

## 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술의 하지 정렬의 정확도 - 661예 결과 분석 -

권순행 · 이주홍 · 김광균

공주의료원 정형외과 인공관절센터

### The Accuracy of Lower Extremity Alignment in Total Knee Arthroplasty Using Navigation System - Data Analysis of 661 Cases -

Soon-Haeng Kwon, M.D., Joo-Hong Lee, M.D., and Kwang-Kyoun Kim, M.D.

Arthroplasty Center, Department of Orthopaedic Surgery, Gongju Medical Center, Gongju, Korea

**Purpose:** We wanted to evaluate the accuracy of the alignment of the lower extremity in 661 cases of total knee arthroplasty (TKA) with using a navigation system.

**Materials and Methods:** We evaluated 661 cases (431 patients) that underwent TKA using a navigation system from June 2006 to September 2008. To analyze the mechanical axis, the weight bearing full length lower extremity radiographs were taken preoperatively and the again at 3 weeks after the operation. The results from a well-experienced surgeon (423 cases) were compared with those from a less-experienced surgeon (238 cases), and they both used the navigation system.

**Results:** The mean of the mechanical axis was  $-13.3^\circ$  (range:  $-33.3^\circ$ - $10.6^\circ$ ) preoperatively, but it was corrected to  $-2.0^\circ$  (range:  $-14.3^\circ$ - $7.5^\circ$ ) after TKA using a navigation system. There was no significant difference between the mean of,  $-1.8^\circ$  (range:  $-13.4^\circ$ - $6.8^\circ$ ) by a well-experienced surgeon and the mean of,  $-2.2^\circ$  (range:  $-14.3^\circ$ - $7.5^\circ$ ) by a less-experienced one.

**Conclusion:** According to the radiologic results, the navigation system is beneficial for the accuracy of the mechanical axis in TKA. The navigation system helps a less-experienced surgeon increase the accuracy of the lower extremity alignment.

**Key Words:** Knee, Arthroplasty, Navigation, Alignment of lower extremity

#### 서 론

슬관절 전치환술은 통증의 완화와 기능의 회복을 얻을 수 있는 효과적인 치료 방법 중 하나로,<sup>1)</sup> 인공 치환물 디자인 개량과 수술 수기의 발전으로 점차 생존율이 증가<sup>2,3)</sup> 하여 최근에는 15년 생존율이 95%에 이르고 있다.<sup>4)</sup>

슬관절 전치환술에서 치환물의 수명은 적절한 치환물의 선택, 하지의 정렬, 치환물의 고정, 연부조직 균형 등 여러 요소에 의해 영향을 받는데<sup>5-9)</sup> 특히 적절한 하지 역

학적 축의 재정렬은 슬관절 전치환술의 장기 예후를 결정 짓는 중요한 요소 중 하나이다.<sup>5,8,10,11)</sup> 하지 역학적 축이 중립 위치에서 벗어날수록 체중 부하면에 비정상적인 압력이 가해지고 마모를 가속시킬 수 있다고 보고되었고,<sup>4,8,12,13)</sup> Jeffrey<sup>14)</sup>는  $3^\circ$  이내의 내외반의 경우 12년 유리율이 3%이지만 그 이상인 경우 24%라고 하였다.

정확한 하지 정렬을 얻기 위한 많은 방법들이 개발되었는데, 네비게이션 시스템이 기존의 고전적인 수술 방

접수일 : 2009년 2월 18일, 게재확정일 : 2009년 9월 27일  
교신저자 : 이 주 홍

충남 공주시 중동 330  
공주의료원 정형외과 인공관절센터  
TEL: 041-850-5203 • FAX: 041-850-5264  
E-mail: med77@hanmail.net

#### Correspondence to

Joo-Hong Lee, M.D.  
Arthroplasty Center, Department of Orthopaedic Surgery, Gongju Medical Center, 330, Joong-dong, Gongju 314-050, Korea  
Tel: +82,41-850-5203, Fax: +82,41-850-5264  
E-mail: med77@hanmail.net

법보다 하지 역학적 축의 재정렬을 더 향상시킬 수 있다고 하였다.<sup>3,4,15-20)</sup> 국내에서는 본 연구와 같이 많은 증례로 발표된 문헌이 없으며, 최근 하지 역학적 축의 정확한 재정렬이 더 우수한 임상 결과를 보였다는 보고<sup>4)</sup>에 저자들은 네비게이션 시스템을 사용한 인공 슬관절 전치환술의 하지 역학적 축의 재정렬에 대한 정확도에 대해 분석하였다.

## 대상 및 방법

2006년 3월부터 2008년 9월까지 본원에서 퇴행성 관절염으로 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 받고 체중 부하 장하지 전후면 방사선 촬영이 평가가 가능하였던 431명 661예를 대상으로 하였다. 환자는 여자 388명, 남자 43명이었다.

634예에서 후방십자인대 대체형 Scorpio<sup>®</sup> (Osteonics, NJ, USA), 27예에서 후방십자인대 보존형 Scorpio<sup>®</sup> (Osteonics, NJ, USA) 치환물을 사용하였다. 모든 수술은 Stryker Navigation System 2.0 (Stryker Navigation, MI, USA)을 이용하여 시행하였으며 슬개골 내측에 약 12 cm 가량의 피부 절개를 하고 연부 조직 이완술을 시행한 후 슬개골 탈구를 통하여 슬관절을 노출시키고 적외선 카메라 감지를 위한 적외선 송수신기(tracker)를 관절면 약 6 cm 상방 원위 대퇴골 전면부와 관절면의 약 6 cm 하방 근위 경골부 내측면에 설치한 후 고관절 회전운동을 시행하여 고관절의 중심을 찾아 등록시켰다. 탐침기(Probe)를 이용하여 대퇴골 원위부의 과상과와 대퇴골의 중심, 대퇴전후축(Whiteside line)과 양측 관절면을 등록하고 근위 경골의 중심부, 중심축, 양측 관절면을 등록하였으며 족관절의 외과, 내과, 족관절의 중심 순으로 위치를 등록하였다. 적외선 송수신기(tracker)가 부착된 경골 절제 가이드를 근위 경골에 위치시키고 네비게이션으로 적절한 근위 경골 절제 높이, 후방 경사를 찾은 후 핀으로 고정하고 절제하였다. 근위 경골 절제 후 적외선 송수신기(tracker)가 부착된 대퇴골 절제 가이드를 원위 대퇴골에 위치시키고 하지의 역학적 축을 0도로 하여 대퇴골 원위부 절제를 시행하였다. 이때 소수(35예)에서 대퇴골의 내반(bowing)이 심하여 의도적으로 내반 3도로 대퇴골 원위부 절제를 시행하였다. 대퇴삽입물의 회전 정렬은 내측 과상과와 외측 과상과의 등록으로 얻어진 대퇴과상간축(epicondylar axis)과 대퇴

전후축(Whiteside line)의 직각이 되는 선의 중간 지점을 기준으로 하여 결정하였다. 신전 간격과 굴곡 간격을 측정하여 연부 조직 균형을 맞추어 대퇴부 후과부 절제와 대퇴 삽입물 크기를 결정한 후 전후방 및 대퇴 절제 가이드(chamber cutting block)를 위치시켜 절제한 후 후방 골극 제거와 후방 유리술을 시행하였다. Trial을 삽입하고 네비게이션으로 하지 역학적 축을 확인하였고 신전 간격과 굴곡 간격의 균형, 연부 조직의 균형을 고려하여 폴리에틸렌 경골 삽입물(insert) 두께를 결정한 후 실제 삽입물을 삽입하였다.

수술 후 2일째에 모든 환자는 능동적 및 수동적 관절운동을 시작하였고 보행은 환자의 순응도에 따라 수술 후 2-3일부터 시행하도록 하였다.

방사선학적 평가를 위해 술 전과 술 후 3주에 체중 부하 장하지 전후면 방사선 촬영을 하였고 잘못된 촬영의 오류를 줄이기 위해 슬관절을 신전하고 양측 발을 30 cm 정도의 간격을 두고 슬개골의 중심이 정중앙에 위치하도록 하여 사진을 촬영하였다. 대퇴 골두의 중심에서 족관절의 중심으로 그은 선으로 역학적 축을 구하였다.

평가 대상은 연구가 시작되기 전 네비게이션 시스템을 이용하여 인공 슬관절 전치환술을 200예 이상 시행한 정형외과 전문의에 의해 시행된 423예와 네비게이션 시스템의 사용 경험이 없는 정형외과 전문의에 의해 시행된 238예를 대상으로 하였고, 하지 역학적 축의 평가는 수술에 참여하지 않았던 정형외과 전문의가 PACS를 이용하여 측정하였다. 두 군의 비교는 SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)사용하였으며 independent t-test를 이용하였고 유의수준은 p-value가 0.05 미만으로 하였다. 1년 단위로 두 수술자를 비교하였고 네비게이션에 덜 익숙한 수술자가 네비게이션에 익숙해지며 차이가 발생하는지 분석하였다.

## 결 과

수술 전 체중 부하 장하지 전후면 방사선 검사상 하지 역학적 축은 평균  $-13.3^{\circ}$  ( $-33.3^{\circ}$ - $10.6^{\circ}$ , SD:  $\pm 6.3^{\circ}$ )였고 네비게이션 사용에 익숙한 수술자(평균  $-13.1^{\circ}$ , SD:  $\pm 6.4^{\circ}$ )와 익숙하지 않은 수술자(평균  $-13.6^{\circ}$ , SD:  $\pm 6.1^{\circ}$ )간에 통계적 차이는 없었다( $p=0.543$ ).

수술 후 3주째 체중 부하 장하지 전후면 방사선 검사상 하지 역학적 축은 평균  $-2.0^{\circ}$  ( $-14.3^{\circ}$ - $7.5^{\circ}$ , SD:

**Table 1.** The Comparison of the Average of Mechanical Axis and the Number of Outlier between Well Experienced Surgeon Group and Less Experienced Surgeon Group in Each Year

	Well experienced surgeon group	Less experienced surgeon group	p-value
1 <sup>st</sup> year			
Mechanical axis (number, SD)	-1.8° (N: 110, SD: $\pm 2.0^\circ$ )	-2.1° (N: 61, SD: $\pm 1.6^\circ$ )	0.934
Outlier (% , case)	4.6% (N: 5)	8.2% (N: 5)	
2 <sup>nd</sup> year			
Mechanical axis (number, SD)	-1.8° (N: 154, SD: $\pm 1.9^\circ$ )	-2.1° (N: 111, SD: $\pm 2.2^\circ$ )	0.965
Outlier (% , case)	6.5% (N: 10)	6.3% (N: 7)	
3 <sup>rd</sup> year			
Mechanical axis (number, SD)	-1.9° (N: 159, SD: $\pm 2.3^\circ$ )	-2.5° (N: 66, SD: $\pm 2.6^\circ$ )	0.588
Outlier (% , case)	8.2% (N: 13)	10.6% (N: 7)	

$\pm 2.1^\circ$ 로 우수한 결과를 보였으며 이중 하지 역학적 축이  $3^\circ$  이상 벗어나는 outlier는 47예로 7%에 해당하였다. 대퇴골의 내반(Bowing)이 심하여 의도적으로  $3^\circ$  원위 대퇴골 내반 절골을 하였던 35예를 제외한다면 outlier는 1.9% (12예/626예)밖에 되지 않았다.

수술 후 하지 역학적 축은 네비게이션 사용에 익숙한 수술자  $-1.8^\circ$  ( $-13.4^\circ$ - $-6.8^\circ$ , SD:  $\pm 2.1^\circ$ )와 덜 익숙한 수술자  $-2.2^\circ$  ( $-14.3^\circ$ - $-7.5^\circ$ , SD:  $\pm 2.2^\circ$ )로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다( $p=0.833$ ).

1년 단위로 두 수술자간의 하지 역학적 축에 대한 분석을 해보면 1년차에는 네비게이션 사용 경험이 전혀 없었던 네비게이션 사용에 덜 익숙한 수술자도 네비게이션 사용에 익숙한 수술자에 비해 통계적으로 유의한 차이가 없는 결과를 보였다. 2년, 3년째 역시 두 수술자간의 유의한 통계적 차이는 없었고 각 수술자의 연도별 차이도 없었다(Table 1). 2년차, 3년차에 outlier가 증가하였는데, 이는 내반 변형이  $20^\circ$ 가 넘는 환자들이 2년차, 3년차에 증가하였고 대퇴골 내반이 심한 환자가 있어 의도적 내반 절골을 한 경우가 2년차, 3년차에 있어 증가한 것으로 사료된다.

## 고 찰

고령화에 따른 퇴행성 관절염 환자의 증가로 통증의 완화와 기능의 회복을 얻을 수 있는 유용한 치료법중의 하나인 인공 슬관절 치환술은 최근 지속적인 발전을 거듭하여 매년 시행 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 현재까지 인공 슬관절의 장기 생존율은 15년 추시에서 95%로 보고되고 있으며<sup>4)</sup> 슬관절 전치환술에서 치환물의 수명은 적절한 치환물의 선택, 하지의 정렬, 치환물의 고정, 연

부조직 균형 등 여러 요소에 의해 영향을 받는다.<sup>5-9)</sup> 특히, 적절한 하지 역학적 축의 정확한 정렬은 슬관절 전치환술의 임상적 경과와 장기 예후의 중요한 요소로서,<sup>5,8,10,11)</sup> 술 후 하지의 부정 정렬은 삽입물에 대한 편측 하중 부하를 조장해 삽입물의 불안정성과 해리를 초래하므로 치환술 실패의 주요한 요인으로 작용한다.<sup>4,8,12,13)</sup>

Rand와 Coventry<sup>21)</sup>는 하지 정렬이 0도에서 4도 외반을 이룰 경우는 90%의 10년 생존율을 보였으나 4도 이상의 외반 정렬과 내반 정렬에서는 각각 71%와 73%의 10년 생존율을 보였다고 보고하였다. 이러한 하지 정렬의 회복을 위한 새로운 수술 기법의 하나로 네비게이션을 이용한 수술이 소개되고 있다. 많은 연구자들에 의해 정확한 하지 정렬을 얻기 위한 방법들이 연구 되었고 특히 네비게이션 시스템을 이용한 수술을 통해 좋은 결과를 얻을 수 있다는 보고가 증가하고 있다.<sup>3,4,15-20)</sup>

Saragaglia 등<sup>18)</sup>은 인공슬관절 치환술에 있어 네비게이션 시스템을 이용할 경우 고식적 방법보다 정확한 하지 정렬을 얻을 수 있다고 보고하였으며, Stulberg 등<sup>20)</sup>은 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술 시,  $1^\circ$  미만의 오차 범위로 유지할 수 있고, 전체 정렬의 오차를 줄여 수술의 정밀도를 향상시킬 수 있다고 보고하고 있다. Bathis 등<sup>15)</sup>은 네비게이션 시스템을 이용하여 수술한 80예와 고전적 방법으로 수술한 80예를 전향적으로 비교한 결과 네비게이션을 이용한 군이 96%, 고전적 방법을 이용한 군이 78%에서 outlier를 벗어나지 않아 네비게이션군이 하지의 역학적 축을 더 정확히 맞출 수 있다고 하였다. Haaker 등<sup>3)</sup>은 네비게이션을 이용하여 슬관절 전치환술을 한 252예와 고전적인 방법으로 시행한 261예의 역학적 축을 비교하여 네비게이션의 경우 79%이나 고전적 방

법의 경우 28%에서만 outlier가 발생하지 않았다고 보고하였다. Ensini 등<sup>16)</sup>도 네비게이션군과 고전적 방법군의 비교 연구에서 네비게이션군에서는 1.7%의 outlier가 발생하였고 고전적 방법군에서는 20%의 outlier의 발생을 보고하여 네비게이션군이 하지 역학적 축을 일치시키는 데 우수함을 보고하였다. 국내에서도 Seon과 Song<sup>19)</sup>은 네비게이션군과 고전적군의 비교 연구를 통해 하지 역학적 축을 더 정확히 맞출 수 있고 outlier를 줄일 수 있다고 보고하였다. 이와 같이 네비게이션 시스템 이용한 슬관절 전치환술시 기존의 방법보다 정확한 하지 정렬을 얻을 수 있다.

최근 Mullaji 등<sup>17)</sup>은 467예를 대상으로 네비게이션군과 고전적인군의 비교 연구를 통하여 네비게이션군이 역학적 축의 회복에 있어 통계적으로 우수한 결과를 보이고 outlier도 월등히 적음을 보고하였다. 그러나 20° 이상의 내반 변형이 있는 환자들에게서는 두 군 간의 통계적 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구는 전예에서 네비게이션을 이용하였으므로 비교 대상이 없는 단점을 가지고 있지만 Mullaji 등<sup>17)</sup>이 발표한 결과와 비교할 때 outlier가 7%로 그들의 9.2%보다 우수하였고 의도적으로 대퇴골 내반 절골을 하였던 예를 제외하면 1.9%로 그들의 결과보다 월등히 우수하였다. 본 연구는 임상적 결과를 평가하지 못한 단점도 있지만 Choong 등<sup>4)</sup>이 최근 발표한 문헌에서 역시 네비게이션군이 outlier가 적었고, 네비게이션과 고전적 방법으로 수술 후 하지의 역학적 축의 편향이 3° 이내에 있는 환자군에서 3° 이상인 환자군보다 기능적인 평가(International Knee society score)와 삶의 질 평가(Short-Form 12)에서 우수함을 발표하였는데 이는 네비게이션군이 고전적 군보다 우수함을 간접적으로 주장하는 것이다.

2년차, 3년차에 outlier가 증가하였는데, 이는 내반 변형이 20°가 넘는 환자들이 2년차, 3년차에 증가하였고 대퇴골 내반이 심한 환자가 있어 의도적 내반 절골을 한 경우가 2년차, 3년차에 있어 증가한 것으로 사료된다.

초기 1년차에 경험이 많은 수술자와 경험이 적은 수술자간의 비교를 시행한 결과 두 수술자간의 통계학적 차이가 없었는데 이는 경험이 적은 수술자도 네비게이션을 이용하면 역학적 축의 회복 측면에서만은 우수한 결과를 얻을 수 있는 것이다. Bae 등<sup>22)</sup>은 슬관절 재치환술에서도 네비게이션을 유용하게 이용할 수 있다고 발표하였으

며 그 유용성은 향후 더 많은 측면에서 밝혀질 것이라고 생각된다.

## 결론

퇴행성 관절염 환자의 치료법 중의 하나인 인공 슬관절 치환술을 네비게이션을 이용하여 시행하였을 경우 하지의 역학적 축의 회복에 우수한 결과를 얻을 수 있다. 또한 경험이 적은 수술자도 네비게이션을 이용한다면 하지 역학적 축의 회복 측면에서만은 우수한 결과를 얻을 수 있다. 하지만 네비게이션은 하지의 역학적 축의 회복에 우수한 결과를 얻을 수 있도록 도움을 주는 것이지만 모든 수술 과정에서 도움을 주는 것이 아님을 숙지하여야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Perlick L, Balthis H, Perlick C, Lüring C, Tingart M, Grifka J. Revision total knee arthroplasty: a comparison of postoperative leg alignment after computer-assisted implantation versus the conventional technique. *Knee surg sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:167-73.
2. Choi CH, Kang SK, Lee BK, Chung HK. The results of revision total knee replacement arthroplasty. *J Korean Knee Soc.* 2004;16:51-8.
3. Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, Proff G, Breitenfelder J, Ottersbach A. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;433:152-9.
4. Choong PF, Dowsey MM, Stoney JD. Does accurate anatomical alignment result in better function and quality of life? Comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009;24:560-9.
5. Andriacchi TP. Biomechanics and gait analysis in total knee replacement. *Orthop Rev.* 1988;17:470-3.
6. Bai B, Baez J, Testa N, Kummer FJ. Effect of posterior cut angle on tibial component loading. *J Arthroplasty.* 2000;15: 916-20.
7. Laskin RS. Total knee arthroplasty using an uncemented, polyethylene tibial implant. A seven-year follow-up study. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;288:270-6.
8. Matsuda S, Miura H, Nagamine R, et al. Posterior tibial

- slope in the normal and varus knee. *Am J Knee Surg.* 1999; 12:165-8.
9. Mihalko WM, Krackow KA. Posterior cruciate ligament effects on the flexion space in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;360:243-50.
  10. Dorr LD, Boiardo RA. Technical considerations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;205:5-11.
  11. Ritter MA, Gioe TJ, Stringer EA, Littrell D. The posterior cruciate condylar total knee prosthesis. A five-year follow-up study. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;184:264-9.
  12. Hofmann AA, Bachus KN, Wyatt RW. Effect of the tibial cut on subsidence following total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;269:63-9.
  13. Kilgus DJ, Moreland JR, Finerman GA, Funahashi TT, Tipton JS. Catastrophic wear of tibial polyethylene inserts. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;273:223-31.
  14. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73: 709-14.
  15. B  this H, Perlick L, Tingart M, L  ring C, Zurakowski D, Grifka J. Alignment in total knee arthroplasty. A comparison of computer-assisted surgery with the conventional technique. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:682-7.
  16. Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S. Alignment and clinical result in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;457: 156-62.
  17. Mullaji A, Kanna R, Marawar S, Kohli A, Sharma A. Comparison of limb and component alignment using computer assisted navigation versus image intensifier-guided conventional total knee arthroplasty: a prospective, randomized, singlesurgeon study of 467 knees. *J Arthroplasty.* 2007;22: 953-9.
  18. Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin P. Computer-assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Result of 50 cases in a prospective randomized study. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2001;87:18-28.
  19. 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;39:566-71.
  20. 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 Suppl: 90-8.
  21. Rand JA, Coventry MB. Ten-year evaluation of geometric total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;232: 168-73.
  22. Bae DK, Yoon KH, Kim SG, Park KJ. Efficacy of computer assisted surgery in revision total knee arthroplasty. *J Korean Orthop Assoc.* 2006;41:974-80.

#### = 국문초록 =

**목 적:** 네비게이션을 이용한 인공 슬관절 전치환술 661예의 방사선학적 하지 정렬의 정확도를 분석하였다.  
**대상 및 방법:** 2006년 3월부터 2008년 9월까지 네비게이션을 이용한 인공 슬관절 전치환술을 시행받은 환자 431명 661예를 대상으로 하였다. 수술 전과 수술 후 3주에 체중부하 장하지 전후면 방사선 촬영을 하여 하지의 역학적 축을 측정 분석하였으며 네비게이션 사용에 숙련된 수술자 423예와 덜 숙련된 수술자 238예간의 결과를 비교 분석하였다.

**결 과:** 술전 하지 역학적 축은 평균  $-13.3^{\circ}$  ( $-33.3^{\circ}$ - $10.6^{\circ}$ )였고 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술후  $-2.0^{\circ}$  ( $-14.3^{\circ}$ - $7.5^{\circ}$ )로 교정되었다. 두 수술자간의 술후 하지 역학적 축은  $-1.8^{\circ}$  ( $-13.4^{\circ}$ - $6.8^{\circ}$ )와  $-2.2^{\circ}$  ( $-14.3^{\circ}$ - $7.5^{\circ}$ )로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

**결 론:** 방사선학적 결과상으로 인공 슬관절 전치환술에서 네비게이션의 사용은 하지 정렬의 정확도를 높이는 데 도움이 되고 덜 숙련된 수술자라도 하지 역학적 축을 일치시키는데 도움이 된다고 생각된다.

**색인 단어:** 슬관절, 인공관절치환술, 네비게이션, 하지 정렬