

Tetragonal Pyramid 모델을 이용한 Computer Assisted Proximal Tibia Osteotomy (CAPTO) Computer Assisted Proximal Tibia Osteotomy Using Tetragonal Pyramid Model

*이호상¹, #김철용², 정명훈¹

*Ho-Sang Lee(mpoem@triplemedical.com)¹, #Cheol-Woong Kim² and Myung-Hoon Jung¹

¹(주)트리플씨메디칼 R&D Center, ²고려대학교 / (주)트리플씨메디칼

Key words : Tetragonal Pyramid Model, Posterior Slope Angle (PSA), Computer Assisted Proximal Tibia Osteotomy (CAPTO)

1. 서론

최근까지도 근위경골절골술(High Tibial Osteotomy, 이하 HTO)은 폐쇄형 췌기 근위경골술(Closing Wedge High Tibial Osteotomy, 이하 CWHTO)과 개방형 췌기 근위경골술(Opening Wedge High Tibial Osteotomy, 이하 OWHTO)의 장단점에 대한 의견은 팽팽히 맞서며 정형외과 슬관절분야를 뜨겁게 달구고 있다. 그러나 2-3년 전부터는 OWHTO가 대세이다. 그 이유는 과다 또는 과소 교정의 위험을 최소화할 수 있고, 수술 도중에도 교정정도를 술자의 의도에 부합하게 정확히 변경할 수 있으며, 무엇보다도 비골과 경골의 근위부를 지나는 비골신경(peroneal nerve)을 손상시킬 우려가 CWHTO에 비해 현저히 낮기 때문이다. 그러나 OWHTO는 경골의 전내측경골피질부(anteromedial tibial cortex)에서 개방이 이루어지면서 전내측경골피질부의 접선과 경첩축이 평행을 유지하고 결과적으로는 후방경골경사각(Posterior Slope Angle, 이하 PSA)의 변화에 직접적으로 관여하게 된다. 이 때 발생한 PSA의 변화는 경골 근위부가 전방으로 이동하게 되어 전방십자인대(Anterior Cruciate Ligament, ACL)의 긴장도를 증가시키고, 경골 고평부의 반월상연골(meniscus)에 더 많은 부하를 가하는 부작용을 초래한다. 그로 인해 최근에는 OWHTO로 인한 PSA 변화에 대한 다양한 연구결과가 보고되고 있다. Frank R. Noyes 등⁽¹⁾은 수평면(horizontal plane)상에서 경골전내측 피질부의 경사도(oblique angle of the anteromedial tibial cortex)가 PSA에 가장 많은 영향을

미친다고 보고하였다. Erik 등⁽²⁾은 OWHTO시 경골전내측 전방부와 후방부의 틈새가 동일한 경우 PSA가 증가한다고 보고하였다. 그러나 경골전내측피질부에 의한 PSA 변화의 임상적 연구결과는 다수 보고되고 있지만, Fig. 1에 제시한 경골 전내측피질부 각도와 PSA의 상관관계에 대한 연구는 매우 중요한 요인임에도 불구하고 연구가 아직 수행되지 않은 것으로 파악되었다. 그 이유는 임상적 접근의 한계성으로 현재, 대부분의 정형외과적 연구가 CT의 2-D 이미지를 활용한 Horizontal plane상에서의 변화 각도를 중심으로 연구가 진행되고 있기 때문이다. 즉 실제 절골이 이루어지는 절골면(osteotomy plane)에서의 여러 각도인자에 대한 변화를 동시에 고려한 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하지 않는 한 접근하기 어렵다. 실제 절골시 발생하는 후방경사각(PSA) 및 기타 다양한 경사각의 변화를 예측하기 위해서는 수평면상에서의 전내측경사도(θ_x)가 아닌, 일직각 기울어진 절골면(osteotomy plane) 상에서의 전내측경사도(θ)가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Computer Assisted Posterior Tibial Osteotomy (CAPTO)를 이용하여 사체경골 근위부 CT 이미지를 3-D 재건하여 수평면상에서의 전내측경사도(θ_x)와 절골면에서의 경사도(θ)에 따라 전내측경골피질접선과 시상면축이 이루는 경사각이 개개인마다 어떠한 유의적인 차이를 보이며, 이를 실제 수술에서는 어떻게 접근해야 하는가에 대해 대략적으로 평가해 보았다.

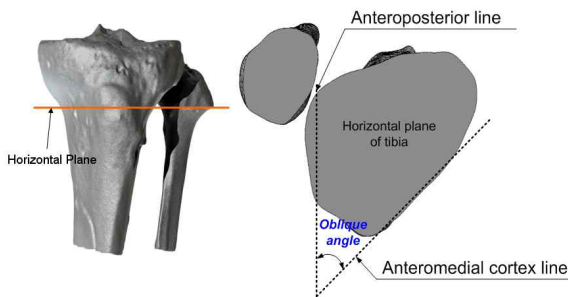


Fig. 1 Definition of oblique angle due to the relationship between anteromedial tibia cortex line and anteroposterior line at the horizontal plane of upper tibia

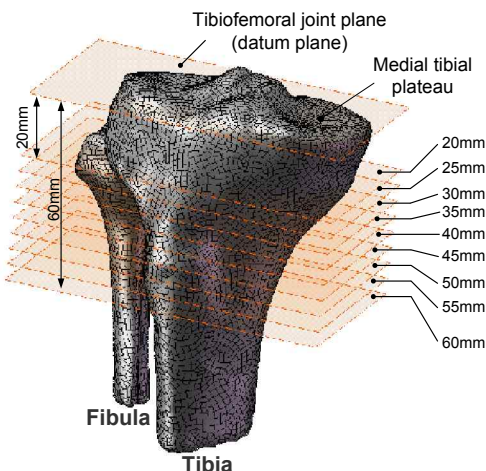


Fig. 2 Horizontal planes far from tibiofemoral joint plane at each 5mm

2. CT 이미지를 이용한 3차원 Computer Assisted Proximal Tibia Osteotomy 및 전내측경골피질접선 경사각의 측정법

후방경사각(PSA) 변화의 절대값을 측정하기 위하여 내측면 방사선 사진과 동일한 시상면(sagittal plane)에서 재건을 실시하였다. 먼저 절골술 실시 전 내측면 고평부(medial plateau)와 평행한 2개의 직선을 긋고, 한 개의 직선만 구속시킨 후 절골술을 실시하여 두 직선사이의 각도를 측정하였다. 5개의 사체 우측 경골의 시편을 3D 모델로 제작하였으며 측정자의 오차의 범위를 파악하기 위해 4명의 측정자가 각각의 시편을 3개씩 모델을 제작하여 총 120개의 시편을 제작하였다. 통상 OWHTO 수술시 경대퇴골 관절선(tibiofemoral joint line)에서 40mm 떨어진 전내측에서 틈날이 일정 기울기(osteotomy angle)로 진입한다.⁽³⁾ Fig. 2에 제시된 바와 같이 경대퇴골 관절선을 지나는 수직평면으로부터 20mm 떨어진 평면과 5mm간격씩 60mm 떨어진 지점까지 수직평면을 각각 생성하여 전내측경골피질접선과 시상면축과 평행한 전후경골접선축 간에 이루는 경사각을 측정하였다.⁽⁴⁾

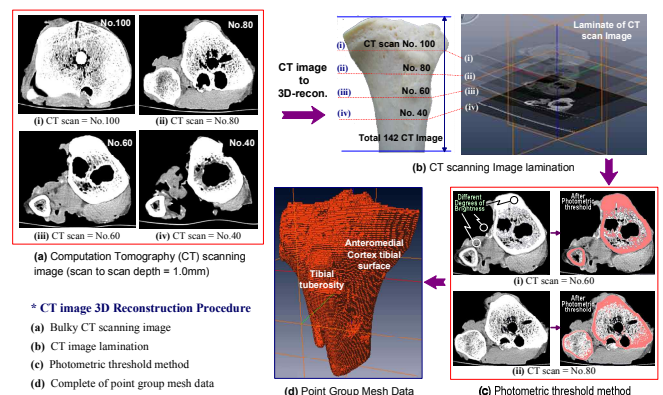


Fig. 3 3-D model reconstruction by computer assisted using CT images

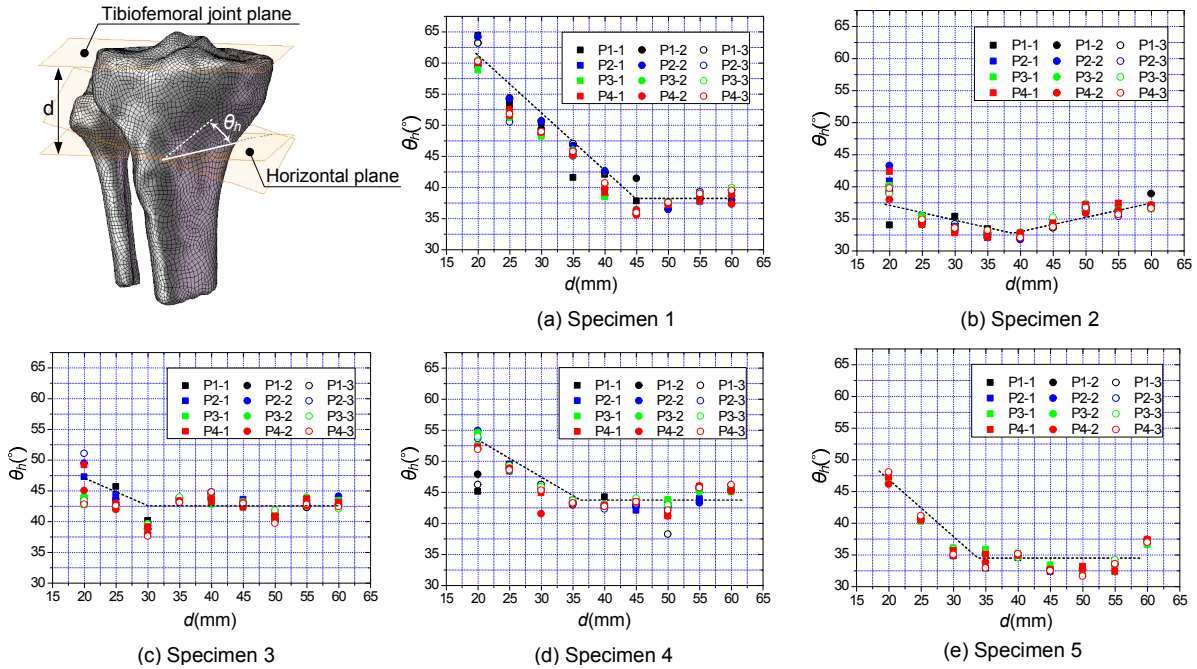


Fig. 4 Relationship between Oblique angle and horizontal plane by distance from tibiofemoral joint plane to horizontal plane

Table 1 Relationship between horizontal plane and osteotomy plane

No.	Osteotomy angle (degree)	horizontal plane(a_1)	Osteotomy plane(a_2)	$a_2 - a_1$
#1	22.2	37.77	39.51	1.74
#2	21	43.8	45.59	1.79
#3	20.72	30.85	32.44	1.59
#4	20.44	30.62	32.2	1.58
#5	22.65	41.1	42.87	1.77
#6	23.6	27.27	28.75	1.48
#7	24.56	41.8	43.58	1.78
#8	19.64	43.07	44.85	1.78
#9	24.4	33.05	34.7	1.65
#10	19.92	45.63	47.41	1.78

3. 사체 경골결절의 해부학적 차이에 의한 경사각(θ_h)의 변화 및 그로 인한 경골결절축의 영향

본 연구에서 CT 이미지를 이용한 근위경골의 3차원 재건은 높은 수준의 해부학적 지식을 요구한다. 따라서 정확한 측정결과를 유도하기 위해 4명의 CAPTO 컴퓨터 시뮬레이션 전문가 5인이 동일하게 주어진 사체 좌우측 근위경골 10구의 CT 이미지를 Fig. 2와 같이 재건하고 대퇴경골 결합면부터 경골원위방향으로 5mm 씩 경골수평 단면을 형성하고, Fig. 1에 제시된 바와 같이 전내측경골피질접선과 외측경골전후접선간에 이루는 경사각(θ_h)을 측정하였다. 그 결과, 전내측경골피질접선과 전후접선이 이루는 경사각(θ_h)은 사체마다 경골결절(tuberosity of tibia)의 형태와 위치의 상이성으로 인해 매우 흥미로운 결과그래프를 도출할 수 있었다. 그 결과는 Fig. 4에 제시하였고, 그 결과를 분석해보면 다음과 같다. 1) 대퇴경골 결합면(tibiofemoral joint plane)에서 경골원위부 방향으로 대략 35mm~45mm의 위치까지는 전체적으로 경사각(θ_h)이 꾸준히 감소한다. 그 이유는 근위경골부의 해부학적 특징에 의해 전내측 고평탄부에서 원위부로 진행될수록 돌출된 내측경골의 단면적은 급격히 감소하다가 고평탄부에서 원위부 방향으로 대략 35mm~45mm의 위치부터 전내측경골피질접선이 일정한 각도를 유지하며 족부인근까지 유지되기 때문이다. 2) 사체마다 다른 경골결절부의 높낮이 때문에 시험편간에 다소 기울기의 차이는 발생했지만, #2를 제외한 모든 시험편에서 경골결절 아래의 원위경골부는 거의 일정한 경사각

(θ_h)을 유지하고 있음을 알 수 있었다. 3) 그러나 Fig. 4에서 매우 중요한 사실을 유추할 수 있다. 실제 수술중 절골이 시작되는 부위는 대체적으로 내측경골 고평탄부로부터 20mm~25mm 내외의 원위부 전내측경골피질부이기 때문에 근위경골절골술을 시행받는 많은 사람들은 개개인 마다의 경사각(θ_h) 차로 인해 경골 경첩축(hinge axis angle) 결정위치도 개개인마다 편차가 클수밖에 없다는 사실이다.

4. 결론

개개인마다 선천적으로 차이를 나타내는 전내측경골피질접선(anteromedial tibia cortex line)과 시상면과 이루는 경사각이 중요한 이유는 근위경골술의 술기를 결정하는 중요인자 중 경골 경첩축(tibial hinge axis)의 중심 위치를 결정하기 때문이다. 그러나 그 동안 CT 단층촬영 및 MRI에 국한된 의학적 접근에서는 개개인마다 차이가 나타나는 경사각을 입체적인 해부학적 견지로 파악할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 CT 이미지의 적용을 통해 10개의 사체 근위경골을 재건하고 개인마다 차이를 보이는 경사각이 어떠한 유사점과 차이점을 나타내는지 거시적으로 파악해 보았다.

후기

본 논문은 2008년도 문화체육관광부의 스포츠산업 기술개발 사업의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호 : S07-2008-22)

참고문헌

1. Frank R. Noyes, Steven X. Geobel and John West, "Opening Wedge Tibial Osteotomy : The 3-triangle Method to Correct Axial Alignment and Tibial Slope," *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.33, No.3, pp.378-387, 2005.
2. Erik Hohmann and Adam Bryant, "Closing or Opening Wedge High Tibial Osteotomy : Watch Out for the Slope," *Operative techniques in Orthopaedics*, Vol.17, No.1, pp.38-45, 2007.
3. Nicholas A. gaglione, Daniel P. Moynihan, and Christopher Uggen, "The Use of Allografts in High Tibial Osteotomy : Opening Wedge Technique," *Operative Techniques in Sports Medicine*, Vol.15, No.2, pp.72-80, 2007.