

네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술과 고식적 슬관절 전치환술의 방사선학적 결과 비교

계명대학교 의과대학 정형외과학교실

이길호·배기철

Comparison of Radiological Results of Total Knee Arthroplasty: Navigation System-assisted Versus Conventional Technique

Kil Ho Lee, M.D., Ki Cheor Bae, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Keimyung University School of Medicine,
Daegu, Korea*

Abstract

We compare the radiological results between Image-free navigation system-assisted total knee arthroplasty (TKA) using the OrthoPilot and conventional TKA. Between April 2008 and June 2009, we performed 100 primary TKA. Of these patients, 50 cases were operated with a Image-free navigation (OrthoPilot^R4.0, Aesculap, Germany) (Group A) and 50 cases were operated with conventional manual alignment system (Group B). The alignment of the lower limb and the position of the components were compared between two groups on postoperative standing anteroposterior and supine lateral radiographs. The mean postoperative femorotibial alignment (α) was 0.73 of conventional TKA group (B) 0.99 of valgus in the navigation group (A), however, more cases of the navigation group was located at the acceptable zone (94% compared with 80%). The coronal inclination of femoral component to mechanical axis (θ) and patella congruence angle (k) were significantly more accurate in group A than group B Group (96% compared with 80%, 94% compared with 66%). There were no significant differences between two groups in the coronal inclination of tibial component (β), the sagittal inclination of femoral component to anatomical axis (γ) and the sagittal inclination of tibial component (δ). Radiological results of TKA using Image-free navigation system allowed more proper limb alignment than that of conventional TKA. This result may affect the long-

교신저자: 배기철, 700-712 대구광역시 중구 달성로 56, 계명대학교 의과대학 정형외과학교실

Ki Cheor Bae, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Keimyung University School of Medicine
56 Dalseong-ro, Jung-gu, Daegu 700-712, Korea

Tel : +82-53-250-7729 E-mail : bkc5362@dsmc.or.kr

term results of primary TKA, but longer term investigation is needed.

Key Words : Computer assisted navigation system, Total knee arthroplasty

서론

슬관절 전치환술은 통증을 완화시키고 변형된 슬관절을 교정하여 삶의 질을 향상시키는데 그 목적이 있다. 보다 나은 슬관절 전치환술의 결과를 위하여 중요한 요소로는 적절한 환자의 선택, 치환 대상이 되는 삽입물의 선택, 하지 정렬 및 연부 조직 균형 등의 수술 시기 및 수술 전후 관리 등이 중요한 영향을 미친다[1-6]. 이러한 요소들이 제대로 조화를 이루지 못하는 것이 수술 실패의 주요한 원인이 되며, 그 중 실패의 가장 흔한 원인이 3도 이상의 부정 정렬이다[7]. 3도 이내의 내외반의 경우 8년 추시 시 해리율이 3%이지만 그 이상인 경우 24%에 달한다[8]. 또한, 많은 연구에서 역학적 축이 3도 이상의 변위가 있는 경우에 인공 삽입물의 10년 생존율에 중대한 영향을 미친다고 하였다[1,4,9,10].

초기 슬관절 전치환술에서는 정확한 골 절제를 위해 골수강의 지침자를 사용하였으나, 결과가 만족스럽지 않아 이후 많은 수술자들이 골수강내 지침자를 사용하였고, 현재는 함께 사용하는 방법도 모색되고 있다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 인공삽입물 위치와 하지 정렬의 오류가 여전히 보고되는 한계점을 보이고 있다[7,11,12].

따라서 본 연구에서는 네비게이션 장치를 이용한 인공 슬관절 전치환술과 고식적 방법을 이용한 인공 슬관절 전치환술의 방사선학적 하지 정렬 및 삽입물 위치의 정확도를 비교 분석하여 인공 슬관절 치환술 후 발생 할 수 있는 부정 정렬의 합병증을 줄이고 인공 삽입물의 생존율을 늘리고자 하였다.

연구 대상 및 방법

2008년 4월부터 2009년 6월까지 인공 슬관절 치환

술을 시행한 66명(100례)의 환자를 대상으로 전향적인 연구를 하였으며 그 중 32명에서 양측 인공 슬관절 치환술을 시행하였다. 그 중 50례는 네비게이션 장치(Orthopilot 4.0, Aesculap, Germany)을 이용하였고(A군), 50례는 고식적 방법으로 수술하였다(B군). 두 군 간에 성별은 A군이 남자 7명, 여자 29명이었으며, B군은 남자 4명, 여자 26명이었다. 평균연령은 A군 67.4세, B군 64.7세였으며, 원인 질환으로는 A군에서 퇴행성 골관절염이 49례, 류마티스 관절염이 1례이었으며 B군에서는 퇴행성 골관절염이 50례이었다(Table 1).

네비게이션 장치를 이용한 인공 슬관절 치환술은 한 명의 수술자에 의해 이루어졌으며, 슬개골에 약 12 cm 가량의 피부 절개를 시행하고 슬개골의 탈구를 통하여 슬관절을 노출시킨 후, 적외선 카메라 감지를 위한 transmitter를 근위 경골 부위와 원위 대퇴골 부위에 부착하고, 고관절, 족관절, 슬관절의 관절 운동을 시행하여 네비게이션 장치가 각 관절의 중심점을 찾도록 하였다. 해부학 및 운동 역학적 등록 과정에 의해 더욱 정확한 관절 중심을 찾도록 하였으며, transmitter가 부착된 경골 절제 가이드(tibial cutting guide)를 근위 경골에 위치시키고 네비게이션 장치의 화면을 보면서 적절한 근위 경골 절제 높이와 후방 경사를 찾은 후 핀으로 고정하고 절제하였다. 근위 경골 절제 후 신전 간격과 굴곡 간격을 측정한 기록을 바탕으로 연부 조직 균형에 맞게 대퇴골 원위부 골 절제 두께와 회전 정도를 미리 예측하고 골 절제를 시행하였다.

고식적 방법을 이용한 경우, 모든 환자에서 수술 전 체중부하 하지 전장 방사선 사진에서 대퇴골의 해부학적 축과 역학적 축 차이를 측정하여 수술 중 원위부 대퇴골 골 절제의 각도를 조절하였으며, 슬관절 노출 후 내반슬 변형을 교정하기 위해 경골 근위부 내측의 골막 유리 후 슬개골을 탈구시켰다. 대퇴골의 골수강내 가이드를 장착하여 크기를 결정한 후 골 절제 block을

Table 1. Summary of the clinical data

	Group A	Group B	p-value
No. of patients (case)	36 (50)	30 (50)	
Female/Male	29/7	26/4	0.262
Mean age	67.4 (51~81)	64.7 (35~79)	0.161
Diagnosis			
Primary OA	50	49	
RA	0	1	
Rt/Lt (Knee)	27/23	24/26	

OA: primary osteoarthritis, RA: rheumatoid arthritis. ($p < 0.05$).

이용하여 골 절제를 하고 경골의 골수강의 가이드에 장착된 경골 절제 block을 이용하여 경골 절제 높이를 결정, 절제하였다. 그 후 대퇴 및 경골 삽입물의 trial 및 insert를 삽입하여 안정성 판단 후 실제 삽입물을 시멘트를 이용하여 경골 삽입물, 대퇴 삽입물 순으로 삽입하였다.

수술 후 대퇴 골두에서 족관절까지 포함하는 기립 장하지 전, 후면 방사선 사진에서 대퇴골의 기계적 축과 경골의 기계적 축이 이루는 기계적 축의 편향, 대퇴골의 해부학적 축과 대퇴 삽입물 관절면이 이루는 내측각인 대퇴 삽입물 내외반각, 경골의 기계적 축과 경골 삽입물의 관절면이 이루는 내측각인 경골 삽입물 내외반각을 측정하였고, 양와위 측면 사진을 검사하여 대퇴골의 해부학적 축과 대퇴 삽입물에 수직을 이루는 선이 이루는 대퇴 삽입물 굴곡각 및 경골의 해부학적 축과 경골 삽입물의 관절면이 이루는 경골 후방 경사각, 슬개 대퇴 관절의 상관관계를 보기 위해서 슬관절을 약 45도 굴곡 시킨 위치에서 촬영하는 Merchant View를 사용하여 슬개골 일치각을 측정하였다(Fig. 1).

방사선 측정상 우수의 기준은 다음과 같다[13].

- (1) 하지 기계적 축의 대퇴-경골각(α 각): $\pm 3^\circ$
- (2) 관상면 기계적 축에 대한 대퇴 삽입물의 내외반각(θ 각): $90 \pm 3^\circ$
- (3) 시상면 해부학적 축에 대한 대퇴 삽입물의 전후방 경사각(γ 각): $90 \pm 3^\circ$

(4) 관상면 기계적 축에 대한 경골 삽입물의 내외반각(β 각): $90 \pm 3^\circ$

(5) 시상면 기계적 축에 대한 경골 삽입물의 전후방 경사각(δ 각): $90 \pm 3^\circ$

(6) 슬개골 일치각(κ 각): $5 \pm 11^\circ$

연구대상자의 일반적인 특성을 파악하기 위해 기술 통계 및 빈도분석을 시행하였으며, 그룹 간에 동질성 검정을 파악하기 위해 T-test와 Chi square test를 시행하였다. 각 측정값에 대하여 그룹 간에 차이를 검증하기 위해 T-test를 시행하였다. 통계학적 유의성은 p 값이 0.05 이하인 경우로 하였다.

결 과

네비게이션 장치를 이용하여 슬관절 전치환술을 시행한 군과 고식적 방법에 의한 군에서 대상 환자의 나이와 성별의 통계학적 차이는 없었다.

하지 기계적 축의 대퇴-경골각(α 각)은 네비게이션 장치를 사용한 A군에서 $0.99 \pm 1.33^\circ$ (범위: $-2.20 \sim 3.92^\circ$), 고식적 방법을 사용한 B군은 $0.73 \pm 2.10^\circ$ (범위: $-3.93 \sim 3.91^\circ$)이었다. A군이 50례 중 47례(94%), B군은 40례(80%)가 허용범위 내에 분포하여 네비게이션 장치를 사용한 환자에서 우수한 성적을 보였다. 관상면 기계적 축에 대한 대퇴 삽입물의 내외반각(θ 각)은 A군에서 $89.94 \pm 0.80^\circ$ (범위: $89.00 \sim 94.00$

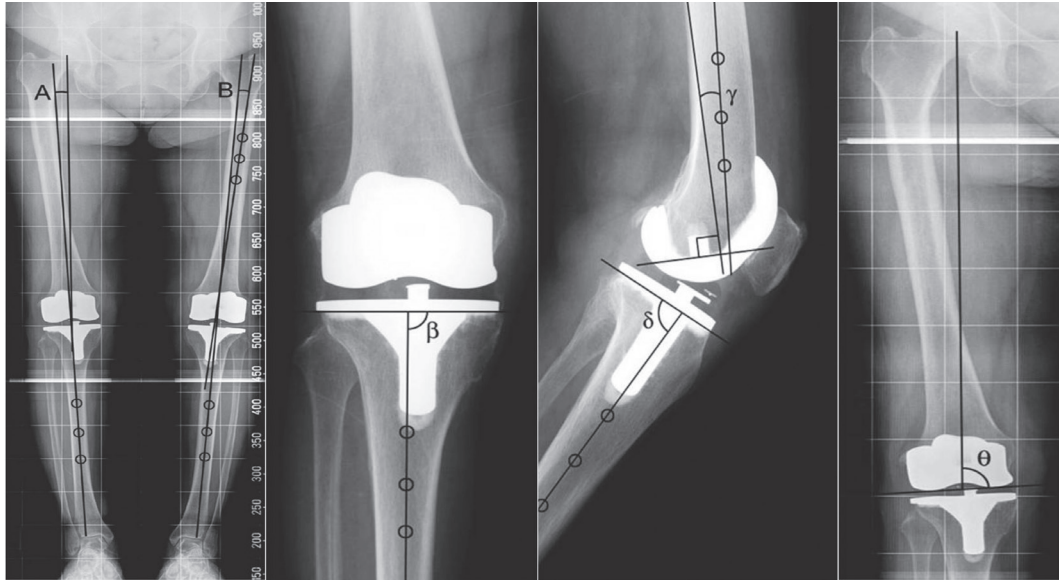


Fig. 1. Diagram showing mechanical axis deviation (A, angle is formed between the mechanical axis of the femur and tibia) and femorotibial angle (B, angle is formed between the anatomical axis of the femur and tibia). Diagrams showing the measurements of the inclination angle. Inclination angle of the tibial component is formed with the mechanical axis of the tibia (β). Inclination angle of the femoral component is formed with the mechanical axis of the femur (θ). Angle of the femoral component is formed between the anatomical axes of the femur and is perpendicular line to prosthesis (γ); Angle of the tibial component is formed with the mechanical axis of the tibia (δ).

도), B군에서 89.11 ± 1.80 도(범위: 84.00-94.00도)이었고, A군이 50례 중 46례(92%), B군은 40례(80%)가 허용범위 내에 분포하였다. 시상면 해부학적 축에 대한 대퇴 삽입물의 전후방 경사각(γ 각)은 A군에서 89.25 ± 1.44 도(범위: 86.07-92.00도), B군에서 89.14 ± 2.07 도(범위: 85.10-94.58도)로 측정되었고, A군이 50례 중 40례(80%), B군은 39례(78%)가 허용범위 내에 분포하였다. 관상면 기계적 축에 대한 경골 삽입물의 내외반각(β 각)은 A군에서 89.46 ± 1.40 도(범위: 86.40-92.60도), B군에서 89.53 ± 1.74 도(범위: 85.32-91.94도)로, A군이 50례 중 46례(92%), B군은 44례(88%)가 허용범위 내에 있었다. 시상면 기계적 축에 대한 경골 삽입물의 전후방 경사각(δ 각)은 A군에서 88.12 ± 2.47 도(범위: 82.77-94.58도), B군에서 88.13 ± 2.96 도(범위: 82.08-93.67도) 측정되어, A군이 50례 중 44례(88%), B군은 41례(82%)가 허용범위 내에 분포하였다. 슬개골 일치각(κ 각)은 A군에서 0.61 ± 6.07 도(범위: -11.30-14.70도), B군에서 7.03 ± 13.26

도(범위: -21.30-39.00도)로 나타났으며, A군이 50례 중 47례(94%), B군은 33례(66%)가 허용범위 내에 분포하는 것으로 나타났다(Table 2).

6개의 측정 값 중 θ 각, κ 각 두 각만이 두 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 나머지 측정각은 두 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났지만, 허용범위 내의 우수한 결과가 더 많은 것으로 나타났다.

고 찰

40여 년 전부터 슬관절 전치환술이 소개된 이래 수술 방법과 수술 기기들은 많은 발전을 해왔으나 아직 그 결과에 대해서는 다양한 보고들이 있다[14,15].

일반적으로 슬관절 전치환술에서 치환물의 수명은 적절한 환자의 선별, 삽입물 선택, 올바른 수술 술기, 하지 정렬, 치환물 고정, 연부조직 균형, 술 후 생리적

Table 2. Radiological measurements of the alignment of the lower extremity and the prosthesis inclination on the postoperative radiographs

	Group A (n=50) (% of excellent)	Group B (n=50) (% of excellent)	p value
The coronal inclination of femoral component to mechanical axis (θ)	89.94 $\pm$ 0.80 (96%)	89.11 $\pm$ 1.80 (80%)	0.017*
Inclination of tibial component in coronal axia (β)	0.99 $\pm$ 1.33 valgus (94%)	0.73 $\pm$ 2.10 (80%)	0.542
Mechanical axis (α)	89.25 $\pm$ 1.44 (80%)	89.14 $\pm$ 2.07 (78%)	0.796
The sagittal inclination of femoral component to anatomical axis (γ)	88.12 $\pm$ 2.47 (88%)	88.13 $\pm$ 2.96 (82%)	0.922
Inclination of tibial component to anatomical axia (δ)	0.61 $\pm$ 6.07 (94%)	7.03 $\pm$ 13.26 (66%)	0.012*
Patella congruence angle (κ)			

* p<0.05.

인 하지 정렬의 회복 등과 밀접한 관련을 가지는 것으로 알려져 있다[3,6,14]. 특히 하지 정렬에 이상이 있을 시 스트레스가 집중 되어 관절면 조기 마모, 삽입물 이완, 관절 운동의 제한, 통증 등이 발생하며 이를 방지하기 위해서 보다 정확한 술기가 요구된다[1,4, 6,16].

고식적인 수술 방법에서는 크기는 10% 이상의 부정정렬의 결과를 보고하고 있다. 하지만 네비게이션 장치를 이용할 시 기존의 고식적 수술 방법보다 하지 기계적 축의 재정렬과 적절한 치환물의 위치의 향상으로 인하여 보다 나은 결과를 가져 올 수 있다고 하며, 여러 보고들에서 대퇴 경골각이 정상의 3도 이내에 있을 때 만족스런 결과를 기대 할 수 있다고 하였다[5,7,8,13,15-19]. Saragaglia 등[5]은 인공 슬관절 치환술에 있어 네비게이션 장치를 이용 시 고식적 방법보다 정확한 하지정렬을 얻을 수 있다고 보고하였고, Stulberg 등[7]은 고식적인 수술방법 사용 시에 대퇴 삽입물은 내반, 굴곡, 내회전 위치되는 경향이 있고, 경골 삽입물은 약간 내반 되어 삽입되는 경향이 있다고 하였다. 이 때 모든 예에서 3도 이상의 하지 부정 정렬을 보인 경우는 없으나, 각 삽입물의 관상면과 시상면 모두에서 3도 이내의 정렬을 보인 경우는 20례 중 4례의 경우에만 있었다고 보고하였다. 그러나 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 시 각 단계는 1도 미만의 오차범위 유

지, 전체 정렬 오차의 감소로 수술 정밀도를 향상시킬 수 있다고 보고하였다.

네비게이션 장치를 이용한 120례와 고식적 방법으로 수술한 120례를 전향적 분석한 결과 네비게이션 장치를 이용한 군에서 하지 기계적 축, 관상면 및 시상면 기계적 축에 대한 대퇴 삽입물의 정렬 상태, 그리고 관상면 기계적 축에 대한 경골 삽입물의 내외반각이 더 정확하였다는 연구 결과도 보고되었다[11]. 또, 국내에서도 네비게이션 장치와 고식적 방법을 이용한 슬관절 전치환술의 방사선학적 결과를 비교한 연구가 보고되었는데, 대퇴골 삽입물과 해부학적 축 및 기계적 축이 이루는 각과 경골 삽입물 경사각이 네비게이션 장치를 이용한 군에서 3도 이상의 오차를 보이는 경우가 적었다고 보고하였다[20].

본 연구의 방사선학적 결과에 있어 네비게이션 장치 사용 시 하지 역학적 축과 관상면의 역학적 축에 대한 대퇴 삽입물의 내외반각이 고식적 수술 방법에 비해서 더 정확하다는 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 조사한 6개의 각이 모두 우수한 범위에 들어가는 경우는 네비게이션 장치를 이용한 경우에서 고식적 수술 방법보다 유의하게 많았다. 고식적 수술 방법의 경우 골수강 내 지침자의 삽입 시 시상면상의 굴곡이나 신전에 따라 원위 대퇴골 굴곡각이 결정 되므로 골수강의 넓

이나 대퇴골의 만곡 변형에 영향을 주어 네비게이션 장치를 사용하는 경우보다 정확성이 떨어진다. 이처럼 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 시 수술의 정확성 및 정교함의 향상, 수술에 관한 보다 정보화된 결정, 수술 단계의 감소라는 장점뿐만이 아니라, 혁신적인 수술을 가능하게 하며 연구를 위한 데이터 수집, 수술 중 발생 가능한 위험 관리 기술의 개선을 가져올 수 있으며 수술 중 객관적인 자료 수집, 하지 정렬, 삽입물 위치와 크기의 재확인, 수술 기술의 질 관리, 수술의 재현성 등 다양한 측면에서의 장점을 얻을 수 있다. 다만 네비게이션 장치 역시 수술 전 변형 정도와 불안정성 및 수술 수기에 따라 오차가 발생할 수도 있다는 점은 항상 고려되어야 된다.

본 연구의 목적은 네비게이션 장치를 이용한 인공 슬관절 전치환술과 고식적 방법을 이용한 인공 슬관절 전치환술의 방사선학적 하지 정렬 및 삽입물 위치의 정확도를 비교 분석하여 술 후 발생 가능한 부정 정렬에 따른 합병증을 줄이고자 함에 있지만, 수술 후의 방사선학적 결과만을 비교하는 것이었기 때문에 수술 후 관절 운동 범위, 슬관절 동통, 걷기, 계단 오르기, 대퇴사두근 근력, 슬관절의 굴곡 변형 및 불안정성 등의 임상적 결과를 각 군 간에 비교해 보지 못했다. 게다가 평면상의 정적 분석만을 시행하였다는 문제점과 계측자에 따른 계측 편차, 장기 추적 관찰이 되지 않은 점은 제한점이라고 생각한다. 그리고 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술을 성공적으로 수행하기 위해서는 술자의 전문적인 훈련과 좀 더 세심한 술기가 요구되며, 이에 따른 성공률에 대한 평가는 좀 더 많은 증례를 장기간 비교 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다. 따라서 이를 위한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

네비게이션 장치를 이용한 인공 슬관절 전치환술은 고식적 방법에 비해 보다 적절한 방사선학적 하지 정렬을 얻을 수 있었다. 그러므로 이러한 방법은 고식적 방법에 비해 향후 인공 슬관절 전치환술에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Garg A, Walker PS. Prediction of total knee motion using a three-dimensional computer-graphics model. *J Biomech* 1990;**23**:45-58.
2. 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.
3. Moreland JR. Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1988;**226**:49-64.
4. Rand JA, Coventry MB. Ten-year evaluation of geometric total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1988;**232**:168-73.
5. Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin P. [Computer-assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Results of 50 cases in a prospective randomized study]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2001;**87**:18-28.
6. Sohn SW, Bae KC, Park JU, Eum DS, Lee HK. Comparative Analysis of Image-free Navigation System-Assisted TKA and Conventional TKA. *J Korean Knee Soc* 2005;**17**:8-14.
7. Stulberg SD, Loan P, Sarin V. Computer-assisted navigation in total knee replacement: results of an initial experience in thirty-five patients. *J Bone Joint Surg Am* 2002;**84-A** Suppl 2:90-8.
8. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 1991;**73**:709-14.
9. Kyung HS, Ihn JC, Cha KB, Lee JY. Accuracy of Limb Alignment in Total Knee Arthroplasty using Image-Free Navigation System: Comparison with Conventional Total Knee Arthroplasty. *J Korean Knee Soc* 2005;**17**:203-11.
10. Stern SH, Insall JN. Posterior stabilized prosthesis. Results after follow-up of nine to twelve years. *J Bone Joint Surg Am* 1992;**74**:980-6.
11. 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.
12. Tang WM, Chiu KY, Kwan MF, Ng TP, Yau WP. Sagittal bowing of the distal femur in Chinese patients who require total knee arthroplasty. *J Orthop Res* 2005;**23**:41-5.
13. Oswald MH, Jakob RP, Schneider E, Hoogewoud HM. Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1993;**8**:419-26.
14. Ranawat CS. History of total knee replacement. *J South Orthop Assoc* 2002;**11**:218-26.
15. Ritter MA, Herbst SA, Keating EM, Faris PM. Radiolucency at the bone-cement interface in total knee replacement. The effects of bone-surface preparation and cement technique. *J Bone Joint Surg Am* 1994;**76**:60-5.
16. Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop Relat Res* 1994;**299**:153-6.
17. Dorr LD, Boiardo RA. Technical considerations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1986;**205**:5-11.
18. Feng EL, Stulberg SD, Wixson RL. Progressive subluxation and polyethylene wear in total knee replacements with flat articular surfaces. *Clin Orthop Relat Res* 1994;**299**:60-71.
19. Piazza SJ, Delp SL, Stulberg SD, Stern SH. Posterior tilting of the tibial component decreases femoral rollback in posterior-substituting knee replacement: a computer simulation study. *J Orthop Res* 1998;**16**:264-70.
20. Seon JK, Song EK. The Accuracy of Lower Extremity Alignment in a Total Knee Arthroplasty Using Computer-Assisted Navigation System. *J Korean Orthop Assoc* 2004;**39**:566-7.