

## Cuff-Y exerciser の開発

昭和大学 藤が丘  
リハビリテーション病院

筒井 廣明

(共同研究者) 同

山口 光國

### Development of the "Cuff-Y exerciser"

by

Hiroaki Tsutsui

*Department of Orthopadic Surgery,*

*Showa University, Fujigaoka*

*Rehabilitation Hospital*

Mitsukuni Yamaguchi

*Department of Physiotherapy,*

*Showa University Fujigaoka*

*Rehabilitation Hospital*

### ABSTRACT

Shoulder joint is the most movable joint in the body working as one of the shoulder complex and has reasonable stabilizing mechanisms which take great part in shoulder movement with delicate compensative function.

Especially, the mobility of the humeral head on the glenoid is controlled by the surrounding muscles of the joint. The adjustable system are divided into two groups which are outer muscles and inner muscles. Outer muscles work as a performance muscle concerning with speed and power and inner muscles make fulcrum of the motion. The balance of these two groups is the most important in the

voluntary movement of the shoulder.

If the cuff dysfunction occurred, relatively increased power of outer muscles make the humeral head slip away from the glenoid. This recurrent abnormal movement should build up the wasting joint spreading the anatomical damage.

Many authors reported the importance of the rehabilitation aiming to gain the function of rotator cuff and there were some papers describing the concrete examination program of the rotator cuff.

However, we had many cases who could not gain the expected effect of the exercise and/or grew worse with these exercises. In this report, we investigated the most adequate exercise to improve the cuff function and we also analysed cuff function anatomically and physiologically to develop the simple personal training machine. On the strength of the data, we estimated the clinical result using the trial production.

The results were follows :

1) From the integrated EMG analysis under concentric contraction, the load of each exercises should be set up individually.

2) We considered that to correct the imbalance should be the fundamental treatment of the shoulder disorders. Then, four basic patterns of the exercise to improve the function of rotator cuff were selected. Selection of the exercise and the load was decided according to the assessment of electromyographical examination.

3) The trial production of the simple personal training machine could make the expected result clinically. 85% cases were improved from their symptoms using the "Cuff-Y exercise" increasing the activity of cuff muscles.

## 要 旨

肩関節において、腱板機能の獲得を目的とした訓練が、非常に重要であることは以前より報告されており、具体的な訓練方法の報告も散見されるが、臨床上、これらの訓練を正確に行わせても、訓練効果の得られない症例や、逆に症状の悪化の見られる症例を多く経験する。今回われわれは、

この腱板機能に対し、どのような訓練方法が最も適切であるかについての検討および、自主トレーニングを行う際の簡易的な機器の開発を目的として、腱板機能について解剖学的、生理学的見地から解析を行った。その結果をもとに、自主トレーニング用訓練機器を試作し、その臨床効果を検討した。

以上の検討により、1) 訓練に際してその負荷

量は、症例ごとに決定する必要があり、画一的な訓練方法および負荷量での訓練は症状を悪化させることもあり、腱板と Outer Muscles (三角筋・大胸筋など) との筋活動のバランスが、正常な肩関節機能を遂行するために重要であることが、健康人の結果と比較することにより判明した。2) 種々の訓練方法を検討してみると、筋活動の Imbalance が助長されてしまう訓練方法もあり、バランスを保たせることを目的とし、種々の状態の症例に用いることのできる、腱板の基本的な運動を4種類選択し、肩甲骨郭関節の訓練と合わせ“Cuff-Y exercise”と命名した。3) “Cuff-Y exercise”を施行するための、低負荷での自主トレーニング機器を試作し、臨床上試用した結果、おおむね良好な効果が得られた。

緒 言

肩関節は、肩甲帯の解剖学および機能的関節の複合体 (Shoulder Complex) のひとつとして機能しており、肩の障害に対して訓練を行う際は、その原因となる部位に焦点を絞り、実施する必要がある。臨床上、最も多い肩の障害部位は、狭義の肩関節である肩甲骨上腕関節での障害である。この肩甲骨上腕関節は、その形態的な特徴から、関節を覆う筋の働きが障害と密接な関係を持っている。

われわれは、肩関節の動作に関与する筋肉を、あらゆる肢位の状態でも関節の安定化に働く、Inner Muscles である回旋筋腱板 (Rotator Cuff Muscles) と、主として Performance Muscle として働く、Outer Muscles (三角筋や大胸筋など) とに分けて考えている。とくに上腕骨頭を肩甲骨関節窩上に保つなど、関節の安定化を担う腱板の機能の低下は、骨頭の関節窩上での制動能力を低下させ、関節内および周囲組織の機械的な刺激や損傷を生じさせる結果、関節には種々の機能的な障害が発現する。

この腱板機能の重要性についての報告は、これ

までも散見され<sup>1,3,7)</sup>、腱板機能を改善させることを目的とした訓練もいくつか紹介されている<sup>1,2,4,5,6,8)</sup>。しかし、これらの訓練を正確に実施しても一向に改善しない症例や、逆に悪化する症例を臨床の場で経験する。

そこで今回われわれは、これまでに報告されている腱板訓練の追試と、その他、数種の運動について、筋電図を用い生理学的にその是非について検討した。そして、その結果をもとにして、適切と考えられる訓練方法の選択と、訓練に際しての留意点を検索し、さらに自主訓練器を試作し、その臨床効果について検討した。

1. 検討方法

検討 1

われわれのこれまでの健康者についての検討か

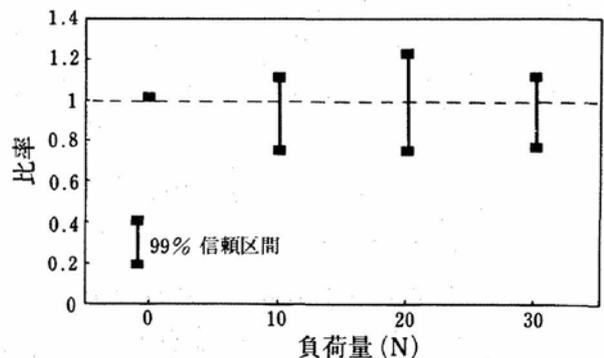


図1 健康者における負荷量増加にともなう筋活動比の変化  
45° 挙上位 (三角筋に対する棘上筋の相対比)

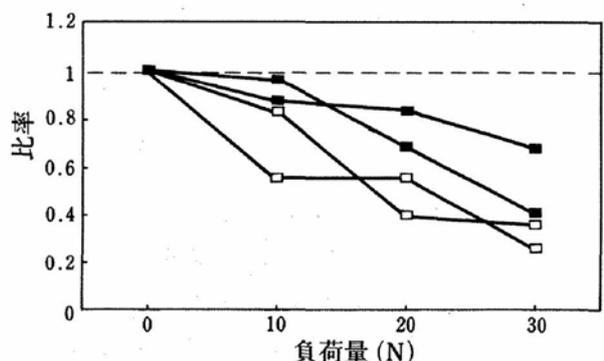


図2 症例における負荷量増加にともなう筋活動比の変化のパターン  
45° 挙上位 (三角筋に対する棘上筋の相対比)

ら、同一肢位において、負荷を変化させて等尺性収縮を行わせてみると、腱板の筋活動と Outer Muscles の筋活動との比は、負荷量に関わらずほぼ一定であるが、運動の種類によっては低負荷での筋活動は、ほぼ腱板のみの活動となっていることを確認している (図1, 2).

今回は、われわれが考案した機能的なレ線撮影法である“Scapula 45 撮影法”<sup>9)</sup> (図3) により、腱板機能の障害と診断した症例を用い、腱板と Outer Muscles との活動バランスについて検討した。対象はレクリエーションレベル以上のスポーツ選手19例19関節である。

方法

カセットを背にして座り、検側の肩甲棘がカセットと平行になるように、軀幹を回旋させる。

撮影項目

- I 自然下垂位
- II 検側上肢を Scapula plane 上45° 挙上した肢位を保持させる
- III 検側上肢を Scapula plane 上45° 挙上した肢位を保持させ、前腕に3kgの重錘バンドを巻く
- IV 自然下垂位にて両前腕に3kgの重錘バンドを巻く

中心線

カセットに対し80°で、関節裂隙に向けて入射する

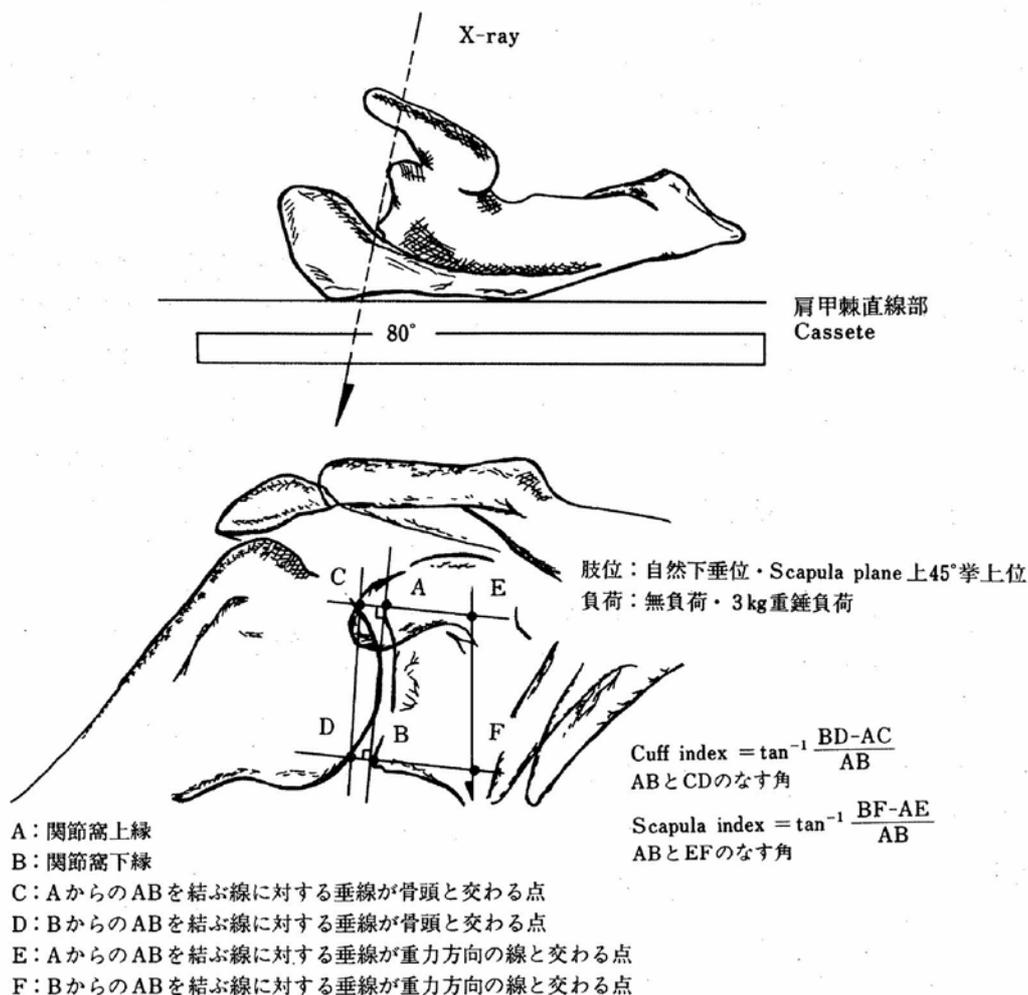


図3 Scapula 45 撮影法

表 1 筋電図の解析方法

皮膚抵抗	1K $\Omega$ 未満	データレコーダ	SONY製
電極間距離	2 cm	テープスピード	KS-616 9.5cm/sec
データ取り込み	日本光電製 Neuro Pack IV	データ解析	キッセイ製 BIMUTAS
Sensitivity	1 mV	Sampling Rate	1 kHz
Low Cut	10 Hz	Reset Time	0.02 sec(50 Hz)
High Cut	5 kHz	Reset Level	2 Volt $\cdot$ sec
取り込み時間	10 sec	Zero調節	Calculated Zero

方法は健常者の検討と比較するために、挙上(Scapula Plane 上 45° 位)、外旋運動(内・外旋中間位)について等尺性収縮を行わせ、負荷の増減による腱板と、Outer Muscles との活動バランスへの影響を検討した。負荷量は Hoggan 社製 micro FET 5000 を用い、ON から 10 N ずつ 30 N までとした。なお筋活動量のデータ収集は、日本光電社製 Neuro Pack IV を用い、解析は Kissei 社製 Bimutas にて、5 秒間の積分量(Reset Level)に換算し、腱板と Outer Muscles との活動量の比の変化を検討した(表 1)。

また、対象とした筋は、挙上では棘上筋(針電極)と三角筋中部線維(表面電極)とし、外旋では棘下筋(表面電極)と三角筋後部線維(表面電極)とした。

### 検討 2

これまでに、腱板に対する訓練として報告されている方法の追試と、その他、数種の運動について検討を行い、最も一般的に行うことができ、かつ腱板に対して効果のある訓練方法を考案した<sup>10)</sup>。

これらの運動を行わせ、検討 1 と同様に筋電図を用いて、腱板と Outer Muscles との活動比を検討した。運動は Burkhead<sup>2)</sup>、Jobe<sup>4)</sup> 等が腱板の強化訓練として報告している、上肢内旋位での挙上運動、側臥位での外旋運動、立位での外旋運動と、台上での内・外旋運動、および内転運動も同時に検討した。

表 2 投球の状態

Level 1	ノースロー
Level 2	キャッチボール
Level 3	30mの投球可能
Level 4	50mの投球可能
Level 5	ブルペンにて立ち投げ可能
Level 6	70%でキャッチャーを座らせての投球可能
Level 7	100%で投球可能

解析は、波形の安定している一動作の筋活動量を積分量(Reset Time)に換算し検討した。

### 検討 3

1, 2 の検討結果から、基本となる訓練を決定し、訓練を自主的に行うのに必要な機器を試作し、臨床例に用いてその効果を検討した<sup>11)</sup>。

評価の基準は表 2 に示す疼痛(レベル)の変化に加え、検討 1, 2 と同様の筋電図学的評価および、“Scapula 45 撮影法”による、レ線の診断により訓練効果を検討した。

## 2. 検討結果

### 結果 1

“Scapula 45 撮影法”により、腱板機能の障害と診断した症例においては、挙上、外旋運動のいずれか、または両運動とも、負荷量を増すことにより、Outer Muscles の相対的な筋活動量が、増加はするが、両筋群の筋活動のバランスは崩れ、相対的な腱板機能の低下が認められた。また、腱板と Outer Muscles の筋活動が、バランスを保

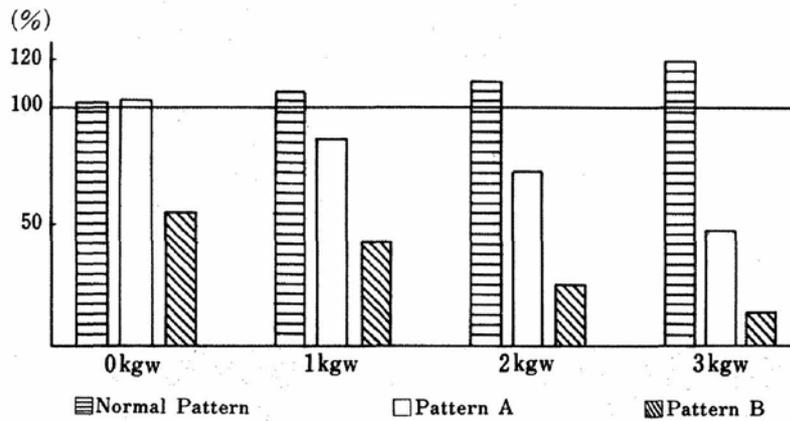


図4 三角筋に対する棘上筋の相対的な筋活動電位量  
Scapula Plane上45° 挙上位での各負荷抵抗値ごとの相対比

つことのできる負荷量は、症例ごとに異なる値を示した(図4)。

結果2

これまでに報告されている訓練方法のうち、Jobeの推奨する内旋位での挙上運動(棘上筋の強化)および側臥位での外旋運動(棘下筋の強化)は、腱板の活動量は増加するものの、Outer Muscleである三角筋の筋活動量はそれ以上に増加してしまい、腱板とOuter Musclesとの活動バランスが重要であるとする、われわれの考え方から検討すると、ほとんどの症例で腱板とOuter

MusclesとのImbalanceが一層助長され、肩関節はさらに安定性を欠くことになる(図5)。

“Cuff-Y exercise”の中の腱板に対する立位または台上での内・外旋運動、および立体での内・外転運動の4種類については、負荷量を症例ごとに設定することで、いずれかの運動中に必ず腱板の活動がOuter Musclesに比べ、優位となる運動が存在していた(図6)。とくに、無負荷での台上の内・外旋運動は、得られる筋電図波形を確認させ、意識的にOuter Musclesの活動を減らしながら訓練することで、腱板を優位に活動させな

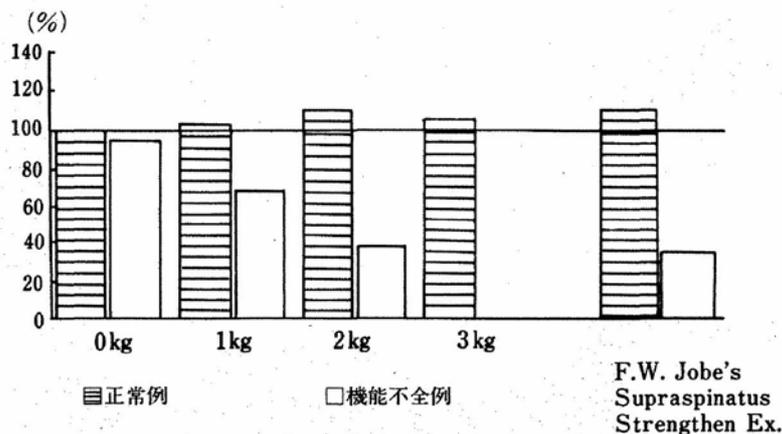


図5 Scapula Plane上45° 挙上位を保持させ、負荷抵抗値を変化させたときの各条件下での三角筋に対する棘上筋の相対的な筋活動電位量の比(グラフ左) および1kg負荷にてJobe's exerciseを施行させた際の比(グラフ右)

がら、肩関節の運動を行わせることが可能となった(図7).

### 結果3

結果2より、最も基本となる運動は、無負荷での内外旋運動であることから、Outer Musclesの

活動を Biofeedback させることを目的として、簡易的筋電計であるマニア社製 Biofeedback EMG MM-1001 を用いて運動を行わせた。また、低負荷を一定に保つことが可能な抵抗器(100g 負荷)の exerciser を試作し、一定負荷での運動

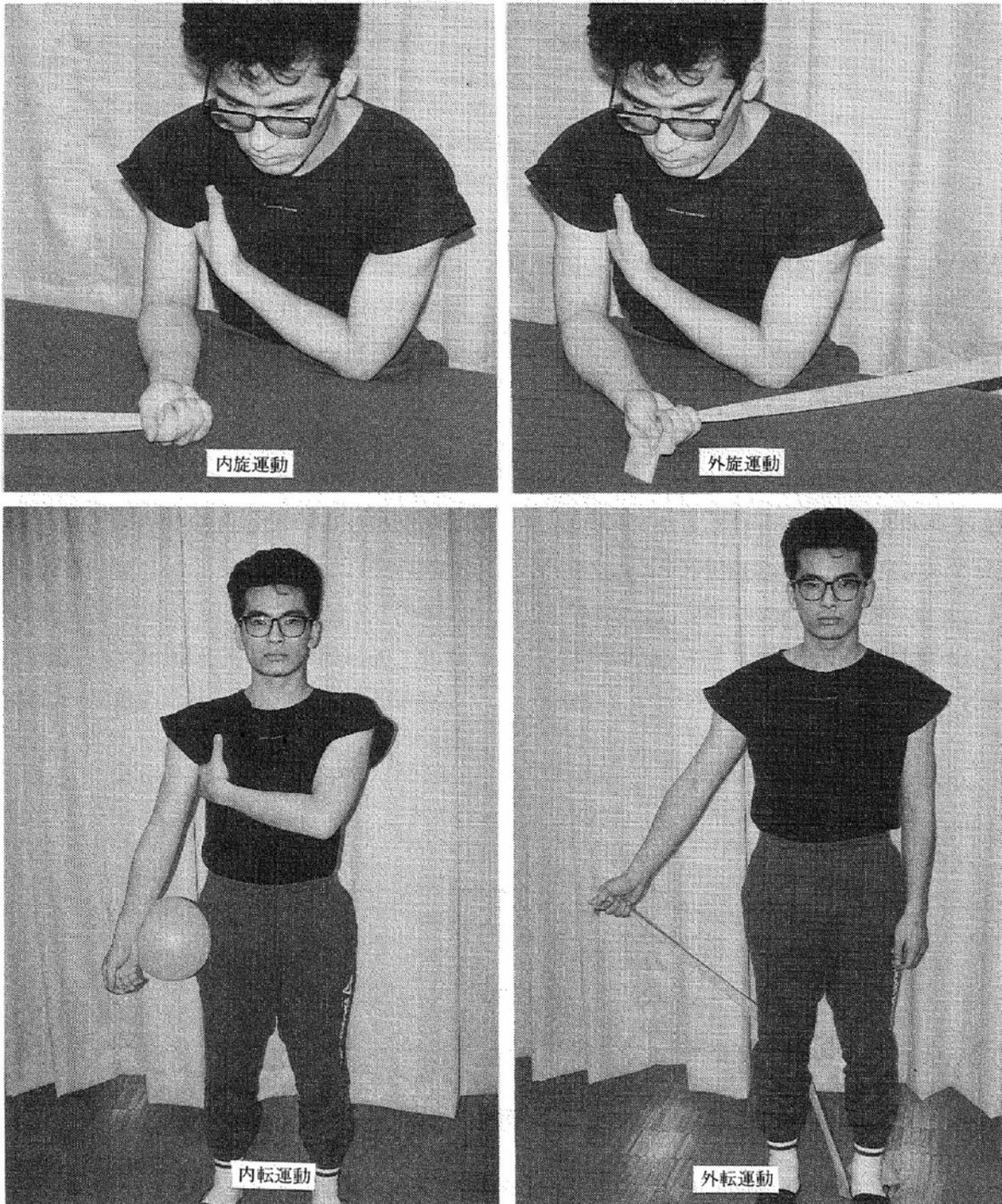


図6 Cuff-Y exercise

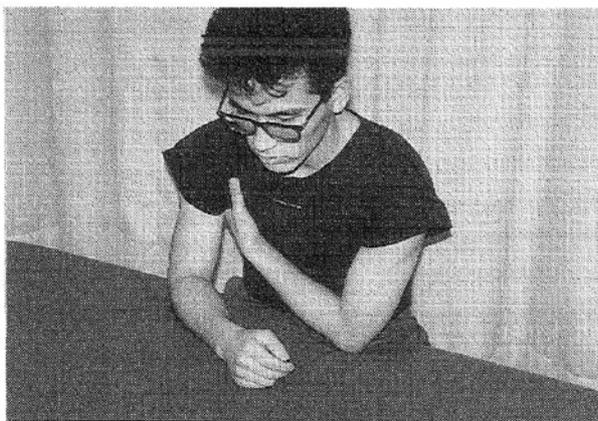


図7 無負荷での内・外旋運動

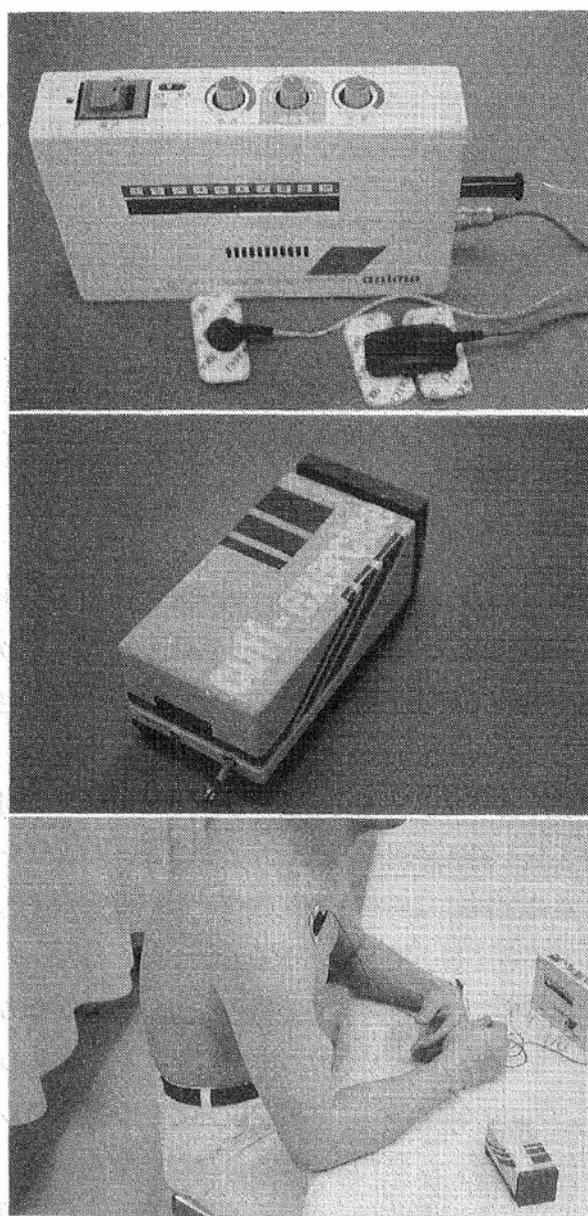


図8 Biofeedback

を各症例に行った(図8)。

訓練前の疼痛(レベル), 筋電図による筋活動のバランスおよびレ線の診断の結果と, 両運動が腱板優位に行えるようになった時点での結果を比較すると, どの評価においても, 腱板機能の改善傾向が認められた(図9, 10, 11)。

### 3. 考 察

肩は関節複合体を形成しており, Shoulder Complex を構成する各関節の機能が絡み合い, 肩としての機能を遂行している。肩のスポーツ障害の発生する部位は, この中でも挟義の肩関節にあたる肩甲上腕関節(挟義の肩関節)が圧倒的に多く, 明らかな外傷機転がなく, 肩関節に障害を生じてくることが多い。この原因としてわれわれは, 腱板機能の相対的な低下が根底にあると考えている。

腱板は肩甲上腕関節において, 関節包とともに上腕骨を肩甲骨関節窩上に保つ, 関節の安定化という重要な役割を担っている。肩の運動, パワーやスピードを発揮するための筋としては, その回りを覆っている Outer Muscles があるが, これらの筋はその解剖学的特徴から, 筋の付着部が関節から離れているため, Outer Muscles の収縮による筋張力は, 上腕骨頭を関節窩から引き離す力(Shear Force)として働く。この力に対抗するためには主として, 腱板によりもたらされる, 求心力が重要であり, 相対的に腱板の機能が低下してしまうと, 動作時に, 上腕骨頭の関節窩上での接点が定まらず, 制動が効かない上腕骨頭は, 関節内組織に機械的な刺激・損傷を与え, その結果, 種々の機能的な障害を引きおこすことになる。

肩関節におけるこの腱板の役割の重要性については, 異論のないところであり, 腱板に対する具体的な訓練法も紹介されている。しかし, 単純に腱板の筋力強化を行えば解決するというわけではなく, われわれは, Inner Muscles である腱板と,

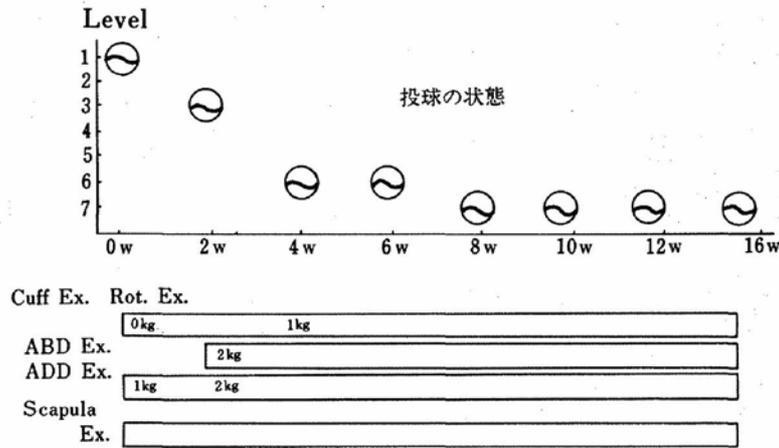


図9 投球レベルおよび治療パターンの推移

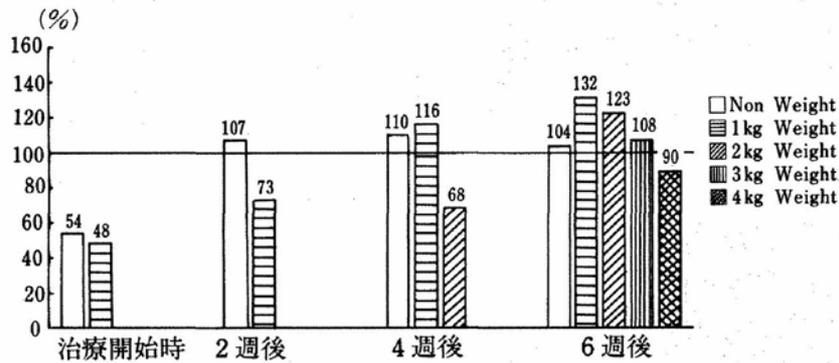


図10 三角筋に対する棘上筋の筋活動量の相対比  
Scapula Plane 上 45° 挙上位での負荷抵抗による変化

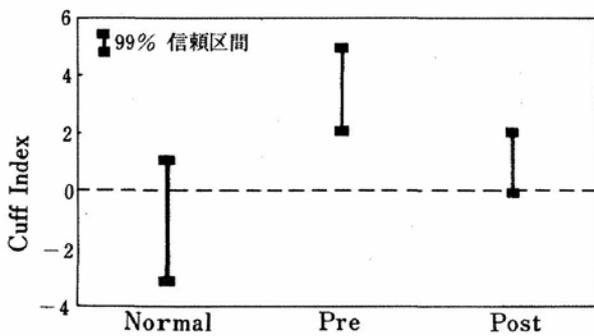


図11 Cuff Index の変化 (訓練前・後)

Outer Muscles である三角筋や大胸筋などの筋活動のバランスが、肩関節が正常に機能するためには重要であると考えており、腱板の訓練に際しては、Outer Muscles とのバランスを保ちながら行うことが、肩関節の治療あるいは予防に際して最も重要であると考えている。

腱板は棘上筋、棘下筋、肩甲下筋、小円筋の4

つの筋腱からなり、相互の代償機能を有する、ひとつの Functional Unit として機能しているので、どの筋の機能の障害によっても肩関節の安定化メカニズムは破綻を生じる。今回の結果から、機能障害の部位(範囲)および程度によって、損傷された腱板に対する適切な運動方法、およびその負荷抵抗量は異なり、症例個々の損傷形態に応じて決定する必要性のあることが示唆された。

これまでの報告にある訓練方法は、画一的であり、また単に腱板の筋活動量の増加だけにとらわれ、Outer Muscles とのバランスという観点から評価されていないため、腱板機能が正常な症例、あるいはその運動が、バランスの保たれている範囲で行わせている症例では効果がみられるが、訓練により Imbalance が助長されてしまうと、症

状が悪化してしまい、結果として優れた臨床成績を得るには至っていない。

今回の検討から、4種類の基本的な運動方法を選定したが、4種類すべての運動を行う必要はなく、症例ごとに低下した腱板の、筋活動を効率よく向上させることのできる運動を選択し、さらに負荷量も、バランスの保たれている範囲で設定することが、優れた臨床成績を得るためには重要であると考えた。また、無負荷の台上での回旋運動は、筋電図を用い、Biofeedbackすることで、Outer Muscleの筋活動をできるだけ押さえながら、主として、腱板で上肢の運動を行うことができるというパターンを、獲得するのに有効であった。

“Cuff-Y exercise”という訓練は、Outer MusclesとInner Musclesとのバランスの保たれている範囲で、できる限りInner Musclesである腱板の筋活動をおこさせるものであり、そのためOuter Musclesの活動を極力押さえ、関節運動を実施させる必要がある。実際には、触知可能なOuter Muscleが、筋収縮をしていないことを確認しながら運動を行わせ、その状態で肩関節が動いていることで、触知できない腱板の活動を推察している。そのため、運動が正確に行われているか否かは、姿勢でもなく、発揮されるパワーやスピードでもないため、自己判断は非常に難しい。

最も基本となる訓練に対しては、今回使用した筋電計によるBiofeedbackでも可能であるが、腱板機能の変化にともなって、バランスの取れている最大負荷抵抗値も変化するため、常時、最大負荷抵抗値で訓練を行うことが最も効率よく、Performanceの向上につながるにもかかわらず、その負荷抵抗値の設定を行う簡便な方法はない。そこでつぎの段階として、この運動負荷量の適・不適の自己判断が可能で、かつ適切な負荷量の設定が容易に行える、exerciserが必要であると考

える。

現在、治療および障害の予防に対しては、診療における理学的所見、生理学的、レ線の評価をもとにして、訓練を選択し実施している。過去2年間に100名を越えるスポーツ選手に“Cuff-Y exercise”を行い、約85%を現場に復帰させることができたが、選手が容易に操作できるexerciserの開発は、より治療効果(効率)を増すことが可能であり、予防医学的な意義からも、今後検討を進める必要性を痛感する。

#### 4. まとめ

腱板に対する訓練は、これまでの報告のような画一的なものは好ましくなく、運動方法、負荷量ともに症例個々に応じ、決定する必要性が示唆された。今回の結果から、腱板に対する訓練として、4種類の運動が選択され、いずれの症例でも、運動方法と負荷量を適切に設定することで、腱板の機能の向上が得られ、肩関節の障害を治療することができた。とくに台上での回旋運動を、Biofeedbackすることにより、腱板優位の訓練の獲得と機能の向上が得られ、臨床的に著明な訓練効果を認めた。現在、負荷量の設定は、診療の場における各種検査の結果から決めている。

通院頻度の高い症例は、頻回に適・不適の判断を行うことができ、訓練の効果も得られやすいが、多くは、自宅での運動が中心となることから、運動の適・不適を判断する基準(機器)がないため、訓練の進行がどうしても遅延してしまいがちである。

今回の検討により、最も基本となる運動についての試作モデルは作成し得たが、まだ不十分である。臨床的には、症例の85%がわれわれの考案した訓練法で現場に復帰しており、訓練効率の面から、どの運動に対しても用いることができ、また、負荷量も容易に変更可能なexerciserの開発が要望される。今後検討を進め、開発して行く予

定である。

文 献

- 1) Aronen, J. G., et al.; Decreasing the incidence of recurrence of first time anterior shoulder dislocations with rehabilitation, *Am. J. Sports Med.*, **12**, 283-291 (1984)
- 2) Burkhead, W. Z., JR., et al.; Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. *J. Bone J. Surg.*, **74**, 890-896 (1992)
- 3) Glousman, R.; Dynamic Electromyographic Analysis of the throwing shoulder with Glenohumeral instability. *J. Bone J. Surg.*, **70-A**, 220-226 (1988)
- 4) Jobe, F. W., et al.; Rehabilitation of shoulder joint instabilities, *Orthop. Clinics North Am.*, **18**, 473-482 (1987)
- 5) Jobe, F. W.; Shoulder and Elbow injuries among Professional Baseball Players *J. J. Sports SA.*, **9**, 429-442 (1990)
- 6) Pappas, M.; Rehabilitation of the Pitching shoulder, *Am. J. sports Med.*, **13**, 223-235 (1985)
- 7) Saha, A. K.; Dynamic Stability of the Glenohumeral joint, *Acta Orthop. Scandinav.*, **42**, 491-505 (1971)
- 8) Turner, A.; EMG analysis of posterior Rotator cuff exercise, *Athletic Training*, **25**, 40-45 (1990)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 筒井廣明, 他; スポーツによる肩腱板損傷の評価と保存療法, *日整会スポーツ医学会誌*, **11**, 181-185 (1992)