

Femoral Neck Anteversion Measured Using a 3D CT Scan Perpendicular to the Mechanical Axis of the Femur

Kwang Kyoun Kim, MD, Jae Young Roh, MD, Sang Bum Kim, MD,
Woo Suk Lee, MD*, Ye Yeon Won, MD[†], Dong Sik Chae, MD

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Konyang University, Daejeon, Korea

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea**

Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Ajou University, Suwon, Korea[†]

Purpose: We wanted to measure the femoral neck anteversion (FNA) angles using a 3D CT scan that perpendicularly cut the mechanical axis of the femur and to assess the accuracy and reproducibility of different measuring methods.

Materials and Methods: We obtained 95 cases of 3D CT images of the cross-section perpendicular to the mechanical axis of the femur. The methods used to measure the FNA angles included a method using the CT image of the area where the femoral neck is confluent to the greater trochanter (method 1), a method using the CT image taken from the neck base immediately prior to the beginning of the area of the lesser trochanter (method 2) and a method by which measurements are made after putting 3D bone models on a horizontal plane in virtual space (method 3). The reference axes of the distal femur we used were the anatomical transepicondylar axis, the surgical transepicondylar axis and the real posterior condylar axis.

Results: The FNA angles measured by method 1 were $4.79 \pm 6.41^\circ$ to the anatomical transepicondylar axis (ATEA), $6.09 \pm 6.58^\circ$ to the surgical transepicondylar axis (STEA) and $7.96 \pm 6.81^\circ$ to the real posterior condylar axis (rPCA). The FNA angles measured by method 2 were $16.01 \pm 8.31^\circ$ to the ATEA, $19.52 \pm 8.38^\circ$ to the STEA and $21.79 \pm 8.52^\circ$ to the rPCA. The FNA angles measured by method 3 were $20.15 \pm 12.89^\circ$ to the rPCA.

Conclusion: The measurement of the FNA angle using a 3D CT scan perpendicular to the mechanical axis is reproducible. The measurement method on the neck base level is more reliable than the one on the proximal neck confluence, and more similar to the measurement method by classic definition.

Key Words: Femur, Anteversion angle, Mechanical axis, Computed tomography

서론

대퇴 경부 전염각은 임신 전반기에는 0° , 임신 후반기 증가하여 출생 시 약 30° 정도이며 성인이 되면서 감소하

여 약 15° 에서 20° 정도로 알려져 있다¹⁾. 발달성 고관절 탈구, 뇌성 마비, 소아성 대퇴 골두 무혈성 괴사증, 연소기 류마티스 관절염, 대사성 골질환 등에서 대퇴 전염각은 증가 또는 감소할 수 있으며, 임상적으로 내측지나 외측지 보행, 고관절 운동 범위 제한, 탈구, 관절염 등의 증상을 보일 수 있다²⁾.

술 전 대퇴 전염각의 측정은 대퇴 근위부의 회전 절골술이나, 심하게 변형된 고관절의 인공 관절 치환술시 필요하며, 최근에는 네비게이션 시스템을 이용한 고관절 치환술시 이용된다. 1954년 Billing 등³⁾이 대퇴 경부 전염각에 대해 정의하였고 이후 다양한 결과가 보고 되었다³⁻¹¹⁾. 더욱 재현성 있고 정확한 측정을 위해 전산화 단층 촬영을 이용한 측정 방법이 도입되었으나, 측정 시 다리의 위치,

Submitted: October 13, 2010 1st revision: November 26, 2010

2nd revision: January 10, 2011 3rd revision: February 10, 2011

Final acceptance: February 21, 2011

- Address reprint request to **Kwang Kyoun Kim, MD**
Department of Orthopaedic Surgery, Konyang University Hospital,
685 Gasoowon-dong, Seo-gu, Daejeon 302-718, Korea
TEL: +82-42-600-6902 FAX: +82-42-545-2373
E-mail: ajouos@hanmail.net
Copyright © 2011 by Korea Hip Society

대퇴골 간부의 휘어짐, 촬영자의 숙련도, 단층면의 기준 등의 영향으로 측정 값에 오차가 발생할 수 있다^{2,11)}. 최근 인공관절 치환술에 이용되는 네비게이션 시스템은 환자의 자세나 대퇴간부의 휘어짐 등에 영향을 받지 않고 재현성 및 정확한 기계적 축을 얻을 수 있다는 장점이 있고, 또한 전염각의 기준으로 대퇴골 원위부에서 후과간 축뿐 아니라 다양한 해부학적 기준 축을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이에 저자들은 대퇴골의 기계적 축에 수직으로 촬영된 삼차원 단층 촬영 영상을 이용하여 대퇴 경부 전염각을 측정하고 측정 방법의 재현성과 정확성을 알아보려고 하였다.

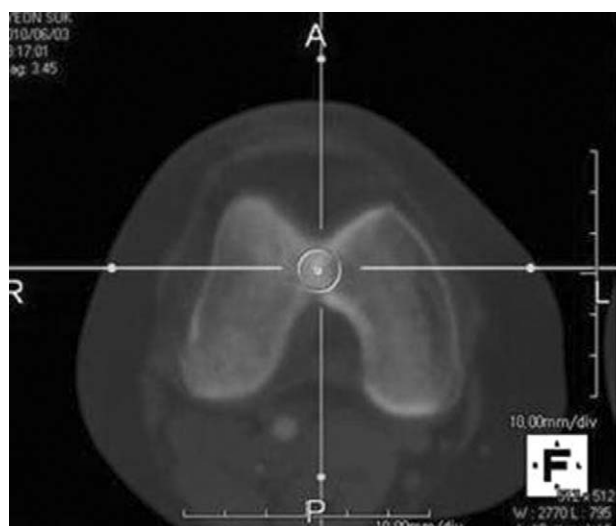


Fig. 2. The intercondylar notch center was defined as the middle of the line connecting the narrowest anterior-to-posterior borders on an axial section.

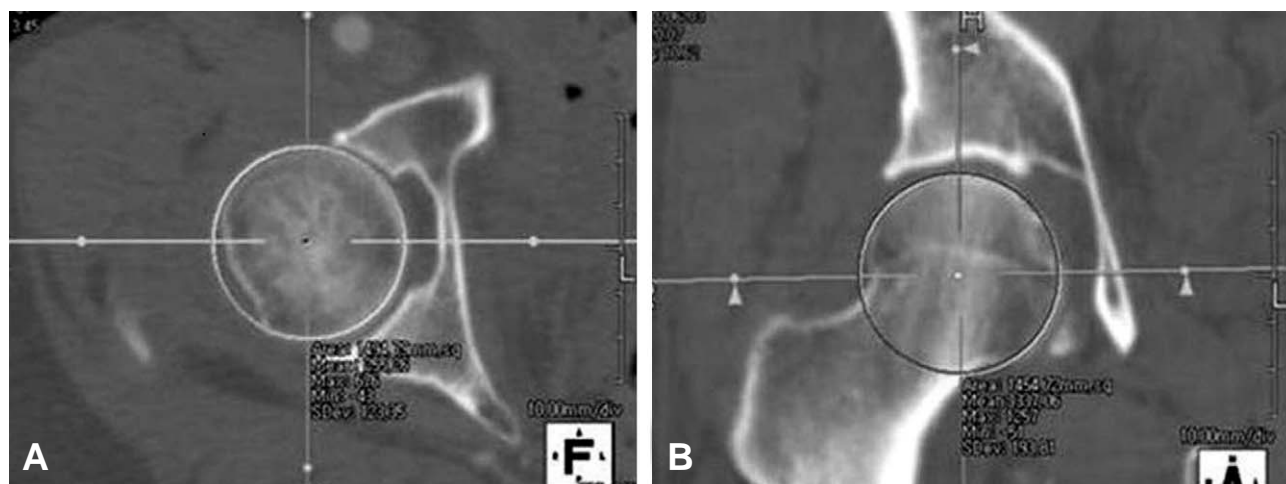


Fig. 1. The position of femoral head center was determined by placing a circle onto the circumference of the femoral head on a set of (A) axial and (B) coronal section views, showing the largest bone contour of the femoral head.

대상 및 방법

2006년 1월부터 2010년 3월까지 촬영된 274예의 양측 하지 삼차원 단층 촬영 혈관조영 영상(3D-CTA; 3-dimensional computed tomographic angiogram) 중 대퇴골 근위부나 원위부에 골절, 수술, 금속이 포함되어 있는 경우 등 전산화 단층 촬영 영상에서 정확히 해부학적 지표를 확인하기 어려운 경우 및 Kellgren-Lawrence 분류상 2 단계 이상으로 퇴행성 변화가 진행된 경우는 제외하였다. 총 95예의 하지 삼차원 단층 촬영 혈관조영 영상이 포함되었으며, 이 중 68예가 남자, 27예가 여성이었고 평균 연령은 52세(33~74세)였다.

삼차원 단층 촬영 혈관조영 영상은 골반부터 족부까지 1.5 mm 간격으로 촬영된 영상이며, 저자들은 이를 3D rendering 프로그램인 Aquaris NET (TeraRecon, Inc, 2006, San Mateo, CA, USA)을 이용하여 혈관 및 골반골, 경골이하 부위를 제거한 후 대퇴골만 얻었다. 대퇴골 모델을 기계적 축에 직각으로 1.0 mm 간격으로 단층 촬영하였다. 기계적 축의 기준은 삼차원으로 컴퓨터 단층촬영 영상에서 측상면, 관상면에서 대퇴 골두의 직경이 가장 큰 영상의 중심을 일치시켜 중심으로 정하고, 원위 대퇴부의 중심점은 측상 영상에서 과간절흔이 사라지는 영상 바로 직전 영상에서 대퇴골 과간의 중심을 정하여 원위 대퇴부의 기계적 축의 중심점으로 정하였다⁸⁾(Fig. 1, 2). 대퇴골의 기계적 축에 직각으로 1.0 mm 간격으로 촬영된 영상은 기하학적 계측을 위하여 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, American College of Radiology-National Electronic Manufacturing Association, 1993)파일로 PACS (Marosis m-view 5.0, MAROTECH, Seoul, Korea)에 전송하였다.

대퇴 전염각의 대퇴 경부 축은 촬영 면의 위치에 따라 2

개의 방법으로 분류하여 측정하였고, 이에 따른 원위 대퇴부의 기준 축은 3가지 방법으로 측정하였다. 첫째 방법은 근위부 기준법으로, Sugano 등⁶⁾ 및 Lee 등⁷⁾의 연구에서 사용되었던 경부가 대전자부로 이행되는 가장 근위부 (proximal most neck confluence)에서 측정하였다(방법 1). 경부축의 둘째 방법은 원위부 기준법으로, Billing 등³⁾ 및 Murphy 등⁶⁾의 연구에 사용되었던 소전자부가 시작되는 영상 직전의 경부 기저부에서 측정하였다(방법 2). 방법 1은 측상 단층 촬영 영상에서 대퇴 경부의 피질 골이 보이는 영상 바로 다음 원위부 영상의 경부에서 가장 좁은

부위를 경부 중심점으로 정하였고, 이 점과 근위 영상에서 이동시켜 중첩된 대퇴 골두 중심점을 연결한 축을 경부 축으로 설정하였다(Fig. 3A). 방법 2는 소전자부가 시작되기 직전의 경부 기저부에서 피질골 내측의 전방 및 후방벽에 일치하는 가장 큰 원형의 중심을 대퇴부의 중심점을 경부 중심점으로 하고, 이 점을 이동하여 중첩된 대퇴 골두의 중심점과 연결한 축을 경부축으로 설정하였다(Fig. 3B). 원위 대퇴부의 기준 축으로 실제 후과간 축, 해부학적 상과간 축, 수술적 상과간 축을 이용하였다(Fig. 4). 실제 후과간 축은 내측 후과의 가장 후방점과 외측 후과의

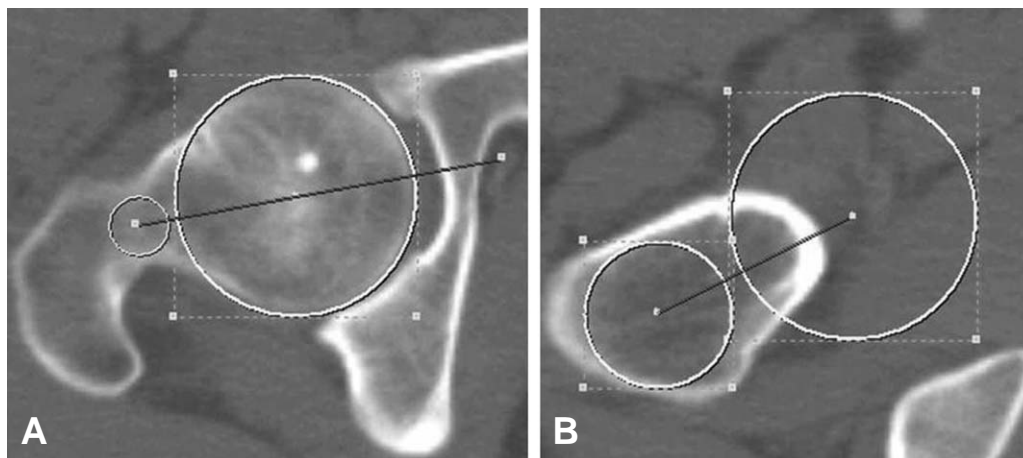


Fig. 3. (A) Femoral neck axis of method 1 was drawn femoral neck center using of CT image on proximal-most neck confluence slice level and superimposed femoral head center. (B) Femoral neck axis of method 2 was drawn using the center of the base of the femoral neck and superimposed femoral head center.

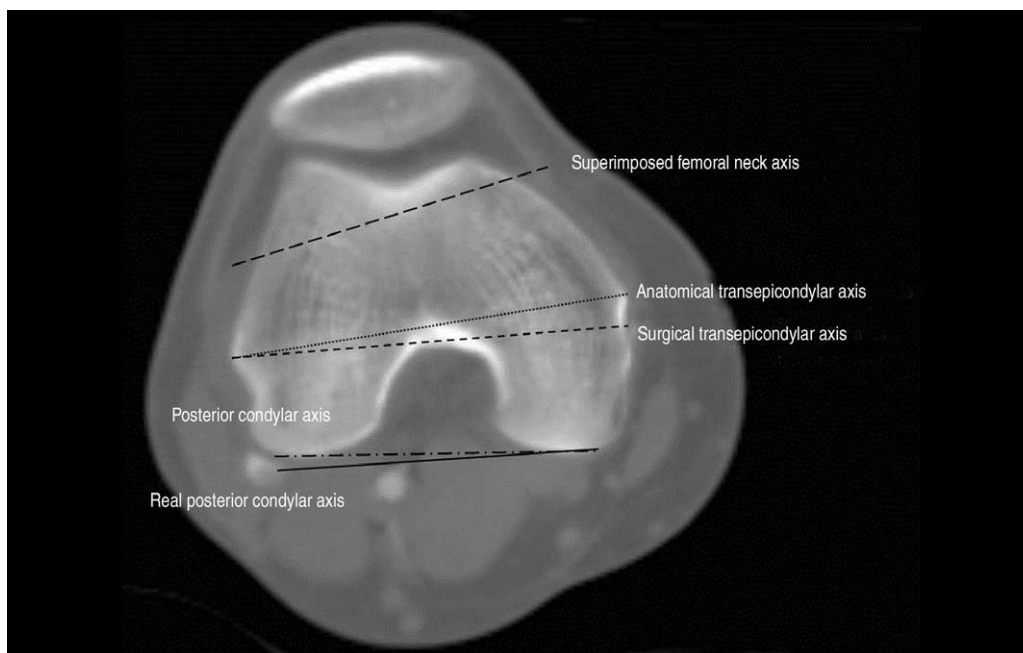


Fig. 4. Posterior condylar line is the tangent of the posterior femoral condyles, the Anatomical Trans Epicondylar Axis (TEA) connects the medial to the lateral epicondyle, the Surgical TEA connects the Medial sulcus to the lateral epicondyle.

가장 후방점이 동일한 영상에 없는 경우 외측 후방 정점을 내측 후방과의 정점이 촬영된 영상으로 이동하여 중첩한 후 두 점을 연결하여 측정하였다(Fig. 5). 고식적 후과간

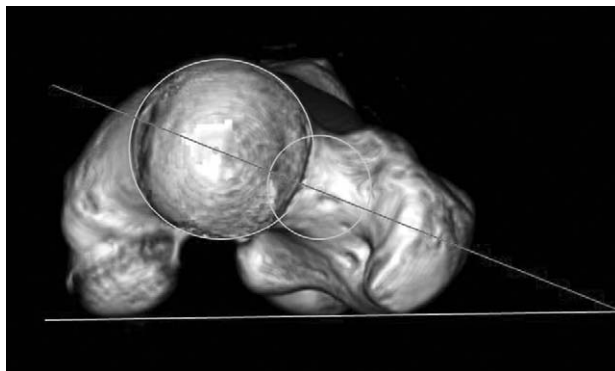


Fig. 6. Femoral neck axis of method 3 was measured on 3D bone model. On the top table position, the 3D bone model aligned to the mechanical axis. femoral neck axis was defined by the line drawn using femoral head center and the center of the middle of the line connecting the narrowest anterosuperior and posteroinferior border of the neck.

측은 내측 후과의 가장 후방점이 촬영된 영상에서 외과 후방점을 설정하여 연결한 선으로 측정하였다. 경부 축 및 원위부 축의 설정 및 전염각의 측정은 관찰자 1과 관찰자 2에 의해 최소 1주 간격을 두고 각각 2회에 걸쳐 측정 하였다.

삼차원 재조합 대퇴골 모델을 삼차원 가상 공간에서 수평면에 평행으로 올려놓고(탁자상 위치) 대퇴 골두의 중심과 원위 과간절흔의 중심을 일치시켜 기계적 축으로 정렬한 후 실제 후과간 축에 대한 전경사각을 측정하였다(방법 3). 경부 축의 기준은 대퇴 골두의 중심점과 대퇴 경부의 전상방연과 후하방연 사이의 가장 좁은 점을 연결하여 측정하였다^{1,2,8)}(Fig. 6). 측정자간 및 측정자내 오차 그리고, 측정 방법간의 결과를 분석하였으며 통계는 SPSS 14.0에서 ANOVA (Tukey Post Hoc test)와 paired t-test를 이용하였다.

결 과

방법 1로 측정한 대퇴 전염각은 해부학적 상과간 축에 대해서 $4.79 \pm 6.41^\circ$ (-18.4 - 26.3°), 수술적 상과간 축에 대해서 $6.09 \pm 6.58^\circ$ (-16.7 - 28.5°), 실제 후과간 축에 대해서

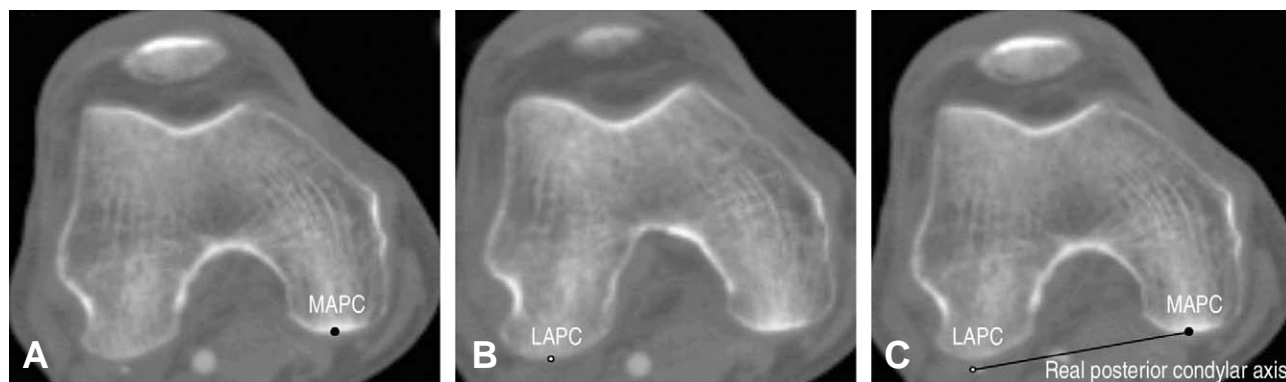


Fig. 5. Real posterior condylar axis was drawn. (A, B) As the most lateral posterior condyle and the most medial posterior condyle did not exist on same plane, (C) real posterior condylar axis was drawn on the most medial posterior condylar plane by superimposing the most lateral posterior condyle to the medial plane. MAPC: medial apex of posterior condyle, LAPC: lateral apex of posterior condyle.

Table 1. Results of Femoral Neck Anteversion* Measured by Method 1, 2 and 3(°)

Reference Axis	Method 1			Method 2			Method 3
	A-TEA [†]	S-TEA [‡]	rPCA [§]	A-TEA	S-TEA	rPCA	rPCA
Obs1-1 st	3.24 ± 7.69	6.38 ± 7.37	8.49 ± 8.04	16.24 ± 8.48	0.00 ± 8.48	22.07 ± 8.62	20.31 ± 12.90
Obs1-2 nd	3.69 ± 7.51	6.06 ± 7.89	8.69 ± 8.10	16.43 ± 8.28	0.18 ± 8.13	22.14 ± 8.78	20.13 ± 13.10
Obs2-1 st	6.01 ± 4.65	5.42 ± 4.07	7.46 ± 5.31	16.47 ± 8.10	8.97 ± 8.77	22.28 ± 8.37	20.36 ± 12.81
Obs2-2 nd	6.20 ± 4.61	6.30 ± 4.51	7.20 ± 5.18	14.92 ± 8.40	9.08 ± 8.14	20.66 ± 8.36	19.78 ± 12.60
Total	4.79 ± 6.41	6.09 ± 6.58	7.96 ± 6.81	16.01 ± 8.31	9.52 ± 8.38	21.79 ± 8.52	20.15 ± 12.89

*Values are means \pm SD, [†]A-TEA; anatomical transepicondylar axis, [‡]S-TEA; surgical transepicondylar axis,

[§]rPCA; real posterior condylar axis

는 $7.96 \pm 6.81^\circ$ (-12.1 - 32.8°)였다. 방법 2로 측정한 대퇴 전염각은 해부학적 상과간 축에 대해서 $16.01 \pm 8.31^\circ$ (-5.4 - 39.2°), 수술적 상과간 축에 대해서 $19.52 \pm 8.38^\circ$ (-2.1 - 41.8°), 실제 후과간 축에 대해서 $21.79 \pm 8.52^\circ$ (0.4 - 47.5°)였다(Table 1). 측정 방법의 재현성은 측정자간 및 측정자내 오차를 측정하였고 방법 1과 방법 2는 모두 통계적으로 재현성이 있는 측정 방법이었다(Table 2). 삼차원 재조합 영상에서 측정한 실제 대퇴 후과간 축에 대한 전경사각은 $20.15 \pm 12.89^\circ$ 였고 방법 1로 측정한 값과 비교해서는 통계적으로 의미있는 차이를 보이는 것이었으나, 방법 2로 측정한 값과는 통계적으로 의미있는 차이는 없었다(Table 3). 실제 대퇴 후과간 축은 고식적 대퇴 후과간 축보다 평균 $0.66 \pm 0.64^\circ$ 외회전 되었으며, 외측 대퇴 후과의 후방정점이 내측 후과의 후방 정점보다 평균 2.06 ± 1.34 mm 원위부에 있었다.

고 찰

대퇴 경부 전염각의 측정은 변형된 근위 대퇴부의 회전 절골술이나 고관절의 인공관절 치환술 등의 수술 전 계획 및 수술 후 결과에 중요하다. 증가된 또는 감소된 대퇴 전경사각은 외측지 또는 내측지 보행, 고관절의 골관절염, 수술후 탈구, 운동 범위 감소, 인공 삽입물에 가해지는 응력의 증가 및 수명에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다^{1,2)}. 최근 컴퓨터 네비게이션 시스템을 이용한 고관절 치환술이 도입되면서 다양한 해부학적 표지자를 이용해서 세밀하고 정확한 비구컵의 전염각뿐 아니라 대퇴주대의 외반, 내반, 전경사각을 모니터 하면서 삽입할 수 있다.

1954년 Billing 등^{3,6)} 이 근위 대퇴부의 해부학적 구조와 대퇴 전염각에 대해 정의하였다^{3,6)}. 이후 재현성이 있고 정확한 전경사각의 측정에 관한 연구가 계속되었으나, 측정된 결과는 촬영자의 경험 및 촬영 도구, 측정자의 측정 방법 등에 따라 다양한 결과를 보였다^{3-9,11-14,17)}. 또한, 보다 정

Table 2. Intraobserver and Interobserver Mean Error and Comparison of Method 1, 2 and 3($^\circ$)

Method	Measuring Point	Comparison	Obs*-trial	Obs-trial	Mean Error \pm SD	P-value
Method 1	A-TEA	Intraobs. ⁺	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	1.2 ± 1.6	0.868
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.8 ± 2.2	0.994
		Interobs. ⁺	Obs1	Obs2	2.3 ± 3.2	0.987
	S-TEA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	1.7 ± 1.5	1.000
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.3 ± 1.4	0.917
		Interobs.	Obs1	Obs2	2.3 ± 4.2	0.091
	rPCA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	0.8 ± 1.5	0.985
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.4 ± 2.8	0.800
		Interobs.	Obs1	Obs2	1.6 ± 3.7	0.321
Method 2	A-TEA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	1.4 ± 1.7	0.999
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.9 ± 2.1	0.573
		Interobs.	Obs1	Obs2	2.1 ± 3.6	0.998
	S-TEA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	2.0 ± 4.2	0.999
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.8 ± 4.3	1.000
		Interobs.	Obs1	Obs2	2.2 ± 4.8	0.916
	rPCA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	1.5 ± 3.9	1.000
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.2 ± 3.5	0.559
		Interobs.	Obs1	Obs2	0.9 ± 2.7	0.998
Method 3	rPCA	Intraobs.	Obs1-1 st	Obs1-2 nd	1.8 ± 4.1	0.997
			Obs2-1 st	Obs2-2 nd	1.4 ± 3.8	1.000
		Interobs.	Obs1	Obs2	2.1 ± 4.6	0.414

*Obs ; observer, + Intraobs ; intraobserver, + Interobs ; interobserver

Table 3. Comparison of Femoral Neck Anteversion* Obtained by referencing rPCA with Those of Measuring Method($^\circ$)

		Method 3	P-value
Method1	7.96 ± 6.81	20.15 ± 12.89	0.000
Method2	21.79 ± 8.52		0.621

*Values are means \pm SD

확한 측정을 위해 전산화 단층촬영이 도입되었으나 측정 방법에 따라 다양한 결과의 차이를 보였고, 이는 환자의 하지 위치의 변화, 대퇴간부의 휘어짐, 촬영 기술자의 숙련도 및 해부학적 기준점 선정의 차이에 기인한다고 생각되었다. 이에 저자들은 네비게이션 시스템을 이용한 고관절 및 슬관절 치환술을 응용하여 재현성있는 촬영 기준으로 기계적 축을 설정하였고 원위 대퇴부의 기준 축을 후과간 축뿐 아니라 실제 후과간 축, 해부학적 상과간 축, 수술적 상과간 축을 설정하여 측정하였다. 후과간 축은 퇴행성 변화나 변형 등의 영향을 많이 받아 측정시 오차가 발생할 수 있는 단점이 있는 반면, 대퇴 과간축은 네비게이션을 이용한 고관절 치환술시 해부학적 지표로 사용될 수 있으며, 또한 이에 대한 전염각의 결과는 회전 변형된 대퇴 원위부의 교정술이나 슬관절 치환술시 유용하게 이용될 수 있다. 저자들은 방법 2에서 Billing 등³⁾과 Murphy 등⁶⁾이 설정한 기준으로 경부 기저부에서 촬영된 영상에서 대퇴 경부의 중심을 삼았다. 저자들이 고식적인 대퇴 경부 기저부에서 촬영된 영상을 경부 중심점으로 설정한 이유는 임상적으로 고관절 치환술시는 주대가 삽입된 대퇴 기저부와 치환된 골두와의 관계가 중요하다고 생각했기 때문이었다. 대퇴의 장축은 경부축과 교차하지 않으며, 경부가 원통형 구조라기 보다는 타원형 구조이며, 하나의 원통형 구조가 대퇴 간부와 대퇴 골두를 연결하는 구조라기 보다는 전상부와 후하부의 두개의 원통이 교차하면서 대퇴골두에 합입되는 구조라고 사료되었다^{5,6)}. 또한, 저자들의 재조합 3차원 모델의 연구에서도 경부 상부만을 기준으로 한 경우 $18.15 \pm 10.59^\circ$, 후방만 고려한 경우 즉 대퇴 전자부를 기준으로 한 경우 $21.46 \pm 5.73^\circ$, 대퇴 경부 전상면과 후하면을 포함한 경우는 $20.15 \pm 12.89^\circ$ 를 보여 대퇴 경부의 근위부와 원위부에 따라 진행방향이 다를 수 있었다. 저자들의 경우 방법 1에서는 전염각이 $7.96 \pm 6.82^\circ$, 방법 2에서 $21.79 \pm 8.52^\circ$ 로 원위부에서 측정 할수록 전염각이 증가하였고, 이는 원위부로 갈수록 전염각이 증가한다고 보고한 Sugano 등⁷⁾과 Lee 등⁸⁾의 보고와 일치하였다.

Lee 등은 ORTHODOC[®] 프로그램을 이용해 변형된 ISS (integrated surgical system, CA, USA)을 이용하여 근위경부가 대전자로 이행되는 부위에서 평균 8.55° 의 전경사각을 보고하였으며, 저자들의 경우는 평균 7.96° 로 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다($P=0.529$). 이는 두 방법 모두 재현성 있는 기계적 축을 이용하였기 때문으로 생각된다. 최근 삼차원 rendering 프로그램의 보급으로 가상 공간에서 삼차원 모델의 기하학적 연구가 가능해졌다. Kim 등^{9,10)}은 재조합 3 차원 골 모델을 이용한 방법이 2 차원 컴퓨터 단층촬영 영상을 이용한 연구 방법에 비해 더욱 정확하며, 카테바 모델과의 비교 연구에서 2° 이내의 차이를 보고한바 있다. 저자들도 삼차원 골 모델을 이차원 단층 촬영 영상의 정확성을 평가하기 위해서 사용하였으

며, 경부 기저부에서 실제 후과간 축에 대해 측정한 전염각은 이차원 단층 촬영 영상에서 $21.79 \pm 8.52^\circ$ 로, 삼차원 골 모델에서 측정한 $20.15 \pm 12.89^\circ$ 와 의미 있는 차이는 없었다($P=0.621$).

결 론

대퇴골의 기계적 축에 수직으로 촬영된 삼차원 전산화 단층 촬영 영상을 이용한 대퇴 전염각의 측정은 재현성 있는 측정 방법이며, 경부 기저부에서 측정하는 방법은 근위부에서 측정한 방법보다 정확하였고, 고식적 정의에 의해 측정한 방법과 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다.

REFERENCES

1. Kingsley PC, Olmsted KL. A study to determine the angle of anteversion of the neck of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30A:745-51.
2. Kuo TY, Skedros JG, Bloebaum RD. Measurement of femoral anteversion by biplane radiography and computed tomography imaging: comparison with an anatomic reference. *Invest Radiol.* 2003;38:221-9.
3. Billing L. Roentgen examination of the proximal femur end in children and adolescents; a standardized technique also suitable for determination of the collum-, anteversion-, and epiphyseal angles; a study of slipped epiphysis and coxa plana. *Acta Radiol Suppl.* 1954;110:1-80.
4. Weiner DS, Cook AJ, Hoyt WA Jr, Oravec CE. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion. *Orthopedics.* 1978;1:299-306.
5. Reikerås O, Bjerkreim I, Kolbenstvedt A. Anteversion of the acetabulum and femoral neck in normals and in patients with osteoarthritis of the hip. *Acta Orthop Scand.* 1983;54:18-23.
6. Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK, Wilkinson RH, Griscom NT. Femoral anteversion. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:1169-76.
7. Sugano N, Noble PC, Kamaric E. A comparison of alternative methods of measuring femoral anteversion. *J Comput Assist Tomogr.* 1998;22:610-4.
8. Lee YS, Oh SH, Seon JK, Song EK, Yoon TR. 3D femoral neck anteversion measurements based on the posterior femoral plane in ORTHODOC system. *Med Biol Eng Comput.* 2006;44:895-906.
9. Kim JS, Park TS, Park SB, Kim JS, Kim IY, Kim SI. Measurement of femoral neck anteversion in 3D. Part 1: 3D imaging method. *Med Biol Eng Comput.* 2000;38:603-9.
10. Kim JS, Park TS, Park SB, Kim JS, Kim IY, Kim SI. Measurement of femoral neck anteversion in 3D. Part 2: 3D modelling method. *Med Biol Eng Comput.* 2000;38:610-6.
11. Hermann KL, Egund N. CT measurement of anteversion in the femoral neck. The influence of femur positioning. *Acta Radiol.* 1997;38:527-32.

12. Hernandez RJ, Tachdjian MO, Poznanski AK, Dias LS. CT determination of femoral torsion. *AJR Am J Roentgenol*. 1981;137:97-101.
13. Dunn DM. Anteversion of the neck of the femur; a method of measurement. *J Bone Joint Surg Br*. 1952;34-B:181-6.
14. Edholm P. Nomogram for measuring the anteversion angle and angulation of fracture from roentgenograms. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1972;12:856-64.
15. Ryder CT, Crane L. Measuring femoral anteversion; the problem and a method. *J Bone Joint Surg Am*. 1953;35-A:321-8.
16. Henriksson L. Measurement of femoral neck anteversion and inclination. A radiographic study in children. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1980;186:1-59.
17. Backman S. The proximal end of the femur: investigations with special reference to the etiology of femoral neck fractures; anatomical studies; roentgen projections; theoretical stress calculations; experimental production of fractures. *Acta Radiol Suppl*. 1957;146:1-166.
18. Griffin FM, Insall JN, Scuderi GR. The posterior condylar angle in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty*. 1998;13:812-5.
19. Newbern DG, Faris PM, Ritter MA, Keating EM, Meding JB, Berend ME. A clinical comparison of patellar tracking using the transepicondylar axis and the posterior condylar axis. *J Arthroplasty*. 2006;21:1141-6.

국문초록

기계적 축에 수직으로 재구성된 삼차원 단층 촬영 영상을 이용하여 측정한 대퇴 경부 전염각의 측정

김광균 · 노재영 · 김상범 · 이우석* · 원예연[†] · 채동식

건양대학교 의과대학 정형외과학교실, 연세대학교 의과대학 정형외과학교실*
이주대학교 의과대학 정형외과학교실[†]

목적: 기계적 축에 수직으로 촬영된 단층 촬영 영상을 이용하여 측정한 대퇴 전염각의 재현성과 정확성을 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법: 대퇴골의 기계적 축에 수직으로 촬영된 삼차원 단층촬영 영상 95예를 대상으로 하였다. 경부축은 경부가 대전자부로 이행하는 부위에서 측정한 방법(방법 1), 경부 기저부에서 측정한 방법(방법 2), 삼차원 재조합 모델로 측정한 방법(방법 3)으로 측정하였다. 원위 대퇴부의 축은 해부학적 상과간 축, 수술적 상과간 축, 실제 후과간 축을 이용하였다.

결과: 방법 1로 측정한 전염각은 해부학적 상과간 축에 대해서는 $4.79 \pm 6.41^\circ$, 수술적 상과간 축에 대해서는 $6.09 \pm 6.58^\circ$, 실제 후과간 축에 대해서는 $7.96 \pm 6.81^\circ$ 였다. 방법 2로 측정한 전경사 각은 해부학적 상과간 축에 대해서는 $16.01 \pm 8.31^\circ$, 수술적 상과간 축에 대해서는 $19.52 \pm 8.38^\circ$, 실제 후과간 축에 대해서는 $21.79 \pm 8.52^\circ$ 였다. 방법 3으로 측정한 전염각은 실제 후과간 축에 대해 $20.15 \pm 12.89^\circ$ 였다.

결론: 대퇴골의 기계적 축에 수직으로 촬영된 삼차원 전산화 단층 촬영 영상을 이용한 전염각의 측정은 재현성이 있는 측정 방법이며, 경부 기저부에서 측정하는 방법은 근위부에서 측정한 방법보다 정확하였고, 고식적 정의에 의해 측정한 방법과 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다.

색인단어: 대퇴골, 전염각, 기계적 축, 전산화 단층 촬영