

## 양측 슬관절 전치환술환자에서 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법과 고식적 방법의 술 후 1년 결과 비교

박상진 · 송은규

전남대학교 의과대학 정형외과학교실, 화순전남대학교병원 관절센터

### Comparisons of 1 Year Follow-up Results between Navigation Assisted Minimally Invasive and Conventional Techniques in Bilateral Total Knee Arthroplasty

Sang-Jin Park, M.D., and Eun-Kyoo Song, M.D.

Department of Orthopedics, Chonnam National University School of Medicine, Gwangju,  
Center for Joint Disease, Chonnam National University Hwasun Hospital, Jeonnam, Korea

**Purpose:** This study compared the clinical and radiological results using navigation assisted minimally invasive (NA-MIS) and conventional (CON) techniques in forty-two patients, who underwent bilateral TKA with a minimum follow-up of one-year.

**Materials and Methods:** The clinical evaluations were performed using ROM, HSS, and Western Ontario and McMaster University (WOMAC) scores at 3, 6 and 9 months, and 1 year after surgery. The patients' subjective preferences and radiological indices, including the mechanical axis and coronal inclinations of the prostheses, were compared at 1 year after surgery.

**Results:** The NA-MIS TKA showed better HSS and WOMAC total scores than CON TKA up to six months. However, these differences were not significant 1 year after surgery. The ROM and other WOMAC scores were comparable in both groups at all times. More patients preferred the NA-MIS side to the CON side. The radiological results showed similar mean values between the two surgical groups, even though the NA-MIS group contained fewer outliers than the CON group.

**Conclusion:** Navigation assisted minimal invasive TKA is associated with better clinical results up to 6 months after surgery and shows fewer outlier results. However, the mean values in leg alignment were similar to those of conventional TKA.

**Key Words:** Navigation, Minimally invasive, Conventional, Total knee arthroplasty

## 서 론

최근 최소 침습적 수술 방법은 인공 슬관절 전치환술에서 연부조직 손상이 적어 수술 후 통증이 적고 회복이 빠른 좋은 방법으로 보고되고 있다<sup>1,3,6,11,12)</sup>. 하지만 제한된 수술시야에 의해 삽입물이 부정확한 위치에 삽입될 수 있으며 이로 인하여 발생할 수 있는 문제점에 대해 몇몇 연구가 있었다<sup>2,5)</sup>.

인공 슬관절 전치환술에서 정확한 하지 및 삽입물의 정

렬을 얻기 위해 컴퓨터 네비게이션 시스템이 도입되었으며 많은 연구에서 이 방법을 통해 하지 및 삽입물의 정렬이 더 향상되었음을 보여주었다<sup>7,9,10,13)</sup>. 따라서 최소 침습적 수술에 네비게이션 시스템의 정확도를 더하는 것은 제한된 수술 시야에 의해 야기되었던 여러 문제를 해결하는 좋은 대안이 될 수 있으리라 생각된다. 저자들은 네비게이션을 이용한 최소 침습 인공 슬관절 전치환술에 네비게이션 시스템을 이용함으로써 하지 및 삽입물의 부정

통신저자 : 송 은 규

전남 화순군 화순읍 일심리 160

화순전남대학교병원 관절센터

TEL: 061-379-7676 • FAX: 061-379-7681

E-mail: eksong@chonnam.ac.kr

Address reprint requests to

Eun-Kyoo Song, M.D.

Center for Joint Disease, Chonnam National University Hwasun Hospital,

160, Ilsim-ri, Hwasun-eup, Hwasun-gun, Jeonnam 519-809, Korea

Tel: +82.61-379-7676, Fax: +82.61-379-7681

E-mail: eksong@chonnam.ac.kr

정렬을 줄이며 더 빠른 기능적 회복을 얻을 수 있었다고 보고하였다<sup>8)</sup>. 지금까지 양측성 슬관절 전치환술에서 네비게이션을 이용한 최소 침습적 수술 방법과 고식적 수술 방법을 비교한 연구는 없는 실정이다.

이에 저자들은 성별, 나이, 체질량 지수, 동반질환, 활동도 등의 차이에 의해 발생하는 다양한 변수를 줄이기 위해 동일인에서 한쪽은 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법으로, 반대쪽은 고식적 방법으로 인공 슬관절 전치환술을 시행하고 그 임상적 및 방사선학적 결과를 비교하고자 하였다.

## 대상 및 방법

동시에 한쪽에는 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법(최소 침습 군)을, 다른 한쪽은 고식적 방법(고식적 군)을 사용하여 양측 인공 슬관절 전치환술을 시행 받은 45명의 환자를 대상으로 전향적으로 연구하였다. 모든 환자

는 임의적으로 한쪽은 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법을, 반대측은 고식적 방법의 인공 슬관절 전치환술을 시행받았다. 총 45명 중 네비게이션 등록 실패(registration failure)에 의해 고식적 방법으로 전환하였던 1명과 추시가 되지 않은 2명의 환자를 제외한 최소 1년 이상 추시가 가능하였던 나머지 42명의 환자를 대상으로 하였다.

환자의 평균 나이는 64.2세(48-82세)이었으며 이중 남자가 9명 여자가 33명이었다. 수술을 받게 되었던 원인질환은 모두 퇴행성 골관절염이었으며, 과거에 슬관절 수술을 받았던 환자는 제외하였다. 두 그룹 간에 수술 전 관절운동 범위, HSS 점수 및 변형정도는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

최소 침습적 수술 방법은 슬개골 상방 2 cm부터 관절선 2 cm 하방까지 슬개골 내측에 종으로 피부절개를 가한 후 슬개골을 탈구(eversion)시키지 않고 소 절개 내측 광근 도달법(mini mid-vastus approach)을 통해 시행하는 수술로 정의하였으며 피부절개 길이는 9 cm에서 13 cm이었다(Fig. 1, 2). 사용한 Orthopilot<sup>®</sup> (Aesculap, Tuttlingen, Germany) 네비게이션 시스템은 image-free system으로 고관절과 족근관절 및 슬관절의 운동학적 분석(kinematic analysis)과 슬관절의 해부학적인 mapping을 시행하여 슬관절의 working model를 구축하였다<sup>8,9)</sup>. 네비게이션 조정 하에 free-hand technique을 사용하여 cutting jig를 정골 및 대퇴골에 각각 고정하였다.

Table 1. Comparison of the Preoperative Demographic Data of the NA-MIS\* and the CON\* Side

	NA-MIS* side	CON* side	p-value
Preoperative HSS (point)	68.5±8.0	66.5±7.1	0.324
Range of motion (degrees)	115.5±24.7	117.0±21.8	0.777
Femorotibial angle (degrees±SD)	-4.3±6.2°	-4.9±6.7°	0.436

\*, navigation assisted-minimally invasive surgery; †, conventional; —, varus. All values shown mean±standard deviation.

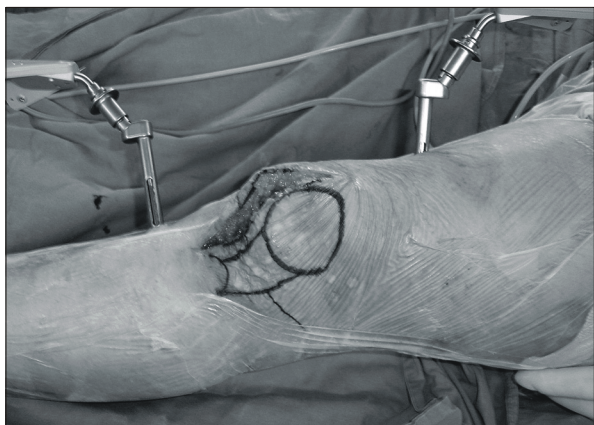


Fig. 1. Images showing the skin incision and position of the sensor fixing screw in NA-MIS TKA.

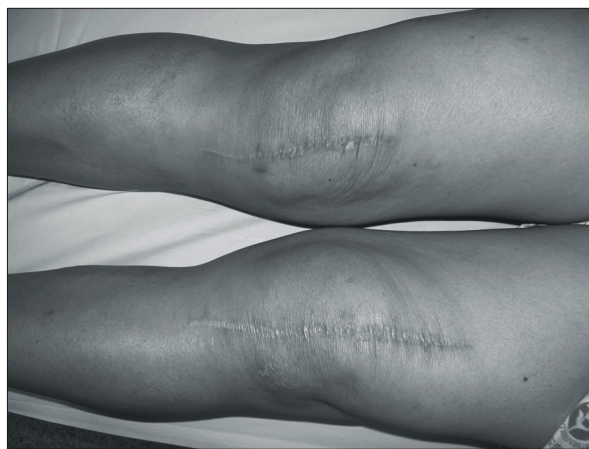


Fig. 2. A 55-year-old woman with bilateral TKA (left-CON TKA, right-NA-MIS TKA). Photographs at the one year follow-up after surgery showed smaller skin incision on the right NA-MIS side than the left CON side.

반대측 슬관절에 대해서는 고식적 방법의 인공 슬관절 전치환술을 시행하였으며 대퇴 사두근 건까지 약 3-4 cm 정도 절개를 확장하였고 내측 슬개골 도달법을 이용하여 슬개골을 탈구시켰다(Fig. 2). 모든 환자에서 골수강 내 장치를 사용하여 원위 대퇴골을 대퇴골의 해부학적 축과 기계적 축과의 차이(5-7도)만큼의 외반위치로 절제하였으며 골수강 외 장치를 이용하여 관상면 및 시상면에서 경골 간부에 직각이 되도록 근위경골을 절제하였다. Trial component 삽입 후 하지의 역학적 축을 전상 장골극(anterior superior iliac spine)과 족근관절 양과를 기준으로 하여 다시 점검하였다.

두 군에서 모두 후방 십자인대는 보존하였으며 슬개골 표면 치환술(patellar resurfacing)은 시행하지 않았다. 또한 두 군 모두에서 골 시멘트를 이용하였으며 삽입물로는 e-motion® (Aesculap, Tuttlingen, Germany)을 사용하였다.

모든 수술은 연구가 시작되기 전 네비게이션 시스템을 이용하여 고식적 방법의 인공 슬관절 전치환술을 100예 이상, 최소 침습적 방법의 인공 슬관절 전치환술을 50예 이상, 네비게이션을 이용한 최소 침습적 인공 슬관절 전치환술을 50예 이상 시행한 경력을 가진 단일 술자에 의해 행하여졌다.

모든 환자는 수술 후 첫날부터 능동적 또는 수동적 관절운동을 시작하였으며, 보행은 목발이나 보행기 등 보조 기구를 이용하여 환자의 순응도에 따라 수술 후 2-3일에 시행하도록 하였으며, 동일한 재활 프로그램을 사용하였다.

수술 전 및 수술 후 3개월, 6개월, 9개월 및 1년째에 슬관절 운동범위, HSS (Hospital for special surgery) 점수, WOMAC 점수 및 합병증에 대한 임상적 결과를 비교하였으며, 또한 술 후 1년째에 환자의 주관적인 선호도를 조사하였다.

방사선학적인 평가는 수술 후 1년째 하지 전장의 체중 부하 전후면 방사선 사진을 이용하여 역학적 축(적정 값, 0°)과 대퇴골 및 경골 삽입물의 관상면상의 경사도 정도(적정 값, 대퇴골 삽입물(90°), 경골 삽입물(90°))를 조사하였으며, 이러한 측정은 수술에 관여하지 않았던 레지던트 두 명이 하였고, 그 측정값들의 평균값을 사용하였다. 결과는 적정 값(optimum)의  $\pm 3^\circ$  이내를 적절한 것으로 양호(acceptable),  $\pm 3^\circ$  이상의 경우를 불량(outlier)으로

분류하였다.

통계적 분석은 SPSS 11.0 통계프로그램(SPSS for Windows Release 11.0, Chicago, Illinois)을 사용하였으며 각 군 간의 비교는 Independent and paired Student's t-test와 Chi-square test를 이용하였으며 신뢰도는 95%로 하였다.

## 결 과

수술 전 평균 HSS 점수는 네비게이션을 이용한 최소 침습군에서 68.5점(범위, 51-83점), 고식적 군에서는 66.5점(범위, 46-81점)이었으며 수술 후 1년째 각각 93.3점(범위, 85-100점), 92.8(범위, 77-100점)으로 향상되어 유의 있는 차이를 보였다(각각,  $p < 0.01$ ). 평균 HSS 점수는 수술 후 6개월까지는 고식적 군에 비해 네비게이션을 이용한 최소 침습 군에서 통계학적으로 유의하게 높은 값을 보였으나( $p = 0.042$ ), 수술 후 9개월과 1년째에는 통계학적으로 유의 있는 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ )(Table 2).

WOMAC 점수는 수술 후 6개월까지 네비게이션을 이용한 최소 침습군에서 더 좋은 결과를 보였지만( $p = 0.031$ ) 그 후에는 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

수술 전 평균 관절운동 범위는 네비게이션을 이용한 최소 침습군에서  $115.5^\circ$  고식적군에서는  $117.0^\circ$ 이었으며

Table 2. Comparison of the Results at 3, 6, 9 Months and 1 Year after Surgery between the Na-Mis\* and the Con† Side

	NA-MIS* side	CON† side	p-value
3 months after surgery			
Range of motion	125.8±9.8	121.2±7.9	0.074
HSS score	91±4.0	87.3±5.7	0.040
WOMAC score	38.8±4.8	42.0±4.6	0.029
6 months after surgery			
Range of motion	128.4±9.3	127.0±10.8	0.633
HSS score	92.7±3.8	89.8±5.5	0.042
WOMAC score	35.1±5.0	38.5±4.9	0.031
9 months after surgery			
Range of motion	128.3±6.8	127.0±10.7	0.737
HSS score	93.1±3.8	90.4±5.3	0.111
WOMAC score	33.5±7.0	35.5±7.8	0.545
1 year after surgery			
Range of motion	129.5±8.0	127.1±8.8	0.364
HSS score	93.3±4.0	92.8±4.3	0.730
WOMAC score	31.9±5.6	35.2±9.8	0.277

\*, navigation assisted-minimal invasive surgery; †, conventional. All values shown mean±standard deviation.

Table 3. Comparisons of Radiological Outlier Results between the Two Groups

		NA-MIS side	Conventional side	p-value
Mechanical axis angle	Average value	-0.3±2.6	-0.4±2.8	0.744
	Outlier's number	2	8	0.043
Coronal inclination of femoral prosthesis	Average value	89.0±1.9	89.2±2.5	0.650
	Outlier's number	3	9	0.061
Coronal inclination of tibial prosthesis	Average value	90.5±1.5	90.1±1.8	0.283
	Outlier's number	2	3	0.645

-, varus.

Table 4. Results of Radiographic Assessment of Total Knee Arthroplasty

	NA-MIS side			CON side		
	Observer 1	Observer 2	Coefficient	Observer 1	Observer 2	Coefficient
Mechanical axis angle	-0.36±2.82	-0.23±2.79	0.667	-0.5±2.88	-0.27±3.10	0.771
Coronal inclination						
Femoral prosthesis	89.01±1.98	88.99±2.09	0.824	89.26±2.77	89.16±2.42	0.842
Tibial prosthesis	90.71±1.37	90.25±1.70	0.798	90.22±1.93	89.58±1.80	0.805

-, varus.

수술 후 1년째에는 각각 129.5° 및 127.1°로 향상되었지만, 추시 기간 중에 양 군 간의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 2).

환자의 주관적인 선호도를 조사한 결과 24명의 환자에서는 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법을 사용한 쪽을, 10명에서 고식적 방법을 사용한 쪽을 선호 하였으며, 8명에서는 비슷한 선호도를 보였다( $p=0.003$ ). 추시 기간 동안 전 환자에서 심부 감염이나 삽입물 이완으로 재수술이 필요한 경우는 없었다.

평균 역학적 축은 네비게이션을 이용한 최소 침습 군과 고식적 군에서 유의 있는 차이는 없었으나, 최소 침습 군(2예)에 비해 고식적 군(8예)에서 불량(outlier)이 더 많았다( $p < 0.05$ ). 대퇴 삽입물의 관상면상의 경사도는 최소 침습 군(3예)에 비해 고식적군(9예)에서 불량(outlier)이 많았지만 양 군 간에 유의 있는 차이는 불량( $p > 0.05$ ) 및 평균 값( $p > 0.05$ ) 모두에서 보이지 않았다. 경골 삽입물의 관상면상의 경사도 역시 평균값이나 불량(outlier)에서 모두 차이가 없었다( $p > 0.05$ , Table 3, 4). 두 관측자 간의 측정치는 강한 양의 상관관계를 보였고 통계적으로 유의하였다( $p < 0.001$ )(Table 4).

## 고 찰

최소 침습 인공 슬관절 전치환술은 출혈량이 적고 수

술 후 통증이 적으며 입원기간이 단축되고 더 빠른 재활을 보여 이상적인 치료방법으로 생각된다. 여러 연구자들의 보고에 의하면 이러한 최소 침습적 수술 방법을 이용한 인공 슬관절 전치환술은 수술 후 빠른 회복 및 재원기간의 단축, 술 후 조기 관절 운동 향상을 보여주었다<sup>1,3,6,11,12</sup>). 그러나 이러한 수술방법은 제한된 수술 시야로 인해 삽입물이 부정확한 위치에 삽입될 수 있으며, 신경 및 혈관 손상 등이 발생 하였다<sup>2,5</sup>). 최근 컴퓨터 네비게이션이 인공 슬관절 전치환술에 도입되어 관상면에서의 삽입물 위치의 불량 값(outlier)을 감소시킬 수 있다는 많은 보고가 있다<sup>7,9,10,13</sup>). 따라서 최소 침습 인공 슬관절 전치환술에서 좁은 시야로 인해 발생 가능한 삽입물의 부정 정렬을 방지하기 위하여 컴퓨터 네비게이션을 사용하는 것이 좋다고 생각하며 이에 저자들은 네비게이션을 이용한 최소 침습 인공 슬관절 전치환술에 대한 초기 보고에서 통증 점수 향상 및 수술 후 더 빠른 시간에 90도의 슬관절 굴곡 운동 범위를 얻을 수 있었으며 수술 후 하지 직거상까지의 시간을 단축할 수 있었다고 보고하였다<sup>8</sup>). 그러나, 네비게이션을 이용한 군에서 평균 10-20분 정도의 시간과, 비용문제 및 술자의 전문적인 훈련이 더 필요하다는 점에서 제한점이 있다<sup>4</sup>). 본 연구는 양측 인공 슬관절 전치환술을 시행 받은 환자에서 한쪽은 네비게이션을 이용한 최소 침습적 방법을 반대측은 고식적 방법을

이용한 인공 슬관절 전치환술 시행 후 그 기능적 결과에 대해 비교한 최초의 논문으로 동일인에서의 결과 비교로 환자의 개개인의 차이에 의해 발생 가능한 bias를 줄일 수 있어 비교적 객관적인 비교가 가능하였다고 생각한다. 최소 침습법을 이용한 인공 슬관절 전치환술에서의 장점이 수술 후 얼마나 지속되는지에 대해서는 현재까지는 논란의 여지가 있는 실정이다. Laskin 등<sup>6)</sup>은 수술 후 3개월까지만 최소 침습군에서 더 양호한 결과를 보여주었다고 보고 하였으며, 반면에 Haas 등<sup>3)</sup>은 이러한 결과가 술 후 일년까지 지속 된다고 보고하였다. 저자들의 연구에서는 네비게이션을 이용한 최소 침습 인공 슬관절 전치환술을 시행한 군에서 HSS 점수와 WOMAC 점수가 고식적 군에 비해 수술 후 6개월까지는 더 나은 결과를 보여주었지만 그 이후에는 차이가 없었다. 슬관절 운동범위에서는 수술 후 3개월 및 6개월 추시에서 모두 유의 있는 차이가 없었으나 수술 후 1년째에도 환자들은 고식적 군에 비해 최소 침습적 방법을 이용해 수술한 부위를 더 선호하였다.

저자들은 네비게이션을 이용한 최소 침습 수술법이 고식적 방법과 비교 시 관상면에서 삽입물 정렬의 불량(outlier)의 결과를 감소시킬 수 있었다는 이전의 연구 결과<sup>8)</sup>를 다시 한번 확인할 수 있었다.

## 결 론

결론적으로, 네비게이션을 이용하여 소 절개 내측 광근 도달법을 통한 최소 침습 인공 슬관절 전치환술을 시행할 경우 고식적 방법에 의한 인공 슬관절 전치환술에 비해 수술 후 6개월까지는 더 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있었다. 수술 후 일년 추시에서는 슬관절 기능점수에서 어떠한 차이도 보여주지 못하였지만, 더 많은 환자에서 선호도를 보였으며 삽입물의 정렬에 있어서도 불량 값(outlier)수의 감소를 보여 주었다.

## 참고문헌

1. Bonutti PM, Neal DJ, Kester M: Minimal incision total knee arthroplasty using the suspended leg technique. *Orthopedics*, 26: 899-903, 2003.
2. Dalury DF, Dennis DA: Mini-incision total knee arthroplasty can increase risk of component malalignment. *Clin Orthop Relat Res*, 440: 77-81, 2005.
3. Haas SB, Cook S, Beksac B: Minimally invasive total knee replacement through a mini midvastus approach: a comparative study. *Clin Orthop Relat Res*, 428: 68-73, 2004.
4. Kanlic EM, Delarosa F, Pirela-Cruz M: Computer assisted orthopaedic surgery—CAOS. *Bosn J Basic Med Sci*, 6: 7-13, 2006.
5. Laskin RS: New techniques and concepts in total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 416: 151-153, 2003.
6. Laskin RS, Beksac B, Phongjunakorn A, et al: Minimally invasive total knee replacement through a mini-midvastus incision: an outcome study. *Clin Orthop Relat Res*, 428: 74-81, 2004.
7. 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.
8. Seon JK, Song EK: Navigation-assisted less invasive total knee arthroplasty compared with conventional total knee arthroplasty: a randomized prospective trial. *J Arthroplasty*, 21: 777-782, 2006.
9. Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, Banzer D, Zink A: Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Br*, 85: 830-835, 2003.
10. 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*, 84(Suppl 2): 90-98, 2002.
11. Tria AJ Jr: Advancements in minimally invasive total knee arthroplasty. *Orthopedics*, 26(8 Suppl): S859-S863, 2003.
12. Tria AJ Jr: Minimally invasive total knee arthroplasty: the importance of instrumentation. *Orthop Clin North Am*, 35: 227-234, 2004.
13. Victor J, Hoste D: Image-based computer-assisted total knee arthroplasty leads to lower variability in coronal alignment. *Clin Orthop Relat Res*, 428: 131-139, 2004.

= 국문초록 =

목 적: (                    ) ,                    (                    ) .

대상 및 방법: 1                    가 가                    42                    , HSS                    WOMAC .  
                  3                    , 6                    , 9                    , 1                    가                    ,                    1

결 과:                    (                    ) .  
                  HSS                    WOMAC                    6  
                  ,                    가                    .                    WOMAC  
                  가                    ,                    가

결 론:                    .                    6  
                  ,                    가                    .

색인 단어:                    ,                    ,                    ,