

H.O. Mayr¹, A. Stöhr¹

Möglichkeiten und Grenzen des „mobile bearing“ in der Primär- und Revisionsendoprothetik des Kniegelenks

Opportunities and limitations of „mobile bearing“ in primary and revision total knee arthroplasty

Zusammenfassung: Die Anforderungen an die knieendoprothetische Versorgung sind aufgrund der höheren Erwartungshaltung der Patienten und des zunehmend jüngeren Klientels in den letzten beiden Dekaden erheblich gestiegen. Durch verschiedene Änderungen des Designs wird versucht, die Lebensdauer und Belastbarkeit der Prothesen zu steigern. Die mobile Plattform erreicht durch eine geringere Zwangskopplung und Flächenpressung im Labor einen deutlich reduzierten Polyethylenabrieb. Die Überlebensraten sind jedoch stark abhängig von der korrekten Implantation der Prothese. Versorgungsgrenzen für die mobile Plattform mit geringer Kraftkopplung bestehen bei Kollateralbandinstabilitäten, starken Achsabweichungen, nach Achskorrekturen und bei gangunsicheren Patienten. In der Revisionsendoprothetik könnte bei Verwendung einer rotierenden Plattform durch die geringere Zwangskopplung potenziell eine längere Standzeit erreicht werden.

Schlüsselwörter: *mobile bearing, fixed bearing, Knieendoprothetik, Revisionsknieendoprothetik, Polyethylenverschleiß*

Zitierweise

Mayr HO, Stöhr A: Möglichkeiten und Grenzen des „mobile bearing“ in der Primär- und Revisionsendoprothetik des Kniegelenks. OUP 2013; 11: 536–540. DOI 10.3238/oup.2013.0536–0540

Abstract: The requirements for total knee replacement have increased significantly due to higher expectations of patients and younger clientele over the last two decades. Developers are trying to optimize function and survival of the replacement by different designs. The mobile platform reaches significantly reduced polyethylene wear in the laboratory by lower linkage and contact pressure. However, survival rates are highly dependent on the proper implantation of the total knee. Supply limits for mobile platform with low linkage exist for collateral ligament instabilities, severe axis deviation, status after axis correction and patients who are insecure when walking. In revision arthroplasty a longer life could be achieved by using a rotating platform with lower linkage.

Keywords: *mobile bearing, fixed bearing, knee arthroplasty, revision knee arthroplasty, polyethylene wear*

Citation

Mayr HO, Stöhr A: Opportunities and limitations of „mobile bearing“ in primary and revision total knee arthroplasty. OUP 2013; 11: 536–540. DOI 10.3238/oup.2013.0536–0540

Einleitung

In Deutschland dürften 2013 knapp 200.000 Knieendoprothesen implantiert werden. Zunehmend werden auch Patienten operiert, die jünger als 60 Jahre alt sind. Ihre körperlichen Interessen sind häufig auf Fitness und Aktivität ausgerichtet. Diese Patienten erwarten postoperativ neben Schmerzfreiheit eine op-

timale Funktion des Gelenkersatzes ohne wesentliche Einschränkungen im Alltag und bei sportlichen Aktivitäten. Insgesamt bestehen somit hohe Anforderungen an die Belastbarkeit und Funktionalität der Implantate. Der physiologische Roll-Gleit-Mechanismus des Kniegelenks kann jedoch durch die bisher vorliegenden Endoprothesendesigns nicht adäquat nachgeahmt werden.

Prothesendesign

Unterschieden werden grundsätzlich 2 Philosophien hinsichtlich des Polyethyleninlays: „fixed bearing“ (fixierte tibiale Plattform) und „mobile bearing“ (mobile tibiale Plattform) (Abb. 1). Beim fixed bearing wird das Kunststoffteil für die femorotibiale Gleitfläche fest mit der metallischen Tibiakomponente verbun-

¹ OCM-Klinik, München

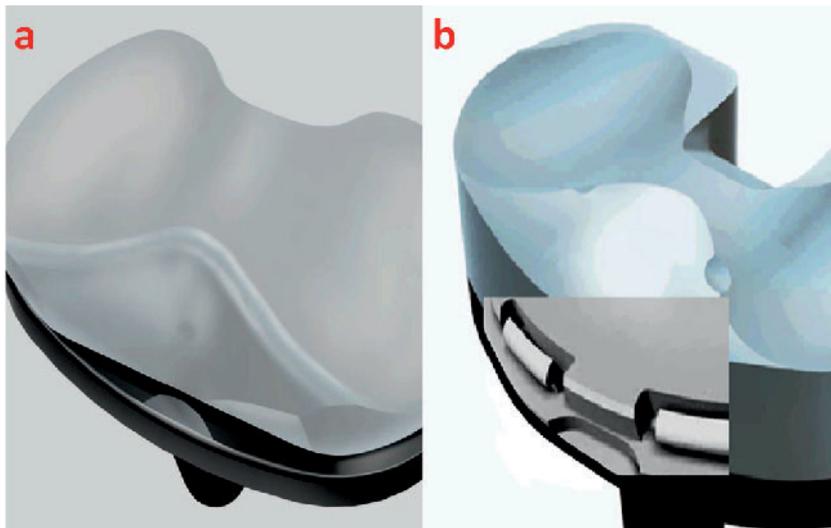


Abbildung 1 a) Rotierende Plattform; **b)** fixierte Plattform.
(Mit freundlicher Genehmigung DePuy Orthopädie GmbH)

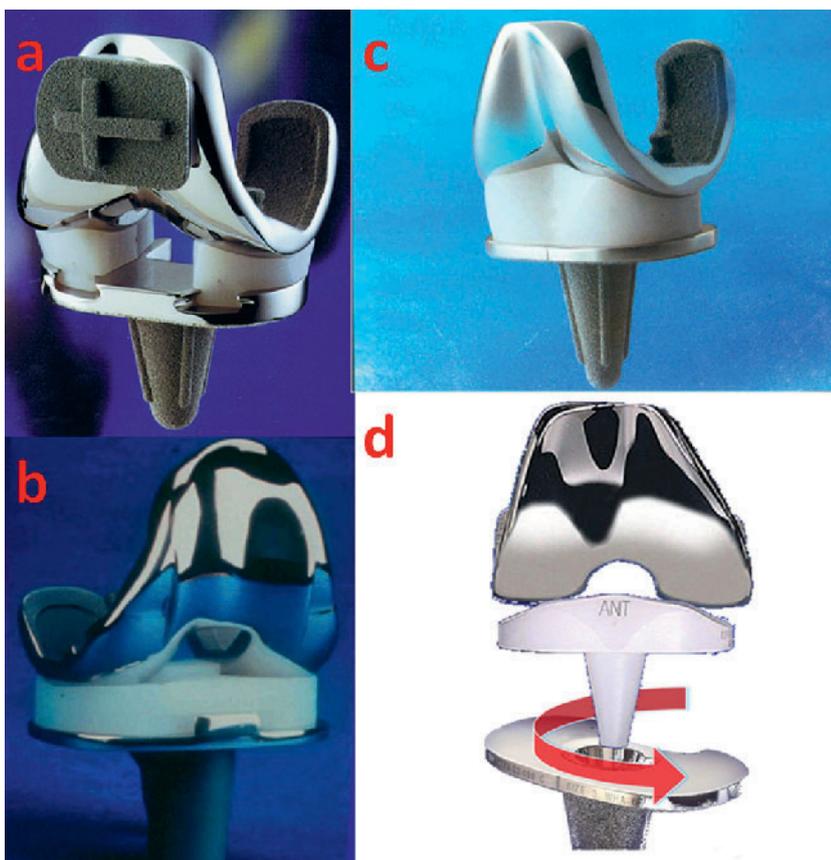


Abbildung 2 a) Meniskallager; **b)** a.p.-glide; und **c-d)** rotierende Plattform.
(Mit freundlicher Genehmigung DePuy Orthopädie GmbH)

den. Abhängig von der Muldung des Inlays ist in unterschiedlichem Umfang eine anteroposteriore Translation und Rotation der Femurkomponente gegenüber der Tibia möglich. Seit 1977 wird

auch das sog. mobile Gleitlager (mobile bearing) in der Kniegelenkendoprothetik mit Erfolg eingesetzt. Hierbei sollen zusätzliche Freiheitsgrade gewonnen werden und eine Verminderung der Flä-

chenpressung und Schwerkkräfte bei reduzierter Kopplung der Endprothesenkomponenten erreicht werden. Es lassen sich im Allgemeinen 3 Typen des mobile bearing unterscheiden (Abb. 2). Die Meniskallager entsprechen einem getrennten Inlay für das mediale und laterale Kompartiment mit der Möglichkeit eines leicht bogenförmigen a.p.-Gleitens. Beim durchgängigen Inlay mit a.p.-glide-Prinzip ist ein Gleiten in a.p.-Richtung und eine Rotation möglich. Da jedoch bei Implantation der Knieendoprothese das vordere Kreuzband reseziert werden muss, liegt generell kein physiologisches Roll-Gleitverhalten des Gelenks mehr vor [1]. Ein Gleiten des Polyethyleninlays in a.p.-Richtung ist somit nicht erforderlich, weshalb dieses Design weitgehend verlassen wurde.

Bei der rotierenden Plattform hingegen rotiert das Polyethyleninlay um eine zentrale Achse auf der tibialen Metallkomponente. Es stehen kreuzbanderhaltende sowie kreuzbandsstituierende Varianten der rotierenden Plattform zur Verfügung. Bei den kreuzbandsstituierenden Systemen hat das tibiale Inlay einen zentralen Stopper, der gegenüber der Femurkomponente eine Subluxation nach dorsal verhindert. Das Konzept heißt „posterior stabilized“. Es führt jedoch bereits zu einem vermehrten femorotibialen Kraftschluss. Bei insuffizienten Kollateralbändern kann auch ein rotierendes Tibiainlay mit zentralem Zapfen verwendet werden, der gegenüber einer Aussparung in der Femurkomponente im Bereich der Fossa intercondylaris weitgehend formschlüssig ist.

Ziel ist die Kompensation der Kollateralbandinsuffizienz unter Beibehaltung der Rotationsfreiheit. Diese mechanische Lösung wird „varus-valgus-constrained“ oder „condylar constrained“ genannt. Hier besteht bereits eine erhebliche femorotibiale Kraftkopplung.

Vorteile des mobile bearing

Die mobile Plattform ermöglicht zusätzlich durch bessere Kongruenz eine großflächigere Kraftübertragung über einen größeren Bewegungsumfang (Abb. 3). Zusätzlich wird eine geringe Normalkraft und Zwangskopplung sowie Flächenpressung erreicht. Laborstudien zeigten, dass dadurch signifikant weniger Abrieb des

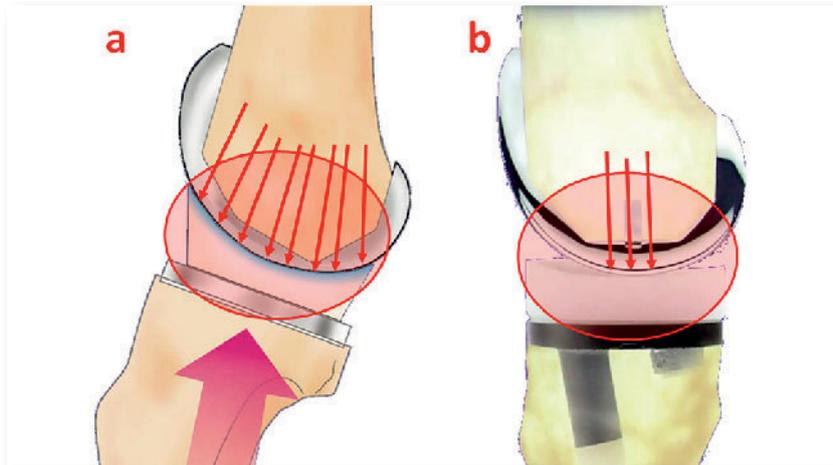


Abbildung 3 a) Großflächige Kraftübertragung bei mobiler Plattform durch gute Kongruenz möglich; **b)** kleinflächige Kraftübertragung bei fixierter Plattform und geringer Kongruenz.

(Mit freundlicher Genehmigung DePuy Orthopädie GmbH)

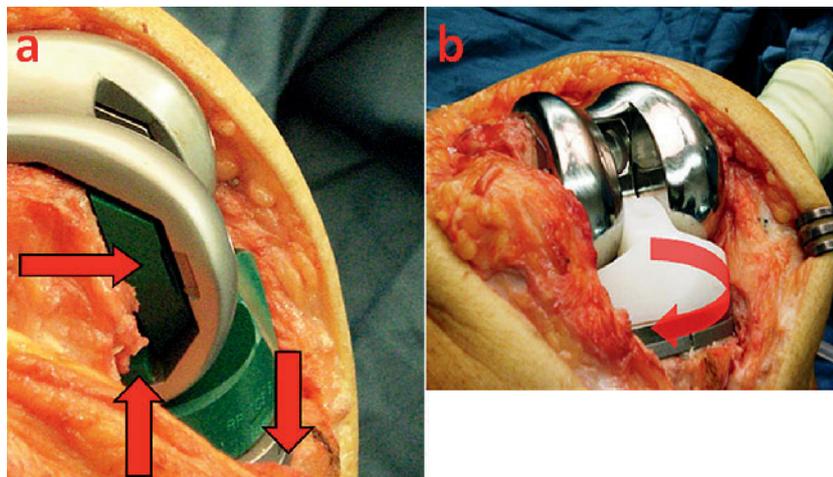


Abbildung 4 a) Verwendung von Augmenten zum Ausgleich von Knochenverlusten in der Revisionsprothetik; **b)** rotierende, teilgekoppelte Plattform in der Revisionsprothetik.

Polyethyleninlays nachgewiesen werden konnte [2, 3]. Im Vergleich dazu kommt es bei der fixierten Plattform durch eine verminderte Kongruenz zu einer kleinflächigeren Kraftübertragung (Abb. 3). In Simulationen des Belastungsdrucks auf Polyethyleninlays konnte eine signifikante Druckminderung bei Verwendung von hochkonformen mobilen Inlays gegenüber Fixed bearing-Systemen erreicht werden [1, 4]. Bei der Untersuchung unidirektionaler Bewegungsmuster der rotierenden Plattform zeigte sich im Labor eine Abriebreduktion um 94 % im Vergleich zum ähnlichen fixed bearing [5].

Bei fixed bearing mit einem hohen „rotational constraint“, d.h. einer hohen Kongruenz zwischen Inlay und

Femurkomponente, wurde jedoch verfrüht Polyethylenverschleiß nachgewiesen [6]. Das Prinzip des mobile bearing eignet sich vor allem für sportlich aktive Menschen mit hoher Bewegungsaktivität zur Vermeidung einer vorzeitigen Prothesenlockerung [7]. Bergwandern, Tanzen, Radfahren und Schwimmen sowie alpiner Skilauf gehören zu den häufigen Sportarten, die nach Implantation einer Knieendoprothese mit mobiler Plattform ausgeübt werden.

Evidenz

Sowohl fixed bearing als auch mobile bearing zeigen Überlebensraten zwi-

schen 95–98 % im 10-Jahres-Follow-up [8, 9, 10]. Bisher konnte jedoch im klinischen Verlauf nicht bewiesen werden, dass eines der beiden Systeme überlegen ist [11, 12]. Ein korrektes Alignment scheint ein entscheidendes Kriterium für die allgemeine Überlebensrate (90 %) zu sein. Bereits bei einer Achsabweichung $> 4^\circ$ in Richtung Varus oder Valgus kommt es zu einer deutlichen Senkung der Überlebensrate auf ca. 70 % [13, 14]. Beträgt die Achsabweichung postoperativ ± 2 , ist klinisch mit einem sehr guten Ergebnis zu rechnen [15]. In einem Cochrane-Review über den Zeitraum 1966–2003 konnten insgesamt nur 2 randomisierte Studien zur Funktion „mobile versus fixed bearing“ gefunden werden. Dabei zeigte sich das mobile bearing im Knee Society Score, Oxford Knee Score und in Schmerz-Scores etwas überlegen. Ein funktioneller Unterschied im Vergleich zum fixed bearing konnte jedoch nicht nachgewiesen werden [16].

Auch andere Literaturrecherchen konnten keinen entscheidenden Unterschied zwischen beiden Philosophien im Hinblick auf Kniegelenkbeweglichkeit, Knie-Scores und Überlebensrate im mittelfristigen Follow-up aufzeigen. Beide Designs sind bei korrekter Implantation in der Lage, ausgezeichnete langfristige Standzeiten und klinische Ergebnisse zu liefern [17, 18].

Grenzen

Grenzen für das mobile Gleitlager ergeben sich bei Vorliegen einer tibiofemorale Instabilität nach Knieendoprothese, wobei ein Malalignment oder eine intraoperativ nicht korrigierte Instabilität als mögliche Versagensursachen gelten [19]. Frührevisionen infolge Luxation des mobile bearing sind bei Meniskallagern und a.p.-glide häufiger zu beobachten als bei Verwendung einer rotierenden Plattform und hier wiederum häufiger als beim fixed bearing. Klinisch und biomechanisch erscheinen jedoch die rotierende Plattform und ein konformes Design sinnvoller als Meniskallager und a.p.-glide [7, 20, 21].

Bei starker Achsdeviation, z.B. einer präoperativen Valgusachse $> 20^\circ$, bei Insuffizienz der Kollateralländer und bei Z.n. Achskorrekturen femoral wie tibial stößt das mobile bearing ohne weitere

Stabilisierung an seine Grenzen. Hier ist mindestens ein Posterior-stabilized-Konzept zu wählen. Bei extremer präoperativer Achsabweichung kann mit einem sog. „varus-valgus-constrained“ Inlay eine Instabilität meist kompensiert werden. Bei vollständig insuffizientem Bandapparat, bei neurologischen Begleiterkrankungen (z.B. M. Parkinson, Ataxie, usw.) sowie bei altersbedingt extrem gangunsicheren Patienten sollte abhängig vom Befund ein Varus-valgus-constrained-Konzept oder achsgekoppelter Kniegelenkersatz gewählt werden.

Revisionsendoprothetik

Die 10-Jahres-Überlebensrate der Revisionsknieendoprothese ist mit 79 % deutlich schlechter als bei der Primärimplantation. Vor allem jüngere Patienten neigen auch bei einer Revisionsendoprothese frühzeitiger zur erneuten Lockerung [22]. Im Vergleich zur Primärprothetik liegen andere intraoperative Konditionen betreffend Knochenvitalität, Knochenverlust, Weichteilqualität, Bandverhältnisse, Landmarken, Gefäßversorgung und Patientenalter vor. In der Revisionsknieendoprothetik sind deshalb häufig lange intramedulläre Führungen und eine Zwangskopplung der Komponenten notwendig. Zunehmend finden modulare Systeme auch bei partiell gekoppelten und achsgekoppelten Prothesenkonzepten Einsatz [23, 24].

Die 10-Jahres-Überlebensrate für modulare Revisionssysteme konnte bei differenzierter Indikationsstellung auf bis zu 90 % gesteigert werden [25]. Speziell in der Revisionsendoprothetik hingegen ergeben sich durch die geringere Zwangskopplung bei der rotierenden Plattform deutliche Vorteile, jedoch ist auf ein ausreichendes Balancing des Streck-Beugespalts zu achten [26]. Meist ist der Einsatz von Augmenten zur Balancierung erforderlich (Abb. 4). Es wird vermutet, dass durch eine geringere Zwangskopplung bei rotierender Plattform eine längere Standzeit erreicht werden kann. Dieses ist jedoch noch durch Studien zu belegen. Die Verwendung einer posterior-stabilized Inlaykomponente ist bei medialer oder lateraler Bandinstabilität nicht ausreichend. Hier sind varus-valgus-constrained Komponenten indiziert. Bei vollständig insuffizientem Kapsel-Bandapparat kann ein achsgekoppelter Kniegelenkersatz erforderlich sein.

Fazit

In biomechanischen Untersuchungen ist die mobile Plattform nachweislich überlegen, wohingegen klinische Ergebnisse dies bisher nicht bestätigen konnten. Bei der mobilen Plattform ist eine geringere Flächenpressung als bei der fixierten Plattform möglich. Ein Malalignment oder eine intraoperativ nicht korrigierte Instabilität führen bei der mobilen Platt-

form zu einem erhöhten Luxationsrisiko [27]. Bei der mobilen Plattform ist die klinische Umsetzung der biomechanischen Vorteile erforderlich. Eine Verbesserung der Prothesenpositionierung, des Bandbalancing und der Achsausrichtung kann gegebenenfalls auch durch Verwendung der Navigation erreicht werden [28, 29]. Die rotierende Plattform, als aktuelle Ausführung der mobilen Plattform, kann im modularen System, z.B. varus-valgus-constrained oder posterior-stabilized, auch für primär nicht ausgleichbare Seitenbandverhältnisse und in Revisionsfällen eingesetzt werden [30]. Zusammenfassend gilt für das mobile bearing in der Kniegelenkendoprothetik: so wenig Flächenpressung und Zwangskopplung wie möglich, so viel Stabilität wie sinnvoll. Die Anwendung ist wenig Fehler verzeihend und sollte bei vollständig insuffizientem Bandapparat vermieden und bei gangunsicheren Patienten kritisch überdacht werden. OUP

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors bestehen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Hermann O. Mayr
OCM-Klinik
Steinerstraße 6
81369 München
hermann.mayr.ocm@gmx.de

Literatur

1. Stukenborg-Colsman C, Ostermeier S, Hurschler C, Wirth CJ. Tibiofemoral contact stress after total knee arthroplasty: comparison of fixed and mobile-bearing inlay designs. *Acta Orthop Scand.*; 2002; 73: 638–646.
2. Atwood SA, Currier JH, Mayor MB, Collier JP, Van Citters DW, Kennedy FE. Clinical wear measurement on low contact stress rotating platform knee bearings. *J Arthroplasty* 2008; 23: 431–440.
3. Fisher J, McEwen H, Tipper J, Jennings L, Farrar R, Stone M, Ingham E. Wear-simulation analysis of rotating-platform mobile-bearing knees. *Orthopedics* 2006; Sep; 29:2936–2941.
4. Morra EA, Postak PD, Plaxton NA, Greenwald AS. The effects of external torque on polyethylene tibial insert damage patterns. *Clin Orthop Relat Res* 2003; May; 90–100.
5. McEwen HM, Fisher J, Goldsmith AA, Auger DD, Hardaker C, Stone MH. Wear of fixed bearing and rotating platform mobile bearing knees subjected to high levels of internal and external tibial rotation. *J Mater Sci Mater Med* 2001; Oct-Dec; 12:1049–1052.
6. Wang A, Stark C, Dumbleton JH. Mechanistic and morphological origins of ultra-high molecular weight polyethylene wear debris in total joint replacement prostheses. *Proc Inst Mech Eng H*. 1996; 210: 141–155.
7. Healy WL, Lorio R, Lemos MJ. Athletic activity after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2000 Nov; 65–71.
8. Huang CH, Ma HM, Lee YM, Ho FY. Long-term results of low contact stress mobile-bearing total knee replacements. *Clin Orthop Relat Res*. 2003; 416: 265–270.
9. Callaghan JJ, Squire MW, Goetz DD, Sullivan PM, Johnston RC. Cemented rotating-platform total knee replacement. A nine to twelve-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2000; 82: 705–711.
10. Stern SH, Insall JN. Posterior stabilized prosthesis. Results after follow-up of nine to twelve years. *J Bone Joint Surg Am*; 1992; 74: 980–986.
11. Price AJ, Rees JL, Beard D et al.. A mobile bearing total knee prosthesis compared with a fixed-bearing prosthesis. Amulticentre single-blind randomised controlled trial. *J Bone Joint Surg Br*. 2003; 85: 62–67.

12. Kim YH, Kook HK, Kim JS. Comparison of fixed-bearing and mobile-bearing total knee arthroplasties: Clin Orthop Relat Res. 2001; 392:101–105.
13. Jeffrey RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. J Bone Joint Surg Br. 1991; 73: 709–714.
14. Komistek RD, Kane TR, Mahfouz M, Ochoa JA, Dennis DA. Knee mechanics: a review of past and present techniques to determine in vivo loads. J Biomech. 2005; 38: 215–228.
15. Mielke RK, Clemens U, Jens JH, Kerschally S. Navigation in der Knieendoprothetik – vorläufige klinische Erfahrungen und prospektiv vergleichende Studie gegenüber konventioneller Implantationstechnik Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2001; 139: 109–116.
16. Jacobs W, Anderson P, Limbeek J, Wymenga A. Mobile bearing vs. fixed bearing prostheses for total knee arthroplasty for postoperative functional status in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis. Cochrane Database Syst Rev. 2004; CD003130. Review.
17. Van der Bracht H, Van Maele G, Verdonk P, Almqvist KF, Verdonk R, Freeman M. Is there any superiority in the clinical outcome of mobile-bearing knee prosthesis designs compared to fixed-bearing total knee prosthesis designs in the treatment of osteoarthritis of the knee joint? A review of the literature. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010; 18: 367–374.
18. Post ZD, Matar WY, van de Leur T, Grossman EL, Austin MS. Mobile-bearing total knee arthroplasty: better than a fixed-bearing? J Arthroplasty. 2010; 25: 998–1003.
19. Pietsch M, Hofmann S. Von der tibiofemorale Instabilität zur Luxation in der Knieendoprothetik. Orthopäde; 2007; 36: 917–927.
20. Bhan S, Malhotra R, Kiran EK, Shukla S, Bijjawara M. A comparison of fixed-bearing and mobile-bearing total knee arthroplasty at a minimum follow-up of 4.5 years. J Bone Joint Surg Am. 2005; 87: 2290–2296.
21. Sansone V, da Gama Malchère M. Mobile-bearing total knee prosthesis: a 5- to 9-year follow-up of the first 110 consecutive arthroplasties. J Arthroplasty. 2004; 19: 678–685.
22. Sheng PY, Kontinen L, Lehto M et al. Revision total knee arthroplasty: 1990 through 2002. A review of the Finnish arthroplasty registry. J Bone Joint Surg Am. 2006; 88: 1425–1430.
23. 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: 1735–1741.
24. Robertsson O. Knee arthroplasty registers. J Bone Joint Surg Br. 2007; 89: 1–4. Review.
25. Mabry TM, Vessely MB, Schleck CD, Harmsen WS, Berry DJ. Revision total knee arthroplasty with modular cemented stems: long-term follow-up. J Arthroplasty. 2007; 22: 100–105.
26. Goldstein WM, Gordon AC, Swope S, Branson J. Rotating platform revision total knee arthroplasty. J Knee Surg. 2012; 25: 45–50.
27. Matsuda Y, Ishii Y, Noguchi H, Ishii R. Effect of flexion angle on coronal laxity in patients with mobile-bearing total knee arthroplasty prostheses. J Orthop Sci. 2005; 10: 37–41.
28. Cheng T, Zhao S, Peng X, Zhang X. Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2012; 20: 1307–1322.
29. Decking R, Markmann Y, Fuchs J, Puhl W, Scharf HP. Leg axis after computer-navigated total knee arthroplasty: a prospective randomized trial comparing computer-navigated and manual implantation. J Arthroplasty. 2005; 20: 282–288.
30. Jones RE. Mobile bearings in revision total knee arthroplasty. Instr Course Lect. 2005; 54: 225–231. Review.