

슬관절 전치환술 치환물 삽입각에 대한 네비게이션을 이용한 측정치와 방사선학적 측정치 간의 상관관계 분석

최호림 · 박종석 · 정두신* · 이병일

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실, 신경과학교실 및 임상역학실*

Correlation Analysis between Navigation and Radiographic Measurement for Component Position of Total Knee Arthroplasty

Ho-Rim Choi, M.D., Jong-Seok Park, M.D., Dushin Jeong, M.D., MPH*, and Byung-Ill Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Neurology and Clinical Epidemiology*,
College of Medicine, SoonChunHyang University, Cheonan, Korea

Purpose: To examine the correlation between the Navigation and radiographic measurements for the postoperative mechanical axis and component position in total knee arthroplasty.

Materials and Methods: From December 2005 to May 2006, Navigation assisted MIS TKA was performed on 46 knees of 34 patients. After fixing the components, the mechanical axis (MA) of the lower extremity, femoral component position to the mechanical axis in the coronal plane (θ), tibial component position in the coronal (β) and sagittal (δ) planes was measured using the Navigation. Two observers measured the same angles using the postoperative follow-up radiographs. The measurements were compared and the correlation between the Navigation and radiographic measurement was analyzed.

Results: The average Navigation measurements were valgus $0.02 \pm 1.09^\circ$ for MA, varus $0.05 \pm 0.96^\circ$ for θ , valgus $0.02 \pm 0.86^\circ$ for β and $4.03 \pm 1.25^\circ$ for δ . The mean radiographic measurements of observer 1 were valgus $0.71 \pm 3.73^\circ$ for MA, valgus $1.14 \pm 1.72^\circ$ for θ , valgus $0.90 \pm 1.47^\circ$ for β and $4.51 \pm 2.03^\circ$ for δ . Those of observer 2 were valgus $0.12 \pm 3.39^\circ$, valgus $0.16 \pm 1.96^\circ$, valgus $0.30 \pm 1.65^\circ$ and $3.85 \pm 1.60^\circ$, respectively.

Conclusion: The average of measurement for the component position showed a statistically significant difference in the MA ($p=0.001$), θ ($p=0.000$) and β ($p=0.000$) among three groups. There were a relatively high correlation between observer 1 and 2 for the radiographic measurements ($r=0.67-0.96$). However there was a very low correlation between the Navigation and radiographic measurements ($r=0.10-0.39$). Therefore, the possibility of a difference between the Navigation and radiographic measurement need to be considered when evaluating the component position.

Key Words: Total Knee Arthroplasty, Navigation, Radiographic measurement, Component position, Correlation analysis

서론

1989년 미국 슬관절 학회에서 슬관절 전치환술에 대한 임상적 및 방사선학적 평가방법이 제창된 후로 방사선학적 측정방법은 슬관절 전치환술에 대한 평가방법의 하나로써 통일된 보고방법으로 이용되고 있다⁶⁾. 이러한 방

사선학적 측정방법의 정확성과 신뢰성에 대해서는 일부 보고가 이루어졌으나 네비게이션을 이용한 측정치와의 비교연구는 많지 않은 상태이다^{2,3)}. 저자들은 네비게이션을 이용한 인공 슬관절 치환술 시 치환물 삽입 후 네비게이션을 이용하여 얻어지는 치환물의 삽입각과, 수술

통신저자 : 최 호 림

충남 천안시 봉명동 23-20
순천향대학교 천안병원 정형외과학교실
TEL: 041-570-3641 • FAX: 041-572-7234
E-mail: chros@schch.co.kr

Address reprint requests to

Ho-Rim Choi, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, SoonChunHyang University Hospital,
23-20, Bongmyeong-dong, Cheonan 330-721, Korea
Tel: +82,41-570-3641, Fax: +82,41-572-7234
E-mail: chros@schch.co.kr

후 방사선 사진을 통해 얻어지는 인공관절 치환물의 삽입 각을 비교하고 그 상관관계를 분석하여, 네비게이션을 이용한 측정치와 수술후 방사선 사진을 이용한 측정치 간의 일치도를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2005년 12월부터 2006년 5월까지 본원에서 네비게이션을 이용한 최소침습 슬관절 전치환 수술을 시행 받은 환자는 37명 51예였다. 그 중 네비게이션 시행 초기 수술 후 치환물 삽입각 기록을 얻는데 실패한 2명 4예와 수술 후 정확한 방사선 사진을 얻지 못해 삽입각 측정이 부정확하였던 1명 1예를 제외한 34명 46예를 연구대상으로 하였다. 환자는 여자 28명, 남자 6명 이었다. 평균연령은 70.1세(61-87세)였으며, 원인질환은 전례가 퇴행성 관절염이었다.

2. 수술방법 및 방사선학적 측정

전례에서 후방십자인대 대체형 Scorpio[®] (Osteonics, NJ, USA) 치환물을 사용하였다. Stryker Navigation System 2.0을 이용하여 최소침습 치환수술을 시행하였으며, 골시멘트를 사용하여 인공관절 최종 삽입 후, 창상 봉합 전에 네비게이션의 verification tool (plane probe-

be)을 이용하여 대퇴 기계축에 대한 대퇴치환물의 관상면 삽입각(θ)과 경골 기계축에 대한 경골치환물의 관상면 삽입각(β)과 시상면 삽입각(δ)을 각각 측정하였다. 양와위 슬관절 신전 상태의 대퇴-경골 기계축(MA, Mechanical Axis)을 측정하였다. 대퇴 치환물의 관상면 삽입각은 치환물 곡면상 plane probe이 어디에 위치하느



Fig. 2. The θ angle is the coronal femoral component angle against the femoral mechanical axis. The β angle is the coronal tibial component angle against the tibial mechanical axis.



Fig. 1. A mechanical axis (MA) was formed between the mechanical axis of the femur and the tibia.



Fig. 3. The δ angle was formed between the mechanical axis of the tibia and the line of the tibial plate in the sagittal plane (posterior slope).

냐에 따라 달라질 수 있기 때문에 시상면 대퇴 기계측 0 ± 2 도 범위 내의 각도에서 삽입각을 측정하였다. 수술 후 사진을 포함하여 추적 사진 중 삽입물의 왜곡이 없는 가장 정확하게 촬영된 슬관절의 정면 및 측면 사진과 장하지 체중부하사진(scanogram)을 얻어, 네비게이션을 통해 측정하였던 하지 기계측과 인공관절 치환물의 삽입각을 측정하였다. 하지 기계측은 대퇴골두 중심에서 무릎의 중심을 통과하는 선과, 무릎의 중심에서 족관절 중심을 연결하는 선이 이루는 각을 측정하였으며(Fig. 1), 인공관절 치환물의 삽입각은 미국 슬관절 학회의 방사선학적 평가 방법을 이용하였다(Fig. 2, 3). 관상면 대퇴-경골 기계측과 대퇴 치환물의 삽입각 및 경골 치환물의 삽입각은 외반 +, 내반 -로 정의하였고, 시상면 경골 치환물의 삽입각은 90도 기준 후방 경사각 +, 전방 경사각 -로 정의하였다. 방사선학적 각도 측정은 영상저장 전송시스템(PACS, ICM, Korea, Unix 2.0)을 이용하였으며, 네비게이션 측정값을 모르는 두 명의 3년차 전공의(관측자 1, 2)가 컴퓨터 마우스를 이용한 수동작업으로 각각 2회씩 측정한 후 각자의 평균치를 측정치로 취하였다. 네비게이션 측정치와 관측자 1, 2의 측정치 간의 평균치를 비교하고 각 군 측정치 간의 상관관계를 비교분석하였다. 네비게이션으로 측정이 곤란한 대퇴삽입물의 해부학축에 대한 정면 삽입각(α) 과 측면 삽입각(γ)은 비교대상에서 제외하였다.

3. 통계적 분석

SPSS version 11.0 통계 프로그램을 이용하여 네비게이션과 관측자 1, 관측자 2 세 군 간의 평균치를 비모수적 방법(Kruskal-Wallis Test)으로 비교하였으며, 세 군 간의 측정치 상관성은 상관분석(correlation analysis)을 통해 검증하였다. $p<0.05$ 를 통계적 유의성 판정

기준으로 하였다.

결 과

네비게이션을 이용하여 측정한 하지 기계측 MA각은 평균 외반 0.02 ± 1.09 도, 관상면 대퇴치환물 삽입각(θ)은 평균 내반 0.05 ± 0.96 도, 관상면 경골 치환물 삽입각(β)은 평균 외반 0.02 ± 0.86 도, 시상면 경골 치환물 후방경사각(δ)은 평균 4.03 ± 1.25 도였다. 관측자 1에 의한 측정치 평균은 MA각 외반 0.71 ± 3.73 , θ 각 외반 1.14 ± 1.72 , β 각 외반 0.90 ± 1.47 , δ 각 4.51 ± 2.03 도였다. 관측자 2에 의한 측정치 평균은 MA각 외반 0.12 ± 3.39 , θ 각 외반 0.16 ± 1.96 , β 각 외반 0.30 ± 1.65 , δ 각 3.85 ± 1.60 도였다.

이상 세 군 간의 평균치는 MA ($p=0.001$), θ ($p=0.000$), β ($p=0.000$)각은 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, δ ($p=0.111$)각은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 각 군 간의 비교는 본 연구에 사용된 통계프로그램에서는 비모수통계의 사후검정이 지원되지 않아 수작업으로 사후검정을 시행하였다. 그 결과 MA각은 네비게이션과 관측자 1간에 차이가 있었으며($p<0.05$), θ 각은 네비게이션과 관측자 1 ($p<0.01$), 관측자 1과 관측자 2 ($p<0.01$)간에 차이가 있었고, β 각은 네비게이션과 관측자 1 ($p<0.01$), 관측자 1과 관측자 2 ($p<0.05$)간에 각각 차이가 있는 것을 확인하였다. 네비게이션과 관측자들 간의 상관성은 상관분석(correlation analysis)을 시행하여, 네비게이션과 관측자 1 간의 측정치는 0.10-0.35의 상관계수를 보였으며, 네비게이션과 관측자 2 간의 측정치는 0.13-0.39의 상관계수를 보였다. 관측자 1과 관측자 2간의 측정치는 0.67-0.96의 비교적 높은 상관계수를 나타냈다(Table 2).

Table 1. Measured Angle of the Component and Mechanical Axis (mean \pm SD, degree)

Variables	Navigation	Observer 1	Observer 2	p-value
MA	$+0.02\pm 1.09$	$+0.71\pm 3.73$	$+0.12\pm 3.39$	0.001
θ	-0.05 ± 0.96	$+1.14\pm 1.72$	$+0.16\pm 1.96$	0.000
β	$+0.02\pm 0.86$	$+0.90\pm 1.47$	$+0.30\pm 1.65$	0.000
δ	$+4.03\pm 1.25$	$+4.51\pm 2.03$	$+3.85\pm 1.60$	0.111

MA, Mechanical axis; θ , Femoral component angle between the femoral mechanical axis and the femoral component; β , Tibial component angle between the tibial mechanical axis and the tibial component (+: valgus, -: varus); δ , Posterior slope of tibial component against sagittal tibial mechanical axis (+: posterior slope, -: anterior slope).

Table 2. Pearson Correlation Coefficient of the Navigation and Two Observers

Variables	Navigation VS observer 1	Navigation VS observer 2	Observer 1 VS observer 2
MA	0.35 [†]	0.39 [†]	0.96 [†]
θ	0.25	0.38 [†]	0.67 [†]
β	0.10	0.13	0.77 [†]
δ	0.34 [†]	0.31*	0.71 [†]

*, p<0.05; †, p<0.01.

고 찰

인공 슬관절 전치환 수술의 성공여부는 다양한 요인에 의해 결정된다^{9,12,15}. 그 중 인공관절 치환물의 정확한 삽입과 함께 이상적인 하지 정렬을 얻는 것이 중요한데, 이를 위해서는 정확한 수술수기가 무엇보다도 중요하다. 이러한 향상된 치환물 삽입각과 하지 정렬을 얻기 위하여 최근 컴퓨터를 이용한 수술이 주목 받고 있으며 특히 네비게이션을 이용한 수술을 통해 좋은 결과를 얻을 수 있다는 보고가 증가하고 있다^{1,4,5,7,8,10-13}.

한편 인공관절 치환수술의 치환물 삽입각 평가는 미국 슬관절 학회의 측정법이 널리 이용되고 있다. 이 평가법은 동일한 기준을 제시함으로써 보고기관마다 다른 다양한 평가기준을 통일 시킬 수 있으며 그 신뢰도에 대해서도 일부 보고가 이루어진 상태이다⁶. 그러나 이러한 방사선학적 측정방법은 일관된 방사선 사진을 얻기 어려우며, 해부학적 축을 기준으로 하기 때문에 측정방법의 오차가 발생할 수 있다^{2,14}. 이에 저자들은 네비게이션을 이용한 슬관절 치환술시 얻어지는 인공관절 치환물 삽입각과 하지축을, 수술 후 방사선 사진에서 얻을 수 있는 치환물 삽입각과 하지축과 비교해 봄으로써 두 방법간의 일치도와 상관관계를 알아보려고 하였다.

저자들의 삽입각 측정치 결과를 분석해 보면, MA, θ , β 각의 평균치는 네비게이션과 방사선학적 측정치 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타남으로써 서로 일치하지 않는 부분이 있음을 알 수 있었다. 특히 MA각은 네비게이션 측정치는 0.02 ± 1.09 도로 편차 폭이 크지 않으나 방사선 측정치는 관찰자 1, 2 모두 표준편차 ± 3.73 , ± 3.39 로 변화 폭이 3도 이상 크게 나타났다. 이는 네비게이션은 환자가 수술대 위에 누워 비체중 부하 상태에서 한 술자에 의해 측정되지만, 방사선 측정치는 환자의 의지에 따른 체중부하 상태에서 측정되기 때문에 사진 촬영

시의 환자의 자세 상태나 촬영자의 촬영기술 등에 따라 사진의 정확도에 변화가 있을 수 있기 때문에 측정치의 변화폭이 크게 나타난 것으로 생각된다.

측정치의 상관관계는 같은 방사선 사진을 대상으로 측정한 관찰자 1, 2 간의 측정치는 0.71-0.96의 비교적 높은 상관계수를 보임으로써, 같은 사진에 대해서는 관찰자가 달라도 비교적 높은 일치도를 보임을 알 수 있었다. 그러나 네비게이션의 측정치와 관찰자 1의 방사선 측정치 간에는 0.10-0.35, 네비게이션과 관찰자 2의 방사선 측정치 간에는 0.13-0.39의 매우 낮은 상관계수를 보임으로써 네비게이션과 방사선 측정치 간에는 일치도가 매우 낮음을 알 수 있었다. Bae 등³은 네비게이션과 방사선 측정치를 비교함으로써 CAOS (Computer-assisted orthopaedic surgery)의 정확도를 평가하고자 하였으며, 네비게이션과 방사선 측정치 간에 통계적으로 유의한 상관관계를 보인다고 하였다. 그러나 그 내용을 살펴보면 관측자 간의 방사선 측정치는 높은 상관관계를 보였으나($r=0.67-0.93$), 그에 비해 네비게이션과 관측자의 측정치 간에는 상관계수 0.31-0.67의 상대적으로 낮은 상관관계를 보임으로써 저자들의 결과와 유사한 양상의 결과를 나타냈음을 알 수 있다. Bach 등²은 인공슬관절 치환수술 환자의 추적 단순 방사선 사진을 이용하여 미국 슬관절학회의 치환물 삽입각도와 radiolucent line, 그리고 슬개골의 위치 등을 측정하여 관측자 간의 오차를 분석하였다. 그 중 인공관절 치환물의 삽입각에 대해서는 관찰자간 0.44-0.66의 비교적 높은 상관계수를 나타냈다고 보고하였다. 방사선학적 측정치에 대해 관찰자간 높은 상관관계를 보인다고 하는 것은 저자들과 일치하는 결과이나 그 절대치는 저자들과나 Bae 등에 비해서는 낮은 수치이다. 이는 Bach 등은 해부학적 축에 대한 치환물의 삽입 각도를 측정하였기 때문에 해부학적 장축을 정하는 데 어려움이 있었을 것으로 생각되는 반면, 저자들이나 Bae 등은 장하지 사진을 통해 비교적 해부학적 기준점을 정하기 수월한 하지 기계축에 대한 삽입각을 측정하였고 PACS를 이용하였기 때문에 좀 더 일관된 측정치를 얻을 수 있었을 것이며, 따라서 더 높은 상관 관계를 나타낸 것으로 생각된다.

네비게이션과 방사선 측정치간의 상관계수는 관찰자 1에 비해 관찰자 2가 MA, θ , β 각 모두에서 좀 더 높게 나타났다. 이는 관찰자 2가 좀 더 네비게이션 측정치와

가까운 측정 결과를 나타내는 경향이 있음을 보여주는 것으로, 방사선 측정 시 반복측정을 통해 관찰자 내의 오류 (intraobserver error) 가능성을 줄이더라도 관찰자 간 측정경향에 따라(interobserver error) 결과가 달라질 수 있음을 보여준다 하겠다. 한편 δ 각의 평균 측정치는 네비게이션과 관찰자 1, 2간 모두 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 비 체중부하 상태에서의 단순 측면 사진을 통한 측정이기 때문에 좀 더 일관된 측정치를 얻을 수 있었기 때문으로 생각된다.

저자들의 결과는 네비게이션과 방사선학적 계측 간에는 비교적 낮은 상관관계를 보임으로써 네비게이션과 방사선 측정치 간에는 서로 일치하지 않는 부분이 있을 수 있음을 보여준다. 이러한 결과는 네비게이션의 측정치가 정확하다고 가정한다면 방사선학적 측정치가 덜 정확하다고 해석될 수 있으며, 또 그 반대의 해석도 가능할 것이다. 그러나 네비게이션은 해부학적 기준점 등록과정 중 오차가 발생하거나, 치환물 최종 삽입 후 각도 측정 시에 마취상태로 누워있는 환자에 대해서 술자의 본의 아닌 의도가 반영될 가능성이 있으며, 방사선 측정치는 얼마나 정확한 영상을 얻어서 일관된 측정이 이루어졌는가에 대한 의문이 제기될 수 있는 문제점 등이 있어, 이상의 결과만으로 어느쪽의 측정치가 더 정확한 수치라고 단정짓기는 어려울 것이다^{5,13,14}. 이러한 문제점은 본 연구의 제한점 이기도 하며 향후 계측치 분석에 있어서 보완되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

네비게이션을 이용한 인공관절 전치환 수술에서 네비게이션을 이용한 치환물 삽입각과 방사선 사진을 이용한 측정치 간에는 하지 기계측과, 관상면 대퇴 및 경골 치환물 삽입각에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 방사선 사진을 이용한 측정치는 관찰자 간의 비교에서는 높은 상관관계를 나타냈으나, 네비게이션을 이용한 측정치와 방사선 사진을 이용한 측정치 간에는 매우 낮은 상관관계를 나타냈다. 슬관절 치환술 삽입각 평가에 있어서 네비게이션과 방사선 측정치 간에는 서로 일치하지 않을 수 있음을 염두에 두어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Anderson KC, Buehler KC, Markel DC: Computer assisted navigation in total knee arthroplasty: comparison with conventional methods. *J Arthroplasty*, 20(7 Suppl 3): 132-138, 2005.
2. Bach CM, Steingruber IE, Peer S, Nogler M, Wimmer C, Ogon M: Radiographic assessment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 385: 144-150, 2001.
3. Bae DK, Yoon KH, Song SJ, Kim SG, Park KJ: Intraoperative versus postoperative measurement in total knee arthroplasty using computer-assisted orthopaedic surgery (CAOS): accuracy of CAOS. *J Korean Orthop Assoc*, 40: 168-173, 2005.
4. Bolognesi M, Hofmann A: Computer navigation versus standard instrumentation for TKA: a single-surgeon experience. *Clin Orthop Relat Res*, 440: 162-169, 2005.
5. Choi HR, Lee SS, Park JS, Lee BI: Comparative analysis for radiographic measurement of component position between conventional and navigation assisted total knee arthroplasty. *J Korean Knee Soc*, 18: 32-38, 2006.
6. Ewald FC: The knee society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res*, 248: 9-12, 1989.
7. 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*, 433: 152-159, 2005.
8. Kim SJ, MacDonald M, Hernandez J, Wixson RL: Computer assisted navigation in total knee arthroplasty: improved coronal alignment. *J Arthroplasty*, 20(7 Suppl 3): 123-131, 2005.
9. Mont MA, Fairbank AC, Yamamoto V, Krackow KA, Hungerford DS: Radiographic characterization of aseptically loosened cementless total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 321: 73-78, 1995.
10. 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.
11. 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.

1. Anderson KC, Buehler KC, Markel DC: Computer

12. **Stulberg SD:** How accurate is current TKR instrumentation? *Clin Orthop Relat Res*, 416: 177-184, 2003.
13. **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): 90-98, 2002.
14. **Swanson KE, Stocks GW, Warren PD, Hazel MR, Janssen HF:** Does axial limb rotation affect the alignment measurements in deformed limbs? *Clin Orthop Relat Res*, 371: 246-252, 2000.
15. **Tew M, Waugh W:** Tibiofemoral alignment and the results of knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 67: 551-556, 1985.

= 국문초록 =

목 적: 슬관절 전치환술 후의 하지 기계축과 치환물 삽입각에 대하여 네비게이션을 이용한 측정치와 방사선학적 측정치 간의 상관관계를 분석 해 본다.

대상 및 방법: 2005년 12월부터 2006년 5월까지 네비게이션을 이용한 최소 침습 슬관절 전치환술을 시행받은 환자 34명 46예를 대상으로 하였다. 수술 중 인공관절 치환물 삽입 후 네비게이션을 이용하여 하지 기계축(MA, Mechanical Axis)과 대퇴 기계축에 대한 대퇴치환물의 관상면 삽입각(θ), 경골 치환물의 관상면 삽입각(β)과 시상면 삽입각(δ)을 측정하였다. 수술 후 추적 방사선 사진을 이용하여 두 명의 관측자가 같은 지표각을 측정하였다. 네비게이션을 이용한 측정치와 방사선 사진을 이용한 측정치를 비교하고 측정치 간의 상관관계를 분석하였다.

결 과: 네비게이션을 이용한 측정치 평균은 MA각 외반 $0.02 \pm 1.09^\circ$, θ 각 내반 $0.05 \pm 0.96^\circ$, β 각 외반 $0.02 \pm 0.86^\circ$, δ 각 $4.03 \pm 1.25^\circ$ 였다. 관측자 1의 측정치는 MA각 외반 $0.71 \pm 3.73^\circ$, θ 각 외반 $1.14 \pm 1.72^\circ$, β 각 외반 $0.90 \pm 1.47^\circ$, δ 각 $4.51 \pm 2.03^\circ$ 였으며, 관측자 2의 측정치는 MA각 외반 $0.12 \pm 3.39^\circ$, θ 각 외반 $0.16 \pm 1.96^\circ$, β 각 외반 $0.30 \pm 1.65^\circ$, δ 각 $3.85 \pm 1.60^\circ$ 였다.

결 론: 치환물 삽입각 평균치는 MA ($p=0.001$), θ ($p=0.000$), β ($p=0.000$)각에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 방사선 사진을 이용한 관찰자 간 측정치는 비교적 높은 상관관계를 나타냈으나($r=0.67-0.96$), 네비게이션을 이용한 측정치와 방사선 사진을 이용한 측정치 간에는 매우 낮은 상관관계를 나타냈다($r=0.10-0.39$). 슬관절 치환물 삽입각 평가에 있어서 네비게이션과 방사선 측정치간에는 차이가 있을 수 있음에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

색인 단어: 슬관절 전치환술, 네비게이션, 방사선학적 측정, 치환물 삽입각, 상관관계 분석