

肩関節外転位における肩甲骨周囲筋群の動態変化

了徳寺大学健康科学部医学教育センター 橋本俊彦, 岡田尚之

Change of the Scapula Muscles at the Shoulder Rotation in Shoulder Abduction

キーワード：肩甲骨周囲筋, 肩甲上腕リズム, オーバーヘッドスポーツ

肩関節外転位における肩関節可動時の肩甲骨周囲筋群の変化について、超音波断層法および磁気共鳴画像法 (MRI) を用いて定量的に計測し評価することを目的とした。対象は健常男子大学生 (CG) 8例 (20.6±1.7yrs, 172.3±4.2cm, 69.4±6.1kg), オーバーヘッドスポーツを行っている大学アスリート (OG) 8例 (21.3±1.8yrs, 174.0±5.3cm, 70.0±5.3kg) であった。方法1では、超音波診断装置を用いて肩関節外転角度の変化における肩甲骨周囲筋の筋厚値を測定し、筋の動態変化について検討した。肩関節外転角度の上昇に伴い僧帽筋上部は短縮性収縮により筋厚値が変化し、繰り返される外転動作に貢献度が高いことが示唆された。方法2では、生体内組織の硬度を画像化する弾性組織計測システム (Real-Time Tissue Elastography: RTE) を用いて筋硬度の定量化を試みた。OGはCGと比較して僧帽筋中部/大菱形筋では低値を、僧帽筋上部/棘上筋では高値を示す傾向がみられた。また、OGでは肩関節外転90°肘関節90°屈曲位での肩甲骨内外転運動に伴う棘上筋の反応性が高いことから、肩甲骨の内外転運動によって僧帽筋上部の筋弾性が低下すると考えられ、OGの肩甲骨内側の弾性と肩甲胸郭関節の機能との関連性が示唆された。方法3では、MRによるT2緩和時間の変化を用いて肩関節90°外転位で肩関節内旋運動での肩甲骨周囲筋の活動性を検討した。座位での肩関節外転90°における内旋運動直後に大胸筋、僧帽筋、菱形筋、棘下筋でT2値が上昇し、僧帽筋中部および大菱形筋においてT2緩和時間の有意な延長がみられた。これは、肩関節外転位で回旋運動が繰り返される中での肩甲骨周囲筋の重要性が示唆された。総じて、肩関節90°外転位での肩関節回旋運動では肩甲骨周囲筋の活動性は肩甲胸郭関節機能に影響することが示唆され、肩甲骨周囲筋の機能不全はオーバーヘッドスポーツにおける肩甲上腕関節の障害の一因になると考えられた。

The purpose of this study is to quantitatively measure and evaluate the changes of the scapular muscles by ultrasonic tomography and MRI at the shoulder rotation in shoulder abduction. The subjects were 8 each of university students and overhead sports players. (1) In the scapula plane, we measured the change in form of the trapezius muscle (upper, middle, lower : TU, TM, TL), rhomboid muscle (major, minor : RMJ, RMN) and the serratus anterior muscle using ultrasonic tomography at shoulder abduction. (2) To evaluate the tissue elasticity about TU / SUS and TM / RMJ by real-time tissue elastography the subjects performed scapular horizontal flexion and extension exercises (10 reps* 5 sets). (3) They performed shoulder incycloduction movement of 15, 30 deg / sec in abduction in Biodex, and used MRI, and calculated T2 relaxation time about the exercises of the rotator cuff and

scapular muscles. The muscle thickness value changed in TU and TL, especially TL revealed a change in higher than 90 degrees shoulder abduction. And the elastic value of the overhead group, TU / SUS revealed a tendency to show a high level for the control. As for the overhead sports, the activity in more than 45 degrees shoulder abduction is important and scapular muscle functions as a scapular stabilizer at the time of repeated shoulder rotation. Also, it was suggested as for the rhomboid muscle that we respond as scapular stabilizer at the time of shoulder rotation. The pectoralis major, trapezius, rhomboid, infraspinatus muscles revealed elevation of T2 value and extension for T2 relaxation time after the exercises by MRI. It was suggested that the shoulder rotation in abduction is influenced by muscle activity of the scapular muscles and dysfunction of scapular muscles was caused by disorder of the glenohumeral joint in the overhead sports.

Keywords : Scapular muscles, Scapulohumeral rhythm, Overhead sportst

I. はじめに

オーバーヘッドスポーツを行うアスリートにおいて、肩関節の障害は競技パフォーマンスの低下を引き起こし、その二次的障害は選手生命にも関わる大きな問題となる。肩関節は、肩甲上腕関節の安定化機構として腱板が重要な役割を果たしており、その土台となる肩甲骨は肩甲胸郭関節で肩甲骨周囲筋によって機能する⁹⁾。肩甲胸郭関節機能は腱板機能の効率に深く関与し²⁹⁾、その機能障害は肩甲上腕関節の解剖学的損傷にも関与する¹⁷⁾¹²⁾¹³⁾。オーバーヘッドスポーツを行うアスリートにおける肩関節の障害の多くに肩甲胸郭機能障害が存在しており、その診断や治療、予防において肩甲胸郭機能の評価は重要となる。今回、肩関節外転位での肩関節回旋運動における肩甲骨周囲筋の活動性について評価することを目的とし、非侵襲的に超音波断層法 (Ultrasonotomography: US) および磁気共鳴撮像法 (Magnetic resonance imaging: MRI) を用いて定量的に計測し考察したので報告する。

II. 対象と方法

対象は肩関節障害がない健常な男子大学生8例 (Control Group: CG) とオーバーヘッドスポーツを行っている大学アスリート8例 (Overhead Group: OG) の利き手側 (全例右肩甲帯) で、CGの平均年齢は20.6±1.7歳、平均身長は172.3±4.2cm、平均体重は69.4±6.4kgで、OGの平均年齢は21.3±1.8歳、平均身長は174.0±5.3cm、平均体重は70.0±5.3kgであった。

【方法1】 超音波診断装置 (EUB-8500,日立メディコ) を用いて、腹臥位でscapula plane上、肩関節外転0°, 60°, 90°, 120°における僧帽筋上部 (Trapezius upper muscle: TU), 中部 (Trapezius middle muscle: TM), 下部 (Trapezius lower muscle: TL), 大菱形筋 (Rhomboid major muscle: RMJ), 小菱形筋 (Rhomboid minor muscle: RMN), 前鋸筋 (Serratus anterior muscle: SA) の形態変化を測定した。TU, TM, TLは脊柱-肩峰間距離の30%脊柱近位部で、TUは第7頸椎/第1胸椎間、TMは第4胸椎、TLは第7胸椎、RMJ, RMNは脊柱~肩峰間距離の30%脊柱近位、RMJは第1胸椎、RMNは第4, 5胸椎を指標とした。計測した形態は被験者間の整合のため体重により正規化した。

【方法2】 超音波断層装置 (EUB-8500,日立メディコ), 弾性組織計測システム (Real-Time Tissue Elastography: RTE) を用いて, 僧帽筋上部/棘上筋 (TU/SUS) および僧帽筋中部/大菱形筋 (TM/RMJ) の肩甲骨内外転運動前後の組織弾性変化を相対値で評価した. 肩甲骨内外転運動は, 肩関節外転90°肘関節90°屈曲位にてThera-Band (Black, Thera) を用いて行った (10reps×5sets).

【方法3】 等速性筋力測定装置 (BIODEX, BIODEX社) にて肩関節90°外転位で角速度30deg/secの肩関節内旋運動を行い, 1.5T超伝導MR装置 (Signa EXCITE X I, GE) を用いて運動前後のTU, TM, TL, RMJ, 大胸筋 (Pectoralis major muscle: PEC), 棘下筋 (Infraspinatus muscle: ISP) のT2強調横断像のSignal IntensityよりT2緩和時間を算出した. 撮像法はボディーコイルを用いたFast Spin Echo法, 撮像条件はRI/ET=3,000msec/30msec, 60msec, 90msec, 120msec, FOV=46cm, Matrix256×192, Slice thickness: 10mm, Total Time:330secとした.

Ⅲ. 結果

【方法1】 肩関節外転角度の上昇に伴いTUの筋厚値は上昇したが, TLの変化は殆どなかった. CGに対して, OGの120°外転位におけるTU筋厚値の変化は高値を示した. CG,OG共に肩関節外転角度の上昇に伴いRMJおよびRMNの筋厚値の変化は低値であった (Fig.1, 2).

【方法2】 TM/RMJの弾性値は運動後に高値を示したが, 弾性変化は運動前後における有意差はなかった (Fig.3, 4). OGではCGと比較してTM/RMJでは低値を, TU/SUSでは高値を示す傾向がみられた.

【方法3】 肩関節内旋運動直後にTM, TL, RMJ, PEC, ISPでT2値が上昇し, TMおよびRMJにおいてT2緩和時間の有意な延長がみられた (Fig.5).

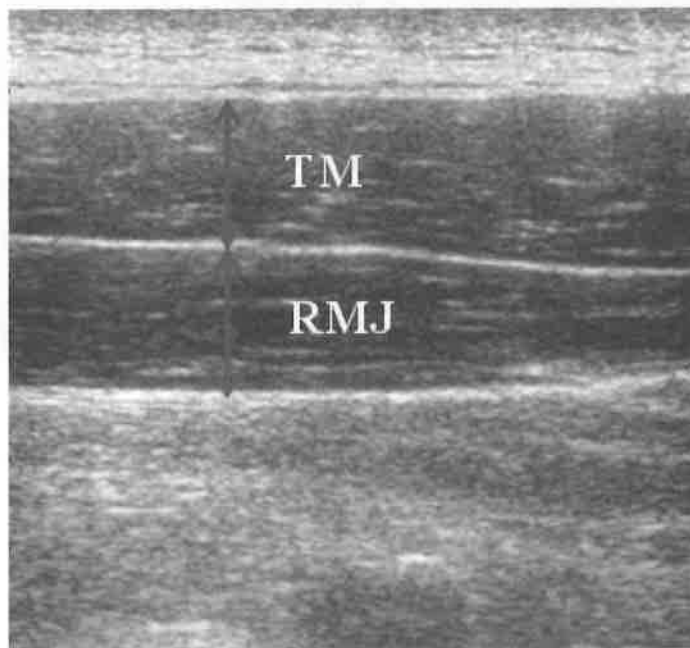


Fig.1 Muscle thickness image of TM (Trapezius middle muscle) and RMJ (Rhomboid major muscle) .

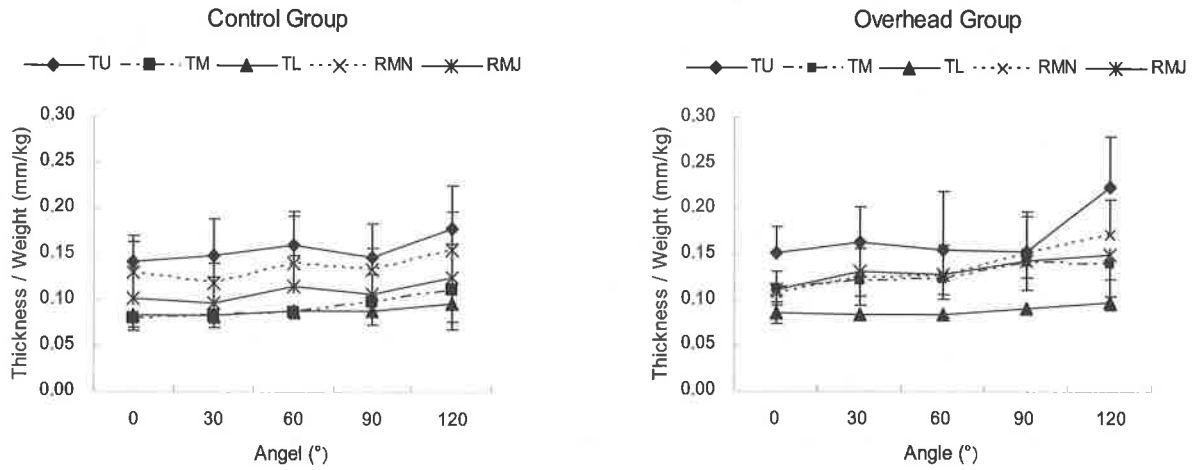


Fig.2 Change value of the muscle thickness.

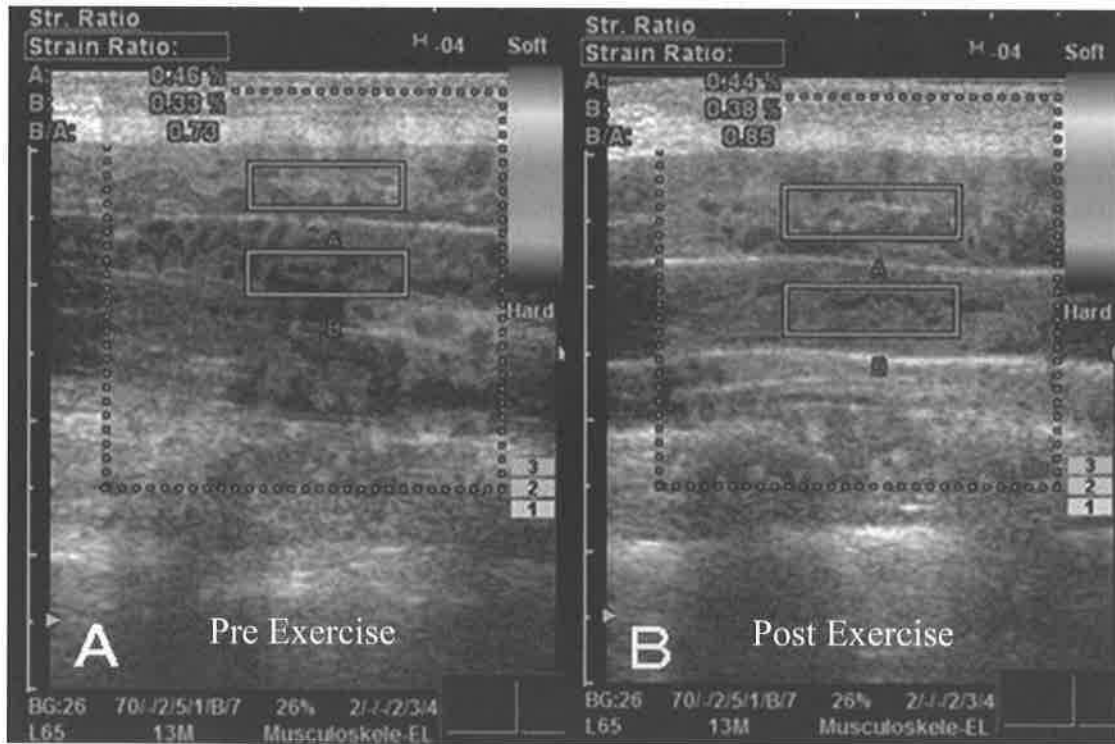


Fig.3 Change value of the T2 relaxation time.

TU : trapezius upper muscle, TM : trapezius middle muscle, TL : trapezius lower muscle
 RMJ : rhomboid major muscle, PEC : pectoralis major muscle, ISP : infraspinatus muscle

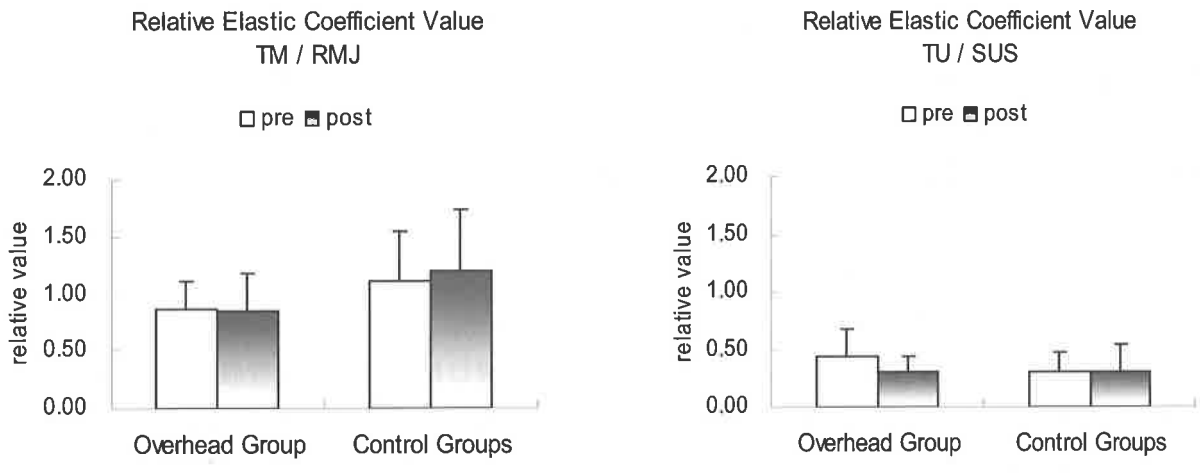


Fig.4 Change the image of the Elastgraphy about TM and RMJ.
A: Pre Exercise B: Post Exercise

T2 relaxation times after the exercise

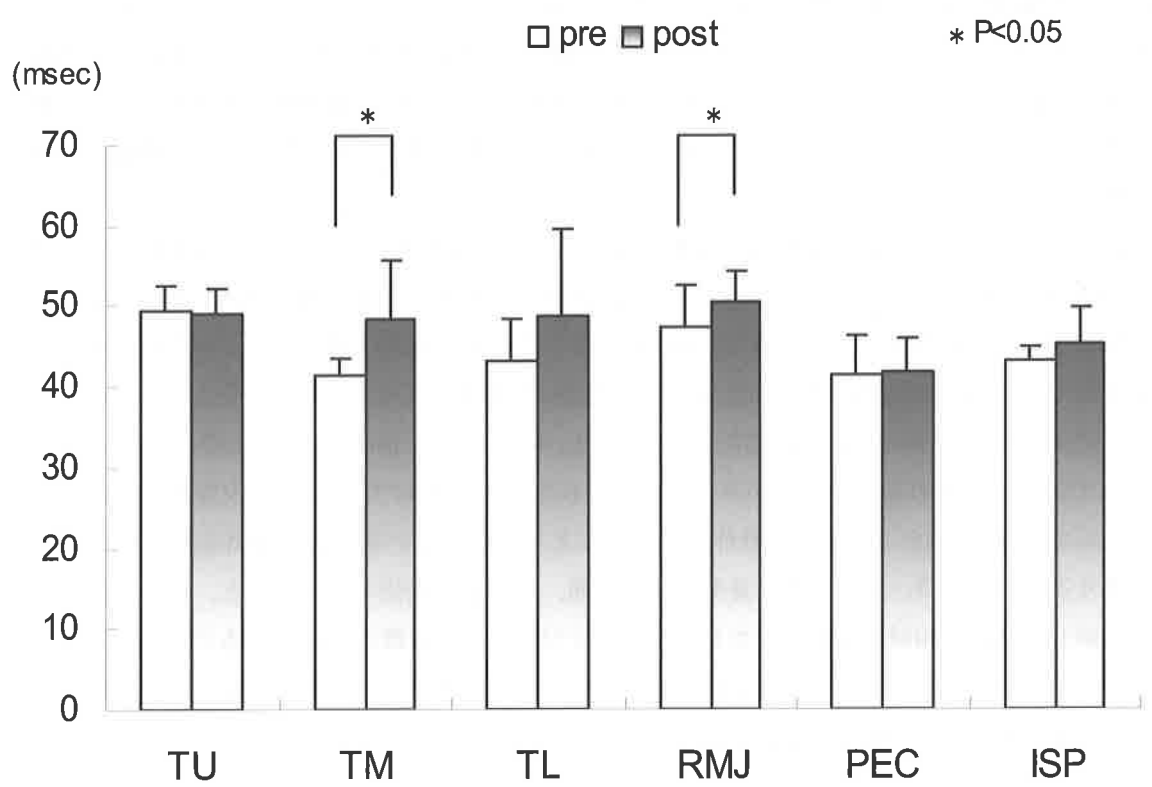


Fig.5 Change value of the Elastgraphy.

IV. 考察

スポーツ肩障害において主因の一つである腱板機能不全の予防および治療として、肩甲胸郭関節機能の評価がなされた腱板機能訓練が推奨されており^{2) 9)}、定量的に肩甲胸郭関節機能を捉えることが診断、治療に必要となる。特にオーバーヘッドスポーツを行うアスリートにおいて、繰り返される肩関節外転位での肩関節回旋運動時の肩甲骨周囲筋群の変化を捉えることは、競技パフォーマンスの向上や障害予防および治療⁹⁾を行う上で重要である。今回はその筋活動の変化について非侵襲的にUSおよびMRIを用いて定量的に計測することを試みた。

方法1では、超音波診断装置を用いて肩関節外転角度の変化における肩甲骨周囲筋の筋厚値を測定し、筋の動態変化について検討した。肩関節外転角度の上昇に伴いTUは短縮性収縮により筋厚値が変化するものと考えられ、特にOGでは繰り返される外転動作に伴うTUの貢献度が高いことが示唆された。肩関節外転角度の上昇に伴うRMJおよびRMNの筋厚値の変化はCG,OG共に低く、これらの筋は肩関節外転時に伸張性が低下していることが考えられる。

方法2では、生体内組織の硬度を画像化するRTEを用いて筋硬度の定量化を試みた。Elastographyは90年代にOphirら⁶⁾が提唱した超音波組織弾性画像研究が始まりとされ、体表から静圧を加えたときの歪み分布の画像化を行ったものである。これまでRTEを用いて乳癌や甲状腺腫瘍など¹²⁾に関して報告されている。弾性は筋組織や脂肪組織などにおいて異なり、筋線維の伸張や組織の変形などにより変化することから、今回RTEを用いてTU/SUSおよびTM/RMJの肩関節90°外転位での肩甲骨内外転運動前後の組織弾性変化を相対値で評価した。OGはCGと比較してTM/RMJでは低値を、TU/SUSでは高値を示す傾向がみられた。これは、OGでは肩関節外転90°肘関節90°屈曲位での肩甲骨内外転運動に伴うSUSの反応性が高いことに加え、肩甲骨の内外転運動によってTUの筋弾性が低下するためと考えられ、オーバーヘッドスポーツを行うアスリートの肩甲骨内側の弾性と肩甲胸郭関節の機能との関連性が示唆された。

方法3では、MRによるT2緩和時間の変化を用いて肩関節90°外転位で肩関節内旋運動での肩甲骨周囲筋の活動性を検討した。MRによるT2緩和時間の変化を利用した筋活動の評価として、筋損傷が少ない短縮性筋運動直後では、MRのT2強調画像におけるT2緩和時間は延長するが²⁴時間以降の遅発性延長はなく⁸⁾¹⁴⁾、T2緩和時間の遅発性延長は浮腫と共に筋損傷を反映する⁴⁾⁵⁾¹⁰⁾と考えられている。座位での肩関節外転90°における内旋運動直後にTM、TL、RMJ、PEC、ISPでT2値が上昇し、TMおよびRMJにおいてT2緩和時間の有意な延長がみられた。これは、肩関節90°外転位での内旋運動では回旋腱板筋群のみならず、TMおよびRMJが動作していることを示唆している。肩関節外転時の肩関節回旋運動が繰り返される中で、肩甲挙筋、菱形筋、僧帽筋、広背筋が機能不全に陥ると、肩甲骨が前方回旋、下方傾斜し肩関節が相対的外転位となり、インピンジメント症候群の要因となることから、オーバーヘッドスポーツを行うアスリートでは回旋腱板筋群と共に肩甲胸郭関節の安定化のために肩甲骨周囲筋、特に菱形筋の筋力と機能の強化が必要となる。

V. 結語

肩関節外転時の肩甲帯の動作において回旋腱板筋群のみならず肩甲骨周囲筋の筋活動は互いに影響し、特に肩関節90°外転位での肩関節回旋運動では肩甲骨周囲筋の活動性は肩甲胸郭関節機能に影響することが示唆された。

VI. 文献

- 1) Cools AM, et al.: Isokinetic Scapular Muscle Performance in Overhead Athletes With and Without Impingement Symptoms. *J Athl Train*; 40: 104-110, 2005
- 2) Inman VT: Observations on the function of the shoulder joint. *J. Bone Joint Surg Am*; 26: 1-30, 1994
- 3) Kibler WB: The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*; 26: 325-337, 1998
- 4) Mair J, et al.: Effects of exercise on plasma myosin heavy chain fragments and MRI of skeletal muscle. *J Appl Physiol*; 72: 656-663, 1992
- 5) Nosaka K, et al.: Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *Int. J Sports Med*17: 120-127, 1996
- 6) Ophir J, et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity for biological tissues. *Ultrasonic Imaging*; 13: 111-134, 1991
- 7) Poppen NK: Normal and abnormal motion of the shoulder. *J. Bone Joint Surg Am*58: 195-201, 1976
- 8) Shellock FG, et al.: Exertional muscle injury : Evaluation of concentric versus eccentric action with serial MR imaging. *Radiology*179: 659-664, 1991
- 9) 鈴木一秀ほか：肩甲帯機能が腱板機能に及ぼす影響の筋電図学的検討. *肩関節*23: 373-376, 1999
- 10) Takeda Y, et al.: The most effective exercise for strengthening the supraspinatus muscle. *Am J Sports Med*30: 373-381, 2002
- 11) Thomas A, et al.:Real-time elastography--an advanced method of ultrasound: First results in 108 patients with breast lesions. *Ultrasound Obstet Gynecol*; 28: 335-340, 2006
- 12) 筒井廣明ほか：腱板機能不全の分析. *肩関節*; 18: 88-94, 1994
- 13) Warner JJ, et al.: Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using Moire topographic analysis. *Clin Orthop Relat Res*; 285: 191-199, 1992
- 14) Yanagisawa O, et al.: The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol*; 89: 53-62, 2003