

슬관절 반월판 열상의 MR 진단에 있어서 횡단면 3-D Fourier Transformation GRASS 영상의 가치¹

안영준 · 권순태 · 정연신 · 최창락 · 윤완규 · 조준식 · 이광진²

목 적: 반월판 열상의 진단에 있어서 고식적 2-D 영상(conventional 2-D image)과 횡단면 3-D 영상(axial 3-D image)의 민감도와 특이도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법: 임상적으로 반월판 열상이 의심되어 MRI를 시행한 27환자의 29슬관절을 대상으로 하였고, 1.5 T 자기공명영상 장치를 사용하여 고식적 2-D 관상면 및 시상면 영상과 함께 횡단면 3-D 영상을 모든 환자에서 얻었다. 횡단면 3-D 영상은 GRASS 기법으로 하였다. 반월판 열상의 분석은 관절경술이나 수술 소견을 Gold standard로 하였으며 고식적 2-D 영상과 횡단면 3-D 영상을 각각 분석한 후, 다시 2-D와 3-D 영상을 병용하여 분석하였다. 두 기법 사이의 민감도와 특이도의 차이를 통계적 검증(Chi-Square test)하였다.

결 과: 횡단면 3-D 영상에서는 열상으로 증명된 23예의 반월판중 21예에서, 정상으로 증명된 35예의 반월판중 33예에서 정확하게 진단할 수 있었으며 91.3%의 민감도와 94.3%의 특이도를 보였다. 이에 반해, 고식적 2-D 영상에서는 82.6%의 민감도와 97.1%의 특이도를 보였다. 두 기법을 병용하여 보았을 때에는 95.7%의 민감도와 100.0%의 특이도를 보였다. 반월판 열상으로 증명된 23예 중에서 두 기법사이에 서로 상이한 소견을 보였던 예가 4예 있었으며 4예중 3예는 고식적 2-D 영상에서 위음성을 보였고, 1예는 횡단면 3-D 영상에서 위음성을 보였다. 두 기법에서 모두 위음성을 보였던 예가 1예에서 있었다. 정상 반월판으로 증명되었던 35예 중에서 위양성이 횡단면 3-D 영상에서 2예있었고, 고식적 2-D 영상에서는 1예있었다.

결 론: 반월판 열상의 진단에 있어서 두 기법 사이의 통계적 유의성은 없었으나, 임상적으로 반월판 열상이 의심되는 제한된 경우에 있어서 고식적 2-D 영상과 함께 얇은 절단면의 횡단면 3-D 영상을 시행하여 병용하였을때, 민감도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

서 론

자기공명영상(이하 MRI)은 비침습적이고 다평면상이 가능하며, 슬관절 주위 구조물을 정확하게 볼 수 있는 장점 때문에 슬내장의 진단에 유용한 검사 방법으로 알려져 있으며, 특히 반월판의 이상 유무를 진단하는데 있어서 MRI는 보편화 되었다(1-20).

그러나, 슬관절에 대한 MRI를 시행할때 절편두께를 3 mm 이상으로 하는 고식적 2-D 영상(conventional 2-D image)에서는 절편두께가 너무 두꺼워서 횡단면 영상에서 반월판의 이상 유무를 판독하기는 어렵고 주로 관상면과 시상면 영상만으로 반월판의 이상 유무를 판독하였다.

이에 저자들은 임상적으로 반월판 열상이 의심되어 MRI를 시행한 환자를 대상으로 고식적 2-D 영상과 함께 0.7 mm 절편두께의 횡단면 3-D 영상(Axial 3-D image)을 같이 시행하여 반월판 열상의 유무를 진단하고 그 각각의 민감도와 특이도를 비교하였다.

대상 및 방법

1994년 7월에서 1995년 2월 사이에 임상적으로 반월판 열상이 의심되어 슬관절 MRI를 시행한 환자중에서 관절경술이나 수술을 통하여 반월판 열상 유무를 진단받은 27환자의 29슬관절을 대상으로 하였다. 이 27환자중 17명은 남자였고 10명은 여자였으며, 연령분포는 18-49세로 평균 31세이었다.

사용된 MRI는 1.5 T General Electric Signa System (Milwaukee, WI)이었으며 환자를 양와위로 눕히고 편안하게 슬관절을 신전시킨 상태에서 extremity coil을 사용

¹충남대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²충남대학교 의과대학 정형외과학교실

이 논문은 1995년 11월 27일 접수하여 1996년 1월 31일에 채택되었음

하여 고식적 2-D 관상면 및 시상면 영상과 함께 횡단면 3-D 영상을 모든 환자에서 얻었다.

횡단면 3-D 영상은 GRASS(Gradient-recalled acquisition in the steady state) 기법(TR/TE/FA, 55msec/15msec/10°)으로 하였으며, 256×192 Matrix Number, 1.5 excitations, 16Cm FOV, 절편간격없이 0.7mm 절편두께로 영상을 얻었고, Scanning time은 8분 31초였다. 또한, 모든 환자에서 스핀에코(Spin echo) 기법으로 시상면의 T2강조영상(TR/TE, 4000msec/100msec) 및 양자농도영상(4000/20)과 관상면의 T1강조영상(600/25)을 얻었고, 경사예코(Gradient echo) 기법으로 관상면의 T2* 영상을 얻었으며, 256×192 Matrix Number, 16Cm FOV, 절편두께와 간격은 각각 3mm와 1mm로 하였다.

MRI상 반월판 병변의 판정 기준은 Stoller(9)등의 Grading system에 따라 시행하였다. Grade 1 또는 2는 구형 또는 선상의 고신호 강도가 반월판의 관절면까지 확장을 보이지 않는 것으로 조직학적으로 반월판의 퇴행성 변화에 해당하며, Grade 3는 반월판의 관절면까지 확장하는 것으로 조직학적으로 반월판 열상에 해당한다.

반월판 열상의 분석은 관절경술이나 수술소견을 Gold Standard로서 사용하였고, 이 소견을 모르는 상태에서 근

골격계를 포함한 2명의 방사선과 전문의가 후향적으로 분석하였으며, 2-D 관상면 및 시상면 영상과 3-D 횡단면 영상을 각각 분석한 후, 다시 2-D와 3-D 영상을 병용하여 분석하였다. 두 기법 사이의 민감도와 특이도의 차이는 카이

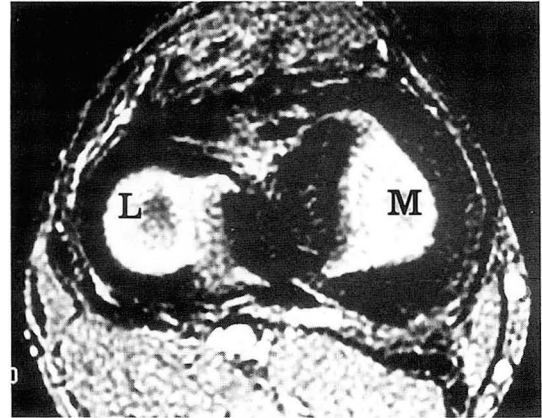
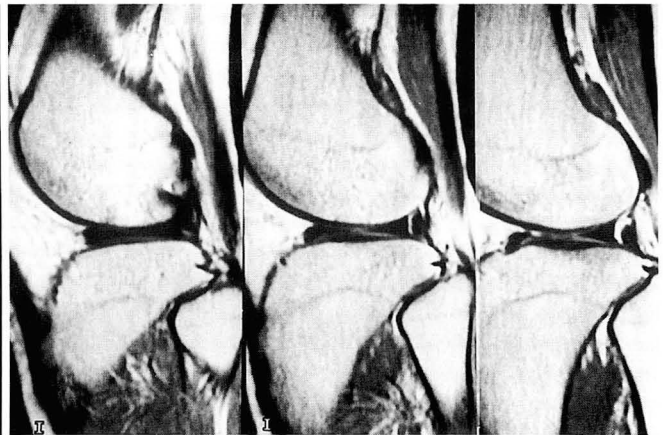


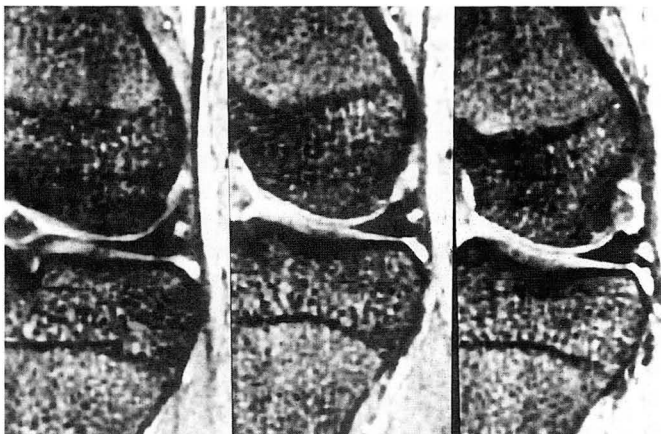
Fig. 1. Examples of normal menisci. Axial 3-D GRASS image (55/15/10°) of 0.7-mm-thick section of knee. Normal lateral(L) and medial(M) menisci are accurately depicted as bands of low signal intensity.



a



b



c

Fig. 2. Lateral meniscal tear.

a. Axial 3-D GRASS image of knee shows small radial tear (arrow) in body of lateral meniscus.

b, c. Consecutive sagittal proton density and coronal T2*-weighted MR images of knee do not show tear in body of lateral meniscus.

자승검사(Chi-Square test)로 통계적 검증을 하였다.

결 과

횡단면 3-D GRASS 영상에서 정상 반월판은 주위의 활막액에 의한 고신호 강도에 의해 저신호 강도의 Bands로서 선명하게 대조되어 관찰된다(Fig. 1).

MRI를 시행한 58예의 반월판중에서 관절경술이나 수술 소견상 35예(16외측 및 19내측 반월판)는 정상이었고 23예(13외측 및 10내측 반월판)는 열상이 있었다. 횡단면 3-

Table 1. Efficacy Results of Conventional 2-D Imaging vs Axial 3-D GRASS Imaging vs Combined Interpretation

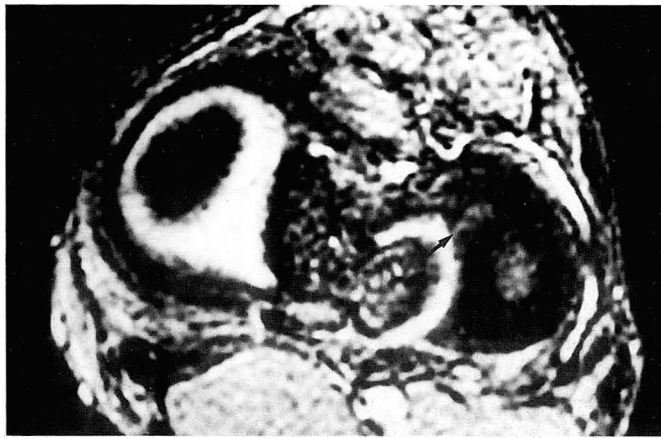
| Efficacy | 2-D | 3-D | Combined Interpretation |
|----------------|------|------|-------------------------|
| Sensitivity(%) | 82.6 | 91.3 | 95.7 |
| Specificity(%) | 97.1 | 94.3 | 100.0 |
| PPV(%) | 95.0 | 91.3 | 100.0 |
| NPV(%) | 89.5 | 94.3 | 97.2 |

PPV: positive predictive value

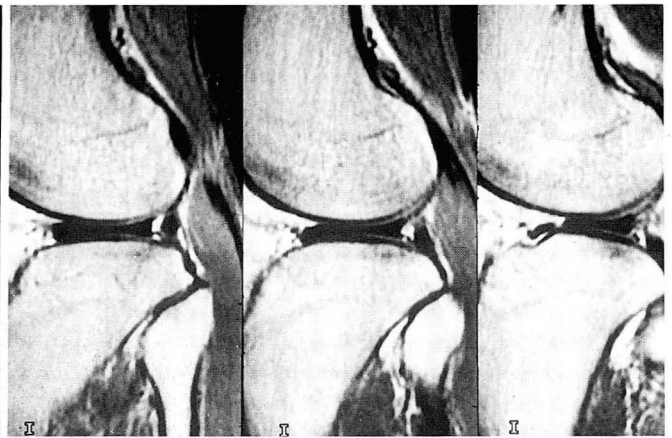
NPV: negative predictive value

-D 영상에서는 23예의 반월판 열상중 21예(11외측 및 10내측 반월판)와 35예의 정상 반월판중 33예(16외측 및 17내측 반월판)를 정확하게 진단할 수 있었으며, 2예(2외측 반월판)의 위음성과 2예(2내측 반월판)의 위양성이 있었고, 91.3%의 민감도와 94.3%의 특이도를 보였다. 이에반해, 고식적 2-D 영상에서는 19예(9외측 및 10내측 반월판)의 반월판 열상과 34예의 정상 반월판을 진단할 수 있었으며, 4예(4외측 반월판)의 위음성과 1예(1내측 반월판)의 위양성이 있었고, 82.6%의 민감도와 97.1%의 특이도를 보였다. 또한, 2-D와 3-D 영상을 병용하여 보았을때에는 95.7%의 민감도와 100.0%의 특이도를 보였다(Table 1).

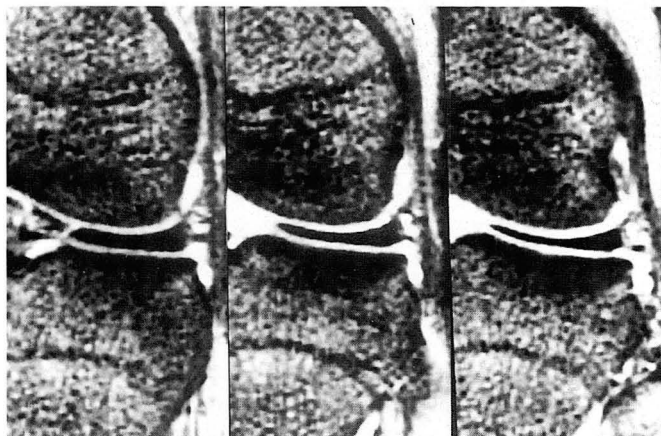
관절경술이나 수술을 통하여 반월판 열상으로 증명된 23예 중에서 두 기법사이에 서로 상이한 소견을 보였던 예가 4예에서 있었다. 4예중 3예는 횡단면 3-D 영상에서 열상을 보였고 2-D 영상에서는 열상을 보이지 않았으며, 이들은 각각 반월판의 체부(body)의 자유변연부(free edge)의 small radial tear이거나 반월판의 후각(posterior horn)에 peripheral tear였다(Fig. 2, 3). 나머지 1예는 횡단면 3-D 영상에서는 열상을 보이지 않았으나 고식적 2-D 영상에서는 작은 수평열상(small horizontal tear)이 외측 반월판의 후각에 있었다. 또한, 두 기법에서 모두 위음성을



a



b



c

Fig. 3. Lateral meniscal tear associated with discoid lateral meniscus.

a. Axial 3-D GRASS image of knee shows small radial tear (arrow) in body of discoid lateral meniscus.

b, c. Consecutive sagittal proton density and coronal T2*-weighted MR images of knee do not show tear in body of discoid lateral meniscus.

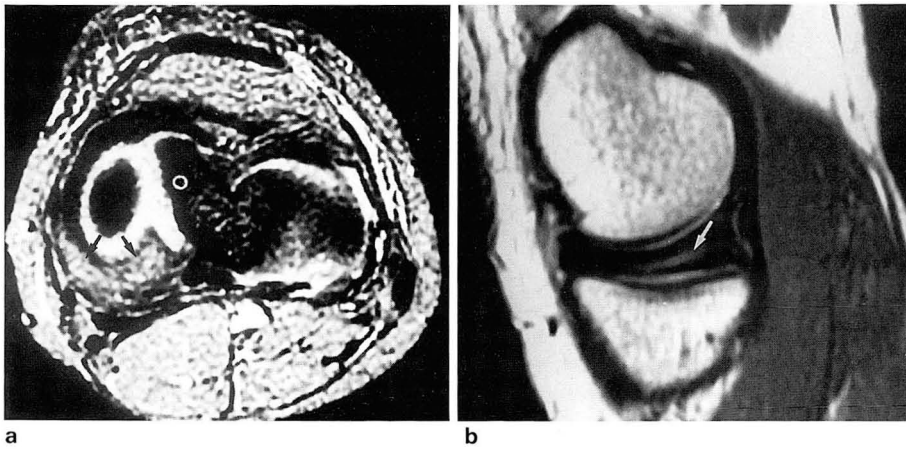


Fig. 4. Medial meniscal degeneration.
a. Axial 3-D GRASS image of knee was interpreted as showing a probably horizontal tear rather than degeneration in posterior horn of medial meniscus (arrow), but a tear was not discovered at arthroscopy.
b. Sagittal proton density weighted image shows a definite meniscal degeneration (arrow) without articular extension of intrameniscal high signal intensity.

보인 예가 1예에서 있었으며 관절경 소견에서 외측 반월판의 후각에 flap tear가 있었다. 횡단면 3-D 영상에서 위양성으로 보였던 2예 모두는 내측 반월판의 후각에 수평열상으로 보였다(Fig. 4).

반월판 열상의 진단에 있어서 두 기법 사이의 민감도와 특이도의 차이를 카이제곱검사로 통계적 검증하여 본 결과, 유의성은 없었다($P>0.05$).

고 찰

슬내장의 진단에 있어서 MRI는 보편화 되었으나(1-20), 대부분의 고식적 2-D 영상이 절편두께를 3mm 이상으로 시행하기 때문에 반월판 열상을 진단하는데 있어서 주로 관상면과 시상면 영상에 의해 이루어지므로 일부 제한된 요소가 있다. 반월판의 자유변연부의 작은 열상(small tear)이나, 선상 퇴행성 변화(linear degeneration), 또는 반월판에 수직(perpendicular)한 열상은 고식적 2-D 영상으로 진단하기가 쉽지가 않다(17). 이러한 경우 절편간격없이 얇은 절편두께의 3-D 영상을 병용하게 되면 두꺼운 절편두께와 절편간격에 의한 volume-averaging을 감소시키므로써 작은 열상을 진단하는데 많은 도움이 된다(11-17).

최근에 매우 짧은 Repetition time(TR)을 사용한 Gradient-refocused imaging sequence의 발달로 슬관절을 진단하는데 있어서 실용적인 scanning time으로 3-D 영상을 이용할 수 있게 되었고, 반월판 이상을 진단하는데 있어서 고식적 2-D 영상과 비교할만한 결과를 얻었다(11-16). Harms(15)등이 반월판의 이상 유무를 진단하는데 있어서 처음으로 횡단면 3-D 영상의 가치에 대해 언급한 이래, Araki(17)등은 0.7mm의 얇은 절편두께로 횡단면 3-D 영상을 얻어 반월판 열상을 진단하는데 있어서 고식적 2-D 영상보다 횡단면 3-D 영상이 민감도가 더 높음을 보여주었으며, 특히, 반월판의 자유변연부의 small radial tear의 진단에 있어서 횡단면 3-D 영상이 더 좋음을 증명하였다.

저자들의 연구에서도 고식적 2-D 영상과 함께 0.7mm 절편두께의 횡단면 3-D 영상을 얻어 두 기법사이의 민감도와 특이도를 비교하여 본 결과, 반월판 열상을 진단하는데 있어서 횡단면 3-D 영상이 고식적 2-D 영상보다 민감도가 더 높았다. 관절경술이나 수술을 통해 반월판 열상으로 증명된 23예 중에서 두 기법사이에 서로 상이한 소견을 보였던 4예중 횡단면 3-D 영상에서만 열상을 보였던 3예는 small radial tear나 peripheral tear가 반월판의 체부의 자유변연부나 후각에 있었다. 이 결과는 Araki(17)등의 연구에서 처럼 반월판의 자유변연부의 small radial tear의 진단에 있어서 횡단면 3-D 영상이 더 유용했던것과 일치하며, 또한 횡단면 3-D 영상이 얇은 절편두께로 절편간격없이 연속적으로 영상을 얻기때문에 고식적 2-D 영상에서 진단하기 어려운 peripheral tear도 횡단면 3-D 영상으로 진단하는데 더 유용하였다. 그리고 횡단면 3-D 영상은 반월판의 전체 윤곽을 한번에 볼 수 있기 때문에 고식적 2-D 영상보다 반월판의 형태와 열상의 형태를 더 잘 알 수 있었다. 횡단면 3-D 영상에서 위양성을 보였던 2예가 있었으며, 2예 모두가 관절경술로 그 열상 유무를 알기가 어려운 위치로 알려진 내측 반월판의 후각에서 수평열상으로 관찰되었고, 또한, 횡단면 3-D 영상에서 외측 반월판의 후각에 선상 퇴행성 변화로 판독하였으나 수술을 통해 수평열상으로 증명되었던 2예에서 처럼 횡단면 3-D 영상에서는 선상 퇴행성 변화와 수평열상을 감별하는데 있어서는 쉽지 않았다.

저자들의 연구의 제한점으로는 첫째, 대상이 적었던 점, 둘째, 관절경술이나 수술 소견을 바탕으로 후향적으로 분석함으로써 일부 편견이 삽입될 수 있었던 점, 셋째, 일부 환자에서는 관절경술만 시행하였기 때문에 관절경술 소견이 횡단면 3-D 영상과 비교할 만한 완벽한 Gold standard가 되지 못했던 점을 들 수가 있다.

결론적으로 슬관절 반월판 열상의 진단에 있어서 고식적 2-D 영상과 횡단면 3-D 영상 사이의 민감도와 특이도 차이의 통계적 유의성은 없었으나($P>0.05$), 횡단면 3-D 영상이 고식적 2-D 영상보다 반월판의 이상을 진단하는데

좀 더 유용하였다. 그러므로 임상적으로 반월판 열상이 의심되는 제한된 경우에 있어서 고식적 2-D 영상과 함께 얇은 절편두께의 횡단면 3-D GRASS영상(Thin-sliced Axial 3-D GRASS image)을 시행하여 병용하였을때에는 반월판 열상의 진단시 민감도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kean DM, Worthington BS, Preston BJ, et al. NMR imaging of knee: example of normal anatomy and pathology. *Br J Radiol* **1983**;56:355-364
2. Reicher MA, Rauschnig W, Gold RH, Bassett LW, Lufkin RB. High-resolution magnetic resonance imaging of the knee joint: normal anatomy. *AJR* **1985**;145:895-902
3. Reicher MA, Bassett LW, Gold RH. High resolution magnetic resonance imaging of knee joint: pathologic correlations. *AJR* **1985**;145:903-909
4. Reicher MA, Hartzman S, Duckwiler G, Bassett LW, Anderson IJ, Gold RH. Meniscal injuries: detection using MR imaging. *Radiology* **1986**;159:753-757
5. Gallimore GW Jr, Harms SE. Knee injuries: High-resolution MR imaging. *Radiology* **1986**;160:457-461
6. 박길선, 강홍식, 한문희, 한만청, 김주완, 성상철. 슬관절 반월판 손상의 자기공명영상. *대한방사선의학회지* **1989**;25(6):983-987
7. 김성문, 강홍식, 안중모, 성상철. 원판형 슬관절반월의 자기공명영상. *대한방사선의학회지* **1992**;28(3):441-444
8. Crues JV, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stoller DW. Meniscal tears of the knee: accuracy of MR imaging. *Radiology* **1987**;164:445-448
9. Stoller DW, Martin C, Crues JV III, Kaplan L, Mink JH. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. *Radiology* **1987**;163:731-735
10. 안중모, 강홍식, 송치성, 성상철. 슬내장: 자기공명영상 진단의 정확도. *대한방사선의학회지* **1993**;29(4):809-813
11. Solomon SL, Totty WG, Lee JKT. MR imaging of the knee: comparison of three-dimensional FISP and two-dimensional spin-echo pulse sequences. *Radiology* **1989**;173:739-742
12. 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* **1989**;153:537-540
13. Hagggar AM, Froelich JW, Hearshen DO, Sadasivan K. Meniscal abnormalities of the knee: 3DFT fast-scan GRASS MR imaging. *AJR* **1987**;150:1341-1344
14. Spritzer CE, Vogler JB, Garret WE Jr, et al. MR imaging of the knee: preliminary results with a 3DFT GRASS pulse sequence. *AJR* **1988**;150:597-603
15. Harms SE, Flaming DP, Fisher CF, et al. New method for fast MR imaging of the knee. *Radiology* **1989**;173:743-750
16. Tyrrell RL, Gluckert K, Pathria M, Modic MT. Fast three-dimensional MR imaging of the knee: comparison with arthroscopy. *Radiology* **1988**;166:865-872
17. Araki Y, Ootani F, Tsukaguchi I, et al. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: value of axial three-dimensional Fourier transformation GRASS images. *AJR* **1992**;158:587-590
18. Kaplan PA, Nelson NL, Garvin KL, Brown DE. MR of the knee: the significance of high signal in the meniscus that does not clearly extend to the surface. *AJR* **1991**;156:333-336
19. De Smet AA, Norris MA, Yandow DR, et al. 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
20. Rubin DA, Kneeland JB, Listerud J, et al. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: value of fast spin-echo vs conventional spin-echo pulse sequences. *AJR* **1994**;162:1131-1135

Value of Axial 3-D Fourier Transformation GRASS MR Images in Diagnosis of Meniscal Tears of the Knee¹

Young Jun Ahn, M.D., Soon Tae Kwon, M.D., Youn Sin Jeong, M.D.,
Chang Lak Choi, M.D., Wan Gyu Youn, M.D., June Sik Cho, M.D.,
Kwang Jin Lee, M.D.²

¹ Department of Diagnostic Radiology, Chungnam National University College of Medicine

² Department of Orthopedics, Chungnam National University College of Medicine

Purpose: The purpose of this study is to compare the sensitivity and specificity of axial 3-D imaging with those of conventional 2-D imaging in the diagnosis of meniscal injuries.

Materials and Methods: Twenty-nine knees of 27 patients with clinically suspected meniscal tears were imaged at a 1.5 T MR system. Conventional 2-D images and axial 3-D GRASS images were obtained in all cases. Arthroscopic or surgical confirmation was available in all cases and was used as the gold standard.

Results: Among the 29 knee-joints evaluated, 21 of 23 meniscal tears and 33 of 35 normal menisci were correctly identified with axial 3-D imaging, yielding a sensitivity of 91.3% and specificity of 94.3%. Conversely, the sensitivity was 82.6% and the specificity was 97.1% for the conventional 2-D technique. A combination of both techniques yielded 95.7% sensitivity and 100% specificity in the diagnosis of meniscal tears. Of the 23 meniscal tears proven at arthroscopy or surgery, there were four discrepancies between the two techniques; three of the four represented false-negative 2-D images and one was a false-negative axial 3-D image. Of 35 normal menisci, two false-positives occurred with axial 3-D imaging and one with 2-D imaging.

Conclusion: Despite the lack of a statistically significant difference between the efficacy of the two techniques, these results suggest that the sensitivity in the diagnosis of meniscal tears can be improved by adding thin-sliced axial 3-D GRASS imaging to conventional 2-D imaging in the limited cases with clinically suspected meniscal tears.

Index Words: Knee, injuries

Knee, MR

Knee, ligaments, menisci, and cartilage

Address reprint requests to : Soon Tae Kwon, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chungnam National University Hospital.
640, Daesa-dong, Jung-ku, Dae jeon 301-040 Korea. Tel. 82-42-220-7333 Fax. 82-42-253-0061