

젊은 성인 한국인의 체중부하 기립상 관상면 및 시상면 하지축 정렬에 대한 측정

Measurement of the Weight-bearing Standing Coronal and Sagittal Axial Alignment of Lower Extremity in Young Korean Adults

이승준 • 이호준 • 김진일 • 오광준

건국대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

목적: 체중부하 하지축 정렬에 대한 표준 측정치를 제시하여 하지재건술 시행시 유용하게 사용하고자 한다.

대상 및 방법: 체중부하 전하지 기립상 방사선 촬영을 시행한 20~30대 환자, 총 274명(남자 147명, 여자 127명) 중 골격계 이상이 없는 환자를 대상으로 하였고, 그 중에서 방사선학적 기준에 합당한 188명에 대하여 관상면상, 시상면상 방사선학적 수치를 계측하여 연령 및 성별에 따라 비교분석하였다.

결과: 체중부하비는 관상면상에서 $38.47 \pm 10.52\%$, 시상면상에서 $36.11 \pm 7.88\%$ 로 전내측에 위치하였고, 대퇴골의 역학적축과 체중부하 축은 평균 $0.68 \pm 0.89^\circ$ 의 차이가 있어 두 축이 동일하지 않았다. 시상면상에서 대퇴골 양과가 경골 고평부와 가장 인접한 점을 슬관절 중심으로 잡았을 때 역학적축과 체중부하축의 차이는 0.04° 로 두 축간에 거의 차이가 없었다.

결론: 대퇴골두 중심부터 슬관절 중심을 이은선과 슬관절 중심부터 족관절 중심을 이은 선이 이루는 역학적축과 대퇴골두 중심부터 족관절 중심을 직접 이은 체중부하축간에 차이가 있음을 알 수 있었고, 체중부하축이 슬관절면의 전내측을 통과함을 확인하였다. 시상면상 슬관절 중심을 대퇴골 양과의 경골 고평부 인접점으로 정의할 수 있었다.

색인단어: 체중부하축, 하지축 정렬, 관상면, 시상면, 하지재건술

서 론

하지재건술 시행 시 방사선학적 정렬은 관절의 안정성과 관절 내 접촉압력에 직접적인 영향을 미침으로써 수술 전 계획 수립 및 수술 후 결과 및 예후 평가의 중요한 인자이다.¹⁾ 따라서 수술 전 준비단계뿐만 아니라 수술 후 교정상태에서의 방사선학적 정렬에 대한 고려가 필요하고 이를 위해서는 표준 측정치가 명확히 제시되어야 한다.

관상면상 정렬에 대해서는 공통적으로 인정하고 있는 측정치

가 제시되어 있어, 하지재건술 시행 시 하지축 정렬의 지침으로 사용되고 있다.²⁾ 하지만 이는 서양인을 대상으로 한 연구의 결과로 인종에 따른 차이를 고려하는데 있어서 부족한 점이 있을 것이라 생각된다. 이에 따라 근래에는 동양인을 대상으로 한 관상면상 하지축 정렬에 대한 연구를 통해 서양인과의 차이가 제시되기도 하였다.³⁾ 그러나 시상면상 정렬에 대해서는 아직까지 공통적으로 인정될만한 기준이 명확하게 제시된 바가 없다. 최근 시상면상에서의 하지축 정렬에 대해 언급한 문헌들이 발표되었지만, 인공 슬관절 치환술의 대상이 되는 퇴행성 관절염 환자를 대상으로 하였거나,⁴⁻⁶⁾ 젊은 정상 성인을 연구 대상으로 하였더라도 그 대상자 수가 적은 한계점이 있었다.^{7,8)}

본 연구는 표준화된 촬영방법 및 방사선학적 계측방법을 통하여 188명의 건강한 젊은 성인 한국인의 체중부하 기립상 관상면 및 시상면 하지축 정렬에 대한 측정치를 제시하고, 연령 및 성별에 따른 비교분석을 시행함으로써 하지재건술 시행 시 수술 전후

접수일 2010년 9월 7일 게재확정일 2011년 3월 1일

교신저자 오광준

서울시 광진구 화양동 4-12, 건국대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

TEL 02-2030-7615, FAX 02-2030-7369

E-mail kwangjun@kuh.ac.kr

*이 논문은 2010년도 건국대학교병원 임상연구비의 지원을 받았음.

계획 수립에 도움이 되는 자료를 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상 및 방법

체중부하 전하지 기립상 방사선 촬영(Weight bearing full leg standing view)을 시행한 20-30대 환자, 총 274명(남자 147명, 여자 127명) 중 골격계 이상이 없는 환자를 대상으로 하였다. 방사선 영상은 전후방상(Antero-Posterior view)에서 보폭을 양측 대퇴골두 중심간 거리만큼 벌린 자세에서 슬개골이 전방을 향하고, 비골두(Fibular head)의 1/2-1/3정도가 경골 외과(Tibial condyle)와 중첩이 되는 영상을 정중 전후방상(True antero-posterior view)으로 정하여 촬영하였고, 측면상(Lateral view)에서 대퇴골 후양과(Both femoral posterior condyle)가 중첩되지 않는 폭이 5 mm 이하인 영상을 정중 측면상(True lateral view)으로 정하여 촬영하였다(Fig. 1). 이렇게 촬영한 영상을 대퇴골 대전자(Greater trochanter)의 중심에서부터 대퇴골 외상과(Lateral epicondyle)를 이은 선과 비골두 중심에서부터 원위 비골 외과(Lateral malleolus)의 중심을 이은 선이 이루는 각을 대퇴-경골간 굴곡각(Femoro-tibial flexion angle, FA)으로 정의하여 방사선학적 영상에서 계측을 시행하였고, 이 각이 $\pm 5^\circ$ 이내인 영상만을 측정대상자에 포함시킨 후,⁷⁾ 선형회귀분석을 통해 슬관절의 과굴곡 및 과신전에 따른 영향을 보정하였다. 이러한 방사선 영상 기준에 만족하는 188명(남자 100명, 여자 88명)이 최종 평가 대상이었으며, 평균연령은 29.3세(범위: 20-39세)였다.

촬영장비는 Digital Diagnost System (Optimus 80®, Philips, Hamburg, Germany)을 이용하여 wall stand units와 automatic ceiling suspension units 간의 거리를 260 cm 떨어뜨린 상태에서 슬관절을 중심으로 10° 씩 각도변환을 하며 족부에서부터 고관절부까지 세 장에 나뉘서 촬영을 시행하였고, 촬영한 세 장의 영상을 digital 상에서 연결하여 완성된 영상을 얻었다. 방사선량은 85-90 kV,

12.4-39.9 mAs로 가감하였고, 노출시간은 35.4-48.0 ms로 촬영하였다.

촬영한 영상은 의료영상저장전송 시스템(Picture Archiving Communication System: PACS, Infinitt, Seoul, Korea)상에서 두 명의 측정자가 1주일 간격으로 2회씩 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

통계적 분석은 PASW version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 Interclass correlation coefficients (ICC) 방법을 사용하여 Intraobserver 및 Interobserver reliability를 분석하였고, flexion angle에 대한 linear regression analysis를 통하여 측정값들을 보정하였다. 연령 및 성별에 따른 차이를 알아보기 위하여 20대, 30대(20대:30대=100:88)와 남, 녀(M:F=100:88)로 군을 나누어 independent t-test 및 ANOVA test로 측정값에 대한 비교 분석을 시행하였다. 이때 p 값이 0.05보다 작은 경우를 유의한 것으로 판정하였다.

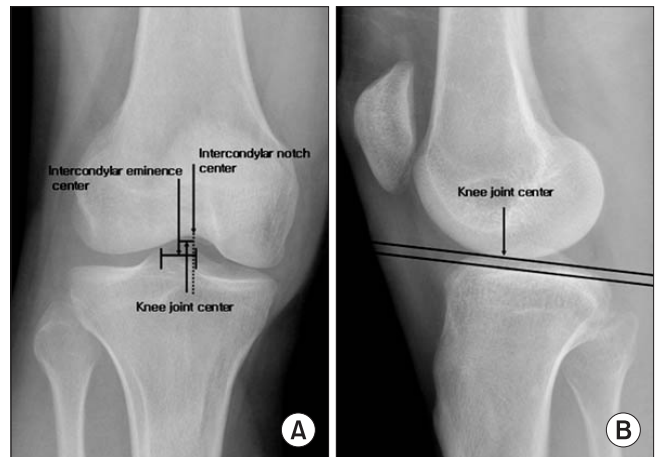


Figure 2. Knee joint center. (A) Points used to determine the center of the knee in coronal plane are shown. (B) Points used to determine the center of the knee in sagittal plane are shown.

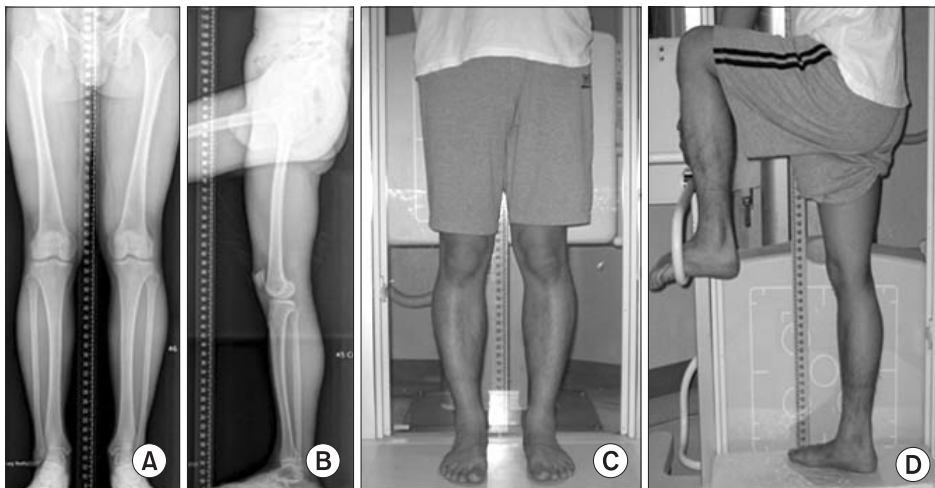


Figure 1. Weight bearing full leg standing view. (A) About 1/2-1/3 of fibular head Overlaps with tibial condyle in anteroposterior view. (B) Lateral view. Both femoral condyles overlap each other. (C) Antero-posterior view position. Spreading legs as the width between both femoral head center and patella forward facing. (D) Lateral view position. One leg standing weight bearing position.



Figure 3. Weight-bearing axis (A), femoral mechanical axis (B), tibial mechanical axis, (C), femoral anatomical axis (D) and tibial anatomical axis (E) are shown.

2. 방사선학적 계측

1) 슬관절 중심(Knee joint center)의 정의(Fig. 2)

- ① 관상면상: 대퇴골 과간 절흔(Intercondylar notch)의 중점과 경골 융기부간(Intercondylar eminence) 중점을 이은 선의 중심.
- ② 시상면상: 대퇴골 양과(Both femoral condyle)가 경골의 고평부(Plateau)와 가장 인접한 점.

2) 축(Axis)의 정의(Fig. 3)

- ① 체중부하축(Weight bearing axis, WBA): 대퇴골두 중심(Femoral head center)에서부터 거골 중심(Talar dome center)까지 이은 선.
- ② 대퇴골의 역학적축(Femoral mechanical axis, FMA): 대퇴골두 중심에서부터 슬관절 중심까지 이은 선.
- ③ 경골의 역학적축(Tibial mechanical axis, TMA): 슬관절 중심에서부터 거골 중심까지 이은 선.
- ④ 대퇴골의 해부학적축(Femoral anatomical axis, FAA): 대퇴골 간부 1/3 지점과 2/3 지점의 중심을 이은 선.
- ⑤ 경골의 역학적축(Tibial anatomical axis, TAA): 경골 간부 1/3 지점과 2/3 지점의 중심을 이은 선.

3) 체중부하비(Weight-bearing ratio)의 정의(Fig. 4)

- ① 관상면상: 경골 고평부 내측부에서부터 체중부하축이 슬관절면을 통과하는 지점까지의 비율.
- ② 시상면상: 대퇴골 원위부 전, 후방에서 가장 돌출된 지점과 경골 고평부 전, 후방에서 가장 돌출된 지점에서 체중부하축에 수직선을 그렸을 때 전방에서부터 체중부하축까지의 비율.

4) 각(Angle)의 정의(Fig. 5~7)

- ① 해부학적 대퇴-경골각(Femoro-tibial anatomical angle, FTA): 대퇴골과 경골의 해부학적축이 이루는 각.

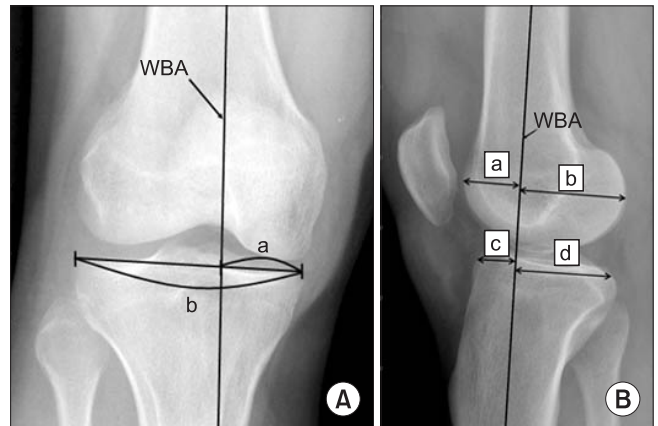


Figure 4. Weight-bearing ratio. (A) In coronal plane view, weight bearing ratio is $(a/b) \times 100$. (B) In sagittal plane view, femur weight bearing ratio is $\{a/(a+b)\} \times 100$, and tibia weight bearing ratio is $\{c/(c+d)\} \times 100$.

- ② 대퇴골 해부학적축-체중부하축간 각(Angle of femoral anatomical axis-weight bearing axis, FAA-WBA)
- ③ 경골 해부학적축-체중부하축간 각(Angle of tibial anatomical axis-weight bearing axis, TAA-WBA)
- ④ 대퇴골 역학적축-체중부하축간 각(Angle of femoral mechanical axis-weight bearing axis, FMA-WBA)
- ⑤ 경골 역학적축-체중부하축간 각(Angle of tibial mechanical axis-weight bearing axis, TMA-WBA)
- ⑥ 대퇴골 원위부 전방각(Distal femoral anterior angle, DFA): 시상면상에서 과간절흔에서 1 cm 전방 지점과 20 cm 근위부에서 골수강의 2등분점을 이은 선과 원위 대퇴골 전방피질이 이루는 각.
- ⑦ 체중부하축에 대한 경골 후방 경사각(Tibial posterior slope)

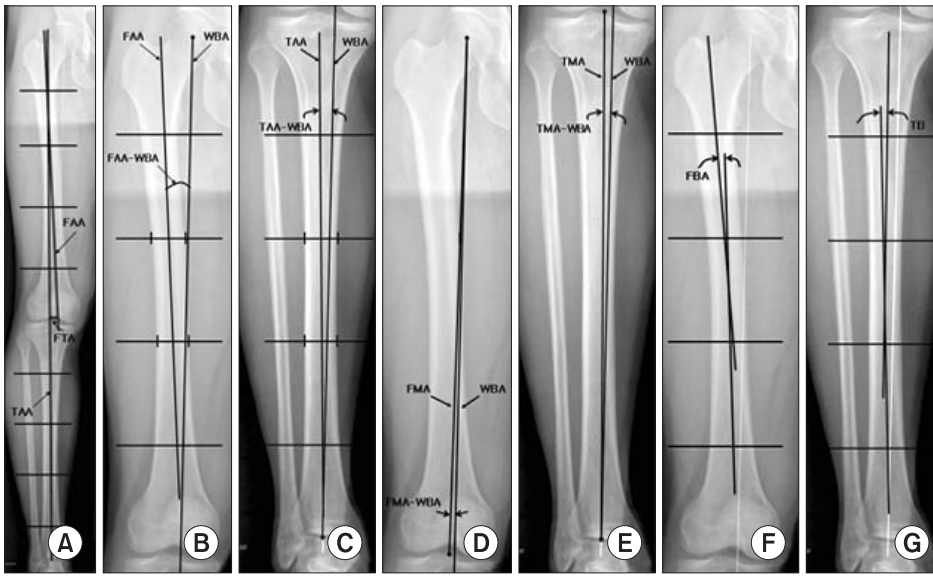


Figure 5. Various angles in coronal plane view are shown. (A) femoro-tibial anatomical angle, (B) angle of femoral anatomical axis-weight bearing axis, (C) angle of tibial anatomical axis-weight bearing axis, (D) angle of femoral mechanical axis-weight bearing axis, (E) angle of tibial mechanical axis-weight bearing axis, (F) femoral bowing angle, (G) tibial bowing angle.

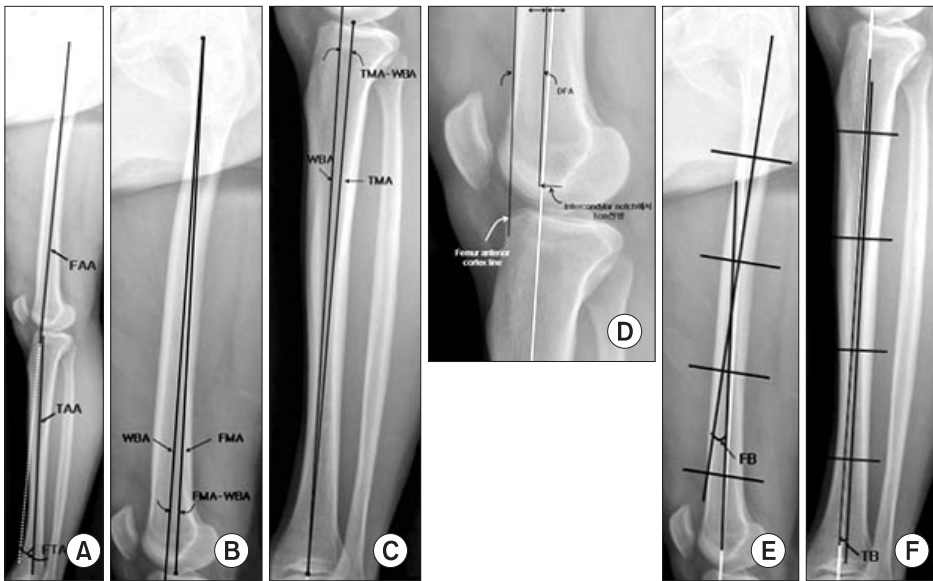


Figure 6. Various angles in coronal plane view are shown. (A) femoro-tibial anatomical angle, (B) angle of femoral mechanical axis-weight bearing axis, (C) angle of tibial mechanical axis-weight bearing axis, (D) distal femoral anterior angle, (E) femoral bowing angle, (F) tibial bowing angle.

angle for weight bearing axis, TPS-WBA): 경골 고평부의 방사선학적 불투명선(Radio-opaque line)과 체중부하축이 이루는 각.

⑧ 경골 전방피질에 대한 경골 후방 경사각(Tibial posterior slope angle for anterior tibial cortex, TPS-ATC): 경골 고평부의 방사선학적 불투명선과 경골 전방피질이 이루는 각.

⑨ 비골 간부축에 대한 경골 후방 경사각(Tibial posterior slope angle for fibular shaft axis, TPS-FSA): 경골 고평부의 방사선학적 불투명선과 비골두 중심에서 외과 중심까지 이은 선이 이루는 각.

⑩ 경골 해부학적축에 대한 경골 후방 경사각(Tibial posterior slope angle for tibial anatomical axis, TPS-TAA): 경골 고평부의 방사선학적 불투명선과 경골의 해부학적축이 이루는 각.

⑪ 대퇴골 휨각(Femoral bowing angle, FBA): 관상면 및 시상면에서 대퇴골 근위부 1/3과 원위부 1/3의 해부학적 중심선이 이루

는 각.

⑫ 경골 휨각(Tibial bowing angle, TBA): 관상면 및 시상면에서 경골 근위부 1/3과 원위부 1/3의 해부학적 중심선이 이루는 각.

결 과

전체적인 측정값은 Table 1과 같았다. 관상면상에서 대퇴골의 해부학적축(Anatomical axis)과 역학적축(Mechanical axis)이 이루는 각은 평균 $6.58 \pm 0.90^\circ$ 였다. 이를 다시 체중부하축(Weight bearing axis)에 대하여 재평가했을 때, 대퇴골의 해부학적축과 체중부하축 사이의 각은 평균 $5.90 \pm 1.28^\circ$ 였고, 역학적축과 체중부하축 사이에는 평균 $0.68 \pm 0.89^\circ$ 의 차이가 있어 두 축이 동일하지 않음을 알 수 있었다. 경골 고평부에서의 체중부하비(Weight bearing ratio)

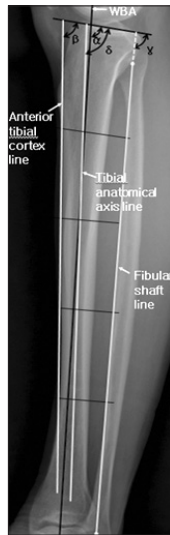


Figure 7. On sagittal plane view, tibial posterior slope angle for weight bearing axis (α), for anterior tibial cortex (β), for fibular shaft (γ), and for tibial anatomical axis (δ) are drawn.

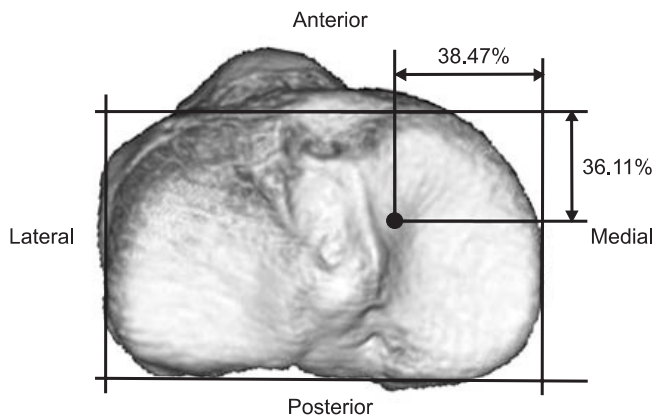


Figure 8. Diagram showing the point on the tibial plateau through which the weight bearing axis passes.

는 관상면상에서 평균 $38.47 \pm 10.52\%$, 시상면상에서 평균 $36.11 \pm 7.88\%$ 로 전내측(Anteromedial)에 위치하였다(Fig. 8, 9). 시상면상에서 경골 후방 경사각(Tibial posterior slope angle)은 비골 간부축(Fibular shaft axis)에 대해서 평균 $83.83 \pm 2.58^\circ$ 로 가장 컸고, 경골 전방피질(Anterior tibial cortex)에 대해서 평균 $78.32 \pm 2.71^\circ$ 로 가장 작았다. 시상면상에서 대퇴골의 휨각(Femoral bowing angle)은 평균 $8.96 \pm 2.11^\circ$ 였고, 대퇴골 원위부 전방각(Distal femoral anterior angle)은 평균 $1.23 \pm 1.51^\circ$ 였다.

1. 연령에 따른 두 군간의 비교

20대, 30대 두 군간의 측정값은 Table 2와 같았다. 관상면상에서 대퇴골 길이와 경골의 길이는 20대가 각각 평균 45.53 ± 3.22 cm, 38.22 ± 2.76 cm로 평균 44.51 ± 2.87 cm, 37.08 ± 2.34 cm인 30

Table 1. Total Radiologic Results of Coronal and Sagittal Measurement

	Total (mean \pm SD)
Coronal plane	
cWBR (%)	38.47 ± 10.52
cFTA (degrees)	4.98 ± 2.42
cFAA-WBA (degrees)	5.90 ± 1.28
cTAA-WBA (degrees)	1.37 ± 1.27
cFMA-WBA (degrees)	0.68 ± 0.89
cTMA-WBA (degrees)	0.71 ± 1.07
cFL (cm)	44.92 ± 3.02
cTL (cm)	37.94 ± 2.81
cFBA (degrees)	-2.42 ± 2.03
cTBA (degrees)	-0.82 ± 1.78
Sagittal plane	
sFWBR (%)	44.55 ± 7.26
sTWBR (%)	36.11 ± 7.88
sFTA (degrees)	3.68 ± 2.98
sFMA-WBA (degrees)	0.04 ± 0.41
sTMA-WBA(degrees)	0.04 ± 0.48
sDFA (degrees)	1.23 ± 1.51
sTPS-WBA (degrees)	80.35 ± 2.21
sTPS-ATC (degrees)	78.32 ± 2.71
sTPS-FSA (degrees)	83.83 ± 2.58
sTPS-TAA (degrees)	78.94 ± 5.51
sFBA (degrees)	8.96 ± 2.11
sTBA (degrees)	3.18 ± 1.75

WBR, weight bearing ratio; FTA, femoro tibial angle; FAA, femoral anatomical axis; WBA, weight bearing axis; TAA, tibial anatomical axis; FMA, femoral mechanical axis; TMA, tibial mechanical axis; FL, femoral length; TL, tibial length; FBA, femoral bowing angle; TBA, tibial bowing angle; DFA, distal femoral angle; TPS, tibial posterior slope; ATC, anterior tibial cortex; FSA, fibular shaft angle.

대에 비해 유의하게 길었고($p < 0.05$), 대퇴골 휨각도 20대에서 평균 $-2.88 \pm 2.83^\circ$ 로 30대의 $-1.97 \pm 2.42^\circ$ 보다 유의하게 더 컸다($p < 0.05$). 그 외 두 군간에 유의한 차이를 보이는 관상면상 측정치는 없었다. 시상면상에서는 30대의 경골 체중부하비(Tibial weight bearing ratio)가 평균 $33.54 \pm 7.68\%$ 로 평균 $37.85 \pm 7.44\%$ 인 20대보다 유의하게 슬관절의 전방을 통과하였다($p < 0.05$). 대퇴골 원위부 전방각도 20대와 30대에서 평균 $0.98 \pm 1.28^\circ$, $1.71 \pm 1.65^\circ$ 로 두 군간에 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

2. 성별에 따른 두 군간의 비교

남, 녀 두 군간의 측정값은 Table 3과 같았다. 관상면상에서 체중 부하비는 남, 녀가 각각 평균 $36.71 \pm 8.43\%$, $40.53 \pm 8.85\%$ 로 남자

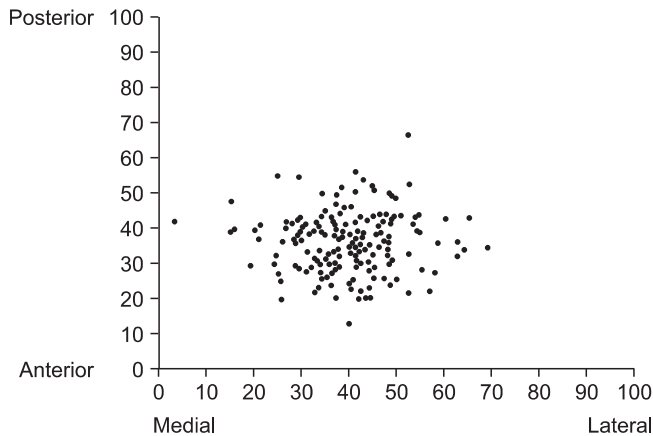


Figure 9. Scatter diagram of the weight bearing ratio points.

가 유의하게 더 내측을 통과하였다($p<0.05$). 대퇴골의 해부학적 축과 체중부하축간 각은 평균 $5.68\pm1.22^\circ$, $6.18\pm1.28^\circ$ 로 여자가 유의하게 더 크게 외반된 경향을 보였다($p<0.05$). 대퇴골 길이와 경골의 길이도 남자가 평균 47.02 ± 2.34 cm, 39.45 ± 2.58 cm로 여자에 비해 유의하게 길었다($p<0.05$). 그러나 대퇴골과 경골의 휨 각은 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.431, 0.147$). 시상면상에서는 여자의 경골 체중부하비가 평균 $33.83\pm7.65\%$ 로 $37.72\pm7.24\%$ 인 남자보다 유의하게 슬관절의 전방을 통과하였다($p<0.05$). 대퇴골 원위부 전방각도 남, 녀가 평균 $1.11\pm1.64^\circ$, $1.61\pm1.54^\circ$ 로 두 군간에 유의한 차이를 나타냈고($p<0.05$), 대퇴골 휨 각도 남자가 평균 $9.47\pm1.98^\circ$ 로 여자에 비해 유의하게 더 컸다($p<0.05$).

고 찰

현재 사용하고 있는 하지축 정렬의 지침은 하지의 관상면상 대퇴-경골간 역학적축이 일직선을 이루면서 슬관절의 중심을 통과하도록 하고 있으나, 여러 문헌에서 관상면상 체중부하시 대퇴-경골간 역학적축은 일직선을 이루지 않으며, 슬관절 중심이 아닌 내측부를 통과한다고 보고하였다.⁸⁾ 또한 슬관절 관절염환자에서 병변이 전내측(Anteromedial)에서 주로 발생하였음이 보고된 바가 있는데,⁹⁻¹¹⁾ 이는 체중부하시 슬관절면상에서 전내측에 하지축이 통과함을 설명해주는 것이다. 또한 Johnson 등¹²⁾은 동적보행분석(Dynamic gait analysis)을 통해 보행시 슬관절 내측부로 하중의 62%가 통과한다고 하였는데 이는 체중부하축이 슬관절에서 내측부를 통과한다는 사실을 뒷받침해 주는 결과라 할 수 있다. 본 연구에서도 기존에 사용하던 역학적축(Mechanical axis)과 해부학적축(Anatomical axis)외에 슬관절 중심을 무시하고 대퇴골두 중심에서부터 족관절 중심까지 이은 직선을 체중부하축(Weight bearing axis)으로 정의하였고, 전체 대상자의 체중부하비는 경골 근위부 슬관절면상에서 내측 38.47%, 전방 36.11%지점을 통과하였다. 다른 연구와 비교했을 때 시상면상 한국인 성인 남성의 체

Table 2. Comparison of Radiologic Results between Third Decade and Fourth Decade

	Third decade (mean \pm SD)	Fourth decade (mean \pm SD)	p-value
Coronal plane			
cFTA (degrees)	5.01 \pm 2.51	4.93 \pm 2.72	0.811
cWBR (%)	38.87 \pm 9.81	38.73 \pm 10.71	0.978
cFAA-WBA (degrees)	5.94 \pm 1.18	5.86 \pm 1.35	0.675
cTAA-WBA (degrees)	1.41 \pm 1.17	1.31 \pm 1.42	0.641
cFMA-WBA (degrees)	0.67 \pm 0.88	0.68 \pm 1.02	0.893
cTMA-WBA (degrees)	0.70 \pm 0.83	0.72 \pm 1.02	0.881
cFL (cm)	45.53 \pm 3.22	44.51 \pm 2.87	0.019
cTL (cm)	38.22 \pm 2.76	37.08 \pm 2.34	0.008
CFBA (degrees)	-2.88 \pm 2.83	-1.97 \pm 2.42	0.004
CTBA (degrees)	-0.76 \pm 1.65	-0.71 \pm 1.52	0.864
Sagittal plane			
sFWBR (%)	46.02 \pm 6.82	42.97 \pm 6.28	0.037
sTWBR (%)	37.85 \pm 7.44	33.54 \pm 7.68	0.014
sFTA (degrees)	4.07 \pm 2.77	3.63 \pm 3.18	0.324
sFMA-WBA (degrees)	-0.06 \pm 0.52	0.15 \pm 0.61	0.060
sTMA-WBA (degrees)	-0.06 \pm 0.58	0.16 \pm 0.67	0.060
sDFA (degrees)	0.98 \pm 1.28	1.71 \pm 1.65	0.003
sTPS-WBA (degrees)	80.46 \pm 2.33	80.84 \pm 2.21	0.938
sTPS-ATC (degrees)	78.02 \pm 2.73	78.62 \pm 2.44	0.148
sTPS-FSA (degrees)	84.24 \pm 2.56	83.73 \pm 2.59	0.611
sTPS-TAA (degrees)	79.34 \pm 6.88	79.83 \pm 2.45	0.108
sFBA (degrees)	9.17 \pm 1.92	9.51 \pm 2.46	0.668
sTBA (degrees)	3.15 \pm 1.84	3.28 \pm 1.69	0.648

FTA, femoro tibial angle; WBR, weight bearing ratio; FAA, femoral anatomical axis; WBA, weight bearing axis; TAA, tibial anatomical axis; FMA, femoral mechanical axis; TMA, tibial mechanical axis; FL, femoral length; TL, tibial length; FBA, femoral bowing angle; TBA, tibial bowing angle; FWBR, femoral weight bearing ratio; TWBR, tibial weight bearing ratio; DFA, distal femoral angle; TPS, tibial posterior slope; ATC, anterior tibial cortex; FSA, fibular shaft angle.

중부하비는 대퇴골에서 45.71%, 경골에서 37.72%로 Minoda 등⁷⁾이 연구한 일본인 남성에서의 42.3%, 33.0%와 차이가 있었고, 한국인 성인 여성의 체중부하비는 대퇴골에서 43.62%, 경골에서 33.83%로 Sugama 등⁸⁾이 연구한 일본인 여성에서의 46.9%, 37.8%와 차이가 있었다. 이와 같이 다양한 차이점이 있으므로 체중부하시 역학적 하지축 개념에 대한 재고찰이 필요할 것이라 사료된다.

관상면상에서 대퇴골의 역학적축과 해부학적축이 이루는 각은 교과서적으로는 6° 로 알려져 있으며, 본 연구에서는 6.58° 의 결과가 나왔다. 이러한 결과는 Ahn 등¹³⁾이 한국인의 사체에서 얻은 대퇴골을 직접 측정한 5.31° 와는 차이가 있으나, 여러 문헌을 통해

젊은 성인 한국인의 체중부하 기립상 관상면 및 시상면 하지축 정렬에 대한 측정

Table 3. Comparison of Radiologic Results between Male and Female

	Male (mean±SD)	Female (mean±SD)	p-value
Coronal plane			
cWBR (%)	36.71±8.43	40.53±8.85	0.003
cFTA (degrees)	4.67±2.34	5.66±2.49	0.029
cFAA-WBA (degrees)	5.68±1.22	6.18±1.28	0.008
cTAA-WBA (degrees)	1.58±1.31	1.21±1.22	0.060
cFMA-WBA (degrees)	0.88±0.87	0.42±0.95	0.001
cTMA-WBA (degrees)	0.93±0.94	0.42±0.92	0.001
cFL (cm)	47.02±2.34	43.38±1.98	0.000
cTL (cm)	39.45±2.58	35.94±1.82	0.000
cFBA (degrees)	-2.48±2.22	-2.27±2.02	0.431
cTBA (degrees)	-1.11±1.21	-0.76±1.42	0.147
Sagittal plane			
sFWBR (%)	45.71±6.43	43.62±6.21	0.011
sTWBR (%)	37.72±7.24	33.83±7.65	0.001
sFTA (degrees)	4.08±3.08	3.75±2.85	0.452
sFMA-WBA (degrees)	-0.13±0.61	0.21±0.59	0.001
sTMA-WBA (degrees)	-0.13±0.84	0.25±0.67	0.001
sDFA (degrees)	1.11±1.64	1.61±1.54	0.029
sTPS-WBA (degrees)	80.98±2.12	80.54±2.37	0.186
sTPS-ATC (degrees)	77.87±2.58	78.74±2.62	0.025
sTPS-FSA (degrees)	83.14±2.54	83.73±2.52	0.238
sTPS-TAA (degrees)	78.38±6.64	79.84±2.65	0.061
sFBA (degrees)	9.47±1.98	8.78±2.21	0.005
sTBA (degrees)	3.45±1.87	2.81±1.54	0.111

WBR, weight bearing ratio; FTA, femoro tibial angle; FAA, femoral anatomical axis; WBA, weight bearing axis; TAA, tibial anatomical axis; FMA, femoral mechanical axis; TMA, tibial mechanical axis; FL, femoral length, TL, tibial length; FBA, femoral bowing angle; TBA, tibial bowing angle; FWBR, femoral weight bearing ratio; TWBR, tibial weight bearing ratio; DFA, distal femoral angle; TPS, tibial posterior slope; ATC, anterior tibial cortex; FSA, fibular shaft angle.

알려진 범위 내에 포함되는 값을 보였다.^{14,15)}

본 연구의 대상이 된 20, 30대 젊은 성인에 있어서 연령에 따른 관상면상 해부학적 대퇴-경골간 각(Femoro-tibial anatomical angle)에 유의한 차이는 없었으나($p=0.811$), 25세부터 60세까지 대퇴-경골간 각을 비교한 다른 문헌에서는 연령의 증가에 따라 대퇴-경골간 각이 감소하면서 점차 외반이 줄어든다고 보고된 바 있다.¹⁰⁾ 이는 본 연구가 20, 30대의 젊은 연령에만 국한된 계측을 하였기 때문에 다른 결과를 보였을 수 있다고 생각된다.

남, 녀간을 비교했을 때 관상면상 대퇴골의 해부학적축과 체중부하축이 이루는 각이 각각 5.68°, 6.18°로 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 대퇴골과 경골의 역학적축이 이루는 각은 남, 녀가 각각

1.81°, 0.84°로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 이는 젊은 백인에서 남자가 여자에 비해 슬관절의 내반이 1° 정도 더 크다는 Hsu 등¹⁶⁾의 연구와 일치하지만, 젊은 중국인에서 성별에 따른 슬관절의 내, 외반 차이가 없다는 Tang 등³⁾의 연구와는 다른 결과를 보였다.

시상면상 하지축 정렬은 일부 문헌에서 경골과 대퇴골에 대해 각각의 계측을 시행하였거나, 비체중부하시 계측을 시행한 경우는 있었지만,¹⁷⁾ 체중부하시 전하지축 정렬에 대해 언급한 문헌은 거의 없다. 이는 방사선 영상을 촬영하는데 어려움이 따르고, 측정 기준이 모호하다는 등의 문제점이 있어 그 중요성을 인식하고 있음에도 불구하고 기준을 정하지 못하였기 때문이다. 최근 하지 재건술에 이용되고 있는 Navigation system에서도 시상면상에서의 기준이 아예 없거나, 있더라도 통일된 기준없이 제조사마다 각각 다른 기준으로 구현하고 있는 실정이다.⁴⁾ 이런 문제점을 해결하기 위해서 촬영방법 및 측정방법상에 명확한 기준을 확립하여 관상면상에서의 정렬과 같이 기준치를 정할 필요가 있다고 생각되며 이러한 기준치를 이용하여 더욱 정확한 해부학적 재건이 가능하리라 본다.

지금까지 시상면상에서의 슬관절 중심에 대해 언급한 문헌은 찾아볼 수가 없었는데 본 연구에서는 대퇴골 양과가 경골의 고평부와 가장 인접한 점으로 정의하였다. 이 지점을 지나는 대퇴골의 역학적축과 체중부하축의 차이가 대퇴-경골 굴곡각으로 보정 후에 평균 0.04°로 두 측간에 차이가 거의 없음을 알 수 있었다. 따라서 이 점을 시상면상에서 완전 신전상태의 슬관절 중심으로 정의해도 무방하리라 본다.

성인 아나톨리아 백인(Anatolian Caucasian)의 시상면상 대퇴골 휨각은 연령에 따라 증가된다는 연구가 있지만,¹⁸⁾ 본 연구에서 연령에 따른 시상면상 대퇴골 휨각은 20대와 30대에서 각각 9.17°와 9.51°로 증가하긴 하였으나 유의한 차이를 보이지는 않았다($p=0.668$). 그러나 20, 30대만을 대상으로한 결과이고 평균 연령 69세를 대상으로한 Seo 등⁶⁾의 연구에 따르면 시상면상 대퇴골 휨각은 13.9±4.2°로 계측된 바가 있어 연령에 따른 점진적인 변화 가능성이 있으리라 생각된다. 본 연구에서는 고려하지 않았으나, 대퇴골의 휨각은 부위에 따라 차이가 있고, 휨각의 정도에 따라 슬관절에 가해지는 응력에도 차이가 발생한다고 보고된 바가 있어 이에 대한 추가적인 연구도 필요할 것으로 본다.¹⁹⁾

Han 등⁵⁾은 컴퓨터 전산화 단층촬영(Computed tomographic image)을 이용하여 슬관절염 환자들의 후방 경사각(Posterior slope angle)을 경골의 역학적 축, 해부학적 축, 경골 전방피질, 비골간부 중심축을 기준으로 각각 측정하였고, 이 측정값들은 본 연구에서 측정한 값과 근사치를 나타내었다. 따라서 방사선 노출량이 상대적으로 적으면서 간편한 방법인 단순 방사선 영상만으로도 촬영방법과 측정 기준만 정확히 잡는다면 시상면상 정렬 측정에 문제가 없으리라 본다.

본 연구의 한계점은 첫째, 방사선 촬영 대상자 274명 중 측정기준에 만족하는 대상자가 188명으로 정확한 방사선 영상 기준에

부합되지 않는 촬영 누락률이 31.4%나 되어 누락률을 낮출 수 있도록 촬영방법에 개선이 필요하다는 것이다. 둘째, 전후방상 촬영 시에는 양측 하지 체중부하 자세로 촬영하였으나, 측면상 촬영 시에는 일측으로만 체중을 부하한 자세로 촬영하였는데 이에 따른 영향을 고려해야겠다. 셋째, 슬관절을 기준으로 촬영하여 고관절(Hip joint)과 족관절(Ankle joint)의 회전에 대한 미세한 차이가 발생할 수 있다는 것이다. 넷째, 20, 30대의 젊은 연령층만을 대상으로 하였기 때문에 중년 및 노령층에 대한 추가적인 계측이 필요하며 연령변화에 따른 하지축 정렬의 변화를 관찰함으로써 궁극적으로 하지에 발생하는 관절 응력의 변화로 인한 병적 상태 발생 및 퇴행성 변화에 대한 연구가 필요하다고 본다.

결 론

20, 30대 젊은 성인 한국인 188명의 체중부하시 기립상 하지축 정렬에 대한 본 연구를 통하여 대퇴골두 중심부터 슬관절 중심을 이은선과 슬관절 중심부터 족관절 중심을 이은선이 이루는 역학적축(Mechanical axis)과 대퇴골두 중심부터 족관절 중심을 직접 이은 체중부하축(Weight bearing axis)간에 차이가 있음을 알 수 있었고, 체중부하축이 슬관절면의 전내측을 통과함을 확인하였다. 시상면상에서 슬관절 중심을 슬관절 완전신전시 대퇴골 양과의 경골 고평부 인접점으로 정의할 수 있었다. 본 연구의 결과는 연령 및 성별에 따른 하지의 역학적 차이가 어떻게 영향을 미칠 수 있는가를 연구하고, 실제 하지재건술을 시행하는데 있어 유용한 자료로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

방사선 촬영에 도움을 주신 건국대학교병원 영상의학과 일반촬영실에 감사드립니다.

참고문헌

- Moreland JR. Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 1988;(226):49-64.
- Canale ST, Beaty JH. Campbell's operative orthopaedics. 11th ed. Philadelphia: Mosby Inc;2008. 249-50.
- Tang WM, Zhu YH, Chiu KY. Axial alignment of the lower extremity in Chinese adults. J Bone Joint Surg Am. 2000;11:1603-8.
- Chung BJ, Kang YG, Chang CB, Kim SJ, Kim TK. Differences between sagittal femoral mechanical and distal reference axes should be considered in navigated TKA. Clin Orthop Relat Res. 2009;467:2403-13.
- Han HS, Chang CB, Seong SC, Lee S, Lee MC. Evaluation of anatomic references for tibial sagittal alignment in total knee arthroplasty. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008;16:373-7.
- Seo JG, Kim BK, Moon YW, et al. Bony landmarks for determining the mechanical axis of the femur in the sagittal plane during total knee arthroplasty. Clin Orthop Surg. 2009;1:128-31.
- Minoda Y, Kobayashi A, Iwaki H, et al. Sagittal alignment of the lower extremity while standing in Japanese male. Arch Orthop Trauma Surg. 2008;128:435-42.
- Sugama R, Minoda Y, Kobayashi A, et al. Sagittal alignment of the lower extremity while standing in female. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2011;19:74-9.
- Ahlbäck S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. Acta Radiol Diagn (Stockh). 1968;Suppl 277:7-72.
- Hernborg JS, Nilsson BE. The natural course of untreated osteoarthritis of the knee. Clin Orthop Relat Res. 1977;(123):130-7.
- White SH, Ludkowski PF, Goodfellow JW. Anteromedial osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Br. 1991;73:582-6.
- Johnson F, Leitzl S, Waugh W. The distribution of load across the knee: a comparison of static and dynamic measurements. J Bone Joint Surg Br. 1980;62:346-9.
- Ahn TJ, Kim JK, Ahn BW, Park CH. Standardization of pre-operative radiography for total knee arthroplasty. J Korean Knee Soc. 1994;6:158-64.
- Moreland JR, Bassett LW, Hunker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. J Bone Joint Surg Am. 1987;69:745-9.
- Tew M, Waugh W. Tibiofemoral alignment and the results of knee replacement. J Bone Joint Surg Br. 1985;67:551-6.
- Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. Clin Orthop Relat Res. 1990;(255):215-27.
- Oswald MH, Jakob RP, Schneider E, Hoogewoud HM. Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. J Arthroplasty. 1993;8:419-26.
- Karakas HM, Harma A. Femoral shaft bowing with age: a digital radiological study of Anatolian Caucasian adults. Diagn Interv Radiol. 2008;14:29-32.
- Yehyaw TM, Callaghan JJ, Pedersen DR, O'Rourke MR, Liu SS. Variances in sagittal femoral shaft bowing in patients undergoing TKA. Clin Orthop Relat Res. 2007;464:99-104.

Measurement of the Weight-bearing Standing Coronal and Sagittal Axial Alignment of Lower Extremity in Young Korean Adults

Seoung-Joon Lee, M.D., Ph.D., Ho-Joon Lee, M.D., Jin-Il Kim, M.D., and Kwang-Jun Oh, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: The aim of this study was to establish a measurement standard for the weight-bearing axial alignment of the lower extremities when performing a lower extremity reconstruction.

Materials and Methods: Among 274 patients (147 males and 127 females) in their 20s to 30s without any physical disabilities, and who had undergone weight-bearing full leg standing radiographs, 188 patients (100 males and 88 females) were examined this study. The data was analyzed further according to their age and gender using the radiographic value on the coronal and sagittal alignment of the lower extremities.

Results: The weight bearing ratio was $38.47 \pm 10.52\%$ on the coronal plane and $36.11 \pm 7.88\%$ on the sagittal plane. Both the mechanical axis and the the weight bearing axis were not identical due to their $0.68 \pm 0.89^\circ$ difference on average. The most adjacent point of the femoral condyles to the tibial plateau on the sagittal plane was assigned to the center of the knee joint. The difference between the mechanical axis and weight bearing axis was 0.04° , which was not significant.

Conclusion: There is a difference between the mechanical axis, which consists of both a line from the center of the femoral head to the center of knee joint and a line from the center of the knee joint to the center of ankle joint, and the weight bearing axis, which is linked directly from the center of the femoral head to the center of the ankle joint. Furthermore, the weight bearing axis passes through the anteromedial part in the knee joint. The center of the knee joint is defined as the most adjacent point of both femoral condyle to the tibial plateau on the sagittal plane.

Key words: weight-bearing axis, lower extremity alignment, coronal plane, sagittal plane, lower extremity reconstruction

Received September 7, 2010 **Accepted** March 1, 2011

Correspondence to: Kwang-Jun Oh, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Konkuk University School of Medicine, 4-12, Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea

TEL: +82-2-2030-7615 **FAX:** +82-2-2030-7369 **E-mail:** kwangjun@kuh.ac.kr