographie.

8 Patienten mit nur geringer Rotationsabweichung (1°–5°) an Femur und/oder Tibia wurden konservativ behandelt und zeigten subjektiv zufriedenstellende Ergebnisse. Bei 26 Patienten erfolgte jedoch wegen therapierefraktärer Schmerzen eine Revisionsoperation mit Austausch der Komponenten. Der Zeitraum zwischen Primärimplantation und Revision betrug dabei durch-

schnittlich 27 (6–91) Monate. Bei 23 Patienten bestand eine klinisch relevante Innenrotationsfehlstellung der Tibia von durchschnittlich 8,4° (3°–26°). In 12 Fällen lag ein klinisch relevanter Innenrotationsfehler des Femurs von durchschnittlich 5,6° (3–10°) vor. Lediglich in 1 Fall zeigte sich eine Außenrotationsfehlstellung von 10°.

Bei insgesamt 10 Patienten (38%) fand sich eine kombinierte Fehlstellung an Femur und Tibia. Zusätzlich zur Rotationsabweichung lag bei 13 Patienten (50%) auch eine Achsabweichung von mehr als 4° auf die mechanische Nullachse vor. Bei allen 6 Patienten mit einer isolierten Rotationsabweichung von >6° am Femur ohne weitere Implantationsfehler erfolgte eine Revisionsoperation. Nach Systemwechsel und Korrektur der Fehlpositionierung der Komponenten zeigten nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 18 (8–34) Monaten 20 dieser Patienten (78%) gute und sehr gute Ergebnisse im „Knee Society Score“. Bei keinem Patienten kam es zu einer Verschlechterung gegenüber dem präoperativen Zustand.

Das genaue Ausmaß eines Innenrotationsfehlers der Femurkufe, der zu einem chronischen Schmerzbild und vorzeitigem Prothesenversagen führt, ist derzeit noch nicht wirklich bekannt. Die tolerable Grenze dürfte jedoch zwischen 3 und 6° Innenrotationsabweichung liegen [4, 13, 19, 25]. Eine Abweichung von 1° entspricht dabei etwa 1 mm Resektionsfläche an den dorsalen Kondylen. Daneben spielen nach unseren bisherigen Erfahrungen der Anspruch des Patienten sowie evtl. noch zusätzlich vorhandene konventionelle Implantationsabweichungen (Achsabweichungen und Instabilitäten) eine wesentliche Rolle für die subjektiven Beschwerden und dem Wunsch nach einer Revisionsoperation. Außenrotationsabweichungen bis etwa 8° scheinen keine wesentlichen klinischen Probleme zu bereiten [20]. In unserem eigenen Kollektiv zeigte eine Patientin mit 10° Außenrotationsabweichung einen klinisch instabilen medialen Beugespalt, der auf konservative Therapie nicht beeinflussbar war. Bei der Patientin wurde eine erfolgreiche Revisionsoperation mit Korrektur der Komponentenfehlpositionierung durchgeführt. Nach unseren bisherigen Erfahrungen lassen sich daher die Rotationsabweichungen klinisch in 3 Schweregrade einteilen: leicht bis 3°, mittel 4–6° und schwer >6°.

Für das Patellafehlgleiten addieren sich Innenrotationsabweichungen von

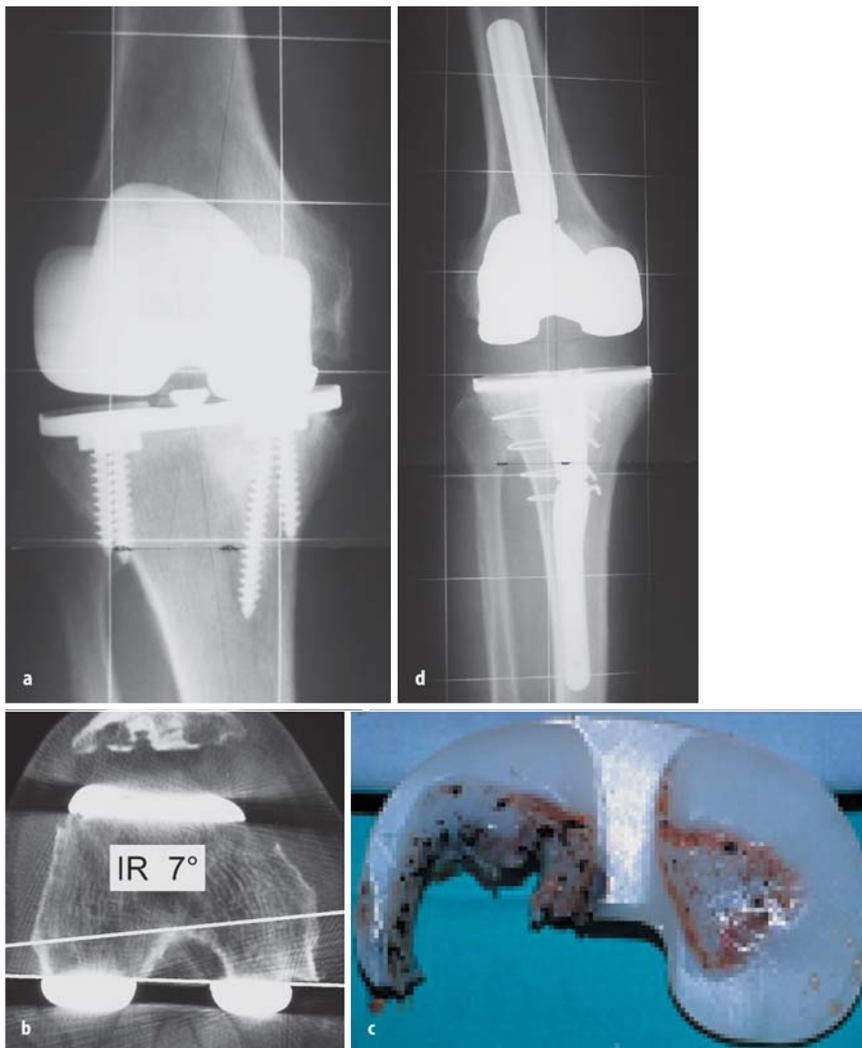


Abb. 5a–d ▲ **Maligne Kombination: 72-jähriger, sehr aktiver Patient mit vorzeitigem Prothesenversagen und medialem PE-Bruch (10 mm) nach 3 Jahren. a a.-p.-Röntgen mit medialem PE-Bruch und sekundärer medialer Instabilität; ursprüngliche Varusbeinachse von 9° (jetzt 13°). b CT-Innenrotationsfehlstellung der Femurkomponente von 7°, (Tibia normal). c Posterior medialer vorzeitiger PE-Verschleiß mit Metallabrieb an der Tibiabasisplatte. d Postoperatives Röntgen nach erfolgreicher Revision mit Wechsel der Komponenten auf ein Revisionsssystem mit PS-Gleitflächen**

Tibia- und Femur. Der Grad des Patella-fehlgleitens korreliert dabei gut mit der gesamten Rotationsabweichung. Für den asymmetrischen Beugespalt ist ausschließlich die Rotationsabweichung des Femurs verantwortlich. Leichte Rotationsabweichungen am Femur bis 3° können häufig konservativ durch Muskelaufbau und Kniebandage behandelt werden. Mittlere Rotationsabweichungen am Femur zwischen 4 und 6° stellen einen Übergangsbereich dar, wo vorerst eine konservative Therapie versucht werden sollte. Interessanterweise führen jedoch auch leichte und mittlere Rotationsabweichungen in Kombination mit „kleinen“ klassischen Implantationsabweichungen (mittelgradige Achsabweichungen, relative Instabilität im Streckspalt, falsche Gelenklinie, Patelladicke usw.) zu einem vorzeitigem klinischen Versagen der Prothese.

Bei einer schweren isolierten Innenrotationsabweichung am Femur mit >6° war eine konservative Therapie in unserer Serie immer erfolglos. Eine typische „maligne Kombination“ ist ein Restvarus in Kombination mit einem schweren Innenrotationsfehler der Femurkomponente. Hier kommt es durch den enormen Druck auf das mediale Plateau zu einem vorzeitigem Verschleiß mit aseptischer Lockerung (s. Abb. 5).

Zur intraoperativen Bestimmung der Femurkomponentenrotation stellt

bei der „knochenorientierten Technik“ die EKL den „golden standard“ dar. Die Epikondylen sind jedoch intraoperativ häufig nicht exakt zu tasten [15]. Bei entsprechender Präparation der Seitenbandursprünge am Femur, kann jedoch die EKL in den meisten Fällen eindeutig identifiziert werden [23]. Nach unseren Erfahrungen erlaubt die Verwendung der EKL zusammen mit der a.-p.-Linie sowie AR zur HKL so gut wie allen Fällen eine exakte knochenorientierte Rotationspositionierung des Femurs parallel zur EKL [13]. Instrumente, die eine Kombination aus allen 3 Landmarken bei freier Einstellung der Rotation erlauben, ermöglichen die exakteste Rotationspositionierung der Femurkomponente nach der knochenorientierten Methode. Die Verwendung eines Navigationssystems erlaubt ebenfalls eine exakte Rotationspositionierung nach Landmarken. Jedoch, wie schon beim Tibiaplateau erwähnt, muss auch hier der Chirurg die exakten Landmarken selbst vorgeben. Eine Fehleingabe führt auch hier zu einer unweigerlichen Fehlimplantation, die nur durch entsprechende Erfahrung des Chirurgen erkannt und gegen die Angaben des Computers korrigiert werden kann.

Die „weichteiloriente Technik“ ist der „knochenorientierten Technik“ unserer Meinung nach gleichwertig, birgt jedoch einige Gefahren, die vom Anwender beachtet werden sollten. Bei einem nicht perfekt ausbalanciertem Streckspalt vor dem Schneiden des Femurs kommt es durch die asymmetrische Bandführung im Beugespalt unweigerlich zu einer Rotationsfehlstellung der Femurkomponente in Bezug auf die EKL.

Ein weiteres Problem entsteht bei der Anwendung der Original-LCS-Technik, wo der distale Femurschnitt erst nach der Rotationsausrichtung und den dorsalen Schnitten erfolgt. Dabei kommt es bei Vorliegen einer Varus- oder Valgusdeformität des distalen Femurs nach dem distalen Femurschnitt im bereits ausbalancierten Streckspalt zu einer Asymmetrie. Wird nun der asymmetrische Streckspalt durch weitere Weichteilablösungen ausgeglichen, führt dies wiederum zu einem asymmetrischen Beugespalt, der nun nicht mehr zum Streckspalt passt. Zur Zeit wird daran gearbeitet, die weichteilorientierte Technik so zu verbessern, dass diese

technischen Schwierigkeiten mit Hilfe von Navigationssystemen überwunden werden können.

Eine weitere prinzipielle Einschränkung der weichteilorientierten Methode besteht jedoch bei schweren Deformitäten, bei denen ausgiebige Weichteilablösungen im Streckspalt primär erforderlich sind. Hierbei kommt es im Beugespalt zu einseitigen Instabilitäten, die eine Anwendung der weichteilorientierten Technik zur Rotationspositionierung des Femurs nicht mehr ermöglichen und ein Ausweichen auf die knochenorientierte Technik erforderlich machen.

Nach unseren Erfahrungen besteht die ideale Operationstechnik zur Bestimmung der Femurrotation in der Kombination beider Methoden, da die alleinige Orientierung an knöchernen Landmarken auch nicht immer eine exakte Ausrichtung nach der EKL ermöglichen [11]. Bei der knochenorientierten Ausrichtung nach allen 3 Landmarken sollte vor dem definitiven Fertigschneiden des Femurs der Beugespalt mit einem Spacer oder Spreizer genau inspiziert werden. Ist bei einem ausbalancierten Streckspalt der Beugespalt asymmetrisch kann nur eine Rotationsfehlstellung der Femurkomponente die Ursache sein (gilt nur bedingt beim Valgusknie nach entsprechenden Weichteilablösungen). Die Rotation muss dann nachkontrolliert werden und bei einer klinisch relevanten Fehlrotation sollte der Femur neu geschnitten werden. Eine zementierte Verankerung ist dann jedoch empfehlenswert.

Bei der weichteilorientierten Technik sollten nach dem Ausbalancieren des Streckspaltes und vor dem Schneiden des dorsalen Femurs die knöchernen Landmarken überprüft werden. Stimmt dabei die geplante Schnittebene nicht mit der EKL und/oder a.-p.-Linie überein, sollte die Bandbalancierung im Streckspalt erneut kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. In manchen Fällen ist jedoch ein Kompromiss zwischen weichteilorientierter und knochenorientierter Rotationsfestlegung der Femurkomponente erforderlich.

Fazit für die tägliche Praxis

Neben der geraden Achsausrichtung und der Weichteilbalancierung im Streck- und

im Beugespalt spielt die Rotationspositionierung der Femur- und Tibiakomponente als 3. Dimension eine entscheidende Rolle für den Erfolg oder Misserfolg einer Oberflächenersatzprothese. Bei Innenrotationsfehlstellungen der Tibia- und/oder Femurkomponente kommt es zu einem Patellafehlgleiten und/oder asymmetrischen Beugespalt, die zu chronischen Schmerzzuständen und vorzeitigem Prothesenversagen führen können. Eine entsprechende Anpassung der konventionellen Operationstechniken an diese neuen Erkenntnisse können solche Implantationsabweichungen verhindern. Patienten mit chronischen Schmerzen und/oder vorzeitigem Prothesenversagen ohne ersichtlicher Ursache in der konventionellen Röntgenabklärung oder Zeichen eines Infekts sowie dem klinischen Verdacht einer Rotationsabweichung sollten mit einer speziellen CT-Untersuchung abgeklärt werden. Bei entsprechenden Beschwerden und klinisch relevanter Rotationsabweichung sollte bei therapierefraktären Schmerzen dem Patienten eine Revisionsoperation angeboten werden.

Literatur

1. Akagi M, Matsusue Y, Mata T, Asada Y, Horiguchi M, Iida H, Nakamura T (1999) Effect of rotational alignment on patellar tracking in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 366: 155–163
2. Akagi M, Yamashita E, Nakagawa T, Asano T, Nakamura T (2001) Relationship between frontal knee alignment and reference axes in the distal femur. *Clin Orthop* 384: 147–156
3. Anouchi YS, Whiteside LA, Kaiser AD, Milliano MT (1993) The effects of axial rotational alignment of the femoral component on knee stability and patellar tracking in total knee arthroplasty demonstrated on autopsy specimens. *Clin Orthop* 287: 170–177
4. Barrack RL, Schrader T, Bertot AJ, Wolfe MW, Myers L (2001) Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 392: 46–55
5. Berger RA, Crossett LS, Jacobs JJ, Rubash HE (1998) Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 356: 144–153
6. Berger RA, Rubash HE, Seel MJ, Thompson WH, Crossett LS (1993) Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. *Clin Orthop* 286: 40–47
7. Berry DJ, Rand JA (1993) Isolated patellar component revision of total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 286: 110–115
8. Buechel FF, Pappas MJ (1989) New Jersey low contact stress knee replacement system. Tenyear evaluation of meniscal bearings. *Orthop Clin North Am* 20: 147–177
9. Churchill DL, Incavo SJ, Johnson CC, Beynon BD (1998) The transepicondylar axis approximates the optimal flexion axis of the knee. *Clin Orthop* 356: 111–118

10. Dickhoff DG, Piatt BE, Gnadinger CA, Blaschke RC (1995) Assessing rotational alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 323: 176–181
11. Fehring TK (2000) Rotational malalignment of the femoral component in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 403: 72–79
12. Griffin FM, Insall JN, Scuderi GR (2000) Accuracy of soft tissue balancing in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 15: 970–978
13. Hofmann S, Roth-Schiffi E, Albrecht T, Farkas P, Tschanner C, Graf R (2001) Internal Malrotation represents a possible failure mechanism in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg* 83-B: 243 [Suppl]
14. Insall JN, Scuderi GR, Komistek RD, Math K, Dennis DA, Anderson DT (2002) Correlation between condylar lift-off and femoral component alignment. *Clin Orthop* 403: 143–152
15. Jerosch J, Peuker E, Philipps B, Filler T (2002) Interindividual reproducibility in perioperative rotational alignment of femoral components in knee prosthetic surgery using the transepicondylar axis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10: 194–197
16. Katz MA, Beck TD, Silber JS, Seldes RM, Lotke PA (2001) Determining femoral rotational alignment in total knee arthroplasty: reliability of techniques. *J Arthroplasty* 16: 301–305
17. Laskin RS (1995) Flexion space configuration in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 10: 657–660
18. Lotke PA, Ecker ML (1977) Influence of position of prosthesis in total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 59: 77–84
19. Miller MC, Berger RA, Petrella AJ, Karmas A, Rubash HE (2001) Optimizing femoral component rotation in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 392: 38–45
20. Nagamine R, White SE, McCarthy DS, Whiteside LA (1995) Effect of rotational malposition of the femoral component on knee stability kinematics after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 10: 265–270
21. Olcott CW, Scott RD (1999) The Ranawat Award. Femoral component rotation during total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 367: 39–42
22. Pagnano MW, Hanssen AD, Lewallen DG, Stuart MJ (1998) Flexion instability after primary posterior cruciate retaining total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 356: 39–46
23. Poilvache PL, Insall JN, Scuderi GR, Font-Rodríguez DE (1996) Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 331: 35–46
24. Rand JA, Trousdale RT, Ilstrup DM, Harmsen WS (2003) Factors affecting the durability of primary total knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 85: 259–267
25. Romero J, Duronio JF, Sohrabi A, Alexander N, MacWilliams BA, Jones LC, Hungerford DS (2002) Varus and valgus flexion laxity of total knee alignment methods in loaded cadaveric knees. *Clin Orthop* 394: 243–253
26. Stern SH, Insall JN (1992) Posterior stabilized prosthesis. Results after follow-up of nine to twelve years. *J Bone Joint Surg Am* 72: 980–992
27. Wasielewski RC, Galante JO, Leighty RM, Natarajan RN, Rosenberg AG (1994) Wear patterns on retrieved polyethylene tibial inserts and their relationship to technical considerations during total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 394: 243–253
28. Whiteside LA, Arima J (1995) The anteroposterior axis for femoral rotational alignment in valgus total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 321: 168–172
29. Winemaker M (2002) Perfect balance in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 17: 2–10
30. Yoshino N, Takai S, Ohtsuki Y, Hirasawa Y (2001) Computed tomography measurement of the surgical and clinical transepicondylar axis of the distal femur in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty* 16: 493–497