

정상인에서 슬관절 굴곡과 신전시의 십자인대의 자기공명영상: 예비적 연구¹

홍혜숙 · 서진석 · 정은기 · 김도중 · 황금주 · 김상흠

목 적: 임상 응용의 기초 연구로서 정상 성인에서 슬관절 굴곡시의 전, 후방 십자인대의 자기공명 영상 소견을 알아보기 위해 신전시 영상과 비교 분석하였다.

대상 및 방법: 슬관절 증상이 없는 7명의 정상 성인에서 슬관절 신전 상태와 굴곡 상태에서 각각 자기공명영상을 시행하였다. 십자인대의 소견을 비교 관찰하였고 인대의 길이, 두께, 대퇴골과 이루는 각도를 측정하였고 관절 굴곡의 정도를 측정하였다.

결 과: 슬관절 굴곡시의 자기공명영상 소견은 신전시 소견과 비교하여 관절강이 확장되는 소견이 관찰되었고 전, 후방 십자인대의 전부 또는 일부 다발이 신장되어 경계가 명확하게 보이는 소견이 관찰되었다. 굴곡시 영상에서 후방십자인대는 신호강도 변화없이 전 주행경로가 직선상으로 관찰되었고 전방십자인대는 신전시보다 균일하고 낮은 신호강도를 나타내었다. 전, 후방 십자인대 모두 굴곡시에 두께가 감소하고 길이가 증가되는 경향을 보였다. 이 중 후방십자인대의 두께가 감소하는 소견을 제외하고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

결 론: 슬관절 굴곡 영상에서 관절강의 확장 소견과 인대가 신장된 소견이 관찰되었고 후방십자인대는 전 주행경로가 직선상으로, 전방십자인대는 균일한 저신호강도를 보였다.

서 론

대상 및 방법

슬관절 내부 구조물 중 전, 후방 십자인대의 손상이 있을 때 영상진단의 정확도는 90% 이상이라고 보고되어 있다(1). 그러나, 십자인대의 병변을 진단할때 통상적 자기공명 영상 방법이 항상 만족스럽지는 않고 인대의 불완전 열상의 진단에 어려움이 많으며 진성 병변의 유무 판단조차 어려운 경우도 있다. 십자인대를 관찰하는 방법으로는 슬관절 자기공명영상의 시상면 영상과 관상면 영상이 사용되는데, 전방십자인대의 경우 한 시상면 영상에서 인대의 전장이 보이지 않는 경우가 많아 전방십자인대를 잘 관찰하기 위하여 기존 영상 외에 사면 시상영상 등의 추가적 방법이 제시된 바 있다(2, 3). 저자들은 십자인대 관찰의 새로운 방법으로 슬관절 굴곡 상태에서의 영상을 고안하여 임상 응용의 가능성을 알아보고자 먼저 정상인에서 시행한 기초 연구의 결과를 보고한다.

슬관절에 연관된 무릎의 동통이나 이학적 검사상 이상이 없는 7명의 정상 성인을 대상으로 하였다. 남자는 5명, 여자는 2명이었으며 나이는 25세에서 28세까지였다(평균 연령 26세). 검사 부위는 임의로 선택하여 3예의 우측 슬관절과 4예의 좌측 슬관절이 검사되었다. 1.5 Tesla 초전도형 자기공명영상기기(Signa, General Electrics, Milwaukee, U.S.A)를 사용하였고 전례에서 스핀 에코(Spin Echo) 기법의 T1($TR/TE = 400/20\text{msec}$) 강조 시상면 영상과 고속 스핀 에코(Fast Spin Echo) 기법으로 T2($TR/TE = 3000/100\text{msec}$) 강조 시상면 영상을 얻었다. FOV는 14 cm, data acquisition matrix 256×256 , 절편 두께와 간격은 각각 3mm와 1mm로 하였다. 모든 환자에서 측와위를 취하게 한 후 3인치 이중 표면 코일을 검사 슬관절의 양측면에 부착시킨 후 먼저 슬관절 신전 상태에서 자기공명영상을 시행하고 그후 슬관절을 굴곡시킨 후 영상을 시행하였다.

전례에서 신전과 굴곡시 영상에서 십자인대의 모양과 신호강도를 관찰하여 비교 분석하였다. 각 증례마다 관절 굴곡의 정도를 측정하였고 대퇴골과 인대가 이루는 각을 대퇴골의 장축으로부터 전, 후방십자인대의 장축까지 시계방향으로 측정하였다(Fig. 1). 굴곡과 신전시 인대의 두

¹연세대학교 진단방사선과학교실

이 논문은 1996년 2월 24일 접수하여 1996년 4월 1일에 채택되었음

계를 비교함에 있어 인대의 가장 두꺼운 부분을 선택하여 전방십자인대는 인대의 가장 원위부인 경골 부착점이, 후방십자인대는 가장 근위부인 대퇴골 부착점이 가장 두꺼웠으므로 이곳에서 두께를 측정하였다. 굴곡과 신전시에 가장 두껍게 측정되는 전, 후방십자인대의 부분은 동일하였다. 인대의 길이를 인대 전장이 직선상으로 관찰되는 영상에서 가장 근위부인 대퇴골의 부착점에서 가장 원위부인 경골의 부착점까지 인대의 정중선을 따라 측정하였다. 전방십자인대는 신전과 굴곡시 영상 모두 직선상으로 관찰되었고, 후방십자인대의 경우 신전 영상에서 인대가 곡선상의 주행경로를 취하므로 가장 근위 부착점에서 가장 원위 부착점까지를 직선상으로 측정하였다(Fig. 2). 측정된 수치들의 평균값을 구해 신전시의 값과 굴곡시의

값을 비교하였으며 통계적 의의를 알기 위한 방법으로는, 측정값의 분포가 정규분포를 따를 경우는 paired t-test를, 따르지 않을 경우는 Wilcoxon signed rank test를 이용하였다.

결 과

전례에서 굴곡 영상에서의 전, 후방 십자인대의 소견은 신전 영상시와 다른 모양, 길이, 두께를 보였고 슬관절을 굴곡하였을 때 신전시에 비해 슬관절강이 넓어지는 소견이 보였는데 이는 정중시상면에서 가장 잘 관찰되었다(Fig. 3).

후방십자인대의 경우, 슬관절 신전 상태의 영상은 인대

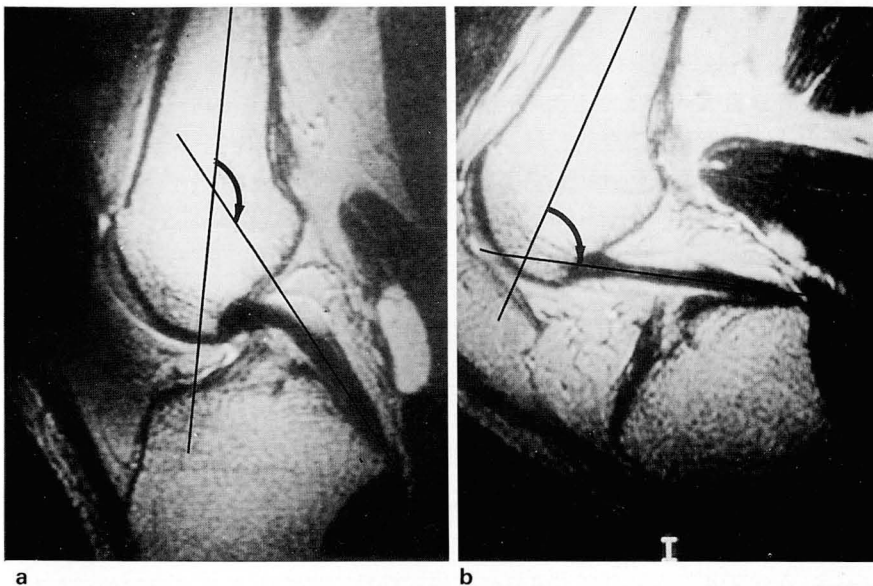


Fig. 1. A picture demonstrating the method measuring the angle between the femur and the cruciate ligament in extension(a) and flexion(b). From the long axis of the femur to the long axis of the ligament, the angle was measured clockwise.

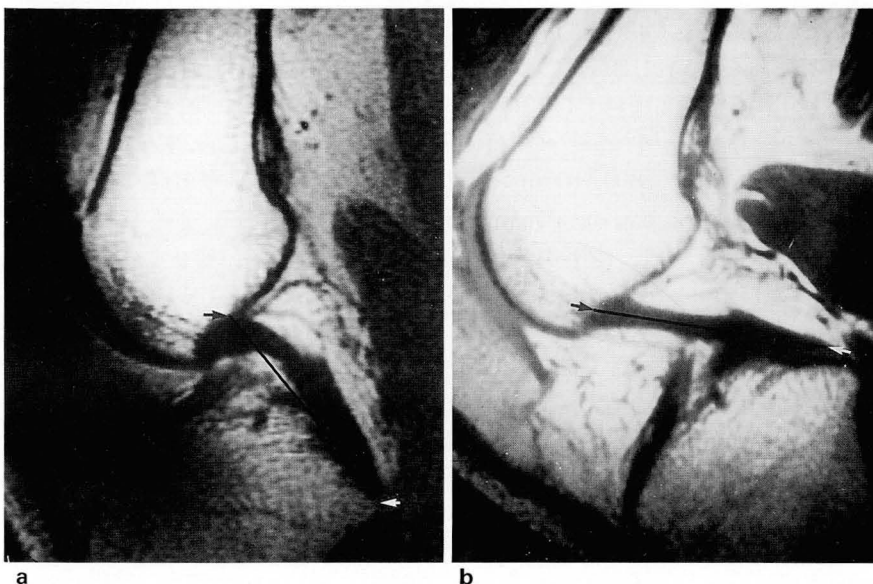


Fig. 2. A picture demonstrating the method measuring the length of PCL in extension(a) and flexion(b).

a. In knee extension, PCL showed a arc-like band. We measured its length linearly from the most proximal portion attaching the femur(black arrow) and to the most distal portion inserting to posterior tibial spine(white arrow).

b. In knee flexion, PCL was straightened and appeared as a linear band. It's length was measured along the midline.

전부분이 균일한 저신호강도를 보이며 명확한 경계를 가진 호 모양(arc-like)의 띠로서 대퇴골 내과에 부착되는 근위부는 부채살 모양(fan-shaped)으로 관찰되었다. 슬관절을 굴곡하였을때 관절강이 넓어짐에 따라 인대는 신장되어 전장이 직선경로를 취하였고 신전시의 상과 같이 명확한 경

계를 가지며 인대 전체가 균일한 신호강도로 관찰되었다. 신전 영상에서 부채살 모양으로 관찰되던 인대의 근위부는 관절 굴곡시 직선상으로 신장되어 인대 전장이 균일한 두께로 관찰되었다. 인대가 신장된 상태에서 신호강도의 변화 소견은 관찰되지 않았다(Fig. 4).

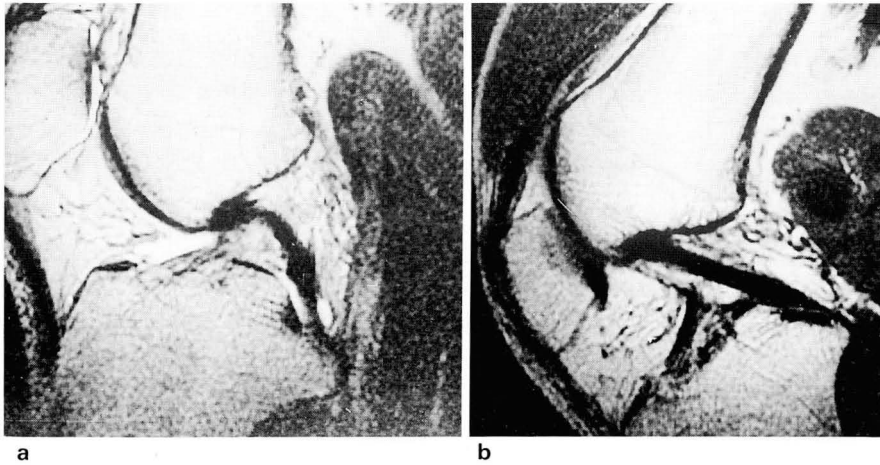


Fig. 3. A case demonstrating joint space widening.

As compared with extension image(a) at the mid-sagittal plane, flexion image(b) shows widened joint space.

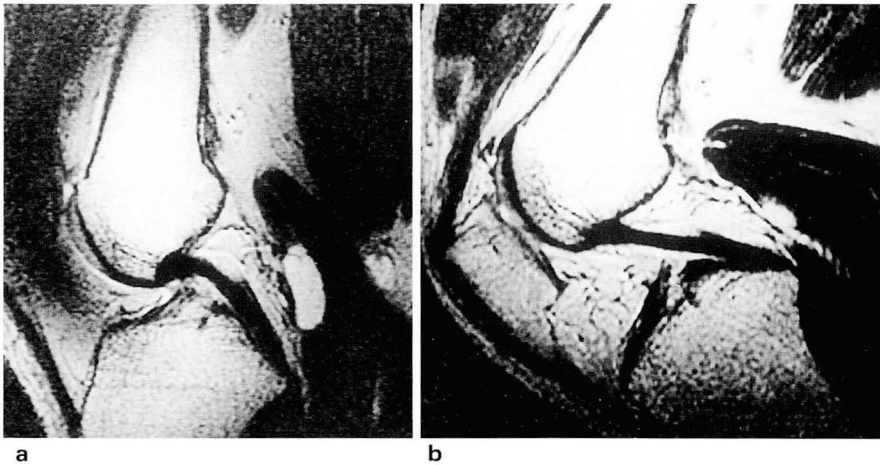


Fig. 4. Posterior cruciate ligament

a. In extension image, PCL is visualized as a arc-like band with homogeneously low signal intensity. Its proximal portion appeared as fan-shape.

b. When the knee was flexed, PCL appeared as a linear straight band without change in signal intensity.

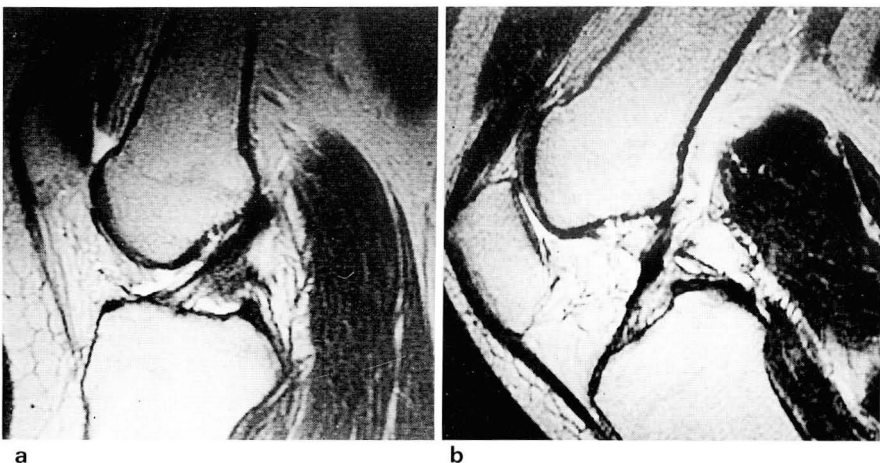


Fig. 5. Anterior cruciate ligament

a. In extension image, ACL appeared as a linear straight band with heterogenous signal on T2 weighted image. Its distal portion showed fan-shaped appearance.

b. This flexion image shows a band with homogeneously low signal intensity.

전방십자인대의 경우, 신전시 영상에서 후방십자인대보다 높고 불균등한 신호강도를 가지나 경계는 잘 지워지며 경골에 부착되는 원위부가 부챗살 모양을 이루었다. 굴곡시에는 원위부도 신장되어 직선상으로 명확하게 경계 지워지는 소견이 보였다. 굴곡시 인대의 신호강도는 신전시에 보였던 불균등한 신호강도와는 달리 균일하고 후방십자인대와 동일한 저신호강도로 관찰되었다(Fig. 5)

전, 후방십자인대의 두께와 길이를 측정하여 굴곡시의 평균값과 신전시의 평균값을 비교한 결과, 전방십자인대와 후방십자인대 모두 굴곡시에 두께가 감소하고 길이가 증가되는 경향을 보였다. 통계학적으로 전, 후방십자인대의 길이를 측정한 값들은 정규분포를 따랐으므로 paired t-test를 사용하였고 두께를 측정한 값들은 정규분포를 따르지 않았으므로 Wilcoxon signed rank test를 사용하여 통계적 유의성을 알아보았다. 이중 후방십자인대의 두께가 감소한 소견을 제외하고 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 1). 본 연구에서 시행된 슬관절 굴곡의 정도는 55-90°였고 대퇴골과 십자인대가 이루는 각은 전방십자인대의 경우 슬관절 신전 상태에서 예각(15-45°)을 이루다가 굴곡시에 둔각(150-165°)을 이루었으며 후방십자인대의 경우 신전시 둔각(105-155°)을, 굴곡시에 예각(60-80°)을 이루었다(Table 2).

고 찰

슬관절의 내부구조물을 관찰하는데 자기공명영상의 유용함은 많은 문헌에서 보고되었고 특히 슬관절내 인대의 병변이 의심되는 경우 이학적 검사 및 기타 침습적 검사에 비해 많은 장점을 지니고 있다(4, 5). 슬관절 내부구조물 중 십자인대는 관절의 운동에 따라 형태와 긴장도가 달라지는 기능적 구조물로서 관절 안정성에 중요한 역할을 하고 있고 수상의 빈도 또한 높다. 십자인대 손상을 진단함에 있어 자기공명영상은 타 검사 방법을 보완하거나 혹은 일차적 진단 방법으로 이용될 수 있다.

통상적으로 시행하는 슬관절 자기공명영상에서 전방십자인대는 후방십자인대보다 높고 불균등한 신호강도를 가지며 경계는 잘 그려지지 않는 형태로 관찰되며 후방십자인대는 균등한 저신호강도의 호 모양의 띠로 고신호강도의 관절내 지방에 둘러싸여 경계가 분명하게 하나의 시상면 영상에서 잘 관찰된다. 이것은 각 십자인대의 해부학적 특성에 의한 것으로 후방십자인대는 경골의 후면에서 대퇴골 내과에 부착되는 지점까지 비교적 직접 전후 경로를 취하여 시상면에 평행하게 주행하므로 하나의 시상면 영상에서 잘 관찰되고 후방십자인대를 잘 보기 위해서는 시상영상이 표준적 방법이라 보고되고 있다(2). 자기공명영상에서 관찰되는 전방십자인대의 불균등하고 후방십자인대보다 높

Table 1. The Ligament Dimensions Measured in Both Knee Extension and Flexion Images.

		Extension(mm)	Flexion(mm)	*p-value
PCL	thickness [†]	6.6 ± 1.1	5.6 ± 1.6	0.125
	length [‡]	40.4 ± 1.8	48.9 ± 3.0	0.0009*
ACL	thickness [†]	7.1 ± 2.2	4.3 ± 0.8	0.0156*
	length [‡]	35.0 ± 5.1	38.9 ± 3.8	0.0009*

Note Numbers express Mean SD.

[†] Wilcoxon signed rank test was used to test statistical significance.

[‡] Paired t-test was used.

* P-values are significant when p<0.05.

Table 2. The Angles between Long Axis of the Femur and the Ligaments According to knee flexion.

Subject No.	Joint flexion	Angle between femur & ligament			
		ACL		PCL	
		Extension	Flexion	Extension	Flexion
1	80	40	160	155	73
2	70	30	160	135	80
3	75	35	165	145	80
4	90	15	153	105	60
5	60	25	163	135	75
6	75	20	155	130	75
7	55	45	150	150	80

Note ACL : Anterior Cruciate Ligament
PCL : Posterior Cruciate Ligament
Numbers mean degree.

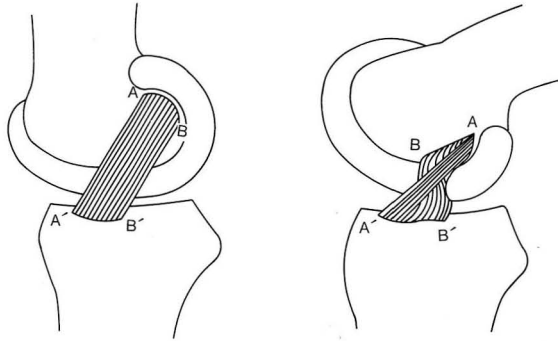


Fig. 6. A schema demonstrating changes in the shape and tension of the anterior cruciate components in extension and flexion. In flexion, femoral condyle rotates upward direction and the relative position of point B lies anterior to point A. As a result, lengthening of small anteromedial band(A-A') and shortening of the posterolateral bulk of the ligament(B-B') is shown.

은 신호 강도에 대해 Yao 등(6)은 사후 24시간 이내의 부검 표본을 이용한 십자인대의 자기공명영상에서 전방십자인대와 후방십자인대간에 신호강도 차이는 없으며 조직학적으로도 동일한 소견을 보임을 보고하였고, Hodler 등은 사체 슬관절의 자기공명영상을 실시하여 전방십자인대가 후방십자인대보다 고신호강도를 보이거나 조직학적으로는 언급할 만한 차이가 없음을 밝히고 인대의 경로자체가 시상평면에 대해 10-20° 경사지워져 있으며 인대를 이루는 다발들이 뒤틀려 주행하는 동안 나선상으로 회전하며 경골에 부착하게 되므로 이로 인해 야기된 volume-averaging artifact로 인해 불균등한 신호강도 및 불분명한 경계를 보인다고 하였다(7). 전방십자인대의 이러한 경사도로 인해 표준적인 시상면이나 관상면에서 최적의 관찰이 이루어지지 않으므로 검사하는 영상면을 변화시킴으로써 자기공명영상의 진단적 가치가 향상될 것을 기대하여 Li 등(2)은 검사평면을 시상축에 대해 20° 내회전시켜 하나의 영상에서 전방십자인대의 전장이 균일한 신호강도로 관찰됨을 보고한 바 있다.

십자인대는 굴신과 회전운동이 동시에 일어나는 슬관절의 안정성을 유지하기 위해 운동의 순간순간마다 형태 및 긴장도가 달라지게 되는데 이에 대해 자기공명영상을 시도하거나 문헌상에 언급된 바가 없다. 본 연구에서는 슬관절을 굴곡하여 십자인대의 형태와 긴장도를 변화시킨 후 자기공명영상을 실시하였으며 시행한 관절 굴곡의 정도는 55-90°였다.

슬관절 굴곡시의 자기공명영상 소견은 관절의 신전시 영상 소견과 비교하여 슬관절이 확장되는 소견이 보였으며 이는 정중시상면에서 가장 잘 관찰되었다. 후방십자인대의 경우 슬관절 굴곡시 인대가 신장되어 전 주행경로가 직선상으로 관찰되었다. 전방십자인대는 슬관절 굴곡 영상에서 신전시 영상보다 균일하며 저신호강도를 보이는 경계가 명

확한 띠로 관찰되었다.

본 연구의 결과에서 보인 신전과 굴곡 영상의 차이는 인대의 기능적 변화와 연관되리라 생각한다. 전방십자인대의 다발들은 대략적으로 인대의 대부분을 차지하는 후외측 다발과 이보다 소량의 전내측다발로 나뉘는데 이는 해부학적인 구분이라기보다는 기능적인 구분이다. 슬관절이 신전되었을 때는 전방십자인대의 대부분을 이루는 후외측 다발은 긴장되고 전내측다발은 중등도로 이완되어 있다. 반대로, 슬관절이 굴곡되면 인대의 대퇴골 부착점이 좀더 수평방향으로 놓이게 되며 전내측다발이 팽팽해지고 후외측다발은 느슨하게 된다(8, 9)(Fig. 6). 본 연구의 결과에서 굴곡시 균일한 저신호강도를 보인 전방십자인대는 긴장된 이 전내측 다발에 해당한다고 생각할 수 있고 혹은 인대가 긴장되어 다발 주변에 존재하는 관절액을 짜냄으로써 주위 신호강도에 의한 volume-averaging artifact를 감소시켰기 때문이라고 설명할 수 있다.

후방십자인대도 작은 후측띠가 있는데 관절 신전시에 이 후측띠는 긴장되고 인대의 대부분은 이완 상태이며 굴곡시에는 반대로 된다. 그러나 인대 전체에서 후측띠가 차지하는 부분이 작으므로 영상에서는 서로 구분이 되지 않는 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 후방십자인대는 굴곡시 인대의 길이가 의미있게 증가하는 소견을 보였는데, 이는 인대의 길이가 실제로 증가한 것이 아니고 호 모양에서 직선상으로 형태가 변화하며 신장된 것이라고 보여진다.

결론적으로 저자들이 슬관절 굴곡 영상에서 새로이 관찰할 수 있었던 것은 정중시상면에서 슬관절강의 확장소견이 잘 관찰되고 전방십자인대와 후방십자인대가 신장되며 전방십자인대의 경우 굴곡 영상에서 균일한 저신호강도로 관찰된 소견이었다. 이를 바탕으로, 십자인대의 병변의 진단이 어려울 경우 슬관절 굴곡 영상을 추가하는 것이 십자인대 병변의 진단율을 향상시키는데 기여하리라 생각되며 이에 대한 연구가 기대된다.

참 고 문 헌

1. Mink JH, Levy T, Cruess JV. Tears of the Anterior Cruciate Ligament and Menisci of the Knee:MR Imaging Evaluation. *Radiology* 1988;167:769-774
2. Li KC, Henkelman M, Poon PY, Rubenstein J. MR Imaging of the Normal Knee. *J Comput Assist Tomogr* 1984;8:1147-1154
3. Kenneth A, Buckwalter MS, Pennes DR. Anterior Cruciate Ligament:Oblique Sagittal MR Imaging. *Radiology* 1990;175:276-277
4. Lee JK, Yao L, Phelps CT, et al. Anterior Cruciate Ligament Tears:MR Imaging Compared with Arthroscopy and Clinical Tests. *Radiology* 1988;166:861-864
5. Turner DA, Prodromos CC, Petasnick JP, Clark JW. Acute Injury of the Ligaments of the Knee:Magnetic Resonance Evaluation. *Radiology* 1985;154:717-722
6. Yao L, Sherwood JW. Ex-Vivo MR Imaging of the Cruciate

- Ligaments. *Comput Med Imaging Graph* **1991**;15:27-30
7. Hodler J, Haghighi P, Trudell D, Resnick D. The Cruciate Ligaments of the Knee: Correlation Between MR Appearance and Gross and Histologic Findings in Cadaveric Specimens. *AJR* **1992**;159:357-360

8. Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem ARS. The Cruciate Ligaments of the Knee Joint. *Clin Orthop* **1995**;106:216-231
9. Arnoczky SP. Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament. *Clin Orthop* **1983**;172:19-25

Journal of the Korean Radiological Society 1996; 35(2): 267~272

Knee MRI Study of Normal Cruciate Ligaments Comparing the Flexion Images with the Extension Images: Preliminary Study¹

Hye-Suk Hong M.D., Jin-Suck Suh M.D., Eun-Kee Jeong Ph.D.,
Do-Jung Kim M.D., Keum-Joo Whang M.D., Sang-Heum Kim M.D.

¹ Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University Medical College

Purpose: As a baseline study for clinical application, we investigated MRI findings of normal cruciate ligaments in the knee being flexed as compared to those in the knee being extended.

Materials and Methods: Seven asymptomatic volunteers were studied. Knee MRI was performed with a 1.5 Tesla unit using a dual 3 inch coil. In the decubitus position, sagittal scanning was performed with the knee in extension, and subsequently, in flexion. We observed the shape and signal intensity of both cruciate ligaments, and measured the angles between the long axis of the femur and ligaments, and the ligament dimensions in extension and flexion images.

Results: As flexion and extension images were compared, cruciate ligaments differed both in their appearance and dimensions. With flexion, joint space was widened, PCL became straightened and the signal intensity of ACL became homogeneously low; both cruciate ligaments became longer and thinner. These MRI findings were statistically significant except for thinning of PCL.

Conclusion: MRI appearance and the dimensions of cruciate ligaments were different in the flexed knee as compared to those in the extended knee.

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

Address reprint requests to: Jin-Suck Suh, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University Medical College
134, Shinchon-dong, Seodaemun-ku, Seoul 120-752 Korea.
Tel. 82-2-361-5837, Fax. 82-2-393-3035