

腱板機能の筋電図学的検討

昭和大学藤が丘病院整形外科

三原 研一・山本 龍二
保刈 成・鈴木 一秀
上里 元・内川 友義
大島 和・菅 直樹

昭和大学藤が丘リハビリテーション病院整形外科

筒井 廣明

リハビリテーション部

山口 光國

Analysis of the Rotator Cuff Function with IEMG

by

K. Mihara, R. Yamamoto, S. Hokari, K. Suzuki,
H. Uesato, T. Utikawa, Y. Ooshima and N. Kan

Department of Orthopaedic Surgery, Showa Univ. Fujigaoka Hospital

H. Tsutsui

Dept. of Orthopaedic Surgery, Showa Univ. Fujigaoka Rehabilitation Hospital

M. Yamaguchi

Dept. of Rehabilitation, Showa Univ. Fujigaoka Rehabilitation Hospital

Purpose

The purpose of this study is to estimate the normal rotator cuff function with IEMG.

Methods

40 shoulders of 20 normal cases were studied. We selected the muscles at each motion and estimated these functions with IEMG.

Results

The IEMG activity of the supraspinatus and trapezius muscles was shown with the arm at the side and these activities increased with the load. The IEMG activity of the deltoideus, supraspinatus and trapezius muscles increased during elevation in the scapular plane. But the infraspinatus did not demonstrate any remarkable activity. The IEMG activity of the supraspinatus, deltoideus and biceps brachii muscles increased with the load at 45° elevated position in the scapula plane. The IEMG activity of the biceps brachii in external rotation was higher than that in the neutral position at 45° elevated position. The regression coefficients between the torque and IEMG activity of the supraspinatus, deltoideus and biceps brachii muscles were higher than the infraspinatus. The ratio of IEMG activity of the supraspinatus to deltoideus at 45° elevated position was almost 2:1 irrespective of the load. In these cases with shoulder disorder, the correlation of the IEMG between the supraspinatus and the deltoideus changed. We consider this condition is to be imbalance between the inner and outer muscles.

key word : Rotator cuff (肩腱板), Integrated EMG (積分筋電図), shoulder joint (肩関節)

はじめに

腱板は肩関節の stabilizer として重要な役割をはたしている。我々は腱板の機能が低下すると随意運動時骨頭は運動の支点を失い関節内、関節周囲構成体に様々な損傷を引き起こすと考えている。そこで積分筋電図を用いて腱板と三角筋を中心とした outer muscle との関連を検討した。さらに肩痛を主訴として来院し積分筋電図を施行した症例について正常群との比較検討を行ったので報告する。

対象及び方法

対象症例はいままで肩関節になんら愁訴のなかった健康青年男子で測定前に個々の診察を行い特に異常が見られなかった 20 例 40 関節である。測定筋は棘上筋、棘下筋、三角筋中部線維、僧帽筋上部線維、上腕二頭筋、広背筋、大胸筋であり、測定筋は運動の方向により任意に選択した。なお棘上筋、棘下筋、三角筋は針電極、その他の筋群は表面電極を用いて測定し、得られた筋電図を表 1 に示す条件で積分処理し検討した。

結果

まず下垂位で前腕遠位端に 1 kg づつ重錘を負荷し、棘上筋、三角筋中部線維、上腕二頭筋、僧帽筋の筋電積分値（以下筋電値と略す）を算出し平均値及び 95% 信頼区間をもとめた。図 1 に示すように自然下垂位では症例によりばらつきはあるものの棘上筋、僧帽筋の筋電値は負荷の増加とともに明らかに増加していた。

また負荷が 3 kg を越えると各筋とも筋電値のばらつきが大きくなった。

次に下垂位、scapula plane 上 30°, 45°, 60°, 90° 挙上位保持での棘上筋、三角筋中部線維、棘下筋、僧帽筋の筋電値を計測した。図 2 に示すように棘上筋、三角筋、僧帽筋の筋電値は挙上角度の増加とともに増加したが、60° と 90° 挙上位の棘上筋の筋電値には有意差を認めなかった。一方棘下筋は角度による筋電値に有意差は認めなかった。

Poppen等⁷⁾によると三角筋の肩胛骨関節窩に対する作用軸の角度は、外転 30° で 30°, 外転 90° で 60° になると述べている。したがって外転角度が小さい場合三角筋は関節窩に対する shear force としての作用が大きくなる。我々は外転初期の三角筋の shear force と腱板の compression force のバランスを客観的に捉える方法として scapula 45 撮影法⁸⁾を考察し臨床に利用している。そこで scapula plane 上 45° 挙上位で無

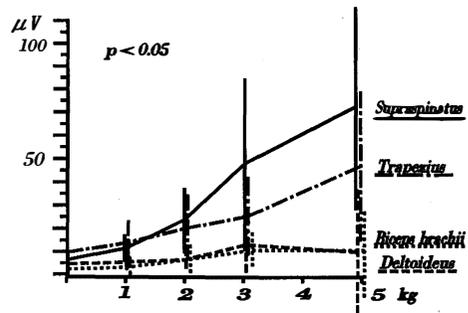


図 1 下垂位での積分筋電図

筋電図の解析

データ取り込み	データ解析
日本光電製	キッセイ製 BIMUTAS
Neuro Pack IV	
Sensitivity 500 V	Sampling rate 1 KHz
Low cut 10 Hz	Reset time 0.02 sec
High cut 5 KHz	(50 Hz)
取り込み時間 10 sec	Reset level 2 Volt. sec
データレコーダ	Zero 調整 Calculated. Zero
SONY 製 KS-616	
テープスピード	
9.5 cm/sec	

表 1 積分筋電図の解析方法

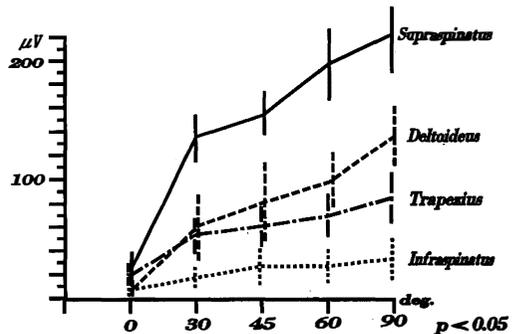


図 2 Scapular plane での挙上時の積分筋電図

負荷, 1 kg, 2 kg, 3 kg 負荷し棘上筋, 三角筋, 棘下筋, 上腕二頭筋の筋電値を計測した。図3に示すように棘上筋, 三角筋, 上腕二頭筋では負荷の増大に伴い筋電値は有意に増加していたが棘下筋は無負荷と1 kg 負荷, 2 kg と3 kg 負荷の筋電値に有意差を認めなかった。三角筋と棘上筋の積分値は負荷値にかかわらず約1対2であった。また上腕外旋位で同様の計測を行った結果, 上腕二頭筋では有意な筋電値の増加が認められたが他の筋では有意差を認めなかった。

更に上肢の重心が上肢長の中心にあり, 挙上運動が glenohumeral joint のみで行われると仮定し, 各症例毎に下記に示すように torque 値を計算し筋電値との相関関係を調べた。torque = 0.052 × W × sin45 × L/2 + M × L × sin 45 (0.052 × W = 上肢重²⁾, W = 体重, L = 上肢長, M = 負荷)

表2に回帰直線と相関係数を示す。棘上筋, 三角筋, 上腕二頭筋の回帰係数は棘下筋に比べて有意に大きく, 危険率5%で相関係数に有意差を認めた。なお全例に scapula 45 撮影法を施行したが, 全例とも正常値を示した。

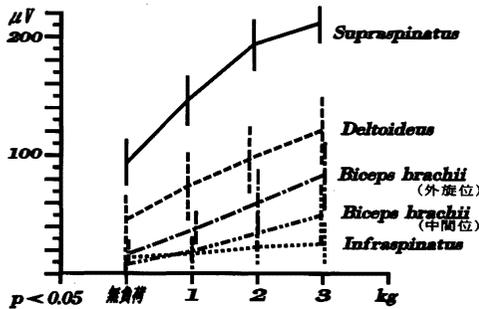


図3 Scapula plane 45° 挙上位での積分筋電図

回帰直線と相関係数

<i>Supraspinatus</i>	$Y = 64.2X + 69.2$	
	$r = 0.775$	
<i>Deltoides</i>	$Y = 38.8X + 27.2$	
	$r = 0.528$	
<i>Infraspinatus</i>	$Y = 8.0X + 8.6$	
	$r = 0.301$	
<i>Biceps brachii</i>	$Y = 28.4X - 10.8$	
	$r = 0.669$	$p < 0.05$

表2 回帰直線と相関係数

症例による検討

肩痛を主訴として来院し, 積分筋電図を施行した136例のうち, 可動域制限や腱板断裂のない55例について検討した。図4に示す積分筋電図は45° 挙上位での筋電パターンを表したものであるがパターンは大まかに4つに分類できた。

パターン1: 三角筋と棘上筋の筋電値が逆転したものの24症例

パターン2: 負荷が増加すると三角筋と棘上筋の筋電値が逆転するもの14症例

パターン3: 三角筋と棘上筋のパターンはほぼ正常であるが棘下筋の筋電値が増加しているもの13症例

パターン4: 正常パターンを示すもの4症例であった。我々はパターン1, 2のように棘上筋と三角筋の関係が逆転している状態を棘上筋と三角筋の imbalance と考えている。また腱板はひとつの stabilizer として働いていることを考えるとパターン3は正常とも考えられる。しかし前記した40関節の結果に加え後記する腱板完全断裂症例の結果から, この棘下筋の反応は他の腱板構成筋の機能不全を代償しているものと推察しているが, さらに検討が必要である。

次に積分筋電図を施行した136症例から興味ある所見を示した2症例を供覧する。

症例1 (図5a): 64才 男性 腱板完全断裂, 関節造影及び超音波検査で棘上筋腱の medium size tear を認めるも ROM 制限, 疼痛を認めない。45° 挙上位筋電図では棘上筋の筋活動は認めるものの負荷の増大にも関わらず筋電値は増加していない。一方棘下筋, 上腕二頭筋の筋電値は増加しており, これら2つの筋が棘上筋の機能不全を代償しているものと考えられる。

症例2 (図5b): 23才 男性 プロ野球投手 打球時の疼痛を主訴として来院。訓練前の筋電図はパターン1を示していた。我々の考案した腱板機能訓練⁹⁾¹⁰⁾である Cuff-Y exercise 施行2ヵ月後の筋電図ではほぼ正常パターンに回復していた。また Scapula 45 撮影像では cuff index は初診時5.20から2ヵ月後には0.00と改善し, 症状はほぼ消失し現役に復帰している。

考 察

腱板の stabilizer としての重要性については Cod-

Scapula plane 45° 挙上位

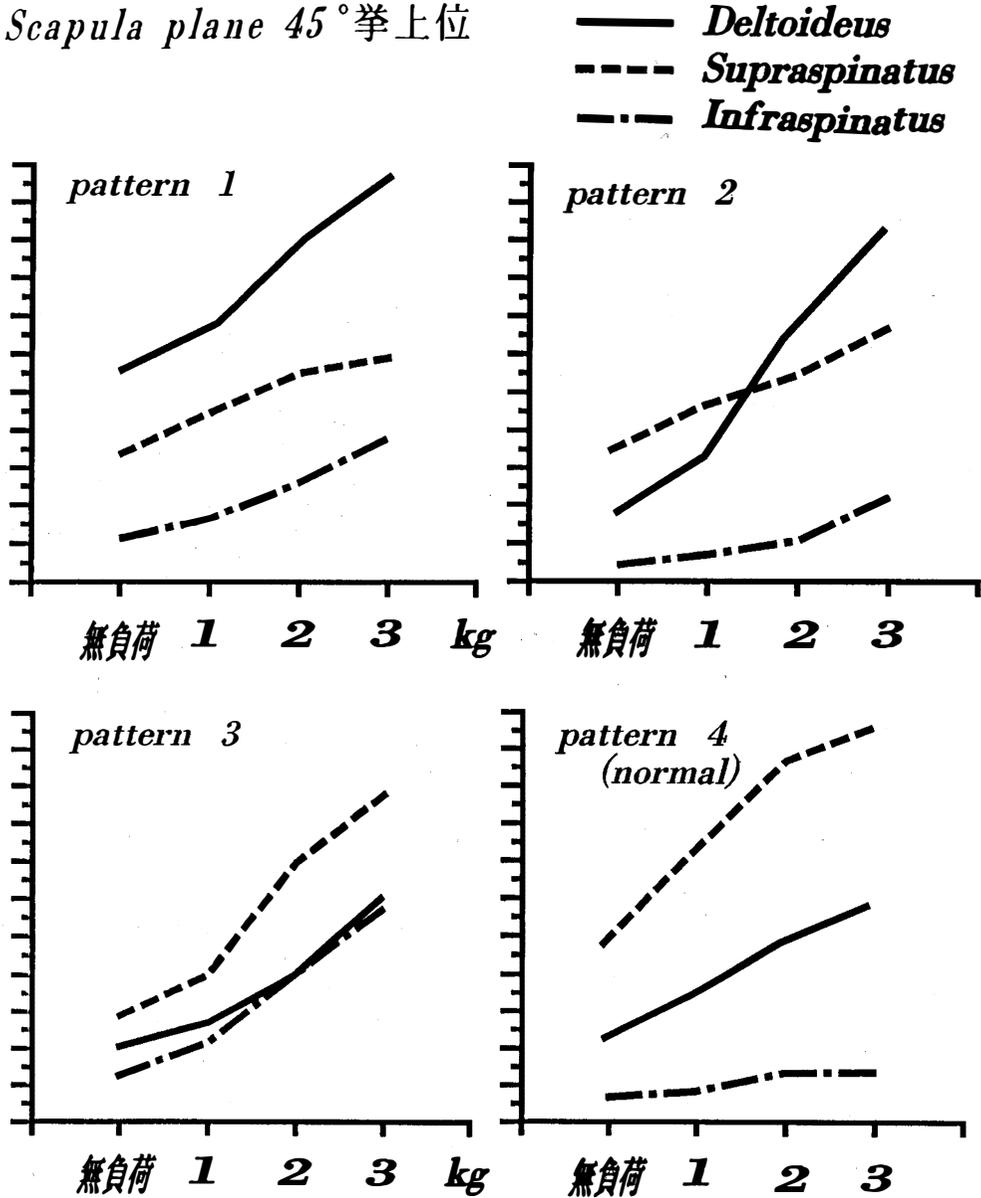


図4 Scapula plane 45° 挙上位での積分筋電図の pattern 55 症例は大きく 4 pattern に分類された

man¹⁾や Inman³⁾により述べられて以来多くの報告がなされている。一方積分筋電図はリポルド (1952) が等尺性張力と積分筋電図の間に直線関係のある事を報告して以来、臨床上也活用されるようになってきた。肩関節領域でも Ito⁴⁾、河本⁵⁾、朝長⁶⁾らが筋電図を用いて詳細な研究を行っている。今回の我々の目的は積

分筋電図を用いて stabilizer である腱板と三角筋を中心とした outer muscle との相互関係を正常群、疾患群の両群を比較検討することにより推察しようというものである。得られた結果から我々は次のように推察している。下垂時下方への負荷を加えると負荷の増大とともに棘上筋の筋電値が増加した。下方への

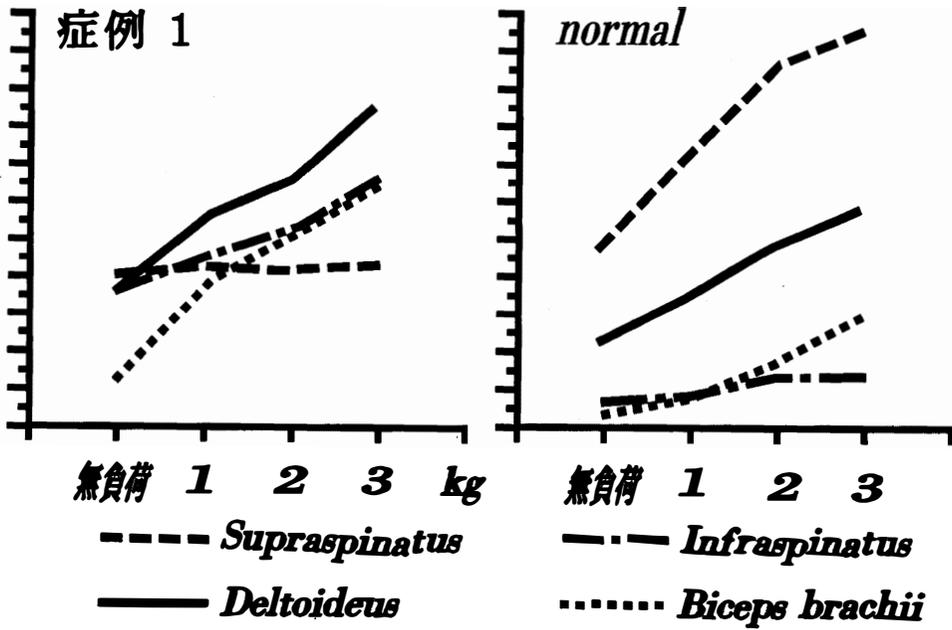


図 5a 棘上筋完全断裂症例の積分筋電図

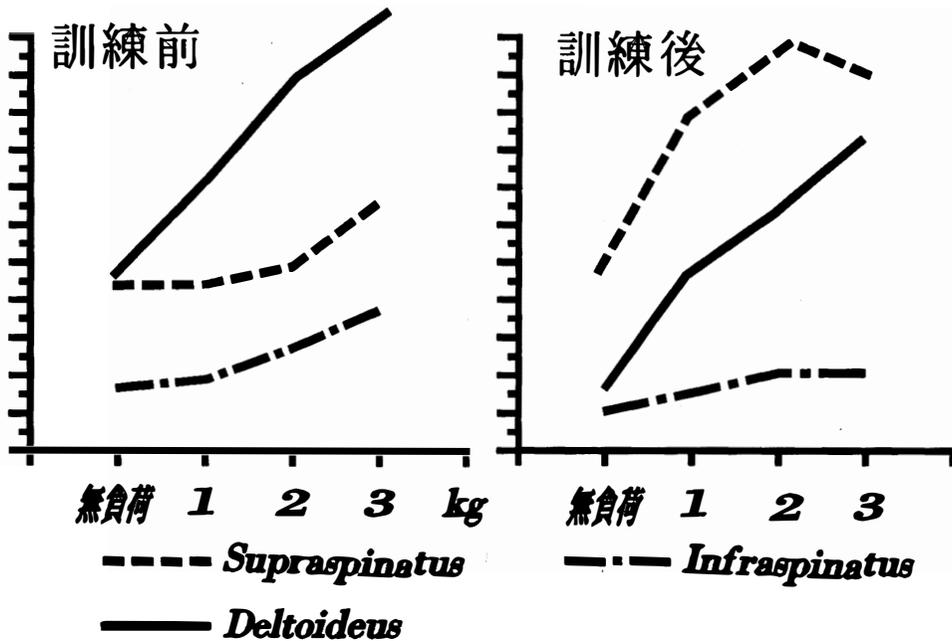


図 5b プロ野球選手の積分筋電図

instability を有する症例のなかには同様の負荷を加えても筋電図上は全く反応をおこさない症例も存在する事から、棘上筋の反応は下方への負荷に対する何らかのフィードバック機構が関連するものと考えているが詳細は検討中である。僧帽筋の筋電値の増加は肩甲骨の位置を保持するためであろうと考えられた。また scapula plane 上での挙上動作では棘上筋、三角筋、僧帽筋に活発な筋活動を認めたが、とくに棘上筋の挙上 30° までの筋電値は高い値を示していた。しかし 60° を越えると棘上筋の筋電値の増加率は減少し 60° と 90° の筋電値には有意差はなかった。これは挙上初期には三角筋の shear force に対し腱板として十分な compression force を生み出す必要があること、また 60° をすぎると三角筋の compression force が増加し棘上筋の stabilizer としての役割を補助するため、棘上筋の筋の長さが減少し筋そのものの筋活動が減少するためと推察している。しかし針電極を用いた場合外転 90° 近くになると疼痛を訴える症例があり、さらに検討が必要である。

45° 挙上位では棘上筋、三角筋とも負荷量の増加と共に筋電値も増加したが、負荷に関わらず棘上筋と三角筋の筋電値はほぼ 2 対 1 であった。また棘上筋と三角筋、上腕二頭筋の回帰係数は有意に大きい事から三角筋、棘上筋は 45° 外転保持に重要な役割を果たしており、上腕二頭筋はその補助を行っているものと考えられた。さらに上腕二頭筋は結節間溝と運動面が一致する上腕外旋位で筋電値が増加する事、結節間溝で力の方向が変化しベクトルが骨頭を押し下げる方向に向くことから stabilizer として腱板を補助する作用も持つものと推察している。しかし筋電図は針の位置、被験者の筋力など様々な変動要因があるので単純に積分値のみでの比較には問題があり、今回我々の調査でも症例によって得られる値にばらつきが見られた。しかし筋電値の出現パターンは正常例では全例ともほぼ同様の傾向を示したことから inner muscle と outer muscle のバランスが正常であれば筋電図上は各筋相互ではほぼ類似したパターンを示すものと考えている。したがって症例にみられたような筋電パターンを示し、明らかな器質的異常(強い拘縮, 神経, 筋原性疾患)や針の痛みによる影響が否定できた場合は筋相互間のバランスに異常が生じているものと判断している。

ま と め

積分筋電図を用いて腱板及び三角筋を中心とした outer muscle 群との関連を検討した。正常群では筋電値そのものにはばらつきがあるものの、その出現パターンはほぼ同様であった。肩関節周囲には多くの筋が存在しており、検査法を改善しさらに症例を増やし検討が必要である。

文 献

- 1) Codman E. A.: The Shoulder, G Miller & Co., New York, 32-64, 1934.
- 2) Drillis R.: Body Segment parameters. A survey of measurement technique. *Artit. Limbs* 8: 329, 1964.
- 3) Inman V. T.: Observations on the function of the shoulder joint. *J. Bone Joint Surg.* 26: 1-30, 1944.
- 4) Ito N: Electromyographic study of shoulder joint. *J. Jpn. Orthop. Ass.*, 54: 1529-1540, 1980.
- 5) 河本定尚: 肩腱板断裂症例の筋電図学的検索。日整会誌, 60: 1239-1249, 1986.
- 6) 朝長 匡: 肩関節挙上運動の筋電図学的検索。日整会誌, 62: 617-626, 1988.
- 7) Poppen N. K. and Walker P. S.: Forces at the Glenohumeral Joint in Abduction. *Clin. Orthop.* 135: 165-170, 1977.
- 8) 筒井廣明他: 腱板機能の客観的レ線撮影法—『Scapula 45 撮影法』について—。肩関節, 16: 109-113, 1992.
- 9) 筒井廣明他: 肩関節不安定症に対する腱板機能訓練。肩関節, 16: 140-145, 1992.
- 10) 筒井廣明他: 不安定肩に対する腱板機能訓練。関節外科, 12: 372-381, 1993.

質 問 奈良医科大学 中垣 公男
棘上筋に下垂位で針電極を刺入する時 90° 外転すると痛みを訴える症例がありませんか。

疼痛のある肩の筋電量の積分値の測定は困難と思われませんが、何か工夫されていますか。

質 問 北海道大学 鈴木 克憲
Deltoid と supra の筋電図上の逆転の原因は？

治療を考える上で、筋放電の改善は、proprioceptive exercise を中心に行った方が、より効果があるのではないかと。

質 問 東京医科歯科大学 田中 誠
臨床上、下垂位で腱板の機能を評価してよいのか。

回 答 昭和大学藤が丘病院 三原 研一

1) 針電極は下垂位で刺入している。60°以上になると多少痛みを訴える場合がある。

2) 55症例はほとんどがスポーツ活動中に痛みを訴える症例であり、ADL上は痛みがない。したがって検査中に肩そのものの痛みを訴える症例はない。又、多少運動時痛を訴える症例でも45°挙上位では疼痛

のないものが多い。

3) 下垂位での棘上筋の活動についての意義は今のところ不明である。

4) 治療で大切なのは imbalance を改善させることである。したがって、棘上筋を含めた Cuff のトレーニングを行う事も imbalance を改善する上で、大切である。

