

9

骨軟部

骨軟部領域の標準的撮像法

A 脊椎の撮像法

総論

脊椎・脊髄病変が疑われる場合、まず単純 X 線写真が撮影される。次に病変の同定、原因の究明のために MRI や CT が施行されるが、MRI のほうが得られる情報が多く、通常は MRI が優先される。骨の詳細な評価が必要な場合には CT が施行され、必要に応じて脊髄・椎間板造影が追加される。

各論

1 単純 X 線写真

基本的撮影法は正面像と側面像の 2 方向撮影である。椎間孔狭窄症や脊椎分離症が疑われる場合には、両斜位像を加えた 4 方向撮影を行う。環軸椎亜脱臼や椎体すべりなどの脊椎不安定性を評価する場合には、前屈・後屈側面像を追加する。頸椎外傷による歯突起骨折や関節リウマチによる環軸関節破壊、小児で好発する環軸椎回旋位固定を評価する場合には、開口位正面像を追加する。

2 脊髄造影・椎間板造影

脊髄造影は様々な原因による脊髄・神経根鞘圧排、脊柱管狭窄の評価を目的として、椎間板造影は椎間板の形態評価、椎間板性疼痛誘発・再現による機能的診断を目的として、それぞれ施行される。CT との併用 (CT 脊髄造影, CT 椎間板造影) で施行されることもある。両検査ともに MRI の普及に伴い、適応が限られてきている。

3 CT

後縦靭帯骨化症などの石灰化・骨化病変や骨折線、椎間・椎体内ガスの描出、脊柱管狭窄の評価のために施行される。収集スライス厚は装置の最小 (1 mm 以下) が望ましい。作成する MPR 像は横断、矢状断、冠状断の 3 方向が基本で、必要に応じてほかの断面を追加する。SSD (surface rendering, shaded surface display) 法、VR 法による 3 次元像は複雑な構造を立体的に把握するのに有用で、環軸椎亜脱臼や歯突起骨折など、3 次元的な位置関係の把握が求められる場合に用いられる。CT は MRI と相補的な関係にあるため、相互の長所・短所を見極めた活用が望まれる。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

撮像は仰臥位で行う。側弯を来している場合には、体軸を極力まっすぐにする。頸椎の撮像では嚙下や脳脊髄液・血管拍動によるアーチファクトを避けるため、義歯を外して嚙下、首の動きを最小限に抑えるようにする。脊椎用 phased array coil を用いるが、テーブル内にコイルを装備する装置では専用コイルを用意する必要はない。

② 撮像シーケンスと撮像断面

基本的な撮像断面は矢状断、横断の 2 方向である。矢状断像は両側椎間孔が十分に含まれる撮像範囲を設定する。T2 強調矢状断像は解剖や病変の全体像を把握しやすく、これを最初に撮像する。T1 強調矢状断像は骨髄病変や T1 強調像で高信号を示す病変 (血腫、脂肪腫など)、神経根嚢胞の描出、脊柱管内脂肪の評価に役立つ。横断像は撮像断面設定が臨床徴候、疾患により異なる。脊椎変性疾患を対象とする場合は、椎間

表 1 MRI の推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	頸椎, 胸椎: 20~34 cm
	腰椎: 16~20 cm
スライス厚	頸椎: 3~4 mm
	胸椎, 腰椎: 4~5 mm
マトリックス	256~512×132~270

レベルとその上下3スライスの設定が勧められる。脊髄病変や脊柱管内病変を疑う場合は適宜病変レベルの設定を行い、これが広範囲の場合は椎体・椎間レベルの1断面ずつの設定が望ましい。T2・T2*強調横断像は脊柱管狭窄、脊柱管内の評価に有用である。T2強調像はT2*強調像と比べて脊髄病変の検出感度が高く、磁化率アーチファクトを生じにくい、脳脊髄液・血管拍動によるアーチファクトを生じやすい欠点がある。従って、頸椎、胸椎の横断像は、脊椎変性疾患を対象とする場合にはT2強調像よりもT2*強調像が勧められ、病変そのものの信号強度や脊髄病変の評価が必要な場合、金属インプラントが挿入されている場合にはT2強調像が望ましい。ただし、T2*強調像は脊柱管狭窄を過大評価する場合があるので注意が必要である。腰椎の横断像はT2強調像が勧められる。T1強調横断像は、T2・T2*強調横断像にて周囲構造と椎間板ヘルニアの鑑別に難渋する場合や大きく偏位した椎間板ヘルニアと神経根との関係をみたい場合に有用である。冠状断像は神経根と突出した椎間板、骨棘、腫瘍との位置関係や傍脊椎病変の評価に有用である。脂肪抑制T2強調像、STIR像は骨髄病変や脊椎周囲病変の検出に優れるが、STIR像は脂肪抑制T2強調像よりも金属によるアーチファクトが生じ難く、頸椎、胸椎などの磁場の不均一な部位でも安定した脂肪抑制が得られる。MR脊髄造影は2D法と3D法があるが、時間分解能やコントラストが良好な3D法が普及している。侵襲性の高い脊髄造影の代替検査として使用されている。腰椎では良好な画像を得やすいが、頸椎、胸椎ではくも膜下腔が狭く髄液拍動によるアーチファクトや磁場不均一の影響があり、画像劣化を来しやすい。

撮像パラメータはMR装置で異なるが、推奨される重要なパラメータを表1に示す。

③ 基本的撮像法

基本的撮像法は骨髄、椎間板、脊柱管内、脊髄を評価できる必要がある。また、血腫や腫瘍性病変(腫瘍、嚢胞など)などが発見された場合にも、ある程度の質的診断が可能でなければならない。上記した矢状断像と横断像の組み合わせが勧められる。以下に例を示す。

(1) 頸椎 (図1), 胸椎

矢状断像: T1強調像, T2強調像, 脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

横断像: T1強調像, T2*強調像またはT2強調像

(2) 腰椎 (図2)

矢状断像: T1強調像, T2強調像, 脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

横断像: T1強調像, T2強調像

頸椎、胸椎の横断は基本的にT2強調像よりもT2*強調像が推奨されるが、病変そのものの信号強度や脊髄病変の評価が必要な場合はT2強調像が望ましい。外傷の精査の場合には、脊髄損傷(出血)の検出にT2*強調像が有用とされている。基本的撮像に矢状断T2*強調像を追加し、横断のT2強調をT2*強調像に変更することが望ましい。

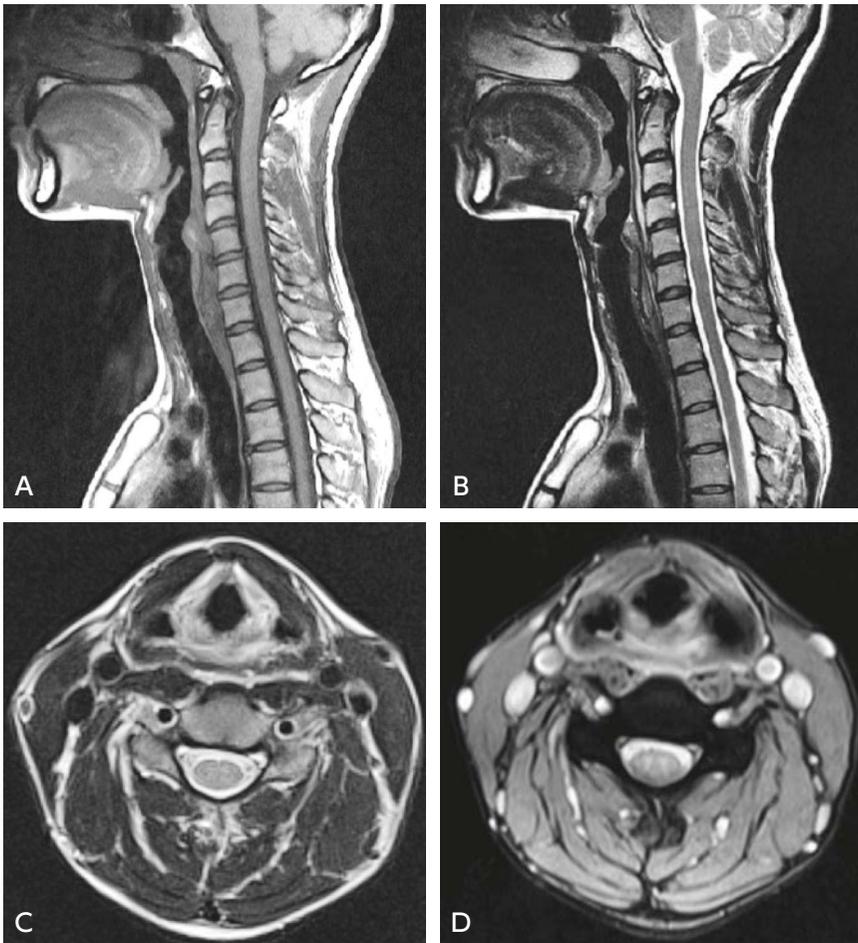


图 1 颈椎 MRI

A : T1 強調 (矢状断像), B : T2 強調 (矢状断像), C : T2 強調 (横断像),
D : T2* 強調 (横断像)

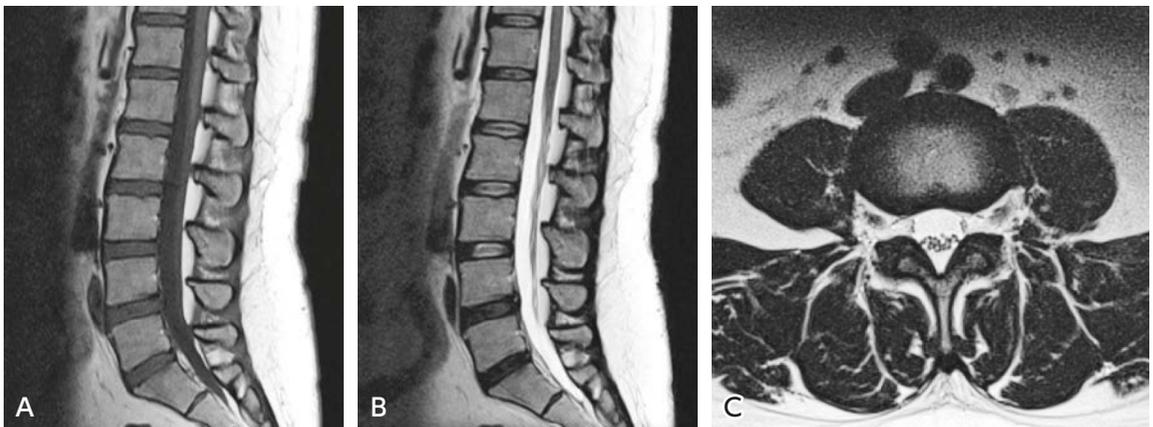


图 2 腰椎 MRI

A : T1 強調 (矢状断像), B : T2 強調 (矢状断像), C : T2 強調 (横断像)

B 関節の撮像法

総論

関節の画像診断は、現在でも単純 X 線写真が基本である。以前は精査のために関節造影がよく施行されていたが、画像装置の進歩、普及に伴いこの適応は限られてきており、特に MRI が活用される機会が多くなっている。関節の MRI は小さな構造を評価することが必要とされ、撮像には特に撮像範囲と撮像断面の設定、解像度に注意を払う必要がある。他の部位と異なりプロトン密度強調像が多用されるが、この撮像法はブラーリングアーチファクトによる画像劣化が生じやすく、この軽減のためにエコートレイン数を比較的小さく設定することが望ましい。以下に各関節における撮像法について述べる。

肩関節の撮像法

1 単純 X 線写真

基本的撮像法は正面像と横断像の 2 方向撮影である。正面像は通常は中間位を撮影し、必要に応じて内旋位、外旋位の撮影を追加する。肩甲骨側面像（スカプラ Y 像）は肩峰下面の観察に適しており、腱板断裂や肩峰下インピンジメントの診断の際に撮影する。内旋位正面像や屈曲位半軸位像（ストライカー像）は反復性肩関節脱臼・亜脱臼で生じる上腕骨頭後外側部の陥没骨折（ヒル-サックス病変）の描出に有用である。挙上位ゼロポジション像、下垂位での下方ストレス撮影は関節弛緩や動揺性肩関節の診断に役立つ。結節間溝撮影は上腕二頭筋長頭腱の損傷、炎症を疑う場合に、結節間溝の骨棘突出や狭小化の評価のために行う。

2 関節造影

関節包または滑液包の造影による腱板や関節唇などの軟部組織病変の診断は MRI の出現により適応が限られてきている。しかし、関節造影には運動時痛の原因精査などにおいて通常の MRI では難しい動態観察ができ、joint distension（関節内圧の減圧）などの治療をあわせて行えるなどの利点がある。CT、MRI との併用（CT 関節造影、MR 関節造影）で行うこともある。

3 CT

骨折の評価や関節内遊離体、石灰化の描出などのために施行される。収集スライス厚は装置の最小（1 mm 以下）が望ましい。作成する MPR 像は横断像、肩甲関節窩に平行な斜矢状断像、それと直交する斜冠状断像の 3 方向が基本で、必要に応じてほかの断面を追加する。骨折では単純 X 線写真の補助的な役割を担い、骨折線の有無、骨片の数や位置、転位の方向、関節面の状態などを評価できる。SSD 法、VR 法による 3 次元画像は骨折、脱臼の立体的把握に適しており、これらの整復、接合、機能再建術の術前計画などに有用である。CT 関節造影は関節唇、関節側腱板などの関節内構造の評価のための施行されることがある。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

仰臥位にて、上腕は手掌を体幹に向けた無理のない自然な中間位からやや外旋位とするが、外旋位は疼痛を惹起する可能性があることに注意する。動きによるアーチファクトを低減させるためにスポンジなどを活用し、肩専用コイル（フェイズドアレイコイルやフレックスコイルなど）により肩関節を固定する。呼吸運動に対してはバスタバンドなどを使用する場合もある。肩関節は体の外側に位置しガントリーの中心から離れているため、ポジショニングや静磁場の均一性を高める工夫が必要である。

② 撮像シーケンスと撮像断面

T2 強調像は腱板の評価に有用だが、関節唇病変の描出感度が低い。T2* 強調像は関節唇の評価に有用だが、腱板は正常でもマジックアングル効果による偽病変が出現するために、評価に注意が必要である。また、これ

表 2 MRI の推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	15~18 cm
スライス厚	3~4 mm
マトリックス	256×230
プロトン密度強調像のエコートレイン数	4~6



図 3 肩関節 MRI

A : T2*強調 (横断像), B : T2 強調 (斜冠状断像), C : 脂肪抑制 T2 強調 (斜矢状断像)

らの撮像法では骨髓病変が不明瞭になる。脂肪抑制 T2 強調像, STIR 像は腱板を含めた軟部組織, 骨髓の病変を高感度に描出できる。プロトン密度強調像は腱板, 関節唇の評価に有用だが, これも腱板にマジックアングル効果による偽病変が出現し, 評価に注意が必要である。T1 強調像は得られる情報が少ないが, 骨髓評価, 血腫や腫瘍性病変 (腫瘍, 嚢胞など) などの偶発的な異常所見の評価に有用である。

基本的な撮像断面は横断, 斜冠状断, 斜矢状断の 3 方向である。横断像は肩甲関節窩 (または体幹軸), および上腕骨 (または体幹軸) に垂直となるようにし, 肩鎖靭帯から肩甲下筋までを含める。斜冠状断像は棘上筋に平行とし棘下筋から肩甲下筋までを十分に含め, 斜矢状断像は肩甲関節窩に垂直に設定し三角筋から肩甲骨中央まで含める。外転外旋位ではスカウト冠状断面から上腕骨長軸に平行な斜横断像を撮像し, 斜冠状断像や斜矢状断像を適宜追加する。腱板は斜冠状断像と斜矢状断像が, 上腕二頭筋長頭腱の関節内部は斜矢状断像と斜冠状断像が, 結節間溝部は横断像が, 関節上腕靭帯と腱板疎部は斜矢状断像と横断像が, 関節唇は横断像と斜冠状断像が, それぞれ評価に有用だが, 基本の 3 方向の断面像を相補的に評価して診断する。

撮像パラメータは MR 装置により異なるが, 推奨される重要なパラメータを表 2 に示す。

③ 基本的撮像法

基本的撮像法は腱板, 上腕二頭筋長頭腱, 関節唇を含めた安定機構, および骨髓を評価できる必要がある。T2 強調像, T2*強調像を基本とし, 1 方向以上の脂肪抑制 T2 強調像を撮像することが望ましい。T1 強調像は骨髓評価, 血腫や腫瘍性病変があった場合を考慮し, 1 方向撮像することが望ましい。以上を踏まえたうえで撮像法が決定される。以下に例を示す (図 3)。

斜冠状断像 : T1 強調像, T2 強調像または脂肪抑制 T2 強調像※

斜矢状断像 : T2 強調像または脂肪抑制 T2 強調像※

(※斜冠状断 T2 強調像と斜矢状断脂肪抑制 T2 強調像, または斜冠状断脂肪抑制 T2 強調像と斜矢状断 T2 強調像の組み合わせにする)

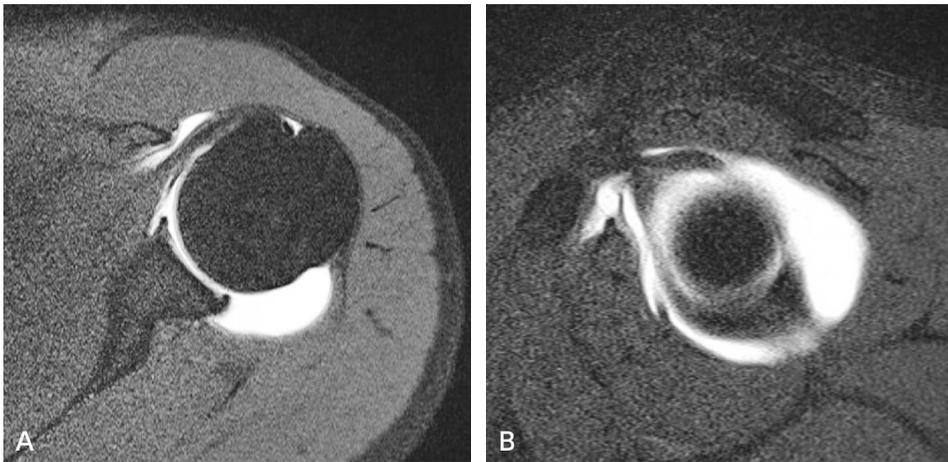


図4 肩関節（直接 MR 関節造影）

A：脂肪抑制 T1 強調（横断像），B：脂肪抑制 T1 強調（斜矢状断像）

④ MR 関節造影

関節唇、上腕二頭筋長頭腱関節唇複合体、関節上腕靭帯、腱板関節側などの関節内構造の損傷評価のために用いられる。MR 関節造影は関節内に造影剤の希釈液を注入し撮像する直接 MR 関節造影と経静脈造影後に運動負荷を加えて撮像する間接 MR 関節造影がある。直接 MR 関節造影は生理食塩水で 100～250 倍に希釈したガドリニウム造影剤を 10～20 ml 関節内へ注入後に撮像する（図 4）。侵襲的だが、関節包の十分な伸展を得ることができる。間接 MR 関節造影は低侵襲だが、運動負荷が必要である、関節包の十分な伸展が得られない、軟部組織の造影効果が評価の妨げになるなどの欠点がある。直接 MR 関節造影のほうが一般的である。

脂肪抑制 T1 強調像を基本の 3 方向で撮像し、外旋外転位での撮像を適宜追加する。しかし、この体位は疼痛を惹起する場合があります、すべての症例でできるわけではない。関節内構造の損傷を造影剤の漏出や染み込みにより評価できる。関節内外の液体貯留の鑑別のため、脂肪抑制 T2 強調像をいずれかの断面で追加撮像することが望ましい。

⑤ 関節内造影剤投与について

現在、本邦において関節内に投与が認められているのはヨード造影剤 1 剤のみであり、ガドリニウム造影剤の添付文書に関節内投与についての記載はない。ガドリニウム造影剤の関節内投与は本邦のみならず世界中で広く受け入れられている手技であるが、MR 関節造影を施行する場合には、事前に患者への十分な説明を行い患者からの同意を得る必要がある。

■ 肘関節の撮像法

1 単純 X 線写真

基本的撮影法は正面像、側面像の 2 方向撮影である。正面像は伸展位で、側面像は 90 度屈曲位で前腕を回内外中間位にして撮影する。斜位像はわかりにくい骨折、特に橈骨頭や尺骨鉤状突起、小児の外側上顆の骨折の検出に役立つ。上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎は、通常の正面像よりも 45°屈曲位正面像の方が病変の描出が良好となる。肘部管症候群の場合は、尺骨神経溝撮影にて骨棘形成や尺骨神経溝の変形を観察する。内反・外反ストレス撮影は内側・外側側副靭帯損傷による不安定性の評価のために行う。小児の外傷で判断に迷う場合には健側を撮影して比較することも有用であるが、放射線被ばくの増加には注意が必要である。

2 関節造影

MRIによる関節構成成分の描出能が向上したため、適応は限られている。内側側副靭帯の部分断裂では断裂部に造影剤が入り込む様子がCTもしくはMR関節造影にて認められ、非造影検査よりも検出能が上がる。

3 CT

急性外傷における骨折の有無、関節面の状態、転位骨片、関節可動域制限の原因となる関節内遊離体や骨棘の状態精査のために施行されることが多い。MPR像は関節面に対して横断、矢状断、冠状断の3方向を作成するが、あらゆる方向からの画像再構成を高い分解能で可能とするため、収集スライス厚は使用機種を最小(1mm以下)とする。MPR像は横断、矢状断、冠状断の3方向を作成する。この場合、再構成スライス厚は2mm以下とする。VR像は術前のシミュレーションなどに利用されるが、閾値の設定によっては小さな骨折や遊離体の描出が難しくなるため、MPRの補助として用いられる。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

仰臥位にて肘を伸展し腕を下ろした状態とする。側副靭帯の描出を良好にするため、上腕に対する前腕の回旋を最小限にする。体格が大きい場合は肘関節がガントリーの辺縁となり静磁場中心から外れて画質が不良となるため、身体を斜めにして少しでも中心に近づけるようにする。腹臥位で撮像側の腕を挙上する方法もあるが、肩関節に負担がかかるため、動きによるアーチファクトが生じやすくなる。静止可能な体位かどうかを被験者に確認し、無理のない状態で検査を行うことが重要である。

使用コイルは円形もしくは長方形コイル、手・肘コイルを用いる。関節内構造を詳細に調べたい場合は、空間分解能をあげるため直径7~8cm程度までの小円形コイルや手・肘コイルを使用する。

② 撮像シーケンスと撮像断面

撮像シーケンスは目的とする構造により変更する。靭帯を目的とする場合はT2*強調像、脂肪抑制T2強調像もしくはSTIR像、プロトン密度強調像が適している。伸筋共同腱、屈筋共同腱の精査にはT2強調像、脂肪抑制T2強調像もしくはSTIR像が有用である。骨傷の検出感度はSTIR像、脂肪抑制T2強調像が高く、T1強調像は骨折線や関節内血腫の評価に優れる。関節軟骨評価には脂肪抑制プロトン密度強調像、3D脂肪抑制GRE-T1強調像、3D水選択的筋起GRE法が有用である。なお、肘関節の撮像では撮像部位が磁場の辺縁になるため、脂肪抑制T2強調像よりSTIR像の方が十分な脂肪抑制効果を得られることが多い。

基本的な撮像断面は横断、冠状断、矢状断の3方向である。横断像は上腕骨の長軸に垂直となるようにし、上腕骨遠位骨幹端から橈骨粗面までを含める。冠状断像は上腕骨遠位骨幹端レベルの横断像にて内側上顆と外側上顆を結ぶ直線もしくは前縁を結ぶ直線に平行に設定する(図5)。矢状断は冠状断に垂直な断面とする。

撮像パラメータはMR装置により異なるが、推奨される重要なパラメータを表3に示す。GRE法で3Dデータ収集を行うと、スライス厚を2mm以下にすることも可能で、より空間分解能の高い画像が得られる。

③ 基本的撮像法

基本的撮像法は側副靭帯、腱起始部、骨髄の評価をできることが重要である。冠状断像は側副靭帯、腱起始部の評価に有用で、横断像は主に筋肉などの軟部組織の評価のために撮像される。STIR像、脂肪抑制T2強調像は各構造の評価に有用で、少なくとも冠状断像と横断像を撮像することが望ましい。T1強調像は得られる情報が少ないが、骨髄、血腫、腫瘍性病変の評価に有用で、冠状断または矢状断で撮像することが勧められる。撮像時間は約30分以内にする。以上を踏まえた上で撮像法が決定される。以下に例を示す。

冠状断像：T2*強調像、脂肪抑制T2強調像またはSTIR像、プロトン密度強調像

矢状断像：T1強調像、脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

横断像：STIR像



図5 肘関節 MRI

A : T1 強調 (横断像), B : T2*強調 (冠状断像)

表3 MRIの推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	10~14 cm
スライス厚	3~4 mm
マトリックス	256×230~204
プロトン密度強調像のエコートレイン数	4~6

関節軟骨の精査が必要な場合には、矢状断の脂肪抑制プロトン密度強調像や3D脂肪抑制GRE-T1強調像、3D水選択的励起GRE法を追加してもよい。投球障害やロッキングなど可動域制限がある症例では、T2*強調像が小さな遊離体の検出に役立つ。

■ 手関節の撮像法

1 単純X線写真

手関節単純撮影では正面・側面像を基本とし、必要に応じ他の撮影法を追加する。例えば、舟状骨骨折は舟状骨の腰部に生じることが多く、舟状骨の長軸に沿った評価が可能な尺屈正面像が有用である。また、45°~60°回内位での斜位像では中央部から遠位部の骨折が明らかとなる。有鉤骨鉤状突起骨折では手根管撮影で診断する。手根不安定性の評価では、scapholunate angle (正常で30°~60°)の計測のため、背掌屈中間位での正確な側面像が必要である。

2 関節造影

関節造影は三角線維軟骨や舟状月状骨靭帯・月状三角骨靭帯の評価に用いられる。橈骨手根関節、遠位橈尺関節、手根中央関節の3コンパートメントの造影が標準的な方法と考えられてきたが、橈骨手根関節のみの造影でも同等の診断能を有することが示されている。関節造影の問題点として、橈側手根部痛の評価における有用性が限られていること、靭帯欠損部の正確な同定が難しく、欠損の程度に関する情報がないことが挙げられる。さらに、偽陽性(変性変化でも検査陽性になり得る)や偽陰性(コンパートメント間の交通性のない靭帯損傷については診断不可能)の問題もある。

3 CT

CTは微細な骨折や複雑な骨折の診断、骨折の治癒状況評価など骨の詳細評価を目的に施行される。スライス厚は1mm程度が望ましい。多断面再構成画像がこれらの評価に極めて有用である。横断、矢状断、冠状断のみならず、目的に合わせた断面で画像を作成することが可能である。3次元再構成画像(SSD法やVR法)は病変部の立体的な位置関係の把握に用いられる。

4 MRI

MRIにより手根部や手指の複雑な骨軟部組織の構造を詳細に評価することが可能である。近年、高磁場化やコイル技術の発達により、靭帯、腱、神経などの構造をより鮮明に描出することが可能となり診断精度の向上に寄与している。

① 撮像体位と使用コイル

片手の撮像の場合、可能であれば腹臥位とし手を頭より上に挙上した状態で固定して撮像する(“superman” position)が、姿勢の保持が困難な場合は仰臥位にて肘を伸展し、手を体側部で固定して撮像する。できるだけ検査台の中央で撮像するために側臥位に近い状態とすることもある。使用コイルは小円形コイルが基本であるが手全体や両手の撮像では適切なコイルを選択する。

② 撮像シーケンスと撮像断面

撮像法はT1強調像、T2強調像、T2*強調像、プロトン密度強調像が主に用いられる。脂肪抑制法を適宜併用する。STIR像は均一な脂肪抑制効果を有することから、脂肪抑制T2強調像と同様の目的で頻用される3D-GRE法は微細構造の描出や出血に関連して生じるbloomingの評価に有利である。腫瘍および腫瘍類似疾患や関節リウマチや感染症などの炎症性疾患評価では造影後に脂肪抑制T1強調像を撮像すると有用な情報が得られることがある。撮像部位を限定できる場合には小円形コイルなどを使用の上、FOVを6cm程度まで絞って撮像する。スライス厚は2D撮像では2~3mm程度、3D撮像では1mm程度、マトリックスは256×256以上とする。拡散強調像の使用は一般的ではない。

伸筋腱や屈筋腱の腱断裂では横断像での評価が基本である。矢状断像も長軸断像の評価に有用である。側副靭帯損傷では、関節に合わせて撮像断面を正しく冠状断に設定する必要があり、特に母指側副靭帯損傷で

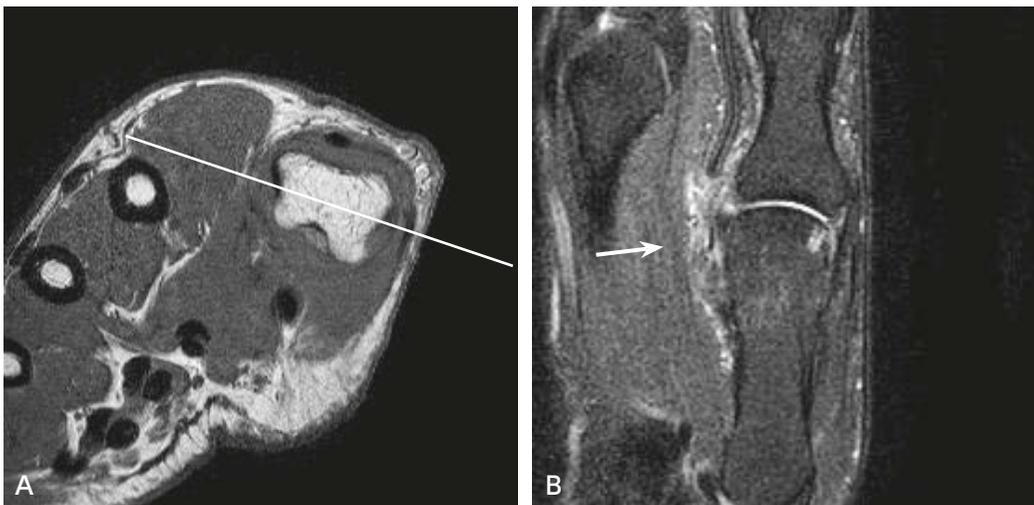


図6 母指MRI

A：T1強調（横断像），B：脂肪抑制T2強調（冠状断像）

母指中手指節（MP）関節の冠状断像を正しく設定することで側副靭帯損傷（→）の診断が容易になる。

は位置決め特別な注意が必要となる(図6)。手根骨間靭帯や triangular fibrocartilage complex (TFCC) 損傷は冠状断像を基本とし、矢状断像を補助的に用いる。2D あるいは 3D-GRE 法を追加する。手根骨骨折では横断像、冠状断像、矢状断像にて評価する。有鉤骨鉤部骨折では横断像が有用である。

関節リウマチ精査では、可能な限り両手を同時に撮像すべきであるが、適切な撮像肢位に関するコンセンサスはない。装置(コイル)の制限があれば片手のみを撮像範囲に含める。いずれにしても体動のアーチファクトの影響を最小限にするため、しっかりとした固定や被験者の協力が不可欠である。T1 強調像は骨の破壊性変化、脂肪抑制 T2 強調像や STIR 像は骨髓浮腫、造影後脂肪抑制 T1 強調像は滑膜炎の評価に有用である。ダイナミック造影 MRI は必須ではないが、病変の病勢を含めた特徴づけに有用である。良好な画像を得るには撮像シーケンスの選択も重要な要素である。撮像断面は冠状断を基本とし、横断を適宜追加する。

■ 股関節の撮像法

1 単純 X 線写真

基本的撮像法は両側の正面像と検側の大腿骨側面像の2方向撮影である。正面像は伸展位・軽度下腿内旋位で撮影する。下腿内旋により大腿骨頸部が正面を向き、大転子と小転子が重なり難くなる。大腿骨側面像は大腿骨頸部骨折や大腿骨頭壊死症、ペルテス病、大腿骨頭すべり症の評価に有用である。成人では90°屈曲位・45°外転位の正面像や骨盤を45°検側を傾けた90°屈曲位・45°外転位の斜位像(ラウエンシュタイン像、またはその変法)、健側屈曲位での検側伸展位の軸位像を撮影する。横断像は疼痛などのために検側の屈曲、外転が困難な場合でも撮影可能である。小児では両側の開排位像を撮影することが多い。内転位・外転位正面像は臼蓋と大腿骨頭の適合性を評価するための動態撮影として用いられる。

2 関節造影

主に関節軟骨、関節唇および関節内遊離体の評価のために施行される。CT または MRI との併用(CT 関節造影、MR 関節造影)はこれらの詳細な評価に有用である。しかし、侵襲的であるため適応は限られている。

3 CT

骨折の評価(骨折形態や骨片転位、関節面状態の評価、小骨片の描出)、関節内遊離体や石灰化の描出などのために施行される。収集スライス厚は装置の最小(1mm以下)が望ましい。作成するMPR像は横断、矢状断、冠状断の3方向が基本で、必要に応じて他の断面を追加する。SSD法、VR法による3次元像は骨折や脱臼の立体的把握に有用である。変形性関節症や大腿骨頭壊死症では、骨形態評価に加えて人工関節置換術の術前シミュレーションに用いられることがある。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

通常は仰臥位で body coil を用いて、両側股関節を含めて撮像する。phased array coil を用いることにより SNR の高い像を得ることができる。片側股関節のみ関節唇、関節軟骨などの詳細な評価が必要な場合には、局所コイルを用いる。

② 撮像シーケンスと撮像断面

T1 強調像は骨髓評価、血腫や腫瘍性病変(腫瘍、嚢胞など)などの偶発的な異常所見の評価に有用である。プロトン密度強調像、T2* 強調像は関節唇の評価に適しているが、骨髓病変は不明瞭になる。T2 強調像は関節唇の描出感度が低く骨髓病変も不明瞭になるが、関節液貯留、骨折線の描出に有用である。脂肪抑制 T2 強調像、STIR 像は軟部組織、骨髓の病変を高感度に描出できる。

関節軟骨の評価にはプロトン密度強調像、脂肪抑制プロトン密度強調像、T2 強調像、3D 脂肪抑制 GRE-T1 強調像または 3D 選択的水励起 GRE-T1 強調像が有用である。特に 3D 脂肪抑制 GRE-T1 強調像、3D 選択的水励起 GRE-T1 強調像は薄い任意断面の MPR 像を作成することが可能で、関節軟骨の詳細な形態や厚さ

表 4 MRI の推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	両側 : 32~40 cm 片側 : 14~18 cm
スライス厚	3~4 mm
マトリックス	256×230~256
プロトン密度強調像のエコートレイン数	4~6

の評価に適している。

基本的な撮像断面は冠状断、矢状断、横断の3方向だが、最も基本となるのは冠状断である。冠状断像、横断像は左右を比較することが可能で、冠状断像は骨盤全体の評価もできる。矢状断像は骨頭、白蓋の前・後部の評価に適している。

撮像パラメータはMR装置により異なるが、推奨される重要なパラメータを表4に示す。

③ 基本的撮像法

基本的撮像法は、大腿骨頭を含めた骨髄、関節唇、関節軟骨を評価できる必要がある。脂肪抑制プロトン密度強調像は各構造の評価に有用で、冠状断像で撮像することが望ましい。T1強調像も骨髄評価、血腫や腫瘍性病変があった場合を考慮し、冠状断像で撮像することが望ましい。脂肪抑制T2強調像、STIR像は軟部組織、骨髄の病変の描出感度が高く、1方向以上撮像することが勧められる。T2強調像も1方向以上撮像することが望ましい。

以上を踏まえた上で撮像法が決定される。以下に例(図7)を示す。

冠状断像 : T1強調像, T2強調像, 脂肪抑制プロトン密度強調像

矢状断像 : T2強調像

横断像 : 脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

大腿骨頭壊死症が疑われる、またはその精査のために撮像される場合には、矢状断のT2強調像をT1強調像に変更することが望ましい。

■ 膝関節の撮像法

1 単純X線写真

基本的撮影法は正面像、側面像の2方向撮影である。正面像は伸展位・軽度下腿内旋位で、側面像は30°屈曲位で撮影する。膝蓋骨軸位像(スカイライン像)は膝蓋大腿関節の評価を目的とする場合に追加する。これを屈曲位30°、60°、90°で撮影する軸位動態撮影は膝蓋大腿関節の関節面適合性の評価に有用である。立位正面像は大腿脛骨関節の関節軟骨の厚さを関節裂隙の幅として描出でき、この厚さの評価に役立つ。検側の片脚立位の撮影が望ましいが、これが困難であれば、両脚立位で撮影する。屈曲位正面像(顆間窩像)は離断性骨軟骨炎、関節内遊離体、十字靭帯付着部の裂離骨折の描出に有用である。内反・外反ストレス撮影は内側・外側側副靭帯損傷による不安定性の評価のために、前方・後方引き出し撮影は前・後十字靭帯損傷による不安定性の評価のために、それぞれ行う。

2 関節造影

侵襲的で熟練を要することより、MRIに置き換わりつつある。関節軟骨の評価、関節内遊離体の描出のために、CT、MRIとの併用(CT関節造影、MR関節造影)で行うことがある。

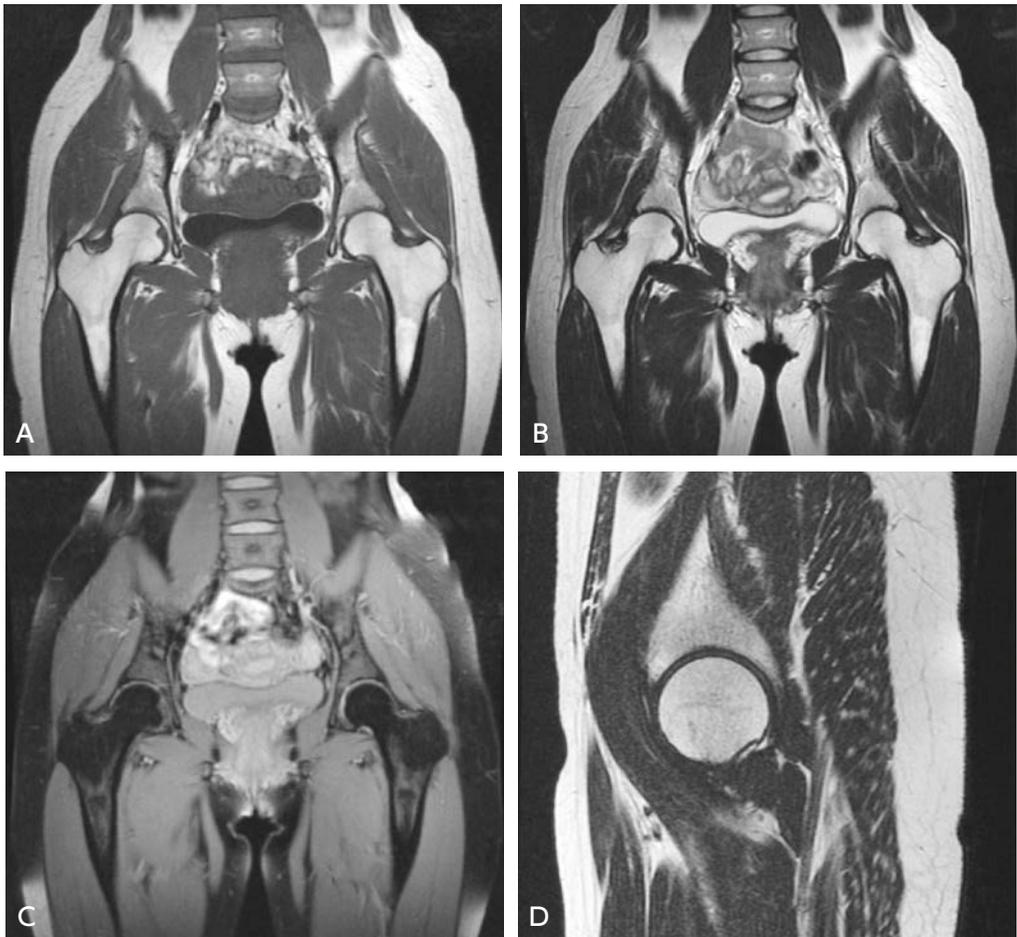


図7 股関節 MRI

A : T1 強調 (冠状断像), B : T2 強調 (冠状断像), C : 脂肪抑制プロトン密度強調 (冠状断像), D : T2 強調 (矢状断像)

3 CT

骨折の評価 (骨折形態や骨片転位, 関節面状態の評価, 小骨片の描出), 骨軟骨損傷の評価, 関節内遊離体や石灰化の描出などのために施行される。収集スライス厚は装置の最少 (1 mm 以下) が望ましい。作成する MPR 像は横断, 矢状断, 冠状断の3方向が基本で, 必要に応じて他の断面を追加する。骨折線はこれに対して直行する断面で明瞭に描出される。SSD 法, VR 法による3次元画像は骨折, 脱臼の立体的把握に有用である。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

前十字靭帯の描出を明瞭にするために, 完全伸展位よりも軽度屈曲位での撮像が推奨される。十字靭帯や側副靭帯のねじれを防ぐために過度の内旋, 外旋は避け, 下腿を若干外旋した楽な体位で撮像する。膝専用の円筒コイルを用いる。

② 撮像シーケンスと撮像断面

T2 強調像は靭帯の評価に有用だが, 半月板損傷の描出感度は低い。プロトン密度強調像は半月板, 靭帯,

表5 MRIの推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	12~16 cm
スライス厚	3~4 mm*
マトリックス	256×230~256
プロトン密度強調像のエコートレイン数	4~6

* 3D T2*強調像は 1 mm 以下

靭帯のいずれの評価にも適しているが、静磁場に対して 55°傾いた腱、靭帯は正常でもマジックアングル効果による偽病変を生じるために、注意が必要である。T2*強調像は半月板の評価に有用で、半月板損傷の描出感度はプロトン密度強調像より高い。特に3DT2*強調像は薄い断面、任意断面のMPR像を作成可能で、小断裂の描出、断裂形態の評価に優れる。T2強調像、プロトン強調像、T2*強調像、いずれも骨髄病変は不明瞭になる。脂肪抑制 T2 強調像、STIR 像は腱、靭帯を含めた軟部組織、骨髄の病変を高感度に描出できる。T1 強調像は得られる情報が少ないが、骨髄評価、出血や腫瘍性病変（腫瘍、嚢胞など）などの偶発的な異常所見の評価に有用である。

関節軟骨の評価においては、一般的な MR 装置で撮像できる有用な撮像法はプロトン密度強調像、脂肪抑制プロトン密度強調像、T2 強調像、3D 脂肪抑制 GRE-T1 強調像、3D 選択的水励起 GRE-T1 強調像である。特に 3D 脂肪抑制 GRE-T1 強調像、3D 選択的水励起 GRE-T1 強調像は薄い任意断面の MPR 像を作成することが可能で、関節軟骨の詳細な形態や厚さの評価に適しており、この体積の評価にも用いられている。このほか、軟骨の質的变化（コラーゲン変性やプロテオグリカン減少）を評価する方法として遅延相軟骨造影 MRI (delay edgadolinium-enhanced magnetic resonance imaging for cartilage : dGEMRIC)、T2 値測定 (T2 mapping)、T1ρ 値測定 (T1ρ mapping) などが提唱されているが、これらの撮像法は限られた MR 装置でしか撮像できず、臨床的有用性も確立されていない。

基本的な撮像断面は矢状断、冠状断、横断の 3 方向である。半月板は矢状断像と冠状断像で、腱や靭帯は基本の 3 方向の断面像で、大腿脛骨関節の関節軟骨は矢状断像と冠状断像で、膝蓋大腿関節の関節軟骨は矢状断像と横断像で、それぞれ評価する。撮像パラメータは MR 装置により異なるが、推奨される重要なパラメータを表5に示す。

③ 基本的撮像法

膝関節 MRI の大部分は膝内障や外傷の精査のために施行される。基本的撮像法は半月板、靭帯、関節軟骨、骨髄を評価できる必要がある。矢状断の T2 強調像またはプロトン密度強調像は関節内構造の解剖が把握しやすく、このどちらかを撮像することが望ましい。脂肪抑制プロトン密度強調像は各構造の評価に適しており、いずれの断面においても推奨されるが、半月板断裂の描出感度が T2*強調像よりも若干低い。少なくとも矢状断、冠状断のどちらかの T2*強調像、および 1 方向以上の脂肪抑制プロトン密度強調像を撮像することが勧められる。T1 強調像は骨髄評価、血腫や腫瘍性病変があった場合を考慮し、1 方向撮像することが望ましい。以上を踏まえたうえで撮像法が決定される。以下に例を示す。

(1) 例 1 (図 8)

矢状断像：T2 強調像、T2*強調像※

冠状断像：T1 強調像、脂肪抑制プロトン密度強調像

横断像：脂肪抑制プロトン密度強調像

(2) 例 2

矢状断像：T1 強調像、プロトン密度強調像

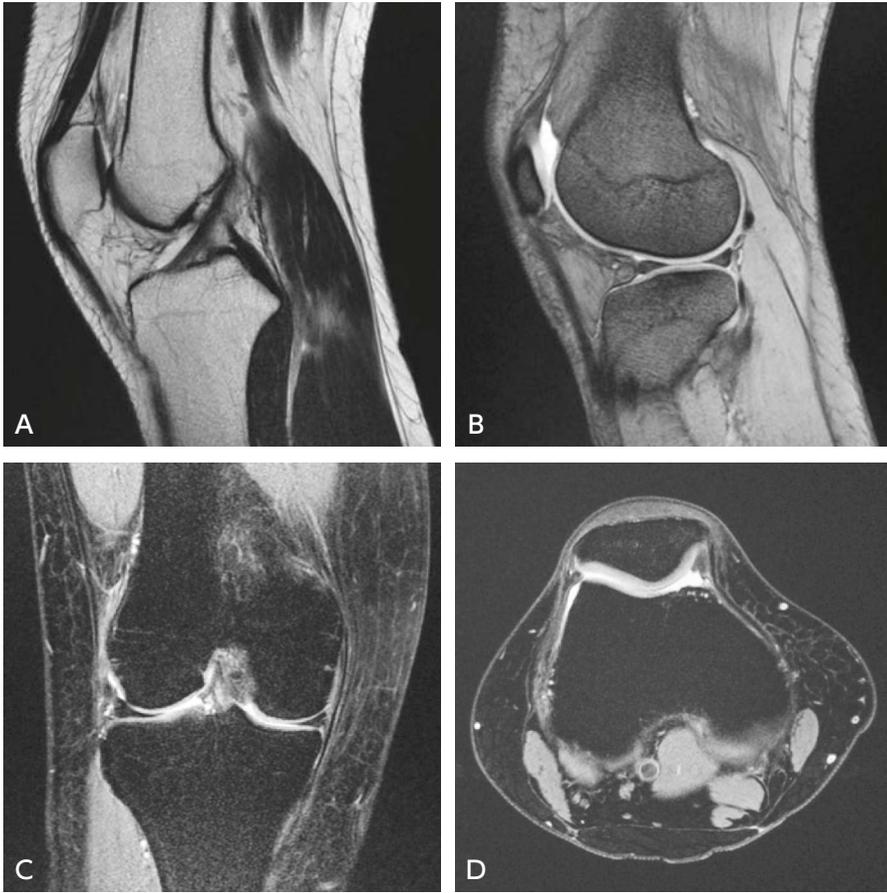


図8 膝関節 MRI

A：T1 強調（矢状断像），B：T2*強調（矢状断像），C：脂肪抑制プロトン密度強調（冠状断像），D：脂肪抑制プロトン密度強調（横断像）

冠状断像：T2*強調像※，脂肪抑制 T2 強調像または STIR 像

横断像：脂肪抑制プロトン密度強調像

（※ T2*強調像は 3D 像を撮像し，矢状断，冠状断を含めた MPR 像を作成するとおよい）

膝前部痛がある場合や伸展機構障害を疑う場合には，矢状断の脂肪抑制 T2 強調像または STIR 像の追加が勧められる。関節軟骨の詳細な評価が必要であれば，3D 脂肪抑制 GRE-T1 強調像，3D 選択的水筋起 GRE-T1 強調像を追加してもよい。

■ 足関節の撮像法

1 単純 X 線写真

基本的撮影法は正面像，内旋位正面像（モルティス像，距腿関節窩像），側面像の 3 方向撮影である。正面像では距骨外側部と腓骨外果が重なるが，下腿を 20 度内旋させた内旋位正面像では距骨，内果，外果の関節面が写し出される。骨折の診断には斜位像も有用である。背屈位・底屈位側面像，荷重正面像・側面像は距腿関節の関節面，関節裂隙の評価のために撮影する。ストレス撮影は外側靭帯損傷による不安定性の評価の

ために行う。前方引き出し撮影は20°底屈位で検者が下腿を片手で固定し、もう片方の手で前足部を把持して前方へ引き出した状態で側面像を撮影する。内反ストレス撮影は足関節を約20°底屈させ内がえしを強制した状態で正面像を撮影し、距骨傾斜の度合いをみる。

2 関節造影

距骨滑車の骨軟骨損傷術前、術後評価のために行われることがある。CTもしくはMR関節造影が引き続いて施行される。関節内遊離体精査には、造影剤と空気を注入して二重造影にする。

3 CT

骨折に伴う関節内骨片の転位、Lisfranc関節損傷など単純X線写真で判断が難しい骨折の有無、関節内遊離体の有無、骨軟骨損傷の評価、術後評価などを目的に施行される。MPR像は関節面に対して横断、矢状断、冠状断の3方向を作成するが、あらゆる方向からの画像再構成を高い分解能で可能とするため、収集スライス厚は使用機種で最小(1mm以下)とする。ワークステーションにて目的とする関節面に直交する再構成画像を作成し、観察することが望ましい。骨折治癒の診断には、骨折線に対して直交する断面が役立つ。VR画像は骨折の全体像の把握や、腱の走行確認に有用である。整形外科的骨固定材料のある場合は、薄いスライス厚で収集、再構成フィルターを軟部条件とし、広いウインドウ幅で観察すると金属アーチファクトの影響を軽減できる。CT機器により金属アーチファクト低減技術が利用可能な場合がある。

4 MRI

① 撮像体位と使用コイル

仰臥位にて足関節を自然な肢位(通常約20°底屈位)にし、タオルやパッキング材などで固定する。無理のない肢位をとることが動きによるアーチファクトを回避するために重要である。局所コイルは足関節用コイルのほか、膝用の円筒状コイルや頭部用コイルが用いられる。2チャンネルフレキシブルコイルを用いる場合は、足関節の内・外側に装着する。

② 撮像シーケンスと撮像断面

目的とする構造により変更する。靭帯や腱を目的とする場合はプロトン密度強調像、T2強調像、脂肪抑制T2強調像、STIR像を撮像する。骨髄を目的とする場合は、T1強調像、脂肪抑制T2強調像またはSTIR像を用いる。関節軟骨の精査にはT2強調像、脂肪抑制プロトン密度強調像、3D脂肪抑制GRE-T1強調像、3D水選択的励起GRE法が有用である。

足関節の基本的な撮像断面は距腿関節を中心に設定した矢状断、冠状断、横断の3方向である。冠状断像は、遠位脛腓間結合レベルの横断像において遠位脛腓間結合面に垂直になるように設定すると、距腿関節窩が良好に描出され関節面の評価に有用である(図9)。横断像を下腿軸(体軸)に合わせて設定すると、足関節の底屈度により断面が変化する可能性がある。再現性を向上させるため、矢状断像にて後距骨下関節の最も傾斜の少ない関節面に平行になるように横断像を設定する。(図10)。

パラメータは装置により異なるが、推奨される重要なパラメータを表6に示す。

③ 基本的撮像法

(1) 捻挫

横断像、冠状断像：プロトン密度強調像、T2強調像

矢状断像：脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

(2) 足関節の腫脹、痛み

矢状断像または冠状断像：T1強調像、T2強調像、脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

(3) アキレス腱部の腫脹、疼痛

アキレス腱の踵骨付着部から筋腱移行部を含めた撮像範囲とする。

矢状断像：T1強調像、T2強調像、脂肪抑制T2強調像またはSTIR像

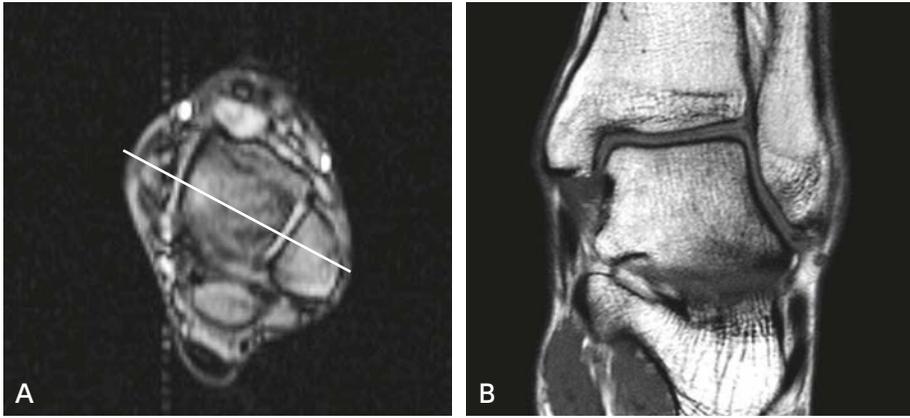


図9 足関節 MRI

A : T1 強調 (横断像), B : T1 強調 (冠状断像)

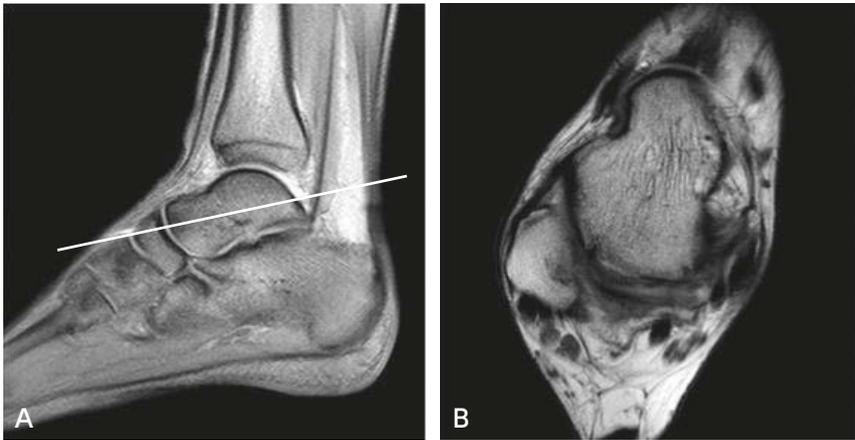


図10 足関節 MRI

A : T1 強調 (矢状断像), B : T2 強調 (斜横断像)

表6 MRIの推奨パラメータ

撮像視野 (FOV)	10~15 cm
スライス厚	3~4 mm
マトリックス	256×204~230
プロトン密度強調像のエコートレイン数	4~6

横断像：T2 強調像，脂肪抑制 T2 強調像または STIR 像

(4) 足底の痛み，腫脹

冠状断像または矢状断像：T1 強調像，T2 強調像，脂肪抑制 T2 強調像または STIR 像

(5) 足底部のしびれなど神経絞扼障害

後距骨下関節に垂直な斜冠状断像：T1 強調像，T2 強調像，脂肪抑制 T2 強調像，または STIR 像

矢状断像または横断像：脂肪抑制 T2 強調像または STIR 像

C 骨軟部腫瘍・腫瘍類似病変の撮像法

総論

骨腫瘍・腫瘍類似病変の診断における単純 X 線写真の診断的価値は大きく、単純 X 線写真は最初に行われるべき画像検査である。MRI は病変検出や局所浸潤の評価に優れ、単純 X 線写真に引き続いて行われることが多い。軟部腫瘍・腫瘍類似病変の画像診断の中心的役割を担うのはコントラスト分解能に優れた MRI である。骨腫瘍・腫瘍類似病変と比べて単純 X 線写真の有用性は高くないが、病変内の石灰化・骨化パターンや隣接骨の変化が診断の手がかりとなり、まず単純 X 線写真を撮影する意義はある。骨でも軟部でも腫瘍・腫瘍類似病変に CT が積極的に行われることは少ないが、解剖学的骨構造が複雑な部位の評価には適し、微小な骨化・石灰化の検出や骨皮質の詳細な解析に優れている。

各論

1 単純 X 線写真

原則的に前後像（正面像）、側面像を撮影する（図 11）。病変の占拠部位、分布、内部性状、辺縁性状、石灰化した基質の解析、骨皮質の変化、骨膜反応、軟部組織の変化を評価し、必要に応じて任意方向の撮影を追加する。

2 CT

病変内の骨化・石灰化や骨皮質の詳細な評価には薄層 CT が有用であり、収集スライス厚をできるだけ小さくし、評価に適した MPR 像を作成する。類骨骨腫の小さな nidus の検出にも薄層 CT が適している。血管内に高濃度の造影剤がとどまる時相に撮像する CT 血管造影は、手術前後の血管解剖や腫瘍の血管浸潤の評価に有用である。

3 MRI

① 撮像体位と使用コイル

オフセンターとなる四肢領域では、撮像部位ができるだけ磁場中心となるように撮像体位を工夫する。使用コイルは病変部位や大きさにより、最適なものを選択する。悪性腫瘍ではスキップ病変や所属リンパ節の評価も考慮して、撮像範囲やコイルを決定する必要がある。手足や皮下の小さな病変では、局所コイルの使用が適している。前胸壁に発生した腫瘍では、呼吸によるアーチファクトを低減する目的で、腹臥位撮影またはバストバンドを使用する場合もある。

② 撮像シーケンスと撮像断面

組織の内部性状を正確に評価する目的で、SE 法の T1・T2 強調像を撮像する。脂肪抑制法は①脂肪組織の検出、②浮腫や炎症の描出能向上、③ガドリニウム造影剤の増強効果強調、などの目的で用いられる。

脂肪抑制法の撮像法には、水と脂肪の緩和時間の差を利用した非選択的脂肪抑制法（STIR）、水と脂肪の周波数の差を利用した選択的脂肪抑制法（CHESS）、水と脂肪の位相分散の差を利用した水脂肪分離法（water excitation, Dixon）がある。非選択的脂肪抑制法や水脂肪分離法では、磁場の不均一に強く、手・足など形状が複雑な部位でも安定した脂肪抑制が得られる。非選択的脂肪抑制法は脂肪に近い T1 値をもつ組織（血腫、造影剤にて増強された組織など）の信号も抑制されるため、造影 MRI には併用できない。選択的脂肪抑制法は脂肪プロトンの共鳴周波数に合わせた周波数選択的励起パルスを加えることによって、脂肪信号のみを選択的に抑制する方法であり、良好な脂肪抑制効果が得られる。しかし、磁場不均一により脂肪抑制にムラが生じやすいことや、高い静磁場の均一性が要求されるために撮像範囲が制限される。

T2* 強調像は磁化率効果が画像に強く反映されて無信号域が拡大するため、骨巨細胞腫、色素性絨毛結節

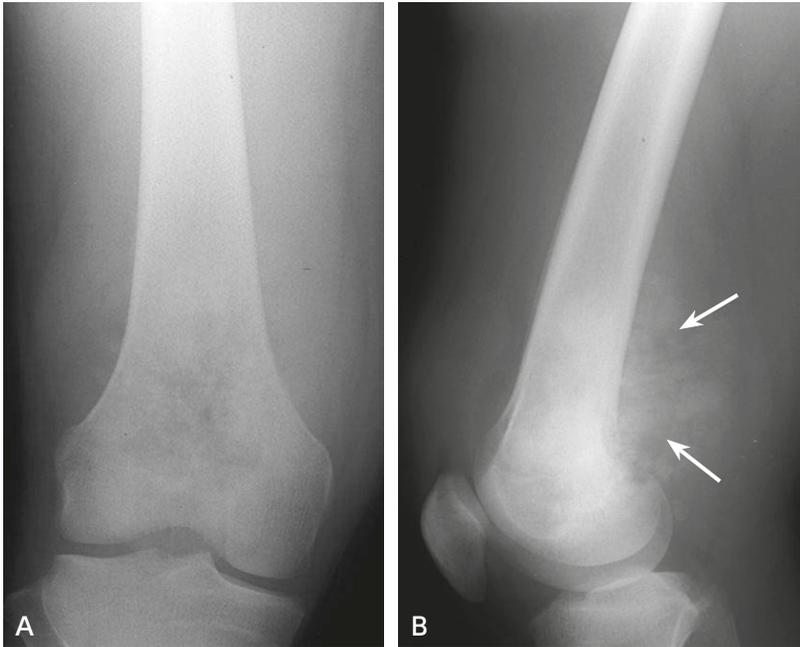


図 11 骨肉腫の単純 X 線写真

A：膝関節（正面像），B：膝関節（側面像）

右大腿骨の遠位骨幹端に境界不明瞭な溶骨性病変を認める。病変には骨形成を示す雲状の石灰化が不規則に混在し、側面像にて背側には放射状の骨膜反応や軟部組織の石灰化（→）が認められる。

性滑膜炎や血腫などでヘモジデリン沈着を感度よく検出できる。ヘモジデリン同様に骨・石灰化、膠原線維およびアミロイド沈着は T2 強調像で低信号を示し、これらとの鑑別が必要な場合は、T2* 強調像を追加する。拡散強調像は水プロトンの拡散運動を強調した撮像法で、悪性リンパ腫などの小円形細胞腫瘍、表皮嚢腫、膿瘍などの質的診断のほか、skip lesion や腫大リンパ節の見落としを防ぐことが期待できる。

造影 MRI は嚢胞性か充実性かの鑑別、適切な生検部位の確認、炎症性病変の有無、治療後の腫瘍壊死の評価、などの目的で用いられる。造影剤を急速に静脈内に注入して同じ断面を複数回撮像するダイナミック MRI は、腫瘍の血行動態評価が可能であり、富血管性病変の診断、残存病変と治療後変化（浮腫、線維化など）の区別などに有用である。また、MRA は、腫瘍関与血管を視覚的に把握可能である。ダイナミック MRI を 3D-GRE 法で行うことで、MRA を作成でき、関与血管の描出や解剖学的位置関係の視覚的な把握が容易となる。

基本的な撮像断面は病変の長軸方向と短軸方向の 2 方向で、一般的には横断像と矢状断像、もしくは横断像と冠状断像を撮像する。悪性腫瘍における神経血管束の浸潤評価には横断像が有用なことが多い。FOV やスライス厚は病変範囲や被検者の体格を考慮して決定し、SNR が問題にならないよう、平均化回数や収集マトリックスを設定して撮像する。マルチチャンネルコイルとパラレルイメージングの併用は、信号雑音比を維持しながら撮像時間を短縮でき、広範囲の撮像を要する際に有効である。

③ 基本的撮像法

SE 法の T1 強調像、T2 強調像を基本とする。少なくとも 1 断面は脂肪抑制法を併用することが望ましい。また、拡散強調像は比較的短時間で撮像可能であり、これも追加することが勧められる（図 12）。造影検査は上記したメリットを考慮して、適応および、通常の造影 MRI を行うかダイナミック MRI を行うかを判断する

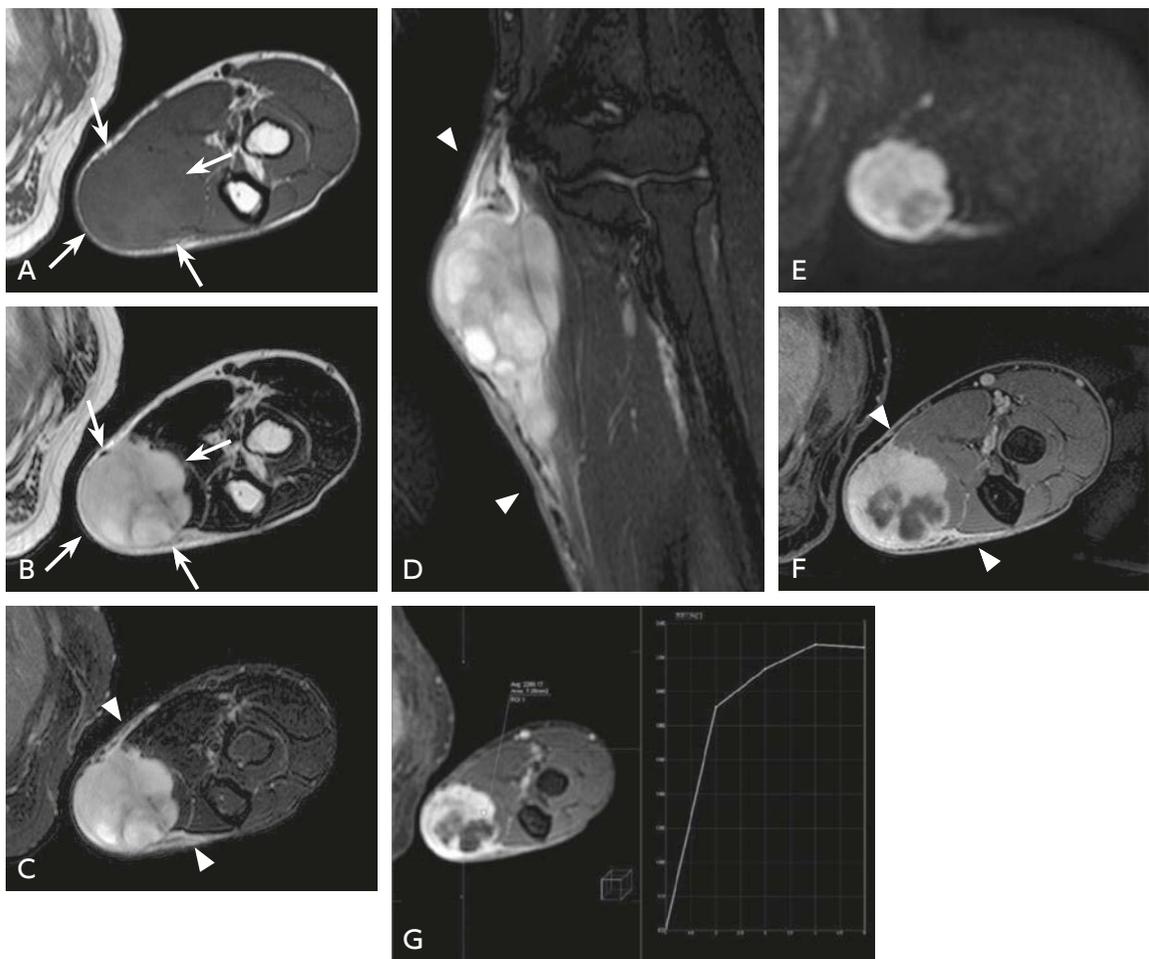


図 12 粘液線維肉腫の MRI

A: T1 強調 (横断像), B: T2 強調 (横断像), C: 脂肪抑制 T2 強調 (横断像), D: 脂肪抑制 T2 強調 (矢状断像), E: 拡散強調像 (b 値 = $1,000 \text{ s/mm}^2$), F: 脂肪抑制造影 MRI (横断像), G: ダイナミック MRI (横断像, オプション)
 左上腕内側皮下に境界不明瞭な腫瘍を認める (→)。腫瘍は T1 強調像で筋肉と等信号, T2 強調像でやや不均一に高信号を呈している (→)。脂肪抑制 T2 強調像では腫瘍の横方向や頭尾方向へ筋膜に沿った高信号域を認める (▷)。腫瘍は拡散強調像で高信号, ADC 値は $1.7 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (ADC map は未提示) を呈している。脂肪抑制造影 MRI では強く造影される充実部分と造影効果に乏しい変性や壊死部分を認める。筋膜に沿った領域も造影されており, 腫瘍の進展 (いわゆる tail sign) を認める (▷)。ダイナミック MRI では比較的早期より造影される富血管性腫瘍であり, 粘液線維肉腫の所見として矛盾しない。

(図 12)。以上を踏まえて撮像法が決定される。例を表 7 に示す。

4 核医学検査

① PET・PET/CT

PET 検査に使用される薬剤は ^{18}F -FDG というグルコース類似体である。2D データ収集では $185 \sim 444 \text{ MBq}$ ($3 \sim 7 \text{ MBq/kg}$), 3D データ収集では $111 \sim 259 \text{ MBq}$ ($2 \sim 5 \text{ MBq/kg}$) の FDG を静脈内に投与する。使用量は撮像に用いる機種, 年齢, 体重により適宜増減する。投与 60 分～90 分後に PET あるいは PET/CT 装置にて全身エミッションスキャンとトランスミッションスキャン (PET の場合) あるいは CT (PET/CT の場合) を撮像する。多くの悪性腫瘍ではグルコーストランスポータ活性およびヘキソキナーゼ活性が亢進しており, ま

表 7 骨軟部腫瘍・腫瘍類似病変シーケンス例

撮像法	シーケンス	TR/TE	その他
T2 強調/横断	FSE 法	3,000 ms 以上/100 ms 前後	撮像スライス厚および FOV は病変に応じて適宜変更
T1 強調/横断	FSE 法または SE 法	400~750/10~12 ms	撮像スライス厚および FOV は病変に応じて適宜変更
T2* 強調 (オプション)	2D GRE 法	400~600/15~20 ms, FA 30°	ヘモジデリン沈着が疑われる場合に追加
T1 強調冠状断/矢状断	FSE 法または SE 法	400~750/10~12 ms	撮像スライス厚および FOV は病変に応じて適宜変更
脂肪抑制 T2 強調/冠状断/矢状断	FSE 法	3,000 以上/100 ms 前後	STIR, Dixon では磁場が不均一な領域でも良好な脂肪抑制が得られる
拡散強調	SE-EPI 法	5,000~6,000/最短 ms	b 値を 0, 1,000 s/mm ² とし ADC map を作成
ダイナミック MRI (オプション)	3D-GRE 法 または 2D-GRE 法	4~5/1.2~2 ms または 400/最短 ms	撮影時間は 30 秒, 60 秒, 120 秒, 210 秒後
Gd T1 強調/横断, 冠状断, 矢状断	FSE 法または SE 法	400~750/12 ms 前後	少なくとも一方向は脂肪抑制を併用

た脱リン酸化酵素活性がきわめて低いため FDG は高集積を示す。悪性腫瘍への FDG 集積は、投与 1 時間以降も増加するが、良性疾患では低下するものが多い。そのため、後期像 (2 時間後) の追加は良悪性の鑑別に寄与することがある。

② 骨シンチグラフィ

骨シンチグラフィ用薬剤として ^{99m}Tc-methylene diphosphonate (MDP), ^{99m}Tc-hydroxymethylene diphosphonate (HMDP) があり、静脈投与後 2~3 時間以降、検査直前に排尿した後に撮像する。撮像に用いるガンマカメラには低エネルギー用高分解能コリメータの使用が推奨される。全身前面、後面像を骨と軟部組織に合わせた WL で描画する。異常が疑われる場合には斜位や拡大収集, SPECT あるいは SPECT/CT 撮影を行う。

| 文献・参考にした二次資料 |

- 1) 上谷雅孝：骨軟部疾患の画像診断第 2 版。秀潤社，2010
- 2) 福田国彦ほか：関節の MRI 第 2 版。メディカル・サイエンス・インターナショナル，2013
- 3) 山下康行：日本磁気共鳴医学会研究プロジェクト「ルーチン MRI 撮像法の標準化検討」成果報告：第 1 報：脊椎・脊髄，乳腺。日本磁気共鳴医学会雑誌 28：196-209, 2008
- 4) Ross JS et al：Diagnostic imaging spine 1st ed. Amirsys/Elsevier Saunders, 2004
- 5) 杉村和朗：骨軟部の MRI。メジカルビュー社，2000
- 6) Schulte-Altdorneburg G：MR arthrography：pharmacology, efficacy and safety in clinical trials. Skeletal Radiol 32：1-12, 2003
- 7) 堀尾重治：骨・関節単純 X 線写真の撮りかたと見かた 第 8 版，2010
- 8) 佐志隆士：肩関節の MRI 第 2 版。メジカルビュー社，2011
- 9) Takahara M et al：Natural progression of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum：initial observations. Radiology 216：207-212, 2000
- 10) 梁川範幸：X 線 CT 撮影における標準化。日本放射線技術学会，2010
- 11) Timmerman LA et al：Preoperative evaluation of the ulnar collateral ligament by magnetic resonance imaging and computed tomography arthrography：evaluation in 25 baseball players with surgical confirmation. Am J Sports Med 22：26-31, 1994

- 12) 上谷雅孝ほか：骨軟部画像診断の勘ドコロ。メジカルビュー社，2006
- 13) Stoller DW：Magnetic resonance imaging in orthopaedics and sports medicine, 3rded. Lippincott Williams & Wilkins, 2007
- 14) Potter HG et al：High resolution non contrast MRI of the hip. J Magn Reson Imaging 31：268-278, 2010
- 15) 新津守：膝MRI 第2版。医学書院，2009
- 16) Rogers LF：The ankle, radiology of skeletal trauma 3rded. Churchill Livingstone, 1992
- 17) Brandser EA et al：contribution of individual projections alone and in combination for radiographic detection of ankle fractures. AJR Am J Roentgenol 174：1691-1697, 2000
- 18) Buckwalter KA：Musculoskeletal imaging with multi slice CT. AJR Am J Roentgenol 176：979-986, 2001
- 19) 藤本肇ほか：新骨軟部画像診断の勘ドコロ。メジカルビュー社，2014
- 20) 江原茂：骨外傷の画像診断ハンドブック。メディカル・サイエンス・インターナショナル，2012
- 21) 日本整形外科学会骨・軟部腫瘍委員会 編：整形外科・病理悪性骨腫瘍取扱い規約 第4版。金原出版，2015
- 22) 日本整形外科学会骨・軟部腫瘍委員会 編：整形外科・病理悪性軟部腫瘍取扱い規約 第3版。金原出版，2002
- 23) 日本核医学会 編：FDG PET, PET/CT 診療ガイドライン。核医学会，2018
- 24) 日本核医学会 編：核医学診断ガイドライン。核医学会，2008

BQ 78

頸椎症性脊髄症の診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント

MRI は病変部位の同定、病態の評価、予後の推定に有用であり、推奨する。しかし単独では脊髄圧迫因子の評価が十分にできず、単純 X 線写真または CT と組み合わせて施行すべきである。

背景

頸椎疾患の診断において、MRI は欠かすことのできない画像診断になっている。頸椎症性脊髄症の診断における MRI の有用性について検討した。

解説

頸椎症性脊髄症の診断において、MRI (図) と他の画像診断の診断能の比較や MRI 所見と神経学的所見の相関、MRI 所見と治療後の予後に関する多くの研究がなされている。Larsson ら¹⁾ は頸部神経根症または頸髄症のある 26 例を検討し、頸椎症性脊髄症の診断に際して MRI は単純 X 線写真とともに第一選択の検査法として適するが、MRI のみでは脊髄圧迫因子が骨性と軟部性のどちらか鑑別困難と報告している。Sengupta ら²⁾ も手術を施行した頸椎症 41 例において手術所見と読影結果を対比し、MRI では脊髄圧迫因子の鑑別は困難と結論づけている。一方、Nagata ら³⁾ は頸椎症性脊髄症 115 例を解析し、MRI の T1 強調矢状断像における脊髄の圧迫程度は、脊髄腔造影所見や日本整形外科学会による頸髄症治療成績判定基準 (JOA score) による臨床的重症度と相関し、診断および術後の評価に有用であるとしている。Bucciero ら⁴⁾ は手術を施行した頸椎症性脊髄症 35 例において MRI の横断像で脊髄前後径と横径の比 (anteroposterior compression ratio : APCR) を算出し、これが 40% 以上では神経学的所見が軽微であるのに対し、10% 以下の症例では神経学的所見が重篤で、かつ術後の改善がみられないと報告している。Chung ら⁵⁾ も手術症例 37 例の検討により、横断像にお

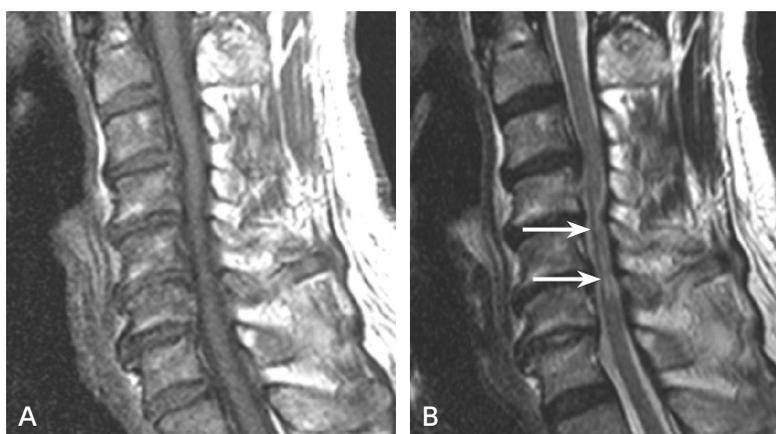


図 頸椎症性脊髄症

A : MRI (T1 強調, 矢状断像), B : MRI (T2 強調, 矢状断像)

C3/4~C6/7 レベルで椎間板の変性や鉤椎関節の増殖性変化が著明である。頸髄は圧排され扁平化し、T2 強調像で多椎間にわたり髄内高信号域がみられる (→)。

ける脊髄圧迫程度が術後の予後と関連することを報告している。さらに, Wada ら⁶⁾ の報告でも手術症例 50 例の術後成績から, 最大圧迫部位における脊髄横断面積が予後と最も相関し, 術後の改善率が不良であった症例の多くでは 40 mm² 以下であったという。このように, MRI は脊髄の圧迫を直接描出できるという点で, 頸椎症性脊髄症の診断, 病態評価, および術後の予後予測に有用性が確認されている。ただし, 視覚的評価による診断には限界があり, とりわけ観察者間一致率が不良であるという報告がある^{2,7)}。

一方, 頸椎症性脊髄症では脊髄が圧迫され扁平化するという形態的变化の他に, 特に T2 強調像で髄内に異常高信号域 (以下, T2 高信号域) を認めることが多い。この所見は何らかの可逆的または不可逆的病態を反映していると考えられており⁸⁾, この診断的意義については多数の研究がなされているが, その結論は様々である。Chung ら⁵⁾ は手術を施行した頸椎症性脊髄症 37 例を検討し, T2 高信号域は術後成績と関連しないと報告している。Matsumoto ら⁹⁾ も保存的治療を施行した頸椎症性脊髄症 52 例における検討から, T2 高信号域と臨床的重症度, ならびに治療成績は関連しないと結論づけている。しかし, Chen ら¹⁰⁾ は手術を施行した頸椎症性脊髄症 64 例において, T2 高信号域を type 1 (境界不明瞭で淡い高信号) と type 2 (境界明瞭で著明な高信号) に分類すると, 前者の予後は T2 高信号域を有さない患者と同様だが, 後者の予後は不良と述べている。Suri ら¹¹⁾ は手術症例 146 例の予後解析から, T2 強調像のみならず T1 強調像においても異常信号域を認める場合は予後不良と報告している。さらに, Chatley ら¹²⁾ は手術症例 64 例の検討により, 2 椎体分以上の T2 高信号域を認める症例の予後は不良としており, Wada ら⁶⁾ の報告でもこれと同様の趣旨が述べられている。

造影 MRI の診断的意義を検討した研究もある。Ozawa ら¹³⁾ は手術を施行した頸椎症性脊髄症 683 例で術前の造影 T1 強調像と臨床症状との関連を検討し, 術前の JOA score は髄内増強効果を有する群と有さない群で有意差はなかったが, 術後の JOA score は増強効果なし群の方が有意に高かったと述べている。

頸椎症性脊髄症の診断において, MRI は病変部位の同定, 病態の評価, ならびに予後推定に有用だが, 単独では脊髄圧迫因子の評価が困難で, 単純 X 線写真または CT と組み合わせて施行することが勧められる。ただし, 所見の客観性に欠ける (観察者間一致率の不良) 傾向があること, T2 高信号域の意義について明確な結論が得られていないことなどの問題点が残されている。

これらの古典的な撮像法に加え, 拡散テンソルイメージング (diffusion tensor imaging : DTI) 等の手法も診断に利用されつつある。これらが早期診断や予後推定に有用に寄与するかについては, 今後さらなる撮像法の標準化と臨床例の蓄積が待たれる¹⁴⁾。なお, 通常の MRI で得られるのは仰臥位で静止した状態の画像であり, 脊髄圧迫に関与する様々な動的因子の評価は困難である。この解決のために, オープン型 MRI 装置等による動的 MRI (dynamic MRI, kinetic MRI) の追加が有用との報告がある¹⁵⁾。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により cervical spondylosis, cervical spondylotic myelopathy, MRI のキーワードを用いて検索した。

また, 下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 頸椎症性脊髄症策定委員会 編: 頸椎症性脊髄症診療ガイドライン 2015 年版, 南江堂, 2015

| 文献 |

- 1) Larsson EM et al : Comparison of myelography, CT myelography and magnetic resonance imaging in cervical spondylosis and disk herniation : pre- and postoperative findings. Acta Radiol 30 : 233-239, 1989

- 2) Sengupta DK et al : The value of MR imaging in differentiating between hard and soft cervical disc disease : a comparison with intraoperative findings. *Eur Spine J* 8 : 199-204, 1999
- 3) Nagata K et al : Clinical value of magnetic resonance imaging for cervical myelopathy. *Spine* 15 : 1088-1096, 1990
- 4) Bucciero A et al : Cord diameters and their significance in prognostication and decisions about management of cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg Sci* 37 : 223-228, 1993
- 5) Chung SS et al : Factors affecting the surgical results of expansive laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy. *Int Orthop* 26 : 334-338, 2002
- 6) Wada E et al : Can intramedullary signal change on magnetic resonance imaging predict surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy ? *Spine* 24 : 455-461, 1999
- 7) Cook C et al : Observer agreement of spine stenosis on magnetic resonance imaging analysis of patients with cervical spine myelopathy. *J Manipulative Physiol Ther* 31 : 271-276, 2008
- 8) Bucciero A et al : MR signal enhancement in cervical spondylotic myelopathy. Correlation with surgical results in 35 cases. *J Neurosurg Sci* 37 : 217-222, 1993
- 9) Matsumoto M et al : Increased signal intensity of the spinal cord on magnetic resonance images in cervical compressive myelopathy. Does it predict the outcome of conservative treatment ? *Spine* 25 : 677-682, 2000
- 10) Chen CJ et al : Intramedullary high signal intensity on T2-weighted MR images in cervical spondylotic myelopathy : prediction of prognosis with type of intensity. *Radiology* 221 : 789-794, 2001
- 11) Suri A et al : Effect of intramedullary signal changes on the surgical outcome of patients with cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 3 : 33-45, 2003
- 12) Chatley A et al : Effect of spinal cord signal intensity changes on clinical outcome after surgery for cervical spondylotic myelopathy. *J Neurosurg Spine* 11 : 562-567, 2009
- 13) Ozawa H et al : Clinical significance of intramedullary Gd-DTPA enhancement in cervical myelopathy. *Spinal Cord* 48 : 415-422, 2010
- 14) Martin AR et al : Translating state-of-the-art spinal cord MRI techniques to clinical use : a systematic review of clinical studies utilizing DTI, MT, MWF, MRS, and fMRI. *Neuroimage Clin* 10 : 192-238, 2015
- 15) Kolcun JP, et al : The role of dynamic magnetic resonance imaging in cervical spondylotic myelopathy. *Asian Spine J* 11 : 1008-1015, 2017

BQ 79

腰椎椎間板ヘルニアの診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント

腰椎椎間板ヘルニアの診断において、単純 MRI は有用であり、推奨する。造影 MRI は椎間板ヘルニアの経過観察、腫瘍との鑑別、術後再発の診断の際に有用な場合があり、施行することを考慮してもよい。MR 脊髓造影は単純 MRI に追加すべきであることを示す科学的根拠がなく、推奨しない。

背景

MRI は低侵襲で被ばくがなく、腰椎疾患の診断において欠かすことのできない画像診断になっている。腰椎椎間板ヘルニアの診断における単純 MRI、造影 MRI、MR 脊髓造影の有用性について検討した。

解説

腰椎椎間板ヘルニアの診断において、単純 MRI (図) と他の画像診断の診断能を比較した研究がある。Janssen ら¹⁾ は椎間板ヘルニアを疑い手術を施行した 60 例の単純 MRI、脊髓造影、CT 脊髓造影を比較し、正診率は単純 MRI が 96%、脊髓造影が 81%、CT 脊髓造影が 57%、脊髓造影と CT 脊髓造影の併用が 84% で、単純 MRI が最も高いと報告している。一方、Thornbury ら²⁾ は腰痛のある 95 例 (手術施行 56 例) の単純 MRI、CT、CT 脊髓造影を比較し、これらの診断能に有意差はないと報告している。Szypryt ら³⁾ は椎間板ヘルニアを疑い手術を施行した 30 例の単純 MRI と脊髓造影を比較し、正診率は単純 MRI が 88%、脊髓造影が 75% で、単純 MRI の方が若干優れるとしている。単純 MRI は他の画像診断と同等またはこれらより優れた診断能を示し、被ばくがなく低侵襲である点も併せて、最も勧められる画像診断である。

神経根障害の評価における単純 MRI の有用性において、神経根鞘の形状、圧迫の程度と椎間板ヘルニアの関係を検討した研究がある。Gorbachova ら⁴⁾ は 96 例の単純 MRI を検討し、神経根鞘の短径と椎間板ヘルニ

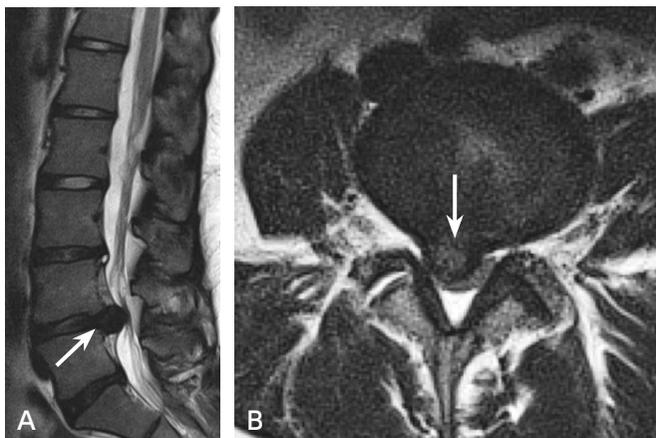


図 腰椎椎間板ヘルニア

A : MRI (T2 強調, 矢状断像), B : MRI (T2 強調, 横断像, L4/5 レベル)
L4/5 レベルで椎間板のやや右寄り後方へ脱出するヘルニアがみられ (→), 脊柱管狭窄をきたしている。

アの有無の間に関連はないと報告している。一方、Pfirrmannら⁵⁾は手術にて確認された94神経根において、椎間板ヘルニアによる神経根圧迫程度(4段階分類)は単純MRIと術中所見で良好に相関するとしている。また、下肢痛と神経根圧迫の程度や椎間板ヘルニアの重症度との相関を示す報告もあるが、疼痛領域と単純MRI所見との整合性を示す報告は見られない^{6,7)}。近年の報告では、Mostofiら⁸⁾が腰椎椎間板ヘルニアと診断された241例の診療記録を調べ、そのうち27例(11.20%)で症状のある側と反対側にヘルニアの所見を認めたとしている。

造影MRIに関しては、椎間板ヘルニアの経過観察における有用性を示す研究がある。Komoriら⁹⁾は片側性神経根症状のある48例の造影MRIを検討し、リング状造影効果を示す椎間板ヘルニアは吸収されやすいことを報告している。Autioら¹⁰⁾は片側性坐骨神経痛のある160例の造影MRIを検討し、椎間板ヘルニアのリング状造影効果が厚いこと、転位が強いこと、および41~50歳であることがヘルニアの退縮率と関連するとしている。また、分離型の椎間板ヘルニアはしばしば腫瘍と紛らわしい所見を示すが、造影MRIが腫瘍との鑑別に有用であることを示す報告がある^{11,12)}。さらに、Hueftleら¹³⁾は脊椎手術後疼痛症候群(failed back surgery syndrome)をきたして手術を施行した17例のMRI所見と病理所見を対比し、造影後10分以内の早期造影MRIは硬膜外線維化と椎間板ヘルニア再発の鑑別に有用であるとしている。Amadorら¹⁴⁾は急性の腰坐骨神経痛を発症しCT検査で椎間板ヘルニアと診断された72例に造影MRIを施行し、造影効果の有無が1年後の消退を予測するのに役立つかを検討した結果、造影効果のないヘルニアは残存する傾向を示したが、造影パターンとヘルニアの消退に有意な相関を認めなかったとしている。椎間板ヘルニアの診断において、造影MRIは通常は施行する必要はないが、経過観察、腫瘍との鑑別、術後再発の診断に有用な場合がある。

MR脊髓造影は、くも膜下腔、神経根・神経節形態の描出に優れ、脊髓造影の代替的な検査法として利用されている。Aotaら¹⁵⁾はMRIで椎間板ヘルニアと診断された83例を検討し、神経根・背側神経節の腫脹と変形を明瞭に描出し、その程度と下肢痛の重症度が良好に相関すると報告している。一方、Puiら¹⁶⁾はMRIで頸椎または腰椎の椎間板ヘルニアと診断された72例を検討し、単純MRIにMR脊髓造影を加えてもヘルニアの診断能は向上しないとされている。O'Connellら¹⁷⁾は腰痛または神経根症状のある207例のMRIを検討し、単純MRIにMR脊髓造影を追加しても、あまり追加情報はないと結論づけている。Wilmlink¹⁸⁾は、椎間板ヘルニア等に起因した神経根圧迫像と坐骨神経痛との関係性を明らかにするのにMR脊髓造影は有用であるが、単純MRIに代わるほどの撮像法ではないとしている。このことから単純MRIにMR脊髓造影を追加すべきであることを示すエビデンスはなく、MR脊髓造影は勧められない。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりback pain, sciatica, disk herniation, MRIのキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本整形外科学会, 日本脊椎脊髄病学会 監: 腰椎椎間板ヘルニア診療ガイドライン 改訂第2版. 南江堂, 2011

【文献】

- 1) Janssen ME et al : Lumbar herniated disk disease : comparison of MRI, myelography, and post-myelographic CT scan with surgical findings. Orthopedics 17 : 121-127, 1994
- 2) Thornbury JR et al : Disk-caused nerve compression in patients with acute low-back pain : diagnosis with MR, CT myelography, and plain CT. Radiology 186 : 731-738, 1993
- 3) Szypryt EP et al : Diagnosis of lumbar disc protrusion : a comparison between magnetic resonance imaging and radiculography. J Bone Joint Surg Br 70 : 717-722, 1988
- 4) Gorbachova TA et al : Nerve root sleeve diameters at normal segments and at segments with proximate disc disease : MRI evaluation. Skeletal Radiol 31 : 511-515, 2002

- 5) Pfirrmann CWA et al : MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation : reliability study with surgical correlation. *Radiology* 230 : 583-588, 2004
- 6) Porchet F et al : Relationship between severity of lumbar disc disease and disability scores in sciatica patients. *Neurosurgery* 50 : 1253-1259, 2002
- 7) Beattie PF et al : Associations between patient report of symptoms and anatomic impairment visible on lumbar magnetic resonance imaging. *Spine* 25 : 819-828, 2000
- 8) Mostofi K et al : Reliability of the path of the sciatic nerve, congruence between patients' history and medical imaging evidence of disc herniation and its role in surgical decision making. *Asian Spine J* 9 : 200-204, 2015
- 9) Komori H et al : Contrast-enhanced magnetic resonance imaging in conservative management of lumbar disc herniation. *Spine* 23 : 67-73, 1998
- 10) Autio RA et al : Determinants of spontaneous resorption of intervertebral disc herniations. *Spine* 31 : 1247-1252, 2006
- 11) Aydin MV et al : Intradural disc mimicking : a spinal tumor lesion. *Spinal Cord* 42 : 52-54, 2004
- 12) Lee JS et al : Intradural disc herniation at L5-S1 mimicking an intradural extramedullary spinal tumor : a case report. *J Korean Med Sci* 21 : 778-780, 2006
- 13) Hueftle MG et al : Lumbar spine : postoperative MR imaging with Gd-DTPA. *Radiology* 167 : 817-824, 1988
- 14) Amador AR et al : Natural history of lumbar disc hernias : does gadolinium enhancement have any prognostic value ? *Radiologia* 55 : 398-407, 2013
- 15) Aota Y et al : Dorsal root ganglia morphologic features in patients with herniation of the nucleus pulposus. *Spine* 26 : 2125-2132, 2001
- 16) Pui MH et al : Value of magnetic resonance myelography in the diagnosis of disc herniation and spinal stenosis. *Australas Radiol* 44 : 281-284, 2000
- 17) O'Connell MJ et al : The value of routine MR myelography at MRI of the lumbar spine. *Acta Radiol* 44 : 665-672, 2003
- 18) Wilmlink JT : MR myelography in patients with lumbosacral radicular pain : diagnostic value and technique. *Neuroradiol J* 24 : 570-576, 2011

BQ 80

関節リウマチの診断において手関節 MRI は推奨されるか？

ステートメント 手関節 MRI は有用であり、推奨する。造影併用が望ましく、リウマチ専門医による診察、血清学的検査と組み合わせて施行すべきである。

■ 背景

関節リウマチにおける関節 MRI の所見は滑膜肥厚、骨髄浮腫、骨侵食、関節液貯留、腱鞘滑膜炎などが挙げられるが、これらの所見は特異性に乏しく、他の炎症性関節疾患でも類似した所見を示しうる。2010-ACR/EULAR 基準では関節の疼痛、腫脹などの自覚的・他覚的所見の分布や罹患関節数が重要視されており（二次資料 1）、関節 MRI に関する項目は含まれていない。関節リウマチの診断における手関節 MRI の有用性について検討した。

■ 解説

関節リウマチは全身疾患であり、様々な関節や臓器を侵すにも関わらず、なぜ「手関節」MRI が議論の俎上に上がるのであろうか。それは、手関節が関節リウマチの好発部位で、大関節と比較して骨侵食の観察が容易であることが挙げられる¹⁾。加えて、全身 MRI の検討²⁾によると、全身関節で起こっている変化は、手関節の評価により、ある程度把握することができるからである。

撮影法は、T1 強調像、脂肪抑制 T2 強調像（あるいは STIR 像）、造影後脂肪抑制 T1 強調像を基本とする。骨侵食や骨髄浮腫の評価には必ずしも造影検査は必須ではないが、滑膜炎や腱鞘滑膜炎の評価に脂肪抑制 T2 強調像（あるいは STIR 像）を用いることは過小あるいは過大評価の原因となることがあり、正しい評価には造影検査は必須である^{3,4)}。また、可能であれば両手撮像が望ましい⁵⁾。

関節リウマチの診断において、手関節 MRI (図) の有用性を検討した複数のコホート研究がある。手関節 MRI は早期の関節リウマチと他の炎症性関節疾患との鑑別には有用ではないとする報告がある^{6,7)}。一方、Sugimoto らは、早期関節リウマチ疑いの 48 例において、1987-ACR 基準に MRI 診断基準（二次資料 2、両

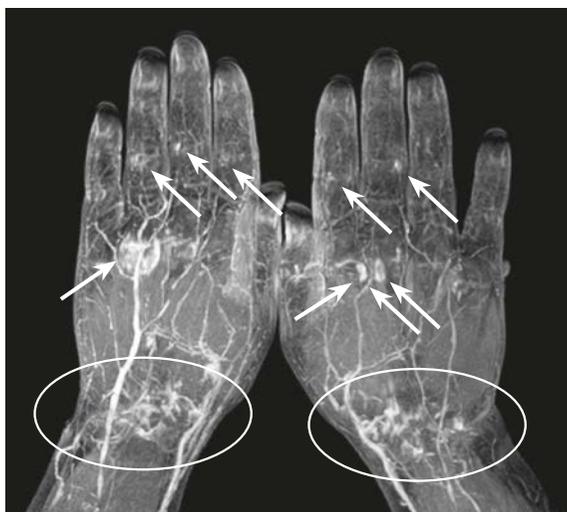


図 関節リウマチ

両手の MRI（造影後脂肪抑制 T1 強調、MIP 像）；両側手根部（○で囲んだ部分）や手指関節（→）に異常造影像が多発しており、多関節炎の所見である。

側手首・中手指節・近位指節間関節の造影効果)を加味すると、診断の感度・特異度・正診率が77%・91%・83%から96%・86%・94%になり、感度と正診率が向上するとしている⁸⁾。Tamaiらは未分類関節炎129例における造影両側手関節MRIと血清マーカーの検討で、MRIで描出される骨髄浮腫と抗CCP抗体陽性の組合せが関節リウマチの診断に有用としている⁹⁾。

Suterら¹⁰⁾のメタアナリシスによると、手関節MRIによる早期関節リウマチの診断能は用いられたMRI診断基準により大きく異なり、感度は20~100%、特異度は0~100%と幅がある。この結果より手関節MRIの診断能を述べるのは難しいが、内訳をみると滑膜炎、骨髄浮腫や骨侵食との組み合わせは比較的高い感度、特異度を示し、骨髄浮腫、骨侵食のみでは特異度は高く感度が低い傾向にある。従って、手関節MRIは滑膜炎描出のために造影併用が望ましい。また、特に高齢者においては少数の関節炎所見は健常者でも観察されうることに留意すると特異度を向上させることができる¹¹⁾。

関節リウマチの診断において、手関節MRIは造影併用が望ましく、所見の正常範囲を考慮して読影すべきである。また、MRI単独で診断するよりも、リウマチ専門医による診察、血清学的検査と組み合わせて評価することが勧められる。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりhand, wrist, rheumatoid arthritis, diagnosis, MRIのキーワードを用いて検索した。また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Aletaha D et al : 2010 Rheumatoid arthritis classification criteria : an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Arthritis Rheum* 62 (9) : 2569-2581, 2010
- 2) Arnet FC et al : The American Rheumatism Association 1987 revised criteria for the classification of rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 31 : 315-324, 1988

| 文献 |

- 1) Rubin DA : MRI and ultrasound of the hands and wrists in rheumatoid arthritis : imaging findings. *Skeletal Radiol* 48 (5) : 677-695, 2019
- 2) Kamishima T et al : Contrast-enhanced whole-body joint MRI in patients with unclassified arthritis who develop early rheumatoid arthritis within 2 years : feasibility study and correlation with MRI findings of the hands. *AJR Am J Roentgenol* 195 (4) : W287-W292, 2010
- 3) Stomp W et al : Aiming for a simpler early arthritis MRI protocol : can Gd contrast administration be eliminated? *Eur Radiol* 25 (5) : 1520-1527, 2015
- 4) Aoki T et al : Diagnosis of early-stage rheumatoid arthritis : usefulness of unenhanced and gadolinium-enhanced MR images at 3T. *Clin Imaging* 37 (2) : 348-353, 2013
- 5) Mo YQ et al : Magnetic resonance imaging of bilateral hands is more optimal than MRI of unilateral hands for rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 45 (7) : 895-904, 2018
- 6) Boutry N et al : MR imaging findings in hands in early rheumatoid arthritis : comparison with those in systemic lupus erythematosus and primary Sjogren syndrome. *Radiology* 236 (2) : 593-600, 2005
- 7) Duer-Jensen A et al : Bone edema on magnetic resonance imaging is an independent predictor of rheumatoid arthritis development in patients with early undifferentiated arthritis. *Arthritis Rheum* 63 (8) : 2192-2202, 2011
- 8) Sugimoto H et al : Early-stage rheumatoid arthritis : prospective study of the effectiveness of MR imaging for diagnosis. *Radiology* 216 (2) : 569-575, 2000
- 9) Tamai M et al : A prediction rule for disease outcome in patients with undifferentiated arthritis using magnetic resonance imaging of the wrists and finger joints and serologic autoantibodies. *Arthritis Rheum* 61 (6) : 772-778, 2009
- 10) Suter LG et al : Role of magnetic resonance imaging in the diagnosis and prognosis of rheumatoid arthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 63 (5) : 675-688, 2011
- 11) Boer AC et al : Using a reference when defining an abnormal MRI reduces false-positive MRI results-a longitudinal study in two cohorts at risk for rheumatoid arthritis. *Rheumatology* 56 (10) : 1700-1706, 2017

腱板損傷の診断において MR 関節造影は推奨されるか？

推奨

肩甲下筋腱断裂や術後肩の腱板評価では MR 関節造影の方が単純 MRI より診断能が優れているとする報告があるものの、全体的には腱板損傷の診断は MR 関節造影と単純 MRI は感度、特異度ともに同等との報告がほとんどである。したがって、MR 関節造影は侵襲性の点から行わないことを弱く推奨する。

[推奨の強さ：3，エビデンスの強さ：弱 (C)，合意率：100% (9/9)]

背景

腱板損傷の診断においては、MRI が有用であることは既知の事実であるが、侵襲性のある MR 関節造影が診断に必要であるかどうかについては既知の事項とはなっておらず、MR 関節造影の必要性について検討した。

解説

腱板損傷における MR 関節造影と単純 MRI を含む MRI 診断能のメタアナリシスは 6 編¹⁻⁶⁾、横断研究は 2 編あり^{7,8)}、これらを合わせて、システマティック・レビューを施行した。報告されている感度・特異度は以下の通りである。単純 MRI の感度は 77~96%，特異度は 81~100% である¹⁻⁶⁾。MR 関節造影の感度は 77~100%，特異度は 92~100% である¹⁻⁶⁾。これらの結果から、MR 関節造影と単純 MRI の診断能は同等と考えられる。

Lenza ら¹⁾によるシステマティック・レビューによると、腱板全層（完全）断裂の診断における感度・特異度は、単純 MRI が 94%・93%，MR 関節造影が 94%・92% であり、統計学的には有意差はみられなかった。de Jesus らのメタアナリシス²⁾によると、腱板部分・全層断裂の診断における感度・特異度は単純 MRI (図 A) が 87.0%・81.7%，MR 関節造影 (図 B) が 92.3%・94.5% であった。ROC 解析による Az 値は MR 関節造影が 0.935，単純 MRI が 0.878 である。Dinnes ら³⁾によるメタアナリシスにおいては、全層断裂における診断の感度・特異度は単純 MRI が 89%・93%，MR 関節造影が 95%・93% である。ただし、部分（不全）断裂ではいずれも診断能は低いとされている。

McGarvey ら⁴⁾の 3T MRI のみに限った近年の MRI 装置でのメタアナリシスにおいては、全層断裂における診断の感度・特異度は単純 MRI が 95.7%・99.0%，MR 関節造影が 96.5%・97.8% であり、両者の診断能は同等である。ただし、部分断裂に診断能の感度・特異度については、単純 MRI が 80.5%・100% であるのに対して、MR 関節造影が 86.5%・特異度 95.2% と、有意差をもって感度は MR 関節造影が、特異度は単純 MRI が優れていると報告されている。また肩甲下筋腱断裂の診断能については、MR 関節造影の方が全体的に優れている傾向であった。Huang ら⁵⁾の滑液包面部分断裂の診断能についてのメタアナリシスでは、感度・特異度・AUC が単純 MRI では、77%・96%・0.82 であり、MR 関節造影が 77%・98%・0.88 であり、両者は同等の診断能と報告されている。Roy ら⁶⁾の腱板断裂に対する診断能についての感度・特異度の報告では、単純 MRI、MR 関節造影ともにいずれも 90% と報告されており、両者の診断能は同等と報告されている。

Magee^{7,8)}の術後肩関節の腱板断裂評価において、感度・特異度がそれぞれ、単純 MRI では 84%・100% に対して、MR 関節造影が 100%・100% であり、診断能は MR 関節造影の方が高いと報告している。

以上からは肩甲下筋腱損傷や術後腱板断裂の診断能については、MR 関節造影が優れている報告があるものの、基本的に腱板損傷の診断は、単純 MRI、MR 関節造影ともに診断能は同等であるとするものがほとんどである。MR 関節造影における、造影剤による副作用についての報告はみられなかったが、侵襲性の点から、MR 関節造影は行わないことを弱く推奨する。



図 1 腱板断裂

A：腱板全層性断裂のMRI（脂肪抑制プロトン密度強調，斜冠状断像）；上方腱板に全層に及ぶ連続性途絶，欠損がみられ（→），この部位を介して肩甲上腕関節と肩峰下滑液包が連続している。
B：腱板部分断裂のMR関節造影（脂肪抑制T1強調，斜冠状断像）；上方腱板の大結節停止部において関節面に造影剤流入がみられる（→）。

検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed, 医中誌, Cochrane Library により rotator cuff injury, rotator cuff tear, MRI, MR arthrography, humans, human, sensitivity, specificity, ROC のキーワードを用いて検索した。検索期間は2016年1月から2020年7月までとし、110編がヒットし、二次スクリーニングで2編が抽出され、この他ハンドサーチでの文献が3編追加された。これらより定性的システマティック・レビューを行った。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン2016年版。金原出版，2016

文献

- 1) Lenza M et al : Magnetic resonance imaging, magnetic resonance arthrography and ultrasonography for assessing rotator cuff tears in people with shoulder pain for whom surgery is being considered. Cochrane Database Syst Rev 24 : 9, 2013
- 2) de Jesus JO et al : Accuracy of MRI, MR arthrography, and ultrasound in the diagnosis of rotator cuff tears : a meta-analysis. AJR Am J Roentgenol 192 : 1701-1707, 2009
- 3) Dinnes J et al : The effectiveness of diagnostic tests for the assessment of shoulder pain due to soft tissue disorders : a systematic review. Health Technol Assess 7 : 1-166, 2003
- 4) McGarvey C et al : Diagnosis of rotator cuff tears using 3-tesla MRI versus 3-tesla MRA : a systematic review and meta-analysis. Skeletal Radiol 45 (2) : 251-261, 2016
- 5) Huang T et al : Diagnostic accuracy of MRA and MRI for the bursal-sided partial-thickness rotator cuff tears : a meta-analysis. J Orthop Surg Res 14 (1) : 436, 2019
- 6) Roy JS et al : Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterisation of rotator cuff disorders : a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med 49 (20) : 1316-1328, 2015
- 7) Magee T : Imaging of the post-operative shoulder : does injection of iodinated contrast in addition to MR contrast during arthrography improve diagnostic accuracy and patient throughput? Skeletal Radiol 47 (9) : 1253-1261, 2018
- 8) Magee T : Utility of pre- and post-MR arthrogram imaging of the shoulder : effect on patient care. Br J Radiol 89 (1062) : 20160028, 2016

推奨

肩関節関節唇損傷の診断において MR 関節造影を行うことを弱く推奨する。

[推奨の強さ：2, エビデンスの強さ：弱 (C), 合意率：89% (8/9)]

背景

肩関節疾患の診断において MRI は広く用いられている有用な検査法であり、単純 MRI 検査の施行が推奨されている。MR 関節造影には関節内に造影剤を投与し関節包を弛緩させて観察する MR 関節造影直接法、造影剤を経静脈的に投与する MR 関節造影間接法があり、単純 MRI と比較して関節唇病変の診断能が高い可能性が示唆されているが、その施行については一律に推奨されていない。本 CQ では関節唇損傷の診断における MR 関節造影の有用性について解説する。

解説

肩関節の関節唇損傷の診断能について肩関節鏡検査を参照基準とした MR 関節造影と単純 MRI を比較した研究は、1 編のコホート研究¹⁾、2 編の横断研究^{2,3)}、3 編のメタアナリシス⁴⁻⁶⁾があり、これらを用いて、定性的システマティック・レビューを施行した。関節唇損傷は、SLAP (superior labrum anterior and posterior) 病変¹⁻⁶⁾、前方関節唇²⁻⁴⁾、後方関節唇²⁻⁴⁾の3つに分けて検討した。

各研究の MRI 装置の磁場や対象患者群などは様々であり、低磁場装置と 3T-MRI では特に単純 MRI の診断能にばらつきがみられる傾向があった。いずれの関節唇損傷においても、感度は MR 関節造影のほうが優れ (MR 関節造影が 80~100%, 単純 MRI が 23~98%), 特異度は概ね同等 (MR 関節造影が 81~100%, 単純 MRI が 88~100%) とする報告がほとんどであった¹⁻⁶⁾。

SLAP 病変の診断能に関して MR 関節造影の直接法と間接法を単純 MRI と比較した研究^{4,5)}では、感度は



図 1 SLAP 病変

MRI (脂肪抑制 T2 強調, 斜冠状断像); 上方関節唇付着部に高信号域が認められる (→)。

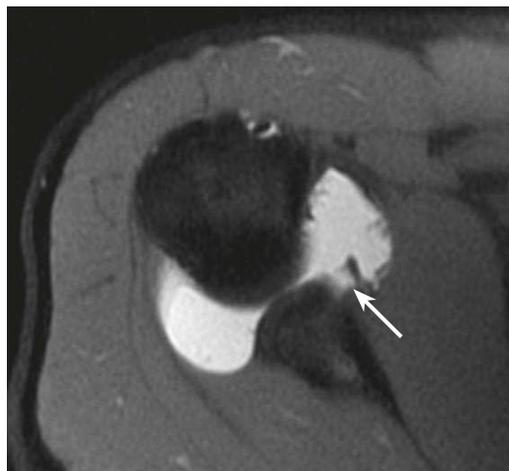


図 2 肩関節前方脱臼による前部関節唇剥離 (Bankart 病変)

直接 MR 関節造影 (脂肪抑制 T1 強調, 横断像); 前部関節唇の内縁側に造影剤流入が認められる (→)。

直接法が80.4~85%，間接法が74.2~78%，単純MRIが63~83%であり，特異度は直接法が90.7~94%，間接法が61~66.5%，単純MRIが87.2~99%と報告されており，感度，特異度ともにMR関節造影の間接法の診断能が劣る。間接法では関節包が十分に拡張しないこと，軟部組織の造影効果が読影の妨げになることなどの影響が大きいと考えられている。

外転外旋位 (abduction and external rotation : ABER) においては，前方関節唇損傷の感度・特異度については単純MRIが83%・99%，MR関節造影 (造影方法を問わない) が87%・99%，ABERでのMR関節造影が94%・94%であり，SLAP病変の感度・特異度について単純MRIが83%・99%，MR関節造影 (造影方法を問わない) が84%・92%，ABERでのMR関節造影が100%・100%であり，感度が向上するとする報告がある⁴⁾。ABER追加による診断能向上については，検討された報告の中でも必ず追加されているわけではないこと，臨床的に不安定性を認めた症例のみに追加されているものが含まれていることなどに考慮が必要である。

術後肩では約20%に再発を疑う症状が認められるとされ，また，術後変化をきたした関節唇の評価は再発との鑑別が難しい。Magee²⁾は術後肩での感度・特異度の比較を行い，SLAP病変においてMR関節造影が100%・97%，単純MRIが71%・100%であり，前方関節唇においてMR関節造影が100%・100%，単純MRIが80%・100%，後方関節唇においてMR関節造影が100%・98%，単純MRIが81%・100%と報告し，MR関節造影が有用としている。ただし，この研究では金属アーチファクトによりMR関節造影/単純MRI検査で評価ができなかった22例はCT関節造影で評価されており，評価から外されている。このため，感度と特異度がこれまでの報告より高くなっていると考察されており，注意が必要である。

MR関節造影のペイシエントケアにおける効果を評価した研究³⁾ではMR関節造影と単純MRIの特異度は3つの関節唇損傷においていずれも100%とし，感度についてはSLAP病変ではMR関節造影が96~98%，単純MRIが81~83%，前方関節唇ではMR関節造影が94~97%，単純MRIが74~77%，後方関節唇ではMR関節造影が91~97%，単純MRIが76~82%とし，MR関節造影が優れていると報告している。この中で，単純MRIが正常だった48例のうち18例(37%)ではMR関節造影で異常を認め，単純MRI検査で異常を認めた42例のうち，3例(6%)のみにMR関節造影で追加の所見が認められたとしている。この追加の所見は臨床的には関節鏡術でも指摘し得る病変であったということから，単純MRI検査で異常を認めた群では追加のMR関節造影は必要ではないかもしれないとしている。

MR関節造影は，特に直接法では侵襲的であること，時間がかかり，手技の前後に伴う患者の不快感や被ばく，感染の危険性，費用などの問題もあるが，単純MRI検査と比較して，関節唇損傷の評価に優れることを示す弱いエビデンスがあり，行うことが弱く推奨される。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりshoulder, labrum, labral, injury, tear, MR arthrography, MRI, humans, human, sensitivity, specificity, ROCのキーワードを用いて検索した。検索期間は2016年1月から2020年7月までとし，40編がヒットした。医中誌・Cochrane Libraryも同様のキーワードで検索した。二次スクリーニングで6編の論文が抽出され，定性的システマティック・レビューを行った。

また，下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン2016年度版。金原出版，2016

Ⅰ 文献

- 1) Berth A et al : Magnetic resonance-guided direct shoulder arthrography for the detection of superior labrum anterior-posterior lesions using an open 1.0-T MRI scanner. Pol J Radiol 84 : e251-e257, 2019

- 2) Magee T : Imaging of the post-operative shoulder : does injection of iodinated contrast in addition to MR contrast during arthrography improve diagnostic accuracy and patient throughput? *Skeletal Radiol* 47 (9) : 1253-1261, 2018
- 3) Magee T : Utility of pre- and post-MR arthrogram imaging of the shoulder : effect on patient care. *Br J Radiol* 89 (1062) : 20160028, 2016
- 4) Ajuied A et al : Diagnosis of glenoid labral tears using 3-tesla MRI vs. 3-tesla MRA : a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 138 (5) : 699-709, 2018
- 5) Symanski JS et al : Diagnosis of superior labrum anterior-to-posterior tears by using MR imaging and MR arthrography : a systematic review and meta-analysis. *Radiology* 285 (1) : 101-113, 2017
- 6) Arirachakaran A et al : A systematic review and meta-analysis of diagnostic test of MRA versus MRI for detection superior labrum anterior to posterior lesions type II-VII. *Skeletal Radiol* 46 (2) : 149-160, 2017

BQ 81

特発性大腿骨頭壊死症の診断において
単純 X 線写真と骨シンチグラフィ、MRI は推奨されるか？

ステートメント

特発性大腿骨頭壊死症の診断において、単純 X 線写真、骨シンチグラフィ、MRI は厚生労働省指定難病特発性大腿骨頭壊死症研究班の診断基準、病期・病型分類の項目に含まれている標準的な画像検査で、推奨される。

CQ 21

特発性大腿骨頭壊死症の診断において CT は推奨されるか？

推奨

特発性大腿骨頭壊死症の診断において、CT は MRI や骨シンチグラフィより優れるとは言えないが、病期分類における重要因子である壊死骨内の軟骨下骨折の評価に優れることを示す弱いエビデンスがあり、弱く推奨される。

[推奨の強さ：2，エビデンスレベルの強さ：とても弱い (D)，合意率：100% (10/10)]

背景

特発性大腿骨頭壊死症は厚生労働省の指定難病に認定されている。診断には、生検による組織学的検査でも 100% の精度を得ることができないために、画像検査を含めた複数の項目による評価が必要となる。また、病期・病型分類は臨床所見、治療法の選択、予後の推定に大きく関与し、これを併せた診断も重要である。

本邦では、厚生労働省指定難病特発性大腿骨頭壊死症研究班による診断基準、病期・病型分類が日本整形外科学会に認定され、一般的に用いられている (二次資料 1)。診断基準は単純 X 線写真、骨シンチグラフィ、MRI、組織診断の所見が、病期分類は単純 X 線写真の所見が、病型分類は単純 X 線写真と MRI による所見が、それぞれ項目になっている (二次資料 1)。また、国際的には、病期分類はあるが診断基準はなく、病期分類が診断基準の役割も担っている。特に Association Research Circulation Osseous (ARCO) 病期分類は頻用されており、単純 X 線写真、CT、骨シンチグラフィ、MRI の所見が項目になっている (二次資料 2)。

特発性大腿骨頭壊死症の診断において、各画像検査における BQ のステートメント、CQ の推奨度の根拠を解説する。

解説

特発性大腿骨頭壊死症における各画像検査の診断能において、横断研究は 8 編、MRI の診断能のメタアナリシスは 1 編あり¹⁻⁹⁾、これらを合わせて、システマティック・レビューを施行した。各研究の参照基準は生検による組織学的検査、骨髓内圧、単一または異なる複数の画像検査などと様々で、単純 X 線写真と CT に関する研究は少なかった。そのためメタアナリシスを行うことはできなかったが、単純 X 線写真の感度は 57%、特異度は 77%¹⁾、CT の感度は 70.6%²⁾、92.7%³⁾、骨シンチグラフィの感度は 60~91.3%、特異度は 79~100%¹⁻⁶⁾、MRI (図) の感度は 50~100%、特異度は 71~100%^{1,3-5,7)} で、感度、特異度ともに単純 X 線写真は他の画像検査より低い。

Mitchell ら⁸⁾ は MRI、CT、骨シンチグラフィの診断能を ROC 解析で比較し、MRI は早期診断の精度が最も高いと報告している。Zhang ら⁹⁾ は早期の特発性大腿骨頭壊死症における MRI の診断能のメタアナリシス



図 大腿骨頭壊死症

A : MRI (T1 強調, 冠状断像), B : MRI (T2 強調, 矢状断像); 左大腿骨頭前上部主体に骨壊死があり, 壊死の境界を示唆する帯状低信号が見られる (=>)。大腿骨頭前上部の軟骨下に関節面に平行な線状低信号がみられ (▷), 軟骨下骨折の所見である。壊死の周囲には, 骨髄浮腫を示す低信号域を伴っている (→)。

C : CT (MPR, 冠状断像), D : CT (MPR, 矢状断像); 大腿骨頭前上部の軟骨下骨折が線状の硬化像として同定される (▷)。骨壊死との境界に線状の硬化性変化がみられる (=>)。

にて, 感度は 93.0% (95% CI, 92.0~94.0%), 特異度は 91.0% (95% CI, 89.0~93.0%) とともに高く, MRI は高い診断能を示すとしている。SPECT を併用した骨シンチグラフィと MRI を比較した研究では, 骨シンチグラフィの感度 (91%, 100%) は MRI の感度 (87%, 66%) より高いとされている^{4,7)}。

一方, Sugano ら¹⁾ は特発性大腿骨頭壊死症の診断能の多施設研究にて, 単純 X 線写真, 骨シンチグラフィ, MRI, 組織診断で提唱された 5 つのクライテリアのいずれか 2 つを組み合わせると, 感度は 91%, 特異度

は99%で非常に高い診断能を示すと報告している。

以上より、SPECTを併用した骨シンチグラフィ、MRIの診断能は高いが、複数の検査を組み合わせることが望ましいと言える。ただし、これらの研究は参照基準が様々である上に、MRIの磁場強度や撮像法が異なる、古いものが多く画像検査機器の性能が現在のものと異なる、などの問題点があり、これらを考慮しなければならない。

病期分類においては、画像検査の有用性を検討した5編の横断研究があり¹⁰⁻¹⁴⁾、これらのシステマティック・レビューを施行した。Leeら¹⁰⁾は特発性大腿骨頭壊死症のある15股関節の4股関節において、CT、MRIを施行することで単純X線写真より病期が上昇したと報告している。Zibisら¹¹⁾は単純X線写真、MRIを用いたARCO分類による病期分類を比較し、MRIを参照基準にした単純X線写真の感度・特異度は、2期で88%・90.5%、3期で79.2%・82%、4期で76%・100%で、MRIと単純写真における一致率は、病期診断が80.6%、壊死部位が71.2%、壊死の大きさが67.1%、骨頭圧潰の有無が79.2%、圧潰の程度が56.3%としている。

病期分類では壊死骨内の軟骨下骨折、骨頭圧潰が重要因子となる。CTを参照基準にした軟骨下骨折の評価における単純X線写真の感度は71%、特異度は97%¹²⁾、MRIの感度は38%、92.9%、特異度は100%、28.6%^{12,13)}と報告されている。Meierら¹⁴⁾はARCO分類3期の症例において、組織診断を参照基準としてCTとMRIでの軟骨下骨折と骨頭圧潰の有無と程度を比較している。軟骨下骨折の検出率はCTで100%、MRIで51%とCTが高く、軟骨下骨折の範囲や圧潰の程度もCTがより正確に評価でき、病期分類においてCTが勝ると報告している。壊死骨内の軟骨下骨折、骨頭圧潰の評価において、弱いエビデンスではあるが、CTは単純X線写真、MRIより優れることが示されている。また、近年、CTは術前プランニングにも用いられている。

特発性大腿骨頭壊死症の診断において、単純X線写真は診断能があまり高くないが、被ばくが少なく安価なスクリーニングとなる画像検査である。MRI、SPECTを併用した骨シンチグラフィは高い診断能を示す。従って、これらは標準的な画像検査となる。一方、CTはMRIやSPECTを併用した骨シンチグラフィより診断能が優るとは言えず、被ばくもあるが、病期分類の重要因子である壊死骨内の軟骨下骨折、骨頭圧潰の評価に優れることを示す弱いエビデンスがあり、弱く推奨される。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedとCochrane libraryによりfemoral head, osteonecrosis, necrosis, radiography, bone scintigraphy, bone scan, CT, MRI, human, humans, sensitivity, specificity, ROCのキーワードを用いて、2016年～2019年で検索した。110編がヒットしたが、二次スクリーニングで抽出されたのは1編のみであった。また、画像診断ガイドライン2016年版の「CQ：大腿骨頭壊死症の診断にどのような画像診断を推奨するか？」の引用文献の中で、特発性大腿骨頭壊死症の診断における画像検査の有用性のエビデンスを示す13編を採用した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本整形外科学会 厚生労働省指定難病特発性大腿骨頭壊死症研究班 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会 特発性大腿骨頭壊死症診療ガイドライン策定委員会：特発性大腿骨頭壊死症診療ガイドライン2019. 南江堂, 2019
- 2) Yoon BH et al : The 2019 Revised Version of Association Research Circulation Osseous Staging System of Osteonecrosis of the Femoral Head. J Arthroplasty 35 : 933-940, 2020
- 3) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン2016年版. 金原出版, 2016

Ⅰ 文献Ⅰ

- 1) Sugano N et al : Diagnostic criteria for non-traumatic osteonecrosis of the femoral head : a multicentre study. J Bone Joint Surg Br 81 : 590-595, 1999

- 2) Coleman BG et al : Radiographically negative avascular necrosis : detection with MR imaging. *Radiology* 168 : 525-528, 1988
- 3) Thickman D et al : Magnetic resonance imaging of avascular necrosis of the femoral head. *Skeletal Radiol* 15 : 133-140, 1986
- 4) Stulberg BN et al : Multimodality approach to osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop Relat Res* 240 : 181-193, 1989
- 5) Markisz JA et al : Segmental patterns of avascular necrosis of the femoral heads : early detection with MR imaging. *Radiology* 162 : 717-720, 1987
- 6) Lee EJ et al : Incidence and radio-uptake patterns of femoral head avascular osteonecrosis at 1 year after renal transplantation : a prospective study with planar bone scintigraphy. *Nucl Med Commun* 27 : 919-924, 2006
- 7) Ryu JS et al : Bone SPECT is more sensitive than MRI in the detection of early osteonecrosis of the femoral head after renal transplantation. *J Nucl Med* 43 : 1006-1011, 2002
- 8) Mitchell DG et al : Avascular necrosis of the hip : comparison of MR, CT, and scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol* 147 : 67-71, 1986
- 9) Zhang YZ et al : Accuracy of MRI diagnosis of early osteonecrosis of the femoral head : a meta-analysis and systematic review. *J Orthop Surg Res* 13 : 167, 2018
- 10) Lee MJ et al : A comparison of modern imaging modalities in osteonecrosis of the femoral head. *Clin Radiol* 42 : 427-432, 1990
- 11) Zibis AH et al : The role of MR imaging in staging femoral head osteonecrosis. *Eur J Radiol* 63 : 3-9, 2007.
- 12) Stevens K et al : Subchondral fractures in osteonecrosis of the femoral head : comparison of radiography, CT, and MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 180 : 363-368, 2003
- 13) Yeh LR et al : Diagnostic performance of MR imaging in the assessment of subchondral fractures in avascular necrosis of the femoral head. *Skeletal Radiol* 38 : 559-564, 2009
- 14) Meier R et al : Bone marrow oedema on MR imaging indicates ARCO stage 3 disease in patients with AVN of the femoral head. *Eur Radiol* 24 : 2271-2278, 2014

BQ 82

膝関節の半月板・十字靭帯損傷の診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント 膝関節の半月板・十字靭帯損傷の診断において、MRI は有用であり推奨される。ただし、単独ではなく、病歴聴取を含めた整形外科医による診察と組み合わせて施行することが望ましい。

■ 背景

関節内構造である半月板や十字靭帯の損傷の診断のために MRI が活用される機会は多い。一方、整形外科医による徒手試験に基づく診断も確立されており、MRI の必要性は低いと考える整形外科医も存在する。また、最も信頼されている診断法は関節鏡だが、MRI と比較して高侵襲、高価であり、可能であれば、診断目的の関節鏡は MRI で代用することが望ましい。半月板・十字靭帯損傷の診断における MRI の有用性を解説する。

■ 解説

膝関節の半月板・十字靭帯損傷の診断において、関節鏡を参照基準として MRI (図1, 図2) の診断能を検討した多数の横断研究がある。Oei ら¹⁾ のメタアナリシスによると、感度、特異度は内側半月板断裂で 93.3% (95% CI, 91.7~95.0%), 88.4% (95% CI, 85.4~91.4%), 外側半月板断裂で 79.3% (95% CI, 74.3~84.2%), 95.7% (95% CI, 94.6~96.8%), 前十字靭帯断裂で 94.4% (95% CI, 92.3~96.6%), 94.3% (95% CI, 92.7~95.9%), 後十字靭帯断裂で 91.0% (95% CI, 83.2~98.7%), 99.4% (95% CI, 98.9~99.9%) である。Crawford ら²⁾ のメタアナリシスによると、感度・特異度・正診率は内側半月板断裂で 91.4%・81.1%・86.3%, 外側半月板断裂で 76.0%・93.3%・88.8%, 前十字靭帯断裂で 86.5%・95.2%・93.4% である。Phelan ら³⁾ のメタアナリシスによると、感度、特異度は内側半月板断裂で 89% (95% CI, 83~94%), 88% (95% CI, 82~93%), 外



図1 内側半月板の水平断裂

MRI (T2*強調, 矢状断像); 内側半月板の後角に下面へ及ぶ線状高信号が見られる (→)。

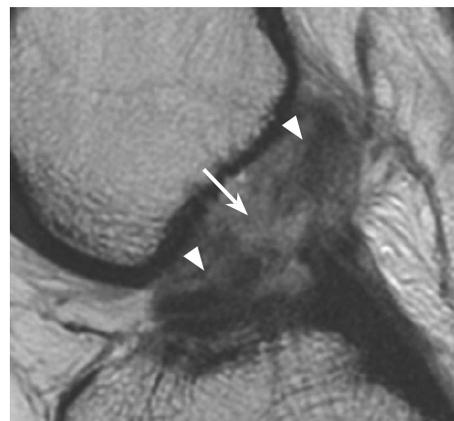


図2 前十字靭帯の完全断裂

MRI (T2強調, 矢状断像); 前十字靭帯は中部で連続性がなく (→), 断片が腫大, 高信号, たわみを示す (▷)。

側半月板断裂で78% (95% CI, 66~87%), 95% (95% CI, 91~97%), 前十字靭帯断裂で87% (95% CI, 77~94%), 93% (95% CI, 91~96%)である。MRIは半月板・十字靭帯損傷において高い診断能を示すが、その感度は外側半月板断裂で最も低く、MRIを読影する際には外側半月板において断裂の有無の判定基準を最も低く設定すべきである。報告で用いられたMRI装置は0.1T~1.5Tと様々だが、装置の磁場強度における診断能の差はないと報告されている⁴⁻⁶⁾。

一方、膝関節の半月板・十字靭帯損傷の診断において、関節鏡を参照基準として徒手試験の有用性を検討した多数の横断研究もある。これらのメタアナリシスによると各徒手試験の診断能はばらつきがあるが^{7,8)}、代表的なものを挙げると、半月板損傷の診断におけるMcMurray試験はHegedusら⁷⁾のメタアナリシスにて感度が70.5%、特異度が71.1%、前十字靭帯損傷の診断における無麻酔下Lachmann試験はVan Eckら⁸⁾によるメタアナリシスにて感度、特異度ともに81%である。ただし、関節鏡は術者の熟練度に左右されること、半月板の辺縁、後節など観察し難い部位があること、関節内構造の表面しか観察できないことなどの欠点もあり、参照基準として完全なものではないことも考慮しなければならない。

病歴聴取を含めた整形外科医の診察による臨床所見とMRIの診断能の比較に関しては、関節鏡を参照基準として検討した複数の横断研究があるが、そのほとんどは臨床所見で半月板や靭帯の損傷を疑う症例を対象としている。臨床所見の診断能がMRIの診断能と同等、またはそれより高いとする報告がある一方⁹⁻¹³⁾、MRIの診断能が臨床所見の診断能より高いとする報告もあり^{14,15)}、この結論を出すのは難しい。しかし、整形外科医による診察後の場合には、一般的にMRIは単独ではなく臨床所見と併せて評価される。整形外科医による診察による臨床所見で半月板や靭帯の損傷を疑う症例を対象として、MRIを施行することで診断目的の関節鏡を省略できるかどうかを検討した複数の横断研究もあり、関節鏡は27.3~51.4%で減らせるとされている¹⁶⁻¹⁸⁾。

半月板・十字靭帯損傷の診断において、MRIは有用であり、標準的な画像検査として推奨される。ただし、単独に施行するよりも、病歴聴取を含めた整形外科医による診察と組み合わせて施行することが望ましい。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりknee, meniscus injury, meniscus tear, ligament injury, ligament tear, MRI, arthroscopyのキーワードを用いて2012年以降の文献を検索した。

| 文献 |

- 1) Oei EH et al : MR imaging of the menisci and cruciate ligaments : a systematic review. *Radiology* 226 : 837-848, 2003
- 2) Crawford R, et al : Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears : a systematic review. *Br Med Bull* 84 : 5-23, 2007
- 3) Phelan N et al : A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of MRI for suspected ACL and meniscal tears of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24 : 1525-1539, 2016
- 4) Vellet AD et al : Anterior cruciate ligament tear : prospective evaluation of diagnostic accuracy of middle- and high-field-strength MR imaging at 1.5T and 0.5T. *Radiology* 197 : 826-830, 1995
- 5) Cotton A : MR imaging of the knee at 0.2T and 0.5T : correlation with surgery. *AJR Am J Roentgenol* 174 : 1093-1097, 2000
- 6) Cheng Q, et al : Comparison of 1.5- and 3.0-T magnetic resonance imaging for evaluating lesions of the knee : a systematic review and meta-analysis (PRISMA-compliant article). *Medicine* 97 : 38, 2018
- 7) Hegedus EJ et al : Physical examination tests for assessing a torn meniscus in the knee : a systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 37 : 541-550, 2007
- 8) Van Eck CF et al : Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture : a meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21 : 1895-1903, 2013
- 9) Brooks S et al : Accuracy of clinical diagnosis in the knee arthroscopy. *Ann R Coll Surg Engl* 84 : 265-268, 2002
- 10) Ryzewicz M et al : The diagnosis of meniscus tears : the role of MRI and clinical examination. *Clin Orthop Relat Res* 455 : 123-133, 2007

- 11) Madhusudhan TR et al : Clinical examination, MRI and arthroscopy in meniscal and ligamentous knee Injuries : a prospective study. J Orthop Surg Res 3 : 19, 2008
- 12) Rayan F et al : Clinical, MRI, and arthroscopic correlation in meniscal and anterior cruciate ligament injuries. Int Orthop 33 : 129-132, 2009
- 13) Yan R et al : Predicted probability of meniscus tears : comparing history and physical examination with MRI. Swiss Med Wkly 141 : w13314, 2011
- 14) Navali AM et al : Arthroscopic evaluation of the accuracy of clinical examination versus MRI in diagnosing meniscus tears and cruciate ligament ruptures. Arch Iran Med 16 : 229-232, 2013
- 15) Munk B et al : Clinical magnetic resonance imaging and arthroscopic findings in knees : a comparative prospective study of meniscus anterior cruciate ligament and cartilage lesions. Arthroscopy 14 : 171-175, 1998
- 16) Ruwe PA et al : Can MR imaging effectively replace diagnostic arthroscopy ? Radiology 183 : 335-339, 1992
- 17) Bui-Mansfield LT et al : Potential cost saving of MR imaging obtained before arthroscopy of the knee. AJR Am J Roentgenol 168 : 913-918, 1997
- 18) Vincken PW et al : Effectiveness of MR imaging in selection of patients for arthroscopy of the knee. Radiology 223 : 739-746, 2002

BQ 83

骨腫瘍・腫瘍類似病変の診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント

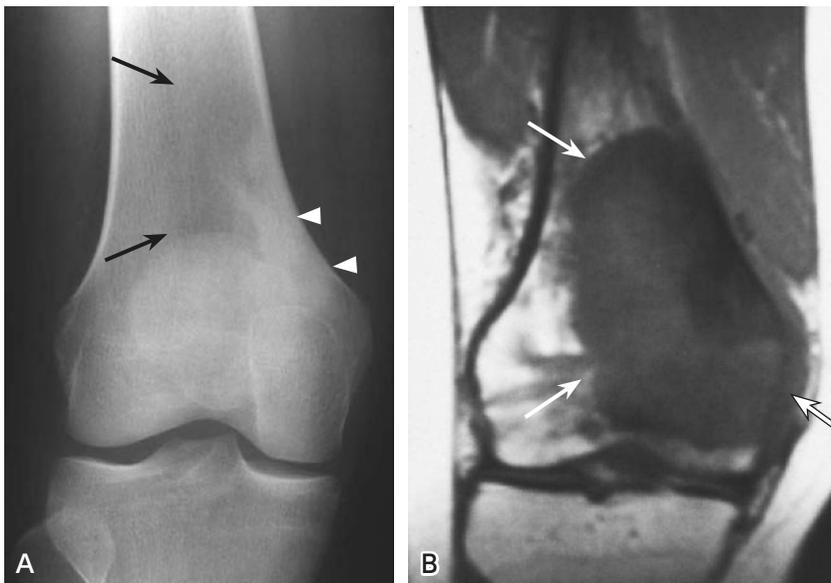
最初に行うべき画像検査は単純 X 線写真である。MRI は病変の検出、病態の評価、局所浸潤の評価に有用であり、単純 X 線写真で悪性腫瘍が疑われる場合や診療方針を決定できない場合に推奨する。

背景

骨腫瘍・腫瘍類似病変を評価する画像検査として、まず単純 X 線写真が撮影されるが、MRI が利用される機会も多い。骨腫瘍・腫瘍類似病変の診断における MRI の有用性、適応について検討した。

解説

骨腫瘍・腫瘍類似病変の診断には様々な画像検査が用いられるが、単純 X 線写真 (☒) は病変の検出および組織学的性状の解析を行うことのできる、最も安価でアクセスがよくどの施設でも行うことができる画像検査である。良性病変は単純 X 線写真のみで診断可能な典型例も多く、このような例では侵襲的治療を考慮する場合を除き、他の画像検査を追加する必要性は低い^{1,2)}。ただし、扁平骨では単純 X 線写真のみでは評価が難しい場合がある。Ma ら³⁾ は 51 例の骨腫瘍・腫瘍類似病変の良悪鑑別について、MRI (☒) のみで評価した場合と単純 X 線写真と MRI を合わせて評価した際の診断能を比較し、悪性病変の診断感度はいずれも極めて



☒ 骨肉腫

A：単純 X 線写真（正面像）；右大腿骨の遠位骨幹端に境界不明瞭な溶骨性病変がみられ (→)，病変の内側には雲状の石灰化が認められる (△)。

B：MRI (T1 強調, 冠状断像)；骨幹端から骨端におよぶ偏心性の低信号病変がみられ (⇒)，単純 X 線写真と比べて病変の進展範囲が明瞭である。

良好で差がないが、MRIのみでは良性病変を悪性病変と過大評価する傾向があり、単純X線写真とMRIを合わせて評価することで診断の特異度が20%、正診率が18%向上したと報告している。

骨腫瘍・腫瘍類似病変の広がり診断において、MRIと他の画像診断の診断能を比較した研究がある。Hogeboomら⁴⁾は骨腫瘍・腫瘍類似病変25例の浸潤評価についてCTと比較し、骨髄浸潤では25%、軟部組織浸潤では31%、関節浸潤では36.4%の症例でMRIがCTよりも優れていたと報告している。一方、骨皮質破壊の評価はCTが有用で、同一症例の13.6%の症例においてCTがMRIよりも優れていたと述べている。Zimmerら⁵⁾も骨腫瘍・腫瘍類似病変52例の浸潤評価を行い、骨髄浸潤では33%、軟部組織浸潤では38%の症例においてMRIがCTよりも優れていたと報告している。Bloemら⁶⁾は悪性骨腫瘍56例の局所病期診断について、CTおよび血管造影との比較を行い、診断の感度はMRIが100%、CTが33%、血管造影が83%で、特異度はMRIが98%、CTが93%、血管造影が71%であったと報告している。MRIは神経血管浸潤の評価についても血管造影と同等であり、悪性骨腫瘍の局所病期診断にはMRIを選択すべきであると述べている。Frankら⁷⁾は臨床的に悪性骨腫瘍が疑われた106例について、MRIと骨シンチグラフィの病変検出能を比較し、MRIは骨シンチグラフィと比べて有意に検出感度が高かったと報告している。

内部性状評価については、様々な疾患でコントラスト分解能の良いMRIの有用性が報告されている⁸⁻¹²⁾。脂肪、出血・ヘモジデリン、軟骨基質、粘液状基質、膠原線維、嚢胞などの構成組織を類推でき、病変の質的診断に役立つ。Moriら¹³⁾は骨腫瘍・腫瘍類似病変32例について、MRIと単純X線写真を組み合わせた場合と造影CTのみの場合の診断能を比較し、骨皮質破壊や病変内石灰化の評価についてはCTが優れるが、病変の組織学的性状解析では、56%の症例においてMRIと単純X線写真の組み合わせが優れていたと報告している。

骨腫瘍・腫瘍類似病変の診断において、MRIは病変検出や病態評価における有用性があり、特に局所浸潤評価に優れている。ただし、骨皮質や病変内石灰化の評価についてはCTが有用である。スクリーニングには単純X線写真が適しており、MRIは単純X線写真で悪性腫瘍が疑われる場合や治療方針を決定できない場合に勧められる。MRIを評価するには単純X線写真を参考にすることが望ましい。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりbone tumor, MRIのキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Bestic JM et al : ACR Appropriateness Criteria[®] : primary bone tumors J Am Coll Radiol 17 : S226-S238, 2020
- 2) 日本整形外科学会骨・軟部腫瘍委員会 編 : 整形外科・病理 悪性骨腫瘍取扱い規約 第4版. 金原出版, 2015

| 文献 |

- 1) Sundaram M et al : Computed tomography or magnetic resonance for evaluating the solitary tumor or tumor-like lesion of bone? Skeletal Radiol 17 : 393-401, 1988
- 2) Griffiths HJ et al : The use of MRI in the diagnosis of benign and malignant bone and soft tissue tumours. Australas Radiol 37 : 35-39, 1993
- 3) Ma LD et al : Differentiation of benign and malignant musculoskeletal tumors : potential pitfalls with MR imaging. Radiographics 15 : 349-366, 1995
- 4) Hogeboom WR et al : MRI or CT in the preoperative diagnosis of bone tumours. Eur J Surg Oncol 18 : 67-72, 1992
- 5) Zimmer WD et al : Bone tumors : magnetic resonance imaging versus computed tomography. Radiology 155 : 709-718, 1985
- 6) Bloem JL et al : Radiologic staging of primary bone sarcoma : MR imaging, scintigraphy, angiography, and CT correlated with pathologic examination. Radiology 169 : 805-810, 1988
- 7) Frank JA et al : Detection of malignant bone tumors : MR imaging vs scintigraphy. AJR Am J Roentgenol 155 : 1043-1048, 1990

- 8) Aoki J et al : MR findings indicative of hemosiderin in giant-cell tumor of bone : frequency, cause, and diagnostic significance. AJR Am J Roentgenol 166 : 145-148, 1996
- 9) Cohen EK et al : Hyaline cartilage-origin bone and soft-tissue neoplasms : MR appearance and histologic correlation. Radiology 167 : 477-481, 1988
- 10) Frick MA et al : Imaging findings in desmoplastic fibroma of bone : distinctive T2 characteristics. AJR Am J Roentgenol 184 : 1762-1768, 2005
- 11) Murphey MD et al : Telangiectatic osteosarcoma : radiologicpathologic comparison. Radiology 229 : 545-553, 2003
- 12) Campbell RS et al : Intraosseous lipoma : report of 35 new cases and a review of the literature. Skeletal Radiol 32 : 209-222, 2003
- 13) Mori T et al : Three-dimensional images of contrast-enhanced MDCT for preoperative assessment of musculoskeletal masses : comparison with MRI and plain radiographs. Radiation Med 23 : 398-406, 2005

軟部腫瘍・腫瘍類似病変の診断において造影 MRI は推奨されるか？

推奨

造影 MRI はルーチンに行う必要性は高くはないが、ダイナミック造影 MRI は良悪性の鑑別に役立つ場合があり、造影 MRI を行うことを弱く推奨する。

[推奨の強さ：2, エビデンスの強さ：C (弱), 合意率：89% (8/9)]

背景

MRI は軟部腫瘍・腫瘍類似病変の診断において、中心的役割を担う画像診断法である。日本医学放射線学会の「画像診断ガイドライン 2016 年版」では、単純 MRI は良悪性の鑑別、良性腫瘍の質的診断に有用であり、臨床所見や単純 X 線写真と組合せて施行することを推奨している。一方、造影 MRI は、多くの充実性腫瘍において時間の経過とともに増強されるため、性状評価には役立たないとの指摘もあり、一律に造影 MRI を施行することには異論がある^{1,2)}。

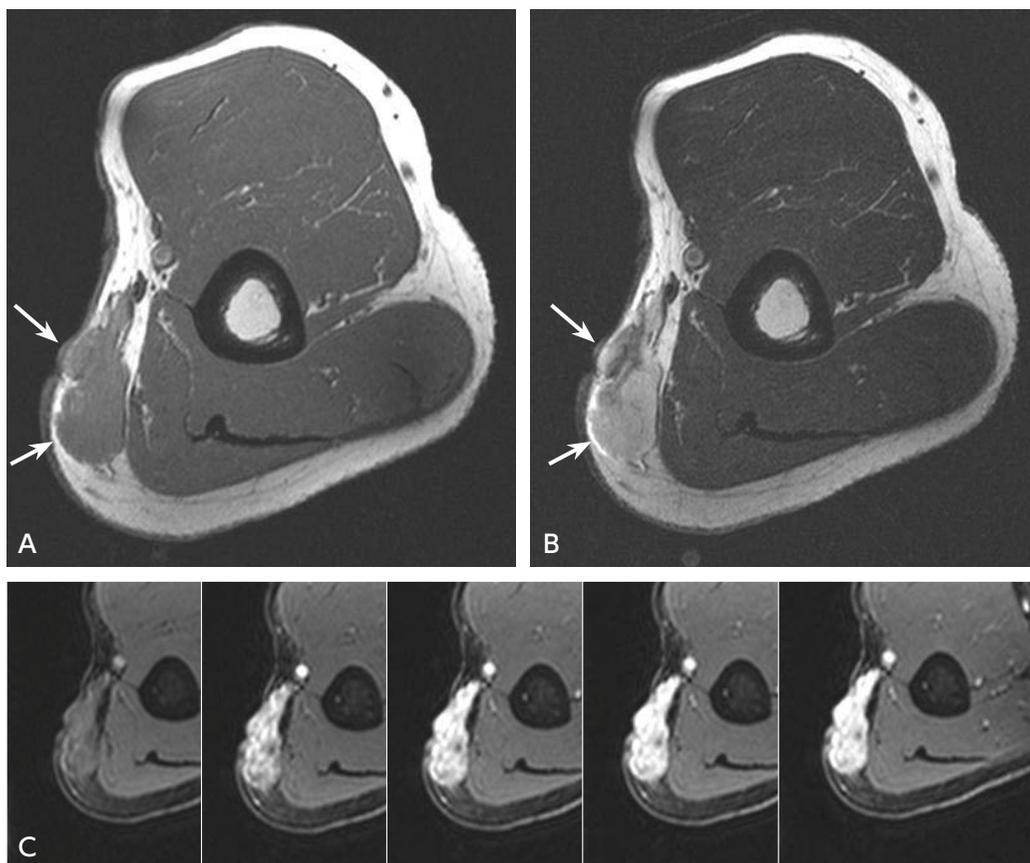
本 CQ では軟部腫瘍・腫瘍類似病変の質的診断、良悪性の鑑別診断、軟部肉腫の組織学的悪性度診断における造影 MRI の有用性について解説する。

解説

造影 MRI は、T2 強調像で高信号を呈する嚢胞様の軟部腫瘍・腫瘍類似病変に対し、嚢胞か充実性腫瘍かの鑑別に用いられる。特に、嚢胞の好発部位である関節周囲以外の部位に発生した場合や T2 強調像で不均一な高信号を呈する場合は、嚢胞と診断することが困難となるため、造影 MRI は有用性が高い^{2,3)}。脂肪性腫瘍では、内部に造影効果を有する厚い隔壁や結節を認める場合は異型脂肪腫様腫瘍/高分化型脂肪肉腫を疑う⁴⁾。造影剤を急速に静脈内に注入して同じ断面を複数回撮像するダイナミック造影 MRI は、早期に濃染する富血管成分と緩徐に増強される線維性成分など内部性状評価に有用であり、質的診断の一助となる⁵⁾。

良悪性の鑑別に関しては、van Rijswijk ら⁶⁾ は軟部腫瘍・腫瘍類似病変 140 例 (良性 67 例, 悪性 73 例) を検討し、単純 MRI 単独での感度は 69%, 特異度は 73% であったのに対し、造影 MRI を追加すると感度が 74%, 特異度が 78% へ上昇したと報告している。さらにダイナミック造影 MRI を追加することで感度が 82%, 特異度が 78% と最も良い結果であったと報告している。一方、Grande ら⁷⁾ は軟部腫瘍・腫瘍類似病変 39 例 (良性 27 例, 悪性 12 例) を検討し、単純 MRI に造影 MRI を追加しても正診率の向上には至らなかったが (66% から 59% へ低下)、ダイナミック造影 MRI を追加すると 76% へ向上したと報告している。以上のように、単純 MRI に造影 MRI を追加することによる良悪性の鑑別能の向上に関しては、依然として定まった見解はない。しかし、ダイナミック造影 MRI の早期相で濃染する腫瘍を悪性とする感度は 64~96%, 特異度は 58~80% との報告がされており、良悪性の鑑別に、ある程度有用と考えられる⁵⁻⁹⁾ (図)。結果にばらつきを認めるが、対象となる症例数や種類が影響していると考えられる。その他、早期濃染の定義、MRI の磁場強度や撮像パラメータの違いも考慮しなければならない。病理組織学的に、悪性腫瘍では異常な血管新生を認めることが多いため、ダイナミック造影 MRI で早期に濃染する腫瘍では、悪性の可能性を念頭におく必要がある。一方で、ダイナミック造影 MRI で早期濃染は血管腫、グロムス腫瘍、急性期の骨化性筋炎など早期濃染する良性腫瘍・腫瘍類似病変でも認めることがあるため、臨床情報に加え、単純 X 線写真や単純 MRI など、早期濃染する良性病変を除外した上で、ダイナミック造影 MRI で早期濃染に注目することが大切と考えられる。

軟部肉腫の組織学的悪性度の診断に関して、Zhao ら¹⁰⁾ は軟部肉腫 95 例の MRI 所見を検討し、腫瘍周囲が



☒ 粘液線維肉腫

A : MRI (T1 強調像), B : MRI (T2 強調像), C : ダイナミック造影 MRI

右上腕部皮下に辺縁不整な腫瘍を認める (→)。T1 強調像で筋と等信号, T2 強調像で不均一に高信号を呈している。ダイナミック造影 MRI では早期より造影され, その後も造影効果は持続している。

造影される, いわゆる peritumoral enhancement を呈する腫瘍を高悪性度群 (グレード 2, 3) とした場合の感度は 91%, 特異度は 57%であったと報告している。Crombe ら¹¹⁾ は軟部肉腫 130 例における多変量解析の結果, peritumoral enhancement, 腫瘍内壊死, T2 強調像で 50%以上の不均一性, が高悪性度 (グレード 3) を示唆する所見であり, いずれか 2つを組み合わせると, 感度は 75%, 特異度は 64.2%であったと報告している。造影剤投与後の組織の信号を高い時間分解能で撮像し, 灌流 (毛細血管レベルの血流動態) を定量的に解析するパーフュージョン MRI を用いた検討では, 高悪性度群 (グレード 2, 3) における, 造影剤の細胞外腔への漏出する移行速度定数 (K^{trans}) が, 低悪性度群 (グレード 1) に比べて有意に高かったと報告されている^{12, 13)}。

以上より, 造影 MRI は嚢胞性か充実性腫瘍かの鑑別に有用である。ダイナミック造影 MRI における早期濃染は良悪性の鑑別に役立つ場合がある。peritumoral enhancement は軟部肉腫の組織学的悪性度診断に有用である可能性がある。軟部腫瘍・腫瘍類似病変の診断に造影 MRI を行うことを弱く推奨する。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed と Cochrane Library により soft tissue tumor, soft tissue tumor-like lesion, conventional MRI, contrast-enhanced MRI, dynamic contrast-enhanced MRI, sensitivity, specificity のキーワードを用いて、2016 年から 2019 年検索し、212 編より選択した。二次スクリーニングで 10 編が抽出され、この他ハンドサーチでの 6 編が追加された。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン 2016 年版。金原出版，2016

| 文献 |

- 1) May DA et al : MR imaging of musculoskeletal tumors and tumor mimickers with intravenous gadolinium : experience with 242 patients. Skeletal Radiol 26 : 2-15, 1997
- 2) Kransdorf MJ et al : The use of gadolinium in the MR evaluation of soft tissue tumors. Semin Ultrasound CT MR 18 : 251-268, 1997
- 3) Ma LD et al : Differentiation of benign from malignant musculoskeletal lesions using MR imaging : pitfalls in MR evaluation of lesions with a cystic appearance. AJR Am J Roentgenol 170 : 1251-1258, 1998
- 4) Panzarella MJ et al : Predictive value of gadolinium enhancement in differentiating ALT/WD liposarcomas from benign fatty tumors. Skeletal Radiol 34 : 272-278, 2005
- 5) van der Woude HJ et al : Musculoskeletal tumors : does fast dynamic contrast-enhanced subtraction MR imaging contribute to the characterization? Radiology 208 : 821-828, 1998
- 6) van Rijswijk CS et al : Soft-tissue tumors : value of static and dynamic gadopentetate dimeglumine-enhanced MR imaging in prediction of malignancy. Radiology 233 : 493-502, 2004
- 7) Del Grande F et al : Characterization of indeterminate soft tissue masses referred for biopsy : What is the added value of contrast imaging at 3.0 tesla? J Magn Reson Imaging 45 : 390-400, 2017
- 8) Tuncbilek N et al : Dynamic contrast enhanced MRI in the differential diagnosis of soft tissue tumors. Eur J Radiol 53 : 500-505, 2005
- 9) Barile A et al : Musculoskeletal tumours : preliminary experience with perfusion MRI. Radiol Med 112 : 550-561, 2007
- 10) Zhao F et al : Can MR imaging be used to predict tumor grade in soft-tissue sarcoma? Radiology 272 : 192-201, 2014
- 11) Cromb  A et al : Soft-tissue sarcomas : assessment of MRI features correlating with histologic grade and patient outcome. Radiology 291 : 710-721, 2019
- 12) Li X et al : Soft tissue sarcoma : can dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI be used to predict the histological grade? Skeletal Radiol 49 : 1829-1838, 2020
- 13) Gondim Teixeira PA et al : Perfusion MR imaging at 3-tesla : can it predict tumor grade and histologic necrosis rate of musculoskeletal sarcoma? Diagn Interv Imaging 99 : 473-481, 2018