

## 전방십자인대 손상의 자기공명영상

전남대학교 의과대학 정형외과학교실

송 은 규

슬관절 손상을 정확하게 진단하고 치료 방침을 조기에 결정하는 것이 치료 결과와 예후에 영향을 미친다는 것은 자명한 일이다. 전방십자인대 손상에 있어서도 손상에 대한 정확한 지식과 경험이 풍부한 전문가는 환자의 증상이나 Lachman 검사, Pivot-shift 검사 그리고 stress 부하 X-선 검사로 내부분의 경우에 진단이 가능하지만 경험이 부족한 경우에는 쉬운 일이 아니다. 특히 급성 전방십자인대 손상인 경우에는 슬관절 주위 근육이 긴장되어 있어 이학적 검사가 어렵기 때문에 진단은 더욱 어렵게 된다.

최근에 개발된 자기공명영상(MRI)은 신체조직의 자기장에 대한 반응을 비침습적인 방법으로 재구성하여 영상화하는 기술이다. 역사적으로 Block과 Purcell이 최초로 자기공명 현상을 발견하여 1952년 노벨상을 수상한 이후 Damadian이 1970년대에 자기공명 현상을 암에 적용시켜 영상화를 시도하였으며 Lauterbur가 모세혈관을 촬영하고 난후 점차 자기공명 영상의 이용이 다방면으로 확산되었고, 발달을 거듭하여 현재에 이르고 있다<sup>1,2</sup>.

자기 공명영상(MRI)은 슬관절에 있어서도 전방십자인대를 포함하여 반원상연골, 관절연골, 골의 외상이나 손상 유무를 비교적 정확하게 영상화 해주므로 진단에 커다란 도움을 주고 있으며 한 번의 촬영으로 슬관절 내부의 동반 손상까지도 확인할 수 있는 장점이 있어 점차 널리 이용되고 있다<sup>3,4</sup>.

### I. 자기공명영상 원리 및 촬영법

자기공명영상은 외부에서 강력한 자기장을 만들어 양성자와 중성자를 가진 핵이 자석처럼 활동하게 만들어서 회전을 일으키고 수많은 수소이온에서는 강력한 signal을 갖게 한다. 자기장내에서 양성자는 자기장의 축에 따라 배열되고 여기에 라디오파를 90°로 충격을 가하면 양성자들이 자

기장의 축에 직각으로 제배치되며, 라디오파 충격을 멈추면 양성자들이 붕괴되어 제위치로 가면서 조그마한 signal을 내게 된다. 자기장내에서 양성자들이 제배치되는 시간은 spin-lattice relaxation time(T1)이라고 동시에 라디오파 충격을 멈춘후 핵들이 제위치를 잃고 signal을 내지 않은 시간은 spin-spin relaxation time(T2)이라 한다. T1과 T2는 라디오파의 pulse를 조절하여 변화시킬수 있다. T1 강조영상에서는 지방, 골수(bone marrow)가 강한 signal로 밝고 하얗게 보이며 피질골(cortical bone), 인골, 인대는 약한 signal로 검게 보인다. T2 강조영상에서 물은 강한 signal로 하얗게 보이며 지방은 약간 검게 보이고 피질골, 인골, 인대는 약한 signal로 검게 보인다.

슬관절의 자기공명영상 검사는 환자를 앙와위로 눕히고 슬관절을 외회전 15°, 굴곡 5-10°로 시킨후 슬관절용 표본 코일을 사용하여 스펀에코 기법으로 T1강조(TR/TE=700/20), 양성자밀도(proton density; TR/TE=1800/30) 및 T2강조 (TR/TE=1800/80)의 시상 및 관상영상을 얻어야 한다. 절편 두께는 필요에 따라 3-5mm 간격으로 한다.

### II. 정상 전방십자인대

정상 전방십자인대는 다음 2가지 유형중 어느 하나의 형태를 취한다. 대부분에서 전방십자인대는 완전신전상태에서 균일한 짙은 색의 3-4mm 두께의 형태를 취하며, 전방경계면이 자로 켜 듯 반듯하게 나타난다(Fig. 1). 슬관절을 신전시키면 인대의 긴장도는 증가하고 굴곡시키면 인대의 긴장도는 감소한다. 그러므로 전방십자인대의 전방경계면의 모양은 슬관절의 자세에 따라 약간 달라질수도 있다.

한편 자기공명영상의 30%-40%에서는 정상 전방십자인대의 하부가 활액막과 지방으로 보여지는 중등도의 증가된 신호강도의 띠에 의해 분리되는 두 개 혹은 세 개의 지강도의 검은 밴드로 나타난다(Fig. 1). 이 검은 밴드는 전방십자인대를 구성하는 개개의 섬유(anteromedial bundle & postero lateral bundle)로 생각되어 진다.

\* 통신저자 : 송 은 규  
전남대학교 의과대학 정형외과학교실

경골 부착부위에서 전내방 섬유(AMB)는 치밀하고 확실하게 구분되어지는 밴드로 전방십자인대의 전방경계를 이루고 있으며, 후외방 섬유(PLB)는 덜 치밀하다.

일반적인 시상면영상(standard sagittal image)으로는 전방십자인대는 자기공명영상을 시행한 환자의 90%에서 한 개의 단일 시상면에서 그 전체모습이 관찰되며 나머지 10%에서는 전방십자인대의 일부분이 다음의 상에서 관찰되는 경우도 있으므로 유의하여야 한다. 특히 전방십자인대의 파열의 기능성이 있는 환자(운동선수, 활액막염 환자)에서는 정확한 상을 얻기위해 슬관절을 약 15° 외회전 시켜서 비직각 경사 시상영상(nonorthogonal oblique sagittal image)을 얻는 것이 좋다.

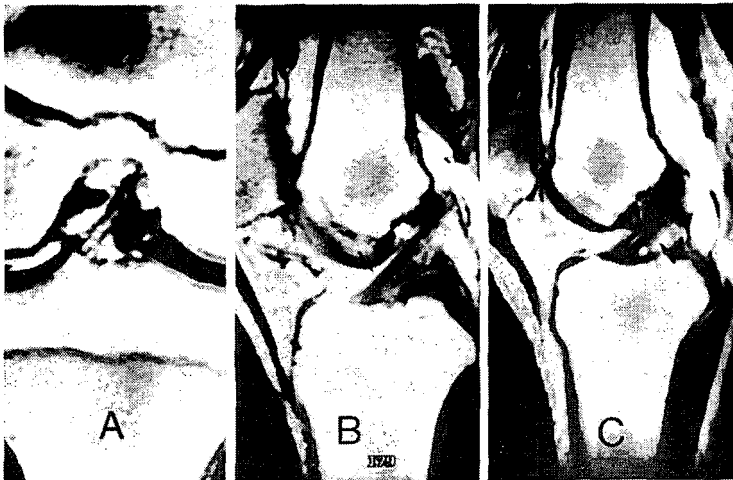
그러나 경사 시상영상은 다른 관절내 구조물이 어느정도 해리되어 나타나므로 전방십자인대에서 경사 시상영상을 이용할 때는 직각의 시상촬영(orthogonal sagittal image)을 추가하여 시행할 것을 권고하는 사람도 있다. 때때로 슬관절이 과도하게 내회전되고 약간 외반되어 있는

소아나 작은 성인에서 대퇴골외과의 내측면의 전방십자인대 부착면에 부분적인 결함이 보이기도 한다.

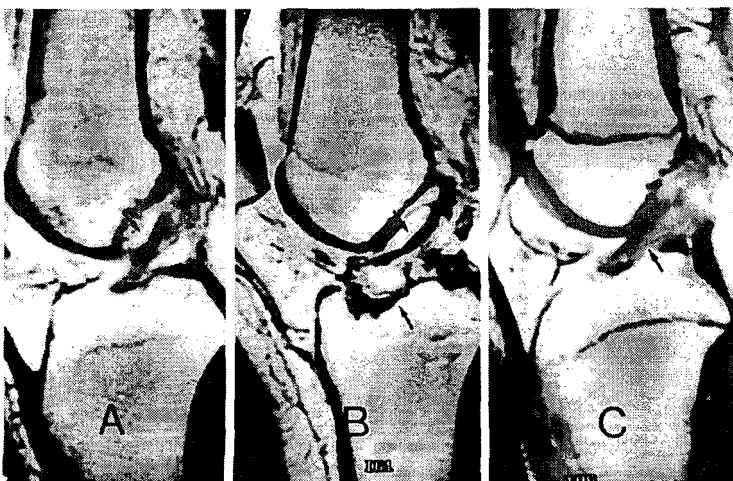
### Ⅲ. 급성 또는 아급성파열

전방십자인대의 급성파열은 수상 1-2주에 검사를 시행한 경우를 뜻한다. 급성파열의 양상은 인대음영의 연속성의 소실, 비균질성의 증가된 신호강도와 외형용기, 전방십자인대의 전방경계면의 주름 혹은 처짐현상 그리고 인대내의 불균질한 신호강도 증가등이 조합되어 나타난다.<sup>1,2,4,7,12)</sup>

관절의 파열은 자기공명영상 소견상 전방십자인대 전장에 걸쳐 인대의 길이가 늘어나고 소세지 같은 모양을 띤다. T1 강조영상이나 양자밀도 영상에서 전방십자인대는 미만성으로 신호강도가 증가되거나 T2 강조영상에서는 파열된 인대부분의 신호강도가 증가되어 나타난다(Fig. 2). 이러한 양상을 보일때는 거의 완전 파열이며 전방십자인대 파열의 약 50%에서 나타난다<sup>9)</sup>.



◀ Fig. 1.  
Normal ACL : A) Coronal T2-weighted (TR/TE=1800/80) image and B) Sagittal T2-weighted (TR/TE=1800/80) image demonstrating a single, dark band in 3-4 mm thickness and "ruler-straight" along anterior margin to ACL in extension. C) Variations in appearance of 30-40% normal ACL showing 2 or 3 linear dark bands.



◀ Fig. 2.  
Acute tears of ACL : A) Sagittal MRI of interstitial tear at two days after trauma showing heterogeneous increased signal intensity within ACL and bulging contour. B) Sagittal MRI of avulsion injury at three days after trauma showing laxity or angulation of ACL and avulsion fragment. C) Sagittal MRI of partial tear at four days after trauma showing intact parts of fibers and focus of high signal intensity.

전방십자인대 근위부의 파열은 자기공명영상 근위부의 외형용기와 원위부의 약간 처짐현상을 나타낸다. 이러한 모양은 파열된 인대의 가장자리에 혈종이나 활액막이 붙어 연속성이 유지되기 때문으로 추측된다. 근위부의 외형용기는 저신호 강도의 파열된 인대섬유와 부종성의 연조직이 섞여 혼탁하게 보인다.

인대의 완전파열과 간질성 파열간의 구분은 전방십자인대의 축을 김사함으로써 가능하다. 인대의 축이 과간절장에 평행하지 않거나 대퇴골 부착부위까지 상방으로 뻗어있지 않으면 거의 완전파열이다.

전방십자인대의 견열손상은 흔하지 않다. 경골에서 과간용기의 견열손상이 약 5%에서 발생한다. 이 손상은 몇가지 요인으로 인해 자기공명영상으로 진단하기 힘들다. 비교적 전이가 되지 않으므로 전방십자인대 전방경계면의 처짐현상은 미미하며, 견열된 골조각은 과간의 지방조직과 신호강도 특성이 같으므로 구분하기가 힘들다. 또한 견열된 조각의 주위에서는 골수의 부종을 발견할 수 없는 경우가 대부분이다(Fig. 2).

자기공명영상 부분파열과 완전파열을 구분하기 또한 매우 어렵다.

부분손상의 진단은 대부분의 섬유가 완전하게 보이고 전방십자인대의 간질에 신호강도가 증가된 병소가 있을 때 이루어진다. 간질의 중간부가 약간 처지는 각형성을 보이기도 한다(Fig. 2). 부분손상으로 초기 검사에서 정상조건이 있던 슬관절은 손상에 진행됨에 따라 불안정해질 수 있을뿐 아니라 부종, 출혈, 활액막 반응등으로 정상 전방십자인대 소견이 보이지 않기 때문에 완전 파열처럼 나타나기도 한다. 전술한 어려운 점들 때문에 최근에는 다음과 같이 전방십자인대 파열을 기술하기도 한다. 정상에 가까운 축을 가진 미

만성의 간질의 파열은 완전 파열이거나 부분 파열이므로 "적어도 부분적으로 그러나 완전파열의 가능성이 있는" 것으로 해석하고 축이 낮으면 파열이 거의 확실하다고 본다.

근위부에 외형 용기와 같은 파열이 있고 축이 낮으면 확실히 완전 파열이며 축이 정상이면 파열은 부분적이다.

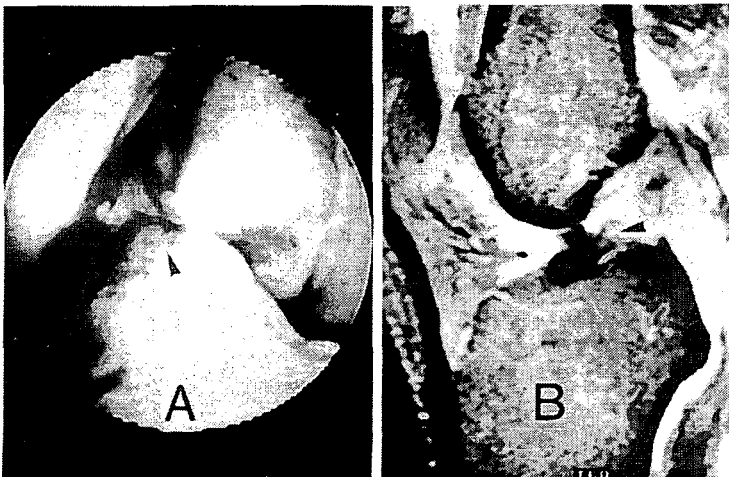
4-6주 후에는 파열에 동반된 활액막염이 어느정도 소실되며 혈행이 끊긴 전방십자인대의 파열단은 위축되어 경골고평부에 위치하게 된다. 초기에 부분 손상으로 진단된 경우에도 정확하게 파열의 정도를 확인하려면 수상 2개월에 재검사를 시행하는 것이 최선의 방법이다.

파열의 정확한 위치나 정도는 급성기보다는 아급성기(2-8주)에 더 쉽게 밝혀질수 있다. 이때는 근위단과 원위단은 위축되고 혈종은 부분적으로 흡수되며 밝은 색의 관절액이 절흔부에 침습하게 된다. 이러한 소견은 급성기에 과간 절흔에 나타나는 부종성의 연조직 외형용기 소견과는 다르다. 전방십자인대의 아급성 손상에서는 파열된 인대의 위축과 활액침식으로 관절내에 중등도 내지는 짙은 외형용기 종물이 보이게 된다(Fig. 3).

#### IV. 만성파열

만성적으로 파열된 전방십자인대의 자기공명영상 소견은 인대의 위축 정도와 그에 병발하는 불안정 정도에 달려있다. 대부분의 경우 전방십자인대 자체는 보이지 않고 과간 절흔의 외측부가 비어 있거나 위축된 허혈성의 전방십자인대 잔유물에 의한 자그마한 조각들이 경골의 고평부에서 보인다(Fig. 4).

만성적으로 파열된 전방십자인대는 원래의 인대처럼 과간 절흔의 외측면에서 낮은 신호의 띠로 보일 수도 있다. 그러나 그 구조물은 축이 낮거나 혹은 수직방향으로 나타



◀ Fig. 3.  
Subacute ACL tears at 7 weeks after trauma A) Arthroscopic finding showing slightly retracted torn ends and partially resolved hematoma. B) Sagittal MRI showing intermediate to dark mass.

나며, 전방십자인대의 근위단은 보이지 않는다. 사실상 파열된 전방십자인대의 근위단이 이차적으로 후방십자인대의 외측면에 부착되어 후방십자인대와 같은 활액막에 쌓이게 되므로 전방십자인대는 완전파열이 되었으나 그축이 약간 처지게 보일뿐이다(Fig. 4). 전방십자인대는 이차적으로 후방십자인대로부터 혈액공급을 받으므로 자기공명영상 신호강도의 정상 십자인대 소견으로 나타난다.

전방십자인대가 결여된 슬관절은 자기공명영상 여러 가지 이차적인 소견을 나타낸다(Fig. 5).

전방십자인대의 만성적 기능 부전으로 경골은 전방으로 아탈구 된다. 자기공명영상의 경골의 전방전위는 전방십자인대 파열에 민감하고 특이적인 진단소견이다. 경골의 장축에 평행하게 대퇴골의 후방피질을 따라 그은 선을 기준으로 경골 고정부의 후면이 이 전방에 위치하면 양성이라 한다<sup>3,10,11</sup>.

이때 후방십자인대는 S자형 혹은 근위부가 해마모양(buckling)을 나타내게 된다(Fig. 5). 이런 후방십자인

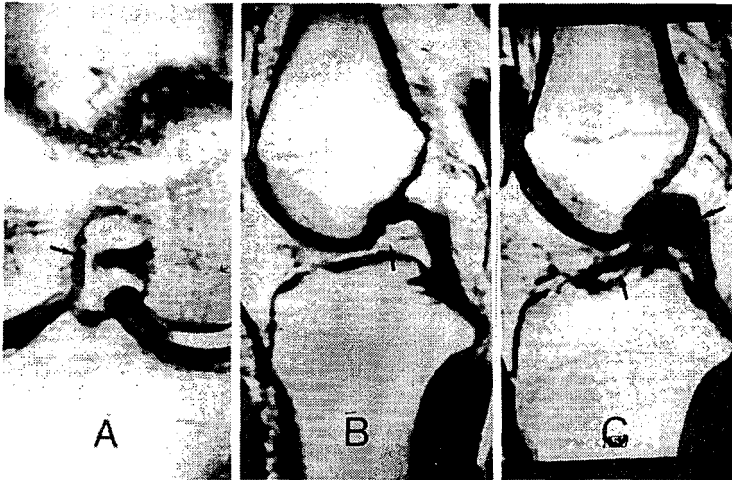
대 모양을 해석하는데 있어서 후방십자인대의 정상 길이가 다양함에 주의하여야 하고 후방십자인대의 해마모양도 후방십자인대의 각형성 변화에 따라 유의하여 해석하여야 한다<sup>3,10,11</sup>.

이외에도 외측 반월상 연골판의 후방 전위, 주로 외측 대퇴골과와 경골과에 생기는 골멍, 외측 대퇴골과 관절연골의 결손, 관절부종, 내측 측부인대 손상, 반월상 인골의 손상등이 동반되어 나타난다<sup>3,7,9,12</sup>.

#### V. 자기공명영상의 정확성

수많은 논문에서 기술된 자기공명영상의 전방십자인대 손상에 대한 정확성은 다음과 같다. 관절경이 100% 정확한 것은 아니지만 관절경 소견을 기준으로 완전 전방십자인대 파열의 진단에 대한 자기공명영상의 민감도가 92%에서 100%정도이며 특이성은 82%에서 100%, 정확도는 92%에서 100%이다<sup>3,4,7,11</sup>.

자기공명영상의 음성예측도도 관절경상 전방십자인대 파



◀ Fig. 4.  
Chronic tears of ACL :  
A) Sagittal MRI of chronic tear at 6 months after trauma showing empty lateral intercondylar notch.  
B) Sagittal MRI of chronic tear at 4 month after trauma showing tiny nubbin of soft tissue.  
C) Sagittal MRI of chronic tear at 2 years after trauma showing PCL reattachment and low lying axis or angulation of ACL.

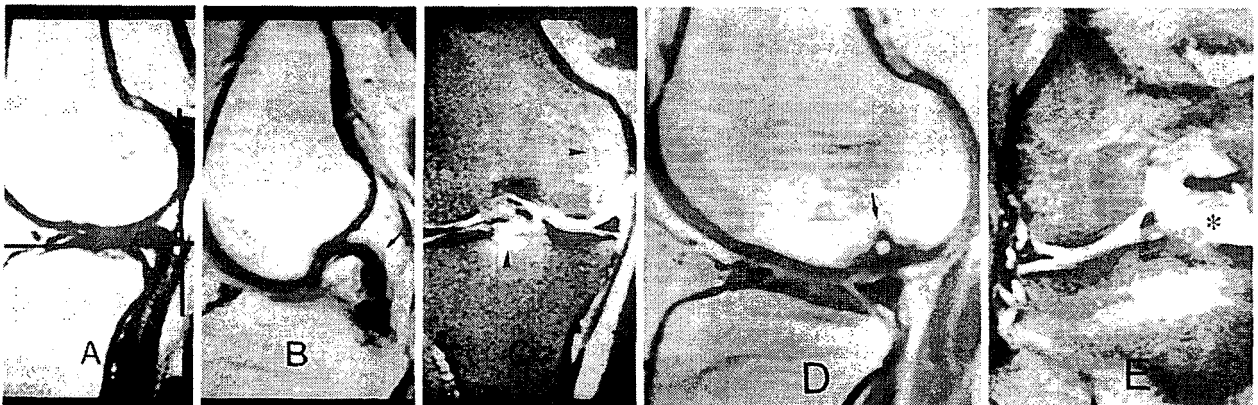


Fig. 5. Indirect signs of ACL tears : A) Anterior tibial subluxation. B) Angulation or buckling of PCL. C) Bone bruise at lateral femoral condyle and tibial plateau. D) Deep femoral notch. E) Effusion.

열이 없이 정상 자기공명영상 소견을 보인 경우가 89%에서 100%에 이른다<sup>9)</sup>. 그러므로 전방십자인대의 완전 파열을 발견하는 데는 자기공명영상의 정확도가 상당히 높다고 할 수 있다.

## REFERENCES

1. 김의중, 류경남, 안진현, 문 업 : 전방십자인대 파열과 슬관절내 동반손상: 자기공명영상. *대한방사선학회지*, 제30권 : 555-561, 1994.
2. 안중모, 김홍식, 김성문, 성상철 : 슬관절 인대 손상의 자기공명영상. *대한방사선학회지*, 제 28권 : 269-274, 1992.
3. 전철홍, 김상수, 김동철, 정성관 : 전방십자인대 손상시 핵자기 공명영상 촬영상 간접소견들의 의미. *대한슬관절학회지*, 제5권 : 40-46, 1993.
4. 정학영, 양승욱, 신영철, 박한성, 박봉근 : 급성외상성 슬관절 십자인대 손상의 자기공명 영상. *대한슬관절학회지*, 제8권 : 117-125, 1996.
5. Burk DL, Mitchell DG, Rittkin MD and Vinitzki S : Recent advances in magnetic resonance imaging of the knee. *Radiol Clin North Am*, 28: 379-393, 1990.
6. Edlman RR and Hesslink JR : Clin magnetic resonance imaging. 1st ed. Philadelphia. Saunders, 996, 1990.
7. 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.
8. Murphy BJ, Smith RL, Uribe JW, Janecki CJ, Hechtman KS and Mangasarian PA : Bone signal abnormalities in the posterolateral tibia and lateral femoral condyle in complete tears of the anterior cruciate ligament : a specific sign? *Radiology*, 182: 221-224, 1992.
9. Mink JH and Deutsch AL : Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification and assessment with MR imaging. *Radiology*, 170: 823-829, 1989.
10. Moses M, Kier R, McCauley TR, Barton, Lynch KJ and Joki P : Anterior cruciate ligament injury: indirect signs at MR imaging. *Radiology*, RSNA 92 Scientific Program 185(p): 146-147, 1992.
11. 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.
12. Vahey TN, Broome DR, Kayes KJ and Shelbourne KD : Acute and chronic tears of the anterior cruciate ligament: differential features of MR imaging. *Radiology*, 181:251-253, 1991.

## Magnetic Resonance Imaging of ACL Injury

Eun Kyoo Song, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Chonnam University Hospital

MRI(magnetic resonance imaging) is very useful to visualize the anterior cruciate ligament (ACL) injury of the knee. Differential features of ACL injury at MRI according to acute and chronic stage should be evaluated to enable accurate assessment of the integrity of ACL.

Distinguishing features of normal anatomy, acute and chronic injuries of ACL at MRI will be reviewed.