

한국인의 슬관절 전치환술에서 대퇴삽입물의 회전정렬: 그랜드피아노 징후와 컴퓨터단층촬영을 이용한 연구

Femoral Component Rotation of Total Knee Arthroplasty in Korean Subjects: A Study Using Grand Piano Sign and Computed Tomography

손현철 · 최의성 · 김용민 · 김동수 · 박경진 · 조병기 · 박지강 · 김석원

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 슬관절 전치환술 중에 관찰되는 그랜드피아노 징후와 컴퓨터단층촬영에서 측정된 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각을 분석하여 한국인에서 적절한 대퇴삽입물 회전정렬의 기준을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 슬관절 전치환술을 시행한 24명, 30예를 대상으로 대퇴 후과간 축에 3° 외회전되도록 전방 절제를 시행하고 그랜드피아노 징후의 형태와 3° 외회전 전방 절제와의 관계를 알아보고, 술 후에 시행한 컴퓨터단층촬영에서 측정된 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축과의 연관성을 분석하였다. 또한 28명, 41예를 대상으로 술 전 컴퓨터단층촬영을 실시하여 한국인에서 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각의 정상 범위를 알아보았다.

결과: 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전 전방 절제 후 나타나는 그랜드피아노 징후의 형태는 술 후 컴퓨터단층촬영에서 측정된 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축의 차이와 유의한 연관성을 보였다. 술 전 컴퓨터단층촬영에서 측정된 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 평균 6.01° (범위 3.90~7.86°)로 나타났다.

결론: 한국인에서는 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축의 관계가 서양인보다 외회전 정도가 크므로, 이론적으로는 대퇴삽입물의 회전정렬이 현재보다 외회전되도록 하는 것이 바람직하며, 그랜드피아노 징후가 대퇴삽입물의 회전정렬과 연관성이 있음을 실제 계측과 컴퓨터단층촬영을 통하여 확인할 수 있었다.

색인단어: 그랜드피아노 징후, 슬관절 전치환술

서론

슬관절 전치환술 시 대퇴삽입물의 회전정렬은 슬관절을 굴곡하였을 때 내반 및 외반 안정성과, 슬개-대퇴 관절의 안정성에 기여하며, 부적절한 회전정렬은 슬관절의 불안정성과 슬개-대퇴 관절과 관련된 합병증을 야기하여 인공관절의 수명을 단축시키고 조기에 재치환술이 필요하게 되는 흔한 원인 가운데 하나이다.¹⁻³⁾ 대퇴골 회전정렬을 맞추기 위해 사용되는 고식적 방법은 크게 측정된 절

제기술(measured resection technique)과 인대 장력을 이용한 갭 기술(gap technique)로 나눌 수 있으며 측정된 절제기술에서 대퇴 회전정렬의 기준 축으로는 대퇴 내, 외측 후과를 연결하는 선(대퇴 후과간 축, posterior condylar axis), 대퇴 내, 외상과를 연결하는 선(대퇴 상과간 축, transepicondylar axis), Whiteside 등이 제시한 대퇴 전후간 축(anteroposterior axis) 등이 사용되어 왔으며(Fig. 1),⁴⁻⁶⁾ 최근에는 대퇴골 전방 절제 후에 관찰되는 그랜드피아노 징후가 대퇴삽입물 회전정렬의 지표로서의 가치가 있음이 보고되고 있다.^{7,8)} 실제 슬관절 전치환술 시에 사용하는 기기들은 대부분 대퇴 후과간 축을 기준으로 3° 외회전하도록 되어 있다. 하지만 대퇴 후과간 축에 의한 회전정렬은 퇴행성 관절염에서 후과의 퇴행성 변화로 인한 해부학적 변이에 의해 영향을 받게 되며, 실제 수술 시에 대퇴 내, 외 후과의 마모 정도가 다른 경우가 흔하여, 대퇴삽입물의

접수일 2012년 5월 4일 수정일 2012년 8월 28일 게재확정일 2012년 10월 5일
교신저자 최의성

청주시 흥덕구 1순환로 776, 충북대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 043-269-6077, FAX 043-274-8719

E-mail oseschoi@chungbuk.ac.kr

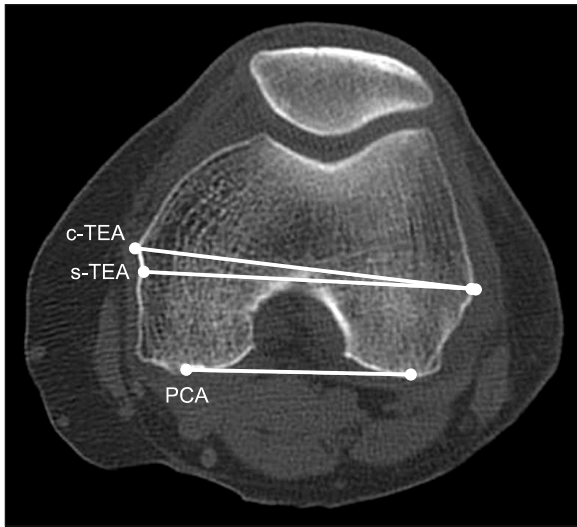


Figure 1. Computed tomography scan showing the transverse view of the distal femoral condyles. c-TEA, clinical transepicondylar axis; s-TEA, surgical transepicondylar axis; PCA, posterior condylar axis.

회전정렬이 정확하지 않을 가능성이 많다. 또한 대퇴 후과간 축과 대퇴 상과간 축과의 관계가 여러 연구에서 연구대상에 따라 다양하게 보고되고 있어, 대퇴 후과간 축에서 3° 외회전한 축을 사용하는 것도 문제를 유발할 가능성이 있다. 따라서, 저자들은 현재 사용되고 있는 기준 축 및 그랜드피아노 징후를 통하여 한국인에게 적합한 대퇴삽입물 회전정렬의 기준에 대해 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

1) 그랜드피아노 징후와 대퇴삽입물 회전정렬의 연관성: 슬관절 전치환술 후 computed tomography (CT)를 시행한 군(Group A) 2007년 1월부터 2009년 1월까지 본원에서 슬관절 전치환술을 시행 받은 24명, 30예를 대상으로 하였으며 모든 환자는 내반 변형을 동반한 퇴행성 관절염 소견을 보였고 우측 슬관절이 15예, 좌측 슬관절이 15예였다. 수술 전 시행한 전 체중 부하 기립 슬관절 방사선 사진상 대퇴 경골각은 평균 내반 5.72° (범위 내반 0.35-13.16°)의 변형을 보였으며 외반 변형을 보이는 예는 없었다. 류마티스관절염, 골종양, 감염 등의 슬관절에 해부학적 변화를 일으킬 수 있는 원인 질환을 갖고 있는 환자는 연구에서 제외하였다. 남자가 2명으로 평균 연령은 74.0세(범위 73-75세)였고, 여자는 22명으로 평균 연령은 69.1세(범위 54-84세)였으며 전체 평균 연령은 70.6세(범위 54-84세)였다.

2) 한국인에서 대퇴 후과간 축이 대퇴 과상간 축과 이루는 각의 정상 범위: 슬관절 전치환술 전 CT를 시행한 군(Group B) 2008년 11월부터 2009년 2월까지 본원에서 슬관절 전치환술을 시

Table 1. Patients' Clinical Profiles and Measured Values

Variable	Group A	Group B
Age	70.6 (54-84)	72.0 (64-84)
Sex		
Male	2 (8)	4 (14)
Female	22 (92)	24 (86)
Location		
Right	15 (50)	23 (56)
Left	15 (50)	18 (44)
T-F angle	Varus 5.72° (0.35-19.52°)	Varus 5.15° (0.37-13.26°)
ROM		
FC	9.67° (0-30°)	8.02° (0-25°)
FF	135.0° (100-145°)	133.1° (120-145°)

Values are presented as number (%) or number (range). T-F angle, tibiofemoral angle; ROM, range of motion; FC, flexion contracture; FF, further flexion.

행 받은 28명, 41예를 대상으로 하였으며 모든 환자는 내반 변형을 동반한 퇴행성 관절염 소견을 보였고 우측 슬관절이 23예, 좌측 슬관절이 18예였다. 수술 전 시행한 전 체중 부하 기립 슬관절 방사선 사진상 대퇴 경골각은 평균 5.15° (범위 0.37-13.26°)의 내반 변형을 보였으며 외반 변형을 보이는 예는 없었다. 남자가 4명으로 평균 연령은 70.7세(범위 65-84세)였고, 여자는 24명으로 평균 연령은 72.2세(범위 64-81세)였으며 전체 평균 연령은 72.0세(범위 64-84세)였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 슬관절 전치환술

슬관절 전치환술은 총 30예를 한 명의 술자에 의해 시행하였으며, Scorpio® (Osteonics, Allendale, NJ, USA)를 이용하여 시행하였고, 이 기기는 대퇴삽입물의 회전정렬이 대퇴 후과간 축을 기준으로 3° 외회전되도록 설계되었다. 전 예에서 내측 슬개골 주위 도달법(medial parapatellar approach)을 이용하여 슬관절에 도달하여 전후방 십자인대와 반월상 연골을 제거하고 대퇴골 내측의 골극을 모두 제거한 후 천부 및 심부 내측 인대와 후내측 연부 조직 유리술을 필요에 따라 시행하였다. 골수강내 지침자를 이용하여 적절한 각도와 양만큼 원위 대퇴골 절제를 시행한 후 대퇴 후과간 축에 3° 외회전되도록 설계된 AP sizer (Osteonics, Allendale, NJ, USA)를 이용하여 삽입물의 크기를 결정하고 cutting block의 위치를 정하기 위한 peg hole을 대퇴골의 원위 절단면에 뚫었다. Cutting block을 위치시키고 대퇴골 전방 절제를 시행하였다. 이 기기는 대퇴골의 전방 절제를 2 mm 추가할 수 있도록 설계되었으나 추가적인 전방 절제가 필요한 경우 2 mm를 추가하지 않은 상태로 전방 절제를 시행한 후 그랜드피아노 징후의 형태를 계속

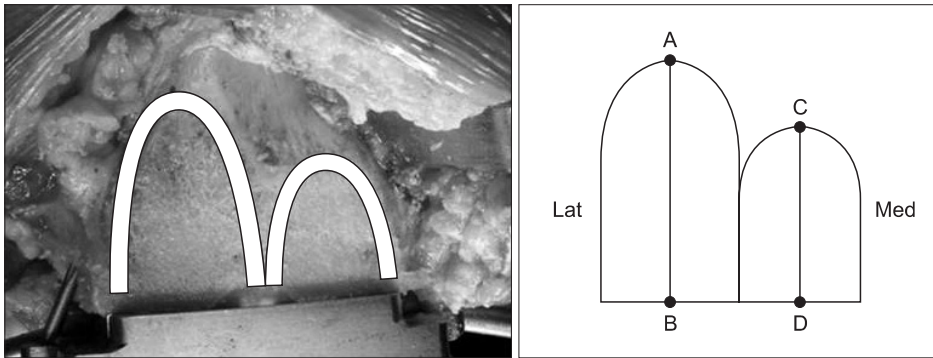


Figure 2. Intraoperative photo showing measurement of the height ratio of the lateral (A-B) and medial (C-D) condyles of grand piano sign observed after the anterior femoral resection. Lat, lateral condyle of grand piano sign; Med, medial condyle of grand piano sign.

한 다음 추가적인 전방 절제를 시행하여 절제량이 일정하도록 하였다.

2) CT

대퇴골 원위부에 대한 CT 촬영은 64채널 다중검출기(Brilliance iCT, Philips, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여 시행하였다. 추가적인 CT 촬영으로 인한 방사선 조사 및 비용 부담에 대하여 충북대학교병원에 의뢰하여 임상시험심사위원회(IRB)를 통과하였다. CT 촬영에 대해 환자 및 보호자의 동의를 구하고 무료로 검사를 시행하였다. 환자를 눕힌 상태로 슬관절을 최대 신전 상태에서 밴드를 이용하여 다리를 고정된 뒤 scout 영상을 얻고, 이를 통하여 대퇴골의 장축과 평행하도록 3 mm 간격으로 영상을 얻었다.

3) 계측 및 평가

(1) 그랜드피아노 징후: 슬관절 전치환술 중 대퇴 후과간 축에 3° 외회전되도록 설계된 지침자를 이용하여 대퇴골 전방 절제를 시행한 후 나타나는 그랜드피아노 징후의 내과 및 외과의 높이를 피질골을 포함하여 3회 측정하고 평균값을 이용하여 외과의 높이에 대한 내과의 비(average height ratio of the medial and lateral condyles of grand piano sign, GP Med/Lat)를 계산하였다(Fig. 2).

(2) CT: 계측은 의료영상 저장 전송 시스템(picture archiving and communication system)상의 프로그램인 M-view (Marotech, Seoul, Korea)를 이용하였다. 측정은 정형외과 전문의 2명에 의하여 시행되었으며 1주일 이상의 간격을 두고 총 3회 측정된 뒤 측정값의 평균값으로 정하였다. 두 측정자 간의 계측치의 차이는 3회의 측정이 끝난 후 서로 상의하여 결정하였다.

① 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각(Postoperative angle between the clinical transepicondylar axis and the posterior condylar axis [TEA-PCA] angle): 슬관절 전치환술 후 시행한 CT 촬영에서 원위 대퇴부의 내, 외측 상과가 가장 뚜렷하게 보이는 단면을 2명의 정형외과 전문의가 상의하여 결정하고, 이 단면을 이용하여 내, 외측 상과의 가장 돌출된 부분을 연결하는 임상적 대퇴 상과간 축을 정하였다. 대퇴삽입물 후과 부분의 두께는 내측

과 외측이 동일하므로 삽입물의 가장 돌출된 부분을 연결한 선은 술 후 대퇴 후과간 축과 일치한다고 볼 수 있어 이 선을 술 후 대퇴 후과간 축으로 이용하고 두 축 사이의 각도를 측정하였다.

② 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각(Preoperative TEA-PCA angle): 슬관절 전치환술 전 시행한 CT 촬영에서 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각의 계측을 위해 원위 대퇴부에서 내, 외측 상과가 가장 뚜렷하게 보이는 단면을 2명의 정형외과 전문의가 상의하여 결정하고, 이 단면을 이용하여 내, 외측 상과의 가장 돌출된 부분을 연결하는 임상적 대퇴 상과간 축을 정하였다. 대퇴골의 양측 후과의 가장 돌출된 부분을 연결하는 선을 대퇴 후과간 축으로 하여 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축간의 각도를 측정하여 기록하였다.

(3) 평가: 관찰자 내 재현성 및 관찰자 간 신뢰성은 Shrout와 Fleiss⁹⁾에 의해 소개된 집단 내 상관 계수(intraclass correlation coefficients, ICCs)를 이용하여 평가하였다. 집단 내 상관 계수는 0에서 1까지의 값을 가지며, 0.00-0.39를 불량(poor), 0.40-0.74를 보통(moderate) 그리고 0.75-1.00을 우수(excellent)로 정의하였다.

대퇴 후과간 축에 3° 외회전하여 대퇴골 전방을 절제한 후에 나타나는 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비를 구하여 범위와 평균값을 통해 3° 외회전 전방 절제 시에 나타나는 그랜드피아노 징후의 형태를 분석하였다. 또한, 그랜드피아노 내, 외과의 비와 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각 간의 연관성을 파악하기 위하여 SPSS (version 10.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 상관분석을 시행하였고, 신뢰 구간은 99%로 하였다. 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각의 범위와 평균값을 구하여 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각과 비교하였다.

결 과

1. 관찰자 내 재현성 및 관찰자 간 신뢰성

1) 관찰자 내 재현성

그랜드피아노 징후의 내, 외과 높이의 ICCs는 0.938, 수술 전, 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각의 ICCs는 각각

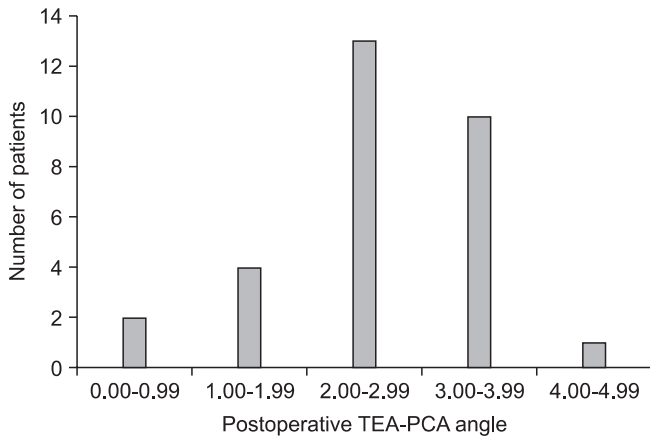


Figure 3. The angle between the transepicondylar axis and the posterior condylar axis of femoral component (Postoperative TEA-PCA angle) was correlated with the height ratio of the medial and lateral condyles of grand piano sign (GP Med/Lat). TEA-PCA angle, angle between the clinical transepicondylar axis and the posterior condylar axis.

0.924, 0.918로 높은 관찰자 내 재현성을 보였다.

2) 관찰자 간 신뢰성

수술 전, 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각의 ICCs는 각각 0.892, 0.902로 우수한 신뢰성을 보였다.

2. 그랜드피아노 징후의 형태(GP Med/Lat)

대퇴 후과간 축에 3° 외회전하여 대퇴골 전방을 절제한 후에 나타나는 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 평균 0.60 (범위 0.34-0.77)이었다

3. 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각 (Postoperative TEA-PCA angle)

술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 평균 2.61° (범위 0.43-4.55°)였으며 2.00-3.99°의 범위에 23예로 전체의 76.7%가 해당되었다(Fig. 3).

4. 그랜드피아노 징후의 형태(GP Med/Lat)와 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각(Postoperative TEA-PCA angle)과의 연관성

그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비와 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 통계학적으로 유의한 연관성을 보였다(Fig. 4) (correlation coefficient=0.972, $p < 0.01$).

5. 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각(Preoperative TEA-PCA angle)

술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 평균 6.01° (범위 4.16-7.86°)로 나타났다(Fig. 5).

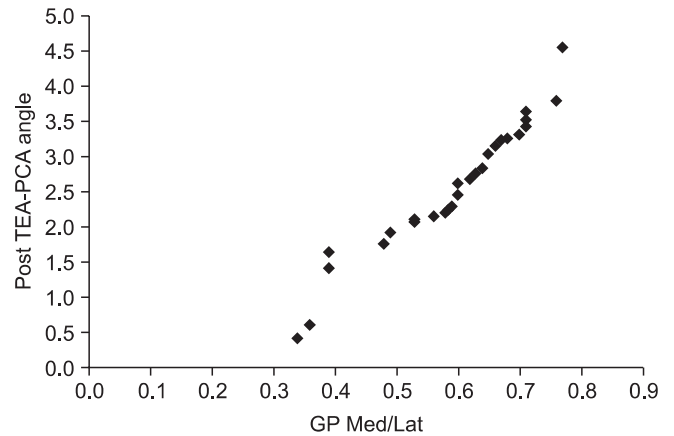


Figure 4. Distribution of the angles between the transepicondylar axis and the posterior condylar axis (Postoperative TEA-PCA angle) by postoperative computed tomography. TEA-PCA angle, angle between the clinical transepicondylar axis and the posterior condylar axis; GP Med/Lat, medial condyle of grand piano sign/lateral condyle of grand piano sign.

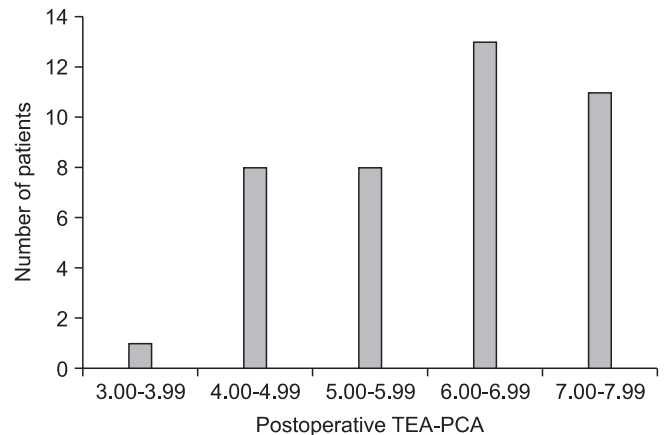


Figure 5. Distribution of the angles between the transepicondylar axis and the posterior condylar axis (Preoperative TEA-PCA angle) by preoperative computed tomography. TEA-PCA angle, angle between the clinical transepicondylar axis and the posterior condylar axis.

고 찰

대퇴삽입물의 회전은 내반이나 외반 변형이 없는 정상 슬관절에서는 대퇴삽입물을 대퇴 후과간 축에 비해 약간 외회전하여 삽입하였을 때 더 나은 정렬을 보이는 것이 경험적으로 알려져 있으며, Greenwald 등¹⁰⁾은 대퇴 후과간 축에서 약 3° 외회전하는 것이 좋다고 하였다. 많은 저자들에 의해 정상 및 내반 변형을 가진 사람에서는 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 3° 전후의 비교적 일관된 값을 나타낸다고 하였으나, Matsuda 등¹¹⁾은 평균 6.03±3.60°로 보고하였고, Laskin¹²⁾은 약 3°, Berger 등⁵⁾은 남자에서 평균 3.5±1.2°, 여자에서 평균 3.0±1.2°로 보고하는 등 저자

에 따라 차이가 있다. Griffin 등¹³⁾은 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 평균 $3.5 \pm 1.2^\circ$ 이나, 평균값에서 2° 이상의 차이를 보이는 경우가 20-30%이며, 동일 환자에서도 5° 이상의 차이를 보이는 등 개인차가 심하며, 수술 시에 내, 외상과를 덮고 있는 인대 및 지방 조직으로 인해 내, 외 상과의 위치를 잡는 것이 어려워 대퇴삽입물의 회전축으로 사용하기에는 문제가 있다고 보고하였다. Arima 등⁴⁾은 외반슬이 동반된 경우에는 대퇴골 외과의 저형성이 심해 대퇴 상과간 축을 기준 축으로 사용 시 회전정렬에 문제를 일으킬 수 있어 술 중 쉽게 알아볼 수 있는 슬개골 구와 대퇴골과간 절흔을 이용한 대퇴 전후과간 각을 측정하여 4° 외회전되어 있다고 보고하고 슬관절 전치환술 시 회전정렬을 맞추기 위한 신뢰성 있는 지표라 하였다. 그러나 그 값 역시 3° 에서 6° 까지 다양하게 보고되어⁴⁶⁾ 단독으로 사용하기에는 문제가 있다. 현재 많은 슬관절 전치환술 기기에서 사용되고 있는 대퇴삽입물 회전의 기준인 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전은 서양인의 측정값을 기준으로 한 것으로 Cho 등¹⁴⁾과 Sohn과 Jung¹⁵⁾은 우리나라 사람에게 적용 시 대퇴-슬개 관절에 문제가 있음을 지적한 바 있다. 이처럼 대퇴삽입물의 회전정렬의 기준으로 사용되고 있는 값들이 개인차가 심하며 수술 중 실제 위치를 정하는 것이 어려워 Olcott와 Scott¹⁶⁾나 Katz 등¹⁷⁾은 깍 기술에 의한 절제가 측정된 절제기술에 의한 경우보다 적절한 대퇴삽입물의 회전을 얻을 수 있다고 하였다.

대퇴골의 회전정렬을 적절하게 맞추기 위해서는 정상 슬관절에서 원위 대퇴골의 해부학적 계측이 중요할 것이다. 이에 대한 연구로는 Chang 등¹⁸⁾이 건강한 한국인 40명을 대상으로 슬관절 자기공명영상을 통한 해부학적 계측을 시행한 결과 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축 사이의 각도는 평균 5.4° 였고 남자군은 평균 4.3° , 여자군은 평균 6.5° 로 남녀간에서 통계적으로 유의한 차이를 보인다고 하였다. Seon 등¹⁹⁾은 39명(52예)의 슬관절 인공관절 전치환술을 시행 받은 환자의 술 전 CT 촬영을 통해 연구한 결과 대퇴 후과간 축과 대퇴 상과간 축 사이의 각도는 $5.3 \pm 1.6^\circ$ 라고 보고하였다. 위에서 말한 임상적 대퇴 상과간 축이란 외과적 대퇴 상과간 축과 구별되는 것으로 임상적 대퇴 상과간 축은 대퇴골 내, 외상과의 정점을 연결한 선이며 외과적 대퇴 상과간 축은 내상과의 고랑과 외상과의 정점을 연결한 선을 말한다. Chang 등¹⁸⁾은 임상적 대퇴 상과간 축과 외과적 대퇴 상과간 축이 약 3° 의 차이를 보이므로 수술 및 연구 논문에서 명확히 구분되어야 한다고 하였다.

본 논문에서 대퇴골을 3° 외회전하여 슬관절 전치환술을 시행하고 CT 촬영에서 계측한 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 평균 2.61° (범위 $0.43-4.55^\circ$)로 나타남으로써 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전한 축은 임상적 대퇴 상과간 축과 차이를 보였다. 저자는 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전한 축이 대퇴 상과간 축과 차이를 보일 것이라는 가정을 가지고 연구에 임했으며, Chang 등¹⁸⁾ 및 Seon 등¹⁹⁾의 연구를 참고하고 본 연구

의 대상이 여자가 많음을 고려하였을 때 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전한 축은 대퇴 상과간 축과 약 3° 정도의 차이를 보일 것으로 예상하였다. 연구 결과 실제로 3° 에 근접한 범위인 $2.00-3.99^\circ$ 의 범위에 전체의 76.7%가 해당되며 평균 2.61° 의 차이를 보였음을 통해 한국인에서의 술 전 대퇴 후과간 축과 대퇴 상과간 축 사이의 각도를 확인하고자 하였다. 이전의 논문들과 달리 본 논문에서는 술 후 CT 촬영을 통하여 계측을 시행하였으므로 슬관절 전치환술 기기가 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전하도록 되어 있는 것을 감안하면 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 계측치에 3° 를 추가하여 평균 5.61° (범위 $3.43-7.55^\circ$)라고 할 수 있다. 더 정확한 결과를 도출하기 위하여 술 전 CT 촬영을 시행하였고, 이를 통하여 계측한 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 6.01° (범위 $4.16-7.86^\circ$)로 이 값은 술 후 CT 촬영에서 계측한 값보다 약간 큰 값이지만 유사하였고, 이전의 국내 논문들과 비슷한 결과를 보였다.

대퇴 후과간 축에 3° 외회전하여 전방 절제를 시행한 후에 나타나는 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 평균 0.60 (범위 $0.34-0.77$)이었으며, 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각과 그랜드피아노 징후 내, 외과의 비의 연관성을 분석하였는데, 상관 분석을 통한 검정상 상관계수가 0.972로 양의 연관성을 보였으며 통계학적으로 유의하였다. 즉, 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 0° 에 근접할수록 대퇴 후과간 축으로부터 3° 외회전한 축과 대퇴 상과간 축이 일치하게 되고 이때 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 점차 작아지는 값을 보였다. 이는 후과간 축으로부터 외회전을 점차 늘리면 그랜드피아노 징후의 외과의 높이가 점차 증가하여 나타나는 것으로 본 논문의 증례에서는 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 1° 이하의 값을 보이는 2예에서 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비가 각각 0.34, 0.36으로 대퇴 상과간 축과 일치하게 전방 절제를 시행하였을 때 3° 외회전 전방 절제와는 다른 형태를 보임을 알 수 있었다. 위의 결과를 토대로 분석해보면, 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각이 $2.00-3.99^\circ$ 범위에 있는 경우에 술 전 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 $5.00-6.99^\circ$ 의 범위에 해당하고 이 경우에 정상 슬관절의 해부학적 계측치 안에 포함된다고 볼 수 있으며 본 연구에서는 총 30예 중 23예로 약 76.7%에 해당하였다. 이 76.7%의 경우에서 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 평균 0.64 (범위 $0.53-0.76$)로 나타났으며 이를 실제 임상에 적용하여 수술 중 계측한 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비가 평균 0.64에 해당하면 술 후 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각은 $2.00-3.99^\circ$ 범위에 있음을 알 수 있고 이를 통해 대퇴골이 대퇴 후과간 축에 3° 외회전되도록 절제되었음을 알 수 있다. Cui 등⁷⁾은 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 원위 대퇴골을 여러 기준으로 전방 절제한 뒤 나타나는 절단면을 형태학적으로 분석한 연구에서 그랜드피아노 징후는 대퇴 후과간 축에 3° 외회전하도록 절

제하는 경우와 외과적 대퇴 상과간 축과 평행하게 절제하였을 때 나타난다고 하였으며 이 경우 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 각각 0.69 (범위 0.61-0.69), 0.66 (범위 0.65-0.74)이라고 하였다. 본 연구에서 대퇴 후과간 축에 3° 외회전하도록 절제하는 경우에 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비는 0.60 (범위 0.34-0.77)으로 두 연구 간의 결과의 차이를 보이는 것은 절단면의 형태가 다르기 때문이다. 즉, 본 연구의 경우 대퇴골 원위 절제를 시행한 후 그랜드피아노 징후의 내, 외과를 계측하였으므로, 그랜드피아노 징후의 하단이 잘려나간 평평한 상태로 앞에서 언급한 연구와는 절단면 형태가 다르고, 이를 고려하면 이론적으로는 대퇴골 원위 절제를 하지 않은 완전한 형태의 그랜드피아노 징후의 내, 외과의 비보다 적은 값이 나오는 것이 맞으나, 어느 정도 차이를 보이는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하리라 생각한다.

본 연구에서 분석한 바에 의하면 현재 많이 사용되고 있는 대퇴 후과간 축에 3° 외회전하여 대퇴골 전방 절제를 시행하는 것은 한국인의 경우에는 대퇴 상과간 축과 일치하지 않음을 알 수 있었고, 이론적으로는 외회전이 부족하여 문제를 유발할 수 있으리라 생각한다. 본 연구가 갖는 한계는 CT 촬영을 통해 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축이 이루는 각을 계측하는 것과 수술 중 그랜드피아노 징후를 계측하는 과정에 오차가 발생할 수 있다는 점이다. 이를 보완하기 위해서는 보다 객관적인 계측 방법이 확립되어야 할 것이며 보다 많은 증례를 통하여 데이터를 보완하여야 할 것이다.

결 론

한국인에서는 대퇴삽입물 회전정렬의 기준 축인 임상적 대퇴 상과간 축과 대퇴 후과간 축의 관계가 서양인보다 외회전 정도가 크므로, 이론적으로는 한국인에서는 대퇴삽입물의 회전정렬이 현재보다 외회전되도록 하는 것이 바람직하며, 그랜드피아노 징후가 대퇴삽입물의 회전정렬과 연관성이 있음을 동일 환자의 실제 계측과 CT를 통하여 확인할 수 있었다.

참고문헌

- Mochizuki RM, Schurman DJ. Patellar complications following total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61:879-83.
- Moreland JR. Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(226):49-64.
- Yoshii I, Whiteside LA, White SE, Milliano MT. Influence of prosthetic joint line position on knee kinematics and patellar position. *J Arthroplasty.* 1991;6:169-77.
- Arima J, Whiteside LA, McCarthy DS, White SE. Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee. A technical note. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:1331-4.
- Berger RA, Rubash HE, Seel MJ, Thompson WH, Crossett LS. Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(286):40-7.
- Whiteside LA, Arima J. The anteroposterior axis for femoral rotational alignment in valgus total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(321):168-72.
- Cui WQ, Won YY, Baek MH, Kim KK, Cho JH. Variations of the 'grand-piano sign' during total knee replacement. A computer-simulation study. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:1441-7.
- Moyad TF, Hughes RE, Urquhart A. "Grand piano sign," a marker for proper femoral component rotation during total knee arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2011;40:348-52.
- Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86:420-8.
- Greenwald AS, Black JD, Matejczyk MB, Bryan RS, Insall JN, Wilde AH. Total knee replacement. *Instr Course Lect.* 1981;30:301-41.
- Matsuda S, Matsuda H, Miyagi T, Sasaki K, Iwamoto Y, Miura H. Femoral condyle geometry in the normal and varus knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;(349):183-8.
- Laskin RS. Flexion space configuration in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1995;10:657-60.
- Griffin FM, Insall JN, Scuderi GR. The posterior condylar angle in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty.* 1998;13:812-5.
- Cho WS, Park SS, Kim JH, Kim DH, Kim MY. The discrepancy between epicondylar and posterior condylar axis of femur in total knee arthroplasty. *J Korean Knee Soc.* 1999;11:8-12.
- Sohn SW, Jung MH. Measurement of the axial rotational axis of distal femur using different landmarks. *J Korean Knee Soc.* 1999;11:129-33.
- Olcott CW, Scott RD. A comparison of 4 intraoperative methods to determine femoral component rotation during total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2000;15:22-6.
- Katz MA, Beck TD, Silber JS, Seldes RM, Lotke PA. Determining femoral rotational alignment in total knee arthroplasty: reliability of techniques. *J Arthroplasty.* 2001;16:301-5.
- Chang CB, Seong SC, Lee S, Yoo JH, Rhee SH, Lee MC. Anatomical assessment of distal femur for optimal femoral component rotational alignment in TKA. *J Korean Orthop Assoc.* 2005;40:882-8.
- Seon JK, Song EK, Park SJ, Cho SB, Choi NH. Rotational axes of the femoral component in total knee arthroplasty. *J Korean Orthop Assoc.* 2006;41:428-33.

Femoral Component Rotation of Total Knee Arthroplasty in Korean Subjects: A Study Using Grand Piano Sign and Computed Tomography

Hyun-Chul Shon, M.D., Eui-Sung Choi, M.D., Yong-Min Kim, M.D., Dong-Soo Kim, M.D.,
Kyoung-Jin Park, M.D., Byung-Ki Cho, M.D., Ji-Kang Park, M.D., and Seok-Won Kim, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

Purpose: We aimed to obtain a reference for the optimal rotational alignment of femoral component in Koreans through an analysis of grand piano sign observed during total knee arthroplasty (TKA) and the angle between the clinical transepicondylar axis and the posterior condylar axis (TEA-PCA angle), by computed tomography.

Materials and Methods: The study subjects included 24 patients (30 cases), who underwent the anterior femoral resection, which was applied at an external rotation 3° relative to the posterior condylar axis during TKA. The relationship between anterior femoral resection with external rotation of 3° and the morphological pattern of Grand piano sign was evaluated. On postoperative computed tomography images, we evaluated the relationship between the clinical transepicondylar axis, posterior condylar axis of femoral component and grand piano sign. Moreover, a total of 28 Korean patients with 41 arthritic knees scheduled for a TKA had a preoperative computed tomography. We measured the TEA-PCA angle to evaluate the normal range in Korean subjects.

Results: The morphological pattern of grand piano sign observed after the anterior femoral resection, which was applied at an external rotation 3°, showed statistically significant correlation with TEA-PCA angle. On preoperative computed tomography images, the TEA-PCA angle was 6.01 degrees (range from 3.90 to 7.86).

Conclusion: The TEA-PCA angle of Koreans was different from that of the westerners. More external rotation was needed for the optimal femoral rotational alignment theoretically, and we could confirm the correlation between Grand piano sign and rotational alignment of femoral component by measurement of grand piano sign and computed tomography.

Key words: grand piano sign, arthroplasty, replacement, knee

Received May 4, 2012 **Revised** August 28, 2012 **Accepted** October 5, 2012

Correspondence to: Eui-Sung Choi, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University, 776, 1 Sunhawn-ro, Heungdeok-gu, Cheongju 360-711, Korea

TEL: +82-43-269-6077 **FAX:** +82-43-274-8719 **E-mail:** oseschoi@chungbuk.ac.kr