

撮像と読影のポイント：手・肘関節

藤井正彦¹, 岩間祐基¹, 後藤 一¹, 青山信和²,
川光秀昭², 牧野 健³, 黒坂昌弘³, 杉村和朗¹

¹神戸大学医学部附属病院放射線科 ²同放射線部 ³同整形外科

はじめに

肘関節には、外側上顆に総指伸筋腱が、内側上顆に総指屈筋腱が付着しているため、病態を理解するには手関節から手指まで一体として理解する必要がある。上肢は、野球を始めとする各種スポーツに関連した傷害が多く、MRIを診断する上で傷害の発生機序を理解することが大切である。本稿では、各領域の基本的な解剖と撮像方法、代表的な腱・靭帯損傷のMRI所見を発症機序を踏まえて解説する。

肘 関 節

1. 解剖

肘関節は滑膜性の蝶番関節で、上腕尺骨関節（上腕骨の滑車と尺骨の滑車切痕）と上腕橈骨関節（上腕骨の小頭と橈骨頭）、近位橈尺関節（橈骨頭と尺骨の橈骨切痕）の三つからなる複合関節である。

肘関節は、内側の尺側側副靭帯と外側支持機構により安定が保たれている。尺側側副靭帯は、上腕骨の内側上顆と尺骨をつなぐ靭帯で、前斜走靭帯、後斜走靭帯、横斜走靭帯の三つの構成要素からなっている。外側支持機構は、外側側副靭帯（橈側側副靭帯と外側尺側側副靭帯）および輪状靭帯からなる。橈側側副靭帯は上腕骨の外側上顆から起り、橈骨輪状靭帯に付着して橈骨頭を取り巻いている。この最後方で後

内方に向かって尺骨に付着する部分が、外側尺側側副靭帯と呼ばれている。輪状靭帯は橈骨頭を取り囲み、橈骨頭を尺骨の橈骨切痕に保持している。輪状靭帯は前方関節包と癒合している。上腕骨の内側上顆からは、手指の屈筋群の起始部である総指屈筋腱が、外側上顆には総指伸筋腱が形成される。

野球肘とは、野球の投球動作によって生じた急性および慢性の肘関節痛を総称したものである。ボールをもって肩が最大に外転・外旋する時期までの動作である「コッキング期」は、肘の内側の筋、腱が引き伸ばされ、「加速期」では肘が外反位をとるため、さらに肘の内側の筋、腱は引き伸ばされ、内側部に負担がかかる。このため、肘の内側部では牽引力や張力および収縮力が繰り返され、上腕骨内側上顆炎や骨端線離開（リトルリーグ肘）、尺側側副靭帯損傷などが発生する。肘の外側部では、内側部の変化とは逆に、圧迫力や回旋力が繰り返し加わるため、橈骨頭と上腕骨小頭が衝突し、離断性骨軟骨炎や関節内遊離体を発生する。肘の後側部では、「リリース期」から「フォロースルー期」にかけて肘が過伸展するため、上腕三頭筋腱炎や肘頭骨端核異常・骨端線離開、肘頭骨折などを発生させる。

2. 撮像法

撮像肢位は、仰臥位で腕を身体の横で伸展し回外する。磁場中心で撮像するために腹臥位で手を挙上して撮像することは、患者にとっては

キーワード MRI, elbow, wrist, finger

苦痛で motion artifact が多くなる。肘の撮影時には、指の筋肉が内外顆に付着していることから、指や手首を動かすと motion artifact が多くなるので、指を動かさないよう注意する。

コイルは、1対の phased array coil で肘を上下で挟むように巻き付ける。撮像断面は冠状断と矢状断が中心となり、肘部管の検索には横断像を用いるが、目的とする構造に対して直交する2方向からの撮影を行うことが原則である。内側および外側の側副靭帯を詳細に評価するため microscopy coil を用いる場合には、内側上顆や外側上顆を確認して密着させる。

基本的な撮像シーケンスは、SNR の高いプロトン密度強調像と靭帯や腱のコントラストに優れた T₂*強調像である。骨挫傷の検索には T₁強調像を、靭帯や腱の炎症、骨髄浮腫の検出には脂肪抑制 T₂強調像もしくは STIR 像を用いる。Microscopy coil を用いる場合や、3T 装置を用いる場合は、T₂強調像では TE を 60 ms 前後に設定する方が全体のコントラストが見やすくなる。

3. 上腕骨内側上顆炎

前腕の屈筋群と回内筋群の使い過ぎ、慢性的な外反ストレスにより、内側上顆に付着する屈筋共通腱に変性や断裂、腱鞘炎などを来した状態で、「ゴルフ肘」、「内側型テニス肘」とも呼ばれる。しばしば尺骨神経炎を伴う。投球動作では、「コッキング期」から「加速期」において、振りかぶった位置から腕を鞭のようにしならせて加速する際に肘関節に外反負荷が加わり、前腕の屈筋腱群や回内筋が強く収縮し、付着部である内側上顆や内側側副靭帯に障害を来し、「内側型の野球肘」と呼ばれる。小児では、内側上顆自体に損傷を来すことが多く、裂離骨折などを生じる。症状は、投球動作などの際に肘の内側部に疼痛を生じる。

単純撮影では、内側上顆に裂離骨折を認めることがある。

MRI では、内側上顆の骨髄浮腫、屈筋共通腱起始部の腫脹、腱の肥厚と信号上昇を認める。屈筋共通腱が断裂した場合は、腱内部に液体信号を認める。内側側副靭帯にも、しばしば損傷や断裂を認める。小児では、内側上顆に裂離骨折を来すことがある。肘部管内の尺骨神経の腫大と信号上昇を伴うことがある (Fig. 1)。外顆の圧迫も来すため、上腕骨小頭に離断性骨軟骨炎を生じることがある^{1)~3)}。

4. 内側側副靭帯損傷

内側側副靭帯 (ulnar collateral ligament : UCL) は、関節包の一部が肥厚した関節包靭帯であり、上腕骨内側上顆、尺骨鉤状突起、肘頭の間広がる三角形の靭帯である。UCL は、前斜



Fig. 1. A 14-year-old male with tear of ulnar collateral ligament
Coronal fat-suppressed T₂ image demonstrates focal area of increased signal intensity in the region of the common flexor tendons (arrowheads) and medial epicondyle (arrow).

2009年9月2日受理

別刷請求先 〒650-0017 神戸市中央区楠町7-5-2 神戸大学医学部附属病院放射線科 藤井正彦

走靭帯，後斜走靭帯，横斜走靭帯の三つの構成要素からなり，前斜走靭帯が臨床的に最も重要な靭帯である。

内側側副靭帯の損傷は強い外反負荷により生じる。中央部での損傷が多く，近位部や遠位部の損傷は少ない。投球動作の加速期には強い外反ストレスが加わり，外反への安定性に寄与して最も重要なのが前線維束であるため，前線維束の損傷が多くなり，前線維束が付着する尺骨鉤状突起部に骨棘形成を生じる。上腕骨内側上顆炎とともに，「内側型の野球肘」とも呼ばれる。また，内側上顆剥離骨折や肘関節後方脱臼などの場合も内側側副靭帯に断裂を来す。症状は，内側の関節痛と外反不安定性である⁴⁾。

単純撮影では，内側上顆の剥離骨折や尺骨鉤状突起の骨棘形成を認めることがある。通常の正面像では明確な異常が指摘できることは少なく，外反ストレス撮影で内側関節裂隙の開大が認められれば UCL 損傷の可能性が高い。

MRI は，冠状断脂肪抑制 T_2 強調または T_2^* 強調を基本とし，横断像は補助的に用いられる。矢状断の有用性は乏しい。 T_2 強調像における内側側副靭帯の腫脹や弛緩，低信号構造の不明瞭化，断裂などが認められる (Fig. 2)。また，靭帯付着部の上腕骨内側上顆や鉤状突起の内部に骨髄浮腫を認めることがある。 T_1 強調像では，腫脹した靭帯に出血や浮腫による信号上昇を示すことがある。MRI 撮像時の体位として，伸展位で緊張する前斜走靭帯の損傷の評価には通常の伸展位での撮像で十分であるが，後斜走靭帯は屈曲位で伸展するため，後斜走靭帯損傷の診断には屈曲位での撮像が有用な場合がある。関節造影後の MRI では，完全に断裂すれば造影剤が漏出するが，深層が断裂して表層の線維束が保たれた場合には，断裂部に入った造影剤で T 字形 (T-sign) が形成される^{5)~7)}。

5. 離断性骨軟骨炎

離断性骨軟骨炎は，反復する圧迫ストレスにより軟骨下骨に血流障害を生じ，関節面の軟骨



Fig. 2. High resolution MR image of a 15-year-old male with medial epicondylitis. Coronal gradient image using a microscopy coil demonstrates a partial tear of the humeral attachment of the anterior oblique band of the ulnar collateral ligament (arrowheads) and an avulsion of the apophysis (arrow).

および軟骨下骨が壊死に陥り，母床との間に線維性組織が形成される。さらに強い剪断力が加わると壊死部が母床より離れ，関節内遊離体となる。若年者の投球障害でしばしば見られ，「外側型の野球肘」とも呼ばれる。上腕骨小頭に好発するが，この他橈骨頭にも発生する。症状は，運動時の痛みと伸展障害であり，遊離体が滑膜を刺激すれば関節炎症状を来す。

X 線所見は，初期には上腕骨小頭の関節面に軽微な扁平化を生じるが，進行すれば不規則な骨透亮像を認め，徐々に骨硬化を伴った分界線が現れる。関節鏡が離断性骨軟骨炎の gold standard であり，Guhl の関節鏡分類は MRI にも応用可能な分類である⁸⁾。

MRI では，上腕骨小頭の軟骨下骨の前方から下方，またはびまん性に T_1 強調像で低信号を認め， T_2 強調像では分節化や関節軟骨の剥

離の有無が明瞭となり、脂肪抑制を併用すれば骨髄内の信号上昇も認められる (Fig. 3). 骨軟骨病変の安定性の評価は、MRI の T₂強調像において母床との境界部が低信号を呈する場合は安定している。病変と正常骨髄の間に T₂強調像で高信号領域を認めた場合は、関節液が侵入したり肉芽が形成されて分節化を来し、不安定な離断した状態と考えられる。MR 関節造影は遊離骨片の検出に有用であり、骨軟骨片と母床との間に生理食塩水や造影剤が入り込むかどうか不安定性の評価に役立つ。また、Gd 造影 T₁強調像では、母床骨との境界部や母床骨内部に増強効果を認め、肉芽組織や修復過程の線維性組織と考えられている⁹⁾。

正常変異として、上腕骨小頭後方の外顆の関節軟骨に覆われない部分や、肘頭と鈎状突起の移行部などに軟骨欠損様の所見 (pseudo defect) を認めることがあり注意が必要である¹⁰⁾。

6. 上腕骨外側上顆炎

慢性的な内反ストレスにより生じた伸筋共通

腱の変性であり、「テニス肘」とも呼ばれる。加齢による変性が基礎となっており、中高年に好発する。テニスで手首を動かしてボールを返そうとすると、インパクトのときに前腕伸筋群の強い収縮を起こす。伸筋共通腱の中でも、短橈骨手根伸筋の上腕骨外側上顆付着部近傍での障害が典型的で、短橈骨手根伸筋の下にある滑液包炎との関連も指摘されている。症状は、肘関節痛と外側上顆の圧痛であり、問診が診断には重要である。

MRI では、T₂強調像や STIR 像で伸筋共通腱の外側上顆付着部内の信号上昇、腱の肥厚が見られる。慢性の部分断裂では、腱の菲薄化を認める。完全断裂では、断裂部に液体の高信号域が描出される (Fig. 4)。筋の挫傷では伸筋内部にも信号上昇を認め、進行例では外側側副靭帯の損傷や断裂を伴う。この他、外側上顆や上腕骨滑車の骨髄内に浮腫や嚢胞などの異常信号が見られることがある^{2),11),12)}。



Fig. 3. A 12-year-old male with osteochondritis dissecance of the capitellum
Sagittal T₁ (A) and T₂ (B) images demonstrate a partial detached osteochondral fragment of the capitellum (arrow) and a bone marrow edema (arrowhead).

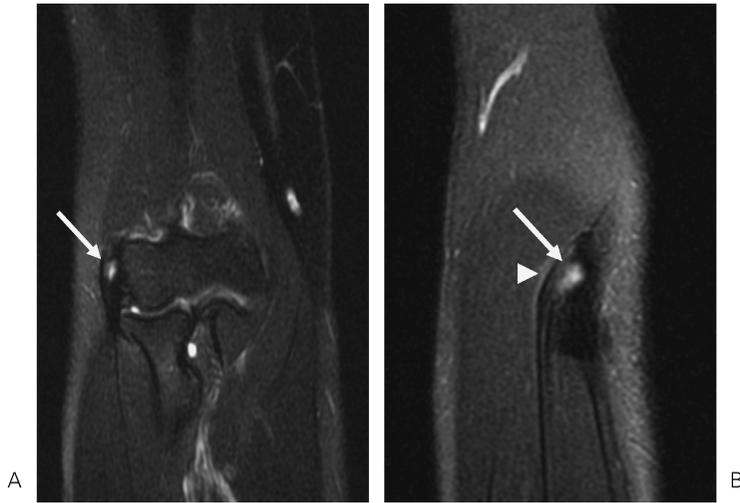


Fig. 4. A 39-year-old female with lateral epicondylitis. Fat-suppressed coronal (A) and sagittal (B) T₂ images demonstrate focal area of increased signal intensity in the region of the common extensor tendons (arrowheads) and medial epicondyle (arrow).

手 関 節

1. 解剖

手関節は、橈骨手根関節（橈骨と近位手根列間）、手根中央関節（近位手根列と遠位手根列）、豆状三角骨関節の三つをまとめて呼ぶ。遠位橈尺関節は手関節には含まれない。

橈骨手根関節は、橈骨と月状骨および舟状骨よりなる U 字型の橢円関節で、掌屈と背屈、橈屈と尺屈などを行う。手根中央関節は、舟状骨が大小菱形骨と有頭骨に、月状骨が有頭骨と有鉤骨に、三角骨が有鉤骨に相対し、やはり掌屈と背屈、橈屈と尺屈を行う。尺骨は三角線維軟骨を介して月状骨および三角骨と対する。遠位橈尺関節は、三角線維軟骨により橈骨手根関節と隔てられる。

手関節の靭帯は、掌側と背側で配列がかなり異なり背側の靭帯が薄い。しかし、尺側手根伸筋腱が三角骨の背側に付着して、尺側部の安定に寄与する。

三角線維軟骨複合体（triangular fibrocar-

tilage complex ; TFCC）は、三角線維軟骨の基部と先端部、disc proper, meniscus homologue、背側・掌側橈尺靭帯、内側側副靭帯、尺骨月状・尺骨三角靭帯よりなる。TFCC の役割は、遠位橈尺関節と尺骨、手根骨の安定をはかることが役割である。

2. 撮像法

撮像肢位は、磁場中心で撮像するため腹臥位で掌を下にした状態で拳上し、肘は最も楽な角度にして撮像する。磁場の均一性が向上した最近の装置では、背臥位で腕を伸展し、身体の横で撮像してもかなり良好な画像が得られるようになった。

コイルは、手関節の専用コイルがない場合には、1 対の phased array coil で手関節を上下で挟むように巻き付ける。Microscopy coil を用いる場合には、TFCC の検索の場合手背部の尺側に密着し、手根管の場合には手首の中央で手掌側に密着させる。

撮像断面は冠状断と横断像が中心で、目的とする構造に対して必ず直交する 2 方向からの

撮影を行うことが大切である。基本的な撮像シーケンスは、SNRの高いプロトン密度強調像と靭帯や腱のコントラストに優れたT₂*強調像である。靭帯や腱の炎症、骨髄浮腫の検出には、脂肪抑制T₂強調像やSTIR像などが有用である。Microscopy coilを用いた高分解能MRIでは、FOVが50 mm、スライス厚が1.5~2 mm程度に設定する。Microscopy coilを用いたり、3T装置を用いる場合は、T₂強調像ではTEを60 ms前後に設定する方が全体のコントラストが見やすくなる。

3. 三角線維軟骨複合体 (triangular fibrocartilage complex: TFCC) 損傷

三角線維軟骨 (TFC) は、関節円板と掌側および背側の橈尺靭帯を合わせた構造であり、橈骨の尺側より起始して尺骨茎状突起の基部に付着する。TFCにメニスカス類似体、尺骨月状および尺骨三角靭帯、尺側手根伸筋腱鞘を合わせたものがTFCCという。TFCCの損傷は、手関節に強い捻れや背屈力が加わった場合に生じる。加齢により血行の少ないTFCの中央部が変性して断裂するが、無症候性のことが多い。

Palmer分類では、外傷性がType I、変性断裂がType IIに分けられる。損傷の部位によ

り四つに分けられており、治療方針が異なる。

Type I—A: TFC中央部の断裂

Type I—B: 尺骨茎状突起基部の付着部断裂

Type I—C: 掌側辺縁部断裂

Type I—D: 橈骨付着部断裂

単純撮影は、TFC付着部の剥離骨折や尺骨突き上げ症候群の評価に有用であるが、TFCそのものの評価は不可能である。関節造影では、TFCの断裂部からの造影剤の流出が見られるが、無症候の変性断裂との鑑別が必要になる。

MRIでは、TFCC損傷を直接描出することができるが、40歳以上では無症状の断裂が増加するので注意が必要である。T₂強調像やT₂*強調像において、正常のTFCは両側が凹レンズ状の低信号を示すが、断裂した場合には関節面に達する高信号領域を認めるか、付着部での連続性が消失する。部分断裂では、TFCの輪郭が不整になることが多い (Fig. 5)。この他、関節液の貯留や月状骨、三角骨などの軟骨損傷所見を伴うことがある。変性の場合には、TFCの内部に高信号領域を認める^{13),14)}。診断能の向上には、1.5T装置であればmicroscopy coilによる高分解能MRIが有用であり、3T MRIではさらに診断精度が向上すると報告さ

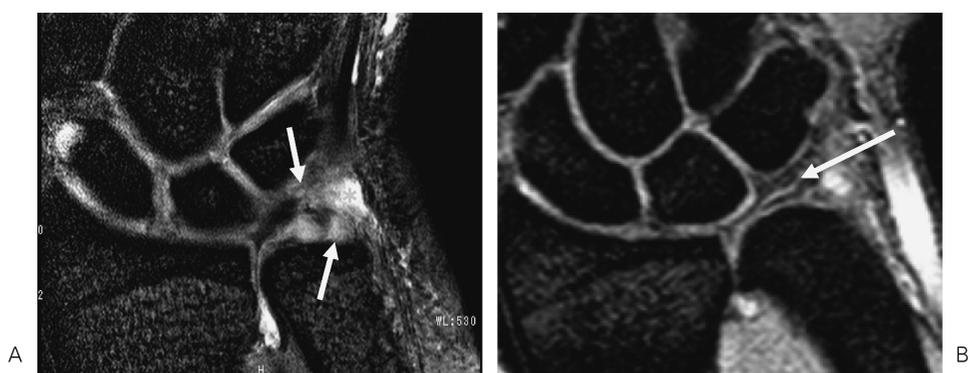


Fig. 5. Various appearances of triangular fibrocartilage tears
 (A) Fat-suppressed coronal gradient echo image. There is ruptures of upper and lower lamina of the triangular fibrocartilage and a focal fluid collection in the region of meniscus homologue. (B) Fat-suppressed coronal T₂ image. There is a horizontal tear of disc proper of the triangular fibrocartilage.

れている^{15),16)}.

4. 手根管症候群 carpal tunnel syndrome

手根骨と屈筋支帯で構成される手根管レベルで、何らかの原因により正中神経が圧迫されて発症する絞扼性神経障害であり、正中神経領域の運動障害ないしは知覚障害を来す。手首をよく使う人に多く、好発年齢は30～60歳代で、男女比では女性に多く、妊娠期や閉経期に多く発症する。約半数は両側性である。原因不明の特発性と呼ばれるものは女性が圧倒的に多い。原因としては、特発性以外に屈筋腱鞘炎、橈骨遠位端骨折後の変形治療、異常筋、腫瘍、ガングリオン、透析による腱鞘や屈筋支帯へのアミロイド沈着などが挙げられる。圧迫された正中神経は、うっ血、浮腫、血流障害へと進行する。症状は、正中神経領域（母指、示指、中指、薬指の橈側1/2）痛みとしびれ感で、夜間から朝方に強い。Tinel徴候（損傷された神経を軽く叩くと、末梢に放散痛が出現する状態）は60～90%の割合で認められ、母指球と小指球との間で見られることが多い。運動障害は早期には短母指外転筋が侵され、最後には母指球筋の萎縮が著明となり、母指の対立機能が困難となり、いわゆる猿手ape handとなる。

単純撮影の直接的な有用性はないが、骨折など他の原因を除外するために用いられる。

MRIは症状のある患者の確定診断や、原因の鑑別診断に有用である。手関節と近位部の横断像において、正中神経の圧排と扁平化、急激な変形、正中神経の浮腫によるT₂強調像での信号上昇、屈筋支帯の膨隆、手根骨と屈筋腱との間の脂肪層の消失などである（Fig. 6）。手根管より近位部で正中神経が腫大した状態を、偽神経腫pseudoneuromaと呼ぶ。造影T₁強調像では、滑膜組織が造影される^{17)~19)}。

5. 慢性関節リウマチ rheumatoid arthritis

手関節はRAの初発症状であることが少なくなく、腫脹や疼痛は初期には背側に多い。RAの初期段階は、滑膜の増殖、関節液の貯留など、急性滑膜炎の状態である。単純X線上

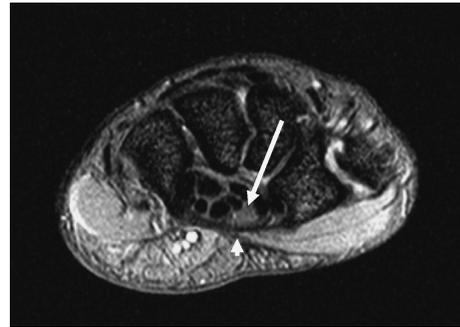


Fig. 6. Carpal tunnel syndrome

Axial gradient echo image demonstrates increased signal of the median nerve (arrow). The flexor retinaculum is bowed (arrowhead).

は関節周囲の軟部組織の腫脹として認められる。明らかな骨びらんが見られない場合は、早期RAの診断を確実にするためMRIで評価する必要がある。MRIでは、滑膜炎による滑膜の肥厚がGd造影T₁強調像での早期濃染として描出される^{20),21)}。

さらに炎症が強くなると、パンススが軟骨表面を覆い、軟骨のびらんを生じるようになる。単純X線上では関節裂隙は狭小化として認められる。単純X線像で関節裂隙の狭小化が見られた場合は、MRIで骨びらんがないかの評価が特に重要となる。MRIでは、単純X線像では指摘困難なわずかな骨びらんや骨髄浮腫が描出されることがある。骨髄浮腫は骨びらんの前駆状態と考えられており、関節破壊の予後を予測する因子として重要である²²⁾。

6. Kienböck病

月状骨の無腐性壊死であり、繰り返されるストレスにより起こる微小骨折により血行障害が生じる。尺骨が橈骨より短いminus varianceとの関連が指摘されている。単純撮影は早期には診断困難であり、MRIでは壊死に陥った部分がT₁強調像で低信号、T₂強調像やSTIR像では浮腫性変化が高信号、硬化性変化は低信号として認められる。このような信号変化は月状骨の全体か、橈骨側に認められることが多い

(Fig. 7)²³).

これに対して、月状骨の尺骨側に異常信号を認めた場合は、尺骨突き上げ症候群 (ulnar impaction syndrome) が鑑別として考えられる。この疾患では、尺骨が橈骨に対して遠位方向に長い場合 (plus variance), 尺骨頭が月状骨や三角骨, TFC に衝突し, 早期には TFC の変性が見られ, 進行すると尺骨頭や月状骨近位



Fig. 7. Kienböck's disease
Coronal T1 image demonstrates decreased signal alteration in the marrow of the lunate (arrow).

部の皮質下骨に異常信号を認め, TFC は穿孔する (Fig. 8)²⁴).

手 指

1. 解剖

指の伸展機能をつかさどる伸筋腱は, 中節骨頭を超えると薄い腱膜が分岐して MP 関節背側の関節包と癒合し, MP 関節を超えると基節骨背面で中央索と両側の側索に分かれる。伸筋腱中央索には, 両側の骨間筋から 2 本の線維が合流して中央索を形成し中節骨底に停止する。伸筋腱側索へは両側の骨間筋と橈側の虫様筋からの線維が合流して側索を形成し, 終止伸腱を形成し末節骨底に停止する²⁵).

指の屈曲をつかさどる浅指屈筋腱と深指屈筋腱は共通の腱鞘に包まれて, 指の掌側の中央を通る。浅指屈筋腱は基節骨中央部で 2 本に分裂し, 深指屈筋腱の両側から掌側に到り, 腱交差を形成して中節骨近位の掌側面に停止する。深指屈筋腱は腱交差を通り抜けて末節骨近位の掌側面に停止する。線維性腱鞘は屈筋腱を取り囲み, 指骨の両側に停止する。輪状部 (A1~A5) と十字部 (C1~C3) に区別され, 指の屈

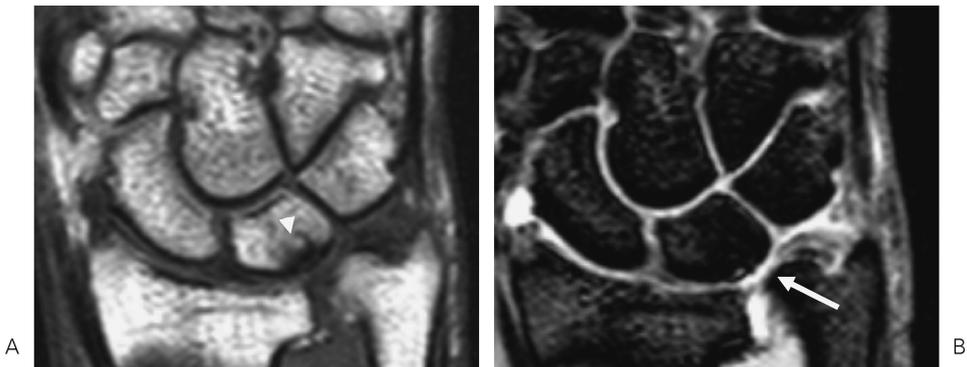


Fig. 8. Ulnar impaction syndrome
Coronal T1 (A) and T2 (B) images demonstrate mild ulnar positive variance (arrowheads) and focal perforation of the disc proper of the triangular fibrocartilage and medial epicondyle (arrow).

曲運動時に指が浮き上がらないように滑車の役目をすることから、pulley system と呼ばれる²⁶⁾。

MP 関節は、中手骨頭と基節骨底で構成される顆状関節であり、屈曲伸展運動と、内外転、回旋運動も行う。関節の掌側には掌側板と呼ばれる線維軟骨があり、基節骨底に付着する。掌側板には指をつなぐ深横中手靭帯や屈筋腱鞘が付着する。PIP 関節は、MP 関節と似ているが、屈曲伸展のみを行う蝶番関節である。関節の側方には支靭帯があり、その下を側索が通り、さらに深部には側副靭帯、副靭帯がある。PIP 関節では側副靭帯と掌側板が一体になっている。DIP 関節は、PIP 関節とよく似た構造になっている²⁶⁾(Fig. 4)。

2. 撮像法

撮像肢位は、手関節と同様に腹臥位で掌を下にした状態で挙上して撮像する。

コイルは、側副靭帯損傷や指節間関節の骨軟骨損傷の診断では microscopy coil のような高分解能用の表面コイルを主に用いる。屈筋腱損傷では剥離した腱の断端が中手骨レベルまで退縮していることがあり、FOV は 150~180 mm 程度と広く設定する必要があり、表面コイルも大きなサイズを選択する。対象が小さいため磁場の不均一性の影響が大きいことと、撮像中のわずかな動きでも画質の劣化に繋がる。このため、指の高分解能 MRI では、磁化率を均一にするためのパッドが重しの役目も果たすため、磁化率と動きの両方のアーチファクトの抑制に有用である。

基本的な撮像シーケンスは、SNR の高いプロトン密度強調像と、靭帯や腱のコントラストに優れ、最も解像度の高い三次元 T₂*強調像が有用である。骨髄浮腫の検出や靭帯損傷の範囲の評価には、脂肪抑制 T₂強調像や STIR 像などが有用である。撮像断面は、屈筋腱や伸筋腱では矢状断像と横断像を、側副靭帯損傷では冠状断像と横断像を、骨軟骨損傷では矢状断像と冠状断像を撮像する。最近普及してきた 3T 装

置を用いる場合は、化学シフトを抑制するため脂肪抑制の併用や送信バンド幅を大きくすることが有用である。3T MRI では T₂ 値が 1.5T MRI よりやや短縮する傾向があるため、T₂強調像では TE を 60 ms 前後に設定する方が腱や靭帯が同定しやすくなる。TE が短い撮像法の診断において、magic angle effect について常に注意する必要がある。

3. 指伸筋腱損傷：Extensor tendon injury

手指伸筋腱損傷の診断や治療では、アメリカ手の外科学会の Zone 分類が用いられる。指先側から手関節にかけて Zone I から VIII に分けられている。Zone I は DIP 関節背側部であり、終止腱停止部が断裂すると DIP 関節の屈曲変形、いわゆる槌指 Mallet finger を呈する。Zone II は中節骨背側部で、2 本の側索が断裂すると槌指変形を来す。Zone III は PIP 関節背側部であり、中央索の断裂により PIP 関節が屈曲位となり、遠位で三角靭帯が伸びるとともに、側索が掌側に移動し、PIP 関節の伸展傷害と DIP 関節の屈曲障害が発生する。側索が掌側に落ち込むことで DIP 関節は過伸展位になり、いわゆるボタン穴変形が発生する (Fig. 9)。指伸筋腱損傷の診断では、DIP 関節背側部から MP 関節にかけての複雑な構造を理解して評価することが必要である。

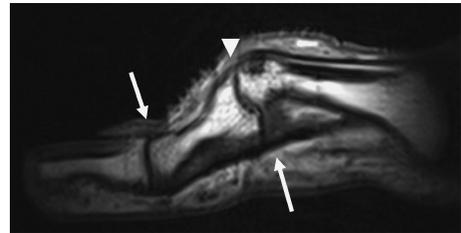


Fig. 9. Boutonniere deformity

Sagittal T1-weighted MR image shows discontinuity of the central slip at its distal insertion on the base of the middle phalanx (arrowhead). A classic deformity with flexion of the PIP joint and extension of the DIP joint is seen (arrows).

MRIは、理学的所見が取りにくい急性期における靭帯損傷の評価や、合併する骨軟骨損傷や掌側板などの軟部組織損傷の評価にも有用である^{27),28)}。

4. 指屈筋腱損傷：Flexor tendon injury

指屈筋腱損傷は部位により損傷の形態に特徴があり、アメリカ手の外科学会のZone分類が用いられている。指先側から手関節にかけてZone IからVに分けられている。PIP関節がZone Iであり、橈骨手根関節付近がZone Vである。深指屈筋腱の損傷が多く、浅指屈筋腱の単独損傷はまれである。浅指屈筋腱損傷はPIP関節の屈曲の可否で、深指屈筋腱損傷はDIP関節の屈曲の可否で判断される。腱損傷時には指を握ろうとして切れることが多く、遠位端は創より遠位に、近位端は筋の収縮により近位に牽引されている。MRIは、屈筋腱の損傷部位や牽引された断端の位置を正確に診断する上で有用である。治療においては、靭帯性腱鞘pulley systemのどのレベルで損傷され、断

端がどの位置にあるかが重要になる。MRIは、pulley system自体を描出することも可能である。完全に断裂している場合には、pulley systemの低信号帯が消失し、矢状断で屈筋腱と指節骨との距離が開大する。部分断裂では、pulley systemの肥厚や信号上昇を認める (Fig. 10)^{27),28)}。

5. 側副靭帯損傷：MCL injury of finger

母指MP関節の尺側側副靭帯損傷は、スキーなどが原因となり、基節骨付着部で発生しやすい。完全断裂の場合、断裂靭帯が反転して母指内転筋腱膜の表層に乗り上げ、断端の整復が障害されることがあり、Stener lesionと呼ばれる。PIP関節では側副靭帯と掌側板が一体になっており、両方が損傷すると不安定性が高くなり、手術適応になることが多いので、注意して診断する必要がある。

急性MCL損傷のMRI所見は、MCLの断裂、剥離、信号上昇を伴った腫脹などであり、慢性期損傷では肥厚、菲薄化などが見られる

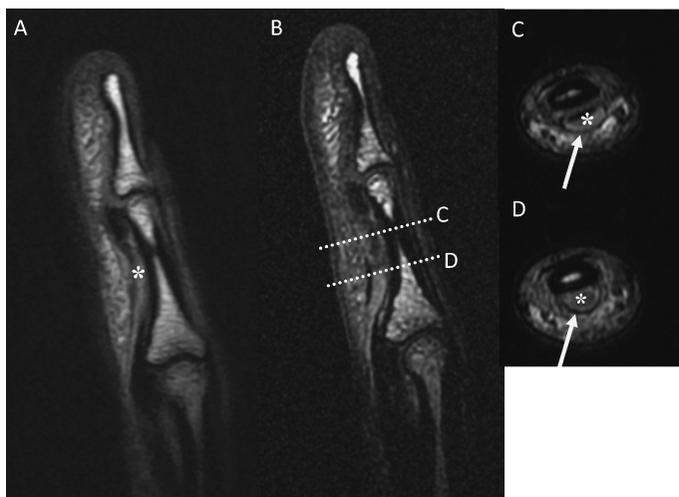


Fig. 10. Flexor tendon injury of lt. digitus anularis
Sagittal T₂ (A) and gradient echo (B) images demonstrate discontinuity of flexor digitorum profundus. Axial T₂ images (C, D) show the inhomogeneous signal intensity (asterisks) in the tendon sheath (arrows) representing hemorrhage and scar tissue.



Fig. 11. MCL injury of PIP joint of rt. index finger
Coronal T1 (A) and gradient echo (B) images demonstrates swelling and discontinuity of the PCL fiber (arrows) and articular fluid collection.

(Fig. 11)^{27),29)}.

おわりに

MRIの撮像技術、特に表面コイルの発達に伴い、優れたコントラスト分解能に加えて高い空間分解能が得られるようになったことで、複雑で非常に細かな関節の軟部組織構造を描出することができる。MRIによる靭帯・腱損傷の診断には、複雑で細かな画像解剖を理解することが重要である。高分解能MRIは、靭帯・腱損傷に対する適切な治療方針の選択に有用である。

文 献

- 1) Martin CE, Schweitzer ME : MR imaging of epicondylitis. *Skeletal Radiol* 1998 ; 27 : 133-138
- 2) Kijowski R, Tuite M, Sanford M : Magnetic

resonance imaging of the elbow. Part II : abnormalities of the ligaments, tendons, and nerves. *Skeletal Radiol* 2005 ; 34 : 1-18

- 3) Banks KP, Ly JQ, Beall DP, et al. : Overuse injuries of the upper extremity in the competitive athlete : magnetic resonance imaging findings associated with repetitive trauma. *Curr Probl Diagn Radiol* 2005 ; 34 : 127-142
- 4) Maloney MD, Mohr KJ, Attrache NS : Elbow injuries in the throwing athlete. Difficult diagnoses and surgical complications. *Clin Sports Med* 1999 ; 18 : 795-809
- 5) Zou KH, Carrino JA : Comparison of accuracy and interreader agreement in side-by-side versus independent evaluations of MR imaging of the medial collateral ligament of the elbow. *Acad Radiol* 2002 ; 9 : 520-525
- 6) Chen FS, Diaz VA, Loebenberg M, et al. : Shoulder and elbow injuries in the skeletally immature athlete. *J Am Acad Orthop Surg* 2005 ; 13 : 172-185
- 7) Yoshioka H, Ueno T, Tanaka T, et al. : High-

- resolution MR imaging of the elbow using a microscopy surface coil and a clinical 1.5T MR machine : preliminary results. *Skeletal Radiol* 2004 ; 33 : 265-271
- 8) Ghul JF : Arthroscopic treatment of osteochondritis dissecans. *Clin Orthop* 1982 ; 167 : 65-74
 - 9) Peiss J, Adams G, Casser R, et al. : Gadopentetate-dimeglumine enhanced MR imaging of osteonecrosis and osteochondritis dissecans of the elbow : initial experience. *Skeletal Radiol* 1995 ; 24 : 17
 - 10) Rosenberg ZS, Beltran J, Cheug Y, et al. : MR imaging of the elbow : normal variant and potential diagnostic pitfalls of the trachlear groove and cubital tunnel. *AJR Am J Roentgenol* 1995 ; 164 : 415-418
 - 11) Ho CP : MR imaging of tendon injuries in the elbow. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1997 ; 5 : 529-543
 - 12) Savnik A, Jensen B, Norregaard J, et al. : Magnetic resonance imaging in the evaluation of treatment response of lateral epicondylitis of the elbow. *Eur Radiol* 2004 ; 14 : 964-969
 - 13) Sugimoto H, Shinozaki T, Ohsawa T : Triangular fibrocartilage in asymptomatic subjects : investigation of abnormal MR signal intensity. *Radiology* 2000 ; 191 : 193-197
 - 14) Haims AH, Schweitzer ME, Morrison WB, et al. : Internal derangement of the wrist : indirect MR arthrography versus unenhanced MR imaging. *Radiology* 2003 ; 227 : 701-707
 - 15) Yoshioka H, Ueno T, Tanaka T, et al. : High-resolution MR imaging of triangular fibrocartilage complex (TFCC) : comparison of microscopy coils and a conventional small surface coil. *Skeletal Radiol* 2003 ; 32 : 575-581
 - 16) Magee T : Comparison of 3-T MRI and arthroscopy of intrinsic wrist ligament and TFCC tears. *Am J Roentgenol* 2009 ; 192 : 80-85
 - 17) Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A, et al. : Carpal tunnel : MR imaging. Part II. Carpal tunnel syndrome. *Radiology* 1989 ; 171 : 749-754
 - 18) Monagle K, Dai G, Chu A, et al. : Quantitative MR imaging of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999 ; 172 : 1581-1586
 - 19) Sarria L, Cabada T, Cozcolluela R, et al. : Carpal tunnel syndrome : usefulness of sonography. *Eur Radiol* 2000 ; 10 : 1920-1925
 - 20) Sugimoto H, Takeda A, Hyodoh K : Early-stage rheumatoid arthritis : prospective study of the effectiveness of MR imaging for diagnosis. *Radiology* 2000 ; 216 : 569-575
 - 21) Tehranzadeh J, Ashikyan O, Dascalos J : Advanced imaging of early rheumatoid arthritis. *Radiol Clin North Am* 2004 ; 42 : 89-107
 - 22) Benton N, Stewart N, Crabbe J, et al. : MRI of the wrist in early rheumatoid arthritis can be used to predict functional outcome at 6 years. *Ann Rheum Dis* 2004 ; 63 : 555-561
 - 23) Desser TS, McCarthy S, Trumble T : Scaphoid fractures and Kienböck's disease of the lunate : MR imaging with histopathologic correlation. *Magn Reson Imaging* 1990 ; 8 : 357-361
 - 24) Escobedo EM, Bergman AG, Hunter JC : MR imaging of ulnar impaction. *Skeletal Radiol* 1995 ; 24 : 85-90
 - 25) Clavero JA, Golanó P, Fariñas O, et al. : Extensor mechanism of the fingers : MR imaging-anatomic correlation. *Radiographics* 2003 ; 23 : 593-611
 - 26) Yu JS, Habib PA : Normal MR imaging anatomy of the wrist and hand. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2004 ; 12 : 207-219
 - 27) Clavero JA, Alomar X, Monill JM, et al. : MR imaging of ligament and tendon injuries of the fingers. *Radiographics* 2002 ; 22 : 237-256
 - 28) Ragheb D, Stanley A, Gentili A, et al. : MR imaging of the finger tendons : normal anatomy and commonly encountered pathology. *Eur J Radiol* 2005 ; 56 : 296-306
 - 29) Theumann NH, Pessis E, Lecompte M, et al. : MR imaging of the metacarpophalangeal joints of the fingers : evaluation of 38 patients with chronic joint disability. *Skeletal Radiol* 2005 ; 34 : 210-216

MR Imaging of the Elbow, Wrist, and Hand

Masahiko FUJII¹, Yuki IWAMA¹, Hajime GOTO¹,
Nobukazu AOYAMA², Hideaki KAWAMITSU², Takeshi MAKINO³,
Masahiro KUROSAWA³, Kazuro SUGIMURA¹

*Departments of ¹Radiology and ³Orthopedic Surgery and ²Division of
Radiology, Kobe University Graduate School of Medicine
7-5-2 Kusunoki-Cho, Chuo-Ku, Kobe 650-0017*

The use of dedicated surface coils has greatly benefited magnetic resonance (MR) imaging of the elbow, wrist, and hand. The high spatial resolution as well as superb soft tissue contrast achieved using these coils allows fine depiction of the intricate anatomy of these structures. T₁- and proton density-weighted images provide high anatomic detail, whereas T₂-weighted, gradient-echo, and fat-suppressed imaging can be used to highlight the contrast differences between low signal tendon and abnormal free water. Coronal and sagittal planes provide most information for assessing tendon and ligament injuries of the elbow ; coronal images are optimal for evaluating the tears and degeneration of the triangular fibrocartilage complex in the wrist ; and sagittal images are most useful for depicting abnormalities of the finger flexor and extensor tendons.

The ability of MR imaging to assess the integrity of the articular cartilage noninvasively provides for more comprehensive information. MR imaging evaluation of these soft tissues can assist in diagnosis, treatment planning, and assessment of treatment response.