

## 자기공명영상 상 전방십자인대 파열과 후방십자인대 곡선값의 연관성

왈레스 기념 침례병원 정형외과학교실

강재도·김광열·김형천·이성춘

### The Relationship between the Anterior Cruciate Ligament Tear and the Posterior Cruciate Ligament Index on MRI Findings

Jae Do Kang, M.D., Kwang Yul Kim, M.D.,  
Hyung Cheon Kim, M.D., and Sung Chun Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Wallace Memorial Baptist Hospital Busan, Korea

**ABSTRACT: Purpose:** The purpose of this retrospective study was to test the posterior cruciate ligament (PCL index) for diagnosis of a tear of the anterior cruciate ligament (ACL) by means of MR imaging.

**Materials and Methods:** From Mar. 1997 to Feb. 2001, concomitant magnetic resonance imaging (MRI) and knee joint arthroscopy were performed in 56 patients of either pain or instability of the knee. The shortest distance between the femoral and tibial attachment of PCL (X) and the distance from that line to the tip of the arc marked by the PCL (Y) on the sagittal plane images were measured. The quotient of these two parameters (Y/X) defined the PCL index.

**Results:** Using MRI diagnosis, there were 35 patients diagnosed with ACL rupture and 21 patients were ruled out of ACL injury. Using arthroscopy, 32 of the 35 patients diagnosed by MRI showed ACL rupture, and 20 of the 21 patients were ruled out of ACL injury. The mean PCL index was 0.40 in the 33 patients diagnosed with ACL rupture through arthroscopy. The mean PCL index was 0.23 in 23 patients with an uninjured ACL through arthroscopy. In 33 patients with ruptured ACL, this value exceeds 0.31. The index value was 0.31 in 3 patients with uninjured ACL. The value of the index was not above 0.31 with an uninjured ACL. PCL index on MRI had a sensitivity of 91% and a specificity of 94% for determining the status of the anterior cruciate ligament.

**Conclusion:** Injury to the ACL changes the PCL index markedly. In diagnostically unreliable MR images, amelioration of the PCL index could help in the diagnosis of ACL injury.

**KEY WORDS:** Knee, Anterior cruciate ligament (ACL) tear, MRI, PCL index

\* Address reprint requests to  
**Jae Do Kang, M.D.**  
Department of Orthopaedic Surgery,  
Wallace Memorial Baptist Hospital  
374-75 Namsan-dong,  
Geumjeong-gu, Busan 609-728, Korea  
Tel: 82-51-580-1422, Fax: 82-51-583-2568  
E-mail: JDkang@wmbh.co.kr

\* 위논문의요지는 2002년 추계 학술대회에서 구연되었음.

### 서 론

슬관절 손상시에 자기공명영상과 관절경은 전방십자인대를 관찰하는데 매우 유용한 진단 방법이다. 그러나 일부 예에서 전방십자인대의 파열이 자기공명영상으로 확인이 안 되는 경우가 있고 그 정밀도는 저자에 따라 약 78%에서 93%까지 보고되고 있다<sup>2,10</sup>. 자기공명영상에 의한 전방십

자인대 파열의 여러 가지 진단이 보고되고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 진단 방법중의 하나로 후방십자인대 곡선값이 보고되고 있다<sup>1),10)</sup>. 그러나 이런 곡선값은 급성 및 만성인 슬관절 손상 시에 변화의 차이를 보이고 있다<sup>20)</sup>. 이에 본 교실에서는 슬관절경과 자기공명영상술을 시행하여 급성 슬관절 손상으로 내원한 환자 56명을 대상으로 전방십자인대 파열 시 후방십자인대 곡선값을 이용하여 전방십자인대 파열의 간접 소견에 대한 진단의 가치를 분석하고자 한다.

연구 대상 및 방법

1997년 3월부터 2001년 2월까지 급성 슬관절 동통(불안정성 포함)으로 내원한 56명의 환자를 대상으로 성별로는 남자가 42명, 여자가 14명으로 3 대 1로 남자가 많았다. 연령은 27세에서 48세까지 평균연령은 36세이었다. 이학적 검사후 자기공명영상(MRI)을 시행하였으며, 슬관절경으로 이를 확인 및 치료하였다.

MRI는 standard GE knee coil과 1.5 Tesla 초전도 영상장치를 이용하여 연속적으로 시상면에서 5 mm 간격으로, 촬영방법은 환자를 양외위로 눕히고 슬관절은 외회전 15도, 굴곡 10도 상태에서 촬영하였다. 자기공명영상 시

상면에서 후방십자인대의 부착부가 완전히 보이는 부위를 선택하여 후방십자인대의 대퇴골 부착부 및 경골 부착부를 연결하는 기저선의 거리(X)를 표시하고 이 선에서 후방십자인대에 내린 가장 큰 수선거리(Y)를 표시하여 Y/X를 후방십자인대 곡선값(PCL index)으로 정의하였다(Fig. 1). 이학적 검사후 전방십자인대 파열유무를 진단하고 곡선값 수치를 계산하여, 관절경으로 확인하는 후향적 연구방법을 사용하여 민감도와 특이도를 구하였다.

통계학적 분석은 SPSS 10.0 version을 이용한 unpaired student's T-test를 이용하였고, P<0.001에서 통계적 유의수준으로 하였다.

결 과

모든 환자 56명을 대상으로 관절경으로 진단되어진 정상과 파열시에 후방십자인대 곡선 값을 표시하였다(Table 1). 총 56명중 Lachmans Test로 이학적 검사후 자기공명영상에서 후방십자인대 곡선값을 사용하여 35명을 전방십자인대 파열, 21명을 정상인 전방십자인대로 간주하였으나, 관절경으로 35명중 32명이 전방십자인대 파열, 21명중 20명이 정상인 전방십자인대로 확인되었다. 하지만

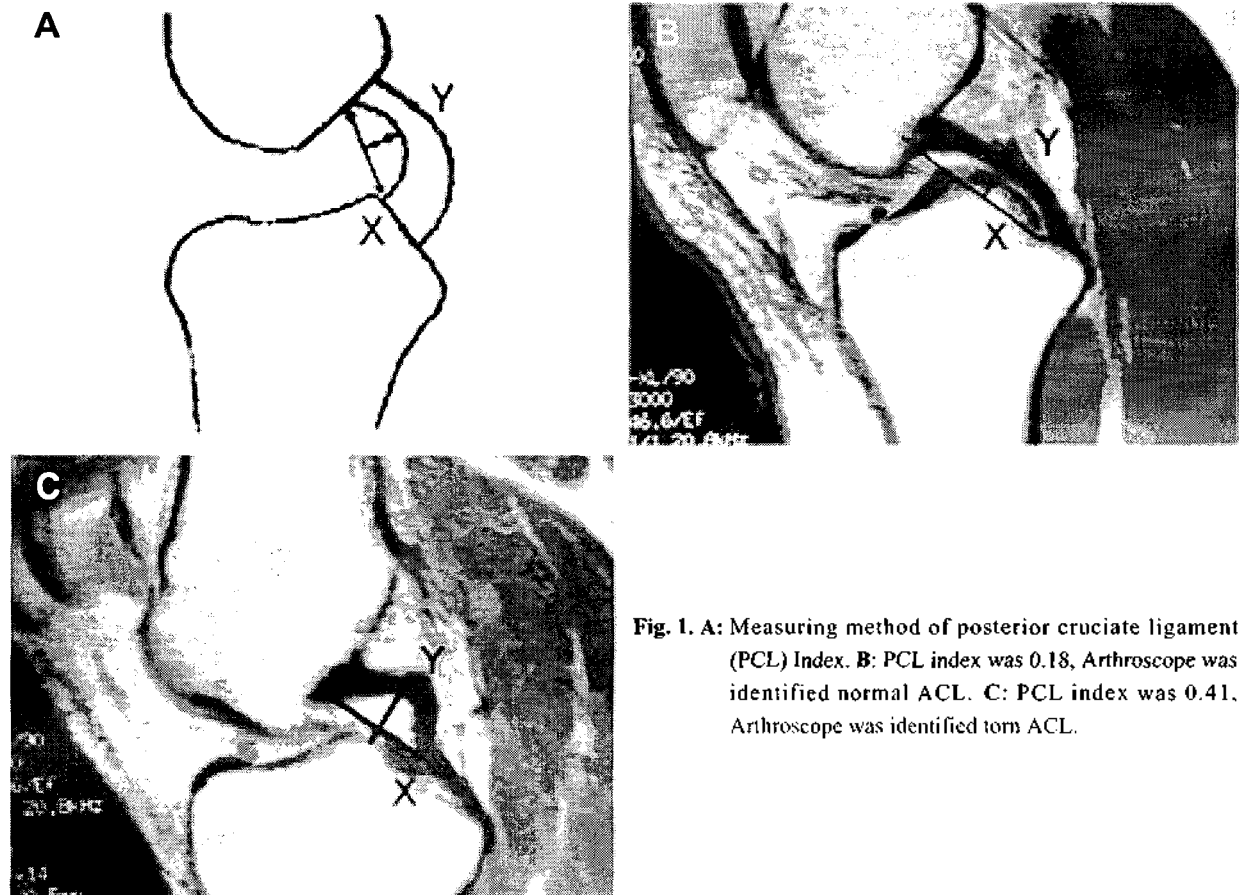


Fig. 1. A: Measuring method of posterior cruciate ligament (PCL) Index. B: PCL index was 0.18, Arthroscopically was identified normal ACL. C: PCL index was 0.41, Arthroscopically was identified torn ACL.

Table 1. Measurements for normal and torn anterior cruciate ligaments

	Normal ACL	Torn ACL
Patients	23	33
X* (mean)	1.49	1.38
Y† (mean)	0.35	0.55
PCL index‡ (max)	0.31	0.64
PCL index (min)	0.13	0.27
PCL index (mean)	0.23	0.40

\* X: 후방십자인대의 최단거리(시상면), † Y: 후방십자인대에 내린 가장 큰 수선 거리, ‡ PCL index: Y/X.

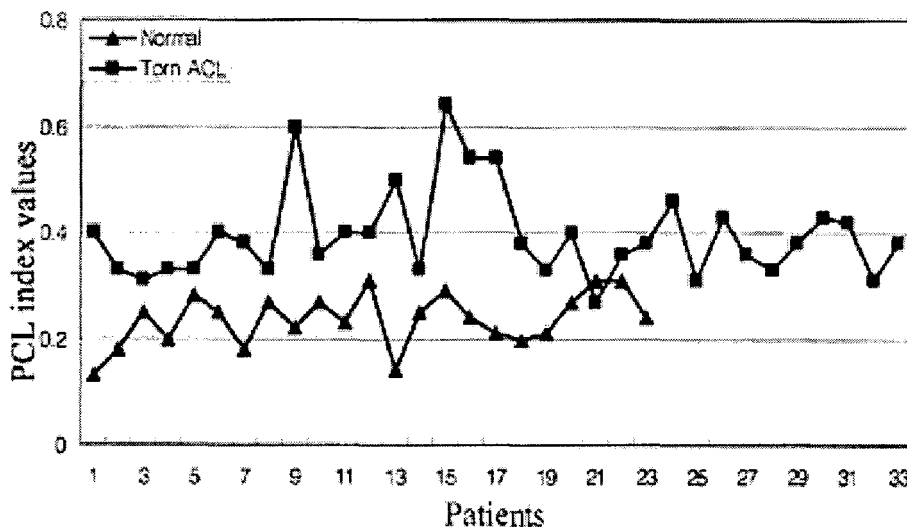


Fig. 2. PCL index is seen between patients with a torn ACL and patients with a normal ACL.

56명에서 33명이 관절경으로 전방십자인대 파열을 확인하였으며, 후방십자인대 곡선값의 평균은 0.40이었으며, 23명에서 정상인 전방십자인대로 후방십자인대 곡선값의 평균은 0.23이었다. 파열된 33명의 환자에서 후방십자인대 곡선값은 0.31을 초과하였다. 정상인 전방십자인대의 후방십자인대 곡선값에서 3명은 0.31이었으며, 그 외에는 후방십자인대 곡선값은 0.31을 초과하지 않았다. 후방십자인대 곡선값 상에서 0.3보다 큰 값을 가진 경우 중에 정상 전방십자인대는 없었으며, 0.27보다 작은 값을 가진 환자에서는 전방십자인대 파열은 없었다(Fig. 2). 총 56명을 대상으로 이학적 검사 및 자기공명영상(MRI)에서 후방십자인대 곡선값으로 35명을 파열된 전방십자인대로 진단하여 관절경에서 32명만 파열로 확인하여 민감도가 32/35(91%)로 평가되었으며, 3명은 가양성으로 평가되었다. 마찬가지로 21명을 이학적 검사 및 곡선값으로 정상인 것으로 평가하였으나 관절경으로 20명만 정상으로 평가되어 특이도는 20/21(94%)로 평가되었으며, 1명이 가음성으로 평가되

었다. 두 곡선 값은 unpaired student's test를 시행하여 통계학적으로 유의성을 보였다( $p < 0.001$ ).

### 고찰

슬관절 손상시 흔히 전방십자인대의 손상을 입게되며 이 인대 손상이 슬관절의 기능에 심한 장애를 일으키는 물론, 퇴행성 변화를 유발하게 되므로 이 인대 손상의 정확한 진단이 요구된다.

정상적인 후방십자인대는 대퇴골 후면에서 시작되어 경골 고평부의 후면으로 주행하면서 낮은 신호강도의 곡선 띠 모양으로 보이고, 전방십자인대는 후방십자인대보다 약간 높은 신호강도를 보이며 그 두께가 좀 더 얇고 대퇴골 외측과 부터 경골 고평부의 내측으로 주행한다<sup>7)</sup>. 역학적으로 후방십자인대는 전방십자인대와 상호적으로 작용하며, 후방십자인대는 슬관절의 움직임과 관계없이 단단히 긴장되어 있다. 자기 공명영상에서 후방십자인대 굴곡상태는 전방십자인대

파열의 간접징후다. 전방십자인대 파열의 정확한 진단은 연속성의 소실, 신호강도의 변화, 모양의 변화등 직접적인 소견으로 자기공명영상(MRI)에서 할 수 있으며, 비침습적인 방법으로서 정확하다<sup>2,13,18,19)</sup>.

MRI의 장점으로는 비침습적으로 통증없이 검사를 시행할 수 있고, 전리파(ionizing radiation)를 사용하지 않아 인체에 해가 없고 안전하여 임신부에서도 검사가 가능하고, CT와는 달리 피질골에 의한 Beam-hardening effect라 없어 artifact라 적으며, 다평면 영상을 얻을 수 있고, 우수한 연부조직간 대조도와 그 대조도를 조절할 수 있는 등 많은 장점이 있으며, 단점으로는 검사 비용이 비싸고 검사 기간이 CT보다 길며, 검사중 소음으로 인해 간혹 환자에게 불편감을 주고, 피질골의 구조에 대한 자세한 면을 알 수 없으며, 그 영상이 환자의 움직임에 민감하다는 것이다<sup>8,19)</sup>. 전방십자인대 손상시 자기공명영상을 이용한 진단율이 Anterior drawer test나, Lachman's test와 비교해 감수성이 높거나 높다고 보고하는 저자도 있다<sup>14)</sup>. 반면에 Katz 등<sup>10)</sup>은 임상적 검사법을 자기공명영상과 비교한 결과에서, 자기공명영상의 진단율도 임상적 검사와 비교해 낮으며, 검사 비용이 비싸기 때문에 임상적 검사법이 더 양호한 방법이라고 보고하고 있다. 전방십자인대 손상시 Lee 등<sup>20)</sup>은 자기공명영상이 슬관절 조영술보다 특이성 및 감수성이 높으나, 손상 받은 부위를 정확히 기술할 수 없었다고 보고하고 있으며, 임상적 검사에서 가양성 및 가음성을 보인 부분적 파열에 대해서, 자기공명영상이 감수성이 더 높다고 보고하고 있으며, 이들은 전방십자인대 손상시 자기공명영상에 대해 전방십자인대의 전면부에 불규칙성 또는 파행성을 보이거나, T2 강조영상에서 인대의 실질부에 고 신호강도로 나타나거나, 실질부에 불연속성이 있는 경우를 전방십자인대에 병변이 있는 것으로 진단내렸다. T1 강조영상에서 인대의 섬유다발이 불분명하게 보이거나 전방십자인대가 보이지 않는 경우 등이 있으며, T2 강조가 많이 될 수록 전방십자인대와 주변의 삼출액의 대조도가 증가되기 때문에 손상 판정이 용이하다고 한다<sup>9,15,17,23,24)</sup>.

Mink 등<sup>17)</sup>은 전방십자인대 파열시에 자기공명영상에서 95%의 진단율을 발표했다. 급성손상시 혈관절증, 관절내의 삼출액, 활액막의 파열 및 부종 등에 의해 전방십자인대 파열의 정확한 진단에 혼동을 초래하며, 급성손상의 경우 MRI 촬영시 슬관절 동통에 의한 부적합한 자세도 보다 정확한 진단에 방해 요소로 작용할 것으로 사료된다. 시상면상에서 전방십자인대를 평가함에 가양성 진단은 인대사이의 염증 및 점액의 퇴화로 인해 신호강도가 증가하기 때문이다<sup>17,19)</sup>. 그리고 만성 전방십자인대 파열시 부위는 섬유질로 바뀌며, 신호강도에서 전방십자인대와 유사하며, 이에 시상면상에서 여러 오진 가능성이 있다<sup>20,21)</sup>. Vahey 등<sup>24,25)</sup>은 만성 전방십자인대 손상시에는 MRI상 섬유화 반흔조직에 정상적인 인대로 판독되는 예가 많아 급성 전방십자인대 손상

에 비해 진단율이 낮아진다고 하였다.

Moses 등<sup>26)</sup>은 89명(54명 파열, 35명 정상)을 대상으로 하여 간접소견의 민감도와 특이도를 발표했으며, 이들은 각각, 외측 경골 고평부와 전방십자인대 사이에서 각도가 45도 이하일때의 민감도와 특이도는 90%~97%, Blumensaat line과 전방십자인대 사이의 각도가 15도 이상일 경우 민감도와 특이도가 89%~100%, 외측 부위의 골좌상의 민감도와 특이도는 54%~100%, 후방십자인대선의 후방부의 민감도와 특이도는 52%~91%, 후방십자인대 107도 이하의 각의 값의 민감도와 특이도는 52%~94%, 후방십자인대 0.39보다 적은 곡선 값의 민감도와 특이도는 34%~100%, 3.5 mm 이상의 외측 반월상 연골의 후방전위는 민감도와 특이도는 44%~94% 경골의 7 mm 전방전위는 민감도와 특이도는 41%~91%, 그리고 외측 대퇴골 절흔이 1.5 mm 이상인 경우의 민감도와 특이도는 19%~100%를 보였다. Liu와 Tsung<sup>23)</sup>은 민감도가 87%, 46%의 PCL index value의 유용성을 보였고, 특이도에서는 84%, 98%가 나타나는 유용한 방법임을 보여 주었다.

본 교실에서는 전방십자인대의 파열시 후방십자인대 모양 및 주행방향에 영향을 준다는 사실에 입각하여 총 56명을 대상으로 하였으며, 후향적인 연구방법을 사용하여 자기공명영상에서 후방십자인대 곡선값을 측정, 이를 관절경으로 전방십자인대 파열 여부를 확인하여 곡선값의 통계학적인 의의를 평가하였다. 자기공명영상(MRI)의 시상면에서 대퇴골의 후방십자인대 부착부위와 경골의 후방십자인대 부착부위의 거리(X)를 표시한후, 이 선에서 후방십자인대에 내린 가장 큰 수선거리(Y)를 표시하여 Y/X를 후방십자인대 곡선값으로 정의하였다<sup>22)</sup>. 이학적 검사로 전방십자인대 파열 여부를 검사하고, 자기공명영상에서 곡선값을 측정하였으며 슬관절경으로 파열유무를 확인하였다. 이를 후향적인 방법을 사용하여 전방십자인대의 상태여부를 곡선값의 수치로 평가하였다. 관절경상에서 전방십자인대가 장력이 정상이고 둘러싼 활막이 파열되지 않은 경우에 정상으로 인정하였다. 특히 파열소견을 가진 전방십자인대는 후방십자인대 곡선값이 최소한 0.27아래로 내려가지 않음을 보여 주었다. 전방십자인대 파열 시에는 후방십자인대 곡선값이 수치의 의의를 보여주고 있었다(P<0.001). 본 연구에서 후방십자인대 곡선값의 유용성을 분석하는데 있어서 급성 손상에 대하여 분석하였으며, 대상수가 적었다는 것, 자기공명영상에서의 후방십자인대의 보이는 면의 간격간(cutting위 거리와 주행방향으로의 촬영상 오차, 관찰자의 후방십자인대 곡선값의 줄긋는 굵기와 이 선에서 90도 수선을 그을 때의 interobserver 또는 intraobserver의 오차도 생각하여야 하지만, 후방십자인대 곡선값(PCL index)은 자기공명영상에서 전방십자인대 손상의 진단에 유용하리라고 사료된다.

## 결 론

후방십자인대 곡선값은 자기공명영상에서 전방십자인대 파열 유무를 진단하는 간접소견중의 하나이며, 본원에서 후방십자인대 곡선값의 후향적 연구방법에서는 전방십자인대의 파열을 비침습적으로 알 수 있는 방법의 하나로서 의의를 보였다.

## REFERENCES

- 1) Beltran J, Noto AM, Mousure JC, Weiss KL, Zuelzer W and Christoforidis AJ: The knee: surface-coil MR imaging at 1.5T. *Radiology*, 159:747-75, 1986.
- 2) Boerre NR and Ackroyd CE: Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament rupture: A new diagnostic sign. *J Bone Joint Surg*, 74-B:614-616, 1992.
- 3) Buckwalter K and pennes D: Anterior cruciate ligament: Oblique sagittal MR imaging. *Radiology*, 175:276-277, 1990.
- 4) Chan WP, Fritz RC, Stoller DW and Genant HK: MR "anterior drawer" sign: A useful sign in the diagnosis of complete anterior cruciate ligament tear. *Radiology*, 151:178-179, 1991.
- 5) Cobby MJ, Schweitzer ME, Resnick D: The deep lateral femoral notch: An indirect sign of a torn anterior cruciate ligament. *Radiology*, 184:855-858, 1992.
- 6) Edelman RR and Hesselink JR: Clinical magnetic resonance imaging. 1st ed, Philadelphia, WB Saunders Co : 996, 1990.
- 7) Fishcer SP, Fox JM, Del Pizzo, Friedman MJ, Snyder SJ and Ferkel RD: Accuracy of diagnosis from magnetic resonance imaging of the knee: A multicenter analysis of one thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg*, 73-A:2, 1991.
- 8) Glashow J, Katz R, Schneider M and Scott W: Double-blind assessment of the value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of anterior cruciate and meniscal lesions. *J Bone Joint Surg*, 71-A:113-119, 1989.
- 9) Graf BK, Cook DA, DE Smet AA and Keene JS: "Bone bruises" on magnetic resonance imaging evaluation of anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*, 21:220-223, 1993.
- 10) Kaplan PA, Walker CW, Kilcoyne RF, Brown DE et al: Occult fracture patterns of the knee associated with anterior cruciate ligament tears: assessment with MR imaging. *Radiology*, 183:835-838, 1992.
- 11) Katz JW and Fingerhuth RJ: The diagnostic accuracy of rupture of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med*, 14:88-91, 1986.
- 12) King S, Butterwick M and Cuerrier J: The anterior cruciate ligament: a review of recent concepts. *J Orthop Sports Phys*, 8:110-117, 1986.
- 13) Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J and Lozman J: Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology*, 166:861-864, 1988.
- 14) McCauley TR, Moses M, Kier R, Lynch JK, et al: MR diagnosis of tear of anterior cruciate ligament. *Radiology*, 187:817-819, 1993.
- 15) Mink JH, Reicher MA, Crues JV and Deutsch AL: MRI of the knee. 2nd ed, New York, Raven Press: 141-162, 1993.
- 16) Moses M, Kier R and McCauley TR: Anterior cruciate ligament: indirect signs at MR imaging. Presented at Radiology Society of North America Meeting, Chicago, November, 1992.
- 17) Odenstein M, Lysholm J and Gillquist J: The course of partial anterior cruciate ligament ruptures. *J Sports Med*, 13:183-186, 1985.
- 18) Polly D, Callaghan J and Savory C: The accuracy of selective resonance imaging compared with the findings of arthroscopy of the knee. *J Bone Joint Surg*, 70-B:192-198, 1988.
- 19) Remer EM, Fitzgerald SW, Friedman H, Rogers LF, Hendrix RW and Schafer MF: Anterior cruciate ligament injury: MR imaging diagnosis and pattern of injury. *Radiology*, 181:251-253, 1991.
- 20) Robertson PL, Schweitzer ME and Bartolozzi AR: Anterior cruciate ligament tears: MR imaging evaluation. *Radiology*, 193:829-834, 1994.
- 21) Rosen MA, Jackson DW and Berger PE: Occult lesions documented by magnetic resonance imaging associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*, 7:45-51, 1991.
- 22) Siwinski D, Ziemianski A: Value of posterior cruciate ligament index in the diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg*, 118:116-118, 1998.
- 23) Vahey TN, Broome DR and Kayes KJ: Acute and chronic tears of the anterior cruciate ligament: Differential features at MR imaging. *Radiology*, 181:251-253, 1991.
- 24) Vahey TN, Hunt JE and Shelbourne KD: Anterior translocation of the tibia at MR imaging. A secondary sign of anterior cruciate ligament tear. *Radiology*, 187:817-819, 1993.



**목 적 :** 전방십자인대 파열의 MRI상 간접소견인 후방십자인대 곡선값(PCL index)의 통계학적인 의의를 후향적으로 분석하였다.

**대상 및 방법 :** 1997년 3월부터 2001년 2월까지 슬관절 동등 및 불안정성으로 내원한 총 56명을 대상으로 자기공명 영상소견과 관절경을 이용하였다. 시상면에서 대퇴골의 후방십자인대 부착부위와 경골의 후방십자인대 부착부위의 거리(X)를 표시한후, 이 선에서 후방십자인대에 내린 가장 큰 수선거리(Y)를 표시하여 Y/X를 후방십자인대 곡선값으로 정의하였다.

**결 과 :** 자기공명영상에서 35명을 전방십자인대 파열, 21명을 정상인 전방십자인대로 진단하였으며, 관절경으로 35명중 32명이 전방십자인대 파열, 21명중 20명이 정상인 전방십자인대로 확인하였다. 총 33명에서 관절경으로 전방십자인대 파열을 확인하였으며, 후방십자인대 곡선값의 평균은 0.40이었으며, 총 23명에서 정상인 전방십자인대의 후방십자인대 곡선값의 평균은 0.23이었다. 파열된 33명의 환자에서 후방십자인대 곡선값은 0.31을 초과하였다. 정상인 전방십자인대의 후방십자인대 곡선값에서 3명은 0.31이었으며, 그 외에는 후방십자인대 곡선값이 0.31을 초과하지 않았다. 자기공명영상에서 전방십자인대 파열을 후방십자인대 곡선값으로 결정함에 있어서 민감도 91%와 특이도 94%이었다.

**결 론 :** 전방십자인대 손상시 후방십자인대 곡선 값에 영향을 주었으며, 후방십자인대 곡선 값은 자기공명영상에서 파열의 직접소견이 보여지지 않을 때 진단에 도움이 되었다.

**색인 단어 :** 슬관절, 전방십자인대 파열, 자기공명영상, 후방십자인대 곡선값