대한방사선의학회지 1998;38:159-162

슬관절 반월판 열상진단에 있어서 고속 스핀에코 자기공명영상과 Gadolinium 조영증강의 유용성[1]

문경미 · 지원희 · 최보영 · 임수아 · 이정휘 · 구영미 · 윤영현 · 최시영 · 최규호 · 신경섭

목 적 : 슬관절의 반월판 열상의 진단에 있어서 고속 스핀에코의 유용성에 대한 많은 논란이 있다. 이에 반월판 열상의 진단에 있어서 고속 스핀에코 자기공명영상의 유용성과 gadolinium 조영증강의 역할에 대하여 알아보고자 한다.

대상 및 방법 : 관절경검사로 슬관절의 반월판 열상으로 확진된 68명의 환자를 대상으로 하였다. 시상과 관상 자기공명영상을 고속 스핀에코 시퀀스로 얻었으며 echo train length (ETL)는 8로 하였다. Gadolinium 조영증강 지방억제 시상과 관상 T1강조 영상을 시행하였다.

결 과 : 관절경 검사로 확진된 슬관절의 반월판 열상에서 자기공명영상의 진단적 민감도는 고속 스핀에코 단독으로만 관찰했을때는 93%(63/68)였고, 고속 스핀에코와 조영증강 지방억제 T1강조 영상을 병행해서 관찰했을 때의 민감도는 96%(65/68)였다. 내측 반월판 열상의 경우에는 각각 98%였으며, 외측 반월판 열상의 경우 각각 85%와 93%였다.

결 론 : 적절한 지표를 이용한 고속 스핀에코 자기공명영상은 슬관절의 반월판 손상의 진단에 유용하였고 gadolinium 조영증강 지방억제 T1 강조영상을 병행해서 보았을 때 진단의 민감도는 증가된다.

슬관절의 반월판 열상의 진단에서 자기공명영상의 정확성은 지금까지 잘 알려져왔다(1). 그 진단적 정확도는 90%이상이며, 내측 반월판 열상의 경우 진단의 평균 민감도는 95%이고, 외측 반월판의 경우는 81%이다. 특이도는 내측 반월판 열상의 경우가 88%이고 외측 반월판 손상의 경우가 96%로 보고되고 있다(1, 2).

또한 최근에는 속도가 빠른 자기공명영상 기술을 이용하는데, 이를 통해서 검사 시간을 줄이면서 최대로 효과적인 영상을 얻게 되었다. 자기공명영상의 지표는 각 기관마다 다양하며 대부분이 고식적 스핀에코 영상 시퀀스에 의존하고 있었다. 반월판 열상의 진단에 있어서 고속 스핀에코 영상의 정확도는 지금까지 논란이 많았다(3, 4).

이에 저자들은 슬관절의 반월판 열상에 있어서 고속 스핀에코 자기공명영상의 유용성과 gadolinium 조영증강의 역할을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1994년 10월부터 1996년 12월까지 슬관절의 자기공명영상을 시행하고 관절경검사상 슬관절의 반월판 열상으로 증명된 68명을 대상으로 후향적 조사를 하였다. 대상환자의 연령분포는 19세부터 64세였으며 평균연령은 43세였다. 남자 43명, 여자 25명으로 구성되었다.

사용된 자기공명영상기기는 초전도형 1.5-T 자기공명영상(GE Signa Advantage, Milwaukee, WI, U.S.A.) 장치로 슬관절용 표면 코일을 사용하였다. 고식적 스핀에코 펄스 시퀀스로 T1 강조 자기공명영상을 얻었고 TR/TE은 400~750msec/17~30msec였다. 고속 스핀에코 펄스 시퀀스로 양성자밀도 강조 영상은 TR/TE를 2500~4000/15~40로 하였고 T2강조 자기공명영상은 TR/TE를 2500~4000/76~108로 하였다. 모든 환자에서 시상면과 관상면의 이중 에코 고속 스핀에코 시퀀스를 얻었으며 시상면과 관상면의 조영증강 후 지방억제 T1 강조 영상을 얻었다. 조영증강영상은 몸무게 Kg당 0.01mmol의 Gd-DTPA을 정맥주사하고 20분 뒤에 얻었다. 자기공명영상 지표로 echo train length (ETL) 8, 시야(field of view)는 14-18cm, matrix 수는 256×192, 절편두께는 3mm이고 절편간격을 1.5mm로 촬영하였다.

반월판내에 고신호강도의 병변이 있으면서 이 병변이 관절표면까지 연장되어 있을 때 반월판 열상이라고 진단하였다. 고속 스핀에코로 얻은 영상으로만 반월판 열상을 진단할 때의 민감도와 고속 스핀에코와 gadolinium 조영증강 지방억제 T1강조 영상을 같이 병행해서 반월판의 열상을 진단할 때의 민감도

[1]가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실
이 논문은 1997년 7월 29일 접수하여 1997년 11월 14일에 채택되었음.

를 각각 조사하여 비교하였다.

결 과

슬관절 관절경으로 반월판 열상으로 확진된 68예중, 27예는 외측 반월판 열상이었으며 41예가 내측 반월판 열상이었다. 반월판 열상의 자기공명영상의 민감도는 고속 스핀에코만으로 진단할 경우에는 68명중 63예로 93%였으며 고속 스핀에코와 gadolinium 조영증강 지방억제 T1 강조영상을 같이 병행해서 볼 때 68명중 65명에서 보여 96%로 고속 스핀에코 단독으로 진단할 때보다 민감도가 높았다(Table 1). 내측 반월판의 경우 고속 스핀에코 단독으로 진단할 때의 민감도와 고속 스핀에코와 gadolinium조영증강 지방억제 T1강조영상을 같이 병행해서 진단했을 때의 민감도가 모두에서 41예중 40예로 98%로 같았다(Fig. 1). 반면 외측 반월판 열상의 경우 고속 스핀에코 단독으로 진단했을 때의 민감도는 27예중 23예로 85%였으나 조영증강 지방억제 T1강조 영상을 같이 병행해서 진단했을 때의 민감도는 27예중 25예로 93%로 높았다(Fig. 2). 3예에서는 고속 스핀에코 영상 및 조영증강 지방억제 T1강조영상 모두에서 반월판 열상이 나타나지 않았다(Fig 3).

고 찰

1985년, Reicher 등(5)은 자기공명영상이 임상적으로 슬내장증 진단에 매우 유용하다고 보고하였으며 그 이후 많은 연구들이 슬관절의 반월판, 인대, 연골 손상, 골절, 기타 관절염의 다양한 질환의 진단에 사용되어 왔다. 최근 슬관절 반월판 손상의 진단에 있어서 비침습적 진단수단으로 자기공명영상을 가장 많이 사용하는데 고식적 방법뿐만 아니라 다양한 여러 기술들이 이용되고 있다.

반월판 내에 증가된 신호강도 부분이 있을 때 이 변화는 반월판의 열상뿐만 아니라 점액성분의 변성에 의한 것일 수도 있다. 반월판 열상의 등급체계는 Stoller, Crues, Mink, Mesgarzadeb 등(2, 5, 6, 9, 10)에 의해 언급되어왔다. 1등급 반월판 손상은 반월판내의 원형의 증가된 신호강도이며 관절면과의 연결이 없는 경우이며, 2등급은 선상의 증가된 신호강도이며 관절표면과 연결이 없다. 3등급은 증가된 신호강도 병변이 슬관절내에 있으면서 관절표면까지 뻗어있는 경우이다. 4등급은 반월판이 파열되어 그 모양이 유지되지 않는 경우이다. 본 연구에서는

Table 1. Results of MR Imaging of the Meniscal Tears (n=68)

FSE \ FSGE	Tear (96%)	No Tear (4%)
Tear (93%)	63	0
No Tear (7%)	2	3

FSE : Fast spin-echo MR imaging
FSGE : Fast spin-echo gadolinium-enhanced MR imaging

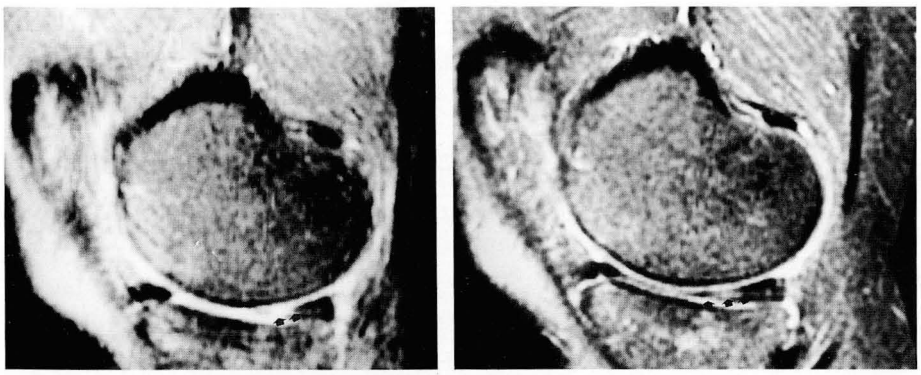

Fig. 1. Twenty eight-year-old man with meniscal tear of posterior horn of medial meniscus of left knee.
A. Sagittal proton density-weighted MR image of the left knee shows intrameniscal high signal intensity (arrows) extending to the articular surface, indicating meniscal tear.
B. Sagital fat-suppressed enhanced T1-weighted MR image demonstrates linear high signal intensity (arrows) extending to the articular surface, indicating meniscal tear.

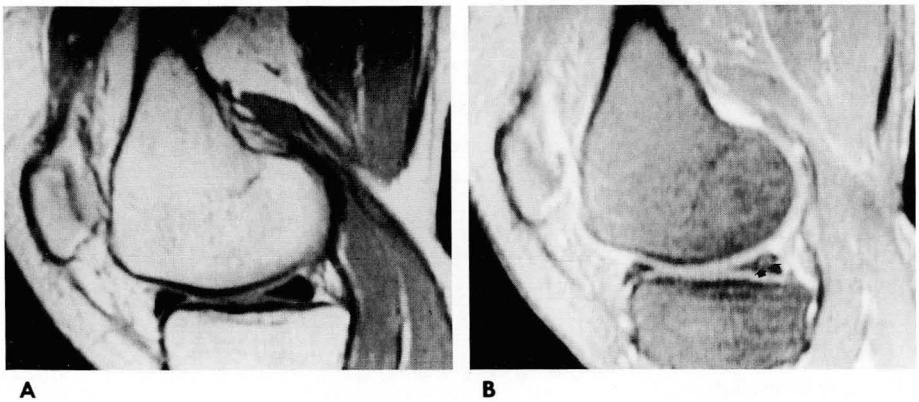

Fig. 2. Fifty-year-old woman with meniscal tear of lateral meniscus of left knee.
A. Sagittal proton density-weighted MR image of the left knee does not show meniscal tear.
B. Sagittal fat-suppressed enhanced T1-weighted MR image reveals intrameniscal high signal intensity (arrows) extending to the articular surface, indicating meniscal tear.

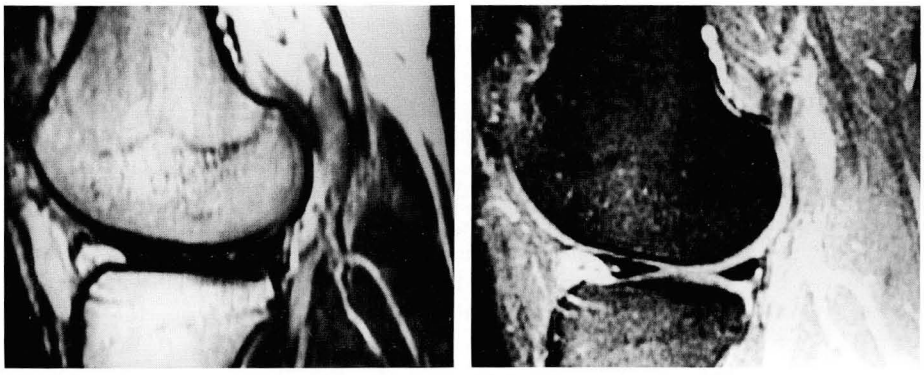

Fig. 3. Thirty four-year-old man with meniscal tear of posterior horn of the medial meniscus of right knee.
Sagittal proton density-weighted MR image (**A**) and sagittal fat-suppressed enhanced T1-weighted MR image (**B**) show no intrameniscal high signal intensity.

3등급 이상의 경우를 대상으로 하였다(1. 2, 7, 9, 10).

De Smet 등(7)에 의하면 자기공명영상에서 이런 유형의 병변을 보인 경우 내측 반월판의 경우에는 93%에서 외측 반월판의 경우는 83%에서 열상이 관찰되었다. 또한 Mesgarzadeb 등(6)에 의하면 고식적 스핀에코로 반월판 열상 진단시 그 진단적 민감도와 특이도는 내측 반월판 열상의 경우 95%와 74%이며 외측 반월판 열상의 경우 각각 86%와 90%라고 보고하였다. 고속 스핀에코의 경우 Rubin 등(4)은 민감도가 65%로 보고하였고, Cheung 등(3)은 전체적인 민감도가 82% 특이도는 89%, 내측반월판의 경우 각각 89%와 84%, 외측반월판의 경우 각각 72%와 93%로 보고하였다.

고속 스핀에코의 경우에는 90° RF 펄스를 스핀에 처음 주고 이어서 180° 펄스를 준다. 180° 펄스는 연속 스핀에코를 생산하고 이들은 각각 다른 양의 phase encoding을 주며 또한 신호영상을 낸다. 반면 지금까지의 고식적 스핀에코의 경우에는 각 echo train마다 독립적 영상을 낸다. 다수의 영상 자료가 각각의 90° 펄스마다 얻어지므로 고식적 스핀에코보다 좀더 유용하다(4).

고속 스핀에코 시퀀스의 장점은 스캔 시간이 짧고, 환자의 움직임에 의한 인공영상을 줄이면서 고식적 스핀에코에서 보이는 대조도와 비슷한 영상 대조를 보인다는 점이다(3). 또한 TR이 더욱 길기 때문에 좀더 강한 T2 영상을 얻을 수 있는데 이때 물이 더욱 고신호강도로 나타나게 된다. 금속에 의해 생기는 de-phasing시의 신호소실이 감소된다. 혈류에 의한 인공음영(flow artifact)의 영향을 적게 받으며 연골, 인대등은 magnetization transfer 효과가 있어 좀더 검게 나타난다. 또 고식적 스핀에코 영상에 비교해서 고속 스핀에코 영상에서 같은 TE에서 지방의 신호강도가 더 높게 나타나며 지방-물 대조(fat-to-fluid contrast)가 유지된다. 반면 단점으로는 영상의 흐림(blurring)이 생긴다(4, 8, 12, 13).

본 연구의 자기공명영상 지표는 각 TR 마다 주어지는 에코의 수인 echo train length(ETL)를 8로 하였다. Rubin 등(4)은 ETL를 두 집단으로 나누어 각각 6, 4로 하여 연구 하였지만 고속 스핀에코 영상이 고식적 스핀에코 영상보다 반월판 열상을 찾는데 더 유용하지는 않았다. 그들의 연구에서는 슬관절의 반월판 열상 진단의 기준(gold standard)을 고식적 스핀에코 영상으로 하여 고속 스핀에코 영상을 비교했지만 본 연구에서는 반월판 열상 진단의 기준을 관절경검사로 했다는 점이 두 연구결과의 차이점의 원인의 하나로 생각된다. 반월판 손상의 35%가 고식적 스핀에코에서는 보였지만 고속 스핀에코 영상에서는 보이지 않았다고 보고하였다(4). Piraino 등(12)은 ETL를 12 혹은 그 이상으로 하였을 경우 움직임과 유사한 위음영을 보이며 4혹은 그 이하로 할 경우에 적절한 영상을 얻었다고 보고하였다. 우리의 연구에서는 ETL를 8로 하여 고속 스핀에코 영상을 얻었으며 이는 반월판 열상의 진단에 유용했다. 이것은 Cheung 등(3)이 GE Medical System 1.5-T 자기공명영상 기기를 사용할 경우에 ETL를 8로 하였을 때 반월판 열상 진단에 유용했다는 연구 결과에 부합한다.

Gadolinium 조영증강 후에, 슬관절의 반월판 열상은 증가된 신호강도를 보였으며 조영증강을 하지 않았을 때 보다 조영증강 후에 열상의 진단율이 증가하였다.

본 연구는 관절경 검사로 반월판 열상이 증명된 환자를 대상으로 이들의 자기공명영상을 후향적으로 판독하였기에 무의식적인 편견이 개입되었을 가능성이 있다. 이것이 본 연구가 다른 연구들에 비해 반월판 열상 진단의 민감도가 높게 나온 원인이 될 수 있어 본 연구의 제한점으로 생각한다.

결론적으로 이 연구에서 사용한 적절한 자기공명 지표를 이용한 고속 스핀에코 자기공명영상은 슬관절의 반월판 열상의 진단에 있어서 유용했으며, gadolinium 조영증강 지방억제 T1 강조 영상을 같이 병행에서 진단했을 경우에 반월판 열상의 진단의 민감도가 증가하였다.

참 고 문 헌

1. Justice WW, Quinn SF. Error patterns in the MR imaging evaluation of the menisci of the knee. *Radiology* 1995;196:617-621
2. 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
3. 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

4. Rubin DA, Kneeland JB, Listerud J, Underberg-Davis SJ, Dalinka MK. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: Value of fast spin-echo vs conventional spin-echo pulse sequence. *AJR* 1994; 162: 1131-1135
5. Berquist TH. Knee. In Berquist TH, ed. *MRI of the Musculoskeletal system*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996; 328-341
6. Mesgarzadeb 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
7. De Smet AA, Norris MA, Yandow DR, Quintana FA, Graf BK, Keene JS. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: Importance of high signal in the meniscus that extends to the surface. *AJR* 1993; 161: 101-107
8. Mirowitz SA. Fast scanning and fat-suppression MR imaging of musculoskeletal disorder. *AJR* 1993; 161: 1147-1157
9. Crues III JV, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stoller DW. Meniscal tears of the knee: Accuracy of MR imaging. *Radiology* 1987; 164: 445-448
10. Stoller DW, Mortin C, Crues III JV, Kaplan L, Mink JH. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. *Radiology* 1987; 163: 731-735
11. Olison EM, Bergin CJ, King MA. Fast SE MRI of the chest: Optimization and comparison with conventional SE imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1995; 19(2): 167-175
12. Piranio DW, Hardy PA, Schils SP. Fast spin-echo imaging of the knee: Factors influencing contrast. *JMRI* 1993; 3: 835-842
13. Vinitski S, Mitchell DG, Einstein SG. Conventional and fast spin-echo MR imaging: Minimizing echo time. *J Magn Reson Imaging* 1993; 3: 501-507

J Korean Radiol Soc 1998; 38: 159-162

Meniscal Tears of the Knee: Diagnosis with Fast Spin-Echo MR Imaging and Role of Gadolinium-Enhancement[1]

Kyung-Mi Moon, M.D., Won-Hee Jee, M.D., Bo-Young Choe, Ph.D., Soo-A Rhim, M.D.
Jung-Whee Lee, M.D., Young-Mi Ku, M.D., Young-Hyun Yoon, M.D., Si-Young Choi, M.D.
Kyu-Ho Choi, M.D., Kyung-Sub Shinn, M.D.

[1]*Department of Radiology, Catholic University Medical College*

Purpose: The usefulness of fast spin-echo MR imaging for the diagnosis of meniscal tear of the knee is a matter of debate. The purpose of this study was to evaluate the accuracy of diagnosis of meniscal tears by fast spin-echo MR imaging and the role of gadolinium enhancement.

Materials and Methods: Between October 1994 and December 1996, 68 consecutive patients with arthroscopically proven meniscal tears participated in this study. All MR examinations performed on a 1.5-T MR imager with an extremity knee coil. All patients underwent sagittal and coronal MR imaging, using a fast spin-echo sequence with echo train length(ETL) 8. Sagittal and coronal fat suppressed T1-weighted MR images were obtained after gadolinium infusion.

Results: In 68 cases of arthroscopically-proven meniscal tears, MR sensitivity to tear was 93% (63/68) for fast spin-echo alone and 96% (65/68) for combined fast spin-echo and fat-suppressed gadolinium enhanced T1-weighted MR images. MR sensitivity to medial meniscus tear was 98% (40/41) for fast spin-echo alone and 98% (40/41) for combined fast spin-echo and fat-suppressed gadolinum-enhanced T1-weighted MR images. MR sensitivity to lateral meniscus tear was 85% (23/27) for fast spin-echo alone and 93% (25/27) for combined fast spin-echo and fat-suppressed gadolinium-enhanced T1-weighted MR images.

Conclusion: Fast spin-echo MR imaging with adequate imaging parameters is suitable for the diagnosis of meniscal tears, and additional fat-suppressed gadolinium-enhanced T1-weighted MR imaging may increase diagnostic sensitivity to such tears.

Index words: Knee, MR
Knee, ligaments, menisci, and cartilage
MR, technology

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