

Anforderungen an moderne Knie revisionsendoprothesen Rolle der Modularität und Stellenwert der Rotationsscharnierprothesen

Demografischen Hochrechnungen zufolge ist in den Vereinigten Staaten mit einem dramatischen Anstieg der Revisionseingriffe in der Knieendoprothetik zu rechnen. In den vergangenen 15 Jahren ist die Zunahme von Knieprothesenrevisionseingriffen durch steigende Zahlen an Primäreingriffen getriggert worden. Der vorliegende Artikel bietet eine Übersicht betreffend die Anforderungen an moderne Revisionsknieendoprothesen. Insbesondere die Rolle der Implantatmodularität und der Stellenwert von Rotating-Hinge-Prothesen sollen nachfolgend beleuchtet werden.

In den Jahren 1990 bis 2005 betrug in den USA der Prozentsatz an Revisions-eingriffen 8,2% der Gesamteingriffe in der Knieendoprothetik, was 9% der Gesamtausgaben im US-amerikanischen Gesundheitswesen für Knieprothesen ausmachte. Im Zeitraum von 2005 bis 2030 wird in den Vereinigten Staaten ein Anstieg der Revisionseingriffe in der Knieendoprothetik von 38.000 Eingriffen auf annähernd 270.000 jährlich erwartet, was einem Anstieg von ca. 600% entspräche.⁸ Ein ähnlicher Trend wird auch für Europa erwartet. Die Konsequenz dieser Projektionen ist, dass in Zukunft vermehrt Revisions-eingriffe in der Knieendoprothetik notwendig werden.

Die Rolle der Modularität von Revisionsknieendoprothesen

Das Ziel der Knie revisionsendoprothetik – analog zur Primärprothetik – sind eine lang anhaltende Verbesserung der Kniefunktion und die Beseitigung oder Reduktion von Knieschmerzen. In der Revisionsknieendoprothetik werden oft komplexe Probleme behandelt, u.a. Knieinstabilitäten oder sonstige Weichteilsuffizienzen, Knochendefekte, periprothetische Infekte und seltener Implantatunverträglichkeiten.

Moderne Revisionsknieprothesensysteme sollten technische Lösungen für das gesamte Indikationsspektrum der Revisions-



F. v. Knoch, Zürich



S. Preiss, Zürich

endoprothetik bieten. Wenn möglich, sind nicht modulare Systeme vorzuziehen, nicht zuletzt um die explodierenden Gesundheitskosten zu kontrollieren. In komplexeren Situationen sind hingegen alle Aspekte der Implantatmodularität gefordert, um das Ziel einer funktionstüchtigen Knieprothese zu erreichen (Abb. 1). Die Modularität von Knieprothesen beinhaltet folgende Aspekte:

- Modularer Kopplungsgrad („constraint“) der Prothese
- Modulare Schaftverankerungen („stems“) der Femur- und Tibiakomponenten
- Modulare Implantataugmentationen
- Modulare Implantatmaterialien

Modularer Kopplungsgrad „constraint“ der Prothese

Der Kopplungsgrad („constraint“) der Prothese bezieht sich auf die interne mechanische Verbindung bzw. Führung zwischen Femur- und Tibiakomponente und kann in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Ungekoppelt bzw. minimaler Kopplungsgrad („minimal constraint“): kongruentes Design unter Erhalt eines oder beider Kreuzbänder („cruciate-retaining“, CR) oder ultrakongruent auch ohne Kreuzbanderhalt.
2. Teilgekoppelt („semi-constraint“): Design mit zentralem „Post & cam“-Mechanismus ohne Erhalt der Kreuzbänder, unterteilt in posterior stabilisiert (PS) und „constrained condylar“ (CC).
3. Gekoppelt („total constraint“): Knie totalprothesen mit einer intrinsischen biplanaren Stabilität, welche die Funktion der kollateralen und Kreuzbandstrukturen ersetzt (Scharnier- oder Rotationsscharnierprothese).

Ein modernes Knie(revisions)prothesensystem sollte einen modularen Aufbau aller Kopplungsgrade bieten. Als Grundregel gilt, unter der Berücksichtigung der vorliegenden anatomischen Situation ein Implantat mit möglichst geringer Kopp-

lung zu verwenden. Die ungekoppelten Knieprothesen erfordern einen suffizienten kollateralen Kapselbandapparat und kompensieren die Kreuzbandfunktion partiell oder vollständig über eine erhöhte Kongruenz der Gelenkflächen. Bei den teilgekoppelten Prothesen kompensiert das PS-Design das fehlende hintere Kreuzband durch einen kleinen Polyethylenzapfen, hingegen das CC-Design nicht nur das hintere Kreuzband, sondern partiell auch den kollateralen Kapselbandapparat durch einen längeren u. dickeren Polyethylenzapfen, meist mit Metallverstärkung. Gekoppelte Knieprothesen wie die Rotationsscharnierprothesen ersetzen die Funktion der Kreuz- und Kollateralbänder vollständig (siehe unten – Stellenwert der Rotationsscharnierknieprothesen).

Modulare Schaftverankerung der Femur- und Tibiakomponenten

Schaftverankerungen dienen der gelenkfernen femoralen und tibialen intramedullären Fixation von Revisionsknieprothesen und sind indiziert bei höherem Kopplungsgrad („condylar constraint“ oder Rotationsscharnier) oder kompromittierter metaphysärer Verankerung der Prothese. Moderne Systeme bieten eine grosse Auswahl an Schaftverlängerungen in verschiedener Form und Länge und verschiedenem Durchmesser mit und ohne Offsetoptionen. Diese Modularität erlaubt eine ideale Dimensionierung und Platzierung der Prothesenkomponenten. Die intramedulläre Fixation der Schäfte kann mit oder ohne Knochenzement erfolgen. Die unzementierten Schäfte werden mittels Pressfit intramedullär verankert und haben oft komplexe Schaftgeometrien mit poröser Beschichtung. Bei eingeschränkter Knochenqualität oder Deformität des metaphysären Knochens, grösserem Knochenverlust oder ungünstigem Einfluss des unzementierten Schaftes auf die Implantatausrichtung und Beinachse wird eine Zementierung der Schäfte empfohlen. Zementierte Schäfte sind prinzipiell einfacher zu implantieren, hingegen kann

sich die Entfernung insbesondere von Schäften mit Offset extrem schwierig gestalten. Unzementierte Schäfte lassen sich bei Revisionen generell einfacher entfernen. Beide Designs führten in Studien bei ca. 10 bis 15% der Patienten zu Schaftschmerzen.² Unserer Erfahrung nach zeigt sich dieses Phänomen bei zementierten Schäften bedeutend seltener.

Modulare Implantataugmentationen

Die meisten Knieprothesenrevisionssysteme bieten Augmentationen der verschiedenen Komponenten in Form von Keilen

oder Blöcken an. Umschriebene Knochendefekte können durch diese modularen Ergänzungen mit einem resultierenden nahezu „Custom made“-Implantat überbrückt werden. Traditionell wurden für grössere Knochendefekte strukturelle Knochenallografts verwendet, die mit diversen Problemen verbunden sind, u.a. mit Nonunion, fehlender Revaskularisierung, Resorption und Kollaps oder dem Risiko für eine Krankheitsübertragung.³ „Custom made“-Implantate wurden in der Vergangenheit ebenfalls eingesetzt, sind jedoch kostspielig und erfordern eine exakte prä-

operative Planung. Bei intraoperativen Abweichungen vom Plan müssen diese Implantate ggf. wegen ihrer fehlenden Modularität verworfen werden. Implantataugmentationen können im Extremfall (z.B. in der Tumorchirurgie) auch den Tibia- oder Femurknochen grösstenteils (Tumorphrothesen mit proximalem oder distalem Tibiaersatz) oder sogar vollständig ersetzen (totaler Femurersatz).

Interessant im Zusammenhang mit Implantataugmentationen sind innovative Implantatentwicklungen unter Verwendung von hyperporösen Oberflächenstrukturen wie Trabecular Metal™. Dieser Werkstoff zeichnet sich durch eine Hyperporosität von ca. 80% mit exzellentem Knocheneinwachsverhalten aus und ist gepaart mit hoher Haltbarkeit, geringer Steifheit und hoher Friktion. Dies erlaubt eine biologische Fixation der Augmentate an nativem Knochen und resultiert in einer optimierten Verankerung der Revisionsknieprothese mit seinen Augmentaten im Restknochen. Verschiedene Augmentate in Form von Keilen, Blöcken und Cones sind inzwischen erhältlich. Indikationen für die hyperporösen Augmentationen sind u.a. grosse Knochendefekte mit und ohne Containment.¹⁰ Tibiale Cones aus Trabecular Metal™ bspw. konnten in der klinischen Anwendung eine verbesserte metaphysäre Fixation der Knieprothese bei Typ-2- und -3-De-



Abb. 1: Beispiel für Modularität in der Knieprothesenrevision. 80-jährige Patientin mit tibial gelockerter Schlitzenprothese und progressiver Varusdeformität 6 Jahre nach Implantation auswärts. Die Tibiakomponente ist posterior ca. 3cm eingesunken mit einer Ermüdungsfraktur der kortikalen Umgebung (A). Nachfolgend Wechsel auf eine posterior stabilisierte modulare Knieprothese (B). Auffüllung des tibialen Knochendefektes mit Trabecular-Metal™-Cone und Sicherung der femoralen und tibialen Prothesenverankerung durch modulare Schäfte (femoral mit Offset), um eine optimale Prothesenplatzierung zu ermöglichen

fekten nach der AORI-Klassifikation von Dr. med. Gerry Engh ermöglichen.¹³ Bei jüngeren Patienten mit vollständig umschlossenen Defekten und suffizienter kortikaler Abstützung wird jedoch das klassische Impaction-Bone-Grafting empfohlen. Kleinere umschlossene Knochendefekte können ggf. auch durch Standardmetallaugmentationen überbrückt werden. Im Fall von ausgedehnten Knochendefekten bei jüngeren Patienten werden möglichst strukturelle Knochenallografts empfohlen, um bei zukünftigen Revisionseingriffen ausreichend periprothetische Knochensubstanz zur Verfügung zu haben. Liegen ausgeprägte tibiale Knochendefekte ohne kortikale Abstützung vor, können auch Tumorprothesen

sinnvoll sein. Bei komplexen Patellarevisions- und Revisionsendoprothesen mit ausgeprägtem Knochenverlust nach gescheitertem Patellarückflächenersatz wurden in ersten Studien hyperporöse Augmentationen eingesetzt.^{5, 11} Die entscheidenden Nachteile der hyperporösen Augmentationen sind 1. der Knochenersatz durch einen Fremdkörper (problematisch v.a. bei jüngeren Patienten und bei periprothetischem Infekt), 2. die periprothetische Frakturgefahr tibial und femoral beim Einbringen der hyperporösen Materialien (wegen des hohen Friktionskoeffizienten) und 3. die potenziell schwierige Entfernung von ossär eingewachsenen Augmentaten (z.B. bei periprothetischem Infekt). Erste Erfahrungsberichte von kleinen Fallserien mit kurzer Nachuntersuchungszeit sind widersprüchlich und zeigen diverse Einsatzbereiche von modularen Augmentationen in der Revisionsendoprothetik auf.^{9, 10} Zu diesem Zeitpunkt sind uns jedoch keine mittel- oder langfristigen Resultate der Anwendung von hyperporösen Augmentationen bekannt. Langzeitstudien mit grösseren Patientenkollektiven sind notwendig, um den genauen Stellenwert modularer Augmentate in der Revisionsendoprothetik zu definieren.

Modulare Implantatmaterialien

In der modernen Primär- und Revisionsknieendoprothetik werden auch Patienten

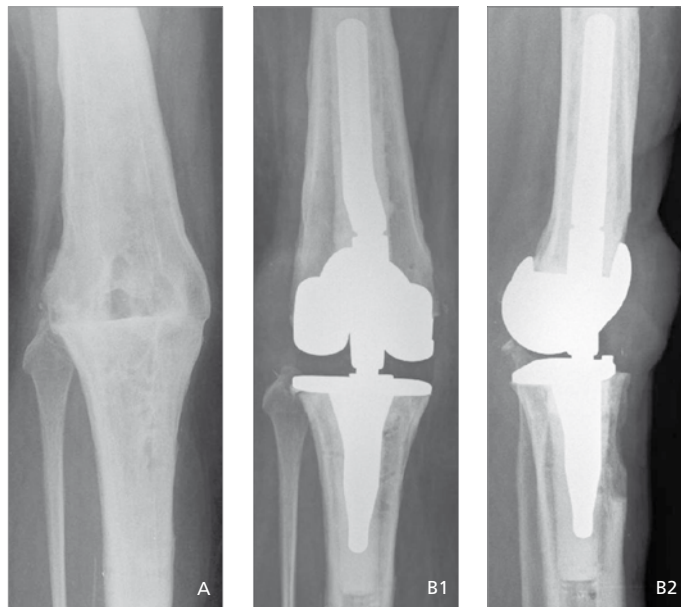


Abb. 2: Beispiel für die Anwendung einer Rotationsscharnierprothese in der Knievisionsendoprothetik: komplexe Vorgeschichte einer ca. 50-jährigen Patientin mit chronischer Osteomyelitis nach Knie totalprothese. Nach multiplen Folgeoperationen wurde schliesslich eine Kniearthrodese durchgeführt (A). Da die junge Patientin diese Arthrodese funktionell nicht tolerierte, wurde im Verlauf auf eine Rotationsscharnierknieprothese konvertiert (B)

mit Allergien gegen Metalle (v.a. Nickel, Kobalt und Chrom) behandelt, sodass moderne Knieprothesensysteme mit modifizierten Biomaterialien benötigt werden.¹⁴ Die Prävalenz der Metallallergie bei Hautkontakt wird mit ca. 10–15% in der Gesamtbevölkerung beziffert. Glücklicherweise werden Allergien gegen Metallimplantate hingegen wesentlich seltener beobachtet und Metallimplantate sogar bei vorliegender Metallkontaktallergie meist problemlos getragen. Andererseits sind Allergien gegen Metallimplantate beschrieben und ihre Konsequenzen im Einzelfall weitreichend. Patienten mit Knieprothesen und bekannter Metallkontaktallergie beklagten Schmerzen, Schwellungszustände und eine eingeschränkte Kniebeweglichkeit, ohne dass andere Beschwerdeursachen nachgewiesen werden konnten. In der Hüftendoprothetik sind sogar Prothesenlockerungen mit Metallallergien assoziiert worden. Bei Nachweis einer Metallkontaktallergie sollten in der Primär- und Revisionsknieendoprothetik daher „Allergiprothesen“ in Betracht gezogen werden, die entweder eine Implantatbeschichtung (z.B. mit Titanitrid) aufweisen oder aus Alternativmaterialien wie Oxynium bestehen. Aus den genannten Gründen sollten moderne Knieprothesensysteme auch in Bezug auf Biomaterialien modular sein und als „Allergiprothese“ verfügbar sein.

Stellenwert der Rotationsscharnierknieprothesen

Moderne Rotationsscharnierknieprothesen sind das Ergebnis einer evolutionären Entwicklung, die bereits in den 40er-Jahren begann.¹ Die 1. Generation dieser gekoppelten Prothesen von Judet oder Walldius & Shiers waren reine Scharnierprothesen, die eine ausgezeichnete intrinsische Stabilität über eine stabile Verbindung zwischen Femur und Tibia, allerdings auf Kosten einer uniplanaren Beweglichkeit (Flexionsachse) boten. Das native Kniegelenk zeigt jedoch eine physiologische Rotationsamplitude von ca. 10 bis 13 Grad. In starren Scharnierprothesen kommt

es daher zu einer direkten Übertragung von grossen Scher- und Torsionskräften einerseits auf den Scharniermechanismus und andererseits auf die femorale und tibiale Verankerung der Prothese. Zusätzlich wirken Distractionskräfte zwischen Femur und Tibia bei gekoppelten Prothesen, z.B. beim Gehen oder auch Sitzen, auf die Fixation der Prothese. Die 1. Generation der reinen Scharnierprothesen zeigte daher eine hohe Komplikationsrate, u.a. wegen aseptischer Lockerung. Die aus heutiger Sicht inakzeptablen Resultate wurden auch im Zusammenhang mit der verwendeten Metall-Metall-Gleitpaarung, einer ausgedehnten Knochenresektion und einer insuffizienten Markkanalfüllung gesehen. In den frühen Siebzigern wurde daher die 2. Generation der gekoppelten Prothesen mit einer zusätzlichen Rotationsachse entwickelt (z.B. Stanmore, Guepar, GSB-Prothese oder St.-Georg-Modell). Diese Rotationsscharnierprothesen erlaubten die kombinierte Beweglichkeit um eine Flexions- und Rotationsachse. Mit der Verwendung von Metall-Polyethylen-Gleitflächen konnten auch die tribologischen Eigenschaften verbessert werden. Dennoch zeigten sich bei bestimmten Vertretern der 2. Generation von gekoppelten Prothesen hohe Komplikationsraten bis zu 80%.⁴ Septische und aseptische Lockerungen, Patellainstabilitäten und Implan-

tatversagen gehörten zu den häufigsten Problemen. Diese Komplikationen, der Mangel an Modularität und die übermässige Knochenresektion verhinderten den Durchbruch der 2. Generation der Scharnierprothesen in der Revisionsknieendoprothetik. Die aktuell verwendete 3. Generation mit modularen Rotations-scharnierknieprothesen ermöglicht eine verbesserte Kniegelenkskinematik, u.a. bedingt durch eine abgestufte Rotationsfähigkeit über den gesamten Bewegungsumfang (Abb. 2). Das LINK-Endomodell erlaubt z.B. bei einer Flexion von 0 bis 25 Grad keine Rotation, bei Flexion über 50 Grad hingegen eine Innen- und Ausserrotation von jeweils 25 Grad. Der Kopplungsmechanismus wurde technisch angepasst, sodass der Stresstransfer auf den Scharniermechanismus und die Fixation im Knochen deutlich reduziert werden konnte. Ein Antiluxationsmechanismus wurde ebenfalls integriert. Modulare intramedulläre Schäfte ermöglichen eine verbesserte Fixation sowie optimierte Komponentenplatzierung mit höherer Präzision betreffend die Beinachsenkorrektur. Durch die Veränderung des Prothesendesigns sowie technische Modifikationen des Kopplungsmechanismus konnte zudem das Ausmass der Knochenresektion reduziert werden. Weitere Verbesserungen betrafen die Optimierung der femoropatellären Führung, des femoralen Roll-back-Mechanismus, des sog. „Screw-home“-Phänomens in Extensionsnähe sowie die Verwendung von modularen Spacern femoral und tibial. Trotz dieser technischen Weiterentwicklung der Rotationsscharnierknieprothesen bleibt das Problem des Stresstransfers auf die Kopplung sowie die femorale und tibiale Prothesenverankerung bestehen.

Rotationsscharnierprothesen in der Primärknieendoprothetik

Das Ziel der primären Knieendoprothetik ist die Wiederherstellung der Kniefunktion mit Achsenkorrektur, Gelenkstabilität und Beweglichkeit unter Verwendung einer Knietotalprothese mit dem geringsten Kopplungsgrad. Rotationsscharnierprothesen sind daher als primäre Knietotalprothesen zur Behandlung der fortgeschrittenen Gonarthrose selten indiziert. Die weniger geführten Knieprothesen setzen einen funktionell intakten Kollateralbandapparat voraus. Es gibt auch in der

1. Ausgeprägte Beinachsendiformität
2. Kompletter Funktionsverlust des medialen Kollateralbandes
3. Chronische Insuffizienz des Streckapparates
4. Komplexe gelenknahe Frakturen oder Pseudoarthrosen
5. Neuromuskuläre Insuffizienz der Kniestabilisation
6. Chronische Kniegelenksdislokation

Tab. 1: Indikationen für Rotationsscharnierknieprothesen in der Primärknieendoprothetik

Primärprothetik sinnvolle Indikationen für die Rotationsscharnierprothesen (Tab. 1). Bei ausgeprägter Beinachsendiformität mit Insuffizienz der kollateralen Bandstrukturen z.B. kann eine Rotationsscharnierprothese notwendig werden. Versuche, in diesen Situationen die ligamentäre Insuffizienz mit Bandrekonstruktionen (Grafts oder Reinsertionstechniken) zu kompensieren und gleichzeitig weniger gekoppelte Prothesendesigns zu verwenden, zeigten eine hohe Versagerquote und können grundsätzlich nicht empfohlen werden.

Rotationsscharnierknieprothesen in der Revisionsknieendoprothetik

Die Revisionsknieendoprothetik ist häufig geprägt von ausgedehntem Knochenverlust und ligamentär bedingter Instabilität, welche Prothesen mit einer erhöhten intrinsischen Stabilität verlangen. Der Grundsatz, unter Berücksichtigung der veränderten anatomischen Gegebenheiten eine Prothese mit möglichst geringem Kopplungsgrad zu verwenden, bleibt bestehen. In Situationen mit ausgeprägter Kollateralbandinsuffizienz, Missverhältnis des Flexions-/Extensionsspalt, ausgedehnten Knochendefekten mit Beeinträchtigung der Bandinsertionen und/oder Hypertension im Kniegelenk ist die Verwendung einer gekoppelten Knieprothese oft die bessere Therapieoption für den

Patienten (Tab. 2). Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Zunahme von Knietotalprothesen-Revisionseingriffen im Generellen und insbesondere auch bei immer jüngeren Patienten sind bei der Operationsplanung auch die Prothesen-

wahl betreffend mögliche Folgeeingriffe zu berücksichtigen. Insbesondere bei jungen Patienten sind daher Rotationsscharnierprothesen äusserst zurückhaltend zu indizieren.

Langzeitresultate von Rotationsscharnierprothesen der 3. Generation bei Primär- und Revisionseingriffen sind aktuell noch limitiert. Erste Literaturberichte von Endoprothetikzentren mit mittelfristigen Nachuntersuchungszeiten zeigten in Bezug auf Funktionsgewinn und Implantatfixation für verschiedene Indikationen wie die aseptische Prothesenlockerung⁷ oder die ligamentäre Insuffizienz bei Primär- und Revisionseingriffen⁶ vielversprechende Ergebnisse. Nationale Daten, z.B. des Australischen Hüft- und Knieprothesenregisters (www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr), zeigten gemäss Jahresbericht 2009 zwar in der Primärendoprothetik für die Rotationsscharnierprothesen eine höhere jährliche Revisionsrate von 1,4% im Vergleich zu 1,0% bei posterior stabilisierten Designs und 0,8% bei kongruenten Designs. Dies könnte sich partiell durch die höhere Komplexität der behandelten Probleme in der Gruppe der Rotationsscharnierprothesen erklären. Prinzipiell bleiben die Rotationsscharnierprothesen als Salvage-Option komplexen Indikationen vorbehalten (Tab. 1 und 2) und sollten entsprechend mit Zurückhaltung indiziert werden.¹²

1. Knochendefekte, welche nicht mit Allograft oder Spacern rekonstruiert werden können
2. Knochendefekte mit Beeinträchtigung des Kollateralbandapparates
3. Insuffizienz des Streckapparates
4. Ausgeprägtes Missverhältnis von Flexions- und Extensionsspalt
5. Wechsel einer Scharnierknieprothese
6. Letzte Alternative zur Arthrodesese bei grenzwertigen Indikationen
7. Konversion einer Kniearthrodesese in eine Knietotalprothese (Abb. 2)

Tab. 2: Indikationen für Rotationsscharnierprothesen in der Revisionsknieendoprothetik

Zusammenfassung

In der Revisionsknieendoprothetik werden komplexe Probleme wie ausgeprägte Deformitäten, Instabilitäten, Knochendefekte, periprothetische Infekte und Implantatunverträglichkeiten behandelt. Moderne Revisionsknieendoprothesensysteme sollten über Modularität (u.a. betreffend Koppelungsgrad der Prothese, Schaftverankerungen, Augmentationen und alternative Biomaterialien bei Implantatallergie) technische Lösungen für das gesamte Indikationsspektrum bieten. Rotationsscharnierprothesen als etablierte Vertreter der gekoppelten Knieprothesen sind komplexen Indikationen vorbehalten, welche durch weniger gekoppelte Prothesensysteme nicht gelöst werden können.

Literatur:

- ¹ Barrack RL: Evolution of the rotating hinge for complex total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 392: 292-9
- ² Barrack RL, Rorabeck C, Burt M, Sawhney J: Pain at the end of the stem after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 367: 216-25
- ³ Bauman RD, Lewallen DG, Hanssen AD: Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467(3): 818-24
- ⁴ David HG, Bishay M, James ET: Problems with the Rotaflex: a 10 year review of a rotating hinge prosthesis. *J Arthroplasty* 1998; 13(4): 402-8
- ⁵ Garcia RM, Kraay MJ, Conroy-Smith PA, Goldberg VM: Management of the deficient patella in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466(11): 2790-7
- ⁶ Hernandez-Vaquero D, Sandoval-Garcia MA: Hinged total knee arthroplasty in the presence of ligamentous deficiency. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468(5): 1248-53
- ⁷ Joshi N, Navarro-Quilis A: Is there a place for rotating-hinge arthroplasty in knee revision surgery for aseptic loosening? *J Arthroplasty* 2008; 23(8): 1204-11
- ⁸ Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M: Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89(4): 780-5
- ⁹ Long WJ, Scuderi GR: Porous tantalum cones for large metaphyseal tibial defects in revision total knee arthroplasty: a minimum 2-year follow-up. *J Arthroplasty* 2009; 24(7): 1086-92
- ¹⁰ Meneghini RM, Lewallen DG, Hanssen AD: Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90(1): 78-84
- ¹¹ Nelson CL, Lonner JH, Lahiji A, Kim J, Lotke PA: Use of a trabecular metal patella for marked patella bone loss during revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003; 18(7 Suppl. 1): 37-41
- ¹² Pour AE, Parvizi J, Slenker N, Purtill JJ, Sharkey PF: Rotating hinged total knee replacement: use with caution. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89(8): 1735-41
- ¹³ Radnay CS, Scuderi G: Management of bone loss: augments, cones, offset stems. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 446: 83-92
- ¹⁴ Thomas P, Thomse, M: [Implant allergies]. *Hautarzt* 2010; 61(3): 255-62; Quiz 263-4

Autoren:

PD Dr. med. Fabian von Knoch,
Oberarzt, Kniechirurgie
Dr. med. Stefan Preiss, Chefarzt,
Kniechirurgie Schulthess Klinik
Lenggghalde 2, 8008 Zürich
E-Mail: fabian.vonknoch@kws.ch,
stefan.preiss@kws.ch
LOort100300