

슬관절 전치환술을 시행하는 초심자에게 네비게이션이 줄 수 있는 장점

조명래 · 송석균 · 최원기[✉]

대구가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실

The Advantages of Navigation for a Novice Surgeon in Performing Total Knee Replacement Surgery

Myung-Rae Cho, M.D., Suk-Kyoon Song, M.D., and Won-Kee Choi, M.D.[✉]

Department of Orthopaedic Surgery, Catholic University of Daegu School of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: To compare the outcomes of navigation-assisted total knee replacement conducted by a skilled surgeon and novice surgeon, as well as to evaluate the usefulness of the navigation assistance to a novice surgeon.

Materials and Methods: We retrospectively made a comparison between 60 total knee replacement surgeries conducted by skilled surgeon and 60 total knee replacement surgeries by a novice surgeon during the 2015. Scanograms were taken both preoperatively and at 3-month postoperatively to measure the accuracy of bone cutting and alignment. As for external rotation of the femur, we checked the values of the distal femur surgical epicondyle axis, and the posterior condyle axis displaced by the navigator after bone registration for both novice and skilled groups. For postoperative functional examination, Knee Society Score (KSS) were evaluated at 1-year follow-up.

Results: Forty-nine knees in the skilled group, and 51 knees in the novice group achieved coronal axis alignment of hip knee ankle values of $0^{\circ} \pm 3^{\circ}$. The mean external rotation degree of the femoral epicondyle axis against the posterior condyle axis, measured by the navigator, was $3.8^{\circ} \pm 2.9^{\circ}$ in skilled group, and $1.2^{\circ} \pm 3.0^{\circ}$ in novice group. When regarding femoral epicondyle axis, which showed a more internal rotation than the posterior condylar axis as an outlier, six cases were outlier in skilled group, while, 18 cases were outlier in novice group. After revising external rotation value of femoral implants comparing values navigation displaced and values using 3° external rotation manual jig against femoral posterior condylar axis, the skilled group showed 0 case of outlier and the novice group showed 10 cases of outlier. The mean KSS knee assessed at 1 year postoperatively was 83.2 ± 6.8 in skilled group, and 83.1 ± 7.0 in novice group, with no statistically significant difference.

Conclusion: Navigation provides advantages to novice surgeon to achieve stabilized coronal plane axis, as well as accurate resection of the femur and tibia. However, the navigation does not provide any advantages in achieving the aimed amount of femoral external rotation to novice surgeons.

Key words: total knee replacement, navigation, coronal axis alignment, femoral external rotation

서론

슬관절 전치환술 이후의 기능은 크게 환자, 삽입물(prosthesis), 술자(surgeon)에 의해서 영향을 받는다.¹⁾ 술자에 의한 요소 중 적절한 삽입물의 위치와 술 후 관상면 및 시상면의 축은 술 후 환자의 기능에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나이다. 삽입물의 부적절한 위치는 술 후 기능악화와 마모의 증가로 인한 재수술(revi-

Received January 14, 2017 Revised February 25, 2017 Accepted March 28, 2017

[✉]Correspondence to: Won-Kee Choi, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Daegu Catholic University Medical Center, 33 Duryugongwon-ro 17-gil, Nam-gu, Daegu 42472, Korea

TEL: +82-53-650-4277 FAX: +82-53-652-4272 E-mail: cwk1009@hanmail.net

sion) 증가를 유발한다.^{2,3)} Fang 등¹⁾에 의하면 술 후 무릎의 2.4°-7.2° 사이의 축(해부학적 축)과 그 구간을 벗어나는 축으로 나누어 두 군 간의 재수술 비율을 비교한 결과 2.4°-7.2° 사이의 관상면 축을 가진 무릎의 재수술 비율이 통계적으로 유의하게 떨어짐을 발표하였다. 술 후 관상면상 해부학적 축이 2.4° 이하의 축은 근위 경골면의 내측 붕괴(tibial collapse)로 인한 실패와 7.2° 이상의 축은 인대의 불안정(ligament instability)에 의한 실패가 높았음을 보였다. 이 외에도 여러 논문에서 슬관절 전치환술 후 0°±3° 이내의 관상면 기계학적 축(mechanical axis)의 획득이 술 후 환자의 향상된 기능과 인공삽입물의 높은 생존율에 중요한 영향을 미친다고 밝혔다.^{4,5)} 술자에 의해서 정해지는 인공삽입물의 위치 및 술 후 무릎의 안정적인 축의 획득을 위해 computer assisted surgery (CAS)가 나오게 되었다. CAS는 크게 술 전에 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)이나 자기공명영상(magnetic resonance imaging) 등의 골 지표 정보의 입력(registration)이 필요한 imaged navigation과 술 전 입력이 필요 없는 imageless navigation로 나누게 된다. Imageless navigation의 사용이 통상적인 슬관절 전치환술(conventional total knee arthroplasty)에 비하여 술 후 안정적인 관상면 및 시상면 축의 획득에 도움이 되었음을 많은 논문에서 밝혔다.⁶⁻⁸⁾ 하지만 술 후 기능적 향상과 삽입물의 생존율 향상에 도움이 되는지는 아직 명확하지 않다.^{9,10)} 또한 다른 저자들은 네비게이션을 이용한 수술과 통상적인 슬관절 전치환술의 비교 시 정확한 삽입물의 위치 획득에서 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이가 없다고 하였다.¹¹⁾ 하지만 네비게이션을 이용한 관절술 전치환술과 통상적인 수술 비교 시 술자의 대부분이 이미 숙련된 술자(experienced surgeon)이기 때문에 네비게이션이 줄 수 있는 숙련도를 이미 가진 술자가 통상적인 슬관절 전치환술을 시행한다면 네비게이션을 이용한 수술과 비교 시 인공 삽입물 위치 획득 정도에 대하여 차이가 없을 수 있다. 이에 저자들은 단일 센터에서 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 8년 이상 시행한 숙련된 술자와 슬관절 전치환술을 단독으로 시작하는 초심자의 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 서로 비교하여 둘 사이의 차이점을 알아보려 한다. 초심자는 슬관절 전치환술에 대하여 1년간의 전임의를 마치고 단독적인 슬관절 전치환술을 처음 시행하는 경우로 이전의 통상적인 슬관절 전치환술의 단독 수술 경험은 없었다. 숙련된 술자와 초심자의 수술 결과 차이가 없는 점은 네비게이션의 사용이 슬관절 전치환술을 시작하는 술자에게 줄 수 있는 장점으로, 또한 차이가 있는 점은 네비게이션의 사용이 수술을 시작하는 초심자에게 도움을 줄 수 없는 한계점으로 볼 수 있다.

본 저자들은 1) 네비게이션의 도움으로 골의 정확한 자름(cutting)이 가능하여 슬관절 전치환술 초심자에게 무릎의 안정적인 관상면 축의 획득에 도움이 되어 숙련된 술자와의 축의 획득 정도에서는 차이가 없을 것으로 가정하였다. 본 저자들은 무릎의

술 후 안정적인 관상면 축을 0°±3° 이내의 기계학적 축으로 정의하였다. 안정적인 시상면의 축에 대해서는 아직 논란이 있어 이 연구에서는 다루지 않기로 했다. 2) 네비게이션의 정확한 사용에 있어 중요한 골 지표 입력은 술자의 숙련도가 필요하며, 특히 관절염이 진행됨에 따라 대퇴부의 상과축의 골 지표가 모호해지는 경향이 있어 초심자와 숙련된 술자 사이의 네비게이션에서 나타나는 대퇴골의 외회전 수치는 차이가 있을 것으로 가정하였다.

대상 및 방법

네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 단독으로 시행하는 초심자의 처음 1년 동안의 수술 결과와 동일 시기에 시행된 네비게이션의 사용경력이 8년이 넘는 숙련된 술자의 수술 결과를 비교하기로 하였다.

초심자가 2015년 3월부터 2015년 11월까지 시행한 연속적인 60예의 슬관절 전치환술과 숙련된 술자가 2015년 1월부터 2015년 5월까지 시행한 연속적인 60예의 슬관절 전치환술을 후향적인 방법으로 비교하였다. 각각의 60예의 무릎은 연속적인 순서로 진행된 일차성 슬관절 전치환술을 대상으로 하였으며 최소 추시기간이 1년이 되는 환자를 대상으로 하였다. 재수술(revision) 및 하지의 과거 수술력을 가진 환자는 대상에서 제외되었다. 숙련된 술자의 경우 65예 중에서 재치환술 3예, 하지 과거 수술력 1예와 외반성 관절염이 있는 1예가 제외된 60예에 대해서, 초심자의 경우 62예 중에서 하지 과거 수술력 1예와 외반성 관절염이 있는 1예가 제외된 60예에 대해서 연구를 시행하였다. 숙련된 술자에 의해 시행된 연속적인 60예의 내반성 골관절염을 원인질환으로 시행된 일차성(primary) 슬관절 전치환술을 1군으로 정하였다. 초심자에 의해 시행된 연속적인 60예의 동일 질환에 의한 일차성 슬관절 전치환술을 2군으로 정하였다. 120예의 무릎은 모두 내반성 골관절염을 원인으로 imageless 네비게이션 시스템 ver. 2.6 (BrainLAB, Feldkirchen, Germany)을 이용한 슬관절 전치환술을 시행하였다. 각각의 군에 대한 정보는 다음과 같다(Table 1). 두 군 간의 성별, 나이, 비만도, 술 전 hip knee ankle (HKA) angle, 술 전 Knee Society Score (KSS) knee, 술 전 KSS 기능점수, 술 전 무릎의 최대 굴곡각도의 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

본 연구는 대구가톨릭대학교병원의 생명윤리위원회의 승인(number: CR-17-014)을 받았다.

1. 수술 방법

숙련된 술자와 초심자 모두 동일한 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술을 시행하였다. 모든 환자에게 후방 십자인대 치환형의 시멘트형 인공슬관절 삽입물을 이용하였다. 숙련된 술자는 60예 전체 예에서 press fit condylar knee (PFC)를, 초심자는 48예에서 PFC (DePuy, Warsaw, IN, USA)와 12예에서 Nexgen (Zimmer,

Table 1. Difference in Patient Demography between Group 1 and Group 2

Variable	Group 1 (n=60)	Group 2 (n=60)	p-value
Age (yr)	70.1±6.1	71.4±6.7	0.27
Female	52 (86.7)	48 (80.0)	0.33
BMI	23.8±2.3	24.0±2.1	0.74
Pre-op HKA	170.6±5.9	170.1±5.7	0.66
Pre-op KSS knee	38.2±12.5	39.0±13.4	0.75
Pre-op KSS function	24.3±8.4	25.0±9.0	0.64
Pre-op maximal knee flexion	140.6±2.3	140.8±2.0	0.65

Values are presented as the mean±standard deviation or number (%). Group 1, skilled surgeon; Group 2, novice surgeon; BMI, body mass index; Pre-op, preoperative; HKA, hip knee ankle; KSS, Knee Society Score.

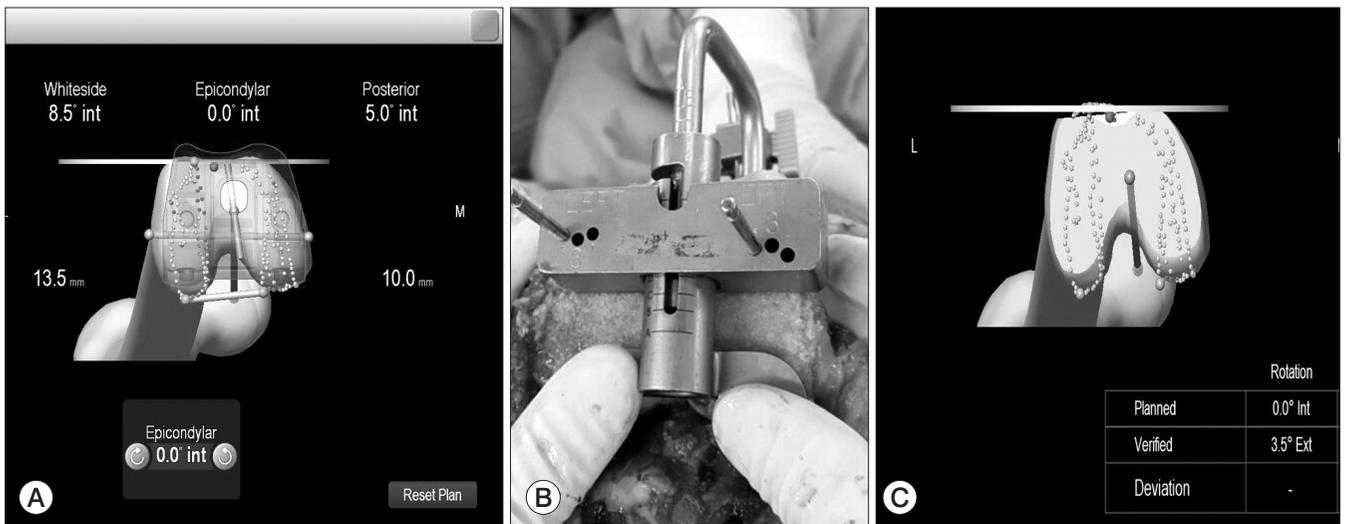


Figure 1. (A) We designated femoral external (ext) rotation with surgical epicondylar axis registration, first. (B) To revise femoral ext rotation, we applied 3° ext rotation jig. (C) After comparing the registration and jig value, we decided on the final femoral ext rotation. int, internal.

Warsaw, IN, USA)를 사용하였다. 네비게이션은 measured gap 방식으로 골 절제가 이루어졌으며, 대퇴부 외회전의 축은 수술적 대퇴부 상과축(surgical epicondylar axis)을 기준으로 설정되어 있다. 대퇴부, 발목, 경골의 골 지표를 입력한 이후 네비게이션에서 표시된 지표를 참고로 대퇴부의 골 절제가 이루어졌다. 대퇴부 삽입물 외회전 결정 시 입력된 수술적 대퇴부 상과축과 통상적인 수술에서 사용되는 대퇴부 후방과 축(posterior condyle axis)에서 3° 외회전된 기구(jig)를 이용한 축을 비교하였다. Jig에서 3° 외회전되는 지점에 핀 두 개를 꽂은 이후 선을 긋는다. 그 선에 네비게이션 지침자를 맞추면 스크린에 3° 외회전된 선이 이미 설정된 대퇴부 상과축에 대하여 얼마나 내회전 혹은 외회전되어 있는지 표시가 된다(Fig. 1). 이 값의 차이가 3° 이하일 경우 두 가지 축 중에서 외회전된 값을 사용하였으며 3° 이상의 차이가 있을 경우에는 양축 값의 평균값으로 대퇴부 외회전을 정하였다. 3° 기준의 근거는 ver. 1.6의 동일 네비게이션의 경우 그 오차가 ±3°로 알

려져 있기 때문이다.¹²⁾ 네비게이션의 단점인 입력오차(registration error)의 문제점을 보정할 목적으로 통상적으로 많이 사용되고 있는 대퇴부 후방과 축에서 3° 외회전 값과 비교하여 보정을 시행한 것이다.

2. 방사선적 측정

120예의 무릎에 대하여 수술 전 체중부하 하지 스캐노그램(scanogram)을 측정하여 술 전 HKA값을 측정하였다. 술 후 3개월에 외래에서 스캐노그램을 측정하여 술 후 HKA값과 대퇴부와 경골 부위의 골 절제의 정확성을 측정하였다. 술 후 안정적인 HKA값은 0°±3°로 정의하였다. 대퇴부 골 절제의 목표는 mechanical lateral distal femoral angle (LDFA) 90° (Fig. 2), 경골부의 골 절제의 목표는 mechanical medial proximal tibial angle (MPTA) 90°로 정의하였으며 정의된 값에서 벗어난 값을 골 절제의 오차(error)로 정의하였다. LDFA의 값이 90°를 기준으로 이상이면 대



Figure 2. We measured the lateral distal femoral angle and medial proximal tibial angle using a scanogram to measure the errors of bone cutting.

퇴부의 내반 골 절제를, MPTA의 값이 90° 를 기준으로 이하이면 경골부의 내반 골 절제를 의미한다. 방사선적 측정은 1인의 전공 의에 의해서 시행되었다. 본 연구의 목표를 모르는 상태에서 측 정에 대한 교육을 받은 이후 4주의 간격으로 2회 측정하였다. 2회 측정된 자료의 평균값을 사용하였다.

3. 대퇴부 삽입물의 외회전 정도 측정

네비게이션 프로그램에서 입력된 외과적 상과축을 대퇴부 삽입 물의 외회전 축으로 정하였다. 네비게이션 상에는 술자가 입력한 골 지표에 의해서 대퇴부 상과축이 후방과 축과 whiteside line에 대하여 얼마나 외회전되어 있는지 표시가 된다(Fig. 3).

4. 술 후 무릎 기능의 평가

120예의 무릎에 대하여 술 전 KSS를 KSS knee와 KSS function으 로 나누어 시행하였다. 술 후 1년째 외래에서 동일하게 KSS를 측 정하였다.¹³⁾

5. 통계적 분석

각 군의 수술 전, 후의 HKA값, 골 절제의 오차, KSS, 대퇴부 외회 전 값의 평균을 비교하기 위하여 T-test를 이용하였다. p값이 0.05 이하일 때 유의한 의미가 있는 것으로 정의하였다. 관찰자내 신 뢰도 분석(reliability analysis)을 시행하였고 intra class correlation coefficient (ICC)를 측정하여 0.8 이상을 excellent, 0.6-0.8일 경우 good, 0.4-0.6일 경우 fair, 0.4 이하를 poor로 판정하였다. 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 19 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용

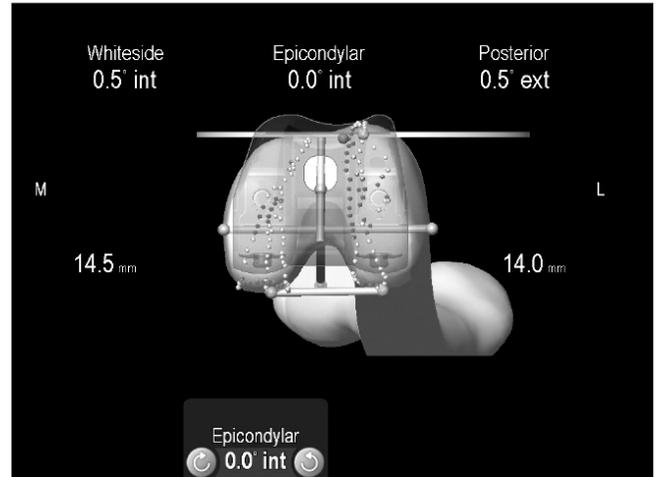


Figure 3. Navigation screen displayed femoral implant external (ext) rotational values of the posterior condylar axis and Whiteside against the epicondylar axis. int, internal.

하였다.

결 과

방사선적 측정값에 대한 관찰자 내 ICC는 모두 0.8 이상이었다.

숙련된 술자는 60명 중 49명(81.7%)에서 술 후 안정적인 관상 면상 축(HKA값 $0^\circ \pm 3^\circ$)을 획득하였으며 초심자는 60명 중 51명(85.0%)에서 획득하였다. 양 군의 술 후 HKA는 숙련된 술자군에 서 평균값이 $179.2^\circ \pm 2.0^\circ$, 초심자에서 $178.4^\circ \pm 2.1^\circ$ (Fig. 4, 5)로, 양 군 간의 통계적 차이는 없었다. 대퇴부와 경골의 골 절제의 오차 는 LDFA 90° 와 MPTA 90° 를 기준으로 오차를 측정하였으며 양 군의 오차 값을 절대값으로 변환한 결과 대퇴부 골 절제 오차 절 대값은 숙련된 술자에서 평균값이 $1.4^\circ \pm 1.0^\circ$, 초심자에서 $1.7^\circ \pm 1.1^\circ$ 이며 양 군 간의 통계적 차이는 없었다($p=0.13$) (Table 2). 경 골부 골 절제 오차 절대값 또한 양 군 간의 통계적 차이는 없었다 ($p=0.20$).

네비게이션에 표시된 대퇴부 외회전에 대해서는 골 지표의 입 력 이후 표시된 대퇴부 상과축 값은 후방과축 값에 대하여 숙련 된 술자의 경우 평균 $3.8^\circ \pm 2.9^\circ$, 초심자의 경우 평균 $1.2^\circ \pm 3.0^\circ$ 외 회전되어 있었다. 수술적 상과축과 후방과축에서 3° 외회전된 기 구를 이용한 축을 비교하여 시행한 골 절제 이후 네비게이션에 표시된 수술적 상과축 값은 후방과축에 대하여 Table 3에 나타낸 것과 같았다. 양 군의 초기 외회전 값과 3° 외회전된 기구를 이용 한 비교 이후 교정된 값 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.001$).

수술 1년 이후 시행된 KSS에서는 KSS knee에 대하여 숙련된 술자는 평균 83.2 ± 6.8 , 초심자는 평균 83.1 ± 7.0 으로 통계적으

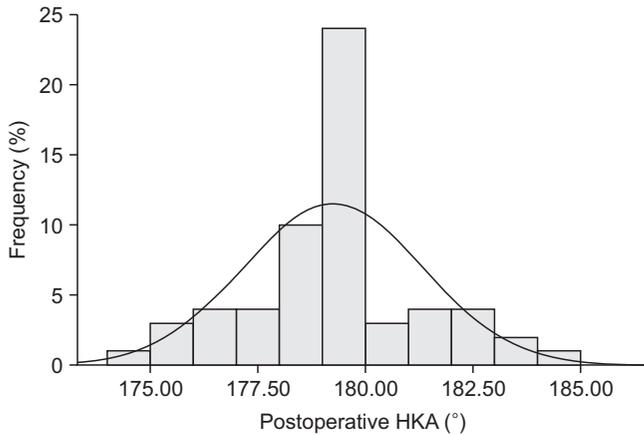


Figure 4. Skilled surgeon showed 179.2° of mean hip knee ankle (HKA) angle in postoperation.

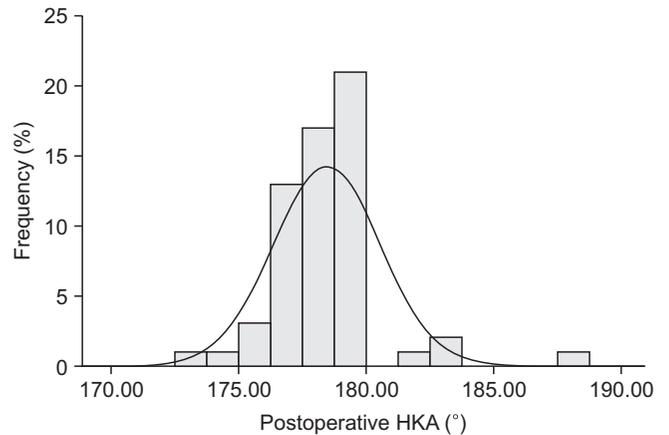


Figure 5. Novice group showed 178.4° of mean hip knee ankle (HKA) angle postoperatively.

Table 2. Difference in Errors of Bone Cutting between Group 1 and Group 2

Variable	Group 1 (n=60)	Group 2 (n=60)	p-value
Post-op LDFA (°)	90.5±1.7	91.4±1.5	0.01
The absolute value of post-op LDFA errors (°)	1.4±1.0	1.7±1.1	0.13
Post-op MPTA (°)	90.1±1.0	89.7±1.1	0.04
The absolute value of post-op MPTA errors (°)	0.8±0.6	1.0±0.6	0.20

Values are presented as the mean±standard deviation. Group 1, skilled surgeon; Group 2, novice surgeon; Post-op, postoperative; LDFA, lateral distal femoral angle; MPTA, medial proximal tibial angle.

Table 3. Difference in Femoral External Rotation Values Navigation Displaced between Group 1 and Group 2

Variable	Group 1 (n=60)	Group 2 (n=60)	p-value
Epicondylar axis on navigation, initially (°)	3.8±2.9	1.2±3.0	<0.001
Revised epicondylar axis on navigation (°)	3.4±1.7	2.2±2.1	<0.001

Values are presented as the mean±standard deviation. Group 1, skilled surgeon; Group 2, novice surgeon.

로 유의한 차이는 없었다. KSS function score에 대해서도 숙련된 술자는 평균 80.5±6.6, 초심자는 평균 80.0±8.0으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 수술 1년 이후 시행된 무릎의 최대 굽힘 각도는 숙련된 술자에서 평균 127.3°±6.0°, 초심자에서는 평균 126.6°±7.5°로 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

고찰

현재까지 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술과 통상적인 슬관절 전치환술을 비교한 논문은 많았다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 하지만 논문의 술자는 일반적으로 통상적인 슬관절 전치환술의 경험이 많은 숙련된 술자를 대상으로 하였으며 슬관절 전치환술을 처음 시행하는 술자에게 네비게이션의 사용이 어떤 도움을 주는지에 대해서는 연구가 거의 없었다. Jenny 등¹⁷⁾에 의하면 네비게이션을 이용한 초

심자 그룹과 숙련자 그룹을 비교한 결과 골 절제의 오차를 비롯한 적절한 술 후 무릎의 관상면 축의 획득, 술 후 기능점수에서 유의한 차이점이 없다고 하였으며 단지 초심자 그룹이 숙련자 그룹보다 통계적으로 유의하게 수술 시간이 길었다고 하였다. 특히 이 논문에서는 본 연구와 동일하게 HKA값 0°±3°를 적절한 관상면 축으로 보았을 때 초심자 그룹에서 88%, 숙련자 그룹에서 91%가 적절한 축의 획득을 보였다. 대퇴부와 경골 삽입물의 적절한 관상면상의 위치를 기계학적 축(mechanical axis) 0°±2°로 보았을 때 초심자 그룹에서 대퇴부 삽입물 89%, 경골 삽입물 88%, 숙련자 그룹에서 대퇴부 삽입물 88%, 경골 삽입물 92%가 적절한 위치를 보였다. 본 연구 결과에서도 숙련자의 경우 안정적인 HKA축을 81.7%, 초심자의 경우 85.0%에서 획득하였다. 술 후 HKA axis, 대퇴부 골 절제 오차의 절대값, 경골부 골 절제 오차의 절대값에 대하여 숙련된 술자의 평균값이 초심자보다 우월한 값을 보였다

만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

네비게이션에서 표시된 대퇴부의 외회전 값에서는 숙련된 술자와 초심자 사이의 통계적으로 유의한 차이점을 보였다. 네비게이션에서 나타난 수치와 술 후 실제 대퇴부 삽입물의 외회전 값은 차이가 날 수 있다. 2011년에 발표된 연구¹⁸⁾는 네비게이션이 나타내는 대퇴부 삽입물 외회전 값과 실제 대퇴부 삽입물의 외회전 값을 CT를 이용하여 비교하였다. 20명에 대하여 실시한 연구에서 네비게이션이 나타내는 대퇴부 삽입물은 대퇴부 후방과축(POSTERIOR CONDYLE AXIS)에 대하여 평균 3.5° (2.4°-8.6°) 외회전을 보였으며 술 후 CT로 측정된 수치는 평균 4.0° (1.7°-7.2°) 외회전을 보여 이 두 값의 ICC값은 0.3으로 약한(POOR) 신뢰도를 보였다. 즉 네비게이션이 나타내는 값으로 숙련된 술자와 초심자의 대퇴부 외회전 값의 정확성을 비교할 수는 없다. 하지만 대퇴부 수술적 상과축의 값이 대퇴부 후방과축에 비해 내회전된 것을 이상점(OUTLIER)으로 볼 때 숙련된 술자의 10.0% (6예)와 초심자의 30.0% (18예)가 이상점에 속했으며 대퇴부 후방과축에서 3° 외회전된 기구를 이용한 축을 이용하여 교정을 시행한 후 네비게이션에서 나타내는 값에서는 숙련된 술자의 0%, 초심자의 16.7% (10예)가 이상점에 속하였다. 네비게이션의 사용이 목표한 대퇴부 삽입물의 외회전 값의 획득에 도움을 주는지에 대해서는 이견이 있다.^{19,20)} 본 연구에서는 숙련된 술자와 초심자의 외회전 값의 통계적 차이가 있으며 대퇴부 삽입물 외회전 값의 이상점이 초심자에게 두드러지게 나타났다. 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술에서 대퇴부 외회전 결정 시 가장 큰 문제는 대퇴부 상과축(EPICONDYLAR AXIS) 뼈 지표의 모호함이다.²¹⁾ 결국 정확한 뼈 지표의 입력은 숙련도를 요구하므로 입력의 정확성에 대한 숙련도가 떨어지는 초심자에서 이상점이 많은 것으로 생각된다. 본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구의 대상이 적으며 환자 선택에 있어 연속적으로 시행된 환자를 대상으로 했음에도 연구 대상의 선택의 편향(BIAS)이 있을 수 있다. 또한 술 후 기능평가가 술 후 1년의 평가로 단기적인 술 후 기능의 평가만 이루어졌다. 이에 더 많은 환자를 대상으로 하는 중장기적 추시연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론

네비게이션을 이용한 인공 슬관절술에서 인공 슬관절술을 처음 시행하는 초심자와 8년 이상의 숙련도를 가진 숙련자의 술 후 무릎의 관상면상 안정적인 축의 획득과 대퇴부, 경골의 뼈 절제 오차에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 술 후 1년 이후의 KSS 점수로 측정된 무릎의 기능검사와 최대 굴곡 각도에서 통계적으로 유의한 차이점은 없었다. 이로 보아 네비게이션의 사용이 초심자에게 비교적 안정적인 관상면 축의 획득과 정확한 대퇴부와 경골부의 골 절제를 하도록 도움을 준다고 볼 수 있다. 하지만 네비게이션에서 표시된 대퇴부의 외회전 값에서는 초심자와 숙

련된 술자 사이의 통계적으로 유의한 차이점이 있어 네비게이션이 초심자에게 목표된 대퇴부 외회전의 획득에 도움을 준다고 볼 수 없다.

CONFLICTS OF INTEREST

The author have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Fang DM, Ritter MA, Davis KE. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it? *J Arthroplasty*. 2009;24:S39-43.
2. Bargren JH, Blaha JD, Freeman MA. Alignment in total knee arthroplasty. Correlated biomechanical and clinical observations. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;173:178-83.
3. Ritter MA, Davis KE, Meding JB, Pierson JL, Berend ME, Malinzak RA. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93:1588-96.
4. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73:709-14.
5. 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.
6. Blakeney WG, Khan RJ, Wall SJ. Computer-assisted techniques versus conventional guides for component alignment in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93:1377-84.
7. Brin YS, Nikolaou VS, Joseph L, Zukor DJ, Antoniou J. Imageless computer assisted versus conventional total knee replacement. A Bayesian meta-analysis of 23 comparative studies. *Int Orthop*. 2011;35:331-9.
8. Cheng T, Zhao S, Peng X, Zhang X. Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20:1307-22.
9. Harvie P, Sloan K, Beaver RJ. Three-dimensional component alignment and functional outcome in computer-navigated total knee arthroplasty: a prospective, randomized study comparing two navigation systems. *J Arthroplasty*. 2011;26:1285-90.
10. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Iglesias-Fernan-

- dez S. Can computer assistance improve the clinical and functional scores in total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:3436-42.
11. Kim YH, Park JW, Kim JS. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:2017-24.
 12. van der Linden-van der Zwaag HM, Valstar ER, van der Molen AJ, Nelissen RG. Transepicondylar axis accuracy in computer assisted knee surgery: a comparison of the CT-based measured axis versus the CAS-determined axis. *Comput Aided Surg.* 2008;13:200-6.
 13. Bach CM, Nogler M, Steingruber IE, et al. Scoring systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;399:184-96.
 14. Decking R, Markmann Y, Fuchs J, Puhl W, Scharf HP. Leg axis after computer-navigated total knee arthroplasty: a prospective randomized trial comparing computer-navigated and manual implantation. *J Arthroplasty.* 2005;20:282-8.
 15. Oberst M, Bertsch C, Würstlin S, Holz U. CT analysis of leg alignment after conventional vs. navigated knee prosthesis implantation. Initial results of a controlled, prospective and randomized study. *Unfallchirurg.* 2003;106:941-8.
 16. van Strien T, van der Linden-van der Zwaag E, Kaptein B, van Erkel A, Valstar E, Nelissen R. Computer assisted versus conventional cemented total knee prostheses alignment accuracy and micromotion of the tibial component. *Int Orthop.* 2009;33:1255-61.
 17. Jenny JY, Miehke RK, Giurea A. Learning curve in navigated total knee replacement. A multi-centre study comparing experienced and beginner centres. *Knee.* 2008;15:80-4.
 18. van der Linden-van der Zwaag HM, Bos J, van der Heide HJ, Nelissen RG. A computed tomography based study on rotational alignment accuracy of the femoral component in total knee arthroplasty using computer-assisted orthopaedic surgery. *Int Orthop.* 2011;35:845-50.
 19. Han HS, Seong SC, Lee S, Lee MC. Rotational alignment of femoral components in total knee arthroplasty: nonimage-based navigation system versus conventional technique. *Orthopedics.* 2006;29:S148-51.
 20. Allen CL, Hooper GJ, Oram BJ, Wells JE. Does computer-assisted total knee arthroplasty improve the overall component position and patient function? *Int Orthop.* 2014;38:251-7.
 21. Jenny JY, Boeri C. Low reproducibility of the intra-operative measurement of the transepicondylar axis during total knee replacement. *Acta Orthop Scand.* 2004;75:74-7.

슬관절 전치환술을 시행하는 초심자에게 네비게이션이 줄 수 있는 장점

조명래 · 송석균 · 최원기[✉]

대구가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 숙련된 술자와 인공 슬관절술을 단독으로 시작하는 초심자의 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술의 결과를 비교하고 초심자에게 네비게이션이 주는 유용성에 대하여 알아보하고자 한다.

대상 및 방법: 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술의 경험이 풍부한 술자와 단독으로 슬관절 전치환술을 처음 시행하는 초심자가 2015년에 시행한 연속적인 각각의 60예의 네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술의 결과를 후향적 방식으로 비교하였다. 수술 전과 술 후 3개월에 외래에서 스캐노그램을 측정하여 술 후 정렬과 골 절제의 정확성을 측정하였다. 네비게이션이 나타내는 숙련된 술자와 초심자의 대퇴부 외과적 상과축과 후방과축의 값을 비교하여 대퇴부 삽입물의 외회전을 비교하였다. 술 후 기능의 검사를 위해서 술 후 1년째 외래에서 Knee Society Score (KSS)를 측정하였다.

결과: 숙련된 술자는 60명 중 49명에서 술 후 안정적인 관상면상 축(hip knee ankle angle 값 $0^{\circ} \pm 3^{\circ}$)을 획득하였으며 초심자는 60명 중 51명에서 획득하였다. 네비게이션에 표시된 대퇴부 외회전에 대해서는 골 지표의 입력 이후 표시된 대퇴부 상과축 값은 후방과축 값에 대하여 숙련자의 경우 평균 $3.8^{\circ} \pm 2.9^{\circ}$, 초심자의 경우 평균 $1.2^{\circ} \pm 3.0^{\circ}$ 외회전되어 있었다. 대퇴부 상과축이 후방과축보다 내회전되는 것을 이상점(outlier)으로 보았을 때, 초심자에서는 60명 중 18명이, 숙련된 술자에서는 6명이 이상점에 해당했다. 대퇴부 삽입물 외회전을 후방과축에 3° 외회전된 기구를 이용하여 교정한 결과 초심자에서는 60명 중 명 중 10명이, 숙련된 술자에서는 0명이 이상점에 해당했다. 수술 1년 이후 시행된 KSS에서는 KSS knee에 대하여 숙련된 술자의 환자는 평균 83.2 ± 6.8 , 초심자는 평균 83.1 ± 7.0 으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

결론: 네비게이션의 사용이 초심자에게 비교적 안정적인 관상면 축의 획득과 정확한 대퇴부와 경골부의 골 절제를 하도록 도움을 준다. 하지만 네비게이션이 초심자에게 목표된 대퇴부 외회전의 획득에 도움을 주지는 않는다.

색인단어: 슬관절 전치환술, 네비게이션, 관상면상 축, 대퇴부 외회전

접수일 2017년 1월 14일 수정일 2017년 2월 25일 게재확정일 2017년 3월 28일

[✉]책임저자 최원기

42472, 대구시 남구 두류공원로 17길 33, 대구가톨릭대학교병원 정형외과

TEL 053-650-4277, FAX 053-652-4272, E-mail cwk1009@hanmail.net