대한방사선의학회지 1999;41:159-164

슬관절 반월판열상 유형분류에 있어서 자기공명영상의 유용성[1]

전 동 진·지 원 희·이 영 준·최 규 호

목적 : 자기공명영상을 이용하여 슬관절 반월판열상 유형분류의 정확도를 알아보고자 한다.
대상 및 방법 : 관절경 검사로 슬관절 반월판열상이 확진된 93명의 환자를 대상으로 하였다. 관절경검사를 기준으로 했을 때 수평 열상(horizontal tear) 44예, 종열상(longitudinal tear) 34예, 횡열상(transverse or radial tear) 11예, 사상열상(oblique tear) 5예였고 복합열상(complex tear)은 제외하였다. 모든 환자에서 사상시상면과 관상면의 자기공명영상을 얻었고 각각의 자기공명영상소견과 관절경 검사소견을 비교하였다.
결과 : 관절경 검사상 확진된 반월판의 수평열상 44예중 35예, 종열상 34예중 27예를 자기공명영상에서 분류할 수 있었고 민감도와 특이도는 수평열상에서 각각 80%, 종열상에서 각각 79%, 95%였다. 반면에 횡열상 11예중 2예, 사상열상 5예중 1예만이 자기공명영상소견과 부합되었다.
결론 : 자기공명영상을 이용한 반월판열상 유형분류에 있어서 수평열상과 종열상 분류에는 유용하였으나 횡열상과 사상열상 분류에는 부정확하였다.

현재까지는 반월판열상의 진단에 있어서 자기공명영상이 가장 좋은 이용방법으로 되어있다. 반월판열상의 치료방법은 반월판열상 의 안정성 유무와 유형별 형태에 따라 다양하게 증가되고 있는 추세이므로 단순히 열상유무를 아는 것 외에 반월판열상 자체의 해부학적 형태를 아는 것이 치료방법 결정에 영향을 미친다(1). 수평열상의 경우는 열상받은 부위의 대부분을 제거하는 수직열상의 치료와는 차이가 있는 것으로 되어있다(2).

이 논문의 목적은 자기공명영상을 이용하여 슬관절에서 반월판 열상 유형분류의 정확도를 알아보고자 한다.

대상 및 방법

관절경상으로 확진된 슬관절 반월판열상 환자 117명을 대상으로 하였고 그중 복합열상을 보인 24명은 제외하였다. 총 93명 환자의 자기공명영상을 2명의 방사선과 의사가 임상에 대한 정보없이 후향적으로 분석하였다. 판독자 사이의 의견이 다른 경우 상호 합의에 의하여 결정하였다.

남자가 55명, 여자가 38명이었고 연령분포는 14-69세로 평균 연령은 40세였다.

사용한 자기공명영상기기는 1.5-T 자기공명영상(GE Signa Advantage;General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, U.S.A.)장치이고 transmit-receive extremity coil을사용하였다. 모든 환자에서 고식적 스핀에코 펄스 시퀀스로 T1 강조영상(TR 400-750 / TE 17-30msec)의 시상 및 관상영상을 얻었고, 이중에코 고속스핀에코 양성자밀도 강조영상(TR 2700-4000/TE 14-40msec)과 T2 강조영상(TR 2700-4000/TE 76-108msec)으로 각각 사상시상(oblique sagittal) 및 관상영상을 얻었다. 사상시상영상은 전십자인대 주행방향과 평행하게 off-axis로 얻었다. 이중 40명의 환자에서 Chem sat(selective suppression by a chemical-shift-selective pulse) 방법을 이용해서 지방억제 영상을 추가로 얻었다. 자기공명영상 지표는 시야(field of view)는 14-18cm, matrix수는 256×192, 절편두께와 간격은 3mm와 1mm, echo-train length는 8로 하였다.

반월판열상 진단에 대한 자기공명영상의 판정기준을 2가지로 하였는데, 첫째는 반월판 관절면과 접하는 반월판내 증가된 신호강도 로, 둘째는 반월판의 비정상적인 형태로 하였다(1). 자기공명영상의 단면상 영상소견(cross sectional MR Imaging)을 판독자가 입체적으로 해석하여 각각의 열상유형을 분류하였다.

관절경상에서의 소견으로 열상면(the plane of rupture)과 경골 고평부(tibial plateau)와의 관계와 열상의 진행방향에 따라서 유형을 분류하였다(Fig. 1). 수평열상(horizontal tear)은 열상면이 경골 고평부와 평행한 면을 이루는 것이고, 수직열상(vertical tear)은 경골 고평부에 대해 수직인 면으로 보이는 것이고, 이를 좀더 세분하였을 때 종열상(longitudinal

[1]가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실
이 논문은 1998년도 가톨릭중앙의료원과 가톨릭대학교 강남성모병원 학술연구보조비로 이루어졌음.
이 논문은 1999년 2월 3일 접수하여 1999년 4월 15일에 채택되었음.

tear)은 반월판의 주축(main axis or circumferential axis)에 평행하게 진행하는 것이고, 횡열상(transverse or radial tear)은 주축에 수직인 열상진행을 보인 것이고, 사상열상(oblique tear)은 앵무새 주둥이 형태(parrot-beak appearance)로 자유변연(free margin)에서는 방사상 방향(radial orientation)을 보이다가 주변부에서는 주축에 평행하게 진행한 것으로 정했다(1,2).

각각의 반월판열상 유형별로 실제 관절경 소견과 비교하였으며 이를 기준으로 민감도, 특이도, 양성및 음성예측도, 정확도를 조사하였다.

예를 들어 수평열상의 경우에 관절경 소견과 자기공명영상 분석이 일치한 예를 true positive로, 자기공명영상 분석결과 다른 유형의 열상이나 열상이 없는 것으로 판단했던 예를 false negative로, 관절경상 다른 유형의 열상이었으나 자기공명영상 분석결과 수평열상으로 판단했던 예를 false positive로, 관절경 소견과 자기공명영상 분석 모두에서 수평열상을 제외한 나머지 예를 true negative로 하였다.

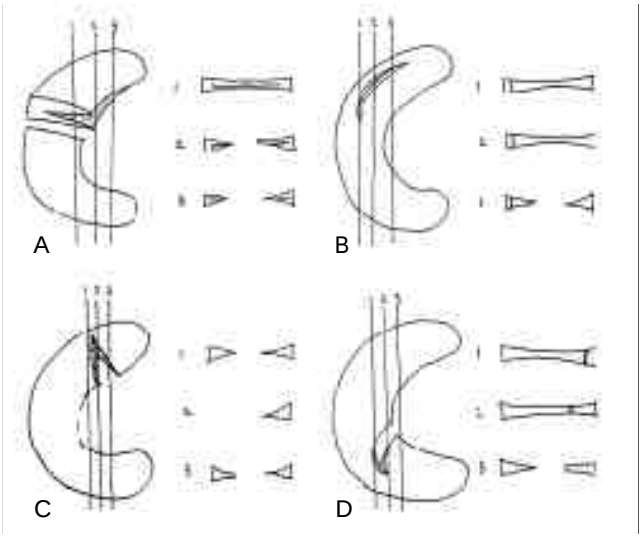

Fig. 1. Schematic drawings of meniscal tear patterns: comparison of arthrosopic view and cross-sectional imaging
A. Horizontal tear.
B. Longitudinal tear
C. Radial (or transverse) tear
D. Oblique tear

결 과

관절경상 확진된 반월판열상 총 94예 중에서 수평열상 44예 중 35예(Fig. 2), 종열상 34예 중 27예(Fig. 3), 횡열상 11예중 2예(Fig. 4), 사상열상 5예중 1예(Fig. 5)가 자기공명영상 소견과 일치하였다(Table 1). 일치하지 않았던 경우 수평열상 44예중 3예를 종열상, 1예를 횡열상, 2예를 사상열상, 3예를 열상이 없는 것으로 분석했고 종열상 34예중 4예를 수평열상, 1예를 사상열상, 2예를 열상이 없는 것으로 분석했다. 횡열상 11예중 6예를 수평열상, 1예를 사상열상, 2예를 열상이 없는 것으로 분석했고 사상열상 5예중 2예를 수평열상, 1예를 횡열상, 1예를 열상이 없는 것으로 분석했다.

각각의 열상유형이 한 반월판 안에 2개 이상 있었던 다발성 열상은 5예로 다발성 수평열상이 2예, 다발성 종열상이 1예, 종열상과 횡열상이 같이 있었던 경우가 1예, 수평열상과 횡열상이 같이 있었던 경우가 1예였다. 열상이 한 반월판에 여러

Table 1. Comparison of MR Imaging and Arthroscopy

		Arthrocopic Findings				
		H	L	R	O	Total
MR Imaging	H	35	4	6	2	47
	L	3	27	0	0	30
	R	1	0	2	1	4
	O	2	1	1	1	5
	N	3	2	2	1	8
	Total	44	34	11	5	94

H: Horizontal tear, L: Longitudinal tear, R: Radial tear,
O: Oblique tear, N: Negative finding

Table 2. Results of Categorization in Meniscal Tear Patterns

	Horizontal tear	Longitudinal tear	Radial tear	Oblique tear
Sensitivity(%)	80	79	18	20
Specificity(%)	80	95	86	99
Accuracy(%)	80	88	87	95
PV pos(%)	78	90	40	50
PV neg(%)	82	89	90	96

PV pos:positive predictive value, PV neg:negative predictive value

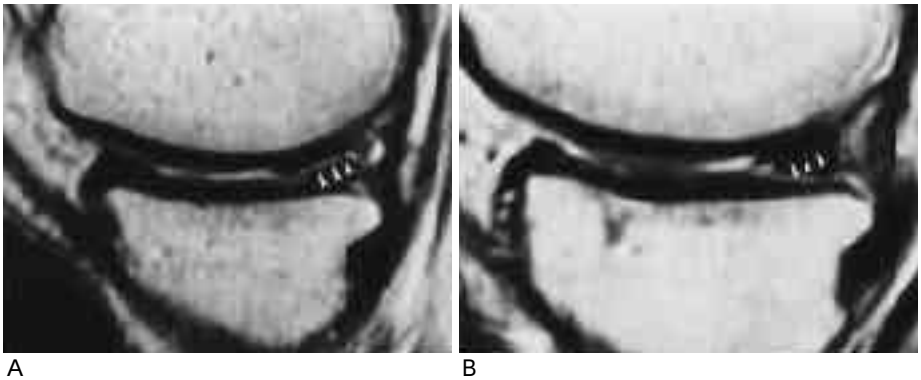

Fig. 2. Sagittal proton density-weighted fast SE MR images (TR/TE, 2500msec/14msec) of right knee in a 53 year-old man with horizontal tear of posterior horn of the medial meniscus. Horizontal high signal intensity band of tear (arrowheads) is seen extending to the inferior articular surface on consecutive images (A-B : medial to lateral direction).

개 있었던 경우는 관절경상 반월판 침범정도가 제일 우세한 열상을 유형으로 분류했고, 실제로 이들 5예중 다발성 종열상 1예를 제외하고 나머지는 자기공명영상 분석상 단일 열상으로 판단했다. 반월판열상 유형분류에 있어서 수평열상에서는 민감도 80%, 특이도 80%, 종열상에서는 민감도 79%, 특이도 95%였고 횡열상에서는 민감도 18%, 특이도 86%, 사상열상에서는 민감도 20%, 특이도 99%였다(Table 2).

반월판열상을 받은 환자의 연령분포를 살펴 보았을때 20대가 22예로 가장 많았고 10대가 4예, 30대와 40대가 각각 18예, 50대가 19예, 60대가 12예였다. 각각의 열상 유형별 연령분포는 수평열상의 경우 50대가 44예중 14예로, 수직 종열상의 경우 20대가 13예로 가장 높았다(Fig. 6).

환자 93명중 1명이 양측 반월판에 열상이 있었고 이중 내측 반월판 열상이 60예, 외측 반월판열상이 34예였다. 수평열상 44예중 32예가 내측 반월판 후각을 침범했고 내측 반월판 체부는 4 예, 외측 반월판 후각은 4예, 외측 반월판 체부는 2예, 양쪽 전각 침범은 각각 1예였다. 종열상의 경우는 34예중 17예가 내측 반월판 후각을 침범했고 외측 반월판 후각은 8예, 외측

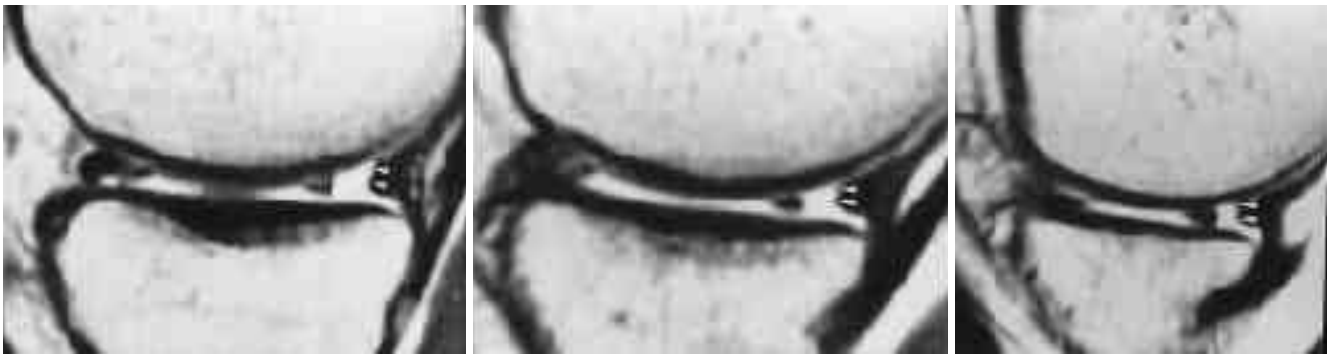

Fig. 3. Sagittal proton density-weighted fast SE MR images (TR/TE, 2600msec/16mse c) of left knee in a 20-year-old man with longitudinal tear of posterior horn of the medial meniscus. Vertical high signal intensity band of tear (arrowheads) is equidistant from periphery to the free margin on consecutive images (A-C: lateral to medial direction).

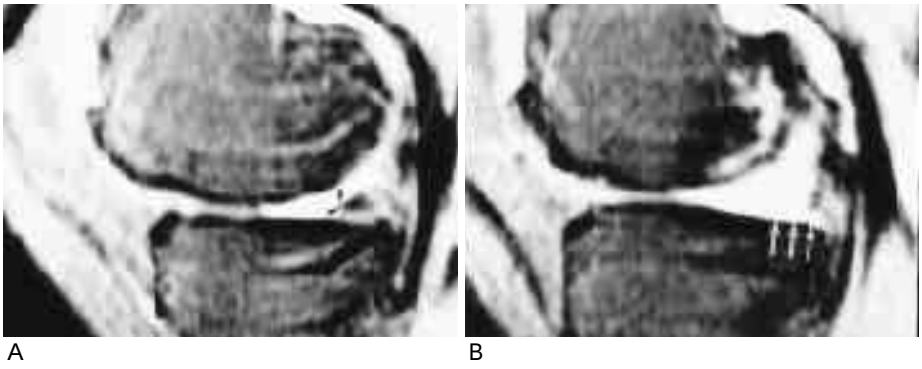

Fig. 4. Sagittal proton density-weighted fat-suppressed fast SE MR images(TR/TE, 3000 msec/16 msec) of right knee in a 57-year-old man with radial tear of posterior horn of the medial meniscus. Blunting of apex (black arrowheads) and abrupt complete absence (white arrows) of meniscus are seen on consecutive images (A-B: medial to lateral direction).

Fig. 5. Coronal proton density-weighted fat-suppressed fast SE MR images(TR/TE, 3200 msec/16msec) of right knee in a 22-year-old man with oblique tear of posterior horn of the medial meniscus. Location of hyperintense line (arrowheads) is moving from periphery to the apex on consecutive images (A-C: posterior to anterior direction).

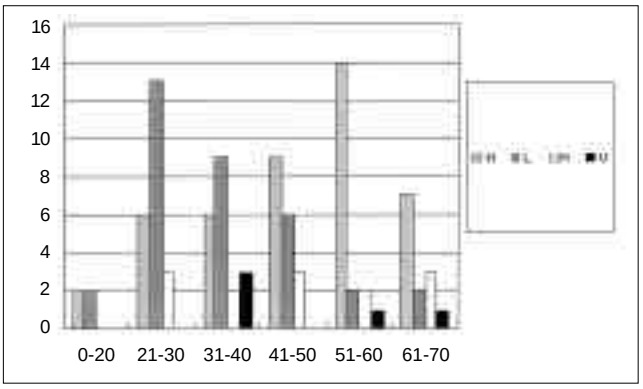

Fig. 6. Relationship of confirmed meniscal tear patterns to the patient's age. H : Horizontal tear, L : Longitudinal tear, R : Radial tear, O : Oblique tear

반월판 후각과 체부를 동시에 침범한 예는 4 예, 후각에서 전각까지 침범한 예는 1예, 체부에서 전각까지와 전각만 침범한 예가 각각 2예씩이었다. 횡열상은 11예중 7예가 내측 반월판 후각을 침범했고 외측 반월판 후각 침범이 2예, 체부 침범과 전각 침범이 각각 1예씩이었다. 사상열상은 5예 모두가 내측 반월판 후각을 침범했다. 이중 자기공명영상 소견과 부합되지 않았던 유형별 반월판열상의 위치는 외측 반월판 후각의 경우가 44%(7/16), 내측 반월판 후각의 경우는 29%(19/66)였다.

고 찰

반월판은 대퇴골과 경골 관절면 사이에 있는 섬유연골로써 반월판 바깥쪽 1/3이 원주상으로 배열된 콜라겐 섬유로 구성되어 있는 특수한 구조로 인해 하중의 전달이 직접 수직력으로 작용하지 않고 hoop stress로 전환시켜 경골 관절면을 보호하는 중요한 기능이 있다. 그외에 충격흡수, 윤활작용, 그리고 전방인대에 이상이 있을때 슬관절의 이차적인 안정화에 기여하는 역할을 하는 구조물이다(1). 이러한 반월판에 병변이 생기는 경우엔 슬관절의 기능 장애와 이차적인 퇴행성 변화가 초래되므로 정확한 진단이 중요하다. 특히 최근에는 반월판열상이 있는 경우에, 슬관절 반월판연골 전절제술(total meniscetomy)를 시행하던 과거와는 달리 환자 개인의 나이, 활동범위, 동반 손상등을 고려한 치료방법이 반월판의 역학적, 생물학적인 원리에 근거하여 다원화되었고 이로 인하여 정확하고 자세한 진단이 요구 된다(2). 아직까지는 이러한 반월판열상의 분류에 관하여 일정하게 적용되는 방법은 없고, 크게 2가지의 범주로 외상성 열상과 퇴행성 열상으로 나누고 있다(3). 외상성의 경우는 대부분 수직 열상으로 소아, 젊은 성인에서 많으며 수직 종열상이 수직 횡열상보다 많으며 주로 외측 반월판의 체부 1/3을 포함하는 것으로 알려져 있다. 반면에 퇴행성인 경우는 반월판 안쪽이 혈관이 없고 심한 스트레스를 받는 부위이므로 퇴행성 변화가 잘 오는 것으로 되어 있다. 주로 수평열상의 유형으로 오며 본 연구 에서도 열상유형과 환자 연령과의 관계를 살펴보았을 때 수직 종열상이 있었던 환자의 연령군은 주로 70% (24/34)에서 10-30대였고 수평열상은 68%(30/44)가 40-60대의 연령분포를 보였다 .

전체적인 반월판열상의 호발부위는 가동성이 적은 내측 반월판, 특히 크고 넓은 후각부 손상이 빈번한 것으로 알려진 바와 마찬가지로 본 연구에서도 전체 94예중 67예(71%)가 내측 반월판 후각을 침범했다(4). 자기공명영상에서 반월판열상진단의 판단기준으로써 이미 앞에서 언급하였던 바, 그중 반월판 모양의 이상소견을 보이는 경우는 몇가지 형태를 취하는데 첫째, 반월판 내측 가장 자리의 둔화(apical blunting)가 보이거나, 둘째, 정상적인 삼각형의 형태를 취하나 크기가 비정상적으로 작은 경우 등이 있다(1). 특히 자유변연에 생긴 열상은 진단에 특히 어려움이 많은데 자기공명영상 시상 혹은 관상면에서 병변이 있는 반월판에 미미한 첨단부의 둔화나 첨단부가 흐려지는 양상(poor delination of sharp apex)으로만 나타나는 경우도 많다. 특히 횡열상의 경우에는 완전한 반월판이 보이는 영상사이의 최소 한 영상에서 반월판이 전혀 보이지 않는 결손으로 나타나고 첨단부의 둔화가 있을 때 진단 할 수 있는데 이는 반월판의 단축(short axis)을 가로지르는 갈라진 틈새면을 가지고 있으므로 원주상으로 배열된 콜라겐 섬유 구성을 단절시켜서, 하중에 의해 생기는 hoop stress의 방사상(centrifugal) 발생이 불가능해지므로 관절면의 보호기능이 저하된다. 그러므로 다른 열상 유형에 비하여 퇴행성 변화가 조기에 올 수 있다. 더 심한 경우엔 골괴사까지도 초래될 수 있다고 한다. 또 다른 임상적 차이는 열상받은 반월판을 수술적으로 제거하거나 봉합하여 hoop stress를 회복할 수 없으므로 치유시킬 수 없다는 데 있다(5). 사상열상은 굴곡진 모양으로써 불안정성의 피판 열상(unstable flap tear)으로 진행될 수 있고 자기공명영상에서는 열상이 반월판의 주변부에서 첨단부까지 이동하는 것을 보는 것으로 진단할 수 있다. 이러한 반월판열상 진단에 있어서 중요한 것으로 유형분류와 병변위치와 손상 받은 반월판 분절의 전위여부를 보는 것이 있다. 특히 주변부 열상(peripheral tear)은 풍부한 혈관공급 때문에 자연치유 될 수 있는 가능성이 있어 치료적 측면에서 중요하며, 특정부위의 반월판열상은 자기공명영상으로 진단하기 어려운 경우가 있는데 앞서 언급한 자유 변연부 열상외에도 정상구조물에 가려지는 부위로서 외측 반월판 후각을 침범한 경우가 있다(6-8). 본 연구에서는 내측 반월판 후각을 침범한 열상중 29%, 외측 반월판 후각을 침범한 열상 중 44%가 반월판열상 유형분류에 있어서 관절경검사와 자기공명영상 소견의 불일치를 보였다. 양동이 손잡이형 열상은 종열상의 일종으로 이들은 임상적으로 통증과 신체 활동의 제한을 유발시키므로 중요하다(9).

최근들어 신체의 많은 부분을 검사하는데 고식적 스핀에코 자기공명영상 대신에 고속스핀에코 자기공명영상이 사용되고 있는데 장점은 스캔시간이 짧아 환자 움직임에 대한 인공영상을 줄이면서 고식적 스핀에코 자기공명영상에서 보이는 대조도와 비슷한 영상대조를 보인다는 점이다. 반월판열상 진단에 있어서 고속스핀에코 자기공명영상을 이용하는 경우에 영상 흐림(imaging blurring)으로 인한 단점 극복의 방법으로 영상의 질과 영상시간을 모두 고려해서 echo train length를 5로 한 중성자밀도 강조 영상에서 고식적 스핀에코 자기공명영상

과 비슷한 정도의 영상을 얻었다는 보고가 있었다(10). 또한 echo train length를 8로 했을때 고속스핀에코 자기공명영상을 이용한 반월판열상 진단의 정확도가 87%라는 보고도 있었다(11). 본 연구에서도 echo train length를 8로 한 고속스핀에코 자기공명영상을 이용하여 영상을 얻었고 후향적으로 반월판열상 유형분류를 실시하였다. 아직까지는 슬관절을 보는데에 고식적 스핀 에코 자기공명영상이 고속스핀에코 자기공명영상보다 이미지의 질적인 면에서 우월하다는 견해가 더 지배적이며, 본 연구에서도 민감도와 특이도가 수평열상에서 각각 80%, 종열상에서는 각각 79%, 50%인 반면, 횡열상과 사상열상의 민감도는 18%와 20%로 낮았다. 이것은 고식적 스핀에코가 아닌 고속스핀에코 자기공명영상을 사용한 점과 전십자인대 주행방향을 따라 사상시상(oblique sagittal) 영상을 얻은 것이 감별의 정확도가 낮은 원인으로 작용했다고 생각된다.

결론적으로 자기공명영상을 이용한 반월판열상 유형분류에 있어서 수평열상과 종열상의 유형분류에는 유용하였으나, 횡열상과 사상열상을 분류하는 데는 부정확하였다.

참 고 문 헌

1. Rubin DA. MR imaging of the knee menisci. *Radiol Clin North Am* 1997 ; 35 : 21-29
2. Newman AP, Daniels AU, Burks RT. Principles and decision making in meniscal surgery. *Arthroscopy* 1993 ; 9 : 33-51
3. Resnick D, Kang HS. *Internal derangements of joints: emphasis on MR imaging*. Philadelphia : Saunders, 1997 : 608-635
4. Resnick D. *Internal derangements of joints.* In Resnick D. *Bone and joint imaging.* Philadelphia : Saunders, 1996 : 847-852
5. Tuckman GA, Miller WJ, Remo JW, Fritts HM, Rozansky MI. Radial tears of the menisci : MR findings. *AJR* 1994 ; 163 : 395-400
6. De Smet AA, Graf BK. Meniscal tears missed on MR imaging : relationship to meniscal tear patterns and anterior cruciate ligament tears . *AJR* 1994; 162 : 905-911
7. De Smet AA, Tuite MJ, Norris MA, Swan JS. MR diagnosis of meniscal tears: analysis of causes of errors. *AJR* 1994;163:1419-1423
8. Mesgarzadeh M, Moyer R, Leder DS, et al. MR imaging of the knee: expanded classification and pitfalls to interpretation of meniscal tears. *RadioGraphics* 1993 ; 13 : 489-500
9. Ruff C, Weingardt JP, Russ PD, Kilcoyne RF. MR imaging patterns of displaced meniscus injuries of the knee. *AJR* 1998 ; 170 : 63-67
10. Escobedo EM, Hunter JC, Zink-Brody GC, Wilson AJ, Harrison SD, Fisher DJ. Usefulness of turbo spin-echo MR imaging in the evaluation of meniscal tears : comparison with a conventional spin-echo sequence. *AJR* 1996 ; 167 : 1223-1227
11. Cheung LP, Li KCP, Hollett MD, Bergman AG, Herfkens RJ. Meniscal tears of the knee: accuracy of detection with fast spin-echo MR imaging and arthroscopic correlation in 293 patients. *Radiology* 1997 ; 203 : 508-512

J Korean Radiol Soc 1999;41:159-164

Diagnostic Value of MR Imaging in Differentiation of Meniscal Tear Patterns[1]

Dong-Jin Jun, M.D., Won-Hee Jee, M.D., Young-Joon Lee, M.D., Kyu-Ho Choi, M.D.

[1]*Department of Radiology, The Catholic University of Korea*

Purpose : To evaluate the diagnostic accuracy of magnetic resonance (MR) imaging in the differentiation of meniscal tear patterns of the knee.

Materials and Methods : MR images of 93 patients with meniscal tear were included in this study. On the basis of arthroscopic findings, the configuration of meniscal tears was classified as horizontal (n = 44), longitudinal (n = 34), transverse (n = 11), or oblique (n = 5). Oblique sagittal and coronal MR images were obtained and compared with the arthroscopic findings.

Results : Among 94 cases of arthroscopically-proven meniscal tears, 35 of 44 horizontal and 27 of 34 longitudinal configurations were correctly interpreted on MR images. Sensitivity and specificity for horizontal configuration were 80 % and 80 %, respectively, while the corresponding values for longitudinal configuration were 79 % and 95 %. On MR images, two radial configurations were correctly interpreted from 11 confirmed tears and only one oblique configuration from five confirmed tears.

Conclusion : MR imaging was useful for the differentiation of horizontal and longitudinal tears, but inaccurate in cases involving radial or oblique tears.

Index words : Knee, MR
Knee, ligaments, menisci, and cartilage
Magnetic resonance (MR), technology

Address reprint requests to : Dong-Jin Jun, M.D. Department of Radiology, The Catholic University of Korea, Kangnam St. Mary's Hospital, #505 Banpo-Dong, Seocho-Ku, Seoul 137-040, Korea.
Tel. 82-2-590-1576 Fax. 82-2-599-6771