
Évolutions ou révolutions dans l'arthroplastie du genou

J-N ARGENSON, X FLECHER, S PARRATTE, S AIRAUDI, J-M AUBANIAC
Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie,
CHU-Sud, Hôpital Sainte Marguerite, Marseille

Correspondance : Pr Jean-Noël Argenson
Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie,
CHU Sud, Hôpital Sainte-Marguerite, 270 Boulevard Sainte-
Marguerite, 13009 Marseille
Tel : 04-91-74-50-11
Fax : 04-91-74-15-91
Email : jean-noel.argenson@ap-hm.fr

Résumé

L'arthroplastie unicompartmentale ou totale du genou représente un domaine en pleine expansion du fait de l'augmentation de la durée de vie de la population et de la fréquence de l'atteinte arthrosique au niveau du genou, première articulation périphérique touchée. Le bilan radiographique reste l'élément déterminant du bilan paraclinique permettant d'orienter la chirurgie vers une arthroplastie totale, la plus fréquente, ou limitée à un seul compartiment fémoro-tibial. Cette chirurgie qu'elle soit compartimentale ou totale bénéficie de progrès récents en termes de dessin prothétique permettant l'obtention d'une grande flexion tout en maintenant des surfaces de contact acceptables pour le polyéthylène, gage de longévité de l'arthroplastie. Cette chirurgie peut également être réalisée actuellement par voie dite mini-invasive ce qui autorise une récupération plus rapide de la fonction en post-opératoire. Les résultats de ces évolutions encourageantes doivent être évalués à court terme sur la fonction du genou et la position des implants ainsi qu'à long terme sur la survie des prothèses en place.

Mots-clés : Arthroplastie / Genou / Flexion / Chirurgie mini-invasive.

Introduction

Depuis son introduction en 1974, l'arthroplastie totale du genou est une intervention dont les progrès techniques permettent une amélioration constante des résultats. Le but est l'obtention d'un genou indolore, stable et mobile et la pérennité de la fixation pour le long terme. Cela rend en général nécessaire la pratique d'une exposition suffisante pour la mise en place de l'instrumentation afin d'obtenir le placement idéal des implants. Certaines évolutions récentes visent à obtenir de meilleurs résultats fonctionnels avec une récupération plus rapide et une meilleure flexion postopératoire, tout en respectant la même rigueur d'implantation [1, 2, 3, 4, 5].

La flexion postopératoire maximale est en général inférieure à la flexion préopératoire et dépasse rarement 100° à 110° en moyenne [6]. Certains patients, pour des raisons sociales, professionnelles, sportives ou religieuses, peuvent toutefois souhaiter une flexion plus importante atteignant 150° [7]. Le chirurgien doit prendre alors en compte les facteurs qui influencent la flexion postopératoire. Le résultat dépend à la fois de l'état préopératoire du patient, de l'implant choisi et de la technique chirurgicale.

Abstract

Evolutions or revolutions in knee arthroplasty

Unicompartmental or total knee arthroplasty is a growing field due to the increase in life expectancy and the frequency of knee osteoarthritis, first peripheral joint affected by osteoarthritis. Radiographic evaluation remains the key part of the indication process in order to direct surgery towards unicompartmental or, more frequently, tricompartmental arthroplasty. Recent evolutions in knee arthroplasty are linked to design improvements in order to obtain a high flexion while preserving an acceptable area of contact on the polyethylene which will maintain prosthesis longevity. This type of surgery can also now be performed through minimally invasive approach which improves post-operative rehabilitation. These improvements require a short term evaluation for knee function and implant position and a long term prosthesis survival evaluation.

Key-words : Arthroplasty / Knee / Flexion / Minimally invasive surgery.

Par ailleurs, des techniques dites « mini invasives », initialement développées pour l'arthroplastie unicompartmentale, ont récemment émergées pour l'arthroplastie totale du genou, avec des résultats fonctionnels encourageants [5, 8, 9].

Arthroplastie compartimentale ou tricompartmentale

L'indication chirurgicale repose avant tout sur la symptomatologie clinique avec douleur et handicap fonctionnel associant limitation du périmètre de marche et des amplitudes articulaires. L'analyse radiographique comprendra une télémétrie des membres inférieurs en charge afin d'évaluer et mesurer l'axe mécanique et de préciser l'origine de la déformation du membre. Sachant que le genou présente trois compartiments il est nécessaire d'étudier les compartiments fémoro-tibiaux internes et externes sur des clichés de face en charge ainsi qu'en valgus et varus forcés. De même le compartiment fémoro-patellaire sera étudié sur des clichés en défilés rotuliens.

A l'issue de ce bilan on pourra choisir entre une arthroplastie tricompartmentale qui représente la majorité des indications ou dans les cas d'arthrose ou d'ostéonécrose localisée à un compartiment en particulier fémoro-tibial s'orienter vers une arthroplastie unicompartmentale. Celle-ci offre une solution plus conservatrice et les résultats

tats à 10 ans sont maintenant très encourageants [10, 11, 12]. Cette solution ne peut être envisagée qu'en cas d'arthrose localisée car il existe un risque réel de décompensation des autres compartiments non remplacés. Ce type d'arthroplastie peut être réalisée par voie dite mini-invasive ce qui améliore la rapidité de récupération postopératoire. Enfin l'évaluation cinématique in vivo de ces arthroplasties a permis de retrouver une fonction proche de celle du genou normal [13].

Le concept de grande flexion : les facteurs liés au patient

Le terme de grande flexion après arthroplastie du genou signifie une flexion supérieure à 120°, tout au moins dans nos contrées. L'amplitude articulaire postopératoire dépend de nombreux facteurs comme par exemple l'existence d'éventuelles interventions précédentes pouvant entraîner une fibrose articulaire, ou la nature même de la pathologie articulaire. Il a ainsi été évoqué qu'une arthroplastie totale de genou indiquée à la suite d'une polyarthrite rhumatoïde donnait en moyenne de meilleurs résultats concernant le secteur de la mobilité qu'à la suite d'une gonarthrose. La présence d'une obésité entraîne un contact prématuré de la face postérieure du mollet contre la cuisse et constitue donc naturellement un facteur limitant dans l'obtention d'une grande flexion. Une déformation frontale importante est aussi considérée comme un facteur influençant la flexion postopératoire, mais l'amplitude articulaire préopératoire est probablement l'élément le plus important [14]. L'élasticité de l'appareil extenseur est également importante, comme l'ont montré nos études cadavériques.

L'évaluation préopératoire est donc d'une importance majeure afin d'identifier les patients capables d'obtenir une plus grande flexion postopératoire. Au total, le patient idéal doit disposer d'une flexion préopératoire supérieure à 110°, ne pas être obèse et exprimer le besoin ou l'envie d'obtenir une flexion importante afin d'adhérer au programme de rééducation postopératoire qui débute dès le lendemain de l'intervention et nécessite la participation active du patient sous le contrôle du kinésithérapeute travaillant essentiellement en exercices manuels.

Le concept de grande flexion : les facteurs liés au chirurgien

La technique chirurgicale influe elle aussi directement sur les résultats en terme d'amplitudes articulaires. Les anomalies de positionnement des implants à l'origine d'une limitation du jeu articulaire sont le plus souvent liées à : une absence de pente tibiale postérieure, un composant fémoral en position distale ou en rotation externe excessive. La libération des ostéophytes postérieurs constitue également un temps important pour l'obtention d'une flexion postopératoire satisfaisante.

Influence du dessin prothétique - Etudes cinématiques

Plusieurs travaux ont insisté sur l'influence du dessin des implants dans la restitution du « roulement » postérieur

fémoral et de la rotation tibiale interne automatique nécessaires à l'obtention d'une flexion importante [15, 16, 17].

Cette cinématique naturelle du fémur paraît pour certains auteurs mieux restituée par les PTG sans conservation du LCP [6, 18]. Dennis [6] a analysé sous fluoroscopie 29 PTG sans conservation du LCP et 12 PTG conservant le LCP. Dans cette étude, les condyles fémoraux du groupe sans conservation du LCP présentaient toujours un roulement postérieur proche de celui du genou normal alors que les patients du groupe conservation LCP ne présentaient ce mouvement qu'entre 51% et 58% des cas [6].

Différentes considérations du dessin prothétique peuvent influencer la cinématique articulaire d'une part et les contraintes sur les matériaux d'autre part lors des mouvements en grande flexion [19]. La modification du dessin de la came de postérostabilisation de ces implants semble importante pour la reproduction d'une cinématique fémoro-tibiale proche du genou normal d'une part et pour la stabilité d'autre part. En effet, il est important que le point de contact au niveau de cette came soit proche de sa base afin de diminuer les contraintes et d'améliorer la stabilité par augmentation de la distance à effectuer pour passer en avant du plot tibial. Ainsi, Li [20], dans une étude cinématique cadavérique où l'influence des groupes musculaires a été reproduite, décrit le rôle de la géométrie de la came postérieure dans la restitution d'une cinématique fémoro-tibiale proche de celle du genou normal : de l'extension jusqu'à 150° de flexion, le recul des condyles médial et latéral était respectivement de 22,9 +/- 11,3 mm et 31,9 +/- 12,5 mm [20].

Par ailleurs, il paraît judicieux que les implants bénéficiant de cette came postérieure soient accompagnés d'un plateau mobile afin de limiter les contraintes sur la came lors de la rotation tibiale interne automatique en fin de flexion [21]. Nakayama [21] a mené une étude sur plusieurs prothèses sans conservation du LCP et démontré que la présence d'un plateau mobile permettant la rotation tibiale interne diminuait les contraintes subies par la came postérieure.

Un autre phénomène présent lors de la flexion profonde est à considérer. L'effet « lift-off », signifiant soulèvement des condyles fémoraux, en particulier le latéral, a été constaté après arthroplastie totale de genou lors de flexions supérieures à 90° [16, 18, 22]. Même si ce phénomène peut probablement être évité par une technique chirurgicale rigoureuse, en particulier en terme de balance ligamentaire, il semble important que la surface articulaire ait une congruence frontale maximale obtenue par l'emploi d'un polyéthylène concave, afin de diminuer les contraintes et donc l'usure du polyéthylène.

Des modifications du dessin sagittal des condyles fémoraux postérieurs ont été également réalisées, dont l'extension postérieure permet une meilleure cinématique du genou ainsi qu'une augmentation de la zone de contact avec le polyéthylène lors de la flexion maximale. A 150° de flexion, 90 % du fémur postérieur en contact avec le polyéthylène est recouvert par la prothèse [20]. Cette épaisseur postérieure fémorale est importante car le « posterior condylar offset », traduisant l'encombrement

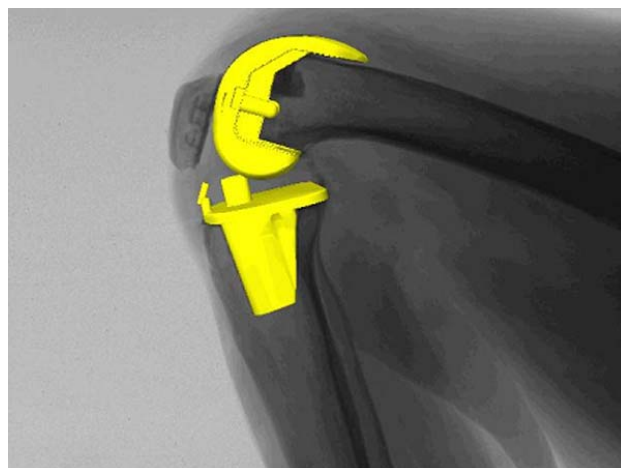


Figure 1. Etude cinématique après arthroplastie totale du genou pour grande flexion montrant l'obtention d'une flexion supérieure à 120° chez un sujet en charge (figure 1a) et la restauration du roulement postérieur lors de la flexion (figure 1b)

antéro-postérieur du composant fémoral, a été retrouvé comme directement corrélée à la flexion postopératoire dans une étude fluoroscopique de 150 prothèses totales de genou menée par Bellemans [16].

Par ailleurs, la géométrie des plateaux tibiaux a aussi été modifiée, en effilant la partie antérieure, afin de diminuer les contraintes du polyéthylène sur l'appareil extenseur lors d'une flexion importante.

L'augmentation de la flexion soulève cependant des interrogations sur le comportement de l'articulation fémoro-patellaire. Argenson et Komistek [23] ont décrit dans une étude cinématique comparative la course rotulienne en fonction de la flexion (positions de contact fémoro-patellaire et angle tibio-patellaire) d'un groupe de patients avec une PTG au dessin modifié. En comparant ce groupe à un groupe de genoux sains et un groupe de genoux ayant une rupture du LCA, il apparaissait que le groupe PTG présentait la cinématique la plus proche du genou normal, en particulier en terme de position de la zone de contact fémoro-patellaire. Cette étude a également montré une restauration constante du « roulement » fémoral postérieur du condyle externe pour les 20 genoux prothétiques étudiés ainsi qu'une amplitude moyenne de flexion en charge de 125° [23] (figure 1).

Les techniques chirurgicales « mini-invasives »

Même si certains opérateurs ont décrit des abords limités durant les quinze dernières années aucune technique n'avait fait preuve de son efficacité et supplanté les techniques conventionnelles, probablement par manque d'instrumentation adaptée. La chirurgie mini-invasive dans l'arthroplastie de genou a réellement débutée vers la fin des années 90 avec la prothèse unicompartmentale [24]. Avec ses résultats satisfaisants, cette technique s'est naturellement étendue au domaine de l'arthroplastie totale.

L'installation du patient ne diffère pas de l'installation classique, en dehors du fait qu'il faut s'assurer que le genou puisse être bien mobile durant toute l'intervention de la flexion à l'extension. En effet, la taille réduite de

l'incision, approximativement autour de 10 centimètres, impose au chirurgien de travailler à travers une fenêtre mobile en alternant plusieurs fois l'extension et la flexion durant l'intervention et en changeant le positionnement des écarteurs entre le côté médial et le côté latéral. L'utilisation du garrot pneumatique n'est pas obligatoire, bien que conseillée par la plupart des auteurs. L'intervention peut être réalisée sous anesthésie générale ou épidurale mais nécessite une bonne relaxation musculaire.

L'incision est en général rectiligne, du pôle supérieur de la patella jusqu'au milieu de la tubérosité tibiale antérieure sur son bord médial, environ 2 à 4 cm en dessous de l'interligne articulaire. Néanmoins, cette incision peut être légèrement curviligne, convexe en dedans, en cas de technique épargnant totalement le quadriceps (« quad-sparing »). En effet, cette technique impose l'utilisation d'un ancillaire de coupe par voie médiale facilitée par l'incision curviligne.

La dissection du tissu cellulaire sous-cutané peut être indifféremment réalisée au bistouri électrique ou aux ciseaux fins, mais doit être minutieuse afin de créer cette fenêtre mobile. L'arthrotomie est parapatellaire interne et peut être secondairement associée en cas de difficulté d'exposition à une arthrotomie complémentaire horizontale sur l'aileron patellaire au niveau de son tiers moyen, sur une distance d'environ 1 cm, en bas et en dedans.

Plusieurs attitudes sont alors possibles vis à vis de l'appareil quadricipital. Une incision limitée à 2 ou 4 cm du tendon quadricipital représente la première option, l'alternative consistant en une incision de 2 cm dans l'axe des fibres du muscle vaste médial (« midvastus »), ou un abord sous le vaste médial (« subvastus ») avec une arthrotomie bifurquant à angle droit en médial [25]. Enfin l'absence totale d'incursion dans le quadriceps (« quad-sparing ») est également possible nécessitant souvent une coupe rotulienne première et une instrumentation basée sur la réalisation des coupes tibiale et fémorale distale depuis la partie médiale de l'articulation [9].

La patella n'est pas éversée mais seulement sublaxée. Afin d'améliorer la visibilité de l'articulation, l'excision

de la partie médiale du ligament adipeux et de la membrane synoviale supra-trochléenne est en général pratiquée en extension. L'ablation rigoureuse des ostéophytes, en particulier au niveau du fémur postérieur, nous semble importante afin d'améliorer la flexion postopératoire. Cette ablation est en général facilitée par l'utilisation d'un distracteur mis en place le genou en flexion dans l'espace fémoro-tibial, afin d'accéder à la partie postérieure du fémur et à la capsule postérieure. La libération de la capsule postérieure peut ainsi être réalisée aisément si nécessaire.

Même si l'ordre des coupes dépend de l'habitude du chirurgien, elle peut aussi être modifiée afin de s'adapter au déficit relatif de vision. Ainsi, certains opérateurs réalisent tout d'abord la coupe rotulienne (en cas de resurfaçage), afin de pouvoir la subluser plus facilement. Puis la coupe fémorale distale est réalisée le genou en flexion, à l'aide d'un ancillaire intramédullaire de gabarit réduit. Par la suite, la coupe tibiale est réalisée à l'aide d'un guide extramédullaire adapté, mais la coupe tibiale première est bien entendu possible en particulier pour les chirurgiens sacrifiant le LCP. L'espace en extension peut alors être évalué, ainsi que l'axe du membre inférieur. Le genou est remis en flexion afin de réaliser les coupes fémorales antérieures et postérieures, dont la rotation est en général réglée à partir de la ligne de Whiteside et des condyles postérieurs, les épicondyles pouvant être difficilement visualisables. Les espaces en flexion et en extension sont ensuite analysés à l'aide des espaceurs puis des implants d'essai. Il faut tenir compte, avec les espaceurs, de l'inclusion de la coupe « Flex » dans le guide de coupe fémoral, enlevant 2mm d'os supplémentaire au niveau des condyles postérieurs et correspondant à l'épaisseur de l'implant fémoral.

Il est probable que l'association de la chirurgie mini-

invasive et de la chirurgie assistée par ordinateur représente le futur de ces techniques compte tenu de l'aide apportée par l'ordinateur pour la vision en deux ou trois dimensions (figure2).

Une fois les implants choisis leur fixation est réalisée, cimentée ou non, sans aucun changement imposée par la voie d'abord. L'insertion première du composant tibial nécessite une hyperflexion du genou et une sublaxation antérieure du tibia. Cette insertion peut être facilitée par l'utilisation d'un composant tibial muni d'une mini-quille ou d'une quille modulaire. L'insertion du composant fémoral est plus aisée en flexion, suivie de l'insertion du composant patellaire puis de l'insert d'essai en extension. Enfin, un nettoyage soigneux du ciment en excès, le genou en flexion et en extension, précède l'insertion du polyéthylène définitif.

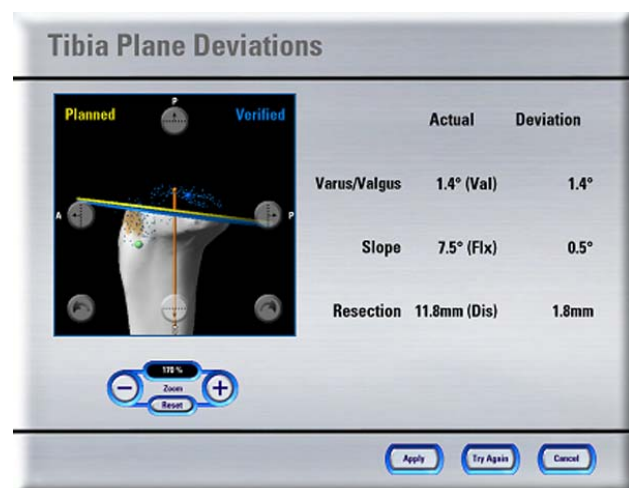
Résultats cliniques

La flexion postopératoire moyenne après arthroplastie totale de genou conventionnelle excède rarement 110° en moyenne. Par ailleurs, il est habituel que l'indolence, la capacité de marcher sans aide et la mobilité maximale après PTG par voie d'abord conventionnelle soit obtenues autour de la 6e semaine.

Les premiers résultats de l'utilisation des techniques mini-invasives font état d'une récupération plus rapide au niveau des scores fonctionnels, d'une diminution de la douleur postopératoire et d'une amélioration de la flexion dans les six premières semaines, avec une qualité d'implantation identique [4, 5, 25, 26]. Même si la longueur de l'incision cutanée a probablement un impact psychologique par effet cosmétique, il est vraisemblable que la diminution des gestes sur l'appareil extenseur soit responsable de ces progrès sur les résultats fonctionnels. Par ailleurs, aucune différence n'a été encore rapportée sur



Figure 2 : Arthroplastie totale du genou par voie dite mini-invasive (figure 2a) et assistée par ordinateur (figure2b)



les résultats fonctionnels en fonction du type de voie mini-invasive (para-patellaire interne, sub-vastus, mid-vastus ou quad-sparing) [25].

Notre expérience préliminaire de la technique mini-invasive porte sur un groupe de 43 genoux en utilisant le même implant postérostabilisé cimenté à plateau mobile mis en place par voie para-patellaire interne (« mini »). Nous n'avons retrouvé aucune différence radiologique postopératoire par rapport à un groupe comparable en âge, poids, score fonctionnel et axe mécanique préopératoire de patients opérés selon la technique conventionnelle (« classique ») durant la même période. Par ailleurs, l'amplitude moyenne de flexion était respectivement pour les groupes mini et classique de 115° et 105° à six semaines puis de 124° et 118° à 12 semaines. A un an, il n'existait plus de différence significative entre les groupes avec respectivement 128° et 129° et les scores cliniques étaient comparables.

L'emploi de prothèses au dessin modifié pour l'hyperflexion est encourageant. Nous avons opéré 174 patients d'âge moyen de 69 ans avec cet implant. Le score fonctionnel de la Knee Society est passé de 34 à 92 points et la flexion postopératoire moyenne était de 128°. De plus, la flexion postopératoire moyenne était supérieure ou égale à 125° chez 78 % des patients. Les résultats radiologiques et cliniques à moyen terme sont comparables à ceux des séries actuelles d'arthroplastie totale de genou avec l'absence de reprise pour descellement aseptique au recul moyen de 48 mois.

Conclusion

L'arthroplastie totale de genou est une intervention fiable et reproductible avec des résultats fonctionnels satisfaisants dans le temps. Néanmoins, les modifications du dessin de certains implants, ainsi que l'émergence de techniques mini-invasives semblent encore améliorer ces résultats sans changer la qualité d'implantation.

Néanmoins, afin d'obtenir le résultat attendu, le chirurgien doit rigoureusement sélectionner le patient aux vues des données cliniques et radiologiques, ainsi que l'implant et la technique adéquats. Il faut garder à l'esprit les bons résultats à plus de dix ans obtenus par voie conventionnelle basés sur une bonne qualité d'implantation.

Ces nouvelles technologies appliquées à l'arthroplastie totale de genou présentent des résultats fonctionnels encourageants à court terme mais doivent faire preuve de leur efficacité dans le long terme.

Références

1. Argenson JN : The mini incision: routine approach. *Orthopedics* 2004 ; 27: 482
2. Bonutti PM.; Mont, MA, Kester MA. Minimally invasive total knee arthroplasty: a 10-feature evolutionary approach. *Orthop Clin North Am* 2004 ; 35(2): 217-26
3. Bonutti PM, Mont MA, McMahon M, Ragland PS, Kester M. : Minimally invasive total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2004 ;86-A Suppl 2: 26-32
4. Haas SB, Cook S, Beksac B : Minimally invasive total knee replacement through a mini midvastus approach: a comparative study. *Clin Orthop Relat Res*, 2004 ; 428: 68-73

5. Laskin RS : Minimally invasive total knee replacement using a mini-mid vastus incision technique and results. *Surg Technol Int* 2004 ;13: 231-8.
6. Dennis DA, Komistek RD, Colwell CE Jr, Ranawat CS, Scott RD ; Thornhill, TS.; and Lapp, MA. : In vivo anteroposterior femorotibial translation of total knee arthroplasty: a multicenter analysis. *Clin Orthop Relat Res* 1998 ; 356: 47-57
7. Ahlberg A, Moussa M, Al-Nahdi M : On geographical variations in the normal range of joint motion. *Clin Orthop Relat Res* 1988 ; 234: 229-31,
8. Tria AJ, Jr : Advancements in minimally invasive total knee arthroplasty. *Orthopedics* 2003 ; 26: s859-63
9. Tria AJ Jr, Coon TM : Minimal incision total knee arthroplasty: early experience. *Clin Orthop Relat Res*, 2003 ; 416: 185-90
10. Argenson JN, Chevrol-Benkeddache Y, Aubaniac JM : Modern unicompartmental knee arthroplasty with cement. A three to ten year follow up study. *J Bone Joint Surg* 84A(12) : 2235-2239, 2002.
11. Berger RA, Nedeff DD, Barden RM, Sheinkop MM, Jacobs JJ, Rosenberg AG, Galante JO : Unicompartmental knee arthroplasty. Clinical experience at 6 to 10 year follow-up. *Clin Orthop* 1999 ; 367:50-60.
12. Murray DW, Goodfellow JW, O'Connor JJ : The Oxford medial unicompartmental arthroplasty : a ten-year survival study. *J. Bone Joint Surg [Br]* 1998 ; 80-B:983-989.
13. Argenson JN, Komistek RD, Aubaniac JM, et al : In vivo determination of knee kinematics for subjects implanted with a unicompartmental arthroplasty. *J Arthroplasty* 2002 ; 17 : 1049-1054
14. Ritter MA, Harty LD, Davis KE, Meding JB, Berend ME : Predicting range of motion after total knee arthroplasty. Clustering, log-linear regression, and regression tree analysis. *J Bone Joint Surg Am* 2003 ;85: 1278-85
15. Banks SA, Markovich GD, Hodge WA : In vivo kinematics of cruciate-retaining and -substituting knee arthroplasties. *J Arthroplasty*, 1997 ;12: 297-304
16. Bellemans J, Banks S, Victor J, Vandenneucker H, Moemans A : Fluoroscopic analysis of the kinematics of deep flexion in total knee arthroplasty. Influence of posterior condylar offset. *J Bone Joint Surg Br* 2002 ; 84 : 50-3
17. Komistek RD, Dennis DA, Mahfouz, M : In vivo fluoroscopic analysis of the normal human knee. *Clin Orthop Relat Res* 2003 ; 410: 69-81
18. Dennis DA, Komistek RD, Mahfouz MR. : In vivo fluoroscopic analysis of fixed-bearing total knee replacements. *Clin Orthop Relat Res* 2003 ; 410: 114-30
19. Argenson JN, Scuderi GR, Komistek RD, Scott WN, Kelly MA, Aubaniac JM. In vivo kinematic evaluation and design considerations related to high flexion in total knee arthroplasty. *J Biomech*, 2005 ; 38: 277-84
20. Li G, Most, E Sultan PG, Schule S, Zayontz S, Park SE, Rubash HE. : Knee kinematics with a high-flexion posterior stabilized total knee prosthesis: an in vitro robotic experimental investigation. *J Bone Joint Surg Am*. 2004 ;86: 1721-9
21. Nakayama K, Matsuda S, Miura H, Iwamoto Y, Higaki H, Otsuka K : Contact stress at the post-cam mechanism in posterior-stabilised total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 2005 ; 87: 483-8
22. Stiehl JB, Dennis DA, Komistek RD, Keblish PA. : In vivo kinematic analysis of a mobile bearing total knee prosthesis. *Clin Orthop Relat Res* 1997 ;345: 60-6
23. Argenson JN, Komistek RD, Mahfouz M, Walker SA, Aubaniac JM, Dennis DA. A high flexion total knee arthroplasty design replicates healthy knee motion. *Clin Orthop Relat Res*. 2004 ; 428: 174-9
24. Romanowski MR, Repicci JA. : Minimally invasive unicompartmental arthroplasty: eight-year follow-up. *J Knee Surg* 2002 ; 15: 17-22
25. Scuderi GR, Tenholder M, Capeci C. : Surgical approaches in mini-incision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004 ; 428: 61-7
26. Laskin RS, Beksac B, Phongjunakorn A, Pittors K, Davis J, Shim JC, Pavlov H, Petersen M. : Minimally invasive total knee replacement through a mini-midvastus incision: an outcome study. *Clin Orthop Relat Res*. 2004 ; 428: 74-81