

경골 근위부 골수강 축의 3차원적 분석: 슬관절 전치환술과의 임상적 관련성

송상준 · 최충혁*

경희대학교 의과대학 정형외과학교실, 한양대학교 의과대학 정형외과학교실*

Three Dimensional Analysis for the Intramedullary Canal Axis of the Proximal Tibia: Clinical Relevance to Total Knee Arthroplasty

Sang Jun Song, M.D., and Choong Hyeok Choi, M.D.*

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Kyung Hee University,
Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Hanyang University*, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the appropriate entry point of an intramedullary tibial cutting guide in total knee arthroplasty in Koreans by measuring the "intramedullary canal axis" of the proximal tibia in three dimensions.

Materials and Methods: Computed tomography was performed on 116 lower extremities from the hip to the ankle on 58 Korean cadavers. A three dimensional image of the tibia was reconstructed using the program, Bionix version 3.3. The location of intramedullary canal axis of proximal tibia passing through tibial plateau, canal axis center 1 (CAC 1), was measured. The β' angle was defined as the angle between the tibial anatomical axis and a line perpendicular to the knee joint line. The correlations between the β' angle and the CAC 1 mediolateral coordinates were analyzed.

Results: The CAC 1 is located on 56.3% from the medial cortex and 27.8% from the anterior cortex on the average. On average, the CAC 1 was located 1.2 mm medially and 15.9 mm anteriorly from the lateral tibial spine 1. The β' angles and medial-lateral coordinates of the CAC 1 showed a significant positive correlation ($r=0.418$, $p=0.000$).

Conclusion: When using an intramedullary guide for tibial cutting in total knee arthroplasty in Koreans, the entry point at the lateral and anterior positions from the surface center of the tibial plateau is appropriate. The lateralization of the entry point of intramedullary tibial cutting guide becomes necessary as the varus of the tibia becomes more severe. Because of the marked variability in the CAC 1, a preoperative evaluation of the CAC 1 needs to be carried out in order to properly locate the appropriate entry point of the intramedullary tibial cutting guide in total knee arthroplasty.

Key Words: Tibia, Intramedullary canal axis, 3D computed tomography, Total knee arthroplasty

서 론

슬관절 전치환술 시 경골 절골은 경골의 해부학적 축에 직각이 되도록 시행하여야 하며, 허용 범위는 내, 외반 3° 정도로 알려져 있다²⁵⁾. 경골 절골의 지침자로 술자에 따라 골수강외 지침자 또는 골수강내 지침자를 사용하는 데, 내, 외반 2° 이내의 경골 절골은 골수강외 지침자를 사용할 경우 85-96%, 골수강내 지침자를 사용할 경우

72-94% 라고 보고되었다^{10,11,13,18,21)}. 골수강외 지침자는 비만한 환자 또는 연부 조직의 변형이 있는 환자에서 골성 표지점(bony landmark)을 설정하기 어렵고, 족관절의 정확한 중심점을 잡기 어려우며, 적절한 위치에서 지침자를 유지시키기 어려워 여러 번 위치를 확인해야 하고, 슬개건으로 인해 지침자의 근위부가 내측으로 회전되어 외반 절골할 가능성이 있는 단점이 있다⁴⁾. 골수강내

통신저자: 최 충 혁

서울시 성동구 행당동 17
한양대학교병원 정형외과
TEL: 02-2290-8483, 8485 · FAX: 02-2299-3774
E-mail: chhchoi@hanyang.ac.kr

Address reprint requests to

Choong Hyeok Choi, M.D
Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Hanyang University,
17, Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul 133-792, Korea
Tel: +82-2-2290-8483, 8485, Fax: +82-2-2299-3774
E-mail: chhchoi@hanyang.ac.kr

지침자는 외반슬 등 심한 변형이 있거나 과거 골절이나 종양, 파젯병(Paget's disease)과 같은 골수강 내 병변이 있는 경우 골수강내 지침자를 삽입하기가 어렵고²⁷⁾, 경골 변형이 있거나 삽입점이 부적절할 경우 골수강내 지침자가 정확한 위치로 들어가지 않으며, 드문 합병증으로 지방 색전증²⁹⁾, 감염, 수술 중 골절의 위험성 및 시멘트의 골수강 내 이동이 가능한 단점이 있다. Whiteside와 Summers³²⁾는 경골 골수강내 절골 지침자의 삽입 위치를 고평부 전후방 중심의 전방 5 mm, 내외측 중심이라고 정의하였다. 그러나, 저자는 경골 과간 융기 중심에서 골수강내 지침자를 삽입하였던 경우 내반 절골되며, 이 때 만들어진 골수강을 통해 경골 삽입물의 주대를 삽입할 때 경골 삽입물 주대가 경골 근위 간단부 내측 피질골과 충돌하는 경우를 종종 경험하였다. 국내에서 슬관절 전치환술 시 사용되는 인공삽입물의 대부분은 서양인의 체격과 생활 습관에 맞춘 규격이며 이를 한국인에게 적용 시 많은 예에서 규격과 기능에 차이가 발견되어 여러 저자들이 한국형 인공 삽입물의 필요성을 강조하고 있다^{1,12)}. 한국인의 경골 해부학적 축을 전후면 방사선 사진상 계측한 보고가 있으나^{5,24)}, 슬관절이 회전된 상태에서 전후면 방사선 사진을 촬영하였을 때 해부학적 축이 고평부를 통과하는 위치가 잘못 측정되기 쉽다¹⁹⁾. 이에 저자는 한국인에서 경골 근위부 골수강 축에 대한 3차원적 계측을 통하여 슬관절 전치환술 시 골수강내 경골 절골 지침자의 적절한 삽입 위치를 알아보고 경골 삽입물에서 긴 주대의 선택과 개발에 기초 정보를 제공하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

사체 기증자의 병적 기록, 전산화 단층 촬영 scout 영상에서 하지에 선천적 또는 병적 기형, 중등도 이상의 슬관절염, 대퇴골 또는 경골의 골절, 수술 받은 과거력이 있는 사체는 대상에서 제외하였고, 슬관절 및 족근관절의 상태가 양호한 58구의 사체(116예의 하지)를 사용하여 고관절부터 족근관절까지 전산화 단층 촬영을 시행하였다. 사망 당시 평균 연령은 51.3세(21-60), 신장은 평균 161.0 ± 7.4 cm (146-178)였고, 남자 28명과 여자 30명이었다.

2. 연구방법

1) 전산화 단층 촬영 검사

사체를 양와위로 무릎을 신전 및 중립 회전 위치에서 촬영대에 고정시킨 후 Pronto scanner (Hitachi medical systems, Tokyo, Japan)를 사용하여 전산화 단층 촬영을 시행하였다. 영상의 크기는 425 mm이었고, 고관절부터 족근관절까지 1 mm 간격으로 단층 촬영하였다.

2) 3차원적 모형화

전산화 단층 촬영 후 자료를 컴퓨터 프로그램 Bionix version 3.3 (Cantibio Inc., Suwon, Korea)을 사용하여 3차원적으로 재구성하였고, 절골면 영상 구현과 계측은 컴퓨터 프로그램 I-Deas NX version 11 (UGS Inc., Plano, TX, USA)을 사용하였다. 경골 근위부 내측의 모든 골극은 계측에서 제외시켰고, 모든 자료는 독립적으로 두명의 관찰자가 계측하고 검증하였다. 경골 고평부 표면 영상(superior perspective)은 경골 모형 영상을 자유롭게 조정하여 경골 결절의 근위부를 제외한 경골 간부나 원위부가 보이지 않는 경골 골수강내 절골 지침자 삽입을 위한 수술시야와 비슷한 영상으로 정의하였고, 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면은 경골 외과 최고점으로부터 10 mm 하방에서 경골 골수강 축에 전후면과 측면에서 모두 수직인 단면으로 정의하였다. β° 각은 경골 전후면 영상에서 슬관절선(knee joint line)에 수직으로 그은 선과 경골 해부학적 축 사이의 각으로 정의하였고, 내반인 경우 양각, 외반인 경우 음각으로 표시하였다. 대퇴골 횡과축(trans-epicondylar axis), 외경골극(lateral tibial spine) 등 그 밖의 해부학적 변수(parameter)들을 계측하였다.

대퇴골 횡과축을 경골 고평부 표면과 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면으로 이동시켰다(Fig. 1). A와 P선은 횡과 축을 수평 이동하여 가장 전방과 후방의 경골 피질골과 접촉하는 선으로 정의하였고, M과 L선은 횡과 축에 수직인 선을 수평 이동하여 가장 내측과 외측의 경골 피질골과 접촉하는 선으로 정의하였다(Fig. 2, 3).

경골 고평부 표면에서 단면의 세로 길이(AP 1)(mm)와 가로 길이(ML 1)(mm)를 계측하였고, AP/ML 1은 경골 고평부 표면에서의 가로, 세로비(%)로 정의하였다(Fig. 2). 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면에서 단면의 세로 길이(AP 2)(mm)와 가로 길이(ML 2)(mm)를 계측하였

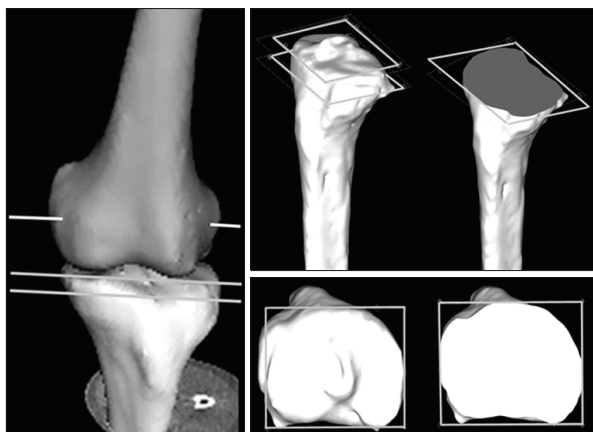


Fig. 1. The surface involving the transepicondylar axis is projected in the superior perspective of the tibial plateau and in the imaginary cut surface 10 mm below the lateral tibial plateau.

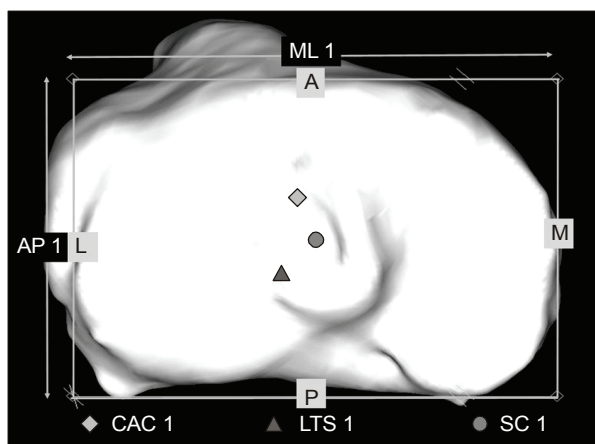


Fig. 2. Measured morphological parameters on the tibial plateau in the superior perspective. CAC 1, Canal axis center 1, is the location of intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through the tibial plateau. LTS 1 is the location of the lateral tibial spine. SC 1, Surface center 1, is the anteroposterior and mediolateral center on the tibial plateau.

고, AP/ML 2는 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면에서의 가로, 세로비(%)로 정의하였다(Fig. 3).

3) 경골 고평부의 해부학적 변수

경골 근위부 골수강 축이 고평부나 절골면을 통과하는 위치를 외삽법(extrapolation)을 적용하여 컴퓨터 프로그램 OriginPro version 7.5 (OriginLab, MA, USA)을 사용하여 계측하였다. 경골의 길이를 측정하고 16등분하여 경골 근위부 3번째 골수강내 단면부터 8번째 골수강내

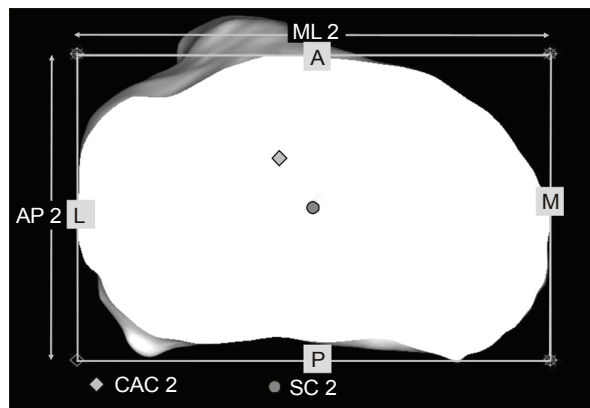


Fig. 3. Measured morphological parameters on the imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau in the superior perspective. CAC 2, Canal axis center 2, is the location of the intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through an imaginary cut surface. SC 2, Surface center 2, is the anteroposterior and mediolateral center.

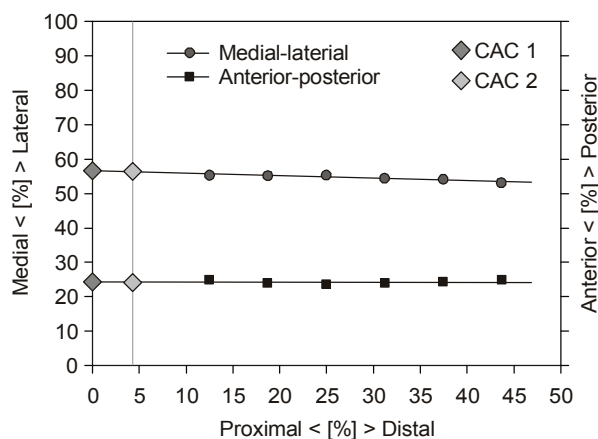


Fig. 4. Mathematically calculated canal axis center. The canal axis center was calculated using a least-squares fit to describe a line through the centroids.

단면까지를 영상화하였다. 6개의 각 단면의 중심(도심, centroid)을 지나는 선을 least square 방법²⁸⁾(Fig. 4)으로 계측하였고, 경골 근위부 골수강 축으로 정의하였다. 경골 고평부 표면 영상에서 경골 근위부 골수강 축이 고평부를 통과하는 위치(CAC 1, canal axis center 1)를 계측하였고, 좌표화(%)하여 표시하였다(Fig. 2). 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면에서 경골 근위부 골수강 축이 가상 절골면을 통과하는 위치(CAC 2, canal axis center 2)를 계측하였고, 좌표화(%)하여 표시하였다(Fig. 3). 경

골 고평부 표면 영상에서 외경골극(lateral tibial spine)의 위치(LTS 1)를 좌표화(%)하여 표시하였다(Fig. 2). 경골 고평부 표면과 외측 고평부 하 10 mm의 가상 절골면에서 좌표 상 내외측 50 %, 전후방 50 %의 단면의 중심을 각각 Surface center 1 (SC 1), Surface center 2 (SC 2)라고 정의하였다(Fig. 2, 3).

LTS 1에서 CAC 1까지의 실제 길이(mm)를 측정하였고, CAC 1이 LTS 1에 비해 내측, 전방에 위치 할 때 양수로, 외측, 후방에 위치할 때 음수로 표시하였다. SC 1, 2에서 CAC 1, 2까지의 실제 길이(mm)를 측정하였고, SC 1, 2에 비해 CAC 1, 2가 더 외측, 전방에 위치할 때 양수로, 내측, 후방에 위치할 때 음수로 표시하였다.

3. 통계방법

성별, 좌우에 따른 CAC 1, CAC 2, LTS 1, AP/ML 1, AP/ML 2, LTS 1에서 CAC 1까지의 실제 길이, SC

1에서 CAC 1까지의 실제 길이, SC 2에서 CAC 2까지의 실제 길이를 비교하였다(Student t test, Pearson's correlation analysis). β^* 각과 CAC 1 내외측 좌표의 상관관계를 분석하였고, β^* 각과 CAC 2 내외측 좌표의 상관관계를 분석하였다.

결 과

β^* 각은 평균 $3.1 \pm 2.1^\circ$ (-2.9 – 9.5)이었고, -0° 미만 5예, 0 – 3° 가 50예 3 – 6° 가 54예, 6 – 9° 가 5예 9° 이상이 2예였다. 경골 길이는 평균 319.8 ± 23.0 mm (265.1 – 386.4)이었다. AP 1 길이는 평균 48.4 mm (38.6 – 58.9), ML 1 길이는 평균 71.3 mm (61.7 – 86.7)이었고, AP/ML 1은 평균 $67.8 \pm 2.9\%$, AP/ML 2는 평균 $69.6 \pm 3.0\%$ 였다.

CAC 1은 평균 내외측 $56.3 \pm 3.0\%$ (49 – 65), 전후방 $27.8 \pm 4.6\%$ (18 – 43)이었고, CAC 2는 평균 내외측

Table 1. Anatomical Parameters of Males and Females

| Parameters | Male (n=28) | Female (n=30) | p-value |
|---|-------------|---------------|---------|
| Age (years) | 49.3 | 53.3 | 0.040 |
| Stature (cm) | 166.5 | 155.9 | 0.000 |
| β^* angle* ($^\circ$) | 2.5 | 3.8 | 0.001 |
| Tibial length (mm) | 334.2 | 306.4 | 0.000 |
| AP length [†] (mm) | 51.7 | 45.3 | 0.000 |
| ML length [‡] (mm) | 76.0 | 67.0 | 0.000 |
| AP/ML 1 [§] (%) | 68.0 | 67.6 | 0.452 |
| AP/ML 2 (%) | 69.2 | 69.9 | 0.184 |
| CAC 1 [¶] (%): medial-lateral | 55.2 | 57.2 | 0.000 |
| anterior-posterior | 27.6 | 28.0 | 0.018 |
| CAC 2 ^{**} (%): medial-lateral | 53.5 | 54.7 | 0.012 |
| anterior-posterior | 32.5 | 33.5 | 0.143 |
| LTS 1 ^{††} (%): medial-lateral | 57.3 | 58.6 | 0.029 |
| anterior-posterior | 61.4 | 61.1 | 0.669 |
| Actual distance between LTS 1 & CAC 1 (mm) | | | |
| medial-lateral | 1.7 | 0.9 | 0.197 |
| anterior-posterior | 17.5 | 14.9 | 0.000 |
| Actual distance between SC 1 ^{‡‡} & CAC 1 (mm) | | | |
| medial-lateral | 4.0 | 4.8 | 0.022 |
| anterior-posterior | 11.6 | 9.9 | 0.000 |
| Actual distance between SC 2 ^{§§} & CAC 2 (mm) | | | |
| medial-lateral | 2.7 | 3.3 | 0.134 |
| anterior-posterior | 9.5 | 8.0 | 0.000 |

* β^* angle, angle between the tibial anatomical axis and the line perpendicular line to the knee joint line; [†] AP length, Anteroposterior length of the tibial plateau in the superior perspective; [‡] ML length, Mediolateral length of the tibial plateau in the superior perspective; [§] AP/ML 1, Anteroposterior length/mediolateral length of the tibia plateau in the superior perspective; ^{||} AP/ML 2, Anteroposterior length/mediolateral length, of the imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau; [¶] CAC 1, Canal axis center 1, the location of the intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through the tibial plateau; ^{**} CAC 2, Canal axis center 2, the location of the intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through an imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau; ^{††} LTS 1, Lateral tibial spine 1; ^{‡‡} SC 1, Surface center 1, Anteroposterior and mediolateral center on the tibial plateau; ^{§§} SC 2, Surface center 2, Anteroposterior and mediolateral center on an imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau.

54.1±2.6% (47–61), 전후방 33.0±3.6% (25–44)이었다. LTS 1은 평균 내외측 58.1±2.8% (53–69), 전후방 61.2±3.6% (50–70)이었다. LTS 1에서 CAC 1까지의

실제 길이는 평균 내측 1.2±2.8 mm (–7.2–8.6), 전방 15.9±3.1 mm (7.5–23.1)이었다. SC 1에서 CAC 1까지의 실제 길이는 평균 외측 4.4±2.0 mm (–1.1–11.0), 전

Table 2. Anatomical Parameters of the Right and Left Knees

| Parameter | Right | Left | r-value | p-value |
|---|-------|-------|---------|---------|
| β' angle* (°) | 3.1 | 3.1 | 0.361 | 0.007 |
| Tibial length (mm) | 319.8 | 318.9 | 0.989 | 0.000 |
| AP length [†] (mm) | 48.2 | 48.6 | 0.954 | 0.000 |
| ML length [‡] (mm) | 71.4 | 71.3 | 0.960 | 0.000 |
| AP/ML 1 [§] (%) | 67.5 | 68.1 | 0.657 | 0.000 |
| AP/ML 2 (%) | 69.3 | 69.8 | 0.703 | 0.000 |
| CAC 1 (%) [¶] : medial-lateral | 56.4 | 56.1 | 0.728 | 0.000 |
| anterior-posterior | 28.3 | 27.3 | 0.860 | 0.000 |
| CAC 2** (%) [¶] : medial-lateral | 54.3 | 53.9 | 0.808 | 0.000 |
| anterior-posterior | 33.1 | 33.0 | 0.905 | 0.000 |
| LTS 1 ^{††} (%) [¶] : medial-lateral | 57.9 | 58.3 | 0.641 | 0.000 |
| anterior-posterior | 62.1 | 60.2 | 0.330 | 0.033 |
| Actual distance between LTS 1 & CAC 1 (mm) | | | | |
| medial-lateral | 1.1 | 1.4 | 0.684 | 0.000 |
| anterior-posterior | 16.2 | 15.6 | 0.850 | 0.000 |
| Actual distance between SC 1 ^{‡‡} & CAC 1 (mm) | | | | |
| medial-lateral | 4.6 | 4.3 | 0.732 | 0.000 |
| anterior-posterior | 10.4 | 11.0 | 0.874 | 0.000 |
| Actual distance between SC 2 ^{§§} & CAC 2 (mm) | | | | |
| medial-lateral | 3.2 | 2.8 | 0.806 | 0.000 |
| anterior-posterior | 8.6 | 8.7 | 0.901 | 0.000 |

* β' angle, angle between the tibial anatomical axis and the line perpendicular line to the knee joint line; [†] AP length, Anteroposterior length of the tibial plateau in the superior perspective; [‡] ML length, Mediolateral length of the tibial plateau in the superior perspective; [§] AP/ML 1, Anteroposterior length/mediolateral length of the tibia plateau in the superior perspective; ^{||} AP/ML 2, Anteroposterior length/mediolateral length, of the imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau; [¶] CAC 1, Canal axis center 1, the location of the the intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through the tibial plateau; ^{**} CAC 2, Canal axis center 2, the location of the intramedullary canal axis of the proximal tibia passing through an imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau; ^{††} LTS 1, Lateral tibial spine 1; ^{‡‡} SC 1, Surface center 1, Anteroposterior and mediolateral center on the tibial plateau; ^{§§} SC 2, Surface center 2, Anteroposterior and mediolateral center on an imaginary cut surface, 10 mm below the lateral tibial plateau.

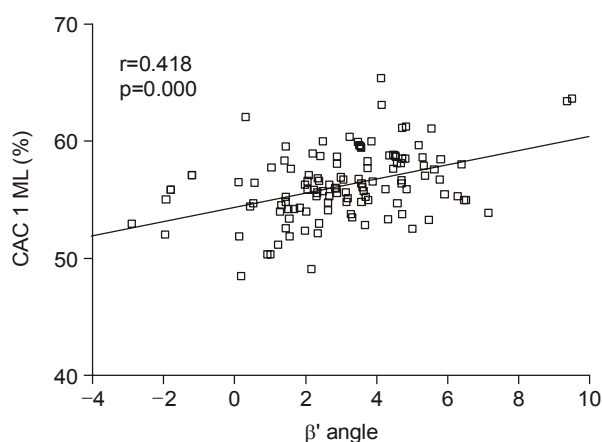


Fig. 5. Correlation between the β' angles and the CAC 1 mediolateral coordinates.

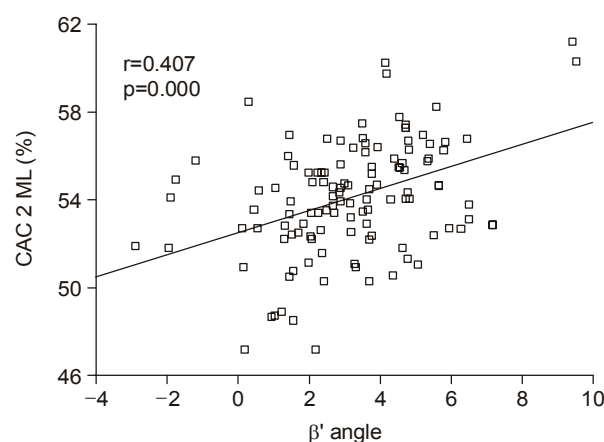


Fig. 6. Correlation between the β' angles and the CAC 2 mediolateral coordinates.

방 10.7 ± 2.4 mm (3.2–17.9)이었다. SC 2에서 CAC 2까지의 실제 길이는 평균 외측 3.0 ± 1.9 mm (–2.2–7.6), 전방 8.7 ± 2.0 mm (2.9–14.4)이었다.

성별에 따른 변수들(parameters)의 비교에서 나이, 신장, β' 각, 경골 길이, AP 길이, ML 길이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, CAC 1, 2의 내외측 좌표와 LTS 1의 내외측 좌표의 차이가 있었다(Table 1). 좌우에 따른 해부학적 변수들의 비교에서 통계적으로 유의한 상관성이 있었다(Table 2).

β' 각과 CAC 1, 2 내외측 좌표는 중등도의 양적 선형 관계를 보였다($r=0.418$, $r=0.407$, $p=0.000$)(Fig. 5, 6). AP/ML 1과 CAC 1 전후방 좌표, AP/ML 2와 CAC 2 전후방 좌표의 상관 관계는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.231$, $p=0.183$).

고 찰

슬관절 전치환술과 관련한 경골 근위부의 형태학적 연구는 절골 단면의 형태학적 계측을 통한 인공삽입물 차폐율 연구나 회전축에 대한 연구에 집중되어 있다^{1,7,22,31}. 연구 방법으로 단순 방사선 사진, 전산화 단층 촬영 사진이나 자기 공명 영상 사진을 이용하는 방법^{15,19,30}, 사체를 이용하는 방법⁸과 수술 중 원위 경골의 실 계측을 이용하는 방법^{1,3} 등이 있다. 본 연구에서는 전산화 단층 촬영 영상자료를 컴퓨터 프로그램을 이용하여 3차원적으로 재구성하고, 경골 근위부 골수강 축을 least square 방법^{26,28}으로 계측하였다.

경골의 골수강은 대퇴골의 골수강과 달리 단면의 모양이 삼각형이고 협부가 짧아 골수강내 절골 지침자의 사용이 어렵다고 알려져 있다. Whiteside와 Summers³²가 정의한 경골 골수강내 절골 지침자의 삽입 위치는 경골의 해부학적 축과 기계적 축이 일치하는 슬관절 지점에서 즉 근관절 중심에 수직이도록 지침자를 삽입하는 이론적인 위치이기 때문에 지침자가 골수강 내 협부의 중심을 통과하지 않을 수 있고 경골 삽입물의 전위를 일으킬 수 있다. Hicks 등¹⁵은 경골 해부학적 축과 경골 고평부 사이의 사체 연구에서 경골 골수강 축이 경골 고평부를 관통하는 위치는 내측으로부터 28–53%, 전방으로부터 37–56% 사이에 위치하고, 고평부 중심에서 전방 15 mm–후방 1.5 mm와 내측 8.5 mm–외측 4.5 mm 사이에 위치한다고 보고하였다. 그러나, 본 연구에서 경골 골수강 축이

고평부를 통과하는 위치는 내측으로부터 49–65%, 전방으로부터 18–43%로 다양한 위치를 보였고, 보다 외측, 전방에 위치한 경향이 있었다. Hicks 등¹⁵의 연구는 경골 고평부에 직접 13 mm 이상의 금속정을 경골 협부까지 삽입한 후 경골 고평부 하 10, 15, 20, 25 mm의 전산화 단층 촬영 영상에서 금속정의 중심을 계측하였으므로 3차원적 경골 모형의 고평부 표면에서와 외측 고평부 하 10 mm에서 계측한 본 연구와 차이가 있을 것으로 사료되었다. 본 연구의 경우 경골 모형의 고평부 표면과 외측 고평부 하 10 mm 가상 절골면에 대퇴골 횡과축을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 전사(projection)하고 이 축과 수직 축을 각각 X, Y축으로 기준하여 보다 정확한 CAC 1, 2의 좌표화를 할 수 있었으며, 경골 절골 시 수술 시야와 유사한 경골 모형의 고평부 표면에서 직접 계측하여 경골 후경사와 단층 촬영각의 차이에 의한 오차를 줄일 수 있었다. 또한, 금속정 삽입 시 생기는 고평부 파괴와 금속정과 피질골간의 충돌에 의한 금속정 전위 등이 없으므로 보다 정확한 계측이 가능하였다고 생각하였다.

골수강내 절골 지침자를 사용하여 경골 절골 시 골수강내 지침자가 경골 골수강 축의 고평부 관통위치 보다 내측에서 삽입하였을 때는 내반 절골, 외측에서 삽입하였을 때는 외반 절골, 전방에 위치하였을 때는 경골의 역경사 절골, 후방에 위치하였을 때는 경골 경사가 증가되어 절골 하기 쉽다. 본 연구의 경우 β' 각이 클수록 CAC 1의 내외측 좌표가 더욱 외측에 위치함을 알 수 있었고(Fig. 5), 이는 골수강내 절골 지침자를 사용한 경골 절골 시 경골의 내반 변형이 심한 환자일수록 경골 고평부 중심보다 외측으로 경골 골수강 축의 연장선상에 지침자를 삽입하여야 함을 의미한다.

긴 주대의 경골 삽입물은 골질이 약하거나 골 결손 등으로 골이식, 금속 보강물 등을 사용할 때와 슬관절 재치환술 등에서 삽입물의 안정성을 증가시키고 삽입물 하강(subsidence)이나 내, 외반 변형을 막기 위하여 유용하게 사용된다^{9,20}. 경골 삽입물의 금속 보강판(tray)이 경골 절단면을 가능한 많이 차폐(coverage)하여야 경골 삽입물의 안정성을 향상시킬 수 있고, 경골 삽입물을 통한 체중 부하가 균일하게 전달되어 삽입물의 침강, 해리 등을 방지하며 궁극적으로 슬관절 전치환술의 실패율을 낮추고 삽입물의 장기 생존율을 높인다¹⁴. 본 연구에서 경골 골수강 축의 고평부를 관통하는 위치가 고평부 중심보다

외측에 위치함을 고려할 때 긴 주대의 경골 삽입물에서 내측 경골 절골면의 미차폐 또는 경골 삽입물의 외측 돌출(overhanging)이 발생할 수 있다. 긴 주대의 경골 삽입물이 필요한 경우가 재치환술이나 골 결손, 골질이 약한 경우임을 고려할 때 이러한 상황이 경골 삽입물의 안정적인 고정을 어렵게 하는 악화 인자일 것이다. 경골 삽입물의 금속 보강판에 offset 주대의 사용이 경골 절골면의 차폐율을 높이고 주대를 경골 골수강 내 중심에 안정적으로 위치시키는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

해부학적으로 경골 근위부는 내측 경골 고평부가 10% 정도 큰 비대칭적인 형태를 보이며, 외측 과 부위에 경골 삽입물의 돌출을 허용하지 않고 전후 회전축을 엄격히 지킬 경우, 경골 후내측부에 미차폐율이 증가하게 된다¹⁷⁾. 몇몇 인공삽입물 체계에서는 경골 절단면의 차폐율을 높이기 위하여 비대칭형 경골 삽입물 금속 보강판을 개발하여 사용하고 있으나 논란의 여지가 있다. Westrich 등³¹⁾은 대칭형이든, 비대칭형이든 삽입물의 충분한 고정을 얻을 수 있는 85% 이상의 차폐율은 얻을 수 없다고 보고하였고, 차폐율의 향상과 술 후 기능적 결과의 영향에 대해서도 많은 논란이 있다^{6,7,16)}. Hicks 등¹⁵⁾의 연구에서는 경골 골수강 축이 경골 고평부를 관통하는 위치가 내측으로부터 28-53%였으나 본 연구에서는 49-65%였다. 이 차이는 서양인과 한국인에서의 경골의 해부학적 차이일 수 있으며, 서양인에게 적합하게 개발된 비대칭형 경골 삽입물 금속 보강판에 주대를 내측으로 위치시킨 인공삽입물을 한국인에게 사용할 때 경골 삽입물 금속 보강판이 경골 절골면을 부족하게 차폐하거나 돌출할 수 있으며, 긴 주대가 경골 근위 간단부 피질골과 충돌할 수 있다. 그러므로, 경골 삽입물 금속 보강판에 주대를 외측으로 위치시킨 인공삽입물의 개발이 긴 주대의 경골 인공삽입물을 사용할 필요가 있는 경우 경골 절골면 차폐와 경골 주대의 골수강내 중심 삽입에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서 한국인의 슬관절 전치환술시 경골 절골을 위해 골수강내 절골 지침자를 사용할 경우 경골 지침자의 삽입 위치는 평균적으로 고평부 표면 중심보다 전방으로 4.4 mm, 외측으로 10.7 mm에 위치하였다. 경골 내반

변형이 심할수록 경골 지침자는 더욱 외측에서 삽입하여야 하며, CAC 1의 다양성을 고려하여 술 전 계측하여 삽입 위치를 결정해야 할 것이다. 경골 근위부 골수강 축의 위치에 대한 이해를 바탕으로 경골 인공삽입물에서 긴 주대의 선택과 개발에 기초 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Bae DK, Park JY: The study of anatomical measurement of proximal tibia and fitness of tibial prosthesis in total knee arthroplasty. *J Korean Orthop Assoc*, 35: 57-64, 2000.
2. Bargren JH, Blaha JD, Freeman MA: Alignment in total knee arthroplasty. Correlated biomechanical and clinical observations. *Clin Orthop Relat Res*, 173: 178-183, 1983.
3. Bartel DL, Burstein AH, Santavicca EA, Insall JN: Performance of the tibial component in total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*, 64: 1026-1033, 1982.
4. Benjamin J: Component alignment in total knee arthroplasty. *Instr Course Lect*, 55: 405-411, 2006.
5. Bin SI, Choi JW, Nam TS: Total knee arthroplasty using intramedullary tibial cutting guide. *J Korean Knee Soc*, 15: 17-21, 2003.
6. Bindeiglass DF, Cohen JL, Dorr LD: Current principles of design for cemented and cementless knee. *Tech Orthop*, 6: 80-85, 1994.
7. Bloebaum RD, Bachus KN, Mitchell W, Hofmann G, Hofmann AA: Analysis of the bone surface area in resected tibia. Implications in tibial component subsidence and fixation. *Clin Orthop Relat Res*, 309: 2-10, 1994.
8. Bourne RB, Finlay JB, Papadopoulos P, Rorabeck CH, Andreae P: In vitro strain distribution in the proximal tibia. Effect of varus-valgus loading in the normal and osteoarthritic knee. *Clin Orthop Relat Res*, 188: 285-291, 1984.
9. Bourne RB, Finlay JB: The influence of tibial component intramedullary stems and implant-cortex contact on the strain distribution of the proximal tibia following total knee arthroplasty. An in vitro study. *Clin Orthop Relat Res*, 208: 95-99, 1986.
10. Brys DA, Lombardi AV Jr, Mallory TH, Vaughn BK: A comparison of intramedullary and extramedullary alignment

- systems for tibial component placement in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 263: 175-179, 1991.
11. **Cates HE, Ritter MA, Keating EM, Faris PM:** Intramedullary versus extramedullary femoral alignment systems in total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 286: 32-39, 1993.
 12. **Chung HK, Choi CH, Kim JH, Kim KT, Kim SI, Chang DP:** Tibial plateau coverage in total knee replacement arthroplasty: coverage on 12 quadrants. *J Korean Orthop Assoc*, 34: 1081-1086, 1999.
 13. **Dennis DA, Channer M, Susmann MH, Stringer EA:** Intramedullary versus extramedullary tibial alignment systems in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 8: 43-47, 1993.
 14. **Figgie HE 3rd, Davy DT, Heiple KG, Hart RT:** Load-bearing capacity of the tibial component of the total condylar knee prosthesis. An in vitro study. *Clin Orthop Relat Res*, 183: 288-297, 1984.
 15. **Hicks CA, Noble P, Tullos H:** The anatomy of the tibial intramedullary canal. *Clin Orthop Relat Res*, 321: 111-116, 1995.
 16. **Hofmann AA, Bachus KN, Wyatt RW:** Effect of the tibial cut on subsidence following total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 269: 63-69, 1991.
 17. **Insall JN, Windsor RE, Scott WN:** Surgical techniques and instrumentation in total knee arthroplasty. *Surgery of the knee*. 3rd ed. New York, Churchill Livingstone: 1584-1587, 2001.
 18. **Jeffcote B, Shakespeare D:** Varus/valgus alignment of the tibial component in total knee arthroplasty. *Knee*, 10: 243-247, 2003.
 19. **Kang SY, Lee EW, Kang KS, Lee HJ, Jung HJ, Jeong PH:** Anatomical assessment of the proper insertion site for tibial nailing. *J Korean Fracture Soc*, 17: 142-147, 2004.
 20. **Lee RW, Volz RG, Sheridan DC:** The role of fixation and bone quality on the mechanical stability of tibial knee components. *Clin Orthop Relat Res*, 273: 177-183, 1991.
 21. **Maestro A, Harwin SF, Sandoval MG, Vaquero DH, Murcia A:** Influence of intramedullary versus extramedullary alignment guides on final total knee arthroplasty component position: a radiographic analysis. *J Arthroplasty*, 5: 552-558, 1998.
 22. **Matsui Y, Kadoya Y, Uehara K, Kobayashi A, Takaoka K:** Rotational deformity in varus osteoarthritis of the knee: analysis with computed tomography. *Clin Orthop Relat Res*, 433: 147-151, 2005.
 23. **Moreland JR:** Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 226: 49-64, 1988.
 24. **Nam WD, Rhyu KH, Han KY:** The change of proximal reference of tibial plateau in total knee replacement: the cadaveric study. *J Korean Knee Soc*, 17: 69-72, 2005.
 25. **Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB:** Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop Relat Res*, 299: 153-156, 1994.
 26. **Robertson DD, Yuan J, Bigliani LU, Flatow EL, Yamaguchi K:** Three-dimensional analysis of the proximal part of the humerus: relevance to arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*, 82: 1594-1602, 2000.
 27. **Simmons ED Jr, Sullivan JA, Rackemann S, Scott RD:** The accuracy of tibial intramedullary alignment devices in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 6: 45-50, 1991.
 28. **Sokal RR, Rohlf FJ:** Biometry. 3rd ed, New York, William H. Freeman: 460-461, 1995.
 29. **Stern SH, Sharrock N, Kahn R, Insall JN:** Haematologic and circulatory changes associated with total knee arthroplasty surgical instrumentation. *Clin Orthop Relat Res*, 299: 179-189, 1994.
 30. **Stulberg BN, Dombrowski RM, Froimson M, Easley K:** Computed tomography analysis of proximal tibia coverage. *Clin Orthop Relat Res*, 311: 148-156, 1995.
 31. **Westrich GH, Haas SB, Insall JN, Frachie A:** Resection specimen analysis of proximal tibial anatomy based on 100 total knee arthroplasty specimens. *J Arthroplasty*, 10: 47-51, 1995.
 32. **Whiteside LA, Summers RG:** Anatomical landmarks for an intramedullary alignment system for total knee replacement. *Orthop Trans*, 7: 546-551, 1983.

= 국문초록 =

목적: 한국인에서 경골 근위부 골수강 축의 3차원적 계측을 통하여 슬관절 전치환술 시 경골 고평부 표면에서 골수강 내 경골 절골 지침자의 적절한 삽입 위치를 평가하고자 한다.

대상및 방법: 58구의 사체(116예의 하지)를 이용하여 고관절부터 족근관절까지 전산화 단층 촬영을 시행하였다. Bionix version 3.3을 이용하여 3차원 컴퓨터 영상을 만들고 경골 근위부 골수강 축이 경골 고평부 표면을 통과하는 위치(Canal axis center 1, CAC 1)를 계측하였다. 슬관절 면에서 수직으로 그은 선과 경골 해부학적 축 사이의 각을 β' 각이라고 정의하고, β' 각과 CAC 1 내외측 좌표의 상관 관계를 분석하였다.

결과: CAC 1의 평균 위치는 내측으로부터 56.3%, 전방으로부터 27.8%에 위치하였고, 외측 경골극으로부터 내측으로 1.2 mm, 전방으로 15.9 mm에 위치하였다. β' 각과 CAC 1의 내외측 좌표의 상관성은 통계적으로 유의하였다($r=0.418$, $p=0.000$).

결론: 한국인의 슬관절 전치환술 시 골수강 내 경골 절골 지침자의 삽입 위치는 고평부 표면 중심보다 전외측이 적절하였다. 경골 내반 변형이 심할수록 경골 지침자는 더욱 외측에 삽입하여야 하며, CAC 1의 다양성을 고려하여 술 전 계측하여 삽입 위치를 결정해야 할 것이다.

색인 단어: 경골, 골수강 축, 3차원 전산화 단층 촬영, 슬관절 전치환술