대한방사선의학회지 2000;43:623-628

# 전방십자인대: 얇은 절편두께를 사용한 양자밀도 시상사면 자기공명영상의 유용성[1]

조 성 휘[1,3] · 김 용 훈[2] · 김 상 태 · 한 춘 환

**목적:** 슬관절의 전방십자인대의 평가에 있어 얇은 절편두께를 사용한 양자밀도 시상사면영상의 유용성을 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 고식적 양자밀도 및 T2강조 시상사면영상과 함께 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상을 시행한 후 슬관절경으로 진단된 61예를 대상으로 비교 연구하였다. 슬관절경 검사에서 전방십자인대에 이상이 있었던 경우와 정상인 경우가 각각 29예와 32예이었다. 얇은 절편의 양자밀도영상은 관상면 영상에서 전방십자인대의 주행 방향과 위치를 확인하고 인대의 방향과 평행하게 시행하였고 TR/TE 2000 msec/20-33 msec, 절편두께 2 mm, 시야 16×16 cm, 행렬수 256×192, 여기횟수 2회, 절편간격 0 mm를 사용하여 얻었다. 손상군에서는 전방십자인대 파열의 진단율과 이상 소견들의 빈도를 조사하였고, 정상군에서는 정상 인대의 앞뒤 경계면과 섬유속(fascicle)의 선상 신호강도가 명확히 보이는 빈도와 인대 근위부와 대퇴 외과간의 부분용적효과(partial volume effect) 소견의 빈도를 조사하였다.

**결과:** 얇은 절편의 양자밀도영상과 고식적 시상사면 영상들 사이에 유의한 진단율의 차이는 없었다. 하지만 손상군에서 얇은 절편의 양자밀도영상은 고식적 양자밀도영상에 비해 인대 내부 신호강도 증가 및 인대 두께 증가의 발견, 그리고 인대 전부분의 확인에 뛰어난 결과를 보였고 T2강조영상과 비교해서는 인대 두께 증가 소견을 잘 보여주었다. 정상군에서 얇은 절편의 양자밀도영상은 고식적 양자밀도 및 T2강조 시상사면영상들보다 인대 내부의 정상 구조 소견과 인대 근위부의 부분용적효과의 감소에 유의하게 우수한 결과를 보였고 T2강조영상에 비해서 명확한 인대 앞쪽 경계면의 소견을 잘 보여 주였다.

**결론:** 전방십자인대의 진단에 얇은 절편두께를 사용하고 인대 주행 방향에 맞추어 시행한 양자밀도 시상사면영상으로 영상의 질을 높일 수 있어 기존의 고식적 자기공명영상으로 진단이 어려운 경우에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

전방십자인대 손상은 가장 흔한 슬관절 외상 후유증으로 슬관절 인대 손상의 대부분을 차지하며 급성 혈관절증 환자의 60-75%에서 동반된다 (1-3). 자기공명영상은 비침습적으로 슬관절 주위 구조물을 정확하게 검사할 수 있어 슬관절 급성 외상의 진단에 유용하며 특히 전방십자인대나 후방십자인대 손상에 대해 임상적인 진찰이나 기존의 다른 방사선학적 검사법보다 높은 민감도와 특이도를 보이는 것으로 알려져 있다 (2, 4). 자기공명영상으로 전방십자인대의 진단은 인대의 주행방향과 평행하게 얻는 시상사면 영상이 가장 유용하며 시상면이나 시상사면 영상에서 전방십자인대가 잘 보이지 않는 경우에는 관상면이나 축상면 영상에서 얻을 수 있는 부가적인 정보도 중요하다 (5, 6). 시상사면 영상은 보통 3-4 mm의 절편두께를 사용하며 절편두께를 얇게 하면 전방십자인대의 근위부가 대퇴골 외과의 내측면에 부착하는 부위에서 부분용적효과(partial volume effect)에 의한 인공물이 생기는 것을 줄일 수 있어 1 mm 절편두께를 사용한 경사에코(gradient echo) 자기공명영상을 이용하기도 한다(3).

T1-과 T2강조영상 또는 양자밀도영상과 T2강조영상을 비교하여 전방십자인대의 급성 혹은 아급성 손상의 신호강도 변화를 알 수 있고, T2강조영상은 전방십자인대와 주변의 관절 삼출액 사이의 대조를 향상시킬 수 있는 장점이 있으나 신호대잡음비(signal to noise ratio)가 낮아 영상의 질이 떨어지는 단점이 있다. 양자밀도영상은 수분 농도에 의한 대조도를 보여주는데 긴 이완시간과 짧은 에코시간을 사용하며 높은 신호대잡음비를 가져서 미세한 해부학적 구조물의 평가에 유용하며 특히 T2강조영상에서 잡음에 의해 구조물이 잘 안보일 때 유

[1]지방공사 강남병원 방사선과
[2]지방공사 강남병원 정형외과
[3]인하대학교 의과대학 방사선과학교실
이 논문은 2000년 6월 14일 접수하여 2000년 8월 28일에 채택되었음.

용하다. 전방십자인대의 손상의 자기공명영상 소견은 인대 자체의 변화를 보이는 일차적인 소견과 주변 연부 조직이나 골의 변화에 의한 이차적인 소견으로 나눌 수 있다. 이차적인 소견들은 진단에 도움을 주기는 하지만 이것만으로는 인대 손상을 확진 할 수 없으며 손상의 위치나 정도는 인대 자체를 직접 확인해야 하기 때문에 자기공명영상에서 전방십자인대를 더 잘 보이게 하려는 시도가 필요하다.

이 연구는 관상면 영상에서 전방십자인대의 주행 방향과 위치를 확인하여 인대의 방향과 평행하게 얇은 절편두께를 사용한 양자밀도 시상사면영상을 시행하여 그 소견을 축상면 영상을 바탕으로 영상면(imaging plane)을 정한 고식적 양자밀도 및 T2강조 시상사면영상과 비교하여 진단적 가치와 유용성을 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

1997년 6월부터 1999년 12월 사이에 다양한 슬관절의 이상으로 고식적 자기공명영상과 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상을 모두 시행한 후 슬관절경 검사로 전방십자인대를 진단한 61예를 대상으로 후향적 방법으로 연구하였다. 전체 대상 환자들의 연령 분포는 16세에서 62세로 평균 34세이었고 남녀비는 40:21이었다. 진단의 기준으로 삼았던 슬관절경 검사에서 전방십자인대에 이상이 있었던 경우와 정상인 경우가 각각 29예와 32예이었다. 전방십자인대 이상군의 연령분포는 16세에서 49세 사이(평균연령 32세, 남녀비 19:10)이었고 정상군은 17세에서 62세 사이(평균 연령 38세, 남녀비 19:13)이었다. 전방십자인대 이상군 중 만성 손상이 14예, 급성 손상이 15예이었고 급성 손상 중 완전파열과 부분파열이 각각 5예와 10예이었다. 전방십자인대 정상군의 진단명은 내측반월판 손상이 11예로 가장 많았고 후방십자인대 손상 5예, 외측반월판 손상 3예, 관절 연골 손상 2예, 전방십자인대 경골측 부착부위의 건열골절(avulsion fracture) 1예, 기타 병변들이 6예, 별다른 이상 소견이 없었던 경우가 4예이었다.

자기공명영상 기기는 모든 예에서 초전도 1.5 Tesla 기종(Signa, GE medical system, Milwaukee, WI, U.S.A.)을 이용하였고 앙와위 자세에서 무릎을 신전시키고 자연스럽게 외회전시킨 상태에서 슬관절 코일로 영상을 얻었다. 고식적 자기공명영상은 스핀에코기법으로 시상사면과 관상면의 양자밀도영상 (TR 2000 msec/TE 20 - 30 msec)과 시상사면의 T1강조영상 (500/10), 스핀에코 또는 고속 스핀에코기법의 시상사면 T2강조영상 (2000/80)을 얻었다. 고식적 자기공명영상의 시상사면은 축상면을 기준으로 하여 대략 10 - 15° 외회전시킨 면의 영상을 얻었으며 시야는 14×14 cm이었고 행렬수는 256×192, 여기횟수는 1.5회, 절편두께는 4 mm, 절편간격은 0 또는 0.5 mm이었다. 얇은 절편두께의 양자밀도 시상사면영상은 관상면에서 전방십자인대의 주행 방향과 위치를 확인한 후 이에 평행하게 얻었으며 절편두께는 2 mm, 절편간격은 0 mm, TR/TE는 2000 msec/20 - 33 msec, 시야는 16×16 cm, 행렬수는 256×192, 여기횟수는 2회를 이용하였다 (Fig. 1).

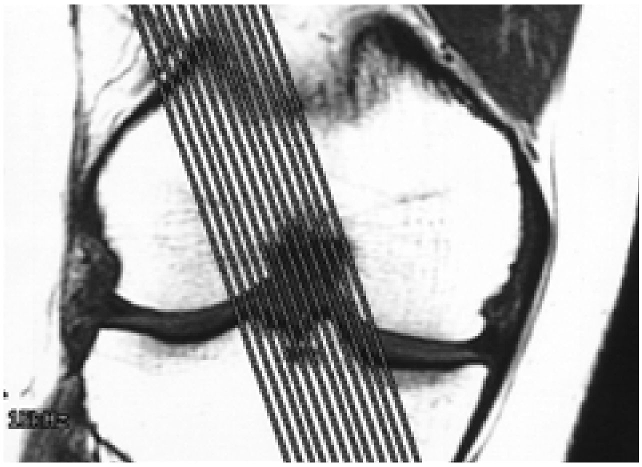

**Fig. 1.** Scanogram of thin-section proton density oblique sagittal image. The imaging plane is parallel to the anterior cruciate ligament.

두 명의 방사선과 의사가 각각 슬관절경 검사 결과를 모르는 상태에서 고식적 및 얇은 절편의 양자밀도, 그리고 T2강조 시상사면영상의 소견을 비교 분석하였고 이견이 있는 경우는 합의로 결정하였다. 첫 번째로는 각각의 영상에서 신호강도의 증가, 인대의 두께 변화, 전위, 인대의 불연속성, 그리고 정상적인 위치에서 인대가 보이지 않는 소견 등 손상 소견의 빈도와 이에 따른 진단율을 조사하였다. 인대의 급성 혹은 만성파열이나 완전 혹은 부분파열의 감별진단은 이 연구에서는 포함하지 않았고 이상 소견이 있는 경우는 인대의 파열이 있는 것으로 진단하였다. 두 번째로는 영상의 질을 평가하기 위해 자기공명영상에서 정상 소견을 보인 예들에서는 전방십자인대의 전면과 후면의 경계가 명확한지 여부와 인대의 전내측 띠(anterior medial band)와 후외측 띠(posterior lateral band)의 구분이나 인대 섬유속(fascicle)의 주행에 의한 선상의 신호강도(linear signal intensity)등 인대 내부의 정상적인 구조가 확인이 되는지 여부, 대퇴골 외과의 내측면과 전방십자인대의 근위부에서 부분용적효과에 의한 인공물의 소견이 있는지를 조사하였다. 인대의 앞쪽 및 뒤쪽 경계면이 명확한지 여부는 피질골과 주변 조직과의 경계면의 정도를 기준으로 판정하였다. 또한 진단의 용이성을 알아보기 위해 전방십자인대의 정상 여부를 판단할 수 있는 최소한의 영상의 수를 조사하였다. 결과의 유의성 검정에는 두 가지 영상의 결과씩 짝을 지어 대응표본 t - 검정(paired t - test)을 사용하였다.

## 결　　과

전방십자인대 손상의 진단은 전체 손상군 29예 중 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상이 28예 (예민도: 97%), 고식적 양자밀도 시상사면영상이 26예 (예민도: 90%), 고식적 T2강조 시상사면영상이 28예 (예민도: 97%)에서 가능했다 (Table 1). 손상군에서 이상소견 중 신호강도의 증가는 얇은 절편의 양자밀도영상 (23/29)과 고식적 T2강조영상 (21/29)에서 고

식적 양자밀도영상 (13/29)에 비해 유의하게 많았고 인대두께의 증가는 얇은 절편의 양자밀도영상 (20/29)에서, 그리고 인대의 불연속성의 발견은 T2강조영상 (6/29)에서 잘 보였다. 인대가 안 보이는 경우는 얇은 절편의 양자밀도영상(1/29)에서 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 인대 전위 소견의 발견은 세 영상 간에 차이가 없었다 (Table 2, Fig. 2).

정상 인대의 소견은 얇은 절편의 양자밀도영상이 명확한 인대 앞쪽 경계면 (31/32)과 인대 내부의 구조와 섬유속의 선상 신호강도의 발견 (32/32), 대퇴골 외과의 내측면과 전방십자인대의 근위부 사이의 부분용적효과에 의한 인공물 (1/32) 감소에 뛰어난 결과를 보였다. 고식적 양자밀도 및 T2강조영상은 정상 인대의 소견 중에서 통계적으로 유의하게 좋은 결과를 보이지 못하였고, 명확한 인대 뒤쪽 경계면의 소견은 세 영상 간에 유의한 차이가 없었다. 정상 전방십자인대를 판정할 수 있는 최소의 영상면의 평균 숫자는 얇은 절편의 양자밀도영상이 1.38, 고식적 양자밀도영상이 1.44, 고식적 T2강조영상이 1.78로 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 3, Fig. 3). 정상군 중 1예는 고식적 및 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상에서는 신호강도의 증가, 인대 두께의 증가, 인대의 전위 등의 위양성(False positive) 소견을 보였으나 T2강조 시상사면영상에서는 정상 소견을 보였다. 다른 정상군 1예는 모든 영상에서 인대 두께가 감소한 소견을 보였고, 슬관절경에서 전방십자인대 주위 연부 조직의 출혈성 좌상이 있고 인대 섬유조직 자체에는 이상이 없어 정상군에 포함된 1예는 모든 영상에서 인대 내부의 신호강도증가와 두께증가의 소견을 보여 자기공명영상의 위양성 결과를 보였다.

**Table 1.** Detectability and Diagnostic Values of ACL Tear

| | TSPDI | PDI | T2WI |
|---|---|---|---|
| True positive | 28 | 26 | 28 |
| True negative | 29 | 29 | 30 |
| False positive | 3 | 3 | 2 |
| False negative | 1 | 3 | 1 |
| Sensitivity | 97% | 90% | 97% |
| Specificity | 91% | 91% | 94% |
| Accuracy | 93% | 90% | 95% |

TSPDI: thin-section proton density oblique sagittal image, PDI: conventional proton density oblique sagittal image, T2WI: T2-weighted oblique sagittal image

## 고 찰

전방십자인대의 주된 기능은 경골의 전방전위의 제한이며 경골의 내회전, 슬관절의 내전및 외전의 제한에도 기여한다(7). 전방십자인대 손상의 기전은 감속, 과도한 신전, 혹은 뒤틀림

**Table 2.** Incidence for Multiple Signs in ACL Injury Group

| | TSPDI | | PDI | | T2WI | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. | % | No. | % | No. | % |
| Increased SI | 23 | 79 | 13 | 45 | 21 | 72 |
| Thickening | 20 | 69 | 12 | 41 | 6 | 21 |
| Displacement | 10 | 34 | 9 | 31 | 9 | 31 |
| Discontinuity | 3 | 10 | 0 | 0 | 4 | 14 |
| Nonvisualization | 0 | 0 | 11 | 38 | 5 | 17 |

TSPDI: thin-section proton density oblique sagittal image, PDI: conventional proton density oblique sagittal image, T2WI: T2-weighted oblique sagittal image, SI: signal intensity

**Table 3.** Incidence for Normal Findings in Intact ACL Group

| | TSPDI | | PDI | | T2WI | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. | % | No. | % | No. | % |
| Anterior margin | 31 | 97 | 29 | 91 | 25 | 78 |
| Posterior margin | 15 | 47 | 11 | 34 | 8 | 25 |
| Internal structure | 32 | 100 | 20 | 63 | 15 | 47 |
| PVE | 1 | 3 | 9 | 28 | 8 | 24 |

TSPDI: thin-section proton density oblique sagittal image, PDI: conventional proton density oblique sagittal image, T2WI: T2-weighted oblique sagittal image, PVE: partial volume effect

A B C

**Fig. 2.** Partial tear of anterior cruciate ligament.
**A, B.** T2-weighted(**A**) and conventional proton density(**B**) oblique sagittal images demonstrated focal increased signal intensity in proximal ACL.
**C.** Thin-section proton density oblique sagittal image well demonstrated focal bulbous swelling and well defined posterior margin of tear site(arrows).


**Fig. 3.** Normal anterior cruciate ligament mimicking tear on conventional MRI.
**A, B.** T2-weighted(**A**) and conventional proton density(**B**) oblique sagittal images demonstrated increased signal intensity within poorly defined ACL proximal portion.
**C.** Thin-section proton density oblique sagittal image demonstrated normal ACL.

을 일으키는 간접적인 외상이며 증상은 급격히 시작된 동통, 연부 조직의 종창, 관절의 무기력 등이다. 전방십자인대는 길이가 약 3.8 cm이고 중간부의 너비는 약 1 cm인 교원질 섬유다발의 구조물로 대퇴골 외과의 내측 후면에서 시작하여 경골돌기의 전외측에 부착하며 대퇴골측보다 경골측이 더 강하고 부채모양으로 벌어지며 더 넓게 부착한다 (8, 9). 전방십자인대 내의 섬유들은 크고 강한 전내측 띠와 작은 후외측 띠로 크게 구분하고 대부분 섬유성 조직으로 구성되어 있어 T1- 및 T2강조영상, 양자밀도영상에서 모두 낮은 신호강도의 띠로 보인다. 특히 전내측 띠는 검은 선상의 구조물로 잘 구분되어 보이고 시상면 영상에서 대퇴 과간의 천장(intercondylar roof)에 평행한 방향으로 주행한다 (10). 전방십자인대의 손상을 진단하는데 있어서 자기공명영상의 유용성은 잘 알려져 있으며 진단을 위한 관절경이나 수술을 줄이는데 기여하고 있다. 그러나 환자의 부적절한 자세나 전방십자인대의 복잡한 구조와 주행방향, 부분용적효과 등은 정확한 진단을 방해할 수 있는 요인이 될 수 있어 자기공명영상으로 전방십자인대 손상의 진단율을 높이기 위한 많은 연구들이 있다 (11,12). Mink 등 (13)은 전방십자인대 손상의 진단에 있어 T1강조영상으로 예민도 85%, 특이도 95%, 정확도 94%, T2강조영상으로 예민도 100%, 특이도 96%, 정확도 97%를 보고하면서 전방십자인대 손상 및 슬관절의 다른 병변들의 진단에 T2강조영상이 중요하다고 했고, 안 등 (14)은 자기공명영상으로 예민도 80%, 특이도 97%, 정확도 92%를 보고하였다. 이 연구에서 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상은 예민도 97%, 특이도 91%, 정확도 93%를 보였고 고식적 양자밀도 시상사면영상은 각각 90%, 91%, 90%, 고식적 T2강조 시상사면영상은 각각 97%, 94%, 95%의 결과를 보여 이전의 연구들과 비슷하였고 얇은 절편의 양자밀도영상이 유의하게 좋은 성적을 보이지는 않았다.

자기공명영상에서 직접적으로 전방십자인대를 잘 보려는 이유는 2차적인 소견으로도 전방십자인대 손상을 추측할 수는 있지만 정확한 진단에는 인대 손상의 범위나 인대의 위치 등 직접적인 소견이 필요하기 때문이며 이를 위해 다양한 펄스연쇄(pulse sequence)와 영상면, 영상지표를 이용한 연구들이 있었다 (15). 전방십자인대의 진단에 시상면 내지 시상사면이 가장 중요하나 다양한 펄스연쇄로 관상사면이나 축상면에서도 유용한 정보들을 얻을 수 있고 (10, 16, 17) 특히 축상면 영상이 전방십자인대의 섬유다발의 단면을 잘 보여주어 완전파열의 진단에 도움을 줄 수 있다 (18). 5 mm 이상의 두꺼운 절편두께로 시상면 영상을 얻을 때는 전방십자인대의 주행에 맞추어 검사하기 위해 슬관절을 10 - 15° 외회전시킨 시상사면 영상을 추가로 얻거나 전체 시상면 영상 대신에 시상사면 영상으로 얻는 것이 필요하며 (19) 시상면 영상의 절편두께를 감소시키면 시상사면의 중요도는 감소한다. Reeder 등 (15)은 3 mm 절편두께의 시상사면 T1강조영상과 1.5 mm 절편두께의 3차원 경사에코(Three - Dimensional gradient - echo) 영상을 비교하여 절편두께를 크게 하면 관절삼출액과의 경계에서 부분용적효과에 의해 진단의 어려움이 생길 수 있고 절편두께를 얇게 하여 부분용적효과를 줄이면 미세한 손상의 진단을 향상시킬 수 있다고 하였다. 절편두께의 선택은 아직 일부 이견이 있으나 3 mm는 부분용적효과를 줄일 수 있고 5 mm는 신호대잡음비를 최대화할 수 있다는 주장이 있다 (20). 대퇴 과간의 천장과 전방십자인대 사이를 넓혀서 부분용적효과를 줄이기 위해 슬관절을 약간 굴곡시킨 자세로 자기공명영상을 시행하면 정상 및 손상된 전방십자인대를 더 잘 확인할 수 있다 (21). 슬관절의 시상면 영상 대신 시상사면 영상을 얻을 때에 과도한 외회전은 대퇴과(femur condyle) 전후경의 증가를 가져오고 반월판 연골의 진단에 제한이 생긴다. 반대로 지나치게 내회전 된 경우는 대퇴 외과의 내측과 근위부 전방십자인대의 부분용적효과를 증가시켜 근위부 전방십자인대의 가성 종괴 형성을 한다. 이런 가성 종괴는 축상면과 관상면 영상에서는 보이지 않고 T2강조영상에서 높은 신호강도를 보이지 않는 점으로 감별이 가능하다 (13). 축상면 영상을 기준으로 슬관절을 10 - 20° 정도 외회전시킨 각도로 시상사면 영상을 얻는 경우 전방십자인대의 주행 방향과 정확히 일치하지 않아 전방십자인대를 확인할 수 없는 경우가 있다. 이 연구에서 고식적 시

상사면은 축상면 영상을 기준으로 외회전 각도를 주어 얻었으며, 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상은 관상면 영상에서 전방십자인대의 주행방향과 위치에 맞추어 얻었고 전방십자인대 근위부의 부분용적효과를 줄이기 위해 2 mm의 얇은 절편 두께를 사용하였다.

이 연구로서 얇은 절편의 양자밀도 시상사면영상이 고식적 시상사면 영상들과 비교해서 전방십자인대 손상의 진단율에는 유의한 차이를 보이지는 않았지만 손상군에서 인대의 신호강도 및 인대 두께 증가 소견의 발견과 인대 전부분을 확인하는데 좋은 결과를 보였고 정상군에서는 인대 근위부의 부분용적효과를 감소시키고 정상 전방십자인대 섬유다발의 주행, 인대의 위치와 명확한 경계면을 확인하는데 우수한 결과를 보였다. 얇은 절편의 자기공명영상으로 영상의 질을 개선할 수 있었으나 고식적 시상사면영상과 비교해서 예민도나 특이도에 큰 차이를 보이지는 못한 이유는 환자 선택 치우침(Selection bias)이 작용했기 때문으로 생각한다. 즉 슬관절경으로 확진이 된 환자들만을 대상으로 하였기 때문에 경미한 정도의 손상이나 보존적 치료가 필요한 환자는 적게 포함되고 심한 손상이 있던 경우가 많이 포함되어 영상의 질이 좋지 않아도 진단에는 어려움이 없었기 때문인 것으로 생각하며, 미세한 병변의 발견에 얇은 절편의 영상이 도움이 될 것으로 생각한다. 이 연구의 제한점으로는 축상면이나 관상면의 영상을 제외하고 시상사면 영상만을 연구의 대상으로 삼은 것과 진단의 기준으로 삼은 슬관절경에서 제대로 진단이 되지 못한 병변이 있을 가능성 등이 있다. 더불어 얇은 절편의 자기공명영상이 인대의 완전파열과 부분파열의 감별에 도움을 줄 가능성이 있으나 이 연구에서는 포함되지 않았다.

결론적으로 이 연구에서 관상면을 기준으로 전방십자인대의 위치 및 주행 방향에 맞추어 시행한 얇은 절편두께의 양자밀도 시상사면영상이 고식적 양자밀도 및 T2강조 시상사면영상에 비해서 정상군에서는 정상적인 구조를 잘 보여주고 인대 손상군에서는 인대의 손상 부위 및 위치등 직접적인 소견을 잘 보여줄 수 있는 것을 확인하였고 인대의 근위부와 대퇴골 외과 사이에서 부분용적효과에 의한 인공물의 감소에 우수한 결과를 보였다.

## 참 고 문 헌


1. Speer KP, Warren RF, Wickiewicz TL, Horowitz L, Henderson L. Observations on the injury mechanism of anterior cruciate ligament tears in skiers. *Am J Sports Med* 1995;23:77-81
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. Resnick D, Kang HS. *Internal derangements of joints: emphasis on MR imaging.* Philadelphia; Saunders, 1997: 675-691
4. Fischer SP, Fox JM, Pizzo WD, et al. Accuracy of diagnosis from magnetic resonance imaging of the knee: a multi-center analysis of one thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg [Am]* 1991;73:2-10
5. Lerman JE, Gray DS, Schweitzer ME, Bartolozzi A. MR evaluation of the anterior cruciate ligament: value of axial images. *J Comput Assist Tomogr* 1995;19:604-607
6. Fitzgerald SW, Remer EM, Friedman H, Rogers LF, Hendrix RW, Schafer MF. MR evaluation of the anterior cruciate ligament: value of supplementing sagittal images with coronal and axial images. *AJR Am J Roentgenol* 1993;160:1233-1237
7. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee-contributions of the supporting structures: a quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg [Am]* 1976;58:583-594
8. Girgis FG, Marshall JL, Monajem ARS: The cruciate ligaments of the knee joint: anatomical, functional, and experimental analysis. *Clin Orthop* 1975;106:216-231
9. Arnoczky SP: Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop* 1983;172:19-25
10. 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
11. Berquist TH. *MRI of musculoskeletal system.* 3rd ed. Philadelphia; Lippincott-Raven, 1996;345-358
12. 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 Am J Roentgenol* 1992;159:357-360
13. 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
14. 안중모, 강흥식, 송치성, 성상철. 슬내장: 자기공명영상 진단의 정확도. *대한방사선의학회지* 1993;29:809-813
15. Reeder JD, Matz SO, Becker L, Andelman SM. MR imaging of the knee in the sagittal projection: comparison of three-dimensional gradient-echo and spin-echo sequences. *AJR Am J Roentgenol* 1989;153:537-540
16. 김정석, 심재찬, 이기재, 박서영, 김호균, 한창열. 전방십자인대 손상 진단에 있어 관상사면 T2 강조영상의 유용성. *대한방사선의학회지* 1998;38:717-722
17. 기태성, 이종화, 김영선 등. 전방십자인대 파열의 진단을 위한 MR의 횡단면 T1 강조영상의 의의. *대한방사선의학회지* 1994;31:949-954
18. Roychowdhury S, Fitzgerald SW, Sonin AH, Peduto AJ, Miller FH, Hoff FL. Using MR imaging to diagnose partial tears of the anterior cruciate ligment: value of axial images. *AJR Am J Roentgenol* 1997;168:1487-1491
19. Buckwalter KA, Pennes DR. Anterior cruciate ligament: oblique sagittal MR imaging. *Radiology* 1990;175:276-277
20. Stoller DW, Cannon WD, Anderson LJ. *The Knee.* In: Stoller DW, ed. *Magnetic resonance imaging on orthopedics and sports medicine.* Philadelphia; Lippincott, 1993;254-255
21. Niitsu M, Ikeda K, Fukubayashi T, Anno I, Itai Y. Knee extension and flexion: MR delineation of normal and torn anterior cruciate ligaments. *J Comput Assist Tomogr* 1996;20:322-327

J Korean Radiol Soc 2000;43:623 - 628

# The Anterior Cruciate Ligament:
## The Value of Thin-section Proton Density Oblique Sagittal MR Imaging[1]

Seong Whi Cho, M.D.[1,3], Young-Hoon Kim, M.D.[2], Sang Tae Kim, M.D., Chun Hwan Han, M.D.

[1]*Department of Radiology, Kangnam General Hospital Public Corporation*
[2]*Department of Orthopedic Surgery, Kangnam General Hospital Public Corporation*
[3]*Department of Radiology, Inha University College of Medicine*

**Purpose:** To evaluate the usefulness of thin-section proton density oblique sagittal MR imaging in the diagnosis of tear involving the anterior cruciate ligament (ACL).
**Materials and Methods:** In 61 arthroscopically confirmed cases (29 patients with ACL injury and 32 normal subjects), thin section proton-density images (TSPDI) were obtained and compared with conventional oblique sagittal PDI and T2-weighted images (T2WI). In TSPD imaging, the scan plane was parallel to the course of the ACL, based on a coronal scanogram; the parameters used were TR/TE 2000 msec/20 - 33 msec, 2-mm slice thickness, 16×16 cm FOV, 256×192 matrix, two excitations, and no intersection gap. We evaluated the sensitivity and specificity of MR images for diagnosing ACL tear, and their quality, on the basis of whether or not they successfully visualised the anterior/posterior margin of the ACL and linear signal intensities within the ACL fascicles. We also investigated the effects of partial volume averaging between the proximal portion of the ACL and the lateral femoral condyle.
**Results:** The sensitivity/specificity of TSPD imaging for diagnosing ACL tear were not significantly different from those of conventional oblique sagittal PDI and T2WI. In the ACL injury group, TSPDI was better in detecting increased signal intensity, ACL thickening, and visualization of torn ACL than conventional oblique sagittal PDI and T2WI. In normal subjects, image quality was constantly better on TSPDI than on conventional oblique sagittal PDI and T2WI. TSPDI clearly revealed the anterior margin in 31/32 cases (97%) and linear signal intensities within the ACL fascicles in all 32 (100%), and also markedly reduced the partial volume effect of the proximal ACL and lateral femoral condyle.
**Conclusion:** In evaluating the ACL, the use of TSPD imaging is likely to lead to improved image quality. In addition, where routine MR imaging reveals indeterminate ACL injury, TSPDI can provide additional clues to diagnosis.

**Index words :** Knee, MR
Knee, ligaments, menisci, and cartilage
Knee, injuries

Address reprint requests to : Seong Whi Cho, M.D., Department of Radiology, Inha University Hospital
7-206 3rd St., Shinheung-dong, Choong-Ku, Inchon 400-103, Korea.
Tel. 82-32-890-2769 Fax. 82-32-890-2743 E-mail: csw@medikorea.net