

슬관절의 내반 변형에서 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술과 고식적 슬관절 전치환술 간의 방사선학적 비교

배대경 · 윤경호 · 김선구* · 박재완 · 신명철 · 노준하

경희대학교 의과대학 정형외과학교실, 부천 세종 병원 정형외과*

Comparison of Radiologic Measurements of Total Knee Replacement using Computer-assisted Navigation System and Conventional System in Varus Deformity of the Knee

Dae Kyung Bae, M.D., Kyoung Ho Yoon, M.D., Seon Goo Kim, M.D.*,
Jae Wan Park, M.D., Myeung Cheol Shin, M.D., and Jun Ha Roh, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University, Seoul,
Department of Orthopaedic Surgery, Sejong Hospital*, Bucheon, Korea

Purpose: To compare the radiologic measurements of the mechanical axis and the implant position of Total Knee Arthroplasty (TKA) using a computer-assisted navigation system with those using conventional TKA in varus deformity.

Materials and Methods: From January 2004 to January 2005, 49 TKAs using a CT-free navigation system (Vector Vision®, BrainLab, Heirnstetten, Germany) (Group I) and 24 TKAs using the conventional technique (Group II) were performed on patients who had a preoperative varus deformity $>10^\circ$. The patients were also subdivided into two groups, patients with a varus deformity $<20^\circ$ (group A) and patients with varus deformity $>20^\circ$ (group B). The PFC Sigma implants were used in both groups. The mechanical axis and implant position were measured by 2 observers according to the reontgenographic evaluation system of the American Knee Society.

Results: There was no significant difference in α , β , δ angle and mechanical axis between group I and II. There was a significant difference in the γ angle between group I and II ($p < 0.05$). There was a significant difference in the α and β angle and mechanical axis between group IA and IB ($p < 0.05$). There was a significant difference in the α angle and mechanical axis between group IIA and IIB ($p < 0.05$). There was a positive correlation between the measured angle by the respective observers in all groups ($p < 0.05$).

Conclusion: Patients with a preoperative varus deformity $>20^\circ$ tended to have more postoperative varus mechanical alignment than those with a preoperative varus deformity between 10° and 20° after TKA. More careful attention during the registration of the femoral mechanical axis should be paid in patients with a larger varus deformity in TKA using a computer-assisted navigation system. On the other hand, a reasonable mechanical valgus angle should be considered in femoral bone cutting for a varus deformity of the distal femur in conventional TKA. In addition, inadequate positioning of intramedullary rod should be recognized in conventional TKA.

Key Words: Knee, Varus deformity, Arthroplasty, Computer-assisted navigation system, Radiologic measurements

통신저자: 배 대 경
서울시 동대문구 회기동 1
경희대학교 의과대학 정형외과학교실
TEL: 02-958-8366 · FAX: 02-964-3865
E-mail: bdkyung@khmc.or.kr

Address reprint requests to
Dae Kyung Bae, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Kyung Hee University,
1, Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-702, Korea
Tel: +82.2-958-8366, Fax: +82.2-964-3865
E-mail: bdkyung@khmc.or.kr

서 론

슬관절 전치환술의 목적은 통증을 완화시키고 변형된 슬관절을 교정하여 삶의 질을 향상시키는데 있으며, 환자 선정, 삽입물 선택, 연부 조직 균형, 하지 정렬 및 관절선 회복, 올바른 수술 술기 및 수술 전후 관리 등은 슬관절 전치환술의 성공에 많은 영향을 미친다. 특히 정확한 인공삽입물의 삽입과 하지 정렬은 슬관절 전치환술의 임상결과와 수명에 많은 영향을 주는데, 인공 삽입물이 부정확하게 위치할 경우 조기에 삽입물의 이완, 폴리에틸렌 마모, 기능 저하를 초래한다. 특히 내반 또는 외반 정렬은 조기 이완의 가장 큰 원인으로 알려져 있다^{3,7,11,12,14}. 인공 삽입물의 발전과 함께 정확한 골절제와 올바른 하지 정렬을 위한 정렬 지침자 사용도 변화가 있었다. 초기 슬관절 전치환술에서는 정확한 골절제를 위해 골수강의 지침자를 사용하였으나, 결과가 만족스럽지 못해 많은 술자들이 골수강내 지침자를 사용하게 되었으며, 현재는 골수강내 지침자와 골수강의 지침자를 함께 사용하는 방법도 사용되게 되었다. 인공삽입물 위치와 하지 정렬의 오류는 여전히 보고되고 있다¹⁹. 특히 내반 변형이 심한 환자에서 술 후 하지의 적합한 정렬을 얻기는 더욱 힘들며 이로 인한 부정 정렬은 술 후 인공관절의 해리나 실패와 연관이 있으며, 내반변형이 심할수록 실패율이 높아진다고 보고하고 있다⁷. 따라서 최근에 인공 삽입물을 정확한 위치와 역학적 정렬로 삽입하기 위하여 컴퓨터를 이용한 네비게이션 장치가 개발되었으며, 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술은 삽입물 정렬의 오차를 줄이고 수술의 정확성을 향상시킬 수 있다고 알려져 있다^{9,18}. 이에 저자들은 내반 변형 환자에서 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 군과 고식적 방법으로 시행한 군에서 내반변형의 정도가 하지의 역학적 축과 삽입물의 위치에 미치는 영향을 방사선학적으로 계측하여 그 결과를 비교 분석하고자 한다.

대상 및 방법

2004년 1월부터 2005년 1월까지 술 전 하지의 내반변형이 10° 이상인 환자 중 네비게이션 장치(Vector Vision®, BrainLAB, Heimstetten, Germany)를 이용하여 슬관절 전치환술을 시행한 49예(I군)와 고식적 방법으로 슬관절 전치환술을 시행한 24예(II군)를 대상으로 하였으며 술 전 하지의 역학적축을 중심으로 한 내반변형이 10°

20° 인 군(A군)과 20° – 30° 인 군(B군)으로 분류 하였다. IA군과 IB군은 각각 33예, 16예였으며, IIA군과 IIB군은 각각 12예였다. 환자의 평균 연령은 69.7세(56–79세)였고, 여자가 70명, 남자가 3명이었으며, 우측 슬관절이 35예, 좌측 슬관절이 38예였다. 원인은 퇴행성 골관절염 71예, 류마티스 관절염이 2예였다. 인공삽입물은 모두 PFC sigma (Johnson & Johnson, Warsaw, Indiana)를 사용하였고, 후방십자인대 보존형 삽입물이 A군은 24예, B군은 14예였으며, 후방십자인대 대체형 삽입물은 A군이 21예, B군이 14예였다.

수술 전 체중 부하 상태에서 양하지 전장 촬영을 시행하여 대퇴 골두의 중심과 슬관절 중심을 지나는 선과 슬관절 중심과 거골의 중심을 지나는 선과의 각을 측정하여 역학적 축을 기준으로 내반변형의 정도를 정하였다. 수술 10–14일째 양하지 전장 촬영과 슬관절의 전후방 및 측면 사진을 촬영하였다. 양하지 전장 방사선 사진은 환자가 슬관절을 최대한 신전하고, 체중 부하를 하지에 균등하게 한 기립 상태에서 방사선 투과선(X-ray beam)이 슬관절면에 수직이 되도록 촬영하였다. 고관절부터 족근 관절까지 하지 전장이 포함되도록 하였으며, 하지의 회전으로 인한 오차를 막기 위해 환자의 슬개골 중심이 슬관절의 정중앙에 위치하도록 촬영하였다.

경골의 내반 변형이 심한 경우 경골 근위부 해부학적 변형이 있어 수술 시 경골의 역학적 축상에 경골 삽입물의 중량을 위치시키기가 어렵고, 근위 경골의 절제 후 근위 경골의 해부학적 형태에 따라 경골 삽입물은 경골의 역학적 축에 대해 내측 또는 외측으로 이동이 될 수 있다. 따라서 수술 후 역학적 축의 측정시 슬관절의 중심을 결정하는 해부학적 구조가 없는 상태이므로 슬관절 중심을 대퇴골 삽입물의 중심과 경골 삽입물의 중심으로 하여, 역학적 축을 대퇴 골두 중심에서 대퇴골 삽입물 중심까지 그은 선과 경골 삽입물 중심에서 거골의 중심까지 그은 선으로 할 경우 앞서 언급했던 이유로 경골 삽입물의 중심이 경골의 역학적 축상에 있지 않을 수 있다. 이 경우 경골 삽입물의 내외반 각($B\angle$)이 90° 라도 경골 삽입물의 중심이 경골 역학적 축의 내측으로 이동되어 삽입될 경우 하지의 역학적 축이 외반 된 것으로 측정되며, 반대로 경골 삽입물의 중심이 역학적축의 외측으로 이동되어 삽입될 경우 하지의 역학적 축은 내반 된 것으로 측정될 수 있는 단점이 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 경골의

역학적 각은 경골 삽입물의 baseplate에 평행하게 그은 선과 족관절에 평행하게 그은 선이 이루는 각으로 하였다. 대퇴골 삽입물 역시 대퇴골 원위부의 중앙에 정확히 삽입되지 않는 경우가 있으나 경골 삽입물 보다는 그 변화폭이 작아 대퇴골 골두 중심에서 대퇴골 삽입물 중앙으로 그은 선을 대퇴골의 역학적 축으로 받아들이기로 하였다. 따라서 본 연구에서 사용된 술 후 하지의 역학적 각의 측정 방법을 자세히 기술하면 다음과 같다. 대퇴골의 역학적 각은 대퇴 골두와 대퇴골 삽입물의 중앙을 지나는 선과 대퇴 삽입물의 하단부에 평행하게 그은 선이 이루는 내측의 각도(A)를 측정한 후 90° 를 뺀 각으로 구하였고, 경골의 역학적 각(B)은 앞서 언급 했듯이 경골 삽입물의 baseplate에 평행하게 그은 선(a)과 족관절에 평행하게 그은 선(b)이 이루는 각으로 하였다. 대퇴골 역학적 각(A)과 경골의 역학적 각(B)를 합한 각을 구하여 하지의 역학적 각으로 정하였다(Fig. 1). 그리고 슬관절 전후방 방사선 사진에서 미국 슬관절 학회의 방사선 평가 방법에 따라 대퇴골 삽입물의 각(α 각)과 경골 삽입물의 각(β 각)

을 측정하였으며, 측면 방사선 사진 상 대퇴골 삽입물의 굴곡각(γ 각)과 경골 삽입물의 경사도(δ 각)를 측정하였다(Fig. 2). 방사선학적 측정은 양군에 대한 차이를 모르는 두 명의 정형 외과 의사가 영상 저장 전송 시스템(picture acquiring communication system, PACS)을 이용하여 측정하였다. 두 관측자간의 방사선학적 측정치의 관련성은 상관 계수 값(Rho correlation coefficient of Spearman)을 측정하여 유의성을 검정하였다. I군과 II군간, IA군과 IB군간, IIA군과 IIB군간의 측정치의 차이를 비교 분석하였다. 두 군 간의 분석은 Mann-Whitney Test를 이용하였고 SPSS version 11.0을 이용하여 통계처리 하였으며 유의성의 판정은 p-value가 0.05 미만으로 하였다.

1. 수술 방법

고식적 슬관절 전치환술시 대퇴 원위부 외반절제 각도 설정에는 골수강내 정렬 지침자를 사용하였으며, 골수강내 지침자의 입구는 원위 대퇴골의 슬개골 활차(patella

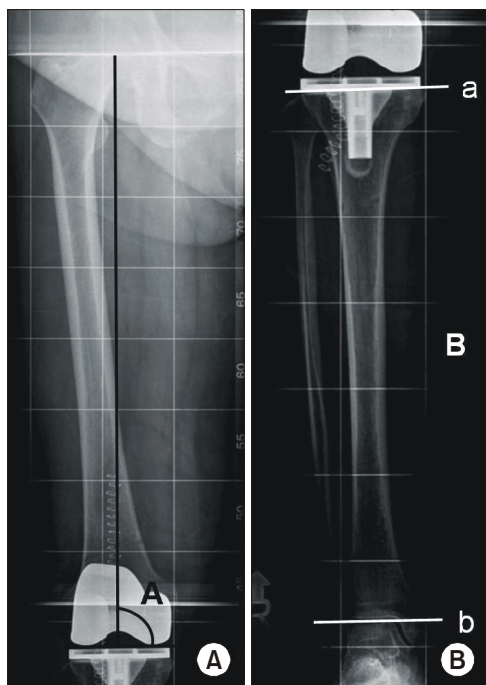


Fig. 1. (A) The femoral component angle (A) was measured between a line parallel to the femoral condyle and the mechanical axis of the femur on the anteroposterior view. (B) The tibial mechanical angle (B) was measured between a line parallel to the tibial condyle (a) and a line parallel to the ankle joint (b).

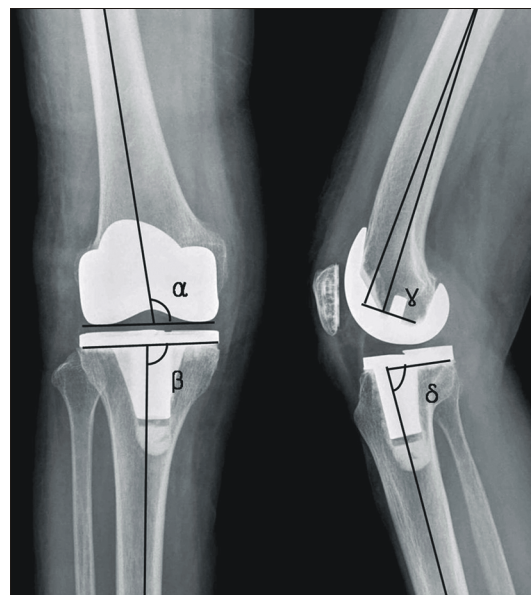


Fig. 2. Post-operative measurement of the femoral and tibial component. α , The inclination angle of the femoral component was formed with the anatomical axis of the femur. β , The inclination angle of the tibial component was formed with the mechanical axis of the tibial. γ , The angle of the femoral component was formed between the anatomical axis of the femur and perpendicular line to the prosthesis. δ , The angle of the tibial component was formed with the mechanical axis of the tibial.

groove of femur)의 중심과 후방십자인대를 이은선상에서 후방십자인대 1 cm 앞쪽으로 하였다. 골수강내 정렬 지침자 사용시 통상 외반 5°로 각도를 설정하여 사용하였으나, 대퇴골의 내반 변형이 큰 일부에서는 필요에 따라 골수강내 정렬 지침자의 외반각도를 증가시켜 사용하였다. 또한 대퇴 원위부 절제전 골수강의 정렬 지침자를 사용해 대퇴골 원위부 외반절제 각도가 정확한지 다시 한번 확인 한 후 대퇴골 원위부를 절제하였다. 경골부 절제시에는 골수강의 정렬 지침자를 사용하는데, 골수강의 정렬 지침자를 관상면상 경골의 고평부의 중심에서 경골극 앞을 지나게 하고 시상면상 경골의 축에 평행하게 하여 고정 한 후 경골의 역학적 축에 관상면상(β 각) 직각으로 경골부를 절제하였다. 이때 후방 경사는 일반적으로 술 전 슬관절 측면 방사선 사진상 측정되는 후방경사 정도에 따라 결정하나, 후방십자인대 보존형에서는 5°, 후방십자인대 대체형에서는 0°를 목표로 하였다.

네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술에서는 고관절의 대퇴 골두 중심을 먼저 등록하고 대퇴골과 경골의 각 해부학적 표식자(landmark)를 등록한 후 고식적 방법에서 골수강내 삽입자를 삽입하는 위치와 같은 위치를 등록하여 대퇴골의 역학적 축을 정한 다음 이 역학적 축에 직각인 각도로 대퇴골 원위부를 절제하였다. 경골의 절제 역시 네비게이션에 등록된 경골의 역학적 축에 관상면상(β 각) 직각으로 절제하였으며, 후방경사는 고식적 방법과 같이 후방십자인대 보존형은 5°, 후방십자인대 대체형은 0°를 목표로 하였다.

결 과

I군에서 관측자1에 의해 측정된 역학적 축은 술 전 평균 내반 18.0±6.1°에서 술 후 평균 내반 0.5±2.9°로 교

정되었고, 평균 α 각은 94.7°, β 각은 90.0°, γ 각은 2.1°, δ 각은 86.2°였다. II군에서 관측자 1에 의해 측정된 역학적 축은 술 전 평균 내반 19.3±4.6°에서 술 후 평균 내반 2.2±4.4°로 교정되었고, 평균 α 각은 94.0°, β 각은 89.8°, γ 각은 4.3°, δ 각은 87.1°였다. I군과 II군에서 관측자 1과 2에 의해 측정된 역학적 축, α 각, β 각, δ 각은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, γ 각은 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 1)(Fig. 3).

IA군에서 관측자 1에 의해 측정된 역학적 축은 술 전 평균 내반 14.5±2.1°에서 술 후 평균 내반 0.4±2.5°로 교정되었고, 평균 α 각은 95.3°, β 각은 90.3°, γ 각은 2.2°, δ 각은 86.3°였다. IB군에서 관측자 1에 의해 측정된 역학적 축은 술 전 평균 내반 25.6±4.68°에서 술 후 평균 내반 1.0±3.8°로 교정되었고, 평균 α 각은 93.2°, β 각은 89.2°, γ 각은 1.7°, δ 각은 85.7°였다. IA군과 IB군에서 γ 각과 δ 각은 통계적으로 유의한 차이가 없었

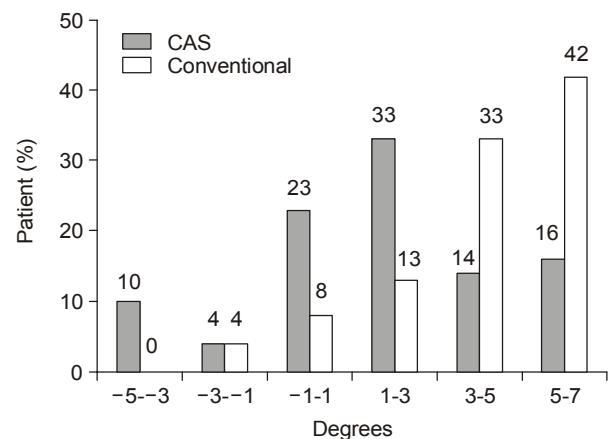


Fig. 3. Comparison of the different distributions of the γ angle between Group I and Group II.

Table 1. Mean Measured Angle (Degree)

	Group I		Group II	
	Observer 1	Observer 2	Observer 1	Observer 2
MA _{preop} *	Varus 18.0±6.1	Varus 18.1±6.2	Varus 19.3±4.6	Varus 19.1±4.6
MA _{postop} *	Varus 0.5±2.1	Varus 0.6±3.0	Varus 2.2±4.4	Varus 2.3±4.0
α angle	94.7	94.8	94.0	94.0
β angle	90.00	90.1	89.8	89.8
γ angle*	2.1	2.1	4.3	4.3
δ angle	86.2	86.1	87.1	87.3

*, Preoperative mechanical axis; †, Postoperative mechanical axis; ‡, $p<0.05$ between group I and II.

나, 역학적 축, α 각, β 각은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 2)(Fig. 4).

IIA군에서 관측자 1에 의해 측정된 역학적 축은 술 전 평균 내반 $15.6\pm2.1^\circ$ 에서 술 후 평균 내반 $1.3\pm3.8^\circ$ 로 교정되었고, 평균 α 각은 95.1° , β 각은 89.3° , γ 각은 4.1° , δ 각은 86.5° 였다. IIB군에서 관측자 1에 의해 측정

된 역학적 축은 술 전 평균 내반 $24.0\pm3.2^\circ$ 에서 술 후 평균 내반 $3.0\pm4.9^\circ$ 로 교정되었고, 평균 α 각은 92.8° , β 각은 90.3° , γ 각은 4.4° , δ 각은 87.6° 였다. IIA군과 IIB군에서 β 각, γ 각과 δ 각은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 역학적 축과 α 각은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 3)(Fig. 5).

Table 2. Differences in Mean Values of the Measured Angle between Group IA and IB (Degree)

	Observer 1		Observer 2	
	Group IA	Group IB	Group IA	Group IB
MA _{preop} ^{*,†}	Varus 14.5 ± 2.1	Varus 25.6 ± 4.7	Varus 14.4 ± 2.0	Varus 25.6 ± 4.7
MA _{postop} ^{*,†}	Varus 0.4 ± 2.5	Varus 1.0 ± 3.8	Varus 0.3 ± 2.4	Varus 1.0 ± 3.8
α angle [‡]	95.3	93.2	95.3	93.6
β angle [‡]	90.3	89.2	90.4	89.5
γ angle	2.2	1.7	2.2	1.8
Δ angle	86.3	86.7	86.1	86.2

*, Preoperative mechanical axis; †, Postoperative mechanical axis; ‡, $p<0.05$ between group IA and IB.

Table 3. Differences in Mean Values of the Measured Angle between Group IIA and IIB (Degree)

	Observer 1		Observer 2	
	Group IIA	Group IIB	Group IIA	Group IIB
MA _{preop} ^{*,†}	Varus 15.6 ± 2.1	Varus 24.0 ± 3.2	Varus 15.5 ± 2.1	Varus 23.8 ± 3.3
MA _{postop} ^{*,†}	Varus 1.3 ± 3.8	Varus 3.0 ± 4.9	Varus 1.8 ± 3.8	Varus 2.8 ± 4.4
α angle [‡]	95.1	92.8	95.1	92.8
β angle	89.3	90.3	89.2	90.4
γ angle	2.4	2.6	2.5	2.8
Δ angle	86.5	87.6	86.9	87.7

*, Preoperative mechanical axis; †, Postoperative mechanical axis; ‡, $p<0.05$ between group IIA and IIB.

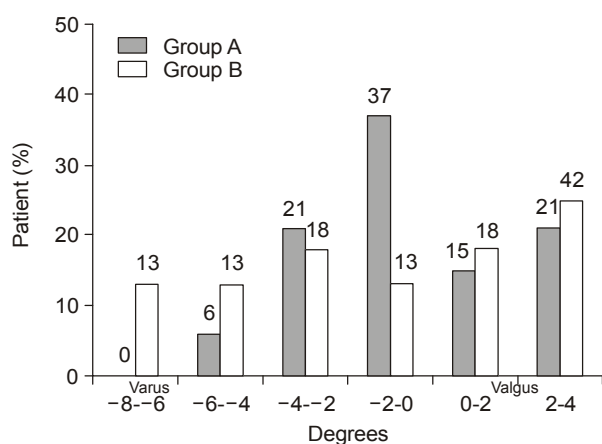


Fig. 4. Comparison of the different distributions of the post-operative mechanical axis between Group IA and IB.

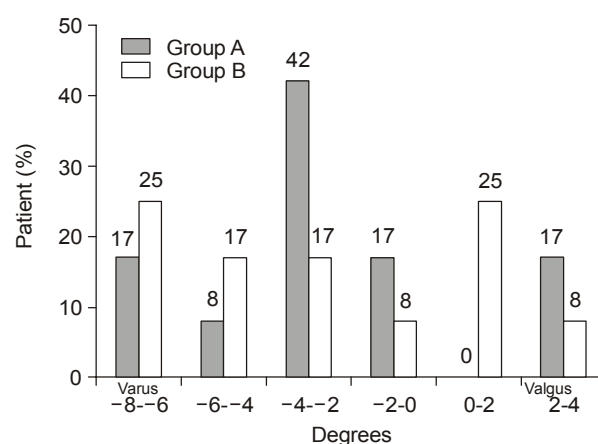


Fig. 5. Comparison of the different distributions of the post-operative mechanical axis between Group IIA and IIB (ed note: I think the highlighted can be deleted).

Table 4. Spearman Correlation Coefficient (Observer 1 vs. Observer 2)

	Group I	Group II
MA _{preop} ^{*,†}	0.996	0.994
MA _{postop} ^{*,†}	0.988	0.951
α angle [†]	0.960	0.958
β angle [†]	0.989	0.918
γ angle [†]	0.993	0.970
δ angle [†]	0.911	0.981

* Preoperative mechanical axis; †, Postoperative mechanical axis; †, $p < 0.01$ between observer 1 and observer 2.

IA군과 IIA군에서는 IA군의 역학적 축이 IIA군의 역학적 축보다 내반 정도가 적었으나 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, IB군과 IIB군에서도 IB군의 역학적 축이 IIB군의 역학적 축보다 내반 정도가 적었으나 역시 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2, 3).

I군과 II군 모두, 두 관측자 간의 측정치는 강한 양적 상관 관계를 보여 측정자 간 측정치가 관련성이 있음을 나타냈으며, 이는 통계적으로 유의하여($p < 0.01$), 관측자간의 측정 오차 차이가 크게 없음을 알 수 있었다(Table 4).

고 찰

대퇴골 삽입물의 생리적 역학적 축을 회복하기 위한 지침자로 슬관절 전치환술의 초기에는 골수강의 정렬 지침자가 주로 사용되었지만, 현재는 대퇴골에서 해부학적 축을 따라 삽입하는 골수강내 정렬 지침자가 사용되고 있으며, 올바른 정렬에서 오차 범위가 2° 이내일 경우가 80–90%로 보고되고 있으며 골수강의 지침자보다 골수강내 지침자가 더 정확하다고 알려져 있다^{1,2,6}. 그러나 Laskin은 골수강내 지침자의 정확도는 90%이지만 비만 환자나 골수강내 넓이가 큰 환자에게는 정확도가 72%로 감소한다고 하였다⁶. 따라서 골수강내 정렬 지침자의 위치는 대퇴골의 삽입 부위, 지침자의 넓이, 대퇴골의 만곡과 골수강의 넓이, 대퇴골 근위부에서 지침자의 위치 등에 따라 좌우되며, 이는 삽입물의 정렬에 영향을 미친다^{4,5,13,15}. 정렬 지침자의 삽입 부위가 내측에 있을 경우 원위 대퇴골의 외반 절제가 부족하고 삽입 부위가 외측에 있을 경우 외반 절제가 과도하게 클 수 있다¹⁰. 저자의 경우 고식적 슬관절 전치환술에서 술 전 내반변형이 $10-20^\circ$ 인 경우에는 대퇴골 삽입물의 내외반각은 평균

95.1° 였으나 술 전 내반변형이 $20-30^\circ$ 인 경우에는 평균 92.8° 로 술 전 내반 변형이 심할수록 술 후 대퇴골 삽입물의 내외반각이 더 내반되는 경향이 있었다. 이는 대퇴골의 내반 변형이 심할 경우 골수강내 지침자가 수술 방법에서 설명한 일반적인 위치에 삽입되어도 지침자가 내반 변형된 대퇴골의 골수강내로 삽입되어 전체 대퇴골에 다 삽입되지 않거나 전체 대퇴골의 해부학적 축을 따라 삽입되지 않고, 내반 변형된 대퇴골 원위부의 해부학적 축에 5° 외반된 각으로 외반 절제되므로, 실제 전체의 대퇴골의 역학적축에 수직으로 대퇴 원위부가 절제되지 않고, 역학적 축에 내반되어 절제되기 쉽다. 이러한 현상은 술 전 대퇴 내반 변형이 심할수록 심해지며 따라서 내반변형이 $10-20^\circ$ 인 경우 보다 $20-30^\circ$ 인 경우가 더 술 후 더 내반 되는 경향을 보이는 것 같다. 이 점을 고려하여 필자는 대퇴 골수강내 지침자 사용시 내반 변형 정도에 따라 외반 절제각을 증가시키는 것이 필요하다고 사료되며, 증례에 따라 약간의 차이는 있지만 대략 내반 변형이 10° 증가할 때마다 1° 씩 외반 절제각을 증가시키는 것을 고려한다. 원위 대퇴골의 전외방의 만곡이 있는 경우 rod의 길이가 짧으면 정렬 지침자가 부정확한 위치에 삽입되기 쉬우며, rod의 길이가 길면 rod의 원위부가 대퇴골의 전방 피질골에 닿아 전방으로 경사되어 대퇴골 삽입물이 신전 위치로 삽입될 수 있다¹⁹. Mahaluxmivala 등⁸은 대퇴골 삽입물이 굴곡 위치로 삽입되는 경향이 있다고 하였는데, 이는 대퇴골이 전방으로 휘어있고, 피질골의 절흔을 방지하기 위하여 전방 골 절제가 부족하거나 후방부의 골이 단단하여 불규칙하게 골 절제되기 때문이라고 하였다. Stulberg 등¹⁸은 골수강내 지침자를 이용하여 슬관절 전치환술 시행할 경우 대퇴골 삽입물은 내반, 굴곡, 내회전 위치되는 경향이 있고, 경골 삽입물은 약간 내반 되어 삽입되는 경향이 있었으며, 3° 이상의 하지 부정 정렬은 모든 예에서 없었으나, 각 삽입물의 전후면과 시상면, 회전면상 모두에서 3° 이내의 정렬을 보인 경우는 20예 중 4예 뿐이었다고 보고하였다. 저자의 경우 네비게이션에 의한 슬관절 전치환술 시 대퇴골 삽입물이 평균 2.1° 굴곡되었고, 고식적 슬관절 전치환술 시 평균 4.3° 굴곡되어 유의한 차이가 있었다.

인공관절 치환술시 역학적 축을 결정하기 위해 대퇴 골두와 족관절의 중심을 정확하게 알기가 불가능할 뿐 아니

라 모든 과정이 술자의 눈에 의존하게 된다. 이런 단점을 보완하여 인공삽입물을 보다 정확히 위치시키기 위한 네비게이션 장치가 개발되어 사용되고 있으며, 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 시 각 단계는 1° 미만의 오차 범위로 유지할 수 있고, 전체 정렬의 오차 범위를 줄여 수술의 정밀도를 향상시킬 수 있다고 알려져 있다^{9,17}. Sparmann 등¹⁷은 네비게이션 장치와 고식적인 방법을 이용한 슬관절 전치환술의 방사선학적 결과를 비교할 때 하지의 역학적 축, 대퇴 삽입물의 내외반각(α 각)과 굴곡각(γ 각), 경골 삽입물의 내외반각(β 각)간의 유의한 차이가 있다고 보고하였으며, 네비게이션 장치는 삽입물의 정렬 상태를 향상시킨다고 보고하였다. 국내에서 선과 송¹⁷은 네비게이션 장치와 고식적인 방법을 이용한 슬관절 전치환술의 방사선학적 결과를 비교하여 대퇴골 삽입물과 해부학적 축 및 기계적 축이 이루는 각과 경골 삽입물 경사각이 네비게이션 장치를 이용한 군에서 3° 이상 오차를 보이는 경우가 적었다고 보고하였다. 저자들의 경우 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 군과 고식적인 슬관절 전치환술 군 비교 시 대퇴골 삽입물의 굴곡각이 유의한 차이가 있었는데, 네비게이션 장치를 이용한 군에서 더 정확하게 위치되었으며, 소위 경계 외부위(out layer)로 일컫는 역학적 축의 3° 이상의 각은 네비게이션을 실시한 군과 고식적으로 수술한 군 모두 많지는 않았다. 고식적 방법이 네비게이션 방법 보다 더 굴곡각의 정확성이 떨어지는 이유는 네비게이션을 이용하는 경우에는 대퇴골의 원위 절제시 대퇴골의 시상면에 수직이 되게 네비게이션이 정보를 주지만, 고식적 방법에서는 골수강내 지침자의 삽입시 시상면상의 굴곡이나 신전에 따라 원위 대퇴골 굴곡각이 결정 되므로 골수강의 넓이나 대퇴골의 만곡(Bowing), 변형에 영향을 받기 때문이다.

그러나 네비게이션 장치는 술 전 변형의 정도와 불안정성, 컴퓨터의 하드웨어나 소프트웨어, 수술 수기에 따라 오차가 발생할 수 있다¹⁸. 저자의 경우 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술 시 술 전 내반변형이 $10-20^\circ$ 인 경우보다 $20-30^\circ$ 인 군에서 술 후 하지의 역학적 축이 내반되었으며 술 전 내반변형이 $20-30^\circ$ 인 군에서 통계적으로 유의하게 대퇴골 삽입물과 경골 삽입물이 더 내반 위치되었다. 이는 네비게이션의 등록과정 중 대퇴골의 역학적 축을 결정하는 대퇴골 원위부의 위치 선정시 일반적으로 골수강내 지침자의 삽입 위치를 표시하여 등록하게

되는데, 대퇴골의 내반 변형이 심한 경우 대퇴골 역학적 축을 결정하기 위한 원위부 등록시 일반적인 위치로 등록하게 되면, 내반 변형된 대퇴골 해부학적 형태를 고려하지 않게 되어 외반 절제가 부족하게 되고 내반 절제가 된다. 이 점을 보정하기 위해 대퇴골의 내반변형이 심한 경우는 대퇴골 원위부의 역학적 축 결정 등록 지점을 일반적인 지점보다 외측으로 이동하여 등록하는 것이 고려되며, 이동범위는 술 전 방사선 사진으로 내반변형 정도를 파악한 후 결정하는 것이 도움 될 것으로 사료된다. 또한 네비게이션 장치를 이용하여 슬관절 전치환술을 시행할 경우 해부학적 등록 과정의 정확성을 확인해야 하고, 술 전 변형과 불안정성 정도를 파악해야 하며 핀의 움직임 같은 컴퓨터 장비와 연관된 실수의 원인을 최대한 제거하기 위해 노력하는 것이 필요하다.

결론

술 전 하지의 내반변형이 10° 이상인 환자에서 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술이 고식적 방법에 의한 슬관절 전치환술 보다 더 정확할 것으로 생각되었으나 관상면상 삽입물의 위치는 차이가 없었으나 자동항법장치를 이용한 군에서 시상면상 대퇴골 삽입물은 더 정확히 위치시킬 수 있었다. 술 전 내반변형이 심한 $20-30^\circ$ 인 군에서 통계적으로 유의하게 술 후 역학적 축이 내반되는 경향이 있었으며, 이는 고식적 방법으로 슬관절 치환술을 할 경우 대퇴골 내반 변형을 고려한 대퇴 원위부 외반 절제각 설정이 필요하며, 네비게이션 장치를 이용할 경우 대퇴골의 역학적 축에 대한 등록시 대퇴골 원위부 표식점을 일반적인 방법 보다 내반변형 정도에 따라 좀 더 외측으로 이동시키는 것이 필요하다.

참고문헌

1. Cates HE, Ritter MA, Keating EM, Faris PM: Intra-medullary versus extramedullary femoral alignment systems in total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 286: 32-39, 1993.
2. Engh GA, Petersen TL: Comparative experience with intra-medullary and extramedullary alignment in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 5: 1-8, 1990.
3. Garg A, Walker PS: Prediction of total knee motion using a three-dimensional computer-graphics model. *J Biomech*, 23:

45-58, 1990.

4. **Ishii Y, Ohmori G, Bechtold JE, Gustilo RB:** *Extra-medullary versus intramedullary alignment guides in total knee arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res, 318: 167-175, 1995.
5. **Jiang CC, Insall JN:** *Effect of rotation on the axial alignment of the femur. Pitfalls in the use of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res, 248: 50-56, 1989.
6. **Laskin RS:** *Instrumentation pitfalls: you just can't go on autopilot!* J Arthroplasty, 18: 18-22, 2003.
7. **Lotke PA, Ecker ML:** *Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement.* J Bone Joint Surg Am, 59: 77-79, 1977.
8. **Mahaluxmivala J, Bankes MJ, Nicolai P, Aldam CH, Allen PW:** *The effect of surgeon experience on component positioning in 673 Press Fit Condylar posterior cruciate-sacrificing total knee arthroplasties.* J Arthroplasty, 16: 635-640, 2001.
9. **Mielke RK, Clemens U, Jens JH, Kershally S:** *Navigation in knee endoprosthesis implantation—preliminary experiences and prospective comparative study with conventional implantation technique.* Z Orthop Ihre Grenzgeb, 139: 109-116, 2001.
10. **Mihalko WM, Boyle J, Clark LD, Krackow KA:** *The variability of intramedullary alignment of the femoral component during total knee arthroplasty.* J Arthroplasty, 20: 25-28, 2005.
11. **Moreland JR:** *Mechanisms of failure in total knee arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res, 226: 49-64, 1988.
12. **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, 8: 419-426, 1993.
13. **Reed SC, Gollish J:** *The accuracy of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty.* J Arthroplasty, 12: 677-682, 1997.
14. **Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB:** *Post-operative alignment of total knee replacement. Its effect on survival.* Clin Orthop Relat Res, 299: 153-156, 1994.
15. **Sambatakakis A, Wilton TJ, Newton G:** *Radiographic sign of persistent soft-tissue imbalance after knee replacement.* J Bone Joint Surg Br, 73: 751-756, 1991.
16. **Seon JK, Song EK:** *The accuracy of lower extremity alignment in a total knee arthroplasty using computer-assisted navigation system.* J Korean Orthop Assoc, 39: 566-571, 2004.
17. **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, 85: 830-835, 2003.
18. **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, 84(Suppl 2): S90-S98, 2002.
19. **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, 23: 41-45, 2005.

= 국문초록 =

목 적: 가

대상 및 방법: 2004 1 2005 1 10° 49 (I)
CT-free navigation system (Vector Vision®, BrainLAB)
(II) 24 (II)

10-20° (A) 20-30° (B)
PFC Sigma 가

결 과: I II , (α), (β),
(δ) 가 , (γ)
(p<0.05). IA IB , α , β 가
(p<0.05). IIA IIB , α 가 (p<0.05).
(p<0.01).

결 론: II I , I II
10-20° 20-30°
(registration)

가 ,
가가 ,

색인 단어: , , , ,