

機関番号：22401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700514

研究課題名（和文） 質的な筋力の向上に着目した肩周囲筋のトレーニング方法に関する研究

研究課題名（英文） Effects of various shoulder muscles training on rate of force development and neural activation

研究代表者

八十島 崇 (YASOJIMA TAKASHI)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師

研究者番号：00435091

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、肩外旋運動中の力発揮速度（Rate of Force Development；RFD）及び肩外旋筋群の筋活動動態が各種トレーニングによってどのように変化するかを検討することであった。その結果、ヘビーメディシンボールを用いた肩外旋筋トレーニングは、RFDを有意に向上させた。したがって、最大筋力のみならずRFDをトレーニング前後で評価することは、トレーニング効果を判定する上で有用な一指標となると推察された。

研究成果の概要（英文）：The present study examined the effect of various shoulder muscles training on rate of force development (RFD) and neural activation. The gain of RFD increased after training by the heavy medicine ball. Therefore, RFD might be important parameter to evaluate the effect of training for external rotator.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：トレーニング科学，コンディショニング科学，身体運動学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：肩関節，回旋筋腱板，外旋運動，トルク，力発揮速度（Rate of Force Development；RFD），筋電図，トレーニング，運動肢位

1. 研究開始当初の背景

回旋筋腱板とは、肩甲骨と上腕骨をつなぐ筋群のことを指し、肩回旋運動（内旋・外旋）の主働筋（rotation機能）及び上腕骨頭を肩甲骨関節窩へ適合させる肩甲骨上腕関節の安定化（stabilizer機能）に作用している。しかしながら、これら回旋筋腱板が機能低下を来すと、上腕骨頭と関節窩が運動に適した安定した位置関係をとれないまま両者の位置関係が不安定な状態で繰り返し運動を遂行しようとするため、障害誘発の一因となってしまうことがある。そのため、スポーツ現場

では、スポーツ障害肩予防トレーニングの一環として、あるいはコンディショニングの一環として回旋筋腱板に対するトレーニング（Cuff training）を広く実施している。

Cuff trainingは、エラスティックバンドやダンベルなどの器具を用いて比較的軽い負荷をかけながら、肩関節の内旋・外旋・外転等の運動を回旋筋腱板の収縮を意識しながら、比較的ゆっくりとした動作スピードで行うことに特徴がある（Jobe et al., 1982；山口, 1992）。また、これらのトレーニングは筋電図（electromyogram；EMG）による研

究から、肩外旋運動では 3~4Nm までの負荷量（鈴木ら，2000）で、肩外転運動では 4Nm 前後までの負荷量（八十島ら，2004）であれば、回旋筋腱板を選択的にトレーニングすることが可能であると報告されている。また、肩回旋運動時の最大トルク（最大筋力）は Cuff training の実施によって向上することが報告されている（Treiber et al., 1998; McCarrick and Kemp, 2000; Moncrief et al., 2002; Giannakopoulos et al., 2004）。しかしながら、回旋筋腱板が持つ機能的特性を考慮し、特に上腕骨頭と関節窩との位置関係を微調整していく stabilizer 機能を向上させるには、最大筋力の大小に代表される“量的な筋力”だけでなく、筋力発揮時の力発揮速度（Rate of Force Development ; RFD）とその際の肩周囲各筋の活動パターンや、運動開始局面の肩周囲各筋の振る舞いといった“質的な筋力”に着目し、これらの向上を目指す必要があると考えられる。これまでに、我々は肩外旋運動時の EMG において、回旋筋腱板が他の肩周囲筋に先行して活動を開始する筋活動パターンを確認した（木塚ら，2002 ; 八十島ら，2007）。この結果は、回旋筋腱板の stabilizer 機能の一側面を示すものである。また、これらの指標はこれまでの肩周囲筋の活動様相に関する研究においてほとんど焦点を当てられることはなかった。しかしながら、上述の検討を積み重ねていくことで回旋筋腱板の有する機能的特性をより詳細に解明できると考えている。

その一方で、近年のスポーツ現場では、小さい軽量のメディシンボールやボディブレードなどの器具を使用し小刻みに肩回旋運動を繰り返すスタビリティトレーニング（Stability training）が導入されつつある（渡部，2006）。このトレーニング方法は、従来の回旋運動による Cuff training とは回旋筋腱板の rotation 機能よりもむしろ stabilizer 機能を向上させることに主眼を置いている点で異なっている。したがって、この stabilizer 機能の向上を意識したトレーニングの実践は、回旋筋腱板の機能的特性を反映していると予想される“質的な筋力”の変化をもたらす可能性が非常に高いと考えられるため、介入研究（縦断的検討）によりその効果を明らかにしていく必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、様々な肩関節運動の中でも肩外旋運動に着目し、外旋トルク発揮時の力発揮速度（RFD）とその際の肩周囲筋の筋活動動態及び運動開始局面の肩周囲筋の筋活動動

態を検討し、それらを“質的な筋力”の指標として肩周囲筋に対する各種トレーニング方法の効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 実験 1（平成 20 年度）

実験 1 では、肩外旋トルク発揮時の RFD とその際の筋活動動態及び運動開始局面の筋活動動態を運動時の運動条件を変えて検証した。

被験者は左右の肩関節に既往歴や手術歴を有さない健常成人男性 13 名（年齢 21.5 ± 4.3 歳，身長 173.7 ± 4.6 cm，体重 65.6 ± 8.6 kg）とした。実験への参加に先立ち、全ての被験者に埼玉県立大学倫理委員会が承認した計画書を用いて目的や内容を説明し、インフォームドコンセントを得た。

運動課題は、等尺性収縮による肩外旋運動とし、被験者には最大努力でできる限り素早く運動を遂行するよう指示した。運動課題遂行時の運動肢位には、外転 20° ， 45° ， 90° 及び 120° の各肢位を設定し、それぞれを内外旋中間位

（ $=0^\circ$ ）で実施した。外旋トルクは、多用途筋機能運動評価装置（Biodex System 3）を使用して計測し、同時に肩外旋運動に関連の深い棘下筋、三角筋中部・後部線維、僧帽筋上部・中部・下部線維、前鋸筋及び上腕二頭筋の EMG（MyoSystem 1200，周波数帯域： $10 \sim 500$ Hz）を導出した。なお、これらのデータは同期させ、アナログ/デジタル変換器（PowerLab 16/30）を介してサンプリング周波数 1kHz でパーソナルコンピュータ（PC）に取り込み、解析を行った。

肩外旋トルクは、20Hz のローパスフィルタ（バターワース型 4 次）で平滑化した後、最大トルク（MVC_{er}）を求めた。また、RFD は、発揮トルク之力-時間曲線を微分して算出し、最大値を代表値

（RFD_{max}）とした。各筋の EMG は、筋電位信号を全波整流し、各筋が活動を開始する EMG_{onset} を計測した。続いて、全波整流した筋電位信号を 20Hz のローパスフィルタ（バターワース型 4 次）で平滑化し、RFD_{max} 出現前 50ms の各筋の平均筋電位を計測した

（EMG_{arv}）。なお、すべてのデータ処理は、Matlab（R2007b）を使用して行った。

(2) 実験 2（平成 21・22 年度）

実験 2 では、複数のトレーニング器具を用いて肩外旋筋群に対するトレーニングを一定期間実施し、トレーニング効果とトレーニング実施方法による効果の相違を検討した。

被験者は左右の肩関節に既往歴や手術歴を有さない健常成人男性 15 名とした。

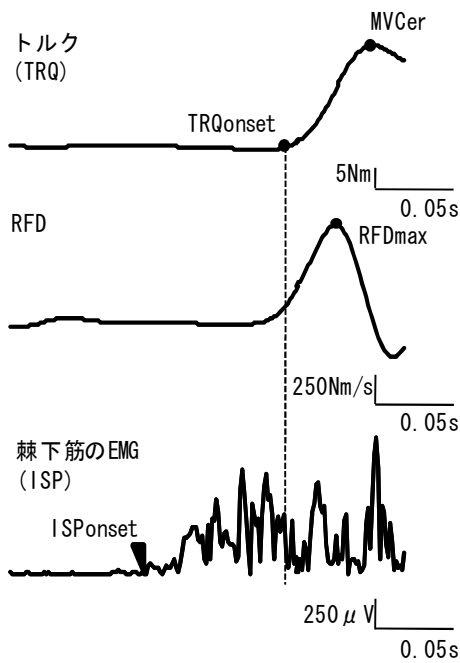


図 1 計測例と評価指標

そして、被験者を任意にダンベル群 (DMB 群) 8 名 (20.5±1.2 歳, 171.6±4.0cm, 体重 64.6±6.6kg) とヘビーメディシンボール群 (HMB 群) 7 名 (年齢 20.3±1.1 歳, 身長 171.4±4.4cm, 体重 65.0±6.3kg) に分けた。本研究に関しても、実験への参加に先立ち、全ての被験者に埼玉県立大学倫理委員会が承認した計画書を用いて目的や内容を説明し、インフォームドコンセントを得た。肩外旋筋に対するトレーニング (図 2) は、DMB 群が軽ダンベル、HMB 群がヘビーメディシンボールを使用し、重量はともに 500g とした。DMB 群のトレーニングは被験者が側臥位になり、トレーニング肢でダンベルを持ち、対側肢で頭部を抑えて基本姿勢をとった。そして、被験者は腹部前方から床面と平行になる位置までの運動範囲で外旋運動を行った。HMB 群は DMB 群と同様に側臥位をとり、ヘビーメディシンボールを床面と平行な位置で保持しこの位置でボールを離し再びキャッチする小刻みな運動を繰り返すこととした。トレーニング期間は、合計 20 回のトレーニングを Training1, Training2 及び Training3 の 3 期に分割し、Training1 から Training3 まで 1 セット当たりのレップ数を 10 回ずつ増加させ、3 セットずつ実施した。なお、1 回ごとのトレーニングは、1~2 日おきに行った。トレーニング効果は、トレーニング実施前 (Pre 期)、トレーニングを 10 回実施した Training2 終了後 (Mid 期)、さらに

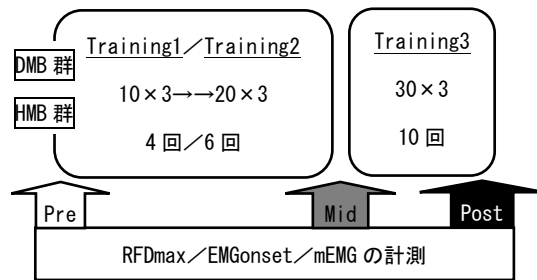


図 2 トレーニングプロトコル

20 回すべてのトレーニングを終了した Training3 終了後 (Post 期) に計測を実施して評価した。評価のための運動課題は、実験 1 と同様に等尺性収縮による肩外旋運動を最大努力でできる限り素早く遂行することとし、外転 20°, 90° の各運動肢位で行った。また、外旋トルク及び肩外旋運動に関わる筋の EMG を計測し、外旋トルクの力-時間曲線から得られる MVCer, RFDmax, 被験筋各筋の EMG から得られる EMGonset, EMGarv を評価指標とした。

4. 研究成果

本研究では、運動課題として“素早く・力強く”力発揮を行う等尺性肩外旋運動を採用した。〈実験 1〉では運動肢位による MVCer, RFDmax 及び EMGonset, EMGarv の相違を検討した。〈実験 2〉では〈実験 1〉で得られた結果を基に複数種類の肩外旋筋トレーニングの有効性を検証した。そこで、本報告書では〈実験 2〉で得られた軽ダンベル及びヘビーメディシンボールによる肩外旋筋群に対するトレーニングの効果とトレーニング実施方法による効果の相違を中心に報告する。

図 3 には、DMB 群と HMB 群のトレーニングによる MVCer の変化を示した。DMB 群は、各計測期間で有意な変化を認めなかった。また、HMB 群では、Mid 期及び Post 期において Pre 期よりも高い値を示したものの、有意な変化ではなかった。図 4 には、DMB 群と HMB 群のトレーニングによる RFDmax の変化を示した。DMB 群は各計測期間で有意な変化を認めなかった。これに対し、HMB 群は Mid 期において Pre 期と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。しかしながら、Post 期では、Pre 期との相違を示さなかった。

HMB 群が行ったトレーニングは、小刻みなボールリリースとボールキャッチを繰り返す運動であった。これに対して、DMB 群が行ったトレーニングは、ゆっくりとしたリズムで外旋運動を行うものであった。つまり、HMB 群で行ったトレーニングでは、肩外旋筋群が急速な筋の

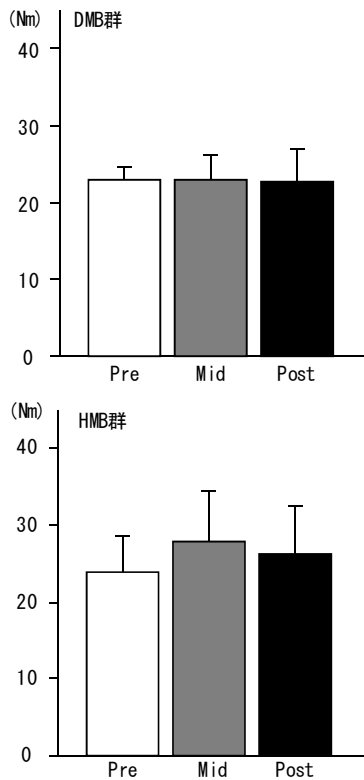


図 3 肩外旋筋トレーニングによる MVCer (外旋トルク) の変化

伸張を伴って収縮を繰り返す運動様式であった。そのため、この運動様式の相違が HMB 群の RFDmax に有意な変化をもたらした可能性が高い。RFD とは一定時間内に発揮できる力の大きさのことを指し、瞬発的パフォーマンス発揮にとって重要な要素である。したがって、この要素の増大は、回旋筋腱板の rotation 機能のみならず stabilizer 機能の向上に大きく関与すると推察される。

しかしながら、MVCer は、両群で有意な変化を示さなかった。その理由として、トレーニングに用いた重量 (負荷量) が関係している可能性が高い。Treiber et al. (1998) は、大学テニスプレイヤーを対象にセラバンドや軽ダンベルを用いて 4 週間 (週 3 回) の回旋筋腱板のトレーニングを実施し、高速域 (300deg/sec) の最大トルクが増大したことを報告した。また、この研究では、セラバンドはトレーニングの実施状況に応じてバンドの強度を赤色、緑色及び青色へ変更し、軽ダンベルも平均 2.11b (約 952g) の重量を使用していた。したがって、本研究でも、仮に 3 期に分けたトレーニング期ごとに重量を調節していれば、MVCer も有意な変化を呈したと推察される。

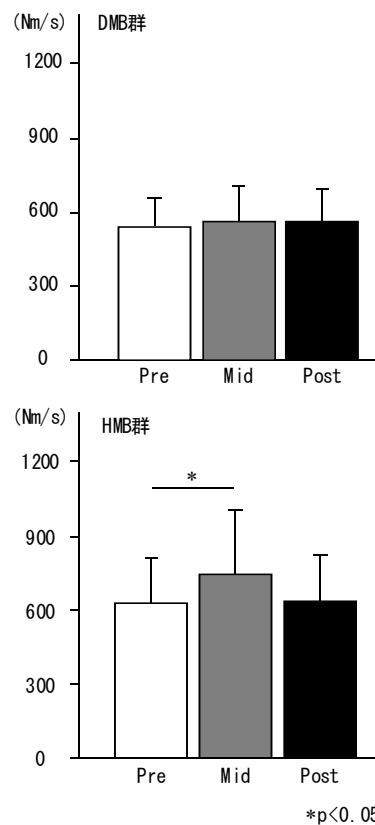


図 4 肩外旋筋トレーニングによる RFDmax の変化

以上の結果から、ヘビーマディシンボールを用いた肩外旋筋トレーニングは、RFD を有意に向上させた。したがって、最大筋力 (最大トルク) に加えて RFD をトレーニング前後で評価することは、トレーニング効果を判定する上で有用な一指標となる可能性が高いと推察された。今後の課題として、上述した重量 (負荷量) あるいはレップ数 (1 セット当たりの繰り返し回数) などを調整したトレーニングプロトコルによる検討が必要であると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 1 件)

八十島 崇, 異なる運動肢位による素早い肩外旋運動時の力発揮特性, 第 148 回日本体育医学会関東地方会, 2010

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八十島 崇 (YASOJIMA TAKASHI)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師

研究者番号: 00435091