

전방 십자인대 파열에 동반되는 인대축 변화의 의미¹

박진희 · 이주혁 · 송기영 · 이종찬 · 윤구섭 · 이시경 · 김용훈²

목 적 : 전방 십자인대 손상을 받지 않은 정상군과 손상을 받은 파열군의 전방 십자인대 축의 변화를 측정하여 그 의미와 진단적 가치를 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법 : 슬관절 자기공명영상을 시행하고 수술이나 슬관절경술로 전방 십자인대의 파열로 확인된 76예와 정상으로 확인된 55예에서 전방 십자인대 각과 전방 십자인대-블뤼망쎬선 각을 측정하여 그 변화를 알아보고, 파열의 기준으로 이용될 수 있는 각도를 설정하여 각각의 예민도, 특이도와 정확도를 산출하였다.

결 과 : 전방 십자인대 각은 정상군에서 $54.11^{\circ} \pm 4.61^{\circ}$ (평균 \pm 표준편차), 파열군에서 $35.07^{\circ} \pm 10.34^{\circ}$ 를 보여 통계적으로 의미있는 차이가 있었고($p < 0.001$), 45° 이하를 기준으로 하였을 때 예민도 85.5%, 특이도 98.2%, 정확도 90.8%를 보였다. 전방 십자인대-블뤼망쎬선 각은 정상군에서 $2.55^{\circ} \pm 4.86^{\circ}$, 파열군에서 $20.33^{\circ} \pm 9.56^{\circ}$ 를 보여 통계적으로 의미있는 차이가 있었고($p < 0.001$), 10° 이상을 기준으로 하였을 때 예민도 90.8%, 특이도 94.5%, 정확도 92.4%이었다.

결 론 : 전방 십자인대 축의 변화는 파열에 동반되는 중요한 간접 소견이며, 전방 십자인대 각 45° , 전방 십자인대-블뤼망쎬선 각 10° 를 측정의 기준각으로 제시하는 바이다.

전방 십자인대 파열의 진단에 자기공명영상은 효과적이고 임상적인 검사로 알려져 있다(1-6). 전방 십자인대 파열은 인대 자체의 이상 소견, 즉 인대 섬유질의 끊어짐을 관찰하거나, 이상 형태와 신호 강도의 증가를 관찰하여 진단할 수 있다(2-7). 그러나 인대 자체의 소견 만으로는 진단이 어려운 경우도 있어 인대 파열과 동반되어 나타나는 여러가지 간접 소견을 관찰하여 진단에 도움을 얻게 된다(3-15).

전방 십자인대에 파열이 오면 전방 십자인대 축의 변화가 나타날 수 있으며(4, 7, 13), 신뢰도가 높은 간접 소견으로 알려져 있다(4, 6). 저자들은 전방 십자인대 손상을 받지 않은 정상군과 손상을 받은 파열군의 전방 십자인대 축의 각도를 측정하여 그 변화가 의미하는 진단적 가치를 알아보고자 이 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

슬관절 자기공명영상을 시행하고 수술 및 슬관절경술(knee arthroscopy)로 전방 십자인대의 파열이 확인된 76예와 전방 십자인대가 정상으로 확인된 55예를 대상으로 하였다.

전방 십자인대 파열 환자는 남자 59예, 여자 17예이었으며 연령분포는 11세에서 69세까지로 평균 35.3세이었고, 완전파열 60예, 부분파열 16예이었다. 슬관절경 소견에서 남아 있는 인대 섬유가 연속성을 유지하고 탐촉자로 당겨서 저항이 있으면 부분파열로 진단하였고, 모든 자기공명영상은 손상 후 4주 이내에 시행하였다. 전방 십자인대가 정상인 경우는 남자 38예, 여자 17예이었으며 연령분포는 17세에서 72세까지로 평균 29.5세이었다.

자기공명영상 기기는 1.5Tesla(Signa, GE medical system, Milwaukee, WI, USA, 또는 Magnetom, Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하였고, 환자는 양와위 상태에서 무릎을 신전시키고 자연스럽게 약 10° - 15° 외전된 상태에서 슬관절코일이나 사지코일을 이용하여 영상을 얻었다. 스핀에코 기법을 이용하여 시상면과 관상면의 T1강조영상(TR/TE : 600-690/12-15), 양자필도영상(TR/TE : 2000/30), T2강조영상(TR/TE : 1800-2000/60-80)을 얻었고, 8예에서는 고속 스핀에코 기법으로 시상면 T2강조영상(TR/TE : 2000-3600/20-30)을 얻었으며, 시야는 16-20cm, matrix number는 256 \times 192-256, NEX는 1-2, 절편두께는 3-4mm, 절편간격은 0-0.8mm이었다. 88예에서는 측상면의 T1강조영상(TR/TE : 500-690/15-16)을 얻었으며 시야는 16-20cm, matrix number는 256 \times 256, NEX는 1-2, 절편두께는 5mm, 절편간

¹ 지방공사 강남병원 방사선과

² 지방공사 강남병원 정형외과

이 논문은 1997년 2월 26일 접수하여 1997년 6월 23일에 채택되었음

격은 1.5mm이었다. 또한 52예에서는 GRE 기법을 이용하여 T2* 강조영상(날림각: 30°-45°, TR/TE: 30/10)을 얻었으며 시야는 20cm, matrix number는 256×256, NEX는 1, 절편두께는 3mm, 절편간격없이 시행하였다.

정상군과 파열군에서 두가지 지표를 이용하여 전방 십자인대 축의 각도를 측정하였다. 첫째는 전방 십자인대 각으로 시상면에서 전방 십자인대의 앞면을 잇는 선과 경골 고평부의 외중간축(midlateral tibial plateau)이 이루는 선과의 각도를 측정하였고(7)(Fig. 1), 둘째는 시상면에서 전방 십자인대-블뤼망쎄

선 각으로 대퇴골 후면을 잇는 선(Blumensaatt line)과 전방 십자인대의 원위부를 잇는 선이 만나는 각을 측정하여 그 정점(apex)이 위를 향하면 음각, 정점이 아래를 향하면 양각으로 하여 측정하였다(7)(Fig. 2). 정상군과 파열군의 차이와 완전 파열군과 부분파열군의 차이를 student t-test를 이용하여 비교 분석하였다. 각 지표에서 파열의 간접 소견으로 이용될 수 있는 기준을 설정하기 위하여 전방 십자인대 각은 40°, 45°, 50°, 55°, 전방 십자인대-블뤼망쎄선 각은 0°, 5°, 10°, 15°를 기준으로 했을 때의 각각의 예민도, 특이도와 정확도를 산출하였다.

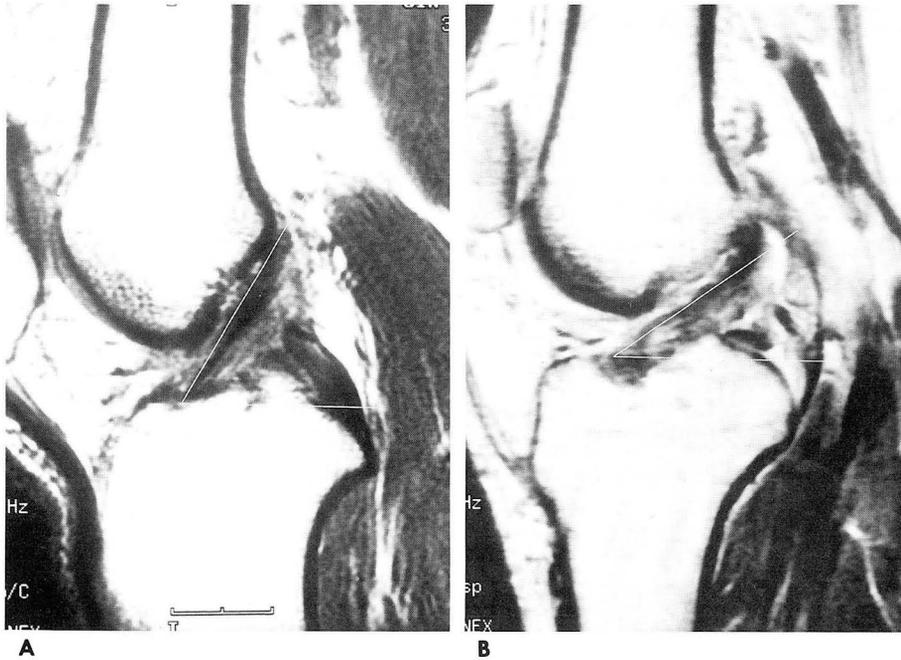


Fig. 1. A. Sagittal proton density-weighted (TR: 2000/TE: 30) MR image of a normal ACL shows the ACL angle of 60°. The ACL angle is measured between the anterior surface of the ACL and a reference line taken along the articular surface of the mid-lateral tibial plateau.
B. Sagittal proton density-weighted (TR: 2000/TE: 30) MR image of arthroscopically proven partial tear shows the ACL angle of 35°.

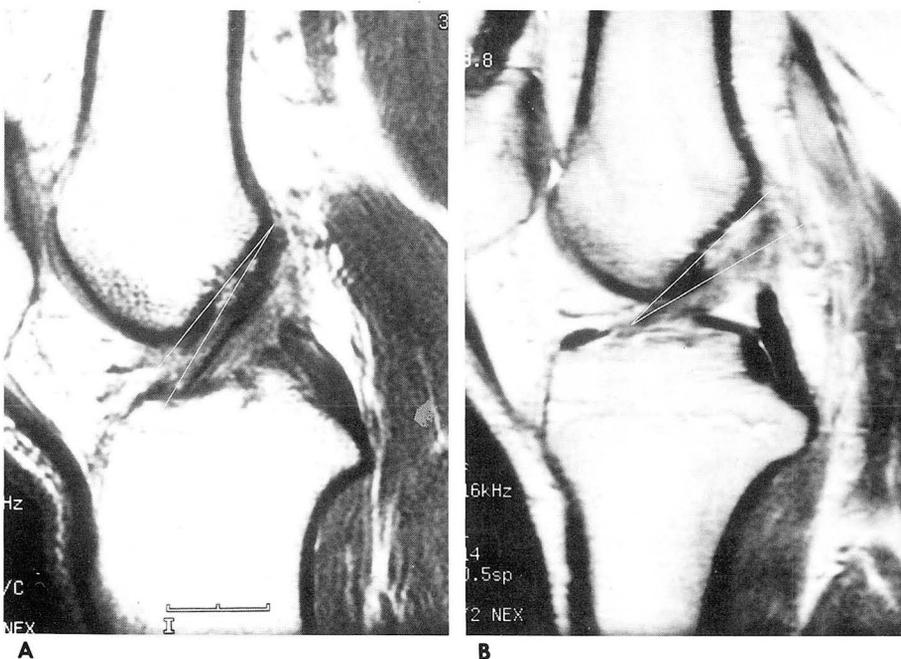


Fig. 2. A. Sagittal proton density-weighted (TR: 2000/TE: 30) MR image of a normal ACL shows the ACL-Blumensaatt angle of -8°. The ACL-Blumensaatt angle is measured between the posterior surface of the femur and the distal portion of the ACL. The angle has a negative value when the apex points superiorly.
B. Sagittal proton density-weighted (TR: 2000/TE: 30) MR image of arthroscopically proven partial tear shows the ACL-Blumensaatt angle of 12°. The angle has a positive value when the apex points inferiorly.

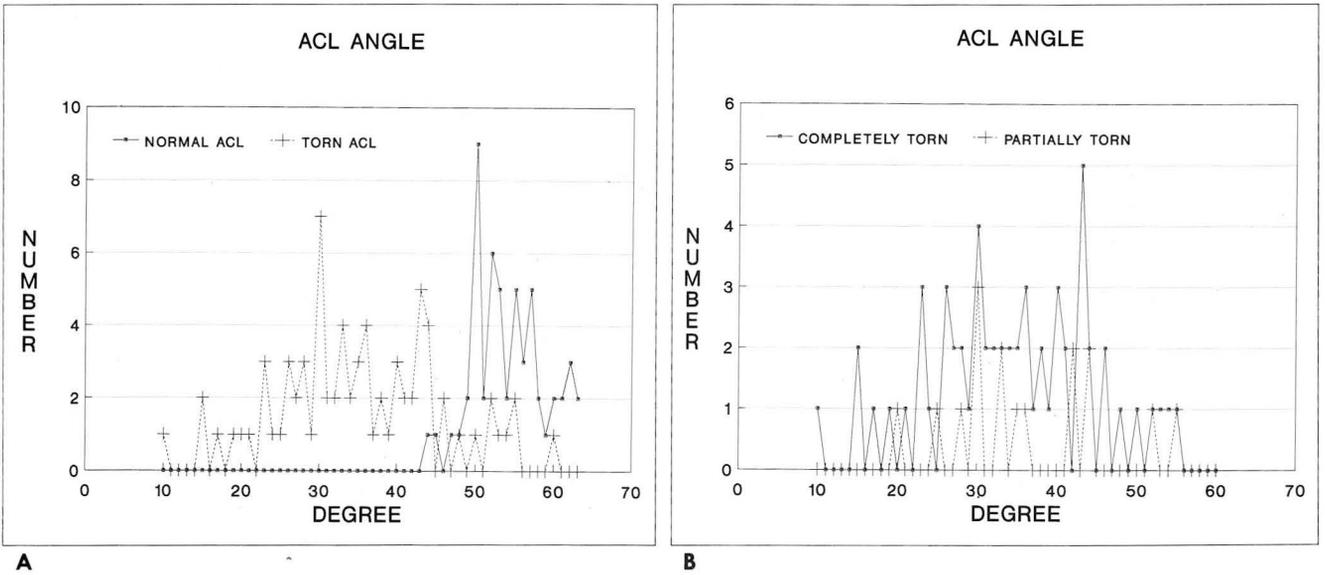


Fig. 3. A. Frequency distribution of ACL angle between patients with a normal ACL and patients with a torn ACL shows good separation.
B. Frequency distribution of ACL angle between patients with a completely torn ACL and a partially torn ACL shows poor separation.

Table 1. Sensitivity, Specificity and Accuracy of ACL Angle

	Sensitivity	Specificity	Accuracy
< 40°	64.5 % (49/76)	100 % (55/55)	79.4 % (104/131)
< 45°	85.5 % (65/76)	98.2 % (54/55)	90.8 % (119/131)
< 50°	89.5 % (68/76)	89.1 % (49/55)	89.3 % (117/131)
< 55°	96.1 % (73/76)	45.5 % (25/55)	74.8 % (98/131)

ACL : Anterior Cruciate Ligament

Table 2. Sensitivity, Specificity and Accuracy of ACL-BL Angle

	Sensitivity	Specificity	Accuracy
0° <	100 % (76/76)	16.4 % (9/55)	64.9 % (85/131)
5° <	100 % (76/76)	58.2 % (32/55)	81.7 % (107/131)
10° <	90.8 % (69/76)	94.5 % (52/55)	92.4 % (121/131)
15° <	69.7 % (53/76)	100 % (55/55)	82.4 % (108/131)

ACL : Anterior Cruciate Ligament

ACL-BL. : Anterior Cruciate Ligament-Blumensaat Line

결 과

전방 십자인대 각은 정상군에서는 최대 63°, 최소 44°, 평균 $54.11^\circ \pm 4.61^\circ$ (평균 ± 표준편차), 파열군에서는 최대 60°, 최소 10°, 평균 $35.07^\circ \pm 10.34^\circ$ 를 보여 파열군에서 각도가 감소하였으며, 통계적으로 의미있는 차이가 있었다($p < 0.001$) (Fig. 3). 파열군에서는 완전 파열의 경우 최대 60°, 최소 10°, 평균 $34.77^\circ \pm 10.58^\circ$, 부분 파열의 경우 최대 55°, 최소 20°, 평균 $36.19^\circ \pm 9.61^\circ$ 를 보여 완전 파열군과 부분 파열군 간에는 통계적으로 의미있는 차이가 없었다($p = 0.61$). 전방 십자인대 각 45° 이하를 파열의 기준으로 하였을 때 예민도 85.5%, 특이도 98.2%, 정확도 90.8%로 정확도가 가장 높았으며, 40° 이하를 기준으로 하면 특이도는 100%로 증가하였으나 예민도와 정확도는 각각 64.5%와 79.4%로 감소하였고, 50° 이하를 기준으로 하면 예민도는 89.5%로 증가하였으나 특이도와 정확도는 각각 89.1%와 89.3%로 감소하였다 (Table 1).

전방 십자인대-블뤼망세선 각은 정상군에서는 최대 12°, 최

소 -10°, 평균 $2.55^\circ \pm 4.86^\circ$, 파열군에서는 최대 45°, 최소 4°, 평균 $20.33^\circ \pm 9.56^\circ$ 를 보여 파열군에서 각도가 증가하였으며, 통계적으로 의미있는 차이가 있었다($p < 0.001$) (Fig. 4). 파열군에서는 완전 파열의 경우 최대 45°, 최소 4°, 평균 $20.93^\circ \pm 9.40^\circ$, 부분 파열의 경우 최대 40°, 최소 5°, 평균 $18.06^\circ \pm 10.14^\circ$ 를 보여 완전 파열군과 부분 파열군 간에는 통계적으로 의미있는 차이가 없었다($p = 0.31$). 전방 십자인대-블뤼망세선 각 10° 이상을 파열의 기준으로 하였을 때 예민도 90.8%, 특이도 94.5%, 정확도 92.4%였으며, 15° 이상을 기준으로 하면 특이도는 100%로 증가하였으나, 예민도와 정확도는 각각 69.7%와 82.4%로 감소하였고, 5° 이상을 기준으로 하면 예민도는 100%로 증가하였으나 특이도와 정확도는 각각 58.2%와 81.7%로 감소하였다 (Table 2).

고 찰

전방 십자인대는 밀집된 교원질의 띠로 이루어져 있으며, 전 내측 다발 (anteromedial band)과 후외측 다발 (posterolateral

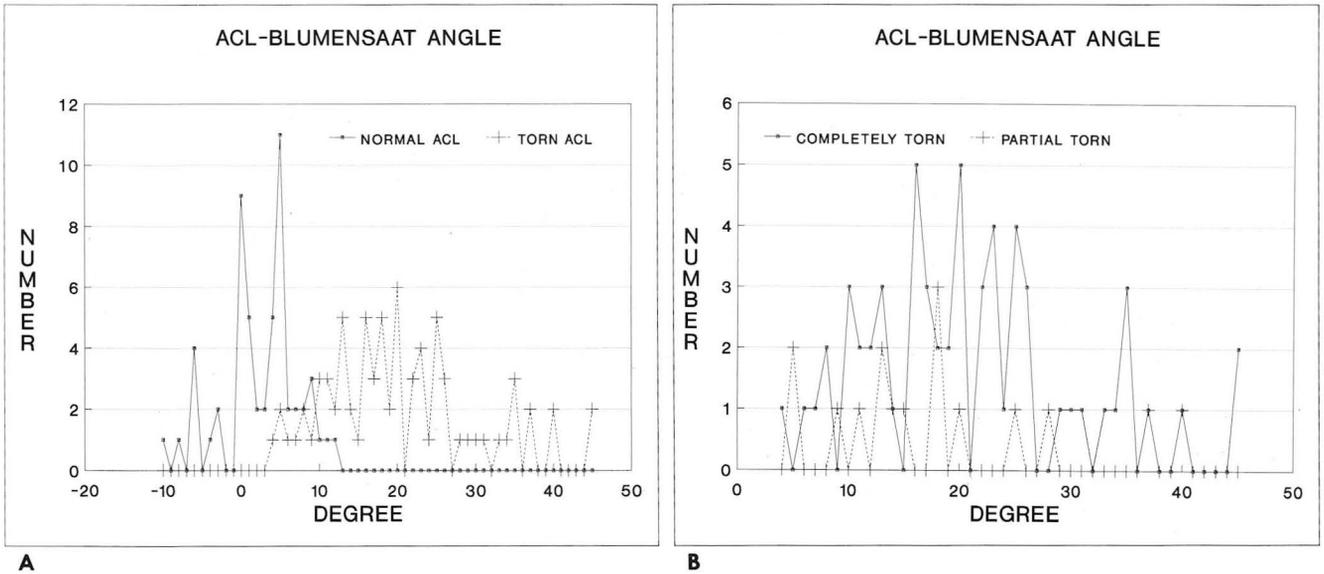


Fig. 4. A. Frequency distribution of ACL-Blumensaat angle between patients with a normal ACL and patients with a torn ACL shows good separation.
B. Frequency distribution of ACL-Blumensaat angle between patients with a completely torn ACL and a partially torn ACL shows poor separation.

band)로 나뉘어 지며, 슬관절의 안정성을 유지하는 역할을 한다. 전방 십자인대는 기시부인 대퇴골의 외측과의 후내면에 반월형으로 부착되어 있고, 경골 전극의 앞쪽을 약간 외측으로 비스듬히 진행하여 부채살 모양으로 경골에 붙게 되며, 자기공명 영상에서 슬관절을 10°-15° 외전시킨 상태에서 얻은 시상면에서 가장 잘 보이고 평행의 줄무늬를 보이는 저신호 강도의 띠 모양으로 나타난다(5, 16).

전방 십자인대 파열은 대부분 인대 자체의 직접 소견, 즉 인대가 끊어져서 보이거나 신호강도가 증가된 경우, 그리고 이상 형태를 관찰하는 것으로 진단이 가능하다(2-7). 그러나 직접 소견만으로는 전방 십자인대의 상태를 정확히 관찰하기 어려운 경우가 있어 그 빈도를 10-15%로 보고하고 있으며(15, 18), 인대 내부에 mucoid 또는 eosinophilic degeneration이 생기거나 주위 조직에 의한 volume averaging artifact와 슬와동맥의 혈류와 박동으로 인한 pulsation artifact에 의해 진단이 어려운 경우도 있다(5, 9, 19). 따라서 전방 십자인대의 파열과 동반되어 나타나는 간접 소견이 진단에 도움이 되며 다양한 소견이 보고되어 있다(3-15).

Brandser 등(15)은 후방 십자인대의 휨, 후방 십자인대 선과 후방 십자인대 각의 이상, 경골의 전방전위, 외측 반월판 후각의 노출, 대퇴골 외측과요의 함몰, 내측 측부인대의 함몰 및 골좌상을 의미하는 간접 소견이라고 하였고, Gentili 등(7)은 간접 소견 중에서 전방 십자인대 축의 변화, 즉 전방 십자인대 각과 전방 십자인대-블뤼망쎄 선 각의 변화가 매우 의미있는 소견이라고 보고하였다.

전방 십자인대는 대퇴골과 경골 외측 고평부(lateral tibial plateau)가 이루는 각도가 약 55°가 되면 팽팽해지며, 이 각도에서 대퇴골과 간와함요의 후면과 평행을 이루게 되고, 파열이 오면 전방 십자인대가 더욱 수평으로 움직여 정위(orien-

tation)를 잃게 된다(4, 7).

Yao 등(13)은 전방 십자인대 각이 50°이하로 변화를 일으키는 경우가 완전 파열에서 52%, 부분 파열에서 48%의 빈도를 보인다고 하였으며, Gentili 등(7)은 전방 십자인대 각이 정상에서는 평균 55.6°를 보이며 파열이 생기면 평균 29.9°로 감소한다고 하였고, 45°를 기준으로 하면 예민도 91%, 특이도 97%를 보이지만, 40°를 기준으로 하면 예민도는 89%로 감소하지만 특이도는 100%로 증가한다고 하여 45°를 기준각으로 제시하였다. 저자들의 경우도 파열군에서의 전방 십자인대 각의 평균치가 정상군에 비해 의미있게 감소하였고, 45°를 기준으로 하였을 때에 진단의 정확도가 가장 높았으며, 50°를 기준으로 하면 예민도는 증가하였으나 특이도와 정확도는 감소하였고, 40°를 기준으로 하면 특이도는 증가하였으나 예민도와 정확도는 감소하였다.

전방 십자인대-블뤼망쎄 선 각은 대퇴골의 후면을 잇는 선과 전방 십자인대의 원위부를 잇는 선이 만나는 각을 측정하며, 그 접점이 위를 향하면 음각, 아래를 향하면 양각으로 하여 측정한다(7). Gentili 등(7)은 전방 십자인대-블뤼망쎄 선 각이 정상에서는 평균 -1.6°를 보이지만 파열이 생기면 증가하여 평균 25.8°를 보인다고 하였고, 저자들의 경우도 파열이 생기면 정상군에 비해 각도가 의미있게 증가하였다. 저자들의 경우 10°를 기준으로 하였을 때 진단의 정확도가 가장 높았으며, 15°를 기준으로 하면 특이도는 증가하였으나 예민도와 정확도는 감소하여, Gentili 등(7)이 제시한 15°(예민도 89%, 특이도 100%)에 비해 기준각이 약간 낮았다. 이는 대상군의 분포 차이에 의한 것으로 추정되며, 측정시 개인별 오차에 의한 요인도 관여할 것으로 생각된다. 또한 슬관절 굴곡과 신전에 따라 십자인대의 형태와 긴장도가 변한다는 보고가 있고(19), 본 연구에서도 일관된 자세를 유지하지 못한 것 또한 하나의 요인으로 생각되며 추

후 대단위 연구로 보완 검증되어야 할 것이다.

결론적으로 전방 십자인대 축의 변화는 파열에 동반되는 중요한 간접 소견이며 전방 십자인대 각 45°, 전방 십자인대인대-블뤼망쎄선 각 10°를 측정의 기준각으로 제시하는 바이다.

참 고 문 헌

1. Mink JH, Levy T, Crues III JV. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee:MR imaging evaluation. *Radiology* 1988;167:769-774
2. Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J. Anterior cruciate ligament tears:MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology* 1988;166:861-864
3. Vahey TN, Broome DR, Kayes KJ, Shelbourne KD. Acute and chronic tears of the anterior cruciate ligament:differential features at MR imaging. *Radiology* 1991;181:251-253
4. Robertson PL, Schweitzer ME, Bartolozzi AR, Ugoni A. Anterior cruciate ligament tears:evaluation of multiple signs with MR imaging. *Radiology* 1994;193:829-834
5. Remer EM, Fitzgerald SW, Friedman H, Rogers LF, Hendrix RW, Schafer MF. Anterior cruciate ligament injury:MR imaging diagnosis and patterns of injury. *RadioGraphics* 1992;12:901-915
6. Tung GA, Davis LM, Wiggins ME, Fadale PD. Tears of the anterior cruciate ligament:primary and secondary signs at MR imaging. *Radiology* 1993;188:661-667
7. Gentili A, Seeger LL, Yao L, Do HM. Anterior cruciate ligament tear:indirect signs at MR imaging. *Radiology* 1994;193:835-840
8. McCauley TR, Moses M, Kier R, Lynch JK, Barton JW, Jokl P. MR diagnosis of tears of anterior cruciate ligament of the knee: importance of ancillary findings. *AJR* 1994;162:115-119

9. Vahey TN, Hunt JE, Shelbourne KD. Anterior translocation of the tibia at MR imaging:a secondary sign of anterior cruciate ligament tear. *Radiology* 1993;187:817-819
10. Kaye JJ. Ligament and tendon tears:secondary signs. *Radiology* 1993;188:616-617
11. Schweitzer ME, Cervilla V, Kursunoglu-Brame S, Resnick D. The PCL line:an indirect sign of anterior cruciate ligament injury. *Clin Imaging* 1992;16:43-48
12. Chan WP, Peterfy C, Fritz RC, Genant HK. MR diagnosis of complete tears of the anterior cruciate ligament of the knee:importance of anterior subluxation of the tibia. *AJR* 1994;162:355-360
13. Yao L, Gentili A, Petrus L, Lee JK. Partial ACL rupture:an MR diagnosis?. *Skeletal Radiol* 1995;24:247-251
14. 한기석, 강홍식, 구진모, 김주완, 조규형, 성상철. 전방 십자인대 손상의 자기공명영상:동반 소견. *대한방사선의학회지* 1995;32(4):617-623
15. Brandser EA, Riley MA, Berbaum KS, El-Khoury GY, Bennett DL. MR imaging of anterior cruciate ligament injury:independent value of primary and secondary signs. *AJR* 1996;167:121-126
16. Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A. Magnetic resonance imaging of the knee and correlation with normal anatomy. *RadioGraphics* 1993;187:817-819
17. Mink JH, Reicher MA, Crues JV III, Deutsch AL. *MRI of the knee*. 2nd ed. NY:Raven Press, 1993:141-162
18. Hodler J, Haghghi P, Trudell D, Resnick D. The cruciate ligaments of the knee:correlation between MR appearance and gross and histologic findings in cadaveric specimen. *AJR* 1992;159:357-360
19. 홍혜숙, 서진석, 정은기, 김도중, 황금주, 김상흠. 정상인에서 슬관절 굴곡과 신전시의 십자인대의 자기공명영상:예비적 연구. *대한방사선학회지* 1996;35(2):267-272

The Significance of Alteration of Anterior Cruciate Ligament Axis as a Secondary Sign of Tear¹

Jin Hee Park, M.D., Joo Hyuk Lee, M.D., Ki Young Song, M.D.
Jong Chan Lee, M.D., Kusub Yun, M.D., Si Kyung Lee, M.D.
Young-Hoon Kim, M.D.²

¹Department of Radiology, Kangnam General Hospital Public Corporation

²Department of Orthopedic Surgery, Kangnam General Hospital Public Corporation

Purpose: To assess the significance of alteration of the anterior cruciate ligament(ACL) axis as seen on magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament tear.

Materials and Methods: ACL angle(angle between lateral tibial plateau and ACL) and ACL-Blumensaat line angle(angle between ACL and Blumensaat line) were measured in 76 patients with ACL tear and 55 patients with normal ACL. The significance of the change in orientation of the ACL was evaluated.

Results: ACL angle was significantly smaller in the tear group($35.07^\circ \pm 10.34^\circ$, mean \pm standard deviation) than in the normal group($54.11^\circ \pm 4.61^\circ$)($p < 0.001$); when cutoff value was less than 45° , sensitivity, specificity and accuracy were 85.5%, 98.2% and 90.8%, respectively. The ACL-Blumensaat line angle was significantly greater in the tear group($20.33^\circ \pm 9.56^\circ$) than in the normal group($2.55^\circ \pm 4.86^\circ$)($p < 0.001$). when cutoff value was more than 10° , sensitivity, specificity and accuracy were 90.8%, 94.5%, and 92.4%, respectively.

Conclusion: The change in orientation of the ACL was an important associated finding in cases of ACL tear. We suggest that cutoff values should be an ACL angle of less than 45° , and an ACL-Blumensaat line angle of more than 10° .

Index Words: Knee, MR
Knee, injuries
Knee, ligaments, menisci, and cartilage

Address reprint requests to: Jin Hee Park, M.D., Department of Radiology, Kangnam general Hospital Public Corporation,
171-1, Samsung-dong, Kangnom-Gu, Seoul, 135-090, Korea.
Tel. 82-2-554-9011(715) FAX: 82-2-564-2960