

슬관절의 전후 방사선 및 측면 방사선 사진상 경골축의 분석

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

정재봉 · 한창동 · 양익환 · 제진호

= 국문 초록 =

목적: 슬관절 전치환술 후 치환물 위치에 대한 방사선학적 평가에서 슬관절 방사선 사진만으로 평가 기준이 되는 축이 있는지 알고자 한다.

대상 및 방법: 정상 성인 51명(남 28, 여 23)의 경골 전후면 및 측면 방사선 사진을 촬영하였다. 평균나이는 50.0세(17~84), 우측 26개, 좌측 25개였다. 전후면 사진상 경골 고평부와 역학적 축, 해부학적 축, 근위경골 해부학적 축이 이루는 내측 각을 측정하여 해부학적 축에 대한 상관관계를 알아보았다. 측면 사진상 내과 고평부와 측면 해부학적 축, 근위 경골 해부학적 축, 근위 경골 전방 및 후방 경골 피질부 연장선의 수직선이 이루는 후방각을 측정하여 해부학적 축에 대한 상관관계를 조사하였다.

결과: 전후면 상에서, 역학적 축과 근위경골 해부학적 축이 해부학적 축과 의미있는 상관관계를 보였고 ($p<0.05$), 근위 경골 해부학적 축이 해부학적 축과 가장 가까운 관계임을 보였다.

측면 상에서, 근위 경골 해부학적 축, 근위 경골 전방 및 후방 피질부 연장선이 해부학적 축과 의미 있는 상관관계를 보였고($p<0.05$), 전방 피질부 연장선이 해부학적 축과 가장 유사한 관계를 보였다.

결론: 슬관절 전치환술 후 경골 사진 대신 슬관절 사진에서 근위 경골 해부학적 축과 전방 경골 피질부를 이용하여 치환물의 내측각과 후방 경사각을 쉽고 정확하게 평가할 수 있다.

색인 단어: 경골, 근위 경골 해부학 축, 후방 경사각, 슬관절 전치환술

서 론

슬관절 전치환술 후 방사선학적 평가에 있어 일반적으로 하지 전장의 양측 하지 체중 부하 전후면 방사선 사진을 촬영하여 대퇴 골두의 중심과 발목관절의 중심을 잇는 역학적 하지축(mechanical axis)과, 대퇴골과 경골 각각의 해부학적 축(anatomical axis)을 측정하여 치환물의 삽입 위치 및 내외반 여부, 후방 경사각에 대한 술 후 평가를 하여 왔다. 하지만 술 후 환자의 통증과 전신상태, 비용 및 시간을 고려할 때 하지 전장의 방사선 사진보다 수술 장소에서 슬관절 사진만을 촬영하여 측정하는 경우가 많다. 이 경우 경골의 근위부 만이 촬영되기 때문에 경골 전

체의 해부학적 축을 알아보기 힘들어 전후면 방사선 사진상 슬관절 경골 치환물 관절면과 경골의 해부학적 축이 이루는 내측각(β)이나 측면 방사선 사진상 슬관절 경골 치환물 관절면과 경골의 측면 해부학적 축이 이루는 후방 경사각(σ)을 정확히 측정하기 어렵다.

이에 저자들은 정상 성인의 경골 전장 전후면 및 측면 방사선 사진을 이용하여 전후면 역학적 축과 경골 해부학적 축 및 미리 정한 경골 근위부 두 지점의 중점을 연결한 근위경골 해부학적 축(proximal tibial anatomical axis)의 상관 관계와 측면 사진에서 역시 측면 해부학적 축을 중심으로 측면 근위경골 해부학적 축, 전방 경골 피질부, 후장 경골 피질부의 상관관계를 조사하여 슬관절 방사선 사진에서도 전후

Corresponding Author: Chang Dong Han, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University, College of Medicine,
134 Sinchon-dong, Seodaemun-gu Seoul, Korea
Tel : 02-2228-2193, Fax : 02-361-1139, E-mail : cdhan@yumc.yonsei.ac.kr

면 경골 간부 축(tibial shaft axis)이나 측면 경골 간부 축을 대신하여 기준이 될 수 있는 축을 알아 보고자 한다.

대상 및 방법

정상 성인 남녀 51명의 경골 전후면 및 측면 방사선 사진을 촬영하였다. 평균나이는 50.0세 (17~84)였고, 남자는 28명, 여자는 23명이었으며, 우측은 26개, 좌측은 25개였다.

전후면 경골의 역학적 축은 골극을 제외한 경골 고평부 중점과 발목관절의 거골 중점을 잇는 선으로 정의하였고⁸⁾. 전후면 경골의 해부학적 축은 경골의 근위 1/3 부위의 골수강 내 중심과 원위 1/3부위의 골수강 내 중심을 연결하는 선으로 정의하였다¹⁰⁾. 전후면 근위 경골 해부학적 축은 근위경골의 골간단-골간(metaphyseal-diaphyseal) 경계부의 골수강 내 중심과 슬관절 면에서 12센티미터 하방 경골 부위의 골수강 내 중심을 연결한 선으로 정의하였다.

측면 경골의 해부학적 축은 경골의 근위 1/3 부위의 골수강 내 중심과 원위 1/3부위의 골수강 내 중심을 연결하는 선으로 정의하였고¹⁰⁾. 측면 근위 경골 해부학적 축은 근위경골의 골간단-골간 경계부의 골

수강 내 중심과 슬관절 면에서 12센티미터 하방 경골 부위의 골수강 내 중심을 연결한 선으로 정의 하였으며. 이상의 모든 골수강 내 중심은 관찰자간의 오차를 줄이기 위해 해당 위치에서 피질의 외연을 연결한 선의 중심으로 결정하였다. 그 외 근위 경골 전방 피질골의 연장선은 경골 조면 직하방에서 시작하여 근위 경골 전방 피질골 외측면을 따라 선을 그었고 근위 경골 후방 피질골의 연장선은 경골 간부 후방 피질골 외측면과 골간단 부위에서 피질골이 각형성을 하기 직전의 외측면을 선으로 연결하였다¹⁾.

전후면 방사선 사진상으로는 경골 고평부 내외파의 연결선과 경골의 전후면 역학적 축, 경골 해부학적 축, 근위경골 해부학 축이 이루는 내측 각(Fig. 1)을 측정하여 경골 해부학 축과 이루는 내측각을 기준으로 상관 관계를 알아보았다.

측면 방사선 사진상으로는 경골 고평부 내파가 외파보다 더 편평하므로 내파에 평행한 선을 긋고 이에 대해 측면 경골의 해부학적 축, 측면 근위 경골 해부학적 축, 근위 경골 전방 피질부(anterior cortex of proximal tibia)의 연장선, 근위 경골 후방 피질부(posterior cortex of proximal tibia)의 연장선이 이루는 각의 수직선이 이루는 후방 경사각(Fig. 2)을 측정하여 마찬가지로 측면 경골의 해부학적 축

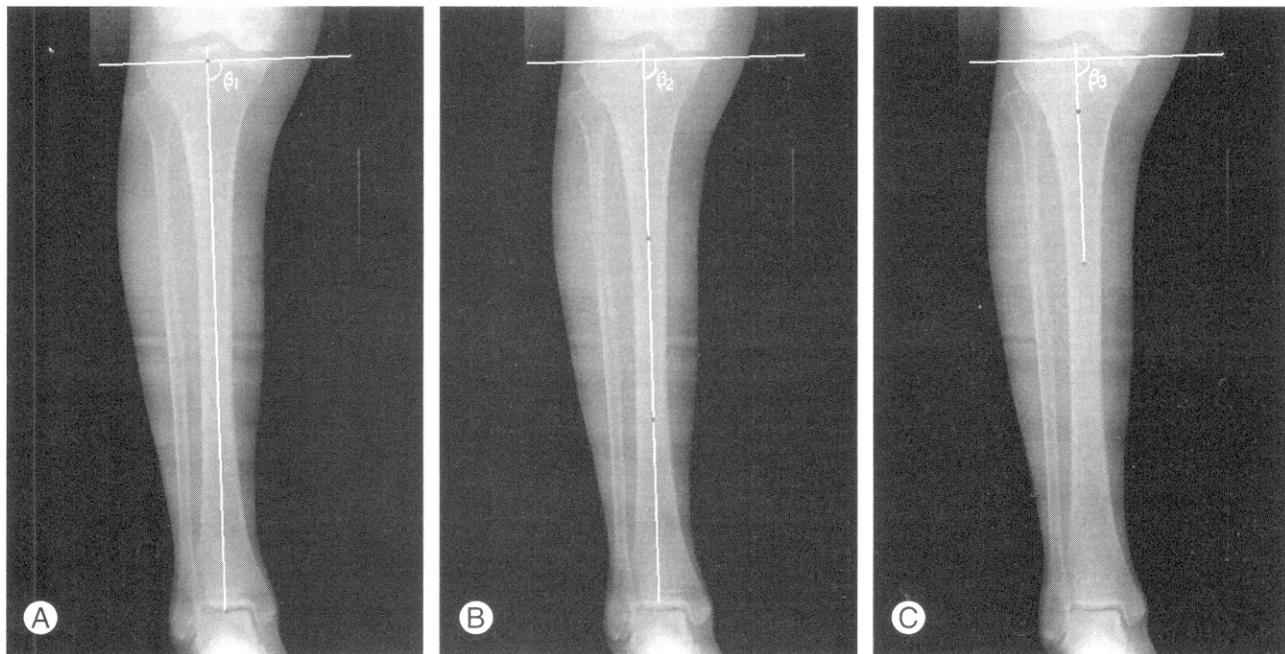


Fig. 1. True antero-posterior radiographs of tibia. Medial angle(β) between a line which is made from medial to lateral condyle edge of tibia and tibia axis (A)Mechanical axis of tibia(β_1) : a line which is made between mid-point(red spot) of tibia plateau and ankle joint each. (B)Anatomical axis of tibia(β_2) : a line which is made between mid-point(dark spot) of medullary canal of proximal and distal one-third tibia each. (C)Proximal tibia anatomical axis(β_3) : a line which is made between mid-point(dark spot) of medullary canal of 12cm under the knee joint and metaphyseal-diaphyseal junction each.

(anatomical axis)이 이루는 후방 경사각을 기준으로 다른 각들과의 상관관계를 조사하였다.

각 측정은 동일 관찰자가 컴퓨터 방사선 사진 전송 시스템(PACS, Picture Archiving and Communication System)의 방사선 사진을 이용하여 한 번 수당 2회 측정하였고 그 평균값을 측정각으로 사용하였다. 통계 분석은 피어슨 상관관계(Pearson correlation test) 및 T-test를 이용하였다.

결 과

전후면 방사선 사진에서, 경골 고평부 내외과 연결 선과 경골의 역학적 축이 이루는 내측각(β_1), 경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β_2), 근위경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β_3)의 평균은 각각 86.15, 86.19, 86.14도였다. 경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β_2)를 중심으로 한 피어슨 상관관계상 경골의 역학적 축이 이루는 내측각(β_1)과 근위경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β_3) 모두 경골 해부학적 축과 의미 있는 상관관계($p<0.05$)를 보였고, 근위 경골 해

부학적 축이 경골의 역학적 축보다 더 경골 해부학적 축과 가까운 관계임을 보였다(T-test).

측면 방사선 사진에서, 경골 내과에 평행한 선과 경골의 해부학적 축에 수직인 선이 이루는 후방경사각(σ_1), 근위 경골 해부학적 축에 수직인 선이 이루는 후방경사각(σ_2), 근위 경골 전방 피질부의 연장선에 수직인 선이 이루는 후방 경사각(σ_3), 근위 경골 후방 피질부 연장선에 수직인 선이 이루는 후방경사각(σ_4)의 평균은 각각 10.26, 9.10, 10.80, 5.78도로 후방 경골 피질부 연장선에 의한 후방 경사각이 가장 작았다. 경골의 해부학적 축(σ_1)을 기준으로 한 피어슨 상관관계상, 근위 경골 해부학적 축(σ_2), 근위 경골 전방 피질부 연장선(σ_3), 근위 경골 후방 피질부 연장선(σ_4) 모두 의미 있는 상관관계를 보였고, 특히 근위 경골 전방 피질부 연장선(σ_3)이 가장 큰 상관관계를 보였다. T-test 상으로도 측면에서는 근위 경골 전방 피질부 연장선이 가장 경골 해부학적 축과 유사한 관계를 보였으나, 전후면 경골 해부학적 축과 근위 경골 해부학적 축의 유사성보다는 적었다(Table 1,2).

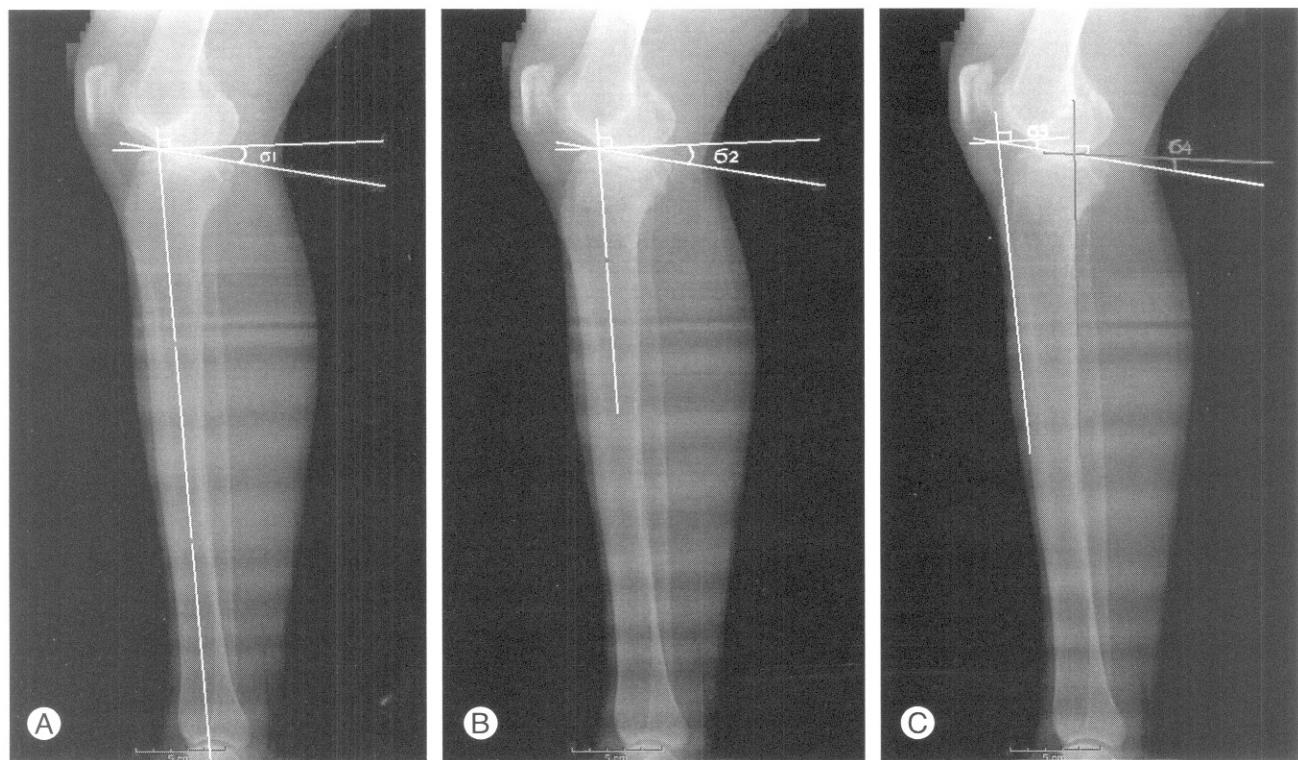


Fig. 2. True lateral radiographs of tibia, Posterior angle(σ) between a line of medial condyle of tibia plateau and perpendicular line of tibia axis. (A)Lateral anatomical axis(σ_1) : a line which is made between mid-point(dark spot) of medullary canal of proximal and distal one-third tibia each. (B)Lateral proximal tibia anatomical axis(σ_2) : a line which is made between mid-point(dark spot) of medullary canal of 12cm under the knee joint and metaphyseal-disphyseal junction each. (C)Lateral anterior cortex axis of proximal tibia(σ_3) and lateral posterior cortex axis of proximal tibia(σ_4).

고 칠

슬관절 전치환술 후에 삽입물의 적절한 정렬이 환자의 예후에 매우 중요하다. 이유는 부적절한 절골술로 인한 부정정렬은 삽입물의 마모와 해리를 유발하여 슬관절 치환술 실패의 주요한 원인이 되기 때문이다.^{7,9,12,14)}

슬관절 전치환술 시 경골 절제는 경골 해부학적 축에 수직으로 시행해야 하며 경골 근위부의 내반 및 외반 변형 여부에 관계없이 절골하기 위해 경골 골수강 외 지침자(extramedullary tibia cutting guide)가 유용하다⁴⁾. 즉, 경골 삽입물이 경골의 해부학적 축에 수직으로 삽입되어야 경골 해부학적 축이 술 후 전장 역학적 축에 평행하게 되므로^{2,6,15)} 술 후 경골 치환물의 내반 혹은 외반 여부를 평가하기 위해서는 경골 전체의 해부학적 축을 기준으로 삼아야 한다.

후방 경사각의 측정에 있어서는 현재까지 적합한 측정 기준에 대한 원칙이 정립되어 있지 않았고, 저마다 다른 기준으로 측정하였으나 대체로 측면 경골의 해부학적 축을 이용해 왔다^{3,11)}. 이는 술 중 경골 절제 시 골수강 외 지침자(extramedullary tibia cutting guide)를 이용하여 측면상에서 경골의 후방 경사를 결정하므로 경골 전장의 해부학적 축을 기준으로 술 후 평가를 하는 것이 합당하다.

미국 슬관절 학회(The American knee society)⁵⁾의 슬관절 전치환술 후 방사선학적 평가에서도 슬관절 전후면 방사선 사진 상 인공 슬관절 대퇴 치환물 관절면과 대퇴골의 해부학적 축이 이루는 내측각(α), 슬관절 경골 치환물 관절면과 경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β)을 측정하였고, 측면 방사선 사진에서는 슬관절 경골 치환물 관절면과 측면 경골 해부학적 축이 이루는 후방 경사각(σ)을 측정하였으므로 정확한 술 후 평가를 위해서는 전장 경골 전후면 및 측면 방사선 사진이 필요하다.

하지만, 일반적으로 술 후 시행하는 방사선 사진은 환자의 통증, 시간 및 노력을 줄이기 위해 수술 장소에서 슬관절 전후면 및 측면 만을 촬영하기 때문에 경골 전장을 통해 얻을 수 있는 전후면 및 측면 경골 해부학적 축을 구할 수 없어 정확한 경골 내측각(β) 및 후방경사각(σ)을 평가하기 힘들었다.

Brazier 등¹⁾은 83례의 슬관절 측면 방사선 사진 상 후방경사각의 방사선 계측에 대한 연구를 통해 경골 간부 해부학적 축을 중심으로 근위 경골 해부학적 축, 전방 경골 피질, 후방 경골 피질, 근위 비골 해부학적 축이 모두 의미 있는 상관관계를 가짐을 밝혔다. 특히, 근위 경골 해부학적 축과 후방 경골 피질이 더 큰 상관관계가 있고 이들만이 나이와 성별에 영향을 받지 않는다고 주장했다.

본 연구에서도 측면 사진상 후방 경사각 측정에서,

Table 1. Summary of results(Pearson correlation test)

Axis	Mech. (β_1)	Anat. (β_2)	Prox. Anat. (β_3)	Lat. Anat. (σ_1)	Lat. Prox. Anat. (σ_2)	Lat. Ant. Co. (σ_3)	Lat. Post. Co. (σ_4)
Me.	86.15	86.19	86.14	10.26	9.10	10.80	5.78
r	Anat.	0.914	1.0	0.962			
p		<0.0001	<0.0001				
Lat.							
r	Anat.			1.0	0.935	0.945	0.941
p					<0.0001	<0.0001	<0.0001

Anat. : anatomical axis, Ant. : anterior, Post. : posterior, Lat.: lateral, Co.: cortex

Me. : mean, Mech. : mechanical axis, p: p-value, r: r-value,

Table 2. Summary of results (T-test)

Axis	Mech. (β_1)	Anat. (β_2)	Prox. Anat. (β_3)	Lat. Anat. (σ_1)	Lat. Prox. Anat. (σ_2)	Lat. Ant. Co. (σ_3)	Lat. Post. Co. (σ_4)
t	Anat.	0.47	0.0	0.18			
Lat.							
t	Anat.			0.0	5.93	-2.19	22.32

Anat. : anatomical axis, Ant. : anterior, Post. : posterior, Lat.: lateral, Co.: cortex

Me. : mean, Mech. : mechanical axis, t : t - value

경골 해부학적 축과 근위 경골 해부학적 축, 전방 경골 피질, 후방 경골 피질이 의미 있는 상관관계를 가지고 이 중 근위 전방 경골 피질부 연장선(σ_3)이 가장 큰 상관관계를 가지며 ($R=0.945$) 근위 경골 해부학적 축 보다는 후방 경골 피질이 더 큰 상관관계 ($R=0.935$, $R=0.941$)를 보이고 있다. T-test 상에서는 전방 경골 피질 연장선이 다른 축에 비해 경골 해부학적 축과 가장 유사한 값을 보이고 있고, 근위 경골 해부학적 축 보다는 후방 경골 피질 연장선이 경골 해부학적 축에 더 유사성을 보이고 있다. 전후면 방사선 사진상으로는 근위 경골 해부학적 축이 전후면 경골 해부학적 축과 깊은 상관관계 ($R=0.962$)를 가지며 T-test 상에서도 큰 유사성 ($t=0.18$)을 보인다.

Brazier 등¹⁾이 후방 경사각을 구하기 위해 근위 경골 해부학적 축이나 후방 경골 피질을 이용할 수 있음을 보였으나 본 연구에서는 후방 경골 피질부 보다는 전방 경골 피질이 더 큰 상관관계를 보임을 알 수 있다. 이는 서양인에서 근위 경골 해부학적 축과 후방 경골 피질이 경골 해부학적 축과 유사한 반면, 우리나라의 경우 경골이 서양사람들 보다 짧고 전방 휩(anterior bowing)이 심해 측면 경골 간부에 대해 후방 경골 피질이나 근위 경골이 후방으로 더 각형성을 하게 되어 전방 경골 피질이 경골 간부와 거의 평행하게 되는 효과 때문으로 생각된다.

본 연구는 동일 관찰자가 반복하여 경골 각도를 측정하여 그 평균값을 이용하였으므로 관찰자간 오차가 발생할 수는 없으나 관찰자 내 오차가 발생할 수 있고, 표본수도 51례로 적어 이러한 오차에 의한 영향이 커질 수 있다. 또한 경골 후방각의 경우 각 측정 값이 10도 이내의 작은 값을 보이므로 작은 측정 오차에도 그 결과차이가 커질 가능성이 있다.

또한 근위경골의 심한 내반 변형이 있는 중등도의 퇴행성 슬관절염을 가진 환자의 경우 근위 경골 해부학 축이 경골 간부 축과 일치 하지 않을 가능성이 높아 오차가 커질 수 있음을 주지하여야 한다^{13,15)}.

이제 까지 하지 전장 방사선 사진을 통해 측정할 수 있었던 슬관절 치환물의 내측각과 후방각을 슬관절 전후면 및 측면 방사선 사진 만으로도 전후면 근위 경골 해부학적 축을 이용하여 경골 해부학적 축과 슬관절 치환물 관절면이 이루는 내측각(β)을 구할 수 있으며, 측면 근위 경골 전방 피질을 이용하여 후방 경사각(σ)을 구할 수 있음을 보여준다.

결 론

슬관절 전치환술 후 방사선학적 평가에 있어 경골

전장의 전후면 및 측면 방사선 사진 대신 단순 슬관절 전후면 및 측면 방사선 사진으로도 전후면 상으로는 근위 경골 해부학적 축과 측면 상으로는 전방 경골 피질부 연장선을 이용하여 경골 치환물과 경골 해부학적 축이 이루는 내측각(β)과 경골 치환물의 후방 경사각(σ)을 쉽고 간편하게 측정할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Brazier J, Migaud H, Gougeon F, Cotton A, Fontaine C and Duquennoy A:** Evaluation of methods for radiographic measurement of the tibial slope. A study of 83 healthy knees. *Rev Chir Orthop*, 82:195-200, 1996.
- Cates HE, Ritter MA, Keating EM and Faris PM:** Intramedullary versus extramedullary femoral alignment systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 286:32, 1993.
- Cullu E, Aydodu S, Alparslan B and Sur H:** Tibial slope changes following dome-type high tibial osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9: 365-373, 1992.
- Dennis DA, Channer M, Susman MH, Stinger EA:** Intramedullary versus extramedullary tibial alignment systems in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 8:43-47, 1993.
- Ewald FC:** The knee society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop*, 248: 9-13, 1989.
- Jing CC and Insall JN:** Effect of rotation on the axial alignment of the femur : pitfalls in the use of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 248:50-61, 1989.
- Jonsson B and Astrom J:** Alignment and long term clinical results of a semi-constrained knee prosthesis. *Clin Orthop*, 226:124-128, 1988.
- Lee EW, Jung YB and Ahn TJ:** Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Korean knee society*, 1: 140-144, 1989.
- Lotke PA and Ecker ML:** Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement. *J Bone Joint Surg*, 59A:77-79, 1977.
- Matsuda S, Mizuuchi H, Miura H, Nagamine R, Urabe K and Iwamoto Y:** Tibial shaft axis does not always serve as a correct coronal landmark in total

- knee arthroplasty for varus knees. *J Arthroplasty*, 18: 56-62, 2003.
- 11) **Moore TM and Harvey JP**: Roentgenographic measurement of tibial-plateau depression due to fracture. *J Bone Joint Surg*, 56-A: 155-160, 1974.
- 12) **Moreland JR**: Mechanism of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 226:49-64, 1988.
- 13) **Nagamine R, Miura H, Bravo C, et al**: Anatomic variation should be considered in total knee arthroplasty. *J Orthop Sci*, 5:232-241, 2000.
- 14) **Ritter MA, Faris PM, Keating EM, et al**: Postoperative alignment of total knee: its effect on survival. *Clin Orthop*, 299: 153-156, 1994.
- 15) **Teter KE, Bregman D and Colwell CW**: Accuracy of intramedullary versus extramedullary tibial alignment cutting systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 321: 106-118, 1995.

— Abstract —

Radiographic Analysis of the Tibial Axis on the Antero-posterior and Lateral view of Knee

Jae Bong Chung, M.D., Chang Dong Han, M.D., Ick Whan Yang, M.D., Jin Ho Che, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University, College of medicine, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study is to evaluate the use of plain knee films in assessing the position of tibial component after total knee arthroplasty.

Materials and Methods: Plain radiological antero-posterior(AP) and lateral view of tibia of 51 adults (mean age: fifty-years old) were taken. On AP view, the medial angles between tibia plateau and mechanical, anatomical and proximal anatomical axis of tibia were measured, and then correlation of each angle and the angle between the tibia plateau and anatomical axis were assessed. On lateral view, the posterior angle formed between the medial tibial plateau and anatomical, proximal anatomical axis, anterior and posterior cortex of proximal tibia were measured, and then correlation of each angle and the angle between the medial tibial plateau and anatomical axis were assessed.

Results: On tibial AP view, both axes had significant correlation($p<0.05$) with the anatomical axis. The anatomical axis of proximal tibia was closest to it. On lateral view, all three axes had significant correlation($p<0.05$) with anatomical axis. Among these, the anterior cortex of proximal tibia was closest to it.

Conclusion: The position of the tibia component and posterior slope after total knee arthroplasty can be measured on plain knee X-rays using anatomical axis and the anterior cortex line of proximal tibia.

Key Words: Tibia, Anatomical axis of the tibia, Posterior slope, Total knee arthroplasty