

# Preoperative Assessment of ACL Injuries

이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실

노 권 재

최근 레저활동과 교통사고의 증가로 인하여 전방십자인대 손상의 빈도가 늘어나는 추세이다. 전방십자인대는 대퇴골에 대하여 경골이 전방이동하는 것을 방지하는 저항의 75~87%를 차지하며, 과신전 및 경골의 회전을 제한하는 기능과 안정성을 유지하고 담당하는 매우 중요한 구조물의 하나이다. 전방십자인대 손상은 회전 불안정성, 반월상 연골의 파열, 관절 연골의 퇴행으로 인한 외상성 관절염등을 병발하는 질환으로 인식하여야지 단지 외상으로 인한 단순한 슬관절 손상으로 간과하지 말아야한다.

## I. 전방십자인대의 해부학

전방십자인대는 슬관절 운동을 제어하는 복잡한 구조물로 정적 안정성을 유지하는데 있어서 매우 중요하다. 이 복잡한 구조물을 원래대로 재건하는 것은 거의 불가능하지만 전방십자인대의 기능적 해부학을 이해함으로써 이상적으로 재건하는 것을 이해하게 된다.

### 1) 육안적 해부학

전방십자인대는 규칙적으로 정렬된 조밀한 결체조직으로서 대퇴골과 경골을 연결하며 활액막으로 둘러싸인 슬관절내, 활액막외(intra-articular, extra-synovial) 조직이다<sup>1)</sup>.

#### 골의 부착 부위

전방십자인대의 근위부는 대퇴골 외과의 내측면의 후방부위에 부착되어 있다. 부착부위의 전연은 직선형이고 후연은 외측 관절 연골을 따라서 평행되게 원을 그리는 형태이다. 전방십자인대의 기시부의 중심점은 over the top position으로부터 약 15 mm 지점이다<sup>13)</sup>. 부착부의 단면은 타원형이며 직경은 11 mm~24 mm이다<sup>16)</sup>. 부착부의 장축은 수직선에서 26도 ±6도 전방으로 기울어져있다<sup>1)</sup>. 과간절혼의 중심선에서 외측에 그 부착부가 위치하며 상부 66%(45%~75%)를 차지하며<sup>8)</sup>, 우측 슬관절에서는 10시에서 11시 방향, 좌측 슬관절에서는 1시에서 2시 방향에 있게 된다.

전방 십자인대의 원위 부착 부위는 전방 경골극의 외측 전방 부위에 부착되어 있는데 넓이

는 11 mm (8~12 mm), 전후방 길이는 17 mm(14~21 mm)이다. 부착 부위는 횡반월상 인대 밑으로 지나고, 전방십자인대의 일부 섬유다발은 외측 반월상 연골판에 합류된다<sup>1)</sup>.

경골 부착 부위 전체 면적은 3 cm<sup>2</sup> 정도이며, 대퇴골 부착 부위의 면적은 2 cm<sup>2</sup> 정도이다. 즉 부채꼴같이 넓어지기 시작하는 부위는 전방십자인대의 근위부 1/3지점에서부터 시작되어 경골 부착 부위에서 넓어진다<sup>1)</sup>. 전방십자인대의 길이는 31 mm~35 mm이며, 단면적은 31.3 mm<sup>2</sup>가 된다.

### 공간 개념

전방십자인대는 대퇴골 기시부에서 경골 부착 부위까지 서로 교차한다. 전방십자인대의 진행경로는 대퇴골 기시부에서 전방, 내측 그리고 원위부로 주행하면서 전방십자인대 자체가 외측 방향으로 약간 회전되면서 내려오는 것은 골에 부착되는 부위 때문이다. 전방십자인대는 하나의 단순한 인대가 아니고 개개의 인대 다발의 결집이며 이들이 내려오면서 부채꼴로 넓고 편평해지면서 경골 부착 부위에 붙는다.

전방십자인대는 두개의 섬유다발이 있는데, 전내측 다발은 대퇴골측 기시부의 근위부에서 시작하여 경골 부착은 보다 앞쪽 즉 경골 결절의 기저 부위 가까이 부착되고 슬관절이 굴곡할 때 긴장된다. 후외측 다발은 보다 많은 부분을 차지하고 더 길며 슬관절의 굴곡시에는 이완되고 신전시에는 긴장이 증가된다. 이 전내측 및 후외측 다발은 전방 십자 인대 내에서 상호 보완적으로 하나의 four-bar linkage를 형성하여 슬관절 전체 운동 범위를 통하여 안정성을 부여한다.

정상적으로 십자인대 개개의 인대 섬유가 각각의 기시부 및 부착부가 있으며 서로가 평행하지도 않고 길이도 다르다. 실제 육안적으로 보이는 다발이 전방십자인대의 실질의 미세구조에 상응되지 않는다<sup>15)</sup>.

## 2) 전방십자인대의 혈액순환

전방십자인대의 가장 중요한 혈액순환은 중간 슬동맥의 인대분지에서 공급되고 또한 내측 및 외측 하부 슬동맥의 말단지의 일부분이 활액막이나 슬개골하 주위 지방조직에 연결된 혈관망을 통해서 십자인대에 혈액을 공급한다. 또한 전방십자인대의 혈관은 활액막이나 주위의 지방 조직으로부터 공급받는다<sup>1)</sup>. 전방십자인대에 혈액 공급은 연부조직이 중요한 비율을 차지하므로 전방십자인대 수술시 주위의 지방조직의 제거를 가능한 한 적게 하여야 한다.

## 3) 신경분포

전방십자인대의 신경조직은 기시부 근처의 활액막하층(subsynovial layer)에 존재한다. 주된 신경은 posterior articular nerve이다.

인체 전방십자인대에는 4가지 형태의 감각 신경분포가 있으며 두 가지 형태의 루피니 종말 기관과 파치니소체 그리고 자유신경종말이 있다. 감각 신경종말은 전방십자인대의 양측 골 부착 부위를 포함하여 인대 전장을 따라서 분포되어 있으며 주로 활액막과 인대 표층의 내층 하 층에서 주로 발견되나 이들 감각신경의 기능에 대해서는 아직 잘 모르고 있는 실정이다<sup>11)</sup>.

#### 4) 전방십자인대의 기능

전방십자인대의 기능을 이해하려면 슬관절의 역학을 이해해야 한다. 슬관절의 운동은 구르기와 미끄러짐이라는 움직임으로 구성된다. 구르기 운동은 슬관절 굴곡의 초기에 주로 발생하며 이는 대퇴골과의 달걀모양으로 굴곡된 모양 때문이며, 미끄러짐 운동은 주로 슬관절 굴곡의 후반에 발생하며 이는 대퇴골과의 뒤쪽이 원형에 가까운 모양을 하고 있기 때문이다. 구르기와 미끄러짐 운동의 비율의 변화는 슬관절 굴곡 구간 위에서의 슬관절 시상면 회전축의 이동을 유발한다.

수평면을 기준으로 슬관절의 운동을 분석해 보면 시상면의 운동과 약간 다른 면이 있는데 이는 슬관절 신전의 마지막 시기에는 대퇴골과의 내회전을 볼 수 있다. 이러한 현상은 나사 회전 운동(screw home movement)이라고 하며 한쪽 다리로 서는 자세에서 체중부하에 대하여 슬관절에 더욱 안정성을 부여한다. 이러한 특성은 내측 대퇴 경골의 접촉면을 좀 더 많이 그리고 외측을 더 적게 접촉하게 하여 슬관절 신전의 마지막 시기에 경골에 대하여 대퇴골의 내회전을 일으킨다.

슬관절 인대들은 비생리학적인 과도한 운동을 방지함으로써 관절을 보호하는 기능을 한다. 일단 인대가 장력을 받으면 비정상적인 운동에 대하여 제지 효과를 나타낸다. 생역학적인 자료를 분석해 본 결과 십자인대의 기능은 1) 슬관절 굴곡 상태에서 경골이 대퇴골에 대하여 전방으로 전위되는 것을 막아 준다. 2) 슬관절의 과신전을 막아준다. 3) 축성 내회전을 억제함으로써 슬관절의 회전 운동의 조절 역할을 담당한다. 4) 이차적인 억제 구조물로서 슬관절 굴곡의 전 범위에서 내반 및 외반을 억제하는 기능이다. 5) 전방십자인대의 긴장이 슬관절 신전이 마지막 단계에 이르면 나사 회전 운동에 의한 슬관절 안정성을 섬세하게 조절한다.

## II. 전방십자인대 손상의 진단

### 1) 문진 (History Taking)

전방십자인대 손상은 운동경기중의 급격한 방향전환 혹은 감속(decelation), 점핑후 착지의 잘못된 같은 비접촉으로 또는 상대방과 충돌하는 접촉에 의하여도 발생할 수 있다. 또한 외반력과 외회전력 및 과신전으로도 전방십자인대의 파열이 발생한다<sup>17)</sup>. 그러므로 이러한 손상기전의 유무를 문진하는 것이 중요하다.

대부분 환자들은 수상 후 내원당시 동통, 슬관절이 어긋나는 느낌, 부종, 불안정성, click, 잠김현상 및 대퇴사두근 위축 등을 호소하며, 소수에서는 파열음을 들을 수 있다. 환자는 슬관절이 과신전되거나 'popping' 현상등을 호소하기도 한다. 문진상 환자들은 보통 땅에 떨어지고 난뒤 즉시 일어날 수 없다고 호소하며, 일상적인 활동이 불가능하며 보행이 힘들게 된다. 수상 후 몇시간내에 슬관절 부종이 생기고 슬관절 흡인상 혈관절증이 보인다. 이런 과거력을 가진 사람의 70% 이상이 전방십자인대 손상의 가능성이 크다.

혈관절증이 생기기 전에 이학적검사를 하는 것이 진단에 더 용이하다. 일단 동통과 muscle guarding이 생기면 검사가 어려워진다.

환자는 손상의 정도를 알지 못하고 약 3~4주 후 부터는 완전히 회복된 것으로 착각하고, 다시 운동을 계속하다가 재손상을 받아 동통, 신전장애, 종창을 주소로 다시 내원할 수 있다.

## 2) 이학적 검사

급성손상시 동통과 근육의 경련으로 검사가 어려울 수 있으므로 환자가 편안하게 긴장을 풀도록 하는 것이 중요하며 정상측과 비교해야한다. 혈관절증의 흡인후 검사를 시행하는 것이 좋으며, 마취하에 검사하는 것이 정확도를 높일 수 있다.

### A. 슬관절의 신전장애

슬관절의 종창, 슬와부 근육의 경련, 전방십자인대의 파열된 잔존부위나 반월상연골의 양동이 손잡이형(bucket-handle tear)파열편이 과간절흔에 끼어 발생할 수있다.

### B. 전방전위 검사

양와위에서 슬관절을 80~90도 굴곡시키고 시행하며, 정상측과 비교하여 수 mm의 증가가 있으면 양성이다. 정상적으로 약 6 mm가 전방전위 될 수 있으며 전방십자인대 단독손상에서는 드물게 양성으로 나타나나 슬관절의 후내측 또는 후외측 인대 손상이 동반된 경우는 양성으로 잘 나타난다.

만성 전방 십자인대 손상의 10~15%가 슬관절 후외방 불안정성(posterolateral instability)을 동반하는데 이 후외방 불안정성은 전방십자인대 치료에 결정적인 영향을 미치기 때문에 정확한 진단이 필요하다.

중립위, 내회전 15도, 외회전 30도에서 시행하여 회전불안정성의 동반여부를 판정할 수 있다 (Slocum's anterior rotary test)<sup>2,18)</sup>.

전방전위검사시 측면관찰에서 sagging이 있을 경우 후방십자인대 손상에 의한 후방불안정성의 정복을 검사 양성으로 판정할 수 있으므로 주의해야 한다.

C. Lachman's test<sup>45)</sup>

양와위에서 슬관절을 20~30도 굴곡시키고, 검사자가 한손으로 대퇴골을 고정시키고, 다른 한손으로 경골의 상단을 잡고 전방으로 당겨 전방전위를 검사하는 방법으로 특히 후외측 다발의 손상을 반영한다. door stopper effect를 배제할 수 있고, 근육의 경련과 통증을 최소화한 상태에서 시행하기 때문에 전방 불안정성을 진단하는 가장 정확한 이학적 검사이다. 양성일때는 전방십자인대, posterior oblique ligament, arcuate-popliteal complex의 손상을 의미한다.

전방전위 검사의 마지막에 정상에서는 견고한(firm) 감을 느끼나, 전방십자인대의 손상시 부드러운(soft)감을 느낀다. 정상측과 비교하여 3 mm 이상 증가하면 양성이다.

드물게 검사시 경골의 전방전위와 동시에 snapping이나 jerking이 있을 수 있는데, 이는 동반손상된 반월상연골의 파열편에 의한 것이며, 어떤 경우는 locking되면서 심한 동통을 호소할 수 있다. 이 경우 경골을 견인하면서 슬관절을 서서히 굴곡시키면 잠김이 해제된다.

D. Pivot Shift Test (Jerk)<sup>9)</sup>

Galway와 McIntosh<sup>4)</sup>에 의하여 처음 소개되었으며 외측 경골과의 대퇴골에 대한 정상 운동 궤도의 이탈을 유발하는 검사로, 전방십자인대 손상에 의한 외측 경골과의 아탈구(lateral tibial condylar subluxation)을 특징적으로 알 수 있다.

가. Pivot Shift Test(McIntoshi)<sup>4)</sup>

양와위에서 환자의 발꿈치를 잡고 슬관절을 신전시킨 후, 다른손으로 슬관절에 외반력과 내회전을 가하여 외측 경골과를 전방으로 아탈구 시킨다. 서서히 굴곡시키면 아탈구가 정상 위치로 정복된다.

## 나. Jerk Test(Hughston &amp; Losee)

양와위에서 슬관절을 60~90도로 굴곡시키고, 비골의 후방에서 외반력을 가하면서 슬관절을 천천히 신전시킨다. 거의 신전 되었을때 마찰음을 듣거나 느낄 수 있다.

다. Slocum's Test<sup>9)</sup>

정상측을 아래로한 측와위에서 환자의 내측발을 진찰대에 닿게 하고, 환측 슬관절을 완전 신전시킨 후 슬관절을 외반력과 경골을 내회전시키며 슬관절을 30도 굴곡시키면 아탈구가 정복된다. 비만환자에서 효과적이다.

라. Flexion-rotation Drawer Test (Noyes)<sup>14)</sup>

급성 슬관절 손상에서 Pivot-shift 검사는 통증을 유발하기 때문에 FRD 검사를 시행하여 전방십자인대 파열 여부를 확인할 수 있다. 환자를 앙와위로하고 종아리를 받쳐두고 슬관절을 신전시키면, 대퇴골은 외회전되고, 경골에 대해 후방으로 떨어져, 외측 경골과는 전방으로 아탈구되며, 슬관절을 굴곡시키면 아탈구가 정복되면서 마찰음이 발생한다. pivot test와 Lachman's test를 병합한 방법이다.

그 외에도 anterolateral rotary instability를 검사하는 이학적 방법에는 Losee test, cross-over test of Arnold, Lemaire's jolt test, flexion-extension valgus test, Nakajima test, Martens test 등이 있다

pivot shift 검사의 등급은 0(음성), 1(pivot slide-경골의 아탈구가 외측 경골의 볼록한 관절면의 정점을 넘어가기전에 멈춤), 2(pivot shift-완전한 회전이동), 3(momentary locking-축회전이 현저하고 정복이 순간적으로 걸려서 진행하지 않음)으로 나눈다<sup>6)</sup>.

pivot shift test 양성의 기전은 슬관절이 완전 신전시 외측 경골과의 볼록한 관절면이 경골을 전방으로 아탈구 시키며, 슬관절을 30도 굴곡시 장경대가 후방으로 이동하면서 아탈구된 경골을 후방으로 당겨 정복시키는 역할을 하기 때문이다.

반월상 연골의 파열편이 잠김되어 있거나, 장기간의 전방 불안정으로 슬관절의 퇴행성 변화가 심한 경우에는 음성으로 나타날 수 있다.

#### E. Arthrometer

KT-1000/2000과 같은 knee ligament arthrometer등도 진단에 도움이 된다.

객관적 수치를 제시할 수 있는 방법이며 동통과 muscle guarding이 없는 만성 전방십자인대 파열의 진단에 훨씬 효과적이다. Daniel 등<sup>3)</sup>은 정상인에서 side-to-side difference가 2 mm 이하일 확률이 95%이며, 3 mm 이상일 때 ACL injury를 추정할 수 있다고 하였다. Clancy 등<sup>2)</sup>은 불안정성의 기준을 전측과 환측의 전방 전위차가 3 mm 이상으로, 7 mm 이상일 경우는 완전파열을 의심해야 한다고 하였다. 이러한 기구들은 또한 수술중 또는 수술후의 수술기록과 문서화에 유용하여 술전 술후 비교와 결과판정에 유용하다.

### 3) 관절경 검사(arthroscopy)

급성인 경우 지혈대를 착용시켜 관절내 혈액을 세척한 후 시행하는 것이 좋다. 완전파열인 경우는 관찰만으로 진단할 수 있으나, 부분손상이나 파열이 혈액막에 싸여있는 경우 혹은 대퇴골 부착부의 후외측 다발의 손상은 반드시 탐진(probe)에 의하여 진단해야 한다<sup>18)</sup>.

관절경소견상 정상에서는 외측 대퇴골의 내측면은 전방십자인대에 가려져 관찰이 불가능하다. 만약 이 부분이 관절경 시야에서 보이면 전방십자인대 손상의 진단에 결정적 역할을 한다(lateral wall empty sign).

### III. 전방십자인대 손상의 자기공명영상

전방십자인대의 손상은 철저한 이학적 검사와 문진만으로는 정확한 진단이 어려우며 관절 경은 가장 정확한 진단법이나 침습적이라는 단점이 있다. 단순방사선학적 검사에서는 흔히 정상소견을 보이거나 경골극의 견열골절이나 second fracture가 있는 경우 전방십자인대 손상의 진단에 도움이 될 수 있다.

자기공명영상은 비침습적이면서도 전방십자인대를 포함하여 반월상연골, 관절연골, 골의 외상이나 손상유무를 비교적 정확하게 영상화 해주며 한번의 촬영으로 슬관절 내부의 동반손상까지도 확인할 수 있다. 자기공명영상은 관절경과 비교하여 그 민감도가 92~100%, 특이성은 82~100%, 정확도는 92~100%이다<sup>7,19)</sup>.

#### 1) 정상 전방십자인대

대부분 완전 신전상태에서 균일한 짙은색의 3~4 mm 두께의 형태를 취하며 전방 경계면은 자로 잰듯하나 슬관절 자세에 따라 약간 달라질 수 있다.

30~40%에서는 전방십자인대를 구성하는 개개의 섬유(anteromedial bundle & posterolateral bundle)에 의해 인대의 하부에 두개 혹은 세 개의 저항도의 검은 밴드가 나타날 수 있다.

정확한 상을 얻기 위해 15도 외회전시킨 비직각 경사 시상면상을 얻는 것이 좋다.

#### 2) 급성 또는 아급성 파열

급성파열은 수상 후 1~2주에 검사를 시행한 경우로 인대음영의 연속성소실, 비균질성의 증가된 신호강도와 외형의 용기, 전방십자인대의 전방경계면의 주름, 혹은 처짐현상, 그리고 인대내의 불균질한 신호강도 증가등이 조합되어 나타난다<sup>7)</sup>.

간질의 파열은 인대전장에 걸쳐 길이가 늘어나고 소세지 같은 모양을 띤다. T2 강조영상에서 신호가 증강되어 나타난다<sup>7)</sup>. Lee 등<sup>7)</sup>은 MRI상 1) 전방십자인대 전면부의 불규칙상 또는 파상윤곽(wavy contour), 2) T2 강조영상에서 인대내의 고신호변화, 3) 인대의 불연속성을 전방십자인대 파열의 일차소견이라 하였으며 이학적 검사인 전방전위검사나 Lachman's test보다 민감하다고 보고하였다. 이중 불연속성 소견은 Yao 등<sup>20)</sup>에 의하면 완전파열에서는 83%, 부분파열에서는 33%가 발견되는 것으로 보고하였다.

근위부의 파열은 자기공명영상 근위부의 외형용기와 원위부의 약간의 처짐현상을 나타낸다. 인대의 완전파열과 간질성 파열간의 구분은 전방십자인대의 축을 검사함으로써 가능하다. 축이 파관천자에 평행하지 않거나 대퇴골 부착부위까지 상방으로 뻗어있지 않으면 거의 완전

파열이다<sup>10)</sup>.

전방십자인대의 견열 손상은 약 5%정도로 흔하지 않으며, 자기공명영상으로 진단하기 힘들다.

자기공명영상 부분파열과 완전파열을 구분하기 또한 매우 어렵다. 부분손상의 진단은 대부분의 섬유가 완전히 보이고 전방십자인대의 간질에 신호강도가 증가된 병소가 있을 때 이루어진다. 간질의 중간부가 약간 처지는 각형성을 보이기도 한다. 근위부에 외형용기와 같은 파열이 있고 축이 낮으면 확실한 완전파열이며 축이 정상이면 파열은 부분적이다.

파열의 정확한 위치나 정도는 급성기보다는 아급성기(2~8주)에 더 쉽게 밝혀질 수 있다.

### 3) 만성파열

만성적으로 파열된 전방십자인대의 소견은 인대의 위축정도와 그에 병발하는 불안정 정도에 달려있다. 대부분의 경우 전방십자인대 자체는 보이지 않고 과간절혼의 외측부가 비어 있거나 위축된 허혈성의 전방십자인대의 잔유물에 의한 자그마한 조각들이 경골의 고평부에서 보인다. 원래의 인대처럼 과간절혼의 외측면에서 낮은 신호의 띠로 보일 수도 있다.

전방십자인대가 결여된 슬관절은 여러 가지 이차적인 소견을 나타낸다. 경골의 전방전위, 후방십자인대의 buckling, 외측반월상 연골의 후방전위, 주로 외측 대퇴골과와 경골과에 생기는 골멍<sup>13)</sup>, 외측 대퇴골의 관절연골의 결손, 관절부종, 내측측부인대 손상, 반월상연골의 손상 등이 동반되어 나타날 수 있다<sup>10)</sup>. Murphy 등<sup>13)</sup>은 전방십자인대가 자기공명영상에서 잘 보이지 않거나 부분파열인지 완전파열인지 잘 구분이 가지 않을 때 경골 후외측 고평부와 대퇴골 외과 골병변 소견은 전방십자인대 손상에 대한 가능성을 강하게 시사한다고 하였다. 이 골병변에 대해서는 Mink와 Deutasch<sup>12)</sup>은 급성손상의 92%에서 보이며, Murphy와 Smith<sup>13)</sup>은 100%에서 보인다고 보고하였다

## References

- 1) Arnoczky SP: Anatomy of the anterior cruciate ligament. Clin Orthop, 172:19-25, 1983.
- 2) Clancy JR, Ray JM and Zoltan DJ: Acute tear fo the anterior cruciate ligament : surgical versus consevative treatment : J Bone Joint Surg, 70A:1483-1488, 1988.
- 3) Daniel DM, Malcom LL, Losse G, et al: Instumented measurement for anterior laxity of the knee. J Bone Joint Surg, 67A:720-726,1985.
- 4) Galway HR, MacIntosh DL: The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. Clin Orthop, 147:45-50, 1980.
- 5) Gurtler RA, Stine R and Torg JS: Lachman test evaluated quantification of a clinical



- observation. *Clin Orthop*, 216:141-150, 1987.
- 6) Jacob RP, Staubli HU and Deland JT: Grading the pivot shift, *J Bone Joint Surg*, 69B:294-299,1987.
  - 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) Litner DM, Dewitt SE, Mosley JB: Radiologic evaluation of native anterior cruciate ligament attaches & graft placement & reconstruction. a cadaveric study. *Am J Sports Med*, 24:72-8, 1996.
  - 9) Losee RE: Concepts of the pivot-shift. *Clin Orthop*,172:45-51,1983.
  - 10) Lui SH, Osti L, Henry M and Bocchi L: The diagnosis of acute complete tear for the ACL, comparison of MRI arthrometry and clinical examination, *J Bone Joint Surg*, 77B:586-588, 1995.
  - 11) Marinozzi G, Ferrante F, Gaudio E, Ricce A and Amenta F: Intrinsic innervation of the rat knee joint articular capsule and ligaments. *Acta Anat(Basel)* 141:8-14, 1991.
  - 12) Mink JH, Deutsch AL: Occult cartilage & bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging, *Radiology*, 170:823-829, 1989.
  - 13) Murphy BJ, Smith RL, Urbie JW: Bone signal abnormalities in the posterolateral tibial and lateral femoral condyle in complete tears of the anterior cruciate ligament. *Radiology*, 182:221-224.1992.
  - 14) Noyes FR, Grood ES, Buttler DL and Malek M: Clinical laxity test and functional stability of the knee: Biomechanical concepts, *Clin Orthop*, 146:84, 1980.
  - 15) Odensten M and Gillquist J: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg*, 67A:257-262,1985.
  - 16) Reiman PR, Jackson DW: Anatomy of the anterior cruciate ligament. In: Jackson DW, Diez D, editors. *The Anterior Cruciate Deficient Knee*. St.louis: CV Mosby & Co.,; p.17-26. 1987.
  - 17) Sisk TD: Knee injuries in Campbell' s operative orthopedics. 8th ed.p1565,Mosby year,book,St Louis,1992.
  - 18) Slocum DB, Larson RL: Rotary instability of the knee. its pathogenesis and a clinical test to demonstrate its presence. *J Bone Joint Surg*, 50A:211, 1968.
  - 19) Vahey TN, Hunt JE and Shelbourne KD: Anterior translocation of the tibia at MR imaging: a secondary sign of anterior cruciate ligament tears. *Radiology*, 187:817-819, 1993.
  - 20) Yao L, Gentili A, Petrus L and Lee JK: partial ACL rupture: an MR diagnosis? *Skeletal Radiology*, 24:247-251, 1991.