

양자밀도강조 고속 스핀에코 자기공명영상을 이용한 슬관절 반월판 열상의 진단 : 고식적 스핀에코를 대체할 수 있는가?

김기준 · 이재희 · 주종관 · 이성용

목적: 슬관절 반월판 열상의 진단에 있어서 양자밀도강조 고속스핀에코영상을 수술소견과 비교하여 진단의 민감도 및 특이도를 분석하여 고식적스핀에코의 대체 방법으로 사용할 수 있는가 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 임상적으로 슬관절 내장증이 의심되어 슬관절 자기공명영상 검사를 시행하고 2개월 이내에 관절경 또는 관절적 수술을 시행하여 결과가 확진된 102명을 대상으로 하였다. 모든 환자에서 1.5T 영상장치를 사용하여 시상면 및 관상면 양자밀도강조 고속스핀에코 자기공명영상 검사를 시행하였다. 수술 결과를 모르는 3명의 방사선과 의사가 후향적으로 반월판 파열 유무에 대해 분석하고 내측 및 외측 반월판 열상의 민감도 및 특이도를 구하였다.

결과: 양자밀도강조 고속스핀에코 자기공명영상으로 분석한 슬관절 반월판 열상의 민감도 및 특이도는 내측 반월판의 경우 각각 94%, 93% 였고 외측이 경우는 각각 92%, 88% 였다.

결론: 양자밀도강조 고속 스핀에코영상은 반월판 열상의 진단에서 고식적 스핀에코영상과 유사하게 높은 민감도와 특이도를 보였다. 따라서 반월판 영상을 진단하는데 고식적 스핀에코영상의 대체방법으로 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

서 론

고속 스핀에코영상은 고식적 스핀에코영상과 유사한 조직 대조도를 제공하는 반면 영상획득 시간이 짧아 전체 검사시간이 단축되며 이에 따른 환자 움직임에 의한 인공음영도 줄일 수 있으며 여유의 시간으로 보다 높은 해상도를 얻을 수 있는 계측계수를 적용할 수 있어 전체적으로 영상의 질적 향상을 얻을 수 있으므로 기본영상기법으로 인체 적용 영역을 점차 넓혀가고 있는 추세이다 (1, 2).

슬관절 반월판 열상의 진단에서 고속 스핀에코영상 기법은 고식적 스핀에코를 대체할 수 없다는 보고가 있었으나 (3, 4) 최근에는 고속스핀에코 영상의 유용성을 보고하는 국내외 문헌들이 늘고 있으며 (5 - 7) Cheung등(5) 과 Escobedo등(6) 은 고식적 스핀에코의 대체기법으로 사용할 수 있다고 하였으나 아직도 논란이 많은 상태이다.

저자들은 슬관절 반월판 파열의 진단에 양자밀도강조 고속 스

핀에코영상의 민감도와 특이도를 분석하여 고식적 스핀에코영상의 대체 기법으로 사용할 수 있는가 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1996년 7월 부터 1998년 6월 까지 2년간 임상적으로 슬관절 내장증이 의심되어 자기공명영상 검사를 시행하고 검사 시행 후 2개월 이내에 수술을 시행한 102명 (내측 반월판 102개, 외측 반월판 102개) 을 대상으로 하였다. 남녀비는 58명 대 44명이었으며 연령 분포는 6세에서 72세로 평균 35.5세였다. 자기공명영상 검사와 수술과의 간격은 1일에서 56일로 평균 13.3일이었다. 93명에서 관절경 수술을, 9명에서 관절적 수술을 하였다.

모든 환자에서 1.5T 초전도형 자기공명영상장치 (Magnetom Vision, Siemens, Erlagen, Germany) 를 사용하였으며 앙와위 상태에서 슬관절을 자연스럽게 신전시킨 후 슬관절용 표면 코일을 사용하였다. 모든 예에서 양자밀도강조 고속 스핀에코영상의 시상면과 관상면을 얻었다. 계측계수로 TR/TE 3500 /

대한자기공명과학회지 3:73-77(1999)

가톨릭대학교 성모자애병원 방사선과

이 논문은 1999년도 가톨릭중앙의료원 학술보조비로 이루어졌음.

접수 : 1999년 1월 3일, 채택 : 99년 3월 20일

통신저자 : 김기준 인천시 부평구 부평동 665 가톨릭대학교 성모자애병원 방사선과

Tel. 82-32-510-5531 Fax. 82-32-519-8557

16msec, echo train length (ETL) 5, 관심영역 14×14~16cm, matrix size 180~256×256, 절편 두께 3mm, 절편 간격 1mm 를 사용하였다. 영상획득시간은 3분7초에서 4분 15초 사이였다.

자기공명영상에서 반월판 파열의 진단은 반월판 안의 어떤 신호강도라도 관절면까지 확실하게 연결된 경우 그리고 비정상적인 반월판 형태를 보이는 경우로 하였다 (8). 수술결과를 모르는 3명의 방사선과 의사 (전문의 2명, 전공의 1명) 가 양자밀도강조 고속 스핀에코 시상 및 관상면 영상으로 반월판 파열 여부를 판독하였으며 서로 이견이 있는 경우 3명이 합의하여 재판독하였다. 판독결과를 관절경 또는 관혈적 수술 결과와 비교하여 내측 및 외측 반월판에서의 민감도와 특이도를 각각 구하였다.

결 과

102명의 환자 (내외측 반월판 각각 102개) 에서 관절경 또는 관혈적 수술 소견상 반월판 파열은 각각 내측 72예, 외측 50예였다. 양자밀도강조 고속 스핀에코 자기공명영상 검사에서는 내측 반월판 파열을 70예, 외측 반월판 파열을 52예로 각각 판독하였다. 위양성 (8예) 의 경우는 내측 2예, 외측 6예였으며 위음성 (8예) 은 내측 4예, 외측 4예였다. 양자밀도강조 고속스핀에코영상을 사용한 내측 반월판 파열진단의 민감도와 특이도는 각각 94%, 93% 였으며 외측의 경우는 각각 92%, 88%였다 (Table 1).

위양성의 예 (내측 2예, 외측 6예) 는 반월판 내부의 신호강도가 관절면까지 연결된 것으로 보았으나 실제 파열이 없었던 경우 (내측 2 예, 외측 3예) (Fig. 1), 비정상 반월판 형태로 판독하였으나 정상인 경우 (외측2예), 그리고 반월대퇴인대를 파열로 오인한 경우 (외측1예) 였다 (Fig.2). 위음성의 경우 (내측 4 예, 외측 4예) 는 반월판 내의 신호강도가 관절면까지 연장되지

않은 것으로 보았거나 (내측 4 예, 외측3예), 정상 반월판으로 보았으나 (외측1예) 수술소견상 파열이 있었다.

고 찰

반월판 파열을 포함한 슬관절 내장증의 일차적, 비침습적 검사로 자기공명영상의 유용성 및 우수성은 현재 논란의 여지가 없는 상태이다. 자기공명영상검사에서 반월판 파열은 반월판 내의 어떤 신호강도라도 관절면까지 연결된 경우 그리고 비정상적인 반월판의 형태를 보일 때 진단할 수 있다 (8). 반월판 내의 어떤 신호강도라도 관절면까지 연결되지 않았다면 파열의 가능성은 매우 적으며 (9), 특히 젊은 사람에서 반월판 내에 국한된 신호강도가 반월판 파열로 진행된다는 근거는 없는 것으로 보고되었다 (10). 비정상적인 반월판의 모양도 파열의 중요한 근거가 되는데 반월판 윤곽의 결손, 시상면 영상에서 반월판의 침부가 뭉툭해진 경우나 길이가 짧아진 경우 등이 파열을 시사한다 (8). 하지만 반월판 형태의 정상 변이도 존재하는데 반월판의 체부에 flounce 또는 buckling이 있을 수 있는데 이를 파열로 오인하지 않아야 한다 (11,12).

Table 1. Results of Proton-weighted Fast Spin-Echo MR Imaging for Meniscal Tear

	Medial Meniscus (n = 102)	Lateral Meniscus (n = 102)
True-positive (n)	68	46
True-negative(n)	28	46
False-positive(n)	2	6
False-negative(n)	4	4
Sensitivity(%)	94	92
Specificity(%)	93	88



Fig. 1. A false positive case in a 26-year-old man. Sagittal proton-weighted fast spin-echo MR image (TR/TE/ETL 3500/16/5) shows a intrameniscal signal intensity (arrow) that contacts with inferior articular surface at posterior horn of discoid lateral meniscus. Actually, no tear is seen on arthroscopy.



Fig. 2. A meniscofemoral ligament (arrow) in a 35 year-old-man. It was misdiagnosed as a complete tear at posterior horn of lateral meniscus on sagittal proton-weighted fast spin-echo MR maging (TR/TE/ETL 3500/16/5).

자기공명영상검사를 이용한 반월판 파열의 진단은 사용된 박동연쇄에 따라 민감도가 달라 질 수 있는데 신호대잡음비와 공간 주파수특성 (spatial frequency characteristics) 에 영향을 미칠 수 있는 요소들, 즉 신호평균회수, matrix size, 절편 두께 및 간격, TE, TR, 자기장의 세기에 따라 달라질 수 있다 (6). 반월판 파열을 진단하는데 각 기관마다 사용하는 박동연쇄와 계측계수는 약간의 차이를 보일 수 있지만 일반적으로 짧은 TE 값의 고식적 스핀에코기법이 받아들여지고 있다 (4, 8). 하지만 고식적 스핀에코기법은 영상획득 시간이 길어 이에 따른 환자의 움직임에 의한 인공음영과 슬관절 주위에 존재하는 슬와동맥 안의 혈류로 인한 유동인공물이 생길 가능성이 커진다 (13). 또한 전체적인 검사 시간이 길어져 그만큼 피검자에게 불편함을 줄 확률이 높아지며 검사 기관의 경제적 손실이 생길 수도 있다.

고식적 스핀에코의 이런 단점을 극복하고자 좀더 빠른 검사기법이 개발되었고, 그 중 고속 스핀에코영상기법은 고식적 스핀에코와 유사한 조직대조도를 얻을 수 있어 인체의 여러 부위에 사용이 증가되는 추세이다. 고속 스핀에코는 고식적 스핀에코와 달리 한번의 900 여기펄스 후 일련의 1800 재초점 펄스를 사용하여 여러 개의 개별적인 신호를 얻는데 영상획득 시간의 단축은 1800 재초점 펄스의 개수, 즉 echo train length와 비례하게 된다 (1).

Cheung 등 (5), Escobedo 등 (6), Fellner 등 (13) 은 슬관절에서 고속 스핀에코영상은 고식적스핀에코영상과 비교하여 유사한 신호와 대조도를 보이는 반면 영상획득 시간은 30~50% 정도 단축되며, 반월판 파열의 진단에서도 고식적 스핀에코영상과 거의 유사한 민감도와 특이도를 보여 기본적인 기법으로 사용될 수 있다고 하였다. Anderson 등 (3), Rubin 등 (4) 은 고속 스핀에코영상의 단점으로 반월판 파열의 진단에 기본이 되는 짧은 TE 영상에서 가장자리 선예도 (edge sharpness) 의 저하로 인해 고식적 스핀에코에 비하여 반월판 파열의 민감도가 낮아 대체 기법으로 사용할 수 없다고 지적하였으나 Escobedo 등 (6) 은 이러한 단점을 적절한 계측계수의 사용으로 극복할 수 있다고 하였다. 즉 고속 스핀에코영상에서 echo train length가 증가할수록 edge sharpness가 감소하는데 적절한 echo train length (= 5) 를 사용하면 edge sharpness를 유지할 수 있어 영상의 흐려짐 (blurring) 을 막을 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 echo train length 를 5로 하여 적절한 edge sharpness를 유지하고자 하였으며 양자밀도강조 고속 스핀에코영상을 이용하여 반월판 파열의 민감도와 특이도를 내측 반월판에서 각각 94%, 93% 그리고 외측에서 각각 92%, 88% 의 결과를 얻었다 (Table1).

문헌 보고에서 반월판 파열 진단에 대한 고식적 스핀에코를 이용한 자기공명영상의 정확도는 약간의 차이가 있으나 민감도와 특이도가 내측에서 각각 87~97%, 74~93% 그리고 외측에서 각각 82~96%, 91~94% 로 보고되었다 (14 - 17). 고속스핀에코 자기공명영상을 이용한 본 연구의 민감도 및 특이도는 문헌 보고된 고식적 스핀에코영상의 결과와 거의 유사하게 나타났다.

한편 고속 스핀에코를 이용한 반월판 파열의 민감도와 특이도는 내측에서 각각 89~98%, 84~94%, 외측에서 72~93%, 91~93% 정도로서 본 연구와 거의 비슷하였다 (5, 7, 18). Escobedo 등 (6) 은 동일한 환자에서 고식적 스핀에코와 고속 스핀에코를 모두 사용한 후 민감도, 특이도를 비교했을 때 특이도는 같았고 고속 스핀에코의 경우 민감도가 약간 감소했다고 하였다.

본 연구에서 102명의 증례 중 모두 16예의 오진이 있었는데 외측이 10예로 내측의 6예보다 많았으며 이는 다른 연구들과 유사하였다. 연구의 표준 (gold standard) 으로 수술소견을 사용하였는데 그 중 93명이 관절경 검사였다. 관절경 검사는 시술자의 술기 능력에 따라 결과가 달라질 수 있어 이를 이용한 민감도와 특이도가 약간 차이를 보일 수 있다는 한계를 갖는다 (15, 19). 그리고 자기공명영상검사를 후향적으로 분석하였기에 민감도와 특이도가 높아질 수 있는 개연성이 있으며, 또한 동일한 환자에서 고식적 및 고속 스핀에코 검사를 동시에 시행한 후 서로 비교하지 않고 본 연구의 결과를 문헌 보고 결과와 간접 비교했다는 한계를 갖는다.

결론적으로 슬관절 반월판 파열을 진단하는 데 적절한 계측계수를 사용한 양자밀도강조 고속 스핀에코영상은 민감도와 특이도가 고식적 스핀에코 방법을 사용한 다른 보고자의 결과와 유사하였다. 고속 스핀에코는 영상획득 시간이 단축되어 검사 시간이 짧아지며, 환자의 움직임과 혈류의 유동에 의한 인공음영이 감소될 수 있으며, 적절한 계측계수를 사용하면 단점인 가장자리 선예도의 감소를 최소화할 수 있다. 따라서 양자밀도강조 고속 스핀에코 자기공명영상은 반월판 열상을 진단하는 데 고식적 스핀에코의 대체 기법으로 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Henning J, Naureth A, Friedburg H. RARE imaging : a fast method for clinical MR. *Magn Res Med* 1986 ; 3 : 823 - 833
2. Olson EM, Bergin CJ, King MA. Fast SE MRI of the chest : parameter optimization and comparison with conventional SE imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1995 ; 19 : 167 - 175
3. Anderson MW, Raghavan N, Seidenwurm DJ, Greenspan A, Drake C. Evaluation of meniscal tears : fast spin-echo versus conventional spin-echo magnetic resonance imaging. *Acad Radiol* 1995 ; 2 : 209 - 204
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. 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
6. 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 tear : comparison with a

conventional spin-echo sequence. AJR 1996 ; 167 : 1223 - 1227

7. 정진영, 최창락, 정진영 등. 슬관절 반월판열상에서 고속스핀에코 자기공명영상의 유용성. 대한방사선의학회지 1998 ; 39 : 575 - 579

8. Rubin DA. MR imaging of knee menisci. Radiol Clin North Am 1997 ; 35 : 21 - 44

9. De Smet AA, Norris MA, Yandow DY, Quintana FA, Graf BK, Keene JS. MR diagnosis of meniscal tears of the knees : importance of high signal in the meniscus that extends to the surface. AJR 1993 ; 161 : 101 - 107

10. Dillon EH, Pope CF, Jokle P, Jokl P, Lynch JK. Follow-up of grade 2 meniscal abnormalities in the stable knee. Radiology 1991 ; 181 : 849 - 852

11. Yu JS, Cosgarea AJ, Kaeding CC, Wilson D. Meniscal flounce MR imaging. Radiology 1997 ; 203 : 513 - 515

12. Hall FM. Meniscal flounce or buckling. Radiology 1997 ; 204 : 874

13. Feller C, Geissler A, Held P, Strotzer M, Treibel W, Fellner F. Signal, contrast, and resolution in optimized PD- and T2-weighted turbo SE images of the knees. J Comput Assist Tomogr 1995 ; 19 : 96-105

14. Mesgarzadeh M, Moyer R, Leder DS, et al. MR imaging of the knee : extended classification and pitfalls to interpretation of meniscal tears. RadioGraphics 1993 ; 13 : 489 - 500

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

16. 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

17. 안중모, 강홍식, 송치성, 성상철. 슬내장 : 자기공명영상 진단의 정확도. 대한방사선의학회지 1993 ; 29 : 809 - 813

18. 문경미, 지원희, 최보영 등. 슬관절 반월판 열상진단에 있어서 고속스핀에코 자기공명영상과 Gadolinium 조영증강의 유용성. 대한방사선의학회지 1998 ; 38 : 159 - 162

19. Mink JH, Levy T, Crues JV. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee : MR imaging evaluation. Radiology 1988 ; 167 - 774

Diagnosis of Meniscal Tear of the Knee Using Proton-weighted Fast Spin-Echo MR Imaging : Can be an Alternative to Conventional Spin-Echo Imaging?

Ki Jun Kim, Jae Hee Lee, Jong Kwan Joo, Sung Yong Lee

Department of Radiology, Our Lady of Mercy Hospital, The Catholic University of Korea

Purpose : The purpose of this study was to evaluate the sensitivity and specificity of proton-weighted fast spin-echo MR imaging in diagnosing the meniscal tear of knee as an reasonable substitute for conventional spin-echo imaging.

Materials and Methods : 102 consecutive patients, proved by surgery, were participated in this study. All of them were suspected internal derangement of knee, examined by fast spin-echo MR imaging including sagittal and coronal images on a 1.5T MR imager and underwent arthroscopic or open surgery of knee joint within 2 months. These images were reviewed retrospectively by three radiologists. The sensitivity and specificity of meniscal tear were calculated.

Results : The sensitivity and specificity of meniscal tear reviewed by proton-weighted fast spin-echo MR imaging were 94%, 93% in medial meniscus and 92%, 88% in lateral meniscus.

Conclusion : The sensitivity and specificity of meniscal tear using proton weighted fast-spin echo MR images were as high as those using conventional spin-echo images. The proton-weighted fast-spin echo MR imaging can be an alternative to conventional spin-echo MR imaging in diagnosing meniscal tear of the knee.

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

Address reprint requests to : Ki Jun Kim, M.D., Department of Radiology, Our Lady of Mercy Hospital
The Catholic University of Korea, #665, Pupyung-Dong, Pupyung-Gu, Incheon, 403-010, Korea.
Tel. 82-32-510-5531 Fax. 82-32-519-8557