

撮像と読影のポイント：肩関節

佐志隆士¹，田 洸 隆²

¹秋田大学医学部放射線科 ²メディカルサテライト八重洲クリニック

はじめに

結論から言うと、肩関節の MRI に最近の話題は特でない。今までの撮影，読影の基本をさらに深く理解し，実行することが重要である。今回，私の講演で学習して頂きたいことは，技術面では，3 方向同時撮影ロカライザーの使用方法，局所シム技術の進歩により可能となったより均一な脂肪抑制 T₂強調画像撮影の有用性，3T MRI による S/N 比向上による小病変の精細描出である。読影に関しては，hidden lesion（長頭腱亜脱臼，肩甲下筋腱停止部上縁の亀裂損傷），腱板断裂の delamination，腱板疎部炎，筋損傷（肉離れ，筋挫傷）理解である。

肩関節鏡視下手術の普及

肩関節の手術は open から鏡視下へと置き換わりつつある。しかし，どのような症例もあえて鏡視下で手術をする必要はないという反省期でもある。鏡視下手術の普及に伴い進歩した手術機材は open 手術でも使用されるものがある。また術後 MRI の artifact も大幅に軽減している。現在のところ術式が変化，進歩しても MRI 診断の基本に変化はない。

技 術

感度補正技術

パラレルイメーシングで進歩した感度補正技

術は表面（受信）コイルで撮影する肩関節 MRI 画質も大幅に改善した。肩関節では小さな表面コイルを複数組み合わせた phased array coils が一般に使用される。コイルは小さければ小さいほど S/N 比が向上する。観察したい解剖部位（上腕骨頭周囲）に局限した空間に強い感度をもつ受信コイルが理想である。ノイズの減少，折り返しアーチファクト出現防止，体幹のモーション・アーチファクトの軽減が得られる。体内から発生する信号を受信する MRI では，受信コイルに近い所ほど信号が強く，小さなコイルほど顕著である。特に表面コイル直下に存在し，強い信号とモーション・アーチファクトを生じる皮下脂肪が存在することが問題である。これを解決するのが感度補正技術と脂肪抑制併用シーケンスである¹⁾。

*脂肪抑制技術で脂肪からの信号を消せば，皮膚，皮下脂肪のモーション・アーチファクトも軽減する。

3 方向，同時撮影ロカライザー（サーベイスキャン）

肩関節は，肩甲平面という体幹とは異なる解剖平面をもつ。3 方向，同時撮影ロカライザーは，この肩関節をより適切な平面で撮影することを可能とした。

肩甲骨が存在する肩甲平面は，冠状平面から軸位断で前方に約 30°傾いている。この点が肩関節撮影失敗の三番目の原因となっている

キーワード shoulder MRI, hidden lesion, rotator interval, musculotendinous strain, delamination of the rotator muscles

(Fig. 1).

*撮影失敗原因の一番はモーション・アーチ
ファクト, 二番目は疼痛肩, 不安定肩, 等の疾

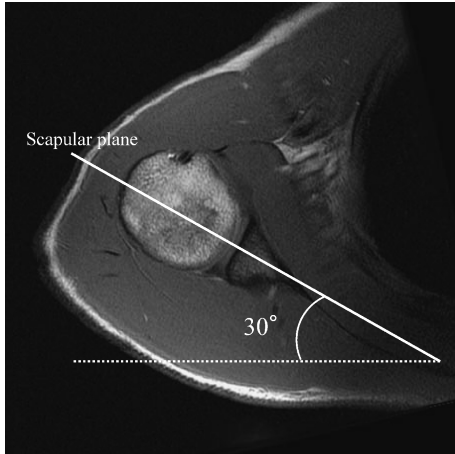


Fig. 1. Scapular plane
The scapular plane declines 30° anteriorly to the coronal plane.

患概念に対する無理解, 四番目は読影力不足.
[撮影のコツ]

最初に撮影した3方向ロカライザーのうち, 絶えず二つを利用して撮影すれば間違いがない. 肩甲平面に対しては正確に位置決めをし, 他の傾きは, 少し控えめにするのがコツ.

1. 軸位断撮影 (Fig. 2)

ロカライザー冠状断上で関節窩に垂直, 矢状断上では上腕骨の傾きに垂直であるが, 体軸に垂直軸位断でも大きな問題はなく, 控えめに斜位をかける. 上方は必ず肩鎖関節から下方は関節窩を十分に含む. 肩鎖関節にも異常をしばしば認める, 軸位断でも病変を確認したい. 不安定肩の病変は関節窩下端レベルに集中している. 出来れば腋窩囊まで軸位断で観察したい.

2. 斜位冠状断 (Fig. 3)

ロカライザー軸位断上で肩甲平面に平行, 矢状断上で上腕骨に平行.

3. 斜位矢状断 (Fig. 4)

ロカライザー軸位断上で, 肩甲平面に垂直,

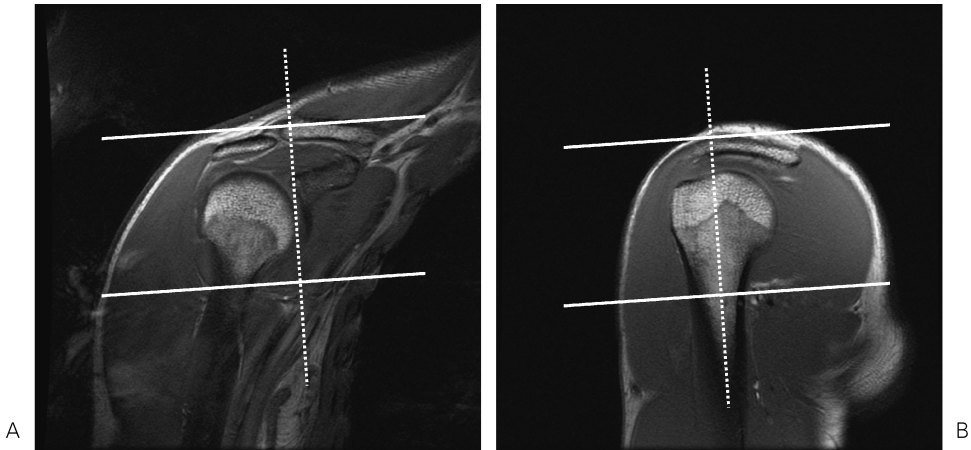


Fig. 2. Axial plane scanning

A : An axial plane scanning is perpendicular to the glenohumeral joint on the coronal localizer image.

B : An axial plane scanning is perpendicular to the humeral bone on the sagittal localizer image.

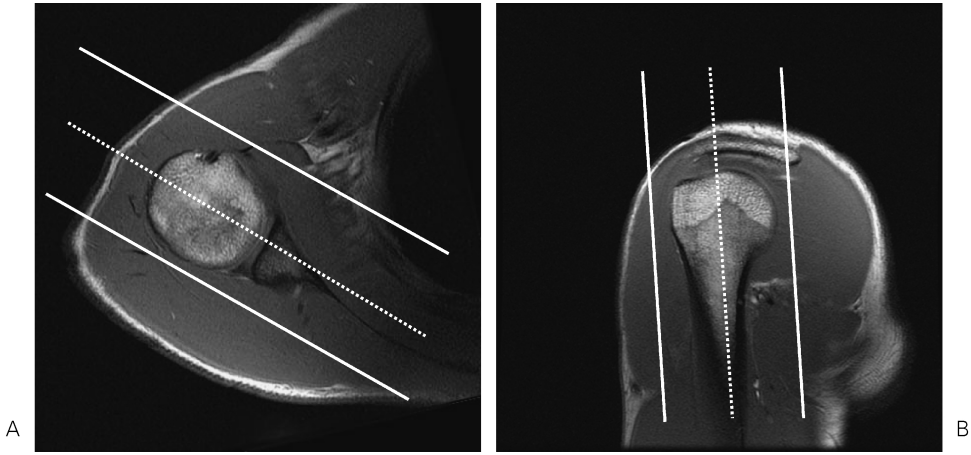


Fig. 3. Oblique coronal scanning

A : An oblique coronal plane scanning is parallel to the scapular plane on the axial localizer image.

B : An oblique coronal plane scanning is parallel to the humeral bone on the sagittal localizer image.

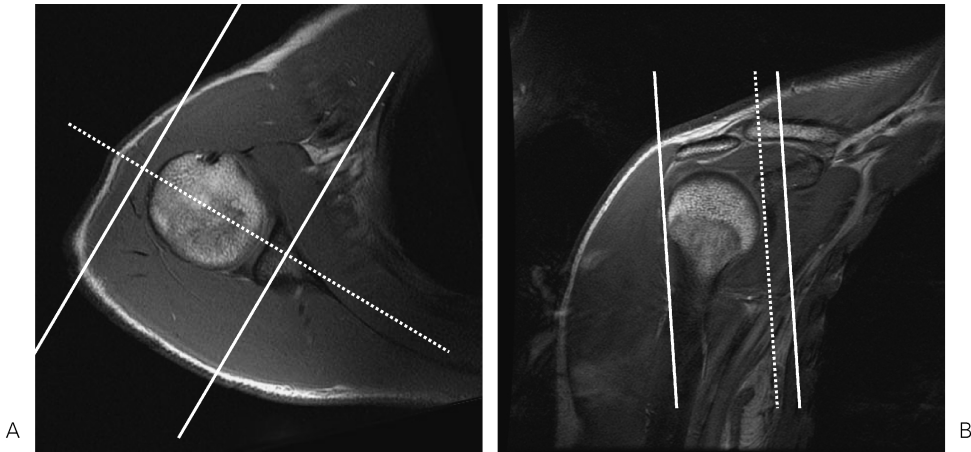


Fig. 4. Oblique sagittal scanning

A : An oblique coronal plane scanning is parallel to the scapular plane on the axial localizer image.

B : An oblique coronal plane scanning is vertical on the sagittal localizer image.

冠状断上では肩甲上腕関節面に平行．内側は関節窩を十分に含める．斜位矢状断は筋萎縮の評価に優れ，筋腹の中央，すなわち，撮像範囲の内側ほど良い．このため斜位矢状断に関して

は，他の2方向と違って撮影枚数は多くなる．ガングリオン等の腫瘍性病変，肉離れ等の筋肉病変がある存在するときは，T₂強調画像だけでも病変を含めて撮影して欲しい．

*撮影枚数が多い斜位矢状断では、3T MRI 装置での T₁WI で撮影枚数の制限、ハード・コピー・フィリミングが問題となる。

肩関節の位置がずれたと判断したら、再度ロカイザーを撮影する。

3 方向ロカイザーを使用出来ない MRI 装置では体幹軸に垂直軸位断、この軸位断を使用して、肩甲平面に平行、垂直の斜位冠状断、矢状断を撮影する。

[撮影のコツ]

仰臥位撮影時、胸郭が厚い場合や後彎のため肩関節が撮影台から高い位置にある場合、肘が撮影台に落ちて肩甲平面と上腕骨方向のずれが大きくなる。肘関節の下にパッドを置いて肩甲上腕関節と同じ高さにする工夫も有用である。

ポジショニング

中間位を目標にポジショニングする。中間位は手のひらを大腿の横にして、親指を上に向けたポジショニングである (Fig. 5)。

患者さんが、疼痛回避のために内旋位を希望するときはそれに従う。肩甲骨をベッドの中央、平行に置く半側臥位撮影の場合、手のひらを上に向ける程度が中間位となる (静磁場の均一性が不良な装置では有用なポジショニング、

ただし疼痛肩の患者さんには辛い体位である)。

* 外旋位撮影は、棘上筋腱の前方の屈曲を伸ばし、腱断裂を明瞭に描出する効果はあるが、棘下筋腱、肩甲下筋腱にそれぞれ、たわみと過伸展を生じ病変描出能を低下させる。また安静時痛のある患者さんの痛みを増す。

* 長頭腱は内旋位でたわみ、外旋位で伸張する。

[撮影のコツ]

患者さんにスペーサー等をもたせるとモーション・アーチファクトが軽減する (Fig. 6)。

撮影中上肢を牽引すると、モーション・アーチファクトが大幅に軽減し、患者さんも非常に楽になる。また正しい中間位撮影が容易となる。患者さんが上肢を静止する意識をもつ必要がなくなることで、上腕骨頭が上肢の重みで牽引されている立位と同じ状態になり、腱板への上腕骨頭による突き上げがなくなるからである (Fig. 7)。

* 肩関節は下方に対しての骨性、靭帯性の固定性がほとんどない。このため立位では、上肢の重みに相当する力で上腕骨頭を三角筋が引っ張り上げている。臥位では肩関節は重力の影響をほとんど受けなくなる。このため夜間就寝時、上腕骨頭は結果的に三角筋に牽引され、腱板を烏口肩峰アーチに“突き上げる”ことになり、



Fig. 5. Neutral position and pads below the elbow
The thumb points upward on a neutral position.
Pads are placed below the elbow.



Fig. 6. A spacer pad to hold
The patient to hold a spacer pad, reduces motion artifact. The photo shows an externally rotated position.



Fig. 7. Traction of the arm
Traction of the arm during scanning relieves pain and reduces motion artifact.

肩関節特有の夜間痛の原因の一つとなっている。さらに肩関節は体幹の端にあるため皮膚面積が大きく、太い血管（腋窩動脈）から比較的離れており、夜間の外気温の低下の影響を受けて疼痛を生じる。

＊＊動揺性をもつ肩関節では骨頭が後方に亜脱臼している症例がある。

脂肪抑制 T₂ 強調画像

肩関節は体幹中心から一番離れた解剖構造であるが、局所的シム技術の発達は、より均一な脂肪抑制 T₂ 強調画像の撮影を可能にした。肩関節に限らず、関節内構造は滑膜に被われている。関節内障では、多くの症例で滑膜炎、滑膜破綻を伴い、大なり小なり浸出液を生じている。浸出液は脂肪抑制 T₂ 強調画像で強い高信号として描出される。腱板断裂、関節唇損傷においては欠損部に滑膜炎に伴う浸出液が filling-in し、脂肪抑制 T₂ 強調画像で病変の輪郭が明瞭に描出する。脂肪抑制撮影はさらに受診コイル近くに存在する皮下脂肪が生じるモーション・アーチファクトを軽減する効果もある。
[撮影のコツ]

脂肪抑制 T₂ 強調画像では TE（エコー時間）を短くする。TE 時間を短く（60 m 前後）すると信号が強くなり、S/N 比を稼げる。さらに相対的に脂肪抑制効果は弱くなり、画像全体が暗くなることを防ぎ、解剖構造のオリエン

テーションが失われない。脂肪抑制 T₂ 強調画像の病変コントラストは非常に強いので、T₂ 強調効果が多少弱まっても病変感度は十分に保つことが可能である。

＊ T₂ 強調画像で、TE 時間を短くすると、プロトン密度強調画像に近づく。TE 時間が 30 ms より短いと magic angle phenomenon が生じるといわれている。

3T MRI の恩恵

肩関節においては脂肪抑制 T₂ 強調が病変描出に関して極めて高い感度をもっており、3T MRI 装置の T₁ contrast 低下は問題とならない。3T MRI は波長の短縮により、体幹撮影では RF 浸透率の低下が問題となるが、肩関節は体幹の端にあり影響を受けない。3T MRI の S/N 比向上による恩恵を受け、肩関節小病変をより精細に描出する高分解能撮影が可能となっている。

3T MRI の弱点

3T MRI の弱点は、T₁ 強調画像での撮影枚数制限、体内金属での撮影制限、磁化率アーチファクトが強いこと等である。ただし、強い磁化率アーチファクトは骨皮質の輪郭、石灰沈着、出血後変化の描出には有利にはたらく。今回供覧する画像はすべて 3T 装置の画像である。

読 影

Hidden lesion（長頭腱亜脱臼、肩甲下筋腱停止部上縁の亀裂損傷）

上腕二頭筋長頭腱は後上方関節唇より起始し、上腕骨頭を“ハチマキ”のように取り囲み、結節間溝を経て関節外へとでる。長頭腱が結節間溝入口部で亜脱臼して、肩甲下筋腱停止部上縁に入り込み亀裂を生じる病変を hidden lesion（狭義）と呼ぶ。Hidden lesion（隠された病変）とは通常の術野では観察できないのでこう呼ばれる。長頭腱は内旋位では小結節に停止

する肩甲下筋腱の上に位置する。このため、長頭腱が亜脱臼を伴わず、肩甲筋腱に入り込み、亀裂を作る症例がある。これは広義の hidden lesion である。長頭腱と肩甲下筋腱の間には関節包の一部である上関節上腕靭帯と肩甲下筋腱筋膜があるが hidden lesion ではこれらの破綻を伴っている。棘上筋腱断裂で hidden lesion を伴っている症例がある。このような症例が hidden lesion に気付かず手術が施行されると棘上筋腱断裂修復のみが施行されることになる^{2),3)} (Fig. 8).

腱板断裂の delamination

腱板を構成する筋肉は五層構造をもっており、腱板断裂症例では第二層と三層の間に剥離を生じることがあり、しばしば、深層の第二層が引き込まれてずれが生じる。腱板断裂修復術では剥離した両方の筋層を修復する必要があるため、術前に delamination の存在・範囲診断は重要である⁴⁾ (Fig. 9).

腱板疎部炎

腱板を構成する棘上筋と肩甲下筋の間には鳥口突起をはさんで隙間が存在し、これを腱板疎

部という。腱板疎部は関節包の一部であるがこの部分には腱板が存在しない。この部分のメカニカルストレスによる関節包を被う滑膜の炎症が腱板疎部炎である。腱板疎部が外に向かって拡張し、浸出液が貯まる。このような症例で

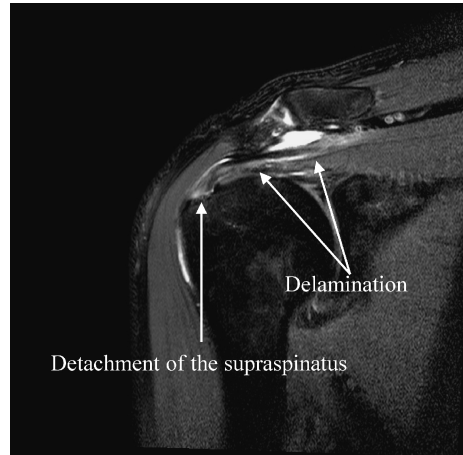


Fig. 9. Delamination
Oblique coronal T₂WI with fat suppression shows detachment of the supraspinatus tendon from the greater tuberosity of the humeral head with delamination.

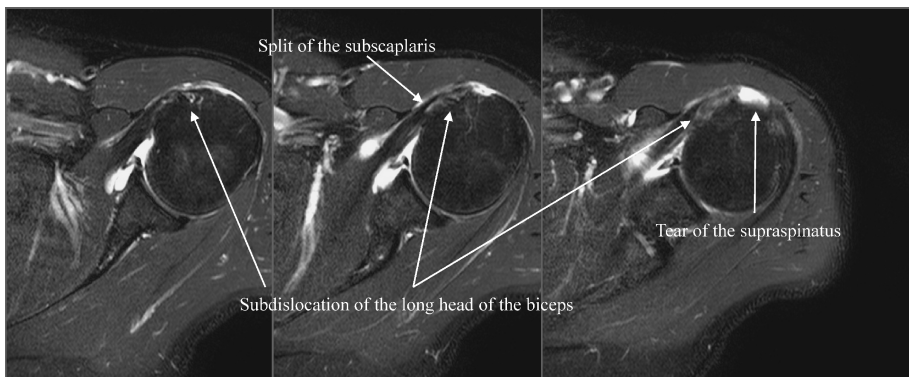


Fig. 8. Hidden lesion and supraspinatus tendon tear
Axial T₂WIs with fat suppression show subdislocation of the long head of the biceps muscle to split the superior end of the subscapularis tendon : hidden lesion and a tear of the supraspinatus tendon.

は関節内圧の調整機能をもつ肩甲下滑液包が開いておらず関節内圧が上昇している。結果的に不安定性を生じ、疼痛も増悪する。投球肩を代表される若年性腱板疎部炎と中高年に生じる拘縮性の腱板疎部炎が存在する。信原らが腱板疎

部損傷として発表したものである。肩甲下筋の上をまたぐ肩甲下滑液包との鑑別は斜位矢状断画像でのみできる。腱板疎部炎症例では関節内圧の調整機能をもつ肩甲下滑液包の effusion は存在したとしても少量である⁵⁾ (Fig. 10).

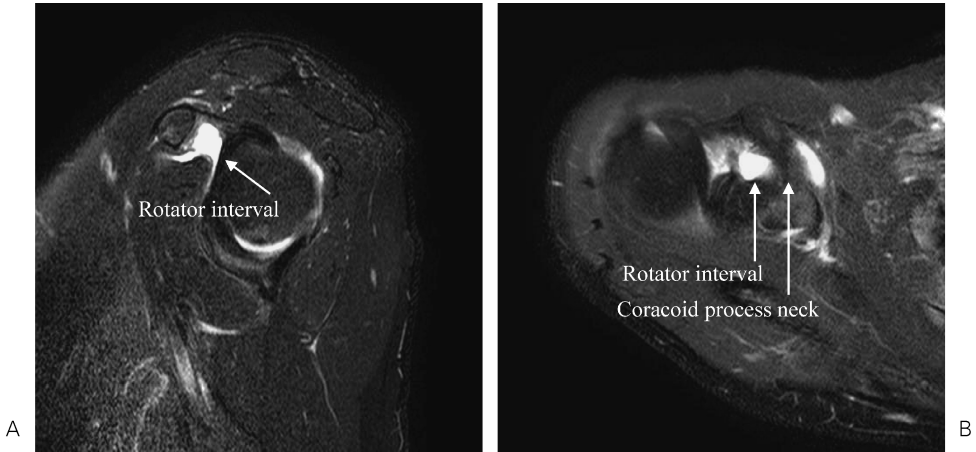


Fig. 10. Inflammation of the rotator interval

A : Oblique sagittal T2WI with fat suppression shows dilatation of the rotator interval with effusion.

B : Axial T2WI with fat suppression shows the round effusion pooling of the dilated rotator interval near the coracoid process neck.

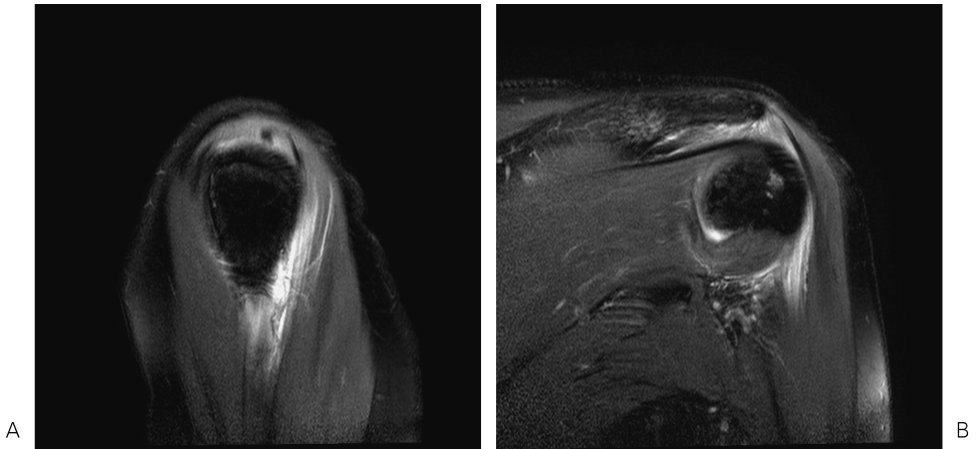


Fig. 11. Myotendinous strain

A : Oblique sagittal and B : axial T2WI with fat suppression shows strain of the lateral posterior belly of the deltoid muscle.

筋損傷（肉離れ，筋挫傷）

直達外力により生じたものを筋挫傷，筋自体の収縮，伸展により生じたものを肉離れという。通常の外傷によっても生じるが，五十肩，拘縮肩に対する肩体操，理学療法，マッサージでも生じる。MRI 依頼医が気づいていない筋損傷を指摘することは極めて重要である。時に iatrogenic であり，悪循環を生じているからである。脂肪抑制 T₂ 強調画像で明瞭に描出される⁶⁾。鑑別として重要な病態として神経原性浮腫がある。神経原性浮腫は腋窩神経損傷，ガングリオン（paralabral cyst）等の症例で生じることがある（Fig. 11）。

ま と め

基本的ではあるが，MRI 装置の進歩に対応する習熟して欲しい撮影技術について解説した。特に目新しくはないが，肩関節 MRI 撮影，読影頻度が少ないために見逃されがちな病変の概念，画像診断について解説した。

文 献

- 1) 坂元哲郎，佐志隆士．受信コイル．佐志隆士編．骨軟部画像診断の勘どころ．東京：メジカルビュー社，2006；96-108
- 2) 泉 純一，佐志隆士．Hidden lesion．佐志隆士編．骨軟部画像診断の勘どころ，東京：メジカルビュー社，2006；120
- 3) Morag Y, Jacobson JA, Shields G, Rajani R, Jamadar DA, Miller B, Hayes CW : MR arthrography of rotator interval, long head of the biceps brachii, and biceps pulley of the shoulder. Radiology 2005 ; 235 : 21-30
- 4) Walz DM, Miller TT, Chen S, Hofman J : MR imaging of delamination tears of the rotator cuff tendons. Skeletal Radiol 2007 ; 36 : 411-416
- 5) 信原克哉，橋本 淳．腱板疎部損傷．診療マニュアルシリーズ肩診療マニュアル第3版，東京：医歯薬出版，2004；133-144
- 6) 笹下 薫，大橋健二．筋損傷．佐志隆士編．骨軟部画像診断の勘どころ．東京：メジカルビュー社，2006；242-243

The Shoulder Joint

Ryuji SASHI¹, Takashi TABUCHI²

¹*Department of Radiology, Akita University School of Medicine
1-1-1 Hondo, Akita, Akita 010-8543*

²*Medical Satellite YAESU CLINIC*

Few frontier issues of magnetic resonance (MR) imaging of the shoulder remain, and fundamental techniques and knowledge are still important. Development of 3-direction localizer scanning, local shimming, and homogeneity correction of surface-coil techniques gives MR imaging of the shoulder advanced capabilities, and the far better signal-to-noise ratio of 3-tesla MR imaging permits the acquisition of high definition images.

This paper presents keys to scanning direction, positioning of the shoulder joints, and appropriate pulse sequences to achieve imaging success as well as the pathology and film interpretation of a hidden lesion, delamination of the rotator muscles, inflammation of the rotator interval, and musculotendinous strain.