前十字靱帯損傷膝の MR 画像

新別府病院整形外科

高 木 一 広・泊 一 秀
浅 尾 恒 徳

MR Imaging of Anterior Cruciate Ligament Tears

by

Kazuhiro Takaki, Kazuhide Tomari and Tsunenori Asao

Department of Orthopaedic Surgery,
Shinbeppu Hospital Oita, Japan

To investigate magnetic resonance (MR) imaging of anterior cruciate ligament (ACL) tears, the authors retrospectively reviewed 39 MR imaging examinations in 39 patients.

We classified the MR imaging patterns of the torn ACL into four types. Torn ACL appears as a homogeneous iso-intensity mass on Type I images; as a continuous thin and waving low-intensity band with or without high-signal-intensity spots on the Type II images; as a disrupted band with a high-signal-intensity area on Type III images and as an absence of the ACL on Type IV images.

We also report secondary lesions on MR imaging findings associated with tears of the ACL, posterior cruciate ligament index and bone bruising, in our patients.

Key words : Anterior Cruciate Ligament (前十字靱帯), Magnetic Resonance Imaging (核磁気共鳴画像), Knee (膝)

I はじめに

MRIは軟部組織の解像度に優れ、その非侵襲性や豊富な情報により有用性が認められるようになって久しい。前十字靱帯損傷の補助的画像診断として従来行われてきたストレス X 線撮影では質的、部位的診断が困難であり、また、関節造影でも前十字靱帯の描出は難しく、どちらも患者にとって苦痛を伴うものであった。MRIは非侵襲的に前十字靱帯を直接描出でき、さらには質的变化をも描出することが可能である。我々は前十字靱帯損傷膝に対してMRIを用いてその補助診断を行ってきたが、損傷前十字靱帯のMR像を手術所見等と比較し、retrospectiveに検討を加えたので報告する。

II 対象と方法

対象は1990年7月より1994年10月までの4年間

に当科を受診し、前十字靱帯損傷と診断され、MRIを施行した39例39膝である。このうち20例は健側もMRIを施行されていた。男性は19例女性は20例で、15歳より51歳まで、平均28.1歳であった。受傷よりMRI検査までの期間は6週以内が26例、6週以降が13例であった。

方法は、東芝社製0.5テスラのMRI装置を使用し、表面QDコイルを用いて、大腿骨外側顆の内縁に平行な、やや外旋させた矢状面(Non-orthogonal view)にて撮像した¹¹⁴⁾。

撮像条件は年代により若干の変遷はあるが、主にSpin echo法でT1、T2強調画像とProton密度強調画像を、Gradient echo法で3D画像を撮影した。全例に鏡視下または直視下に前十字靱帯の断裂を確認した。

Ⅲ 結果及び考察

1. 損傷 ACL の MR 画像

正常 ACL は T1 および T2 強調画像において、信号強度の低い数本の連続した直線的な線維束として描出される。しかしながら、PCL と異なり、ACL は線維の幅が狭く、ねじれが加わっているため解剖学的線維方向を考慮し撮像部位をとらなければならないのは諸家の報告のとうりである^{1)4)~10)14)17)19)}。損傷 ACL の MR 画像において、その診断の基準として、1) 線維束の不連続、2) 線維の走行の不整(波打ち、蛇行)、3) 線維幅の狭小化、4) 線維実質内の信号強度の増加、5) 靱帯の消失などが諸家によりあげられている^{9)17)~19)}。鈴木ら¹⁸⁾は損傷 ACL の MR 画像のパターンを新鮮例と陳旧例に分けそれぞれ 4 型に分類しているが、特に新鮮例において彼らの分類に合致しないものが多いため我々はあらためて自験例でその分類を試み、損傷 ACL の MR 画像を 4 型に分類した(図 1)。

Type 1 は特に T1 強調画像において線維構造のない iso-intensity mass を有するもので、これは

図 1 Type I 線維構造のない iso-intensity mass を認めるもの
Type II 線維の連続性は保たれているものの弛緩し幅が狭くなっているもの
Type III 線維が不連続なもの
Type IV 線維の消失を見るもの

Type I	Type III
Type II	Type IV

Vahey らが well-defined edematous mass, Fitzgerald らが claud-like mass と称するタイプである(図 2)¹⁷⁾¹⁹⁾。自験例では 39 例中 24 例(61.5%)がこのタイプであり、このタイプは全てが受傷より 6 週以内の症例であった。ここで 6 週以内の症例で見ると、26 例中 24 例(92%)がこのタイプであり、新鮮例の大半がこのタイプに属することになった。これらの症例の術中所見は、ほとんどが mop end tear を呈しており、この iso-intensity mass は ACL 線維の浮腫や出血を反映しているものと考えられた。八木ら²⁰⁾によればその組織像は広汎な出血巣とリンパ球や形質細胞浸潤を伴う炎症反応が認められ、時間の経過とともに線維芽細胞や血管新生を主体とした肉芽組織や滑膜細胞が間隙を埋めるような修復機転も認められると言う。

Type 2 は線維の連続性は保たれているものの、緊張なく弛緩し、実質内に high signal intensity spot を有していたり、線維束の volume が減少しているものである。このタイプは少なく、2 例(5.1%)しか認められなかった。

Type 3 は線維が high signal intensity area により分断され不連続となっているタイプである。このタイプは 6 例(15.4%)で認められた。6 週以内の症例では 26 例中 1 例(3.8%)、6 週以降の症例では 13 例中 5 例(38.5%)とほとんどが陳旧例であった。残存する線維は脛骨側にあり、緊張なく後下方に蛇行し

図 2 ACL を表す low intensity band を認めず、T1 強調画像で無構造な iso-intensity mass を呈する。

proton 密度強調画像では線維は膨化し、断裂部位が明瞭である。

受傷より 8 日目の MR 画像である。

左：T1 強調画像 右：proton 密度強調画像

ていることが予想された(図3)。術中所見では残存する線維は緊張なく棍棒状に癒着したり、PCLや周囲の組織に癒着していた。八木ら²⁰⁾によれば残存する線維の病理組織は、膠原繊維は波状に弛緩し、断裂間隙に線維細胞からなる癒着組織が進入するものや、わずかに残った膠原繊維の間に滑膜組織が増生、脂肪浸潤をきたしたもので、膠原繊維の細胞性分が減少し、均一な硝子変性を起こしたものなどさまざまな像を呈したという。

Type 4は線維の消失を見るもので、通常のACL線維を表すlow intensity bandは全く認められない。このタイプは39例中7例(17.9%)で認められたが、これは全て6週以降の症例であった。6週以降の症例では13例中7例(53.8%)であり、陳旧例の半数がこのタイプに属することになる。

この分類に基づいて損傷ACLのMR画像の特徴をあげると、1)新鮮例では多くが無構造なiso-intensity massとして描出される(陳旧例ではこのmassは認められない)、2)陳旧例では線維の癒着化や退縮によりさまざまな像を呈する、3)陳旧例の半数が線維の消失を呈し、3分の1の症例で不連続な線維が蛇行する像を呈する、という三点をあげることができる。

2. MR画像上のACL損傷に伴う二次的変化

(a) PCL index

損傷ACLのMRIによる補助診断の際には、1)

図3 不連続な線維は緊張なく弛緩し、後下方に蛇行している。

T1強調画像よりproton密度強調画像の方が線維の走行がより明瞭である。

受傷より6ヶ月を経過した症例である。

左:T1強調画像 右:proton密度強調画像

無構造な iso-intensity mass の存在, 2) 線維の走行の不整(波打ち, 蛇行), 3) 線維幅の狭小化, 4) 線維束の不連続, 5) 線維実質内の信号強度の増加, 6) 靭帯の消失などの直接的な所見のみでなく, ACL損傷に伴う二次的な所見も見逃すことができない。

ACL損傷に伴いPCLにゆるみが生じS字状に形態が変わることは以前より知られていたが、このゆるみを定量化する試みがなされている。1993年にはTungらがPCL curvature valueを、1994年にはLiuらがPCL indexをほぼ同様な方法で提唱している⁵⁾¹⁶⁾。Liuらの方法は、図4-aに示すようにPCL大

図4-a PCL indexの計測方法

bはPCL大腿骨付着部より脛骨付着部までの距離

aはbに垂直なPCLまでの最大距離

PCL indexはその比b/aである。

図4-b PCL index 自験例20例での検討

図5 大腿骨外側顆中央、脛骨外顆後方に T1 強調画像で low intensity, T2 強調画像で high intensity の bone bruise を認める。

腿骨付着部と脛骨付着部の結んだ線を b , b に垂直な PCL までの最大距離を a とし、その比 b/a を出したものである。

彼らは Cut off 4.75 でこの比以下のものは 87% で断裂があり、この比以上のものは 84% で断裂がないと報告している。我々の症例で健側も同時に MRI 検査をした 20 例で、この方法を用いて検討を加えた結果、断裂症例全体と陳旧例で有意差を認めた (図 4-b)。新鮮例では有意差を認めなかったが、これは疼痛による筋痙縮がその原因ではないかと考えられた。陳旧例においてはその MR 像はさまざまな像を呈することより、時折、読影に苦慮する場合があるが、この PCL index は補助的に用いられて良い指標の一つであると考えられた。また、再建靱帯の術後経過を観察する際に再建靱帯の機能を評価できうる指標となるのではないかと考えられる。

(b) Bone bruise

近年、ACL 損傷に伴う MR 画像上の二次的変化として骨髄内に認められる bone bruise が報告されるようになった^{2)~4)11)~15)}。我々の症例では、ALRI 35 例中 16 例 45.7% に bone bruise を認めた。6 週以内の 23 例中では 14 例の 60.9% に bone bruise を認め、1 例 4.3% に大腿骨外側顆の骨軟骨骨折を認めた。陳旧例では 12 例中 2 例 16.7% であった (図 5)。bone

bruise の出現部位は大腿骨外側顆中央部が 16 例、脛骨外顆後方はわずかに 2 例であった。諸家の報告では bone bruise は 80% 以上と高率に認められ^{11)~13)}、脛骨外顆方にも多く認められているが、この部位は正常例でも異常を思わせる low signal intensity area を呈することがあり、この部位の bone bruise の判定には注意を要するものと考ええる。bone bruise の発生機序として受傷時の Pivot shift の肢位による大腿骨外側顆と脛骨外顆の接触が原因であるといわれているが、この肢位では膝関節の脱臼を呈するのではないかと考えられる。むしろ、大腿骨外側顆の bone bruise の原因は半月板と関連し、脛骨外顆の bone bruise の原因は Pivot shift 肢位による関節包靱帯の牽引によるものと考えた方がよいのではなかろうか。脛骨外顆の関節包靱帯付着部に剥離骨片を認める Segond 骨折は ALRI を示唆する X 線所見であるが、この骨折の存在は bone bruise の発生機序を考える上で非常に示唆に富んだ所見と思われる。

Ⅳ ま と め

①前十字靱帯損傷膝 39 例に対して術前に MRI 検査を施行し、retrospective に検討を加えた。

②損傷靱帯の MR 画像を 4 型に分類した。

③新鮮例のほとんどが Type 1 に分類された。陳旧

例では線維の癒着化や退縮によりさまざまな像を呈したがType 1に属するものはなく、半数がType 4、三分の一がType 3に分類された。

④ PCL index について自験例で検討を加え、特に陳旧例でその有用性を認めた。

⑤ bone bruise を ALRI 35 例中 16 例 45.7% に認めた。特に新鮮例では 23 例中 14 例 60.9% に認め、読影の際、ACL 損傷画像のみならずその二次的変化にも注意を要すると考えられた。

参 考 文 献

- 1) A. Dale Vellet, et al.: Accuray of Nonorthogonal Magnetic Resonance Imaging in Acute Disruption on the Anterior Cruciate Ligament. *Arthroscopy*, 5-4 : 287-293, 1989.
- 2) A. Dale Vellet, et al.: Occult Posttraumatic Osteochondral Lesions of the Knee: Prevalence, Classification, and Short-term Sequelae Evaluated with MR Imaging. *Radiology*, 178 : 271-276, 1991.
- 3) Ben K. Graf, et al.: "Bone bruises" on magnetic resonance imaging evaluation of anterior cruciate ligament injuries. *American Journal of sports Medicine*, Vol.21-2 : 220-223, 1993.
- 4) Erick M. Remer, et al.: Anterior cruciate ligament injury: MR Imaging diagnosis and patterns of injury. *Radiographics*, 12 : 901-915, 1992.
- 5) Glenn A. Tung, et al.: Tears of the Anterior Cruciate Ligament: Primary and Secondary Signs at MR Imaging. *Radiology*, 188 : 661-667, 1993.
- 6) Jerrold H. Mink, Teresa Levy and John V. Crues III: Tears of the Anterior Cruciate Ligament and Menisci of the Knee: MR Imaging Evaluation. *Radiology*, 167 : 769-774, 1988.
- 7) Jerrold H. Mink and Andrew L. Deutsch: Magnetic Resonance Imaging of the Knee. *Clin. Orthop.*, 244 : 29-47, 1989.
- 8) Jonathan L. Glashow, et al.: Double Blind Assessment of the Value of Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Anterior Cruciate and Meniscal Lesions. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 71-A-1 : 113-119, 1989.
- 9) Joong K. Lee, et al.: Anterior Cruciate Ligament Tears: MR Imaging Compared with Arthroscopy and Clinical Tests. *Radiology*, 166 : 861-864, 1988.
- 10) Juerg Hodler, et al.: The Cruciate Ligaments of the Knee: Correlation Between MR Appearance and Gross and Histologic Findings in Cadaveric Specimens. *AJR*, 159 : 357-360, 1992.
- 11) Kevin P. Speer, et al.: Osseous injury associated with acute tears of the anterior cruciate ligament. *American Journal of sports Medicine*, Vol.20-4 : 382-389, 1992.
- 12) Kurt P. Spindler, et al.: Prospective study of osseous, articular, and meniscal lesions in recent anterior cruciate ligament tears by magnetic resonance imaging and arthroscopy. *American Journal of sports Medicine*, Vol.21-4 : 551-557, 1993.
- 13) Mark A. Rosen, Douglas W. Jackson and Paul E. Berger: Occult Osseous Lesions Documented by Magnetic Resonance Imaging Associated with Anterior Cruciate Ligament Ruptures. *Arthroscopy*, 7-1 : 45-51, 1991.
- 14) Murray A. Reicher, et al.: High-Resolution Magnetic Resonance Imaging of the Knee Joint: Normal Anatomy. *AJR*, 145 : 895-902, 1985.
- 15) Phoebe A. Kaplan, et al.: Occult Fracture Patterns of the Knee Associated with Anterior Cruciate Ligament Tears: Assessment with MR Imaging. *Radiology*, 183-3 : 835-838, 1992.
- 16) Stephen H. Liu, et al.: Anterior Cruciate Ligament Tear - A New Diagnostic Index on Magnetic resonance Imaging. *Clin. Orthop.*, 302 : 147-150, 1994.
- 17) Steven W. Fitzgerald, et al.: MR Evaluation of the Anterior Cruciate Ligament: Value of Supplementing Sagittal Images with Coronal and Axial Images. *AJR*, 160 : 1233-1237, 1993.
- 18) 鈴木朝之ほか：膝関節疾患とMRIー靱帯ならびに半月損傷を中心にー。関節外科, 9-1 : 101-109, 1990.
- 19) Thomas N. Vahey, et al.: Acute and Chronic Tears of the Anterior Cruciate Ligament: Differential Features at MR Imaging. *Radiology*, 181 : 251-253, 1991.
- 20) 八木知徳ほか：損傷前十字靱帯の病理組織像とMRI像。膝, 18 : 49-52, 1992.