

Apport de la navigation dans les prothèses totales du genou : résultats de nos 100 premiers cas et revue de la littérature

Contribution of navigation in total knee arthroplasty: results of our first hundred cases and review of the literature

G Versier, D Ollat, Y Nader, O Barbier, C Bures

Service de chirurgie orthopédique, HIA Bégin, Saint-Mandé 94

Mots clés

- ◆ Prothèse totale du genou
- ◆ chirurgie assistée par ordinateur

Résumé

Le résultat à long terme des implants dans les prothèses totales du genou (PTG) est étroitement corrélé à la qualité de l'implantation. Il est clairement établi que le taux de descellement augmente dès que l'axe du membre inférieur n'est pas restitué. Malgré les ancillaires intra ou extra-médullaires, les études montrent qu'il persiste un taux non négligeable (8 à 30%) de malposition tant dans le plan frontal que dans le plan sagittal ou coronal. C'est dans ce contexte que sont apparus les systèmes de navigation dont le but est de permettre une pose plus précise et reproductible des implants, précision supérieure par rapport aux ancillaires mécaniques manuels qui se traduira par une survie plus longue des implants.

Nous avons revu une série consécutive de 100 patients opérés pour gonarthrose primitive entre septembre 2004 et décembre 2006. Il s'agissait d'une série prospective consécutive non randomisée multi-opérateurs mais monocentrique (HIA Bégin). L'implant était une PTG Score (laboratoires Amplitude) à plateau mobile, le plus souvent non cimentée, posée à l'aide du logiciel de navigation du même laboratoire. Le système de navigation informatique était de type passif par capteurs infrarouges.

La série comprenait 100 patients (71 femmes et 29 hommes), avec un âge moyen de 69 (extrêmes de 52 à 86), 68 genoux droits et 32 gauches. La qualité d'implantation des PTG a été étudiée sur des radios de face et de profil du genou en charge ainsi que des incidences fémoro-patellaires et un pangonogramme en charge des deux membres inférieurs. Par ailleurs, les patients ont également été revus cliniquement pour évaluer leur fonction. Soixante-seize patients avaient une déformation avec un *varus* moyen de 5 degrés (1 à 17°) et 24 patients avec une déformation avec un *valgus* moyen de 8 degrés (3 à 14°). Le recul moyen était de 27 mois (12 à 41 mois). L'axe mécanique frontal moyen en post-opératoire était de 181,2° +/- 1,2 (178 à 183°). L'obliquité moyenne de l'interligne était de 1,5 degrés (0 à 4). Dans le *genu valgum*, la qualité de la réduction trochléo-patellaire a été appréciée sur les vues axiales. Il n'y a pas eu d'augmentation délétère de la durée d'intervention (20 minutes en moyenne).

Le score IKS a été amélioré en moyenne de 77 points (107 sur 200 en préopératoire à 184 sur 200 en post-opératoire), avec une amélioration particulièrement importante sur le score douleur qui passe de 11 à 47 points. La mobilité post-opératoire a été modérément améliorée ce qui est une donnée classique, l'arthroplastie totale du genou n'étant pas une opération mobilisatrice. Les facteurs de meilleur pronostic sur le résultat fonctionnel sont la mobilité préopératoire supérieure à 110°, l'âge inférieur à 60 ans, les déformations frontales inférieures à 10° et le centrage rotulien sur les vues axiales. Sur le plan de la correction angulaire frontale, les meilleurs résultats sont obtenus sur les *genu valgus*, où la rotation externe de 3° supplémentaires du carter fémoral a permis un recentrage constant de la rotule dans la trochlée.

En conclusion, l'utilisation du système de navigation n'a pas amené de difficulté particulière et nous a permis de poser avec une précision accrue et reproductible ces PTG. Le système de navigation permet par ailleurs de régler l'équilibrage ligamentaire qui est aussi un facteur connu de longévité des implants et facilite le centrage de la rotule qui est un élément déterminant dans l'indolence post-opératoire.

Keywords

- ◆ Total knee arthroplasty
- ◆ computed-assisted surgery

Abstract

The long-term results in total knee arthroplasty (TKA) are closely correlated to the quality of the positioning of the components. It is well known that the quality of the long term functional outcome decreases as soon as the post operative axis of the lower limb is not orthogonal. Despite the accurate conventional instrumentations (extramedullary and intramedullary guidance systems) the rate of malposition of the implants, in the frontal,

Correspondance :

G Versier. Service de chirurgie orthopédique, hôpital d'instruction des armées Bégin, 69 avenue de Paris, 94160 Saint-Mandé

sagittal or coronal plane, is still significant (8 to 30%). It is in this context that emerged the computer assisted navigation systems to try to get more accuracy in the positioning of the implants and so a better longevity. One hundred patients were operated for primitive gonarthrosis between September 2004 and December 2006. It was a prospective non-randomized study with different operators but one surgical center (HIA Bégin). The implant was a TKA Score (Amplitude) with a rotating platform and most of the time a cementless fixation. We used the computer assisted navigation of the same company. It's a passive infrared sensor with a non-image-based navigation system.

This study included 100 patients (71 women and 29 men) with a mean age of 69 (range from 52 to 86), 68 right knees and 32 left knees. The quality of position of the TKA was discussed on the x-rays (face and profile in charge, tangential patellar views) of the knee and a standing view of both legs in charge. Patients had also a clinical review to evaluate their function. 76 patients had varus deformity with an average of 5 degrees (1 to 17 degrees) and 24 patients with valgus deformity with an average of 8 degrees (3 to 14). The mean follow up was 27 months (12 to 41 months). The average of the post-operative mechanical axis (front plan) was $181.2^\circ \pm 1.2$ (178 to 183°). The average obliquity of the articular line was 1.5 degrees (0 to 4). In the knee valgum, the quality of position of the patella was checked on the tangential patellar views.

There was no excessive additional operative time (20 minute average).

The IKS score has been improved by an average of 77 points (107 preoperatively to 184 out in post-operative). In particular significant the pain score was improving from 11 to 47 points. The post-operative mobility was moderately improved. It's normal, the total knee replacement surgery is not a way to improve the articular mobility. The criteria for a better functional outcome, found in this study, are: a preoperative mobility above 110 degrees, an age below 60 years, a frontal deformity below 10 degrees and the patellar centering on the tangential views. The best results for the front angle correction are obtained on valgus knees, with an external rotation of 3° on the femoral component.

In conclusion, using the navigation system has not been an difficulty and allowed us to have an accurate and constant position of the implants. The navigation system has been also a way to have an easy ligament's adjustment.

La prothèse totale du genou (PTG) est devenue une intervention courante en orthopédie. De nombreux progrès sur le design des implants, la qualité du polyéthylène et les moyens de fixation ont nettement amélioré le résultat fonctionnel. Cependant, tous ces progrès ne dispensent pas d'une position d'implantation optimale. Ce point reste fondamental dans la qualité du résultat à long terme. En effet, il est clairement établi que le taux de descellement augmente dès que l'axe mécanique du membre inférieur n'est pas restitué. Malgré le perfectionnement des ancillaires intra ou extra médullaires, les études montrent qu'il persiste un taux non négligeable (8 à 30%) de malposition tant dans le plan frontal que dans le plan sagittal ou coronal. En effet, il semble difficile d'obtenir une meilleure précision avec ces ancillaires mécaniques. Ceci s'explique par des limites purement mécaniques notamment les approximations dues aux estimations visuelles et manuelles. C'est dans ce contexte que sont apparus les systèmes de navigation assistés par ordinateurs. Leur but est de permettre une pose plus précise et plus reproductible des implants en s'affranchissant des aléas des ancillaires mécaniques manuels. Par cette amélioration de la position des implants, on espère ainsi obtenir une survie plus longue des implants. Nous rapportons au travers d'une série clinique de 100 PTG, notre expérience initiale, sur la PTG posée par navigation assistée par ordinateur.

Matériels et méthodes

Il s'agissait d'une série prospective consécutive non randomisée multi-opérateurs mais monocentrique (HIA Bégin) de 107 patients opérés pour gonarthrose primitive entre septembre 2004 et décembre 2006. Il y a eu 7 patients perdus dus à un arrêt inopiné de la navigation en raison d'une ostéotomie de la tubérosité tibiale, d'une mobilisation ou de la perte d'un capteur par maladresse (début de la phase d'apprentissage). La série comprenait 100 patients (71 femmes et 29 hommes) [fig 1], avec un âge moyen de 69 (extrêmes de 52 à 86), 68 genoux droits et 32 gauches. Il y avait 8 cas bilatéraux. Le genou était cliniquement en *varus* dans 73 cas avec une déformation moyenne de 5° (extrêmes de 1° à 17°). Vingt-sept genoux étaient en *valgus* (dont 4 séquellaires d'une ostéotomie) avec une déformation moyenne de 8° (extrêmes de 3° à 14°). Les étiologies étaient 79 gonarthroses essentielles, 3 calcs vicieux, 1 chondrocalcinose, 8 polyarthroses rhumatoïdes, 2 ostéochondrites disséquantes, 4 sur ostéotomie tibiale de valgisation, 3 nécroses condyliennes. L'implant était une PTG Score (laboratoire Amplitude) à plateau mobile, le plus souvent non cimentée, posée à l'aide du logiciel de navigation du même laboratoire. Le système de navigation informatique était de type passif par capteurs infrarouges (fig 2).

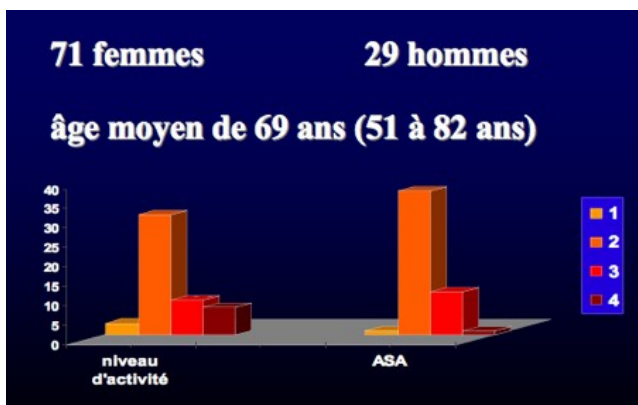


Figure 1. Niveau d'activité et score ASA de la population étudiée.



Figure 2. Prothèse totale de genou Score et console de navigation.

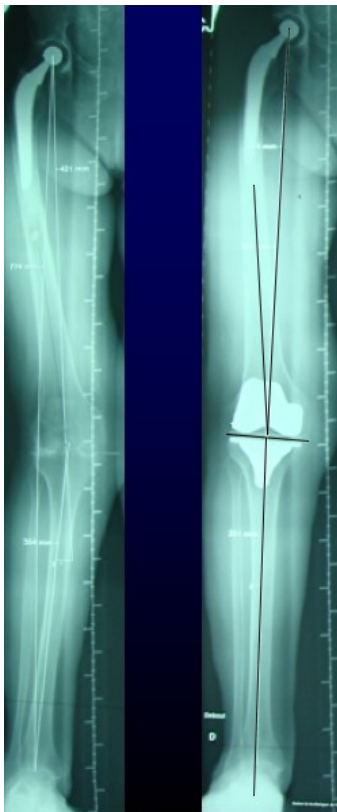
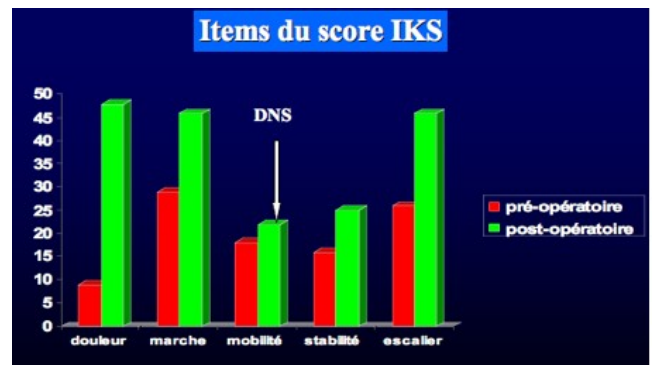
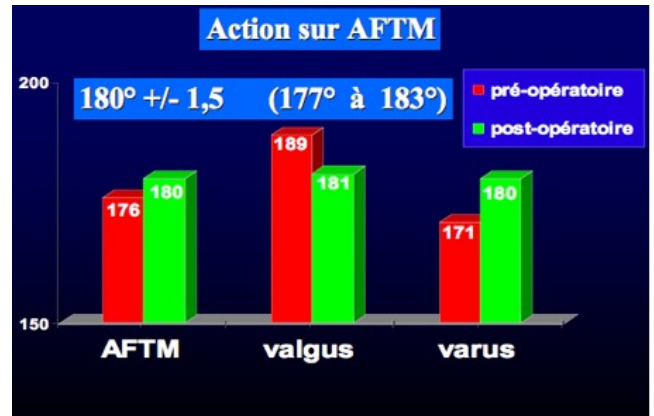


Figure 3. Pangonogramme pré- et post-opératoire d'un patient.

Figure 4. Résultats sur l'axe mécanique frontal du membre inférieur pré- et post-opératoire.

Figure 5. Items du score IKSS pré- et post-opératoire.



La qualité d'implantation des PTG a été étudiée sur des radios de face et de profil du genou en charge ainsi que des incidences fémoro-patellaires et un pangonogramme (fig 3) en charge des deux membres inférieurs. Dans le *genu valgum*, la qualité de la réduction trochléo-patellaire a été appréciée sur les vues axiales. Par ailleurs, les patients ont également été revus cliniquement pour évaluer leur fonction selon le score IKSS.

Technique de pose de la PTG Score assistée par ordinateur

Le système de navigation comprend une unité centrale composée d'un écran tactile et d'un mât télescopique portant deux caméras à infrarouges. L'abord chirurgical était soit parapatellaire interne sur les *genu varus* soit parapatellaire externe de type « Keblish » sur les *genu valgus* non réductibles. Des capteurs sont montés sur deux fiches vissées dans la diaphyse fémorale et tibiale à chaque extrémité de l'incision. On vérifie qu'ils soient bien visibles par la caméra quelque soit la position de l'articulation. Les capteurs sont alors localisés dans l'espace grâce au palpeur. Puis on localise ensuite les deux malléoles de la cheville et l'on effectue des circumductions de hanche pour calculer le centre de tête fémorale. L'articulation est ensuite largement exposée et le plateau tibial subluxé en avant, après résection du pivot central. Les surfaces articulaires sont dégagées avec ablation soigneuse de tous les ostéophytes et résection des ménisques. On effectue alors le *bone-morphing* à l'aide du palpeur et l'on obtient l'axe mécanique du membre du patient. On choisit la hauteur de coupe à l'aide du palpeur et on définit la taille et la position de l'implant (varus/valgus, pente, rotation...). Puis le guide de coupe est positionné toujours grâce à la navigation pour effectuer la coupe correspondante aux choix précédents. Ensuite un espaceur permet d'effectuer le réglage de la tension ligamentaire en extension et en flexion. Un *release* et la rotation fémorale sont éventuellement effectués à ce moment. Le guide de coupe fémorale est ensuite posé et repro-

duit les réglages précédemment choisis puis on effectue les coupes. Les implants d'essais sont ensuite posés et repérés par navigation. Si la rotule est prothésée, on effectue alors la coupe rotulienne. Il n'y a pas de navigation pour cette étape. L'axe du membre et l'équilibrage ligamentaire sont vérifiés avec les implants d'essais puis on met en place les implants définitifs.

Résultats

Le recul moyen était de 27 mois (12 à 41 mois).

Résultats radiologiques

Toutes les mesures radiologiques ont été effectuées par le même observateur. L'axe mécanique frontal moyen en post-opératoire était de 181,2° +/- 1,2 (178 à 183°) [fig 4]. L'obliquité moyenne de l'interligne était de 1,5 degrés (0 à 4°). La pente tibiale de profil était en moyenne de 1,1° +/- 1,8 et le positionnement fémoral de face était en moyenne de 0,9° +/- 1,3. Le positionnement fémoral de profil était de 1,6° +/- 2, le positionnement tibial de face de 0,4° +/- 0,7. Il n'a pas été retrouvé d'influence de ces valeurs sur le score fonctionnel IKSS ($p > 0,05$). La rotation externe (3°) du carter fémoral semble favoriser le centrage rotulien ($p < 0,05$) et améliore le résultat IKS, la marche et l'utilisation des escaliers ($p < 0,05$). Le resurfaçage rotulien n'influence pas le résultat anatomique (centrage) ou fonctionnel (IKS) [$p > 0,05$]. Il n'y a pas eu d'augmentation délétère de la durée d'intervention (20 minutes en moyenne). La durée moyenne d'intervention était de 116 minutes (90 à 175) avec réduction du temps opératoire (127 minutes pour les 25 premières PTG, 104 minutes pour les 25 dernières).

Résultats cliniques

L'indice de satisfaction était satisfaisant pour 54 patients et très satisfaisant pour 41. Le score IKSS a été amélioré en moyenne de 77 points (107 sur 200 en pré-opératoire à 184

Axe fémoro-tibial mécanique			
	PTG naviguée	PTG conventionnelle	p
Anderson	0,3° (n = 116)	0,3° (n = 51)	NS
Bathis	0° (n = 80)	1° (n = 80)	< 0,016
Ensini	0,8° (n = 60)	0,9° (n = 60)	NS
Stulberg	0,24° (n = 38)	2,4° (n = 40)	NS
Matziolis	1,4° (n = 32)	2,6° (n = 28)	< 0,004
Notre série	1,2° (n = 100)		
	Valeurs positives = varus	Valeurs négatives = valgus	

Tableau 1. Séries de PTG comparées avec et sans navigation.

Positionnement tibial de face			
	PTG naviguée	PTG conventionnelle	p
Anderson	0° (n=116)	0,5° (n=51)	< 0,03
Bathis	1,2° (n=80)	1,5° (n=80)	NS
Ensini	0,4° (n=60)	0,6° (n=60)	NS
Matziolis	1,4° (n=32)	2° (n=28)	NS
Notre série	0,4° (n=100)		
	Valeurs positives = varus	Valeurs négatives = valgus	

Tableau 2. Positionnement de l'implant tibial de face avec et sans navigation.

Positionnement tibial de profil			
	PTG naviguée	PTG conventionnelle	p
Anderson	3° (n = 116)	3,9° (n = 51)	< 0,03
Bathis	2,5° (n = 80)	4,5° (n = 80)	< 0,001
Ensini	1,3° (n = 60)	2° (n = 60)	NS
Stulberg	1,9° (n = 38)	2° (n = 40)	NS
Matziolis	2,1° (n = 32)	3,4° (n = 28)	NS
Notre série	0,9° (n = 100)		

Tableau 3. Positionnement de l'implant tibial de profil avec et sans navigation.

Positionnement fémoral de face			
	PTG naviguée	PTG conventionnelle	p
Anderson	0,5° (n = 116)	-0,8° (n = 51)	< 0,001
Bathis	1,5° (n = 80)	2,5° (n = 80)	< 0,01
Ensini	0,4° (n = 60)	0,3° (n = 60)	NS
Stulberg	2,6° (n = 38)	2,2° (n = 40)	NS
Matziolis	1° (n = 32)	2,2° (n = 28)	0,008
Notre série	0,9° (n = 100)		
	Valeurs positives = varus	Valeurs négatives = valgus	

Tableau 4. Positionnement de l'implant fémoral de face avec et sans navigation.

Positionnement fémoral de profil			
	PTG naviguée	PTG conventionnelle	p
Anderson	0,8° (n = 116)	-0,4° (n = 51)	< 0,02
Bathis	7,3° (n = 80)	9,5° (n = 80)	< 0,001
Ensini	1,6° (n = 60)	2,9° (n = 60)	< 0,03
Matziolis	3,4° (n = 32)	3,1° (n = 28)	NS
Notre série	1,6° (n = 10)		
	Valeurs positives = flexion	Valeurs négatives = extension	

Tableau n°5 : Positionnement de l'implant fémoral de profil avec et sans navigation

sur 200 en post-opératoire), avec une amélioration particulièrement importante sur le score douleur qui passe de 11 à 47 points (fig 5). La mobilité post-opératoire a été modérément améliorée ce qui est une donnée classique, l'arthroplastie totale du genou n'étant pas une opération mobilisatrice. Les facteurs de meilleur pronostic sur le résultat fonctionnel sont la mobilité pré-opératoire supérieure à 110°, l'âge inférieur à 60 ans, les déformations frontales inférieures à 10° et le centrage rotulien sur les vues axiales. Sur le plan de la correction angulaire frontale, les meilleurs résultats sont obtenus sur les *genu valgum* où la rotation

externe de 3° supplémentaires du carter fémoral a permis un recentrage constant de la rotule dans la trochlée.

Discussion

Le taux de survie des PTG (descellement ou usure prématuré du polyéthylène) est étroitement corrélé à un positionnement adéquat des implants. Jeffrey (1) a bien montré que le taux de descellement passait de 3% à 24% lorsque l'axe mécanique dépassait 3° (*varus* ou *valgus*). C'est dans ce contexte qu'est apparue la navigation dont le but était d'améliorer la précision par rapport aux ancillaires mécaniques dont les limites sont bien connues. Initialement basée sur des coupes tomodynamiques préalables imposant un surcoût et une irradiation supplémentaires, la navigation assistée par ordinateur est aujourd'hui beaucoup plus simple. Basé sur le *bone-morphing* per-opératoire, l'opérateur calibre et adapte, grâce à des capteurs infrarouges, une modélisation numérique du genou jusqu'à la faire correspondre au genou du patient. L'amélioration de la précision de la pose des implants grâce à la navigation assistée par ordinateur semble être maintenant validée (2-12). Dans le plan frontal, l'axe mécanique après utilisation de la navigation se rapproche de l'alignement parfait avec des écarts inférieurs à 3° (tableau 1). La navigation permet aussi d'améliorer la position des implants dans les trois plans (tableaux 2 à 5). Notre série clinique retrouve les mêmes données avec un axe très proche de l'alignement associé à un faible écart-type. Le positionnement plus fiable des implant a permis de régler précisément le degré de rotation fémorale comme le rapporte aussi Stockl (13). Ceci nous a permis de retrouver un centrage de la rotule de meilleure qualité. La qualité de l'alignement de l'appareil extenseur influence directement sur la fonction notamment pour la prise des escaliers. Ainsi, pour nous, la rotation externe de 3° du carter fémoral est systématique en cas de *valgus* non réductible, de rotule excentrée en pré-opératoire ou d'arthrose fémoro-patellaire externe. Par contre, la navigation n'a pas d'influence sur le gain de mobilité.

Par contre, l'allongement du temps opératoire avec la navigation est réel, même s'il se réduit avec l'expérience comme le montrent nos résultats ainsi que la littérature (5, 11, 13). De même, le score fonctionnel IKSS et les amplitudes articulaires ne semblent pas être influencés par la navigation (5, 11, 14, 15). On constate donc que la navigation, au prix d'un allongement modéré de la durée d'intervention, permet une pose plus précise et plus reproductible des implants. Le positionnement semble meilleur dans tous les plans avec une réduction de l'écart-type. Il existe cependant encore des facteurs d'imprécision tel que la souplesse de la lame de scie notamment dans l'os dense et l'utilisation du ciment.

Les facteurs de meilleur pronostic sur le résultat fonctionnel sont : la mobilité préopératoire supérieure à 110°, l'âge inférieur à 60 ans, les déformations frontales inférieures à 10° et le centrage rotulien sur les vues axiales.

La navigation est encore relativement récente et possède peu de recul mais ses avantages devraient se confirmer. Ainsi Saragaglia (17) rapporte 20 cas revus à plus 8 ans de recul avec 85% de satisfaits et un axe mécanique moyen de 179,2°.

Conclusion

L'utilisation du système de navigation présenté n'a pas amené de difficulté particulière et nous a permis de

poser avec une précision accrue et reproductible ces PTG. Ce système de navigation permet par ailleurs de régler l'équilibrage ligamentaire qui est aussi un facteur connu de longévité des implants et facilite le centrage de la rotule qui est un élément déterminant dans l'indolence post-opératoire. Cependant, la navigation doit être considérée comme un simple « GPS ». On n'apprend pas à poser une PTG uniquement par la navigation. Le chirurgien doit connaître les grands principes de l'arthroplastie du genou (*release*, équilibrage, rotation) et posséder une expérience de l'ancillaire mécanique qui reste une solution de secours en cas d'arrêt inopiné de la navigation. On peut donc penser que la navigation va permettre d'obtenir des PTG posées de façon plus précise et cela de façon plus constante. Notamment en améliorant le centrage antéro-postérieur du carter fémoral et le centrage rotulien, point « faible » des PTG. La navigation de la rotule, inexistant actuellement, est peut-être la prochaine étape ? Le meilleur positionnement des implants semble être à priori le garant de la stabilité du résultat fonctionnel et de la longévité des implants.

Références

1. Jeffrey RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after TKR. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:709-14.
2. Anderson KC, Buehler KC, Markel DC. Computer assisted navigation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2005;20:132-8.
3. Bathis H, Perlick L, Tingart M, Luring C, Zurakowski D, Grifka J. Alignment in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:682-7.
4. Ensini A, et al. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2006;457:156-62.
5. Stulberg SD, Yaffe MA, Koo SS. Computer-assisted surgery versus manual total knee arthroplasty: a case-controlled study. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:47-54.
6. Matziolis G, et al. A prospective, randomized study of computer-assisted and conventional total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg [Br]* 2007, 89-A, 2, 236-43.
7. Bolognesi M, Hofmann A. Computer navigation versus standard instrumentation for TKA: a single surgeon experience. *Clin Orthop Relat Res* 2005;440:162-9.
8. Chauhan SK, et al. Computer assisted total knee replacement: a controlled cadaver study using a multi-parameter quantitative CT assessment of alignment. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:372-7.
9. Hart R, Janecek M, Chaker A, Bucek P. Total knee arthroplasty implanted with and without kinematic navigation. *Int Orthop* 2003;27:366-9.
10. Jenny JY, Boeri C. Computer-assisted implantation of total knee prostheses: a case-control comparative study with classical instrumentation. *Comput Aided Surg* 2001;6:217-20.
11. Kim YH, Kim JS, Yoon SH. Alignment and orientation of the components in total knee replacement with or without navigation support. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89:471-6.
12. Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, Banzer D, Zink A. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support: a prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85:830-5.
13. Stockl B, Nogler N, Rosiek R, Fisher N, Krismer M, Kessler O. Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 2004;426:180-6.
14. Matsumoto T, Tsumura N, Kurosaka M, Muratsu H, Yoshiya S, Kuroda R. Clinical values in computed-assisted total knee arthroplasty. *Orthopedics* 2006;29:1115-20.
15. Park SE, Lee CT. Comparison of robotic-assisted and conventional manual implantation of a primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2007;22:1054-9.
16. Spencer JM, Chauhan SK, Sloan K, Taylor A, Beaver RJ. Computer navigation versus conventional total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89:477-80.
17. Saragaglia D, Picard F, Leitner F. An 8- to 10-years follow-up of 26 computer-assisted total knee arthroplasties. *Orthopedics* 2007;30:S121-3.