

総説

肩関節疾患の超音波診断

水関 清

Sonographic Diagnosis of the Shoulder Joint Diseases

Kiyoshi MIZUSEKI

Key words : Ultrasonic Diagnosis — Shoulder —
Rotator Cuff — Frozen Shoulder

はじめに

肩関節に関する愁訴への適切な対応は、プライマリ・ケアにおける主要な課題の一つである。肩についてよくみられる訴えは、疼痛・変形・機能障害に大別される。そのうち明らかな外傷に起因するもの以外で、日常診療において比較的良好に遭遇し、その鑑別診断で特に慎重を期すべきなのは、疼痛である。

肩にみられる疼痛には、頸椎症や胸郭出口症候群等の整形外科疾患および心筋疾患等の内科疾患による外因性の疼痛のほか、腱板断裂や腱炎等の内因性の疼痛がある。問診や理学所見等からこれら疾患についての鑑別をすすめるのであるが、内因性疼痛が疑われた場合、他覚所見を得るための画像診断は、従来からX線検査によることが多かった。

しかし、腱板、筋、関節包、関節唇などによって支持されている肩関節の構造上、そこに生じる疾患の責任病巣は、当然のことながら軟部組織にあることが多いため、軟部組織自体を直接的に描出することが困難なX線検査は、おもに除外診断に用いられてきた。

超音波検査は、被検査組織の音響インピーダンスの差を画像化するという原理から、従来のX線検査では分解が困難であった軟部組織の描出に優れており、近年徐々に普及のすすんできたMRIとともに、肩関節疾患診断への応用がすすめられてきた^{1-8, 10-12)}。

すなわち超音波検査は、その良好な空間分解能によって、軟部組織の微細な変化を捕らえる形態学的診断のほかに、被検関節の動的評価や臓器内および周囲組織の血流評価などを行う機能的診断も可能という特徴を備えている。

以下、肩関節疾患に対する超音波診断の現状を概説する。

肩関節の解剖 (図1 a, b, 図2 a, b, c)

解剖学の用語では、肩関節とは、肩甲骨と上腕骨の間で構成される肩甲上腕関節 (glenohumeral joint) を意味する。しかし、肩甲上腕関節だけが単独に動くことは現実にはほとんどなく、肩甲帯 (上肢帯 shoulder girdle) 全体として動き、肩関節の機能を果たすとされる。

臨床的に肩甲帯の関節として知られているのは、上記肩甲上腕関節のほか、胸鎖関節 (sternoclavicular joint) と肩鎖関節 (acromioclavicular joint) というふたつの解剖学的関節のほか、肩甲胸郭関節 (scapulothoracic joint) と肩峰下関節 (subacromial joint) というふたつの機能的関節を加えた、計5関節である (図1 a)。

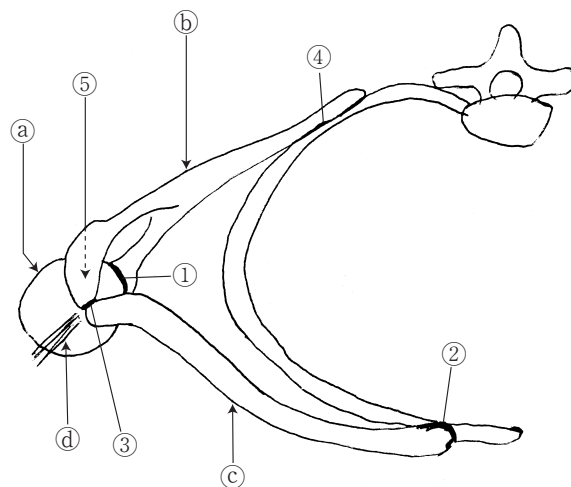


図1 a 肩甲帯の連結

- ①肩甲上腕関節 ②胸鎖関節 ③肩鎖関節
- ④肩甲胸郭関節 ⑤肩峰下関節
- a上腕骨 b肩甲骨 c鎖骨 d上腕二頭筋長頭腱

ヒトにおける肩関節の役割は、四足歩行の動物にみられるように、上肢で体重を支えて移動するという“前脚”的機能を離れたところにある。すなわち、臼蓋と大腿骨からなる股関節に体重を支える機能を主として委ねる一方で、肩関節自らは上肢を挙上して手を様々な場所に移動させる機能を果たすべく、他の動物にはみられない大きな可動域を獲得してきた。

肩関節の大きな可動域は、上肢の挙上に際し上腕骨・肩甲骨・鎖骨が同時に動くことにより可能となったが、一方で肩甲上腕関節自体の不安定性を招いた。すなわち、上腕骨頭の大きさに比して肩甲骨側の関節窩の大きさは4分の1（関節窩周囲の関節唇を含めても約3分の1）に過ぎず、可動性には優れているが、骨頭の被覆度が極めて小さい、不釣り合いな骨頭関節窩の関係にある。

この不安定な構造を補うため、以下のような構造がみられる（図1b, 2a）。すなわち肩甲上腕関節の最内側には、関節唇、関節包、および肩甲上腕関節窩上部に付着する上腕二頭筋長頭腱があり、関節包内面を補強している。関節包内面の滑膜は、関節窩側は関節唇に付着するほかに、上腕骨側は骨頭関節面縁に付着する。関節窩と上腕骨とをつなぐ滑膜には前方、すなわち烏口突起側に3条の部分的肥厚部がみられ、関節窩側から上腕骨頸部に向けて走行する。この肥厚部は関節上腕靭帯と呼ばれ、上、中、下の3つが区別される。また上腕骨側の関節滑膜は、上腕二頭筋長頭腱に沿って結節間溝に延び、折り返されて結節間滑液鞘を形成する。

上腕二頭筋長頭腱は本来滑液腔である関節包内を走行するという特異な腱で、肩甲上腕関節唇と関節上結節から起こり、関節腔内を滑膜に覆われて結節間溝を下行し、関節包を出た後、上腕骨中央部で、烏口突起から起こる上腕二頭筋短頭と合わさって一つの筋となり、橈骨結節と前腕筋膜に付着する。筋収縮に伴って上腕骨頭を下方に押し下げる機能を有し、上腕骨頭と肩甲骨関節窩との適合性を安定化させる。また、上腕骨頭は長頭筋腱に沿って滑動することが知られており、この機構は上腕二頭筋長頭腱滑動機構と呼ばれる。

肩甲上腕関節包の外側には、棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋という、上腕骨に停止部をもつ4つの回旋筋の筋腱が付着しており、これら4腱が密に接して板状に見えることから、腱板（rotator cuff）と総称される（図2b, 2c）。腱板の内面は、肩甲上腕関節包を覆っており、外方では肩峰下滑液包に接している。棘上筋と棘下筋はそれぞれ肩甲骨背面の棘上窩と棘下窩とから起こって外方へ走り、棘上筋は上腕骨大結節の上部と肩甲上腕関節包に、棘下筋は上腕骨大結節の中部に付着する（図2b）。小円筋は肩甲骨背面から起こって外方へ向かい、上腕三

頭筋長頭腱の後ろを通過して上腕骨大結節下部と外科頸および肩甲上腕関節包に付着する（図2b）。肩甲下筋はこれら3つの筋とは異なり肩甲骨前面から起こって外方へ向かい、上腕骨小結節に付着する（図2c）。

機能的には腱板は、上腕骨頭を回旋させ、上腕骨頭を肩甲骨関節窩へ押しつけ、引き下げる等の働きをしているが、肩甲骨という広い骨面から起こった4筋の腱が、上腕骨のふたつの結節という狭い範囲に集中的に付着するため、上肢の運動時には付着部に大きな負荷がかかることとなり、上腕骨付着部近傍の腱板には断裂が比較的起こりやすい。特に棘上筋腱の上腕骨大結節付着部より1cm 中枢の部分は危険部位（critical portion）と呼ばれている。

さらにその外側には肩峰下滑液包（subacromial bursa）が存在し、最外側の肩峰との間を隔てる。また、肩峰は烏口突起との間を烏口肩峰靭帯、鎖骨との間を肩鎖靭帯でそれぞれ結ばれ、烏口突起と鎖骨との間を結ぶ烏口鎖骨靭帯とともに肩関節の前上面を補強している。肩の最外側には肩甲骨背面および鎖骨の外側3分の1から起こった三角筋が外下方へ走り、肩関節を覆いつつ上腕骨ほぼ中央に付着する。

なお、肩峰および烏口肩峰靭帯と腱板の間には肩峰下滑液包が介在してあたかも関節包のような役割を果たしていることから、これを肩峰下関節または第2肩関節と呼ぶ。上肢の挙上等の動作に際して、この滑液包と腱板とが、外方の肩峰と内方の上腕骨頭の間に挟みこまれ、

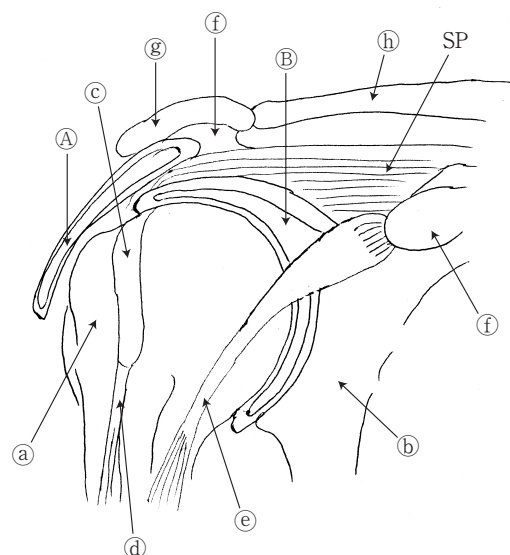


図1b 肩関節の構造

- ①肩峰下滑液包 ②肩甲上腕関節包
- ③上腕骨大結節 ④肩甲骨
- ⑤上腕二頭筋長頭腱をいれた結節間滑液鞘
- ⑥上腕二頭筋長頭腱 ⑦上腕二頭筋短頭腱
- ⑧烏口突起 ⑨肩峰 ⑩鎖骨
- SP 棘上筋(腱)

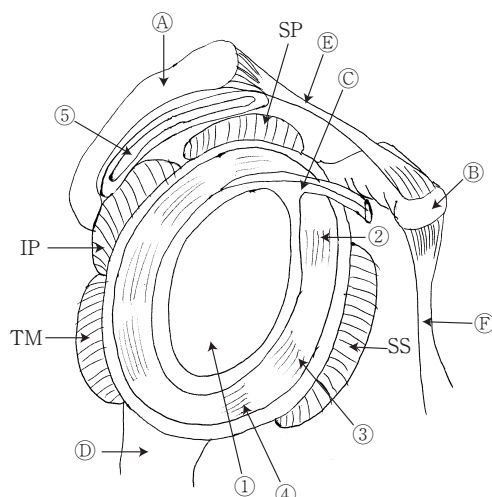


図2a 肩甲上腕関節窩

- ①肩峰 ②烏口突起 ③上腕二頭筋長頭腱
④肩甲骨 ⑤烏口肩峰靱帯 ⑥上腕二頭筋短頭腱
⑦関節窩 ⑧上関節上腕靱帯 ⑨中関節上腕靱帯
⑩下関節上腕靱帯 ⑪肩峰下関節包
SP 棘上筋(腱) IP 棘下筋(腱) TM 小円筋(腱) SS 肩甲下筋(腱)

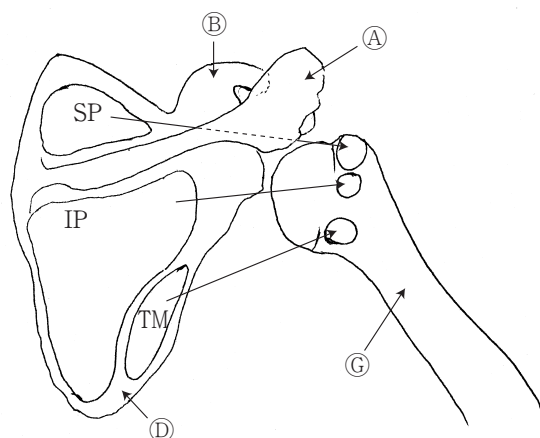


図2b 肩甲骨後面からみた腱板

- ①肩峰 ②烏口突起 ③肩甲骨 ④上腕骨
SP 棘上筋(腱) IP 棘下筋(腱) TM 小円筋(腱)

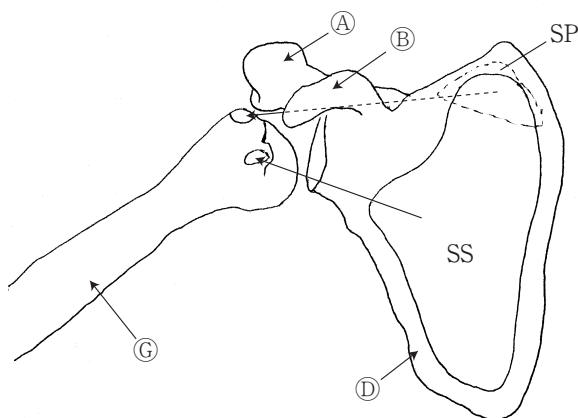


図2c 肩甲骨前面からみた腱板

- ①肩峰 ②烏口突起 ③肩甲骨 ④上腕骨
SP 棘上筋(腱) SS 肩甲下筋(腱)

ぶつかることから変性等が起こり、しばしば障害の原因となる(図2a)。

これらの肩関節機構のうちで、超音波の入射が良好で観察が比較的容易なのは、肩峰下滑液包、腱板、肩甲上腕関節滑液包、上腕二頭筋長頭腱および周囲軟部組織である。以下超音波検査の項では、これら組織の観察法を述べ、そこにみられる各種疾患の診断について概説するとともに、従来より疾患概念の混乱がみられる肩関節周囲炎の超音波像については、最近の知見を詳述した。

肩関節の超音波検査

(1) 超音波診断装置

肩関節を構成する組織は、ほとんどが体表から5cm以内の領域に存在する。このため超音波検査時には、この領域をカバーする探触子が必要となる。具体的には周波数7.5MHzから12MHz程度のいわゆる高周波数探触子が適切である。探触子の中には複数の周波数に対応した可変式のものもある。近年普及の進んだデジタル信号処理を行う超音波診断装置を用いれば、探触子周波数の可変域はより広くなり、4MHzから13MHz程度をカバーするものもある。探触子の形状は腹部領域に汎用されるコンベックス型より、リニア型の方が良好な観察域が確保され、走査は容易である。凹凸の多い肩の形状に合わせるため、音響カップラーの装着が勧められたこともあるが、現在の探触子の分解能の向上が著しいため、必ずしも必要ではない。

装置の性能を最大限にいかすために、画像条件の設定は大切である。装置の側で体表や筋肉等のように、検査対象ごとにある程度の条件はプリセット機能として備えられているが、肩関節のようにいずれの条件にもぴったりとあてはまらない場所を走査する際には、検査者が独自に条件を設定しておくことが望ましい。すなわちBモード検査の場合には、前述の探触子周波数のほかに、Gain, STC(Sensitivity Time Control), Dynamic Range等の条件の、ドプラ検査の場合にはこれらに加えてColor Gainや繰り返し周波数やフィルター等の条件の至適設定をあらかじめしておき、症例に応じて柔軟に変えることが重要である。

画像記録はポラロイド印画、熱転写プリンター印画のほか、画像情報の電子保存などの方法で保存される。肩関節など軟部組織の走査画像は、コントラストは弱めで、階調性の広いものにするのを心がける。超音波診断装置のモニター画像の最適条件と、印画のそれとは異なっており、必ず印画で階調性の表現が十分であることを確認しておくことが重要である。

(2) 検査手順 (図3)

被検者は仰臥位、腕は体側に楽におろした状態、すなわち中間位をとる。後述する動態検査時には、この肢位から適宜内外転、内外旋させて肩関節を観察する。

超音波で肩関節を観察するためのアプローチには、以下に示す (a) ~ (f) のルートがある。(a) 仰臥位・上肢中間位で肩峰・上腕骨大結節を結ぶ位置で棘上筋腱を描出する上方縦走査、(b) 仰臥位・上肢中間位のままで棘上筋腱と上腕二頭筋長頭腱附着部を描出する前上方横走査、(c) 仰臥位・上腕外旋位で烏口突起と肩甲下筋腱を同一画面に描出する前下方横走査、(d) 仰臥位・上肢中間位に戻して結節間溝を下行する上腕二頭筋長頭腱長軸を描出する長頭腱縦断走査、(e) 半側臥位・上肢中間位として肩甲骨・上腕骨頭・棘下筋腱を同一画面に描出する背側面横走査を基本とする。さらに必要であれば、(f) 仰臥位で上肢を外転させ、腋窩から肩甲上腕関節窩や関節唇を観察する腋窩走査を加える。

肩関節の検査法には、(A) 静態検査、(B) 動態検査、(C) 負荷検査の三つの方法がある。(A) は、さまざまな肢位で肩関節の静態像を、B モードやカラー・ドプラー、パルス・ドプラーを用いて、形態や血流等を観察する方法で、病態把握におけるすべての基本となる。(B) は、上肢の内外転や内外旋時における滑液包や腱板の形態変化や肩峰との位置関係の変化をリアル・タイムで観察し、症状発現時の腱板等の状態を明らかにする方法で、特定の肢位で症状をあらわす病

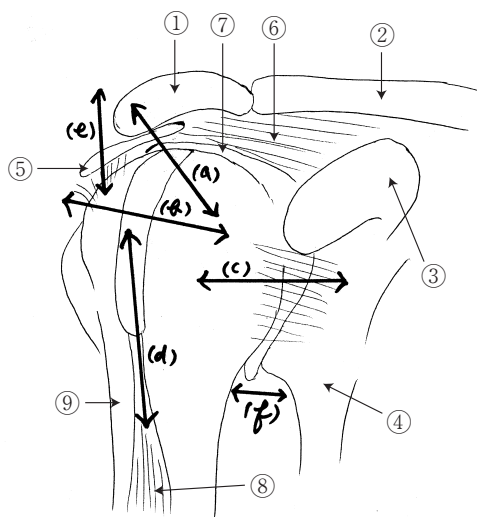


図3 肩関節の走査手順

- (a) 上方縦走査 (b) 前上方横走査 (c) 前下方横走査
(d) 長頭腱縦断走査 (e) 背側面横走査 (f) 腋窩走査
①肩峰 ②鎖骨 ③烏口突起 ④肩甲骨
⑤肩峰下滑液包 ⑥棘上筋腱 ⑦肩甲上腕関節包
⑧上腕二頭筋長頭腱 ⑨上腕骨

態の診断に特に有用である。(C) は動揺性肩関節の診断に有用とされるが、ストレスをかけて肩関節の亜脱臼や脱臼を誘発する方法であり、その実施には慎重でなければならない。

(3) 正常超音波像と観察の要点 (図4~8)

表層より皮膚、皮下組織、三角筋膜、三角筋、肩峰下滑液包、腱板、肩甲上腕関節包、上腕骨頭の順に多層的に描出される。腱板4筋腱のうち、観察が容易で再現性の良好な棘上筋腱のエコーレベルは、三角筋のそれよりやや低く、内部エコーパターンは均一である。上腕二頭筋長頭腱は内部均一な高エコー像を示し、前上方横走査時に結節間溝を探すよい指標となる。肩峰や烏口突起、上腕骨頭は、深部への超音波の透過が遮られるためその表面で強い高エコーを呈し、その深方には音響陰影をともなう。なお自験146例(平均年齢 57.9 ± 6.8 歳、男68例、女78例)で計測した正常腱板の厚みは、 5.2 ± 0.4 mmで、既報⁶⁾に比べると約1mm少ない数値を示した。これは既報⁶⁾の装置と比べ分解能の高い機器を用いたため、腱板と周囲組織との境界の描出能が向上し、腱板厚のより正確な計測が可能となったためと考えられた。

なお、以下に呈示する超音波像には、上方に超音波写真、下方にその解説図面を付した(図4~22)。

(a) 上方縦走査 (図4)

仰臥位・上肢中間位で、探触子を肩甲棘に対して平行に保持しつつ、肩峰・上腕骨大結節を結ぶ位置で探触子をあてると、上腕骨大結節とこれに付着する棘上筋腱の長軸像が描出される。この走査で描出される棘上筋前縁と肩甲下筋上縁との間は腱板疎部と呼ばれ、肩甲上腕関節包の入りこみがみられる部位で、腱板の部分断裂と紛らわしいことがある。筋腱の厚みや内部エコーの観察をする際には、注意を要する。

(b) 前上方横走査 (図5)

仰臥位・上肢中間位のままで、上方縦走査からひきつづいて、探触子を90度回転させ、肩関節の前方で肩峰と平行にあてるとこの像が得られる。筆者は、右肩の場合、画面中央に上に凸の形状をした棘上筋腱、上方に肩峰下滑液包、右側に上腕二頭筋長頭腱横断面がみられるような位置で画像を記録する。左肩の場合には画面左側に上腕二頭筋長頭腱横断面がみられる。棘上筋腱の内部構造の観察に適した走査面である。腱の厚みや内部エコーを観察し、腱板断裂を示唆する低エコー像の有無、結節間溝周囲の血流信号の多寡、上腕二頭筋長頭腱周囲の低エコー域出現の有無等に特に注意する。

(c) 前下方横走査 (図6)

前上方横走査から上腕を外旋させ、探触子を肩峰と平行にあてるとこの像が得られる。画面中央に上に凸の形状をした肩甲下筋腱、画面右下方に上腕骨小結節、画面右に烏口突起がみられるような位置で画像を記録する。左肩の場合には画面左側に烏口突起がみられる。肩甲下筋腱の像に重なって、結節間溝を走る上腕二頭筋長頭腱も描出されることがある。上腕骨を内外旋させることで、肩甲下筋の動態観察が可能になる。腱の厚みや内部エコーの観察は棘上筋腱と同様にする。

(d) 長頭腱縦断走査 (図7)

前下方横走査から上肢を中間位に戻して、探触子を上腕骨長軸に平行にあて、結節間溝を下行する上腕二頭筋長頭腱の長軸像を描出する。上腕骨大結節の付着部から結節間溝を下行する長頭腱の厚み、内

部エコー、腱周囲の腱鞘の状態を観察するのに適している。長頭腱の内部エコーレベルは、結節間溝付近ではやや高く、内部に縦走する繊維束の構造も観察できるが、結節間溝を離れて下行していくに従い内部エコーレベルは低下する。前腕を屈曲伸展させると、腱鞘の中を腱が滑動するのを観察することができる。

(e) 背側面横走査 (図8)

上肢中間位のままで、右肩の場合には左半側臥位(左肩の場合は右半側臥位)となり、肩甲骨・上腕骨頭が同一面になるように背側面から肩甲棘にほぼ平行に探触子をあてると、上腕骨頭から棘下筋腱が描出される。腱の厚みや内部エコーの観察は棘上筋腱の場合と同様にする。

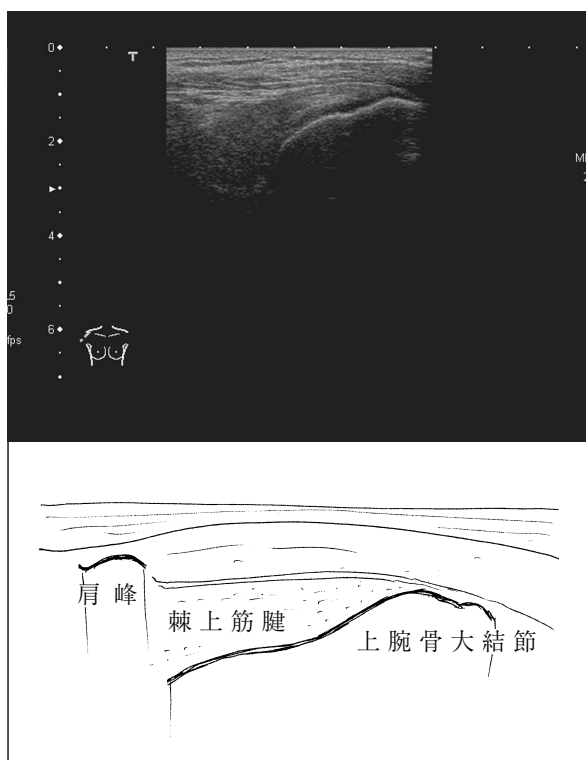


図4 上方縦走査正常像

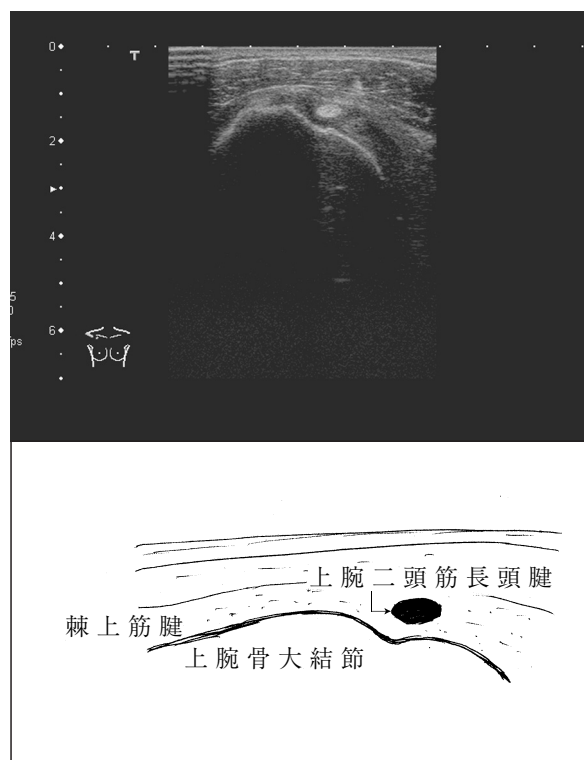


図5 前上方横走査正常像

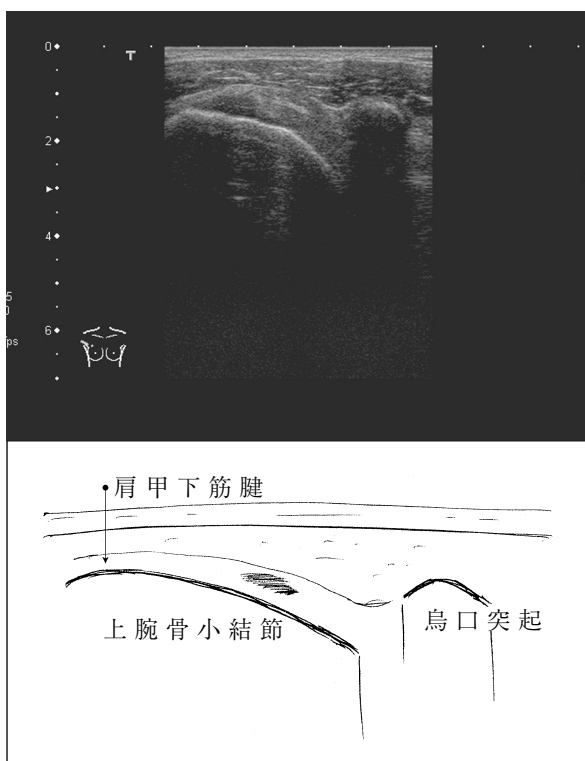


図6 前下方横走査正常像

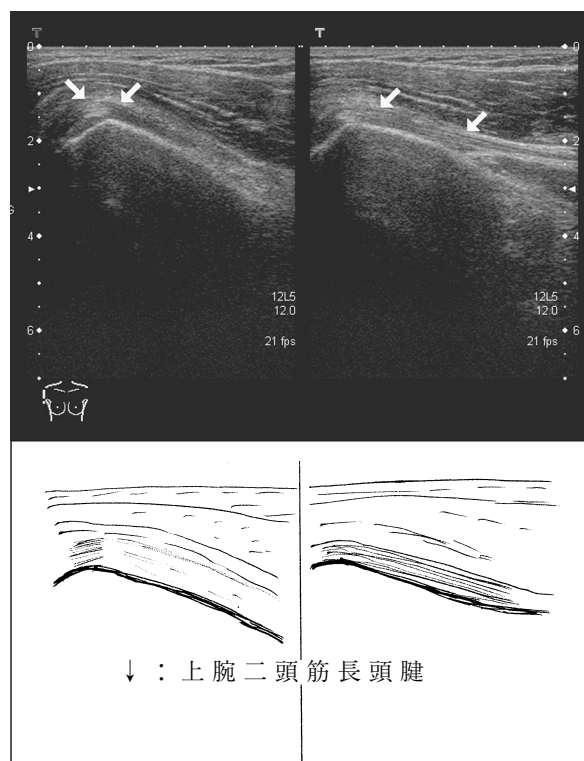


図7 長頭腱縦断走査正常像

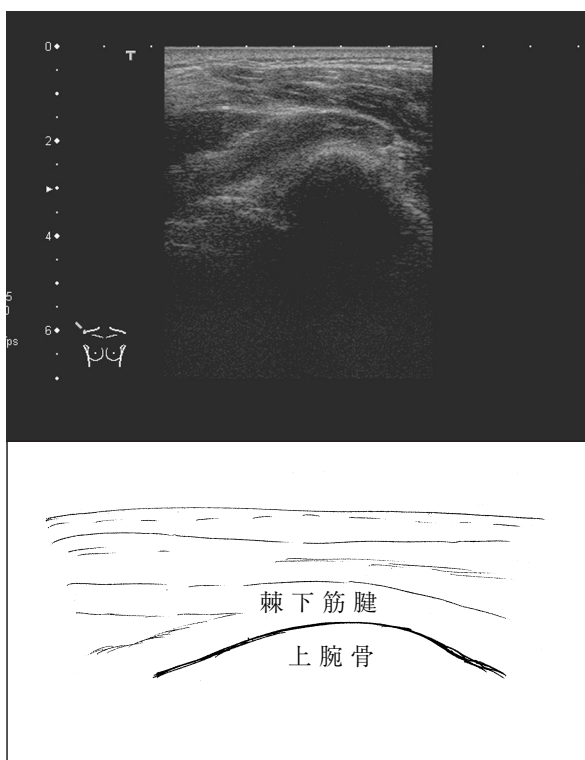


図8 背側面横走査正常像

(4) 症例 (図9～22)

超音波で診断可能な疾患には、腱板断裂、肩峰下滑液包炎、石灰沈着性腱炎、上腕二頭筋長頭腱断裂、肩峰下衝突症候群(Subacromial Impingement Syndrome, 以下 SIS) がよく知られているほか、いわゆる肩関節周囲炎、習慣性肩関節脱臼などでも超音波診断の有用性が報告されている。

自験例の中から、腱板完全断裂および腱板部分断裂、石灰沈着性腱炎、SIS、そして肩関節周囲炎の超音波像を呈示し、診断の要点についても概説する。なお肩峰下滑液包炎については、肩関節周囲炎の部分症であるという説もあるため、肩関節周囲炎の呈示例の中で一括して触れた。

(a) 腱板完全断裂 (図9)

腱板完全断裂の超音波所見には間接所見と直接所見とがある。間接所見として健側に比して著明に菲薄化した患側腱板¹⁰⁾、一方直接所見には患側腱板の欠損像がある。

図9は、57歳女性の腱板完全断裂例である。画像の左右で腱板の厚みが大きく異なっているが、これは、完全断裂を示唆する間接所見である。断裂した腱板が肩峰下に引き込まれたために生ずる左右差で、患側腱板の菲薄化像として捕らえられる。完全断裂の場合、高分解能の超音波診断装置を用いれば、直接所見として腱板の欠損像を捕らえることも可能であるが、分解能のやや劣る装置では、上腕骨を覆う関節包を菲薄化した腱板と見誤ることもあり、注意を要する。むしろ間接所見としての腱板菲薄化像のほうが再現性もよく、腱板断裂の簡便なスクリーニング法として有用である。具体的には肩峰下滑液包と上腕骨頭との間の距離を計測し、これを指標とする。この距離は腱板厚に関節滑膜厚を加えたものであり、真の腱板厚とは異なるが、この距離が4 mm 以下の場合、腱板完全断裂として92%の正診率であったという¹⁰⁾。

なお、まれには両側の腱板断裂例もみられる。そのほとんどは一侧の腱板断裂後、一定の期間を置いて他側の腱板にも断裂をきたした、いわゆる異時性のものであり、あらかじめ既往歴の聴取を行っておけば診断は容易である。超音波検査の依頼のみの例で両側腱板厚が4 mm 以下の場合には、依頼医に腱板断裂が濃厚に疑われる旨をフィードバックする。

(b) 腱板部分断裂 (図10～12)

直接所見として、腱板組織内の不連続像、腱板内低エコー像のほか、周囲にしばしば低エコー域をとまなう腱板内線状高エコー域が報告されている。

図10は54歳、男性の左肩腱板不全断裂例である。

画像の左方に上腕骨小結節、右方に大結節、その間を覆う形で腱板がみられるが、内部にecho free spaceをとまなう軟部組織像を認める。手術の結果、これは腱板の腱内断裂であり、軟部組織像は断裂してめくれこんだ腱板組織、隣接したecho free spaceは腱内の炎症性滲出液貯留であり、比較的急激に起きた断裂と考えられた。

図11は67歳、男性の左肩腱板不全断裂例である。図と同様に腱板内にecho free spaceを認めるが、付随する軟部組織像は認めなかった。手術の結果は腱板の腱内断裂であったが、疎になった腱板組織内に滲出液貯留をみるのみであり、ある程度時間の経過した断裂と考えられた。

図12は62歳、男性の腱板部分断裂例である。腱板内に線状高エコー域がみられ、周囲に低エコー域をとまなっている。手術の結果は腱板の腱内断裂であり、断裂部に繊維化がみられ、エコーで見られた線状高エコー域はこれを反映したものと思われ、かなり時間の経過した断裂と考えられた。

(c) 石灰沈着性腱炎 (図13)

図13は57歳、女性の石灰沈着性腱炎である。画像中央の棘上筋腱内に音響陰影をとまなう石灰化がみられる。上腕骨大結節近傍のいわゆるcritical portionは、断裂とならんで石灰化もよく生ずる部位であり、腱内に石灰化を疑わせるstrong echoを認めた場合、本症が疑われる。腱板断裂や後述する肩峰下滑液包炎が併存することもあるが、上記石灰化が他の併存所見をマスクすることもあり、診断上注意を要する。

(d) 肩峰下衝突症候群 (Subacromial Impingement Syndrome, SIS) (図14)

SISは、1972年Neerが提唱した疾患概念で、上肢の挙上等の動作に際して、外方の肩峰と内方の上腕骨頭の間に、肩峰下滑液包と腱板とが挟みこまれ、ぶつかることで腱板障害が起こるとする。その病態は、もっとも軽い1期(腱板の浮腫・出血)から、2期(腱板の肥厚・繊維化)を経て、3期(断裂)に至るとするものである¹¹⁾。SIS 3期の診断は、腱板断裂の診断と同義であるため、1期、2期の診断が主となるが、1期は病理学的所見を述べているため、超音波では2期の診断、すなわち腱板の肥厚に対する診断が中心となる。筆者はこれに加えて、上肢の内外旋や内外転時における腱板と上腕骨、肩峰との相互関係を動態観察し、腱板の挟みこみ現象の有無を参考所見としている。

図14は43歳、女性のSIS症例である。画像左に示すように腱板は肥厚している。画像右に示すよう

に、上肢の外旋にともない、腱板が肩峰と上腕骨とで挟みこまれ、圧迫されて見かけ上菲薄化している。

(e) 肩関節周囲炎 (図15～22)

わが国において肩関節周囲炎という病名は、中年期以降に肩関節の疼痛と運動障害を訴える、いわゆる五十肩のほか、上述した腱板断裂や石灰沈着性腱炎などを包含した意味に用いられることが多かったが、近年の画像診断の進歩などにともなって、五十肩に限定されるようになってきている。本稿では、1896年 Dupley が五十肩を *periarthrits scapulo-humerare* と呼んだことにちなみ、肩関節周囲炎と五十肩を同義として扱う。

肩関節周囲炎の発症機序として、肩関節運動時の三角筋と腱板4筋の協調不全が想定されている。すなわち、加齢等の要因によって腱板筋と三角筋との間の筋力不均衡が起こると、腱板が肩峰下滑液包とともに外方の肩峰に衝突し、滑液包や腱板に炎症が生ずる。一方、肘関節の屈曲筋である上腕二頭筋長頭腱は、上腕挙上時に上腕骨頭を下降させて腱板の機能を助けるが、腱板筋の協調不全の結果負荷が増大し、腱鞘の磨耗を促進する結果となり、腱鞘炎を生ずる。肩関節周囲炎の病態は、初期の肩峰下滑液包炎から、腱板内外の炎症や上腕二頭筋長頭腱鞘炎の時期を経て、肩峰下滑液包の癒着や腱板と烏口靱帯周囲の癒着、ひいては肩甲上腕関節包の縮小に至るとされる。したがって、肩関節周囲炎の超音波診断の要点は、病初期の肩峰下滑液包炎の検出、腱板内部構造の観察、上腕二頭筋長頭腱および腱鞘の観

察にある。

図15～19は、肩峰下滑液包炎の症例である。図15は45歳、男性である。画像中央の腱板と肩峰下滑液包との境界が不鮮明になっている（下解説図、矢印間）。図16は54歳、男性である。腱板と滑液包との境界に *echo free space* を認め、滲出物の貯留が疑われる（下解説図、矢印間）。図17は55歳、男性である。腱板に接した滑液包の部分的肥厚を認める（下解説図、矢印間）。図18は56歳、女性である。腱板と滑液包との境界は線状高エコー像を呈し、両者の癒着が疑われる（下解説図、矢印間）。図19は56歳、女性である。腱板厚は比較的よく保たれているが、内部エコー分布は不均一である。

図20～22は、肩関節周囲炎症例における、腱板内外の血流診断像である。図20は45歳、男性、有痛期の像である。腱板内外に血流信号を認める（下解説図、矢印間）。このことにより、腱板内外で血流が増加していることが示唆された。図21は56歳、女性、有痛期症例である。腱板内部に血流信号を認め（下解説図左半矢印）、この部位で計測した血流信号解析では拍動性血流パターンを示すことから、炎症等の要因により、腱板内部の動脈性血流が増加していることが示唆された（下解説図右半）。図22は、同症例の消炎鎮痛剤内服後で、疼痛は残存しているものの、だいぶん軽減した時期である。依然として腱板内部に血流信号を認めるものの（下解説図左半矢印）、その流速は逓減している（下解説図右半）。

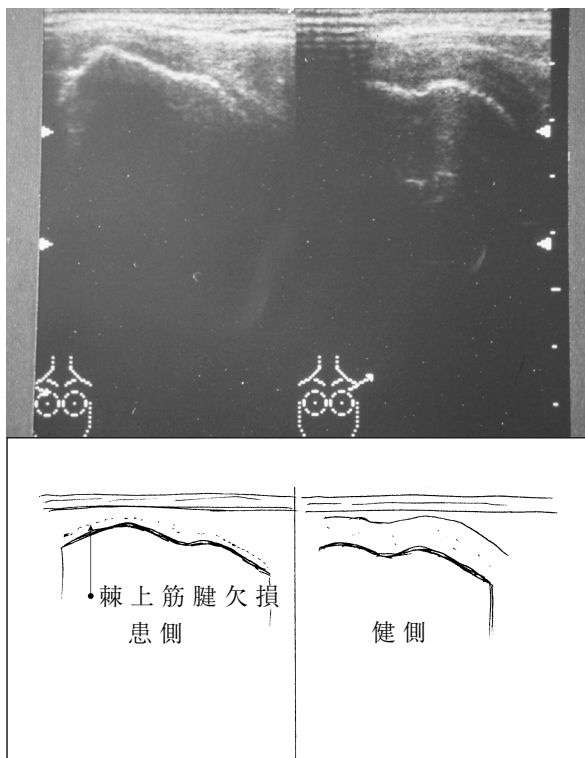


図9 腱板完全断裂

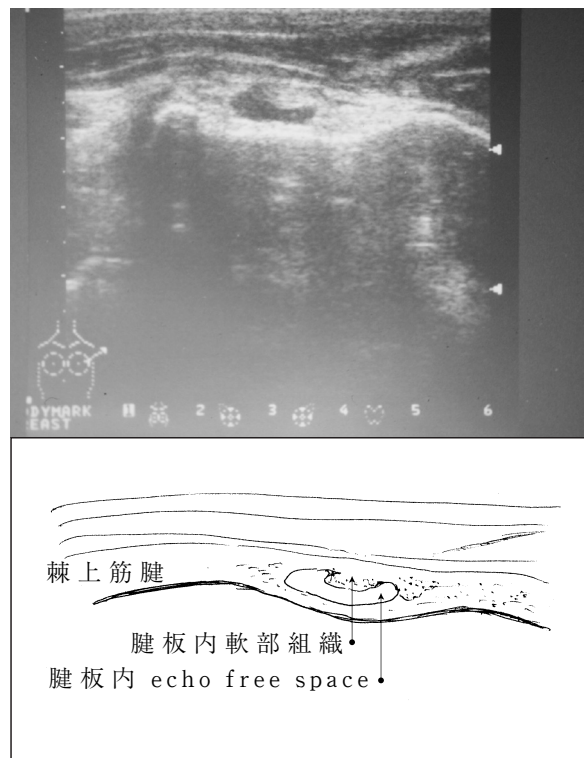


図10 腱板部分断裂（急性期例）

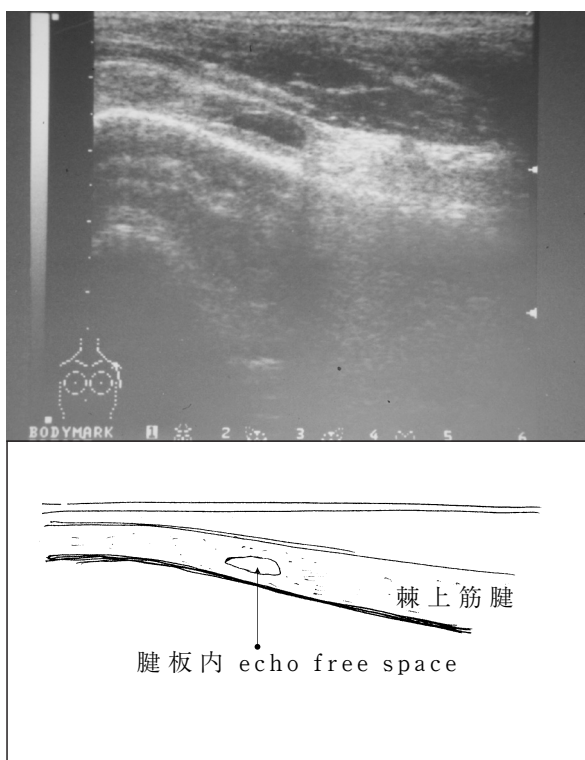


図11 腱板部分断裂（亜急性期例）

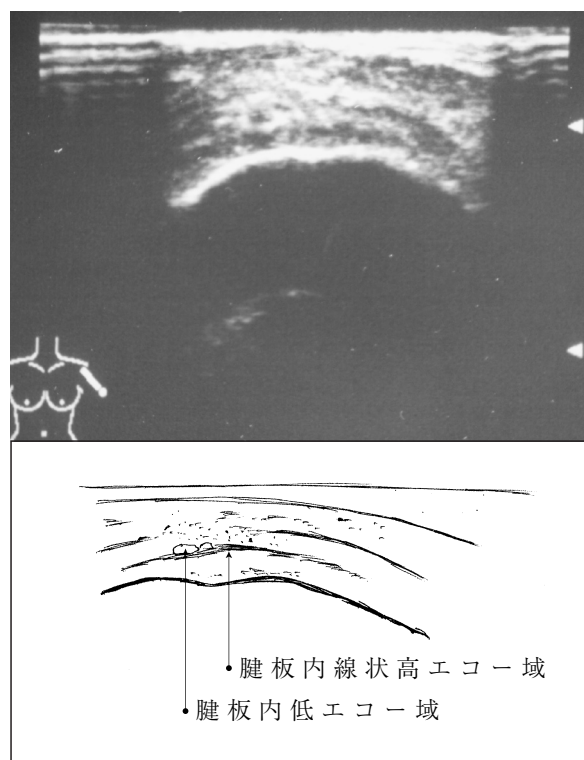


図12 腱板部分断裂（陳旧例）

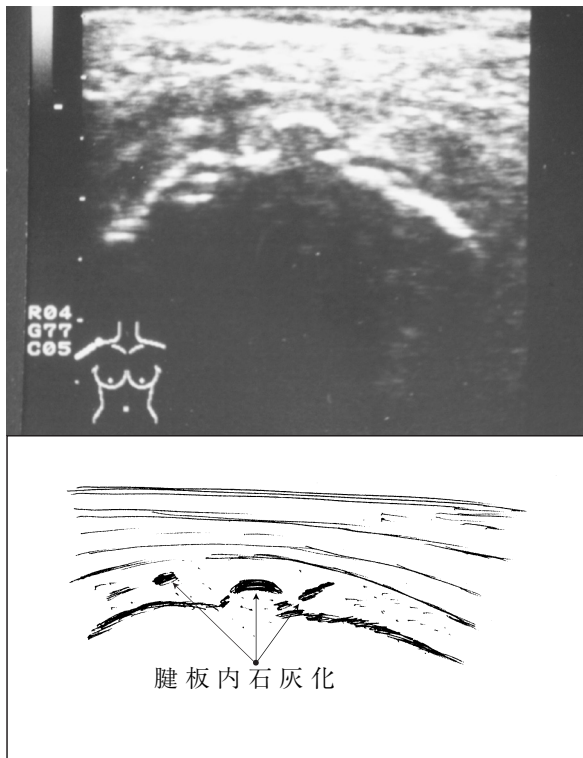


図13 石灰沈着性腱炎

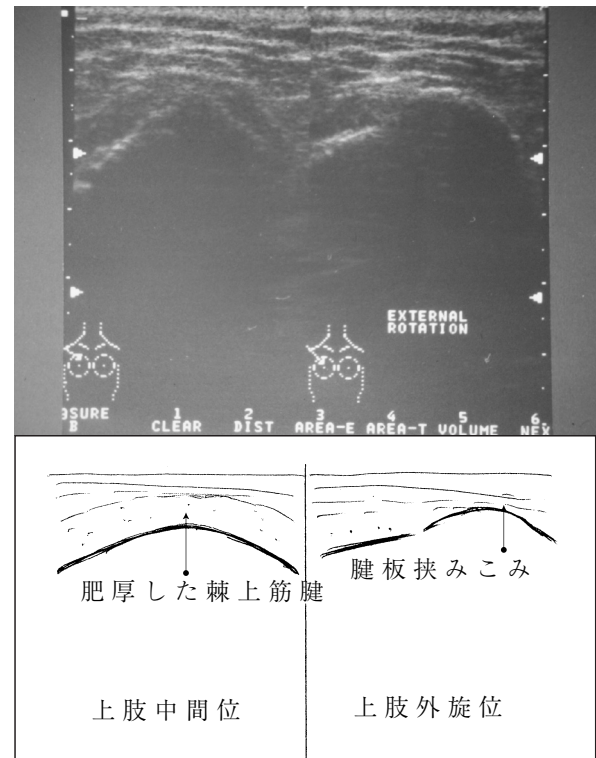
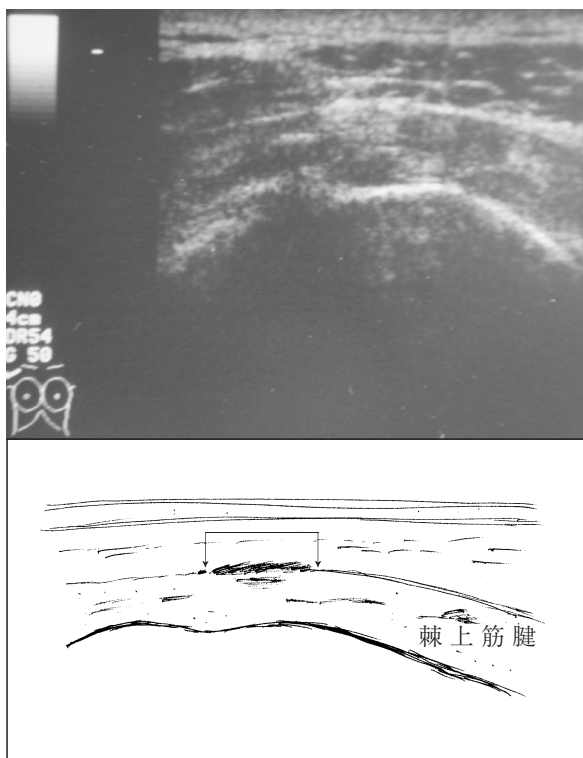
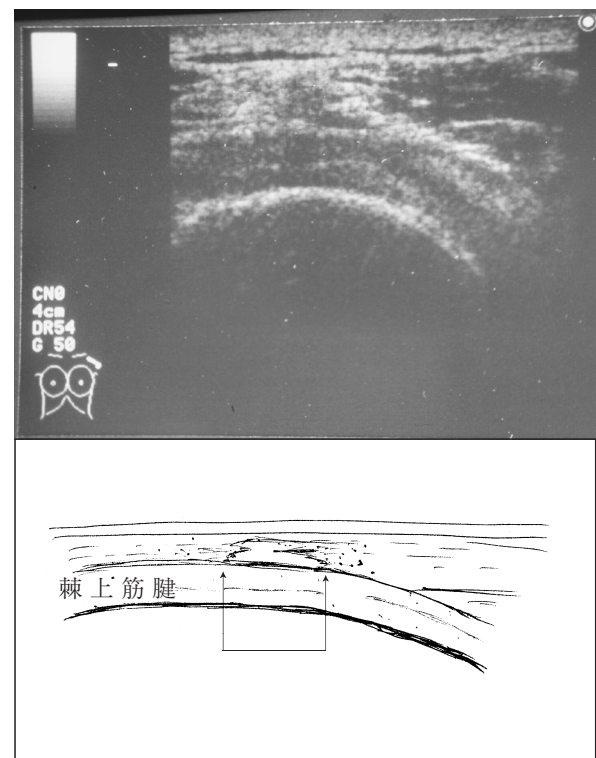


図14 肩峰下衝突症候群 (SIS)

図15 肩峰下滑液包炎
(肩峰下滑液包腱板境界不鮮明例)図16 肩峰下滑液包炎
(肩峰下滑液包腱板境界滲出物貯留例)

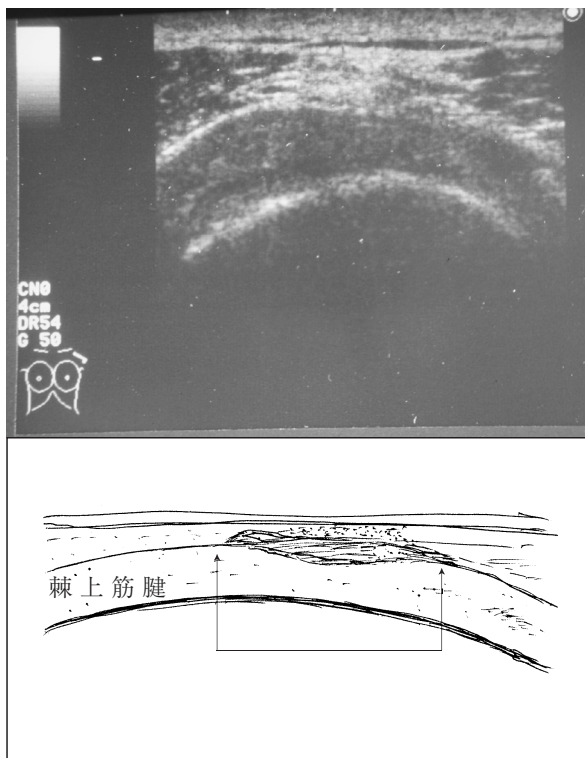


図17 肩峰下滑液包炎
(肩峰下滑液包部分的肥厚例)

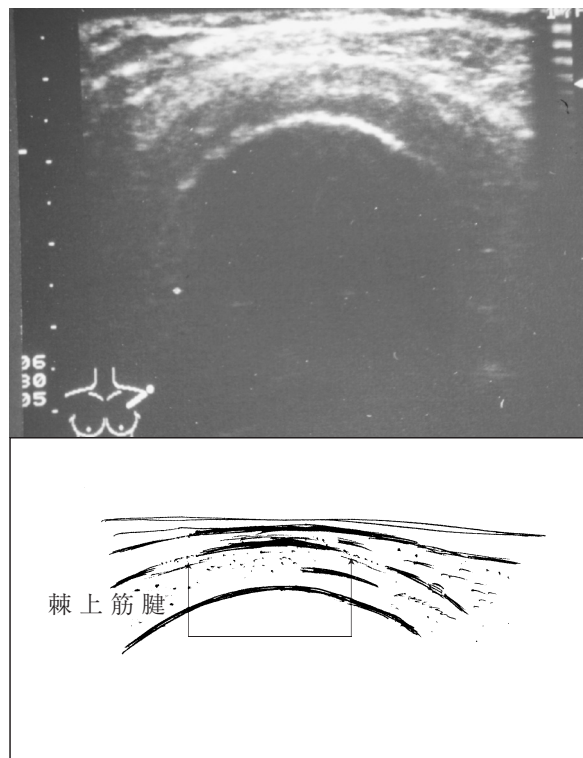


図18 肩峰下滑液包炎
(肩峰下滑液包腱板境界癒着例)

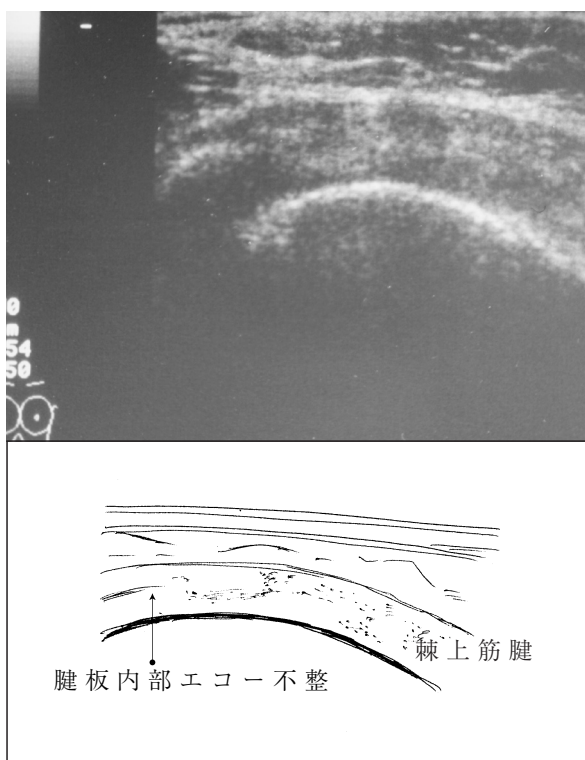


図19 肩峰下滑液包炎
(腱板内部エコー不整例)

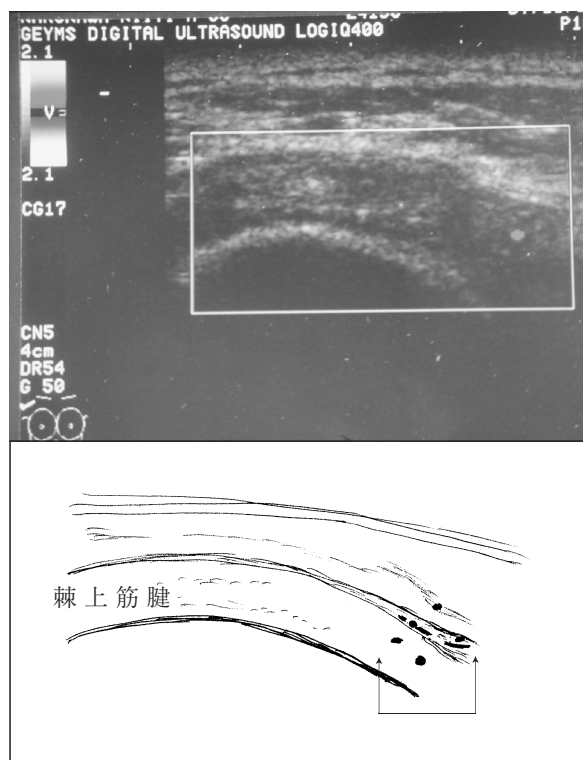


図20 肩関節周囲炎
(腱板内外での血流増加例)

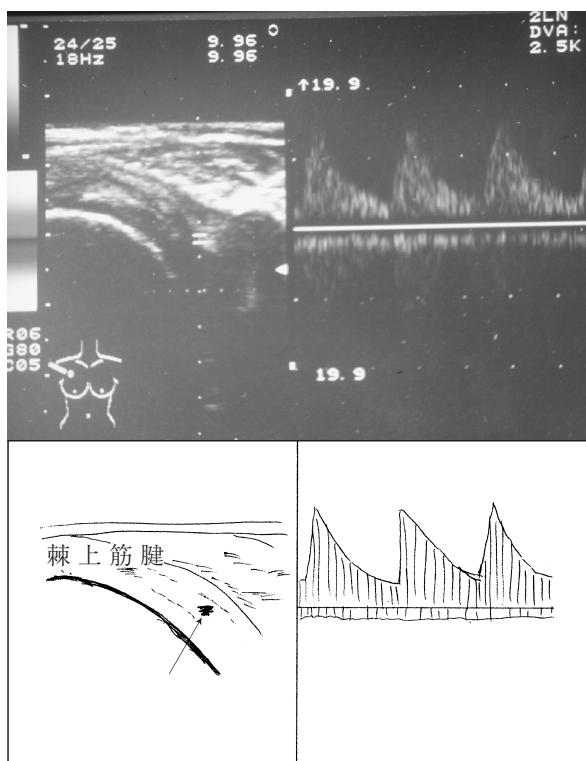


図21 肩関節周囲炎
(腱板内血流増加例)

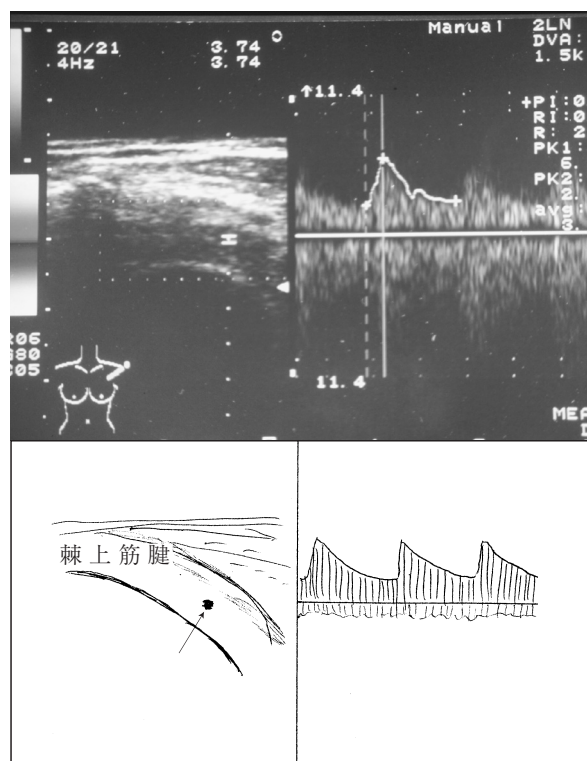


図22 肩関節周囲炎
(治療後腱板内血流通減例)

考 察

プライマリ・ケアの診療現場において、肩関節の疼痛や運動障害は比較的によく遭遇する健康問題である。発症が急で激痛を訴える石灰沈着性腱炎、疼痛のわりに動きがよいのが腱板断裂、痛みのために肩の挙上ができないのが肩峰下衝突症候群、疼痛に加えて背中に手が回らない、高い所のものが取れないのが肩関節周囲炎など、成書の記載⁹⁾は参考にはなるが、プライマリ・ケア医が整形外科医に紹介するためには何らかの他覚所見、特に画像診断所見が欲しい。これが筆者が肩関節疾患の超音波診断をはじめた契機である。

肩関節疾患の病態を把握するためには、まず、骨頭の被覆度が極めて小さい不釣り合いな骨頭関節窩の関係を補うために、複雑な構造が肩関節を補強しているという形態を踏まえた上で、その補強構造の加齢による変化が肩の疼痛を起こす主因となっていることを理解することが大切である。そして、その補強構造のうちでもしばしば変性をきたし易い腱板は、超音波で十分に観察可能な対象組織であり、腱板に生じる疾患の診断において有力な情報を得ることができる。

プライマリ・ケアの診療場面における肩関節超音波検査の役割に話を戻す。すなわち問診および理学所見等か

ら外因性疼痛が否定され、腱板断裂や腱炎等の内因性疼痛が疑われた場合の超音波検査の位置づけについてである。整形外科外来における肩関節痛症例を対象とした臨床統計では、その60%が肩関節周囲炎（五十肩）、23%が腱板断裂、以下、石灰沈着性腱炎7%、肩峰下衝突症候群（SIS）3%の順である⁹⁾。

一方プライマリ・ケア診療の場ではどうであろうか。肩関節の疼痛や運動障害を主訴に受診され、内因性疼痛が疑われた場合には、筆者は、スクリーニング目的で肩関節の超音波検査を施行している。自験141例の超音波検査の結果⁵⁾を表に示す。

表 内因性肩痛症例に対する超音波検査結果

肩関節周囲炎（五十肩）	118例（84%）
腱板完全断裂	9例（6%）
腱板部分断裂	6例（4%）
石灰沈着性腱炎	4例（3%）
肩峰下衝突症候群（SIS）	3例（2%）
上腕二頭筋長頭腱断裂	1例（1%）

両者を比べてみると、自験例で肩関節周囲炎の割合が高く、腱板断裂の割合が低くなっている。これは、専門外来である整形外科とプライマリ・ケア外来の差である

と思われるが、自験例の約6分の1もの症例に外科的対応が必要な疾患を認めたことは、肩痛を自覚した場合、整形外科以外の診療科を受診する症例が決して少なくないことを示している。そして、整形外科でもプライマリ・ケア外来でも、これら内因性疼痛が疑われる肩痛症例の90%以上が、その診断において超音波検査が有用な疾患であることは、あらかじめ銘記すべきである。

腱板断裂や石灰沈着性腱炎などのように、超音波診断基準についてある程度の合意ができている疾患とは異なり、肩痛症例の約3分の2を占める肩関節周囲炎では特有の超音波所見を認めないとされてきた^{6,13)}。しかしながら近年、肩関節周囲炎の超音波像として以下の所見が報告され^{1-3, 5, 7, 8, 12)}、関心を集めつつある。すなわち、(1) 肩峰下滑液包腱板境界の不鮮明化、(2) 腱板内部エコーの不整像、(3) 肩峰下滑液包の拡大や高輝度化、(4) 腱板内外における拍動性血流信号検出、(5) 動態観察下の肩峰下滑液包と腱板との不良可動性、などであるが、(5) はやや再現性に難がある¹²⁾。

自験118例で各所見の出現割合をみると、(1) のみを認めたもの40%、(2) のみは37%であり、(1)(2) 併存例の23%をそれぞれに加えてみると、(1) の肩峰下滑液包腱板境界の不鮮明化は対象の3分の2に近い63%、(2) の腱板内部エコーの不整像もこれに近い60%にみられる所見ということになり、Bモード超音波像ではこれら二つの所見に注意することが重要と考えられた^{3, 5, 7)}。

また、(4) の腱板内外における拍動性血流信号検出も46%と対象の半数近くに認められ、その検出部位は、腱板内部のみ33%、腱板周囲のみ45%、腱板内部および周囲22%と、多岐にわたった。この血流信号が、消炎鎮痛剤投与にてどのように消長するかを4~5週間隔で2度の超音波検査を行い追跡してみると⁷⁾、55%の症例で消失もしくは最高流速が通減し、不変であったのは45%であった。さらに血流信号の検出部位別の消失/通減率をみると、腱板の内部：周囲：両者は、50%：75%：25%であるのに対して、不変群では、腱板の内部：周囲：両者は、37%：26%：37%であり、血流消失/通減群の出現割合は、腱板周囲のみの血流検出群で有意に高かった($p < 0.05$)。

次にBモード像と血流検出部位との関係を見ると⁷⁾、(1) 肩峰下滑液包腱板境界の不鮮明化例では、腱板の内部：周囲：両者の血流検出割合が1：16：4と、腱板周囲血流検出例の割合が圧倒的に高かったのに対し、(2) 腱板内部エコー不整例ではこの割合が12：4：4と、腱板内部血流検出例の割合が高く($p < 0.05$)、(3) 両者の像の共存例ではこの割合は、5：4：4と一定の傾向を示さなかった。各Bモード像ごとの血流信号検出率は46~48%で、有意差は認めなかった。また腱板検出血流

の消長と臨床像とはよく相関し、血流通減とともに疼痛も緩和されていたが、通減例のうち1例、不変例のうち2例に不一致例がみられ、一致率は95%であった。検出血流部位別の疼痛改善率をみると、周囲75%、内部50%、両者25%の順で、腱板周囲にのみ血流信号が検出された例の疼痛改善は高率に認められた。肩関節周囲炎症例の腱板内血流を、夜間痛増強期と寛解期にパワードプを用いて比較した報告⁸⁾もあり、夜間痛増強期に腱板内部の血流の増強がみられたとされ、筆者の検討⁷⁾と同様な結果であった。

これらの知見から肩関節周囲炎は、軽症のうちは肩峰下滑液包腱板境界に炎症がとどまり、消炎鎮痛剤の効果も良好であるが、症状の進行にともなって腱板内部の炎症や変性が進み、それにつれて超音波画像上でも内部エコーの不整化が現れてくる、という一連の過程の存在が推定される。

このように超音波検査を積み重ねていくことによって、これまでに想定されてきた肩関節疾患の発症機序をある程度画像診断によって他覚化することが可能となる。さらに、画像の解釈を軸にすることで、病態への理解も深まることが期待される。例えば、肩峰下衝突症候群と肩関節周囲炎はいずれも、上腕骨と肩峰との間で肩峰下滑液包と腱板とが挟みこまれ、滑液包と腱板との境界から炎症が起こる疾患であることがわかる。腱板の挟みこみの結果、腱板の炎症腫脹が起こり、その段階で止まったものが肩峰下衝突症候群、腱板の炎症が局所的に強くなったものが石灰沈着性腱炎、時間の経過とともに腱板の腫脹は軽減するものの内部に変性をきたし、併せて腱板と一緒に挟みこまれた滑液包に、さまざまな段階の炎症をともなってきたものが肩関節周囲炎、腱板の腫脹の消褪後に腱板の変性・菲薄化が進み、腱組織の断裂をきたすのが腱板断裂、腱板の炎症が肩関節包を経て上腕二頭筋長頭腱に波及したものが上腕二頭筋長頭腱炎。さまざまな修飾因子を介在させているために、有痛性肩関節疾患は一見多彩に見えるが、本質的には、加齢と反復的機械刺激という肩に加わる二大負荷要因の延長線上にこれらの疾患が生ずる、という理解でよいのではないか。そんな仮説も浮かんでくる。

以上、肩関節の超音波診断の現状を概説するとともに、最近の知見を紹介した。

謝 辞

稿を終えるにあたり、超音波医学を御指導いただき、研究の節目節目に適切な御助言を賜った、伊東紘一・常陸大宮済生会病院長(前自治医科大学臨床検査医学教授)、ならびに鈴木俊・すずき内科クリニック院長(前市立宇和島病院医長)両先生に、深甚なる謝意を表する。

文 献

1. 水関 清, 大島康志, 伊藤祐司ほか: 有痛性肩関節可動域制限症例における超音波検査の有用性に関する検討. 超音波医学1998; 25: 561.
2. 水関 清: 肩関節周囲炎における超音波検査の有用性に関する検討. 超音波医学 1999; 26: 659.
3. 水関 清: 肩関節周囲炎の超音波像. 超音波医学 2002; 29: S467.
4. Farin P, Jaroma H: Acute traumatic tears of the rotator cuff: value of sonography. Radiol 1995; 197: 269-273.
5. 水関 清: 肩関節周囲炎の超音波像—腱板内部および周囲血流に関する検討—. 超音波医学 2003; 30: S445.
6. 桜木孝二: 超音波による肩関節の形態学のおよび臨床的研究. 日整会誌 1989; 63: 1330-1342.
7. 水関 清: 肩関節周囲炎の超音波像—腱板超音波像と臨床像との対比—. 超音波医学 2005; 32: S559.
8. 杉本勝正: 超音波による五十肩の病態と診断. 骨・関節・靱帯 2001; 14: 897-903.
9. 三笠元彦: 五十肩の診断と治療. 日本医事新報 2003; 4128: 10-15.
10. 黒川正夫: 肩腱板断裂の超音波診断. 整・災外科 1987; 30: 791-798.
11. 福田宏明, 浜田一寿: Subacromial Impingement Syndrome における超音波診断. 整・災外科 1987; 30: 1285-1293.
12. 黒川正夫, 平沢泰介, 日下義章ほか: MRI および超音波検査所見からみた五十肩の病態. 日整会誌 1994; 68: S84.
13. 高岸憲二: いわゆる五十肩. 別冊整形外科 1999; 36: 176-179.