

図8 ▶中節部横断裂のMRI所見(a)と鏡視所見(b)
関節包に至る横断裂を認める。

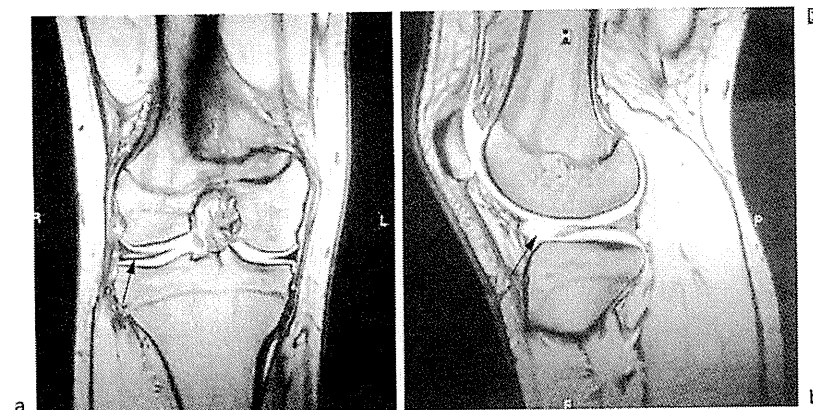


図9 ▶円板状半月板損傷のMRI所見前(b)・中(a)節部の実質内高輝度陰影を認め、水平断裂を疑う。

を行うか、また血行は豊富であるが、体部の変性が強い症例に対して縫合術をすべきかどうか、など悩むことも多い。

3. 中節部の横断裂(図8)

血行のない部位での損傷なので、通常は切除術が適応になるのであるが、切除すれば半月板のフープ機能が失われ、関節症が進行する。最近では縫合法の工夫^{12,14)}により、良好な成績が報告されてきているため、レベルの高いスポーツ選手に対しては縫合術を積極的に行う必要があるのかもしれない。

4. 円板状半月板損傷(図4, 9)

体部の変性⁹⁾や膠原線維の配列異常¹⁰⁾などが指摘されているため、これを温存することはなかなか難しいが、水平断裂に対するfibrin clotの使用¹³⁾、形成術+周辺部の縫合術^{19,20)}、など手術法を工夫した報告もある。ただ、症状が自然と改

善する症例もあり、いつの時期に手術を行うのか、また膠原線維の配列異常¹⁰⁾などの先天的な問題もあるので、縫合後の長期成績、など問題点も多い。

おわりに

アスリートの単独LM損傷の病態はさまざまであり、保存治療の位置づけも含めて、外科治療をいつ、どのような術式で行うのか、は確立されているとはいえない。膝痛→MRIでの半月板損傷→鏡視下半月板切除術、という治療を安易に行うことは慎むべきで、保存療法と縫合術の工夫を組み合わせて、今後、最善の治療法を模索していくべきであろう。

文 献

- 1) Arnoczky, S. P. et al. : The microvasculature of the human meniscus. *Am. J. Sports Med.* 10 : 90-95, 1982.
- 2) Henning, C. E. : Arthroscopic repair of meniscus tears. *Orthopedics* 6 : 1130-1132, 1983.
- 3) Horibe, S. et al. : Second-look arthroscopy after meniscal repair. Review of 132 menisci repaired by an arthroscopic inside-out technique. *J. Bone Joint Surg. Br.* 77 : 245-249, 1995.
- 4) Pena, E. et al. : Why lateral meniscectomy is more dangerous than medial meniscectomy. A finite element study. *J. Orthop. Res.* 24 : 1001-1010, 2006.
- 5) Alford, J. W. et al. : Rapid progression of chondral disease in the lateral compartment of the knee following meniscectomy. *Arthroscopy* 21 : 1505-1509, 2005.
- 6) Ishida, K. et al. : Rapid chondrolysis after arthroscopic partial lateral meniscectomy in athletes: a case report. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 14 : 1266-1269, 2006.
- 7) Choi, N. H. et al. : Anterior horn tears of the lateral meniscus in soccer players. *Arthroscopy* 22 : 484-488, 2006.
- 8) Kato, Y. et al. : Discoid lateral menisci in Japanese cadaver knees. *Mod. Rheumatol.* 14 : 154-159, 2004.
- 9) Hamada, M. et al. : Usefulness of MRI for detecting intrasubstance tear and/or degeneration of lateral discoid meniscus. *Arthroscopy* 10 : 645-653, 1994.
- 10) Atay, O. A. et al. : Discoid meniscus: an ultrastructural study with transmission electron microscopy. *Am. J. Sports Med.* 35 : 475-478, 2007.
- 11) Shiozaki, Y. et al. : Prediction of reparability of isolated semilunar lateral meniscus tears by magnetic resonance imaging. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* 10 : 213-217, 2002.
- 12) Choi, N. H. : Meniscal repair for radial tears of the midbody of the lateral meniscus. *Am. J. Sports Med.* 38 : 2472-2476, 2010.
- 13) Kamimura, T. et al. : Repair of horizontal meniscal cleavage tears with exogenous fibrin clots. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 19 : 1154-1157, 2011.
- 14) Nakata, K. et al. : New technique of arthroscopic meniscus repair in radial tears. *Sports Injuries : Prevention, Diagnosis, Treatment and Rehabilitation.* Tandoan, R. N. et al. eds., Springer, 305-312, 2011
- 15) Chatain, F. et al. : A comparative study of medial versus lateral arthroscopic partial meniscectomy on stable knees: 10-year minimum follow-up. Review. *Arthroscopy* 19 : 842-849, 2003.
- 16) Stein, T. et al. : Long-term outcome after arthroscopic meniscal repair versus arthroscopic partial meniscectomy for traumatic meniscal tears. *Am. J. Sports Med.* 38 : 1542-1548, 2010.
- 17) 堀部秀二ほか : 半月板損傷の保存的治療. *MB Orthop.* 20 : 21-25, 2007.
- 18) Horibe, S. et al. : Results of isolated meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy. *Arthroscopy* 12 : 150-155, 1996.
- 19) Adachi, N. et al. : Torn discoid lateral meniscus treated using partial central meniscectomy and suture of the peripheral tear. *Arthroscopy* 20 : 536-542, 2004.
- 20) Ahn, J. H. et al. : Arthroscopic partial meniscectomy with repair of the peripheral tear for symptomatic discoid lateral meniscus in children: results of minimum 2 years of follow-up. *Arthroscopy* 24 : 888-898, 2008.

特集：臨床現場に必要な運動器画像診断入門



膝スポーツ傷害の画像診断

堀部秀二^{*1} 田中美成^{*2} 米谷泰一^{*3}
 金本隆司^{*4} 天野 大^{*5} 草野雅司^{*6}
 塩崎嘉樹^{*7}

Abstract 膝スポーツ傷害の診断のうえで、現病歴、臨床症状、理学所見が重要であることはいうまでもないが、病態把握や治療方針の決定には画像診断が大きな役割を果たしている。特に、MRIとCT検査はここ20年で飛躍的に進歩した画像診断法であるが、最近軽視され気味のX線検査も重要な検査である。関節裂隙を正確に描出したうえで、①骨の異常(透亮像、骨折、遊離体など)、②関節裂隙の狭小化(半月や関節軟骨の異常)、③位置異常(膝蓋骨亜脱臼、後方不安定性)に着目する。MRI検査は、機種・撮像法の進歩により、膝のスポーツ傷害の画像診断法の中心となり、靭帯、半月、軟骨などの軟部組織の損傷と骨挫傷に代表される骨髄内病変の評価に優れている。CT検査は、従来は横断面のみであったが、画像処理技術の向上により、小さな骨傷や骨の形態(含遊離体)を三次元的にとらえることが容易にできるようになった。これらの画像を総合的に判断すれば、診断や治療方針の決定だけでなく、術後評価やリハにも有用な情報を得ることができる。

Key words スポーツ傷害(sports injury)、膝(knee)、画像診断(imaging diagnosis)、核磁気共鳴画像法(magnetic resonance imaging)、コンピュータ断層撮影(computed tomography)

はじめに

ここ20年で、MRI、CTを含めた画像診断法の進歩により、膝スポーツ傷害の診断は、飛躍的に向上した。診断のうえで、現病歴、臨床症状、理学所見が重要であることはいうまでもないが、病態把握や治療方針の決定には画像診断が大きな役割を果たしているだけでなく、術後評価やリハビ

リテーション(以下、リハ)にも有用な情報を得ることができる。ここでは、膝関節の画像検査法と、主な疾患の特徴的な画像所見について解説する。

膝関節の画像検査

1. 単純X線

最近ではX線検査を軽視する傾向にあるが、非常に重要な検査である。立位正面像、Rosenberg撮影¹⁾、90°屈曲位膝立側面像²⁾、軸射像の4方向をルーチンに撮影している。ポイントは、関節裂隙を正確に描出したうえで、①骨の異常(透亮像、骨折、遊離体など)、②関節裂隙の狭小化(半月や関節軟骨の異常)、③位置異常(膝蓋骨亜脱臼、後方不安定性)を評価することである。

2. MRI検査

機種・撮像法の進歩により、膝のスポーツ傷害の画像診断法の中心であり、ポイントは靭帯、半

^{*1} Shuji HORIBE, 〒583-8555 羽曳野市はびきの3-7-30 大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究所, 教授

^{*2} Yoshinari TANAKA, 大阪労災病院スポーツ整形外科, 部長

^{*3} Yasukazu YONETANI, 同科

^{*4} Takashi KANEMOTO, 同科

^{*5} Hiroshi AMANO, 同科

^{*6} Masashi KUSANO, 正風病院整形外科

^{*7} Yoshiki SHIOZAKI, 同科



図 1.
ACL 損傷例の単純 X 線所見
a : ACL 剥離骨折(矢印), 顆間隆起骨折
b : Segond 骨折(矢印), 外側関節包の剥離骨折
c : Abnormal lateral notch sign(矢印), 大腿骨外顆の陥凹

月, 軟骨などの軟部組織の損傷と骨挫傷に代表される骨髓内病変の評価である。

3. CT 検査

従来は横断面のみであったが, 画像処理技術の向上により, 任意スライス面や三次元画像として表示できるようになり, 小さな骨傷や骨の形態(含遊離体)を三次元的に容易にとらえることができるようになった。

主な膝スポーツ傷害の画像所見

1. 前十字靭帯(ACL)損傷

1) 単純 X 線

顆間隆起部の ACL 剥離骨折(図 1-a), 外側関節包の剥離骨折である Segond 骨折³⁾(図 1-b), abnormal lateral notch sign⁴⁾(図 1-c)がある。小

さな骨折を見逃さないことが重要である。

2) MRI

ACL 損傷を疑えば, ACL に沿った斜矢状断や斜冠状断で判断(図 2-a, b)する。新鮮例では, ACL 内部に高信号を伴って走行の蛇行や, 途絶, 膨化が認められ(図 2-c), 骨挫傷は新鮮 ACL 損傷時に高頻度にみられる(図 2-d)。陳旧例では, 靭帯の希薄化や消失が起こることが多い(図 2-e)が, 稀に, 低輝度の連続した線維が存在する症例がある(図 2-f)ので, 臨床所見とあわせて診断する必要がある。また, ACL 損傷膝では半月や軟骨損傷の合併頻度が高いので, 通常の冠状・矢状断にて合併損傷の有無を診断する。

2. ACL 再建術後

再建 ACL の画像評価^{5) 7)}は, 術後経過や術後

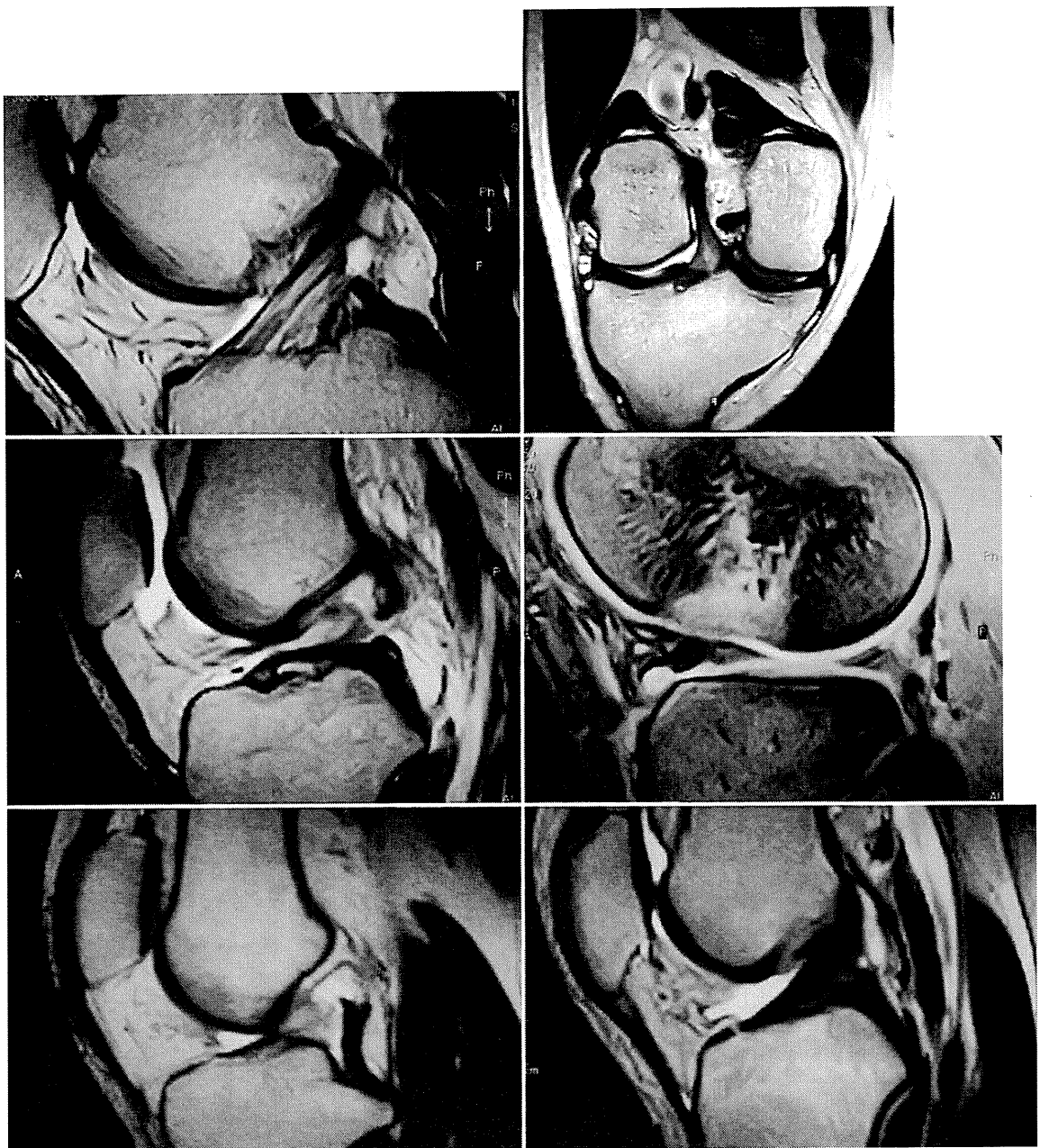


図 2. 損傷 ACL の MRI 所見

a	b
c	d
e	f

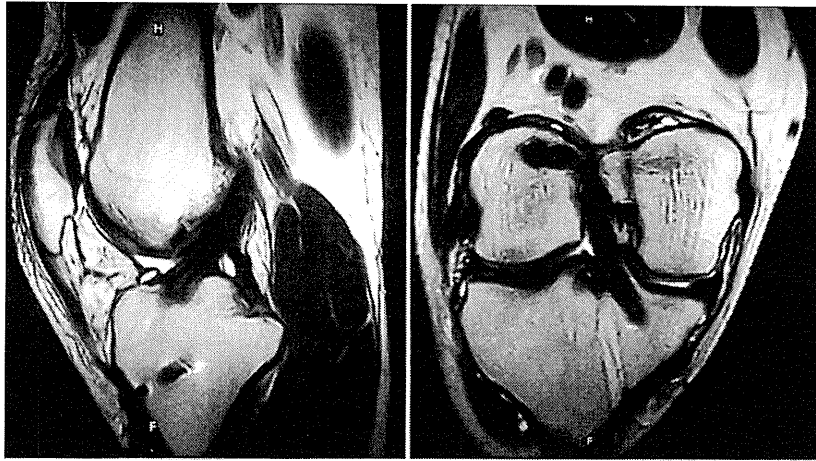
- a : 正常 ACL の斜矢状断像
- b : 正常 ACL の斜冠状断像
- c : 新鮮 ACL 損傷の斜矢状断像
- d : 新鮮 ACL 損傷に伴った大腿骨外顆の骨挫傷
- e : 陳旧 ACL 損傷の斜矢状断像, 損傷 ACL は消失
- f : 陳旧 ACL 損傷の斜矢状断像, 低輝度の連続した線維が存在している.

不良例の検討に有用である.

1) MRI

ACL の走行に沿った評価ができる斜矢状断像 (図 2-a) と斜冠状断像 (図 2-b) を得れば, 関節内での移植腱の信号強度, 大腿骨骨孔と移植腱との

間隙の有無など, より詳細に再建 ACL の治癒状態が観察できる^{8,9)} (図 3-a, b). また, 術後伸展制限の原因となる再断裂 (図 4-a) や Cyclops (図 4-b) の評価にも MRI は有用である.

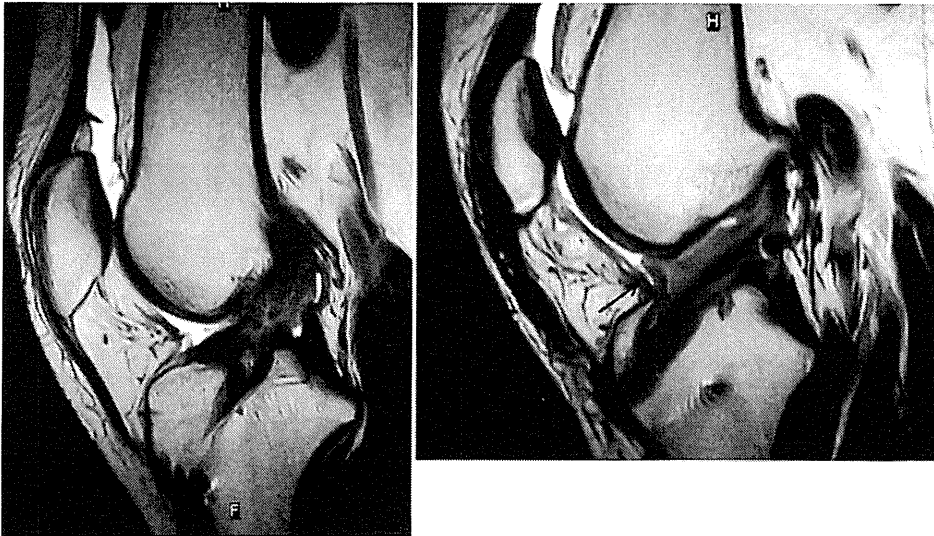


a|b

図 3.

再建 ACL(自家半腱様筋腱を使用した二重束 ACL 再建術後 1 年)の MRI 所見

- a : 再建 ACL の斜矢状断像。低輝度陰影の帯として良好に描出されている。
- b : 再建 ACL の斜冠状断像。骨孔内には高輝度陰影はなく、骨孔内の治癒は良好である。

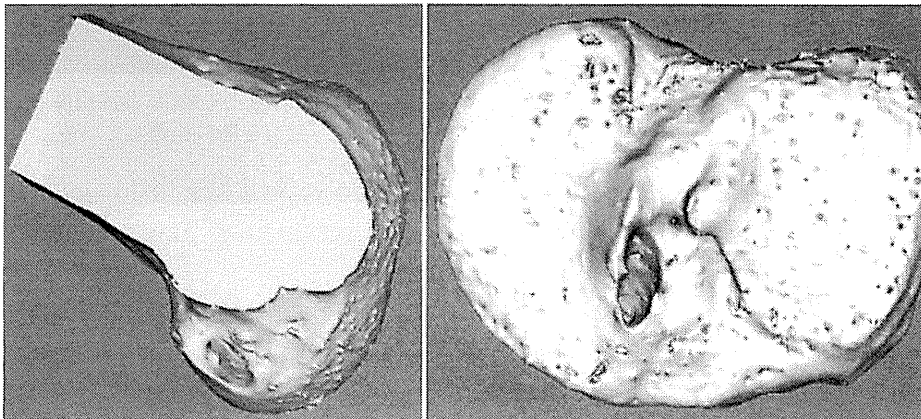


a|b

図 4.

再建 ACL の不良 MRI 所見

- a : 自家半腱様筋腱を使用した再建 ACL 再断裂の斜矢状断像
- b : 自家 BTB を使用した ACL 再建術後の Cyclops。再建靭帯の前方にやや高輝度の組織が存在し、impinge している。



a|b

図 5.

再建術後の三次元 CT 所見。BTB を用いた長方形骨孔 ACL 再建術

- a : 大腿骨側。Resident's ridge と後方関節面との間に長方形の骨孔が作成
- b : 脛骨側。脛骨側は顆間のくぼみの中に長方形の骨孔が作成

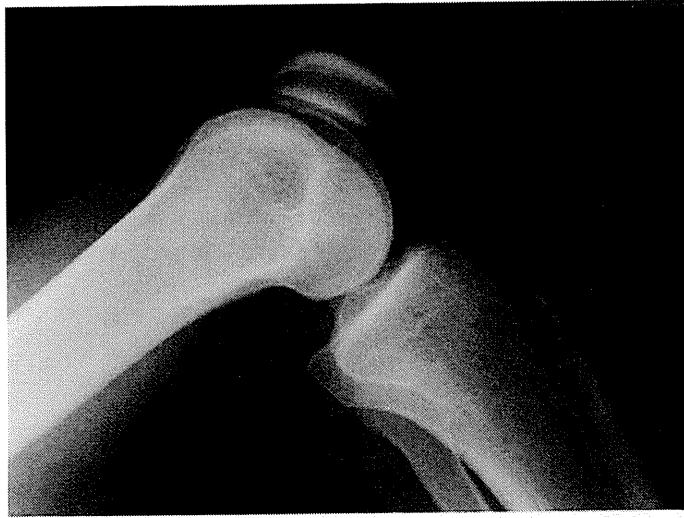
2) CT

MPR-CT や三次元 CT (図 5-a, b) で検討を行えば、骨孔作成の位置や BTB の場合には骨孔内での癒合状態が把握¹⁰⁾でき、術後評価、経過、また再手術時の骨孔作成にも有用である。

3. 後十字靭帯(PCL)損傷

1) 単純 X 線

脛骨の後方落ち込みがあれば PCL 損傷と診断できる gravity sag view (90° 屈曲膝立側面像) は有用である (図 6-a)²⁾。また、PCL 剥離骨折は見逃



a. PCL 損傷膝の gravity sag view
脛骨が後方に落ち込んでいる。

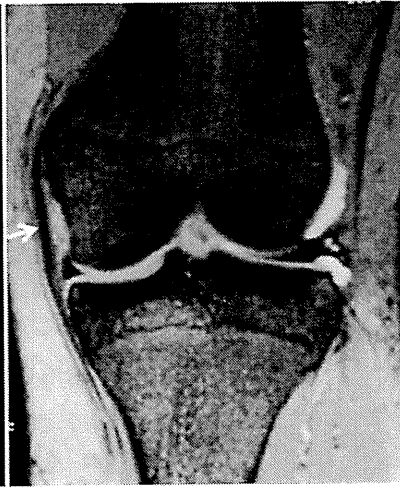


b. PCL 剝離骨折症例
後方に転位した剝離骨片(矢印)がある。

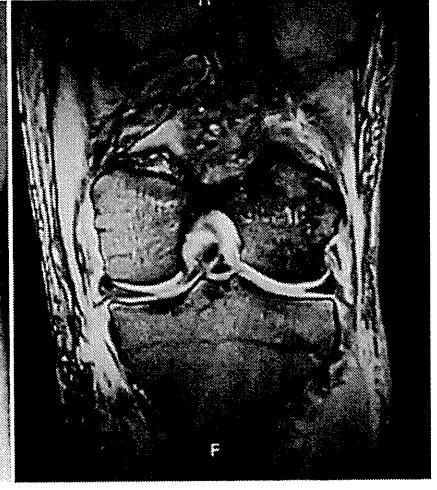
図 6. 損傷 PCL の単純 X 線所見



a. 新鮮 MCL(+ACL)損傷
MCL 大腿骨付着部に高輝度陰影(矢印)あり。受傷後1週の MRI



b. 新鮮 MCL(+ACL)損傷後3か月の MRI 所見
MCL 大腿骨付着部の高輝度陰影は低輝度(矢印)となり、損傷 MCL が治癒したと考えられる。



c. 新鮮 ACL+MCL 合併損傷
MCL は広範囲に損傷している。

図 7. MCL 損傷の MRI 所見

しやすいので注意する(図 6-b)。

2) CT

剝離骨折や、稀ではあるが、合併する関節面の陥没骨折の確定診断に有用である。

3) MRI

矢状断で PCL 損傷の有無を診断する。陈旧例では、癒着組織で連続性を保っている症例が多い¹¹⁾といわれ、経過良好な症例は MRI でも連続する低輝度陰影像として確認できる場合がある。

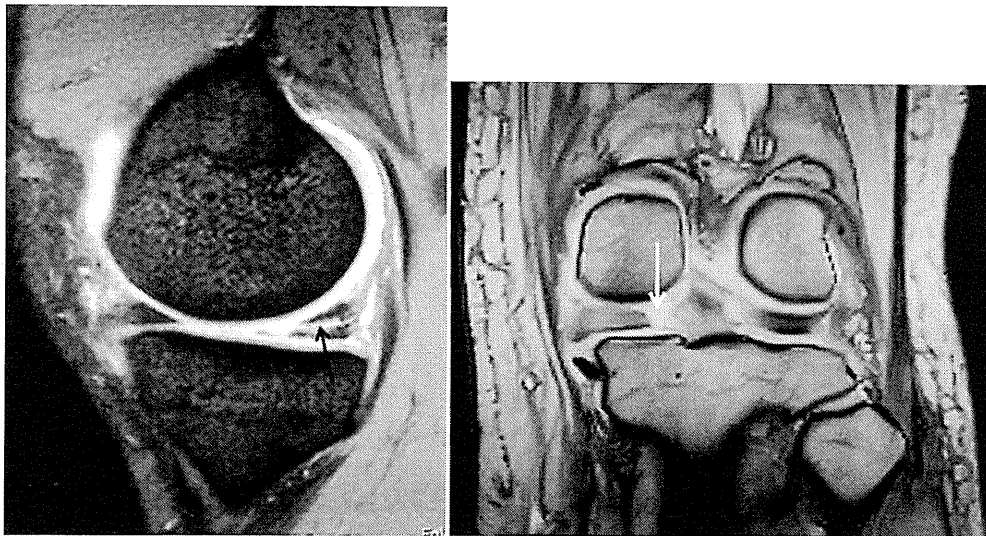
4. 内側側副靭帯(MCL)損傷

1) 単純 X 線

MCL 損傷の場合には単純 X 線から得られる情報はほとんどないが、麻酔下での外反ストレス撮影は、内側不安定性の定量評価としては有用である。

2) MRI

新鮮例では、靭帯線維内部に高信号・膨化陰影を認め(図 7-a)、経過とともに低輝度(図 7-b)と



a. 変性断裂の矢状断像
内側半月の実質部に高輝度の水平断裂を思わせる所見あり(矢印)。

b. 後角横断裂
冠状断での内側半月の後角部に高輝度陰影あり、欠損している(矢印)。

図 8. 内側半月単独損傷のMRI所見

なり、保存治療でもよく治癒する。しかしながら、ACL合併例において、広範囲に損傷している症例(図7-c)ではMCL不全が残存する場合もあるので注意する¹²⁾。

5. 後外側支持(PLS)損傷

1) 単純X線

頻度は少ないが、腓骨骨折が生じている場合もある。

2) MRI

新鮮例では、出血のため靭帯周囲が高輝度になる。陈旧例では、全体的に瘢痕組織になることが多いが、靭帯の途絶がある場合もある。

6. 半月損傷

半月損傷の診断にはMRIが必須であるが、症状とMRI所見が一致しない場合もあるので、MRI所見のみで半月損傷と安易な診断をしないように注意する。さらに、損傷しているかどうかだけでなく、①どのような損傷形態なのか、②合併損傷(特にACL損傷)はあるのか、③損傷半月を縫合できるか¹³⁾、に関しては、治療方針を決めるのに重要である。以下、MRI所見について述べる。

1) 診断方法

半月の輝度、形態に着目する。輝度判定は主にT2*強調像で行い、Minkら¹⁴⁾の分類のgrade III、

すなわち輝度変化が関節面に達するものを損傷とする。ただし、小児での半月板実質部での高輝度像は必ずしも病的な所見ではないとの報告があり、注意を要する。また、MRI画像は撮影方法や機種により様々であることにも留意するべきである。

2) 内側半月単独損傷

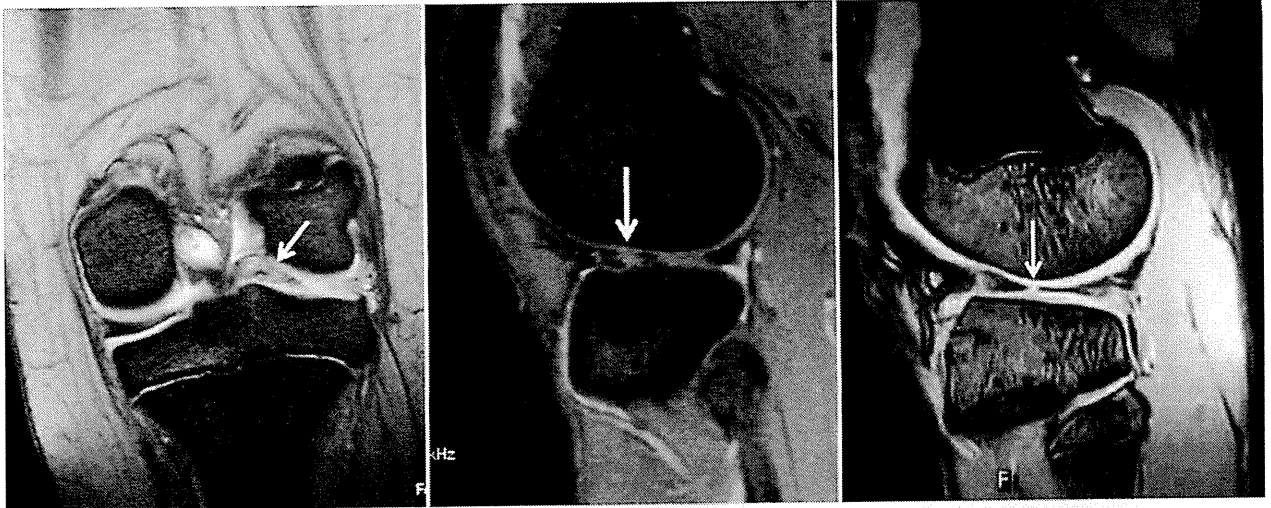
縦断裂は稀で、一般的に中節から後節にかけての水平・変性断裂(図8-a)、flap断裂が多く、診断は比較的容易である。後角横断裂の診断には冠状断での欠損所見(図8-b)に注意する。

3) 外側半月単独損傷

円板状の場合は、比較的容易である(図9-a)が、通常の半月型の場合、内側に比較して診断はやや難しい。サッカー選手にみられる前節部の縦断裂(図9-b)や中節部の横断裂(図9-c)の診断には注意を要する。また、半月実質での縦断裂は診断容易であるが、外周辺部の縦断裂は診断に苦慮することが多く、深屈曲位でのロッキングが特徴の一つであるhypermobile meniscusの診断は極めて困難である¹⁵⁾。

4) ACLに合併する半月損傷

内・外側ともに、中～後節部にかけての縦断裂が多く、診断は比較的簡単である(図10-a, b)。

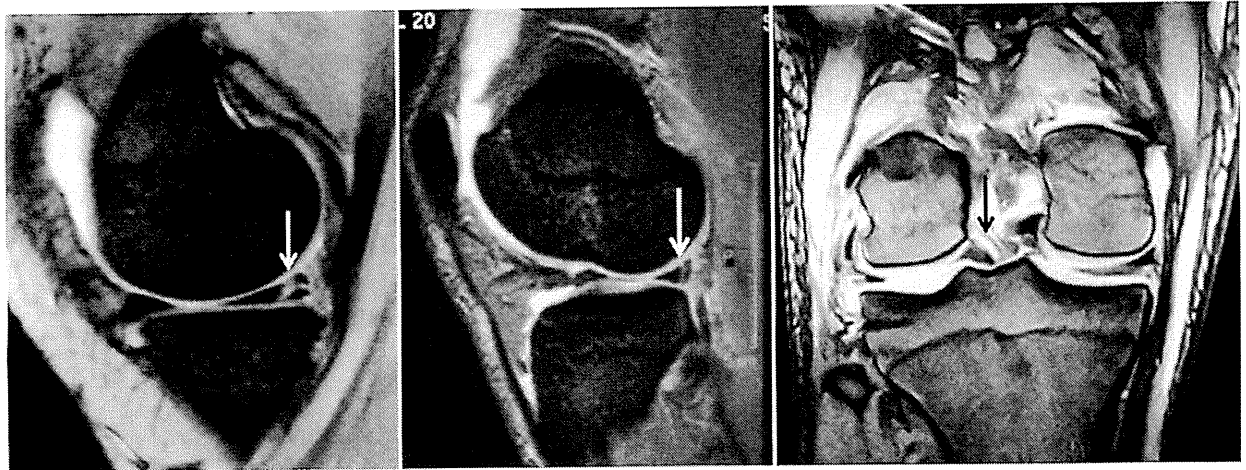


a. 円板状半月損傷
左膝の外側の半月は周辺部で損傷しており、顆間にやや転位している(矢印)。

b. 外側半月の前節部の縦断裂
外側半月の前節部に高輝度陰影がある(矢印)。

c. 外側半月の中節部の横断裂
関節包近傍の矢状断像で診断(矢印)

図 9. 外側半月単独損傷の MRI 所見



a. ACL 損傷に合併した内側半月の縦断裂
水平にも損傷(矢印)がある。

b. ACL 損傷に合併した外側半月の縦断裂(矢印)

c. ACL 損傷に合併した外側半月はバケツ柄に損傷し、顆間に転位し、ロックしている。顆間に転位した外側半月(矢印)

図 10. ACL 損傷に合併した半月の縦断裂

また、損傷した半月が顆間に転位している場合があるので注意する(図 10-c)。

7. 膝蓋骨脱臼, 反復性膝蓋骨脱臼

膝蓋骨高位、大腿骨顆部形成不全などの骨性要素、膝蓋大腿関節の位置関係、内側膝蓋大腿靭帯(以下、MPFL)損傷、外側膝蓋支帯の拘縮などが評価できる。

1) 単純 X 線

膝蓋骨軸写で膝蓋骨の形態(Wiberg 分類)、大

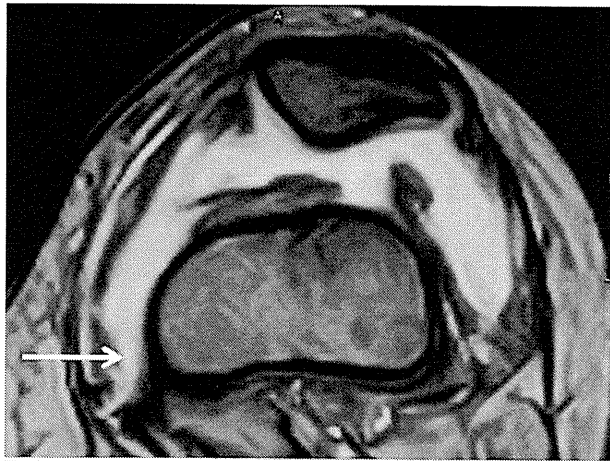
腿骨滑車の形態(sulcus angle)、膝蓋骨と大腿骨の適合性(tilting angle, lateral shift)、骨折の有無をみる。

2) CT

膝蓋骨脱臼に伴う骨軟骨骨折の診断には有用である。

3) MRI

膝蓋大腿関節の横断像で、MPFLと膝蓋骨軟骨の損傷に着目する(図 11-a, b)。初回脱臼例では、



a	
b	c

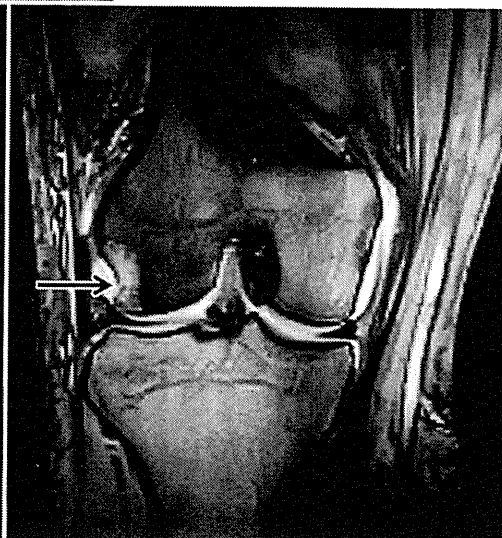
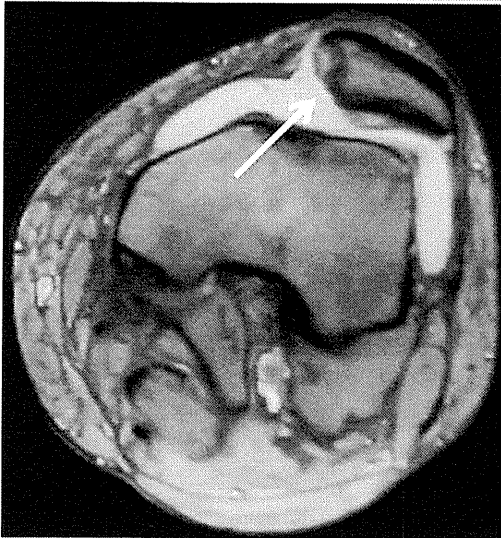
図 11.

膝蓋骨脱臼時の MRI 所見

a : 損傷 MPFL 所見. MPFL は大腿骨側で損傷し, 関節外に血腫が漏れている(矢印).

b : 膝蓋骨軟骨損傷. 膝蓋骨の central ridge から内側にかけての膝蓋骨の軟骨は欠損している(矢印).

c : 大腿骨外顆の骨挫傷(矢印)



MPFL の大腿骨側での途絶や高信号化があり¹⁵⁾, 大腿骨外側顆, 膝蓋骨に骨挫傷を認める(図 11-c). 反復性膝蓋骨脱臼では, MPFL の MRI 所見は術中所見とよく合致している¹⁶⁾. 動態解析は膝関節運動に伴う膝蓋骨の三次元的な動きを非侵襲的にかつ正確に測定でき, 病態解明が期待できる手法である¹⁷⁻¹⁸⁾.

8. 膝離断性骨軟骨炎

1) 単純 X 線

病巣部位に X 線が接線方向に入れば部位, 大きさがわかる. 大腿骨内側顆外縁部 classical site が最も多い.

2) CT

病巣部の大きさ, 病巣部軟骨下骨と母床との分離の程度が詳細にわかり, 治療方針, 治療効果の判定に有用である¹⁹⁻²⁰⁾. また, 遊離体があれば, 大

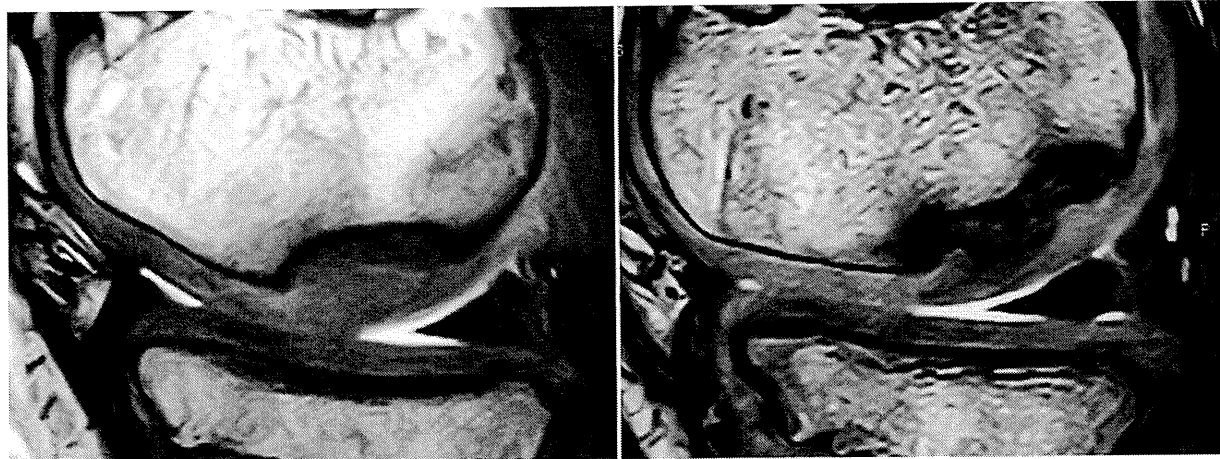
きさ, 個数, 場所の判断にも有用である.

3) MRI

T1 強調像では低信号, T2* 強調では不均一な高信号を呈する. De Smet ら²¹⁾の報告では T2 強調像での境界部の高信号が病巣部の不安定性の判断に有用な所見とされている. Gradient echo を用いた高速撮影法 balanced surge 法 (steady state acquisition with rewind gradient echo) を用いれば, 骨髓脂肪の位置情報のずれ (chemical shift artifact) による低信号帯の変化がわかり, 病態の解明につながる(図 12).

9. 軟骨損傷

軟骨損傷は, ① 病態(原因, 大きさ, 深さ, 部位), ② MRI 撮影法(選択的脂肪抑制法, 高分解能 MRI, magnetization transfer contrast(MTC)法, 遅延相軟骨造影 MRI など), ③ 外科的治療法



a. I度のMRI 所見

軟骨下の低信号域は整で、OCD 病巣部は均一である。

b. II度のMRI 所見

軟骨下の低信号域の不整で、OCD 病巣部は不均一である。

図 12. 膝離断性骨軟骨炎(OCD)のMRI 所見(balanced surge 法)

(microfracture/drilling, 自家骨軟骨柱移植術, 培養細胞移植術など)が様々なため, MRI 撮影方法を工夫して正確な病態把握のうえ, 外科的治療法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) Rosenberg TD, et al : The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 70(10) : 1479-1483, 1988.
- 2) Shino K, et al : The gravity sag view : a simple radiographic technique to show posterior laxity of the knee. *Arthroscopy*, 16(6) : 670-672, 2000.
- 3) Dietz GW, et al : Segond tibial condyle fracture : lateral capsular ligament avulsion. *Radiology*, 159 : 467-469, 1986.
- 4) 辻 成佳ほか : 前十次靭帯不全膝における lateral notch sign の病態と臨床的意義. *整形外科*, 51(1) : 9-14, 2000.
- 5) Sumen Y, et al : Anterior laxity and MR signals of the knee after exercise. A comparison of 9 normal knees and 6 anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Acta Orthop Scand*, 70(3) : 256-260, 1999.
- 6) Natsu-ume T, et al : Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with quadrupled hamstring tendons. A correlation between MRI changes and restored stability of the knee. *J Bone Joint Surg Br*, 83(6) : 834-837, 2001.
- 7) Howell SM, et al : Unimpinged and impinged anterior cruciate ligament grafts : MR signal intensity measurements. *Radiology*, 179(3) : 639-643, 1991.
- 8) 田中美成ほか : MRI による一重束, 二重束および三重束 ACL 再建靭帯の比較—MRI 斜矢状断像と斜冠状断像を併用して. 第3回 JOSKAS, 2011年6月(札幌にて口演).
- 9) Tanaka Y, et al : MRI analysis of the attachment of the anteromedial and posterolateral bundles of anterior cruciate ligament using coronal oblique images. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 19(Suppl 1) : S54-59, 2011.
- 10) Suzuki T, et al : Early integration of a bone plug in the femoral tunnel in rectangular tunnel ACL reconstruction with a bone-patellar tendon-bone graft : a prospective computed tomography analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 19(Suppl 1) : S29-35, 2011.
- 11) Akisue T, et al : Evaluation of healing of the injured posterior cruciate ligament : Analysis of instability and magnetic resonance imaging. *Arthroscopy*, 17(3) : 264-269, 2001.
- 12) Nakamura N, et al : Acute grade III medial collateral ligament injury of the knee associated with anterior cruciate ligament tear. The usefulness of magnetic resonance imaging in determining a treatment regimen. *Am J Sports Med*, 31(2) : 261-267, 2003.
- 13) Shiozaki Y, et al : Prediction of reparability of isolated semilunar lateral meniscus tears by

- magnetic resonance imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 10 : 213-217, 2002.
- 14) Mink JH, et al : Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee : MR imaging evaluation. *Radiology*, 167(3) : 769-774, 1988.
 - 15) Shiozaki Y, et al : MRI of medial patellofemoral ligament in recurrent patellar dislocation. 71th AAOS annual meeting, SF, 2004.
 - 16) Nomura E, et al : Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations. *Knee*, 9(2) : 139-143, 2002.
 - 17) Yamada Y, et al : In vivo movement analysis of the patella using a three-dimensional computer model. *J Bone Joint Surg Br*, 89(6) : 752-760, 2007.
 - 18) Yamada Y, et al : Morphological analysis of the femoral trochlea in patients with recurrent dislocation of the patella using three-dimensional computer models. *J Bone Joint Surg Br*, 89(6) : 746-751, 2007.
 - 19) Yonetani Y, et al : Histological evaluation of juvenile osteochondritis dissecans of the knee : a case series. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18(6) : 723-730, 2010.
 - 20) Yonetani Y, et al : Transarticular drilling for stable juvenile osteochondritis dissecans of the medial femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20(8) : 1528-1532, 2012.
 - 21) De Smet AA, et al : Untreated osteochondritis dissecans of the femoral condyles : prediction of patient outcome using radiographic and MR findings. *Skeletal Radiol*, 26(8) : 463-467, 1997.

