

ルーチン関節 MRI の進め方

新津 守

首都大学東京放射線学科

はじめに

関節の MRI はコイルの選択から体位肢位の決定まで選択の範囲が広い。更に機種ごとのアプリケーションの違いとそれによるシーケンス選択など、多種多様である。また更に、断層面の設定に関しても、その位置、角度、FOV、スライス厚、スライスギャップなど多くのファクターを決定しなければならない。

関節 MRI は脳神経系や腹部に比べて症例数が少ない割に解剖も複雑である。医師、技師ともに「労多くして実り少ない」ジャンルかもしれない。多くの施設で四苦八苦して日常検査をこなしているのが現状ではないだろうか？本稿を執筆中の 2007 年 7 月時点で、我が国の統一した「ルーチン MRI 検査法」は提唱されていない。したがって筆者の知るところの限られた現状ではあるが、日常診療に応用できる最低限のルーチン検査を提案しようと思う。なお、紙面の都合上、膝関節、股関節、足関節の 3 関節について述べる。

関節 MRI の全般的事項

1. T₁強調よりもプロトンに近い中間的画像を

靭帯や半月板、関節唇、関節軟骨の描出を目的とする関節 MRI においては、従来の「MRI は T₁、T₂ から」という概念は捨てるべきである。通常の T₁強調画像において、低信号を示す関節液と、同じく低信号を呈する靭帯、軟骨

などのコントラストはつきづら（Fig. 1a）。一方、TR を 1000～2000 ms くらい、TE を 20～40 ms くらいとした中間的画像がこれらのコントラストを向上して撮像可能である（Fig. 1b）。FSE を使用する場合は blurring を防止するために ETL (echo train length) を最大でも 5～6 程度に抑えることが必要である¹⁾。

2. T₂*も高分解能画像には有効

Gradient echo 法による T₂*強調も関節液と半月板、関節唇とのコントラストが良好で 3D 法も含めて短時間で高分解能画像獲得に威力を発揮する。Gradient echo 法の場合、out of phase 画像よりも in-phase 画像の方が boundary effect と呼ばれる境界面での低信号の縁取りがなく見やすくなる（Fig. 2）。

3. Magic angle 現象に注意

靭帯や腱などが静磁場方向と 55 度前後の角度をなすとこの現象が生じ、信号強度が上昇し病変と誤認する場合がある²⁾（Fig. 3）。Magic angle 現象は TE の短いシーケンスを用いる場合に生じるため、T₂強調画像を FSE か SE で撮像するのも回避方法の一つとなる。

検査前の注意事項

1. 検査着、耳栓について

関節 MRI の場合、なるべく検査着に着替えるべきである。肩関節の場合は上半身用の検査着、膝より下の場合はズボン型検査着のみでも可だが、事前になるべく全身を検査着に着替え

キーワード MRI, joint, pulse sequence, ligament

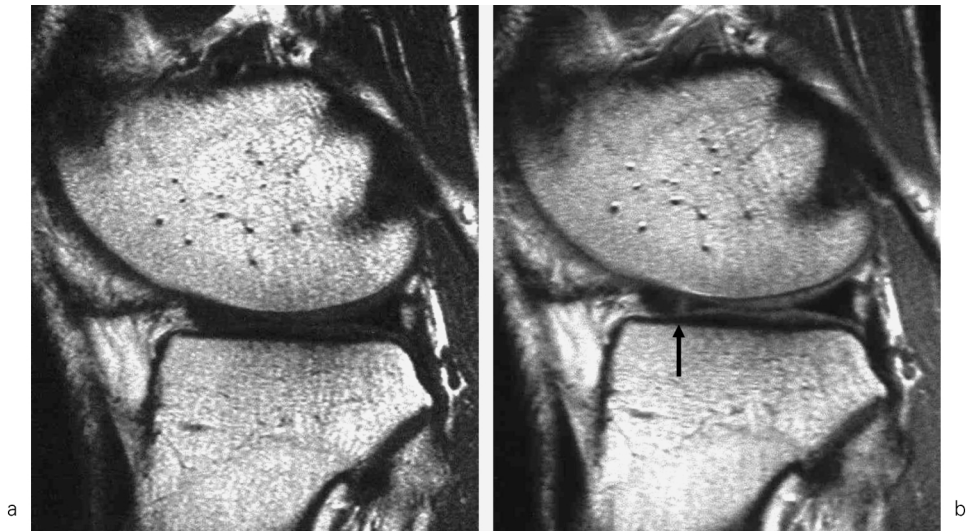


Fig. 1. Sagittal images of the knee joint with T₁ weighted (SE 350/14) (a) and with proton density weighted (FSE 1300/20) sequence (b). A tiny meniscal cleavage is demonstrated with proton density weighted sequence (arrow, b), however, obscured with T₁ weighted image.

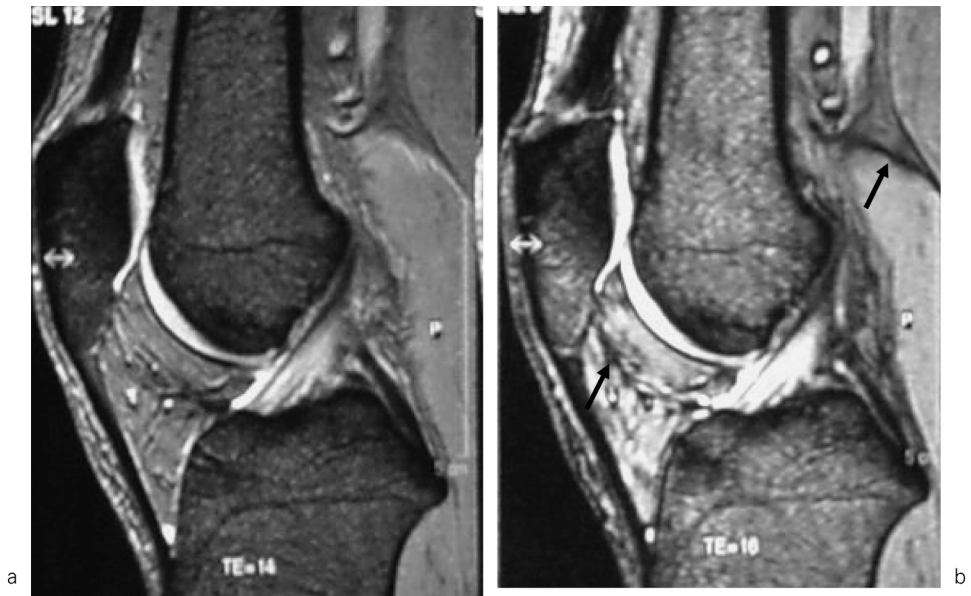


Fig. 2. In-phase gradient echo image (a, TE = 14 ms) and out-of-phase image (b, TE = 16 ms) in 1.5T unit. Boundary effects are observed in out-of-phase image with low intensity bands at the fat-water interfaces (arrows, b).

2007年8月15日受理

別刷請求先 〒116-8551 東京都荒川区東尾久7-2-10 首都大学東京放射線学科 新津 守



Fig. 3. Magic angle effect. A focal signal elevation is observed in supraspinatus tendon in a gradient echo image (arrow).

た方が安全である (Fig. 4). 特に肘, 手関節の場合, 肩痛などで腕を体側に降ろさざるを得ない場合に, 上半身のみ着替えたときにズボンのチャックなどがジャマになる. また耳栓も検査室に入る前に本人自身に装着してもらう方が支障なく検査ができる (Fig. 4).

2. マーカーについて

体表から触れる, 透見できる病変の場合はその皮膚面にマーカーを貼付すべきである (Fig. 5). T_1 , T_2 強調画像で共に高信号のマーカーが好都合であり, 具体的には中身に粘稠液の入ったカプセル剤 (アダラート, ワークミン, グラケイ, など) が医療現場では入手しやすい.

膝 関 節

前十字靭帯その他の描出能を向上するために膝は若干曲げるべきである³⁾. 屈曲角度は約15度程度で, そのためには膝裏に小さなクッションを置き, また従来使用されていた足首の固定具を取り去り, 砂嚢で下腿, 足首を固定するなどの工夫が必要である (Fig. 6). 冠状断, 横断像では対側膝からの折り返しが問題となる場合があるが, できるだけ双方の高さを変えて折

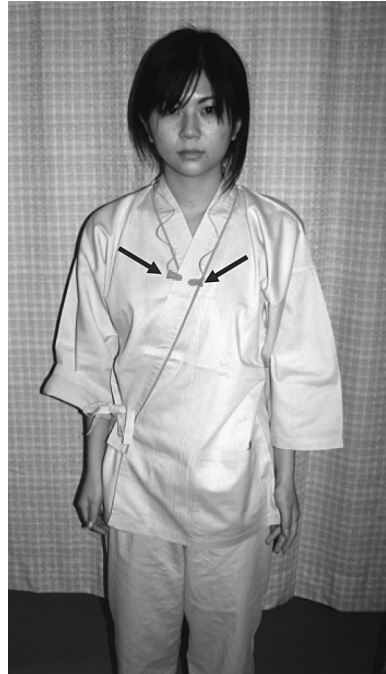


Fig. 4. Examination clothing. A whole body clothing is desirable. Before entering the examination room, patients have to be received ear pads (arrows) and accustomed to handle them before the examination.

り返しを防止する.

位置決め: 横断像を主体とした3方向があると設定しやすい.

矢状断: 膝MRIの基本断面である. 横断像から無理に前十字靭帯に当てようとする角度をつけると, 外側顆との partial volume effect により前十字靭帯の大腿骨附着部の描出が悪化する (Fig. 7). したがって1枚のスライスで前十字靭帯の全長をとらえるのではなく, 現状の高性能MRIでは3mm以下のスライス厚は容易に撮像できるはずであり, 隣接するスライスから前十字靭帯の走向を追うように評価した方がよい. また膝窩動脈からの artifact を避けるために矢状断は phase 方向を S/I に設定した方がよい.

冠状断: 横断像で大腿骨外側顆と内側顆を後



Fig. 5. Marker placement. Before the examination, the location of the lesion can be marked by placing a marker (capsule drug, arrow).

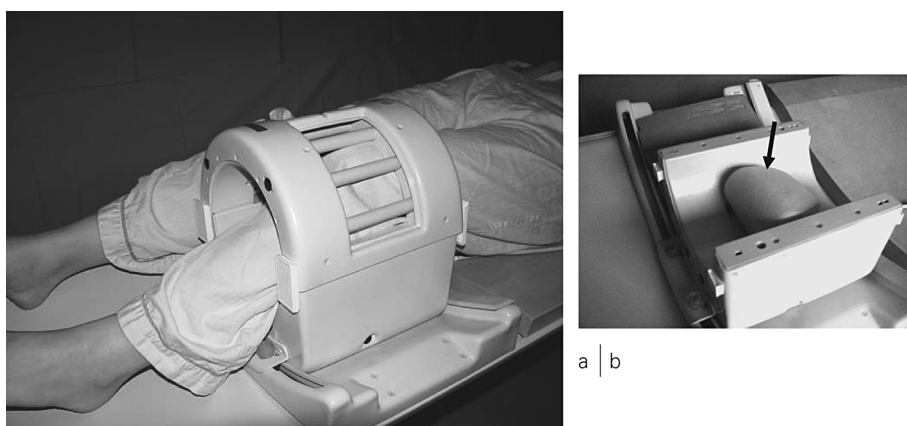


Fig. 6. Knee joint setting. A small pad is placed on the coil floor (arrow, b), and the knee can be flexed approximately 15 degrees within the cylindrical knee coil (a).

縁として冠状断を設定すると半月板の後縁が欠ける危険性は少ない (Fig. 8).

横断像：他施設ではあまり多用されていない現状があるが、靭帯や腱を追うのに有効であり、最低 1 シリーズは検査に含めるべきである。

ルーチン検査の一例：

位置決め：3 方向

矢状断像：プロトン強調，脂肪抑制-3DT₂*

強調（軟骨用）

冠状断像：脂肪抑制プロトン強調，脂肪抑制-3DT₂*強調（軟骨用）

横断像：脂肪抑制プロトン強調

股 関 節

股関節 MRI のセッティング上の注意点は脚を外旋しすぎない点である。通常、何も装具の

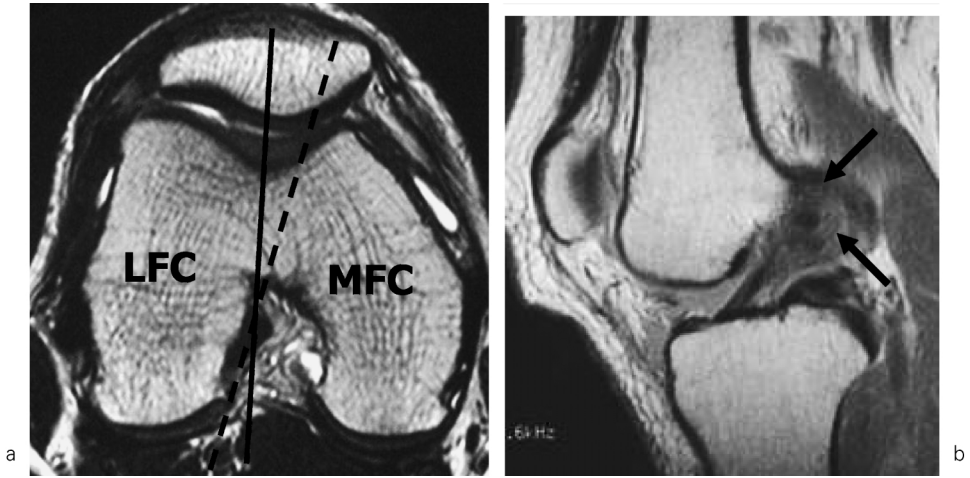


Fig. 7. Sagittal section setting from axial image. If oblique sagittal sections are positioned parallel to the inner surface of the lateral femoral condyle (LFC) (dotted line, a), the resultant image reveals mass-like artifact at the femoral attachment of the anterior cruciate ligament (arrows, b). The sagittal sections should be set in nearly true-sagittal direction.

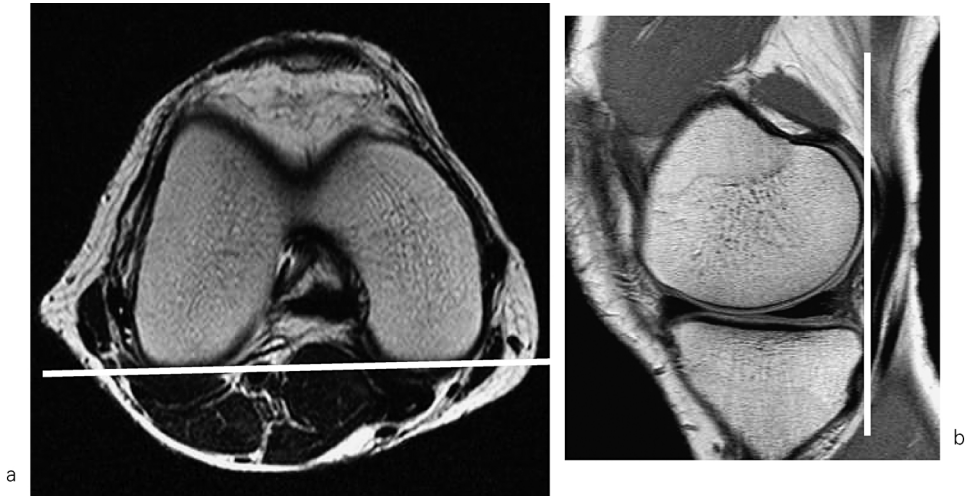


Fig. 8. Coronal section prescription. On axial image, a line between posterior edge of medial and lateral condyle is determined where meniscal posterior edge can be included.

ない状態で臥位になると両脚が開排し大腿骨は外旋する傾向がある (Fig. 9)。この場合、大腿骨頸部の長軸と臼蓋に垂直な軸との解離が拡大し、生理的な関節状態を再現しづらくなるため推奨できない。これに対し足首を軽度固定す

ると大腿骨の外旋が制限され、上記2軸の解離も縮小する (Fig. 10)。また脚の保持のため膝窩部にクッションを置いた方が安定する (Fig. 10)。

股関節のMRIは高率に両側発生する大腿骨



a
b



Fig. 9. Inappropriate setting of the hip joint. External rotation of the femur makes more divergent of the femoral neck (line) against the perpendicular line of the acetabulum (dotted line).

頭壊死をチェックする場合は両側股関節を含める必要がある。また単純性股関節炎など、片側にわずかな関節液貯留を来す場合もあるため、両側股関節の評価はルーチン検査からは外せない。一方、関節唇や関節軟骨病変などでは高分解能画像が必須であり、この場合は専用のコイルを用いて片側だけの検査となる。したがって可能であれば、患側に専用コイルを設置し、その上から両側股関節用に躯幹用のフェイズド・アレイ・コイル（ない場合はボディ・コイル）を巻きつけると両者に対応可能である。

他の関節と同様に骨壊死など骨病変を検索する必要もあるため理想的には T₁ 強調画像が必要であるがプロトン強調でも十分に代用可能である。また FSE を用いた T₂ 強調画像では骨髓浮腫は脂肪髄の高信号と識別が困難であるため脂肪抑制を加えるか、STIR で代用することが望ましい⁴⁾ (Fig. 11)。

ルーチン検査の一例：

位置決め：矢状断像

両側の股関節を含めた冠状断像：T₁ 強調
（又はプロトン強調）脂肪抑制 T₂ 強調
（又は STIR）

両側の股関節を含めた横断像：T₂ 強調

関節唇、軟骨病変（片側のみ、高分解能）：
斜冠状断像（白蓋面に垂直）：プロトン強調、T₂* 強調

足 関 節

膝用コイルを足関節に使用する場合は足の底屈が強制される (Fig. 12)。足先を出すことができる足用コイルでは生理的な角度で背屈しながら固定が可能である (Fig. 13)。またヘッドコイルを用いると両足同時撮像が可能であり、左右の対比に役立つ⁵⁾。

したがって足関節は用いるコイル形状によりその撮像肢位が変わることになる。ここで問題となるのは体軸の延長上での「横断像」の扱い

である。体軸は足関節で90度曲がっているため「横断像」の定義が曖昧となる。「横断像」を足底とほぼ平行な面とするのか、足底に直角に近い面とするのかの定義は緒家による異なるようである。いずれにせよ、複数回の検査を行う場合にコイルの形状による足関節の固定角度の違いや「横断像」の定義にかかわらず、一定の断面を安定して撮像できる方法が必要となる。

ここでは一応、「横断像」を足底とほぼ平行とした場合であるが、提案したい方法は、撮像面を後距骨下関節に平行とする定義である。後距骨下関節は外側と内側で角度が異なるため、内側よりの一番傾斜の無い平面を用いるとよい (Fig. 14)。それを用いると「横断像」が足関節の固定角度の違いにかかわらず再現性が保たれやすいと思われる⁶⁾。

ルーチン検査の一例：

位置決め：矢状断像

横断像（後距骨下関節に平行）：プロトン強調， T_2^* 強調

冠状断像（横断像に垂直）：プロトン強調， T_2^* 強調中心に適宜

矢状断：プロトン強調， T_2^* 強調中心に適宜

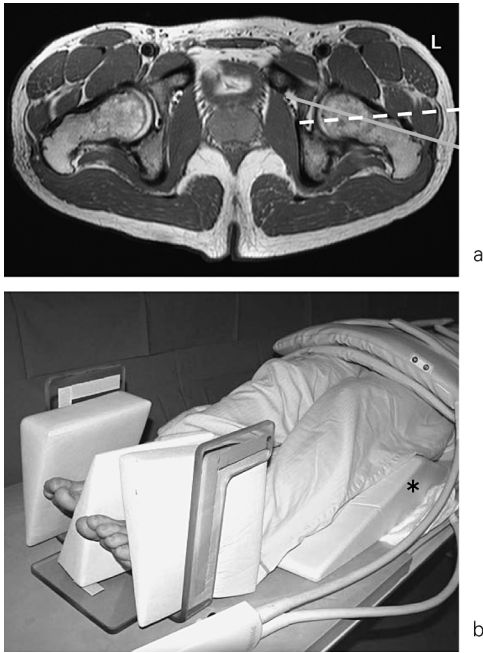


Fig. 10. Lower leg fixation prevents external rotation of the femur. The 2 lines get closer than in Fig. 9. A cushion (*) below the knee makes the legs stable.

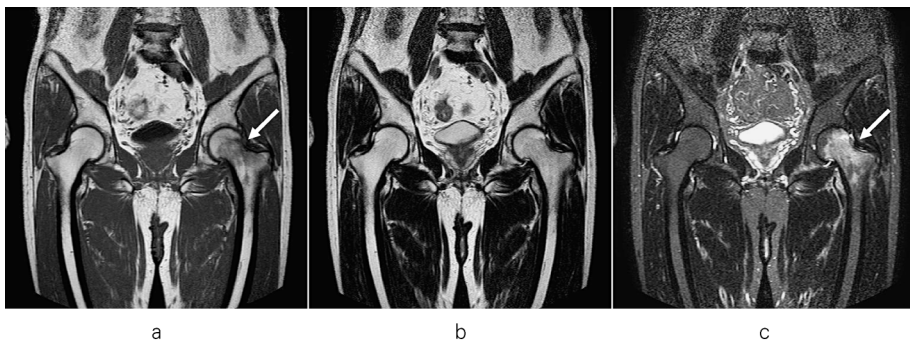


Fig. 11. T₁WI(a), T₂WI (by FSE, b), and STIR image of the bilateral hip. T₂WI (by FSE) cannot reveal bone marrow edema in left femoral neck, which is readily demonstrated in T₁WI and STIR (arrows).

ルーチン関節 MRI の進め方

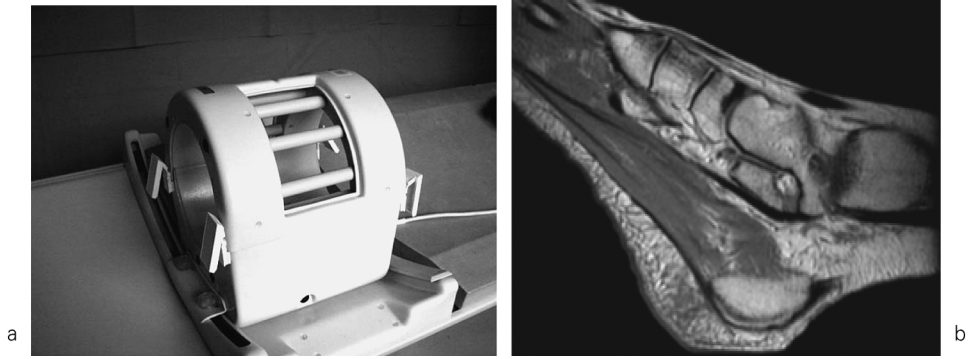


Fig. 12. Knee coil (a) and plantar flexion of the ankle joint (b).



Fig. 13. Knee and foot coil (a) and neutral position of the ankle joint (b).

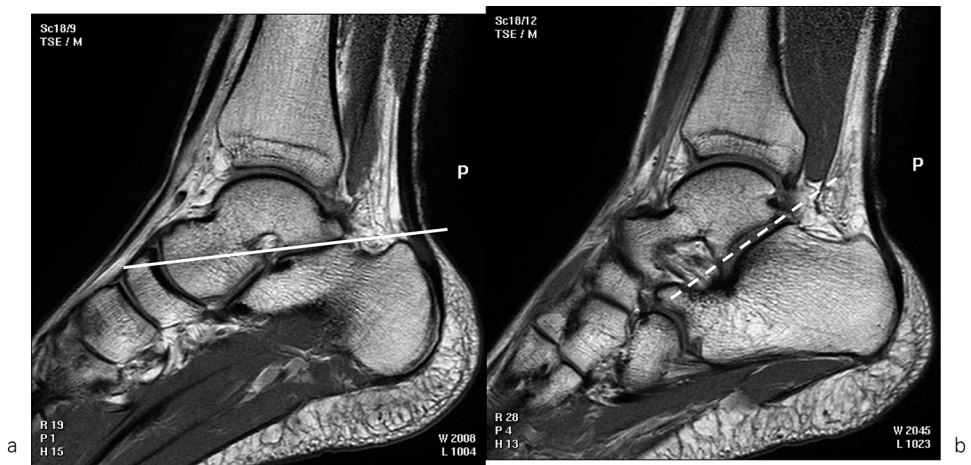


Fig. 14. Posterior subtalar joint. On lateral site, the joint angle is steep (dotted line, b), we should adopt the medial joint angle (solid line, a).

文 献

- 1) Escobedo EM, Hunter JC, Zink-Brody GC, et al. : Usefulness of turbo spin-echo MR imaging in the evaluation of meniscal tears : comparison with a conventional spin-echo sequence. *AJR Am J Roentgenol* 1996 ; 167 : 1223-1227
- 2) Erickson SJ, Prost RW, Timins ME : The “magic angle” effect : background and clinical relevance. *Radiology* 1993 ; 188 : 23-25
- 3) Niitsu M, Ikeda K, Itai Y : Slightly flexed knee position within a standard knee coil : MR delineation of the anterior cruciate ligament. *Eur Radiol* 1998 ; 8 : 113-115
- 4) Froberg PK, Braunstein EM, Buckwalter KA : Osteonecrosis, transient osteoporosis, and transient bone marrow edema : current concepts. *Radiol Clin North Am* 1996 ; 34 : 273-291
- 5) Haygood TM : Magnetic resonance imaging of the musculoskeletal system : part 7. The ankle. *Clin Orthop Relat Res* 1997 ; 336 : 318-336
- 6) 新津 守編著. 関節MRI撮像のコツとアトラス. 東京 : メジカル・ビュー, 2006

Routine MR Examination of the Joints

Mamoru NIITSU

*Tokyo Metropolitan University Faculty of Health Sciences
7-2-10 Higashi-Ogu, Arakawa, Tokyo 116-8551*

Magnetic resonance (MR) examination of the joint involves a variety of procedures, including coil selection, coil setting, and body positioning ; choice of method from a variety of pulse sequences that differ among individual MR vendors ; and choices of section location, slice angle, field of view, slice thickness/gap.

Joint morphology is complicated, and the numbers of examinations of the joint are limited and still seem unfamiliar compared to MR examinations available for the brain or abdomen. Therefore, I suggest the minimal essence of performing routine MR examination of the joint, predominantly in terms of the technical and practical aspects.