MRI における膝十字靱帯・半月損傷の診断

—— 他の画像診断法との比較

九州労災病院整形外科

井 原 秀 俊

九州労災病院放射線科

大 野 正 人・出 谷 啓 三

中 川 弘 人

MR Imaging of the Cruciate Ligaments and Menisci of the Knee

by

Hidetoshi Ihara

Department of Orthopaedic Surgery,
Kyushu Rosai Hospital

Masato Ohno, Keizou Deya and Hiroto Nakagawa

Department of Radiology, Kyushu Rosai Hospital, Fukuoka, Japan

The results of magnetic resonance imaging (MRI) of the knee were compared with those of arthroscopy in 55 patients. Compared with arthroscopy, the sensitivity, specificity, and accuracy of MR imaging were, respectively, 68.0, 93.3, and 81.8% for the anterior cruciate ligament (ACL); 81.3, 87.2, and 85.5% for the posterior cruciate ligament (PCL); 66.7, 90.0 and 85.7% for the medial meniscus; and 55.6, 89.7, and 76.6% for the lateral meniscus. As compared with arthrography and computed tomography (CT)-arthrography, CT-arthrography was best for the ACL evaluation, arthrography for the medial meniscus, MRI for the PCL, and MRI and arthrography were better for the lateral meniscus. Effectiveness of nonoperative repair of the anterior cruciate ligament tears could be evaluated in two cases. We conclude that MRI is not a best method for the detection of tears of the ligament and meniscus as compared with arthrography and CT-arthrography, however, has good potential for the non-invasive method to assess the course of healing of the ligament.

は じ め に

近年 MRI による膝十字靱帯・半月損傷の診断報告は急速に増加し、あたかも MRI が他画像診断法をすべての面で凌駕し駆逐している感があるが、果たしてそうであろうか。当院での画像診断法の関節造影、2重造影 CT と比較して MRI の診断価値を検討してみた。

対 象 と 方 法

対象は、靱帯損傷が疑われた 55 名で、画像読影対象

組織は、前十字靱帯 (ACL) 55 例、後十字靱帯 (PCL) 55 例、内側半月 (MM) 49 例、外側半月 (LM) 47 例であった。使用機種は、GE 社製 SIGNA 1.5/T である。SE 法で T1: 強調像 (TR400/TE20 msec), T2 強調像 (TR2000/TE80 msec), プロトン密度画像 (TR2000/TE20 msec), の 3 種の条件を混在して使用し、スライス厚 3 mm, スライス間隔 0 mm, 膝軽度屈曲外旋位で撮影した。読影評価は、矢状面像 (図 1) で検討し全例鏡視像と比較した。

表 1 MRI の 診 断 率

	前十字靱帯	後十字靱帯	内 側 半 月	外 側 半 月
total number	(55例)	(55例)	(49例)	(47例)
sensitivity	68.0%	81.3%	66.7%	55.6%
specificity	93.3%	87.2%	90.0%	89.7%
negative predictive value	77.8%	91.9%	92.3%	76.5%
positive predictive value	89.5%	72.2%	60.0%	76.9%
diagnostic accuracy	81.8%	85.5%	85.7%	76.6%

図 1 内側半月後節の縦断裂像 (矢印)

結 果

MRI の各部位別, 真陽性/真陰性/偽陽性/偽陰性は, それぞれ, ACL: 17/28/2/8 例, PCL: 13/34/5/3 例, MM: 6/36/4/3 例, LM: 10/26/3/8 例であった。それゆえ, 各部位診断率は, 感受性/特異性/陰性予言性/陽性予言性/正確性の順に, それぞれ ACL では 68.0/93.3/77.8/89.5/81.8 %, PCL では 81.3/87.2/91.9/72.2/85.5 %, MM では 66.7/90.0/92.3/60.0/85.7 %, LM では 55.6/89.7/76.5/76.9/76.6 % となった (表 1)。

パルスシーケンスでは, プロトン密度画像が半月・靱帯の描出とも優れていた。

考 察

一般に, MRI 上の正常像は, PCL と半月は良く描出されやすい反面, ACL は描出が不安定であり, 多彩な像を示す。また損傷像も, その断面像が対象組織像を確実に含んでいないと正常でも損傷と判断される可能性があり, 断裂間隙が微小であったり, 損傷・変性部位信号が弱小である場合は損傷と読影するに戸惑いを感じる。

MRI による診断率の報告例¹⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹¹⁾¹³⁾をみると, (1) ACL 損傷については, 感受性 61~100 %; 特異性 82~100 %; 陰性予言性 74~100 %; 陽性予言性 70~100 %; 正確性 97~100 %, (2) PCL 損傷については, 特異性 100 %; 正確性 98 %, (3) 半月損傷については感受性 83~95 % (MM では 96 %, LM では 67~75 %); 特異性 84~91 % (MM では 82~100 %, LM では 95 %); 陰性予言性 57~100 % (MM では 93 %, LM では 94 %); 陽性予言性 90 % (MM では 88 %, LM では 80 %); 正確性 47~93 % (MM では 90~98 %, LM では 90~91 %), (4) ACL 再建例では描出不良, などが挙げられる。ほとんどが, 高診断率を誇っているが, 自験例において高レベルの GE 社製 SIGNA1.5/T を使用し, 読影基準を綿密に検討して判断しても報告例ほどの高診断率には達してなく, MRI の診断率は完全近いとはまだ言い難いと考える。

多くの報告が, T1 強調像よりも T2 強調像の方が靱帯・半月の異常像描出に優れるとしているが, 本症例の検討結果では, T2 強調像よりも T1 強調像, T1 強調像よりもプロトン密度画像が優れていると考えた。

MRI 読影上の誤診理由¹⁾²⁾⁸⁾¹²⁾として, (1) 半月偽陽性の場合は, ①極初期の変性を捕らえている可能性がある, ② MM 後節辺縁病変は鏡視偽陰性部である, ③ 横靱帯は MM 前角断裂; 外側下膝動脈は LM 前角断裂; 膝窩筋腱は LM 後節辺縁損傷; 半月辺縁の凹状形態は volume averaging のため断裂像と間違われやすい, 点が挙げられる。(2) ACL 偽陽性の場合は, 大きな膝蓋下滑膜ひだや肥厚滑膜の存在, partial volume effect が, (3) ACL 偽陰性の場合は, 大腿骨付着部の引抜き損傷や体部の部分損傷, partial volume effect, が挙げられる。

しかしながら, ある読影基準を定めれば, 誤診の確率を低下させることができると考えられる。本症例を検討した結果, PCL では黒く抜けている太い像が描出されれば, 少々蛇行していても正常とすべきである。

しかし、中枢部の急激な角付けは、PCL または ACL の異常が疑われる。ACL では白くあるいは黒く、斜め走行の緊張ある陰影が見えれば、正常と読影すべきである。MM 後節の水平斜め陰影は、正常と取った方が誤診率を低下させると考えた。

各画像診断の部位別診断の優劣をみるため、当院における陽性造影剤のみによるイメージ透視下拡大膝関節造影³⁾、二重造影 CT⁴⁾、MRI の診断率の比較を行った。感受性/特異性/陰性予言性/陽性予言性/正確性の順に、① ACL については、関節造影(105 例)では 92.0/76.4/91.3/78.0/83.8%，二重造影 CT (51 例)では 96.6/95.5/95.5/96.6/96.1%，② PCL については、関節造影(95 例)では 66.7/89.6/92.0/60.0/85.3%，二重造影 CT(27 例)では 73.3/91.7/73.3/91.7/81.5%，③ MM については、関節造影(169 例)では 97.9/96.0/97.3/96.8/97.0%，④ LM については、関節造影(130 例)では 67.1/90.7/66.2/91.1/76.9%である。今回の MRI の診断率を含めて、3 画像診断法の優劣を比較すると、① ACL では、二重造影 CT は感受性・特異性・陰性予言性・陽性予言性・正確性、MRI は特異性、② PCL では、MRI は感受性・特異性・陰性予言性・正確性、関節造影は特異性・陰性予言性・正確性、二重造影 CT は特異性・陽性予言性、③ MM では、関節造影は感受性・特異性・陰性予言性・陽性予言性・正確性、④ LM では、MRI は特異性・陰性予言性・正確性、関節造影は感受性・陽性予言性・正確性において、優れていると考えられた。

Moeser⁵⁾ は、腸脛靭帯による ACL 再建例において MRI では描出不良と報告している。しかし本症例のうち、Kyuro 膝装具と動的関節制動訓練による早期膝運動により保存的修復³⁾を目指した ACL 新鮮損傷例の中で、治療前と治療 3 カ月後の MRI を比較した 2 症例において、ACL の緊張ある状態を MRI にて確認することができた(図 2)。この所見は鏡視像と一致した。このことは、十字靭帯損傷新鮮例の治療経過状態が、関節鏡より侵襲の少ない MRI にて把握可能であることを示唆している。

ま と め

1. MRI 読影対象は、ACL 46 例、PCL 46 例、MM 40 例、LM 38 例であった。全例、関節鏡を行い、MRI 読影結果と比較した。
2. その結果、MRI の部位別感受性/特異性は、それ

図 2 保存的“修復”例

- a 治療開始前の ACL には緊張像がみられない(矢印)
- b 治療 3 カ月後の ACL には緊張像が出現している(矢印)

ぞれ ACL : 63.6/91.7%，PCL : 80.0/87.1%，MM : 66.7/93.5%，LM : 57.1/87.5%であった。

3. 画像診断 3 方法を比較した場合、ACL は二重造影 CT、MM は関節造影がかなり優れ、LM は MRI と関節造影、PCL は MRI が比較的優れていた。

4. 膝 MRI は、現時点ではまだ他の画像診断法を凌駕してはいないが、その総合診断性、無侵襲性、十字靭帯修復の経時的判断可能などより、今後の有用性が考えられた。

文 献

- 1) Glashow, J. L. et al.: Double-blind assessment of the value of magnetic resonance imaging in the diagnosis of anterior cruciate and meniscal lesions. J. Bone Joint Surg. 71-A : 113-119, 1989.
- 2) Herman, L. J. Beltran J.: Pitfalls in MR imaging of the knee. Radiology 167 : 775-781, 1988.
- 3) 井原秀俊・他: 膝十字靭帯損傷新鮮例における“保存的修復”後の鏡視所見。関節鏡 14 : 79-83, 1989.
- 4) 井原秀俊: 膝関節二重造影 CT。別冊整形外科 13 : 106-109, 1988.
- 5) 久我哲也・井原秀俊: 膝関節画像診断における関節造影の意義。日整会誌 63 : S 77, 1989.
- 6) Lee, J. K. et al.: Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. Radiology 166 : 861-864, 1988.
- 7) Mandelbaum, B. R. et al.: Magnetic resonance imaging as a tool for evaluation of traumatic knee injuries: Anatomical and pathoanatomical correlations. Am. J. Sports Med. 14 : 361-370, 1986.

- 8) Mink, J. H. et al.: Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR imaging evaluation. *Radiology* 167: 769-774, 1988.
- 9) Moeser, P. et al.: MR imaging of anterior cruciate ligament repair. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 13: 105-109, 1989.
- 10) Polly, C. D. W. et al.: The accuracy of selective magnetic resonance imaging compared with the findings of arthroscopy of the knee. *J. Bone Joint Surg.* 70-A: 192-198, 1988.
- 11) Reicher, M. A. et al.: MR imaging of the knee: part I. traumatic disorders. *Radiology* 162: 547-551, 1987.
- 12) Reicher, M. A. et al.: Meniscal injuries: detection using MR imaging. *Radiology* 159: 753-757, 1988.
- 13) Silva, I. et al.: Tears of the meniscus as revealed by magnetic resonance imaging. *J. Bone Joint Surg.*

70-A: 199-202, 1988.

質 問

熊本整形外科病院 坂口 満

外国文献に較べて正確性が低いようですが、何が原因と思われますか。

解 答

九州労災病院 井原 秀俊

① MRI 上で保存的修復後の ACL が緊張像として描出されている例は、鏡視所見でも同様で、治療前、バラバラに断裂されていた靱帯線維がつながって緊張性も良かったことを確かめている。

② 新鮮例と陳旧例で MRI の描出差はみられなかった。また、諸外国では MRI の高診断率が報告されているが、現時点では、それほどの診断率があるのか私達自身、納得できていない。