

肩関節外旋の負荷方法と負荷量の変化による筋活動 と筋出力の力のタイミングの違い ～外旋筋トレーニングによる効果的な負荷方法と負荷量～

*Load-dependent Differences in the Muscle Activity Level and Muscle Power Output
Timing during Shoulder External Rotation*

道浦瑛生¹⁾

¹⁾ 大阪河崎リハビリテーション大学 理学療法専攻：大阪府貝塚市水間 158 番地（〒597-0104）

Eiki Michiura¹⁾

¹⁾ Osaka Kawasaki Rehabilitation University : 158 Mizuma, Kaizuka-city, Osaka 597-0104, Japan

要旨：肩関節障害において腱板断裂は多くみられ、肩関節外旋筋力の低下が問題になることが多い。本研究は、肩関節外旋の運動方法によって外旋筋および他の肩関節周囲筋にどのような筋活動がみられ、どのような外旋筋筋力増強運動が有効なのかを表面筋電図を用いて検討した。対象は肩関節に疾患のない健康成人（男性3名、女性2名）とした。肩関節外旋運動はCKC運動とOKC運動の2種類とした。いずれも3秒間の筋活動を測定し、各筋の最大等尺性収縮時の筋活動に対する割合を算出した。CKC運動では種類の運動間で全ての筋活動量に有意差は認められなかった。OKC運動では全ての筋で負荷量が0%と5%との間に有意差が認められた ($p<0.01$)。CKC運動は負荷量の少ない肩関節外旋筋運動として有効であり、OKC運動は負荷量が5%未満であれば肩関節外旋筋の筋力増強運動として有効であった。

キーワード：肩関節・外旋運動・筋電図

¹⁾ 道浦瑛生 Eiki Michiura

E-mail : 1501054@kawasakigakuen.ac.jp

I. 序文

肩の回旋筋腱板（以下、腱板）は肩甲下筋、棘上筋、棘下筋、小円筋の4つの筋から構成され、肩関節障害の中では腱板断裂が多くみられる。さらに、腱板断裂は変性断裂が多く、断裂部位では棘上筋腱と棘下筋腱といった後上方断裂が認められ、断裂が進行すると小円筋腱まで断裂が及ぶことがある¹⁾。腱板断裂により、肩関節の不安定性や肩関節外旋筋力の低下が問題になることが多く、肩関節の安定性を高めるための理学療法が必要となる。また、保存的な理学療法で効果が得られない場合は、肩腱板修復術が施行されることも多い。術後理学療法では、修復腱の再断裂を防ぐのと同時に、可及的早期に機能回復を図ることは重要であるが、術後の運動開始時期や運動内容に関しては、未だ議論が交わされているところである²⁾。肩関節外旋運動の方法として、OKC運動ではゴムバンドや重錘の運動方法があり、CKC運動⁴⁾では自重を利用した運動が先行研究にて報告されている^{3) 4)}。しかし、肩関節外旋運動において、異なる運動方法と負荷量での腱板筋と肩関節周囲筋の筋活動バランスについての報告は少ない。そこで本研究の目的は、肩関節外旋の運動方法にCKC運動とOKC運動を用い、外旋筋および他の肩関節周囲筋にどのような筋活動の違いがみられるのか表面筋電図を用いて明らかにすることである。そして、どのような肩外旋筋の筋力増強運動が有効なのかについて検討した。

II. 対象

肩関節に疾患のない健康成人5名（男性3名、女性2名、平均年齢21.0歳）を対象とした。本研究は、研究倫理審査委員会の承認（研究倫理審査番号29-161）を得た上で実施し、対象者に研究の目的・方法を説明し同意を得た。

III. 方法

①筋電図による測定

肩関節外旋運動時の筋活動量の測定は、表面筋電計（P-ENG plus、追坂電子機器）を用いて行った（サンプリング周波数1000Hz）。測定筋は利き手側の棘下筋、小

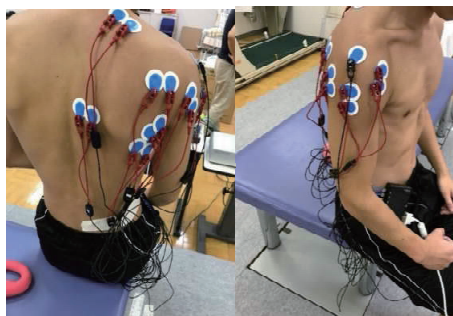


図1 測定筋の電極貼り付け部位

円筋、三角筋（前部、中部、後部）、僧帽筋（上部、下部）、前鋸筋の計8筋とした。表面筋電図の電極の貼り付けは、スキンプイアで皮膚の角質を落とした後にアルコール綿で拭き取り、各筋のモーターポイント付近に電極を貼り付けた（図1）。

はじめに、各筋の最大収縮時の筋活動を測定した。測定方法は各筋のMMTの測定肢位⁵⁾に準じ、ハンドヘルドダイナモメーターを用いて、最大等尺性収縮時の筋活動を3秒間3セット測定した（図2）。



図2 最大筋力測定の測定

肩関節外旋運動は、OKC運動とCKC運動の2種類を行った。CKC運動での肩関節外旋動作の測定条件は、上肢を下垂させた状態で体重計に体重を負荷させながら肩関節外内旋運動を行った。運動回数は3回の内外旋運動を1セットとし、3セット行った。上肢の負荷量は、無負荷（0%）、体重の1%、2%、5%の負荷とした（図3）。OKC運動での肩関節外旋動作の測定は、側臥位で肩関節下垂位を保持しながら肩関節外旋動作を行った。CKC運動と同様の回数、負荷設定で行った（図4）。

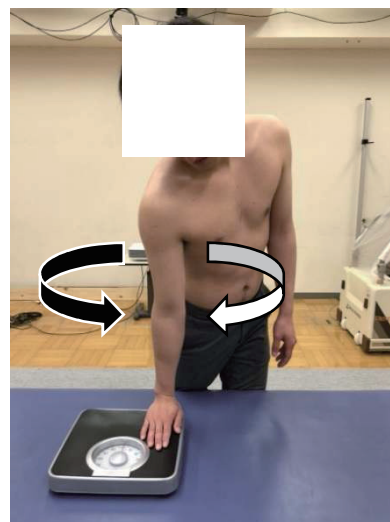


図3 CKC運動の測定

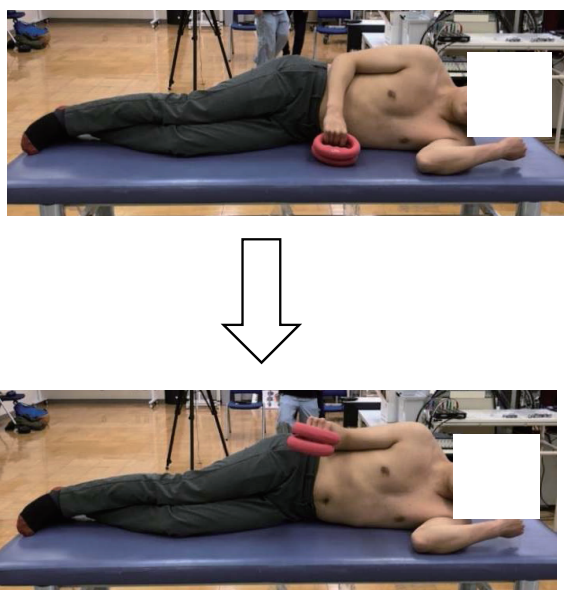


図4 OKC運動の測定

②統計処理

各筋の最大収縮時の筋活動に対して、CKC運動とOKC運動時の筋活動量の割合を各筋と条件ごとに比較分析した。

CKC運動とOKC運動それぞれにおいて、最大収縮時の筋活動に対する各肩関節外旋運動時の相対的な筋活動量の違いを、Friedman検定およびTukey法による多重比較を用いて解析した。また、各運動時における筋ごとの相対的な筋活動量の違いについて、Kruskal-Wallis検定およびTukey法による多重比較を用いて解析した。いずれも有意水準は5%とした。

IV. 結果

CKC運動では、4種類の負荷量間における全ての筋活動量に有意差は認められなかった（図5）。

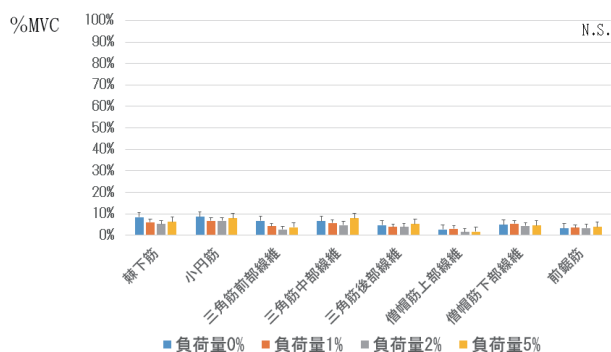


図5 CKC運動における筋・条件ごとの比較

OKC運動では、負荷量に応じて筋活動量が増える傾向が見られ、全ての筋で負荷量が0%と5%との間に有意差が認められた ($p<0.01$: 図6)。OKC運動時の相対

的筋活動量を比較すると、各負荷量において、棘下筋が三角筋前部線維、僧帽筋上部線維より有意に大きかった ($p<0.01$)。

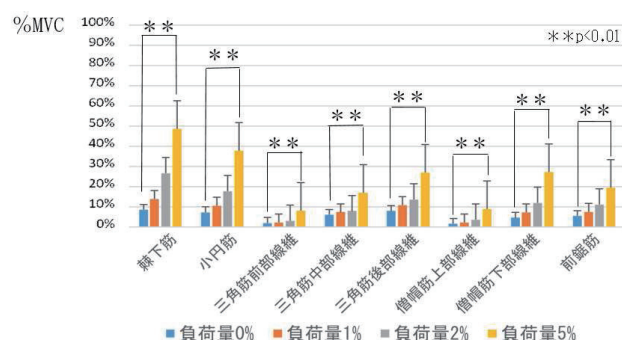


図6 OKC運動における筋・条件ごとの比較

CKC運動とOKC運動の筋活動の差を見たとき、無負荷での各筋活動に差はないが、負荷量が増加するごとにOKC運動の方が大きな筋活動が認められた。特に、OKC運動での棘下筋、小円筋の筋活動に増加が認められた（図7、8、9、10）。

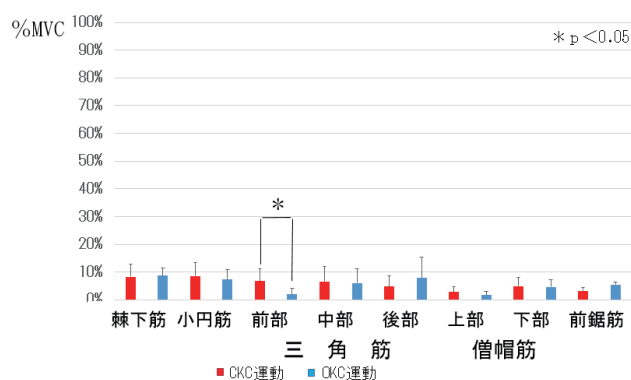


図7 無負荷でのCKC運動とOKC運動での筋活動の比較

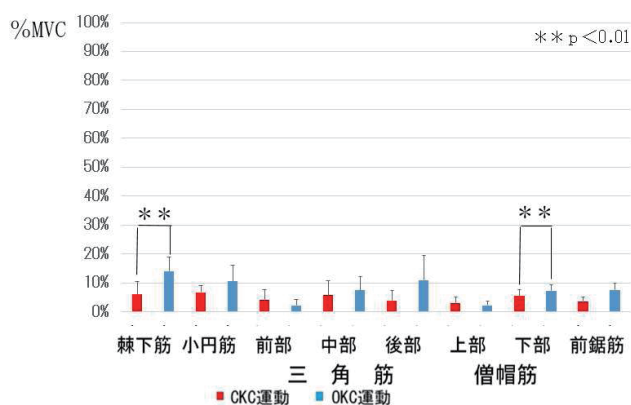


図8 体重1%負荷でのCKC運動とOKC運動での筋活動の比較

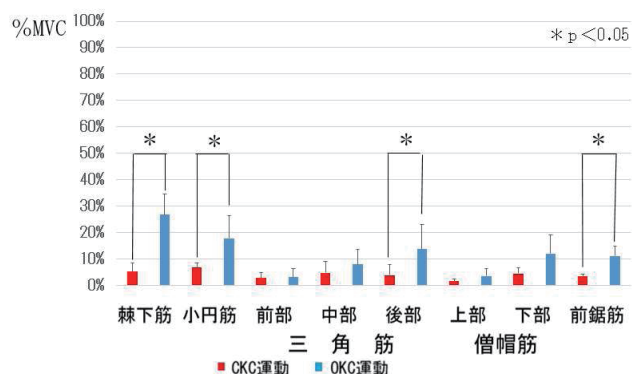


図9 体重2%負荷でのCKC運動とOKC運動での筋活動の比較

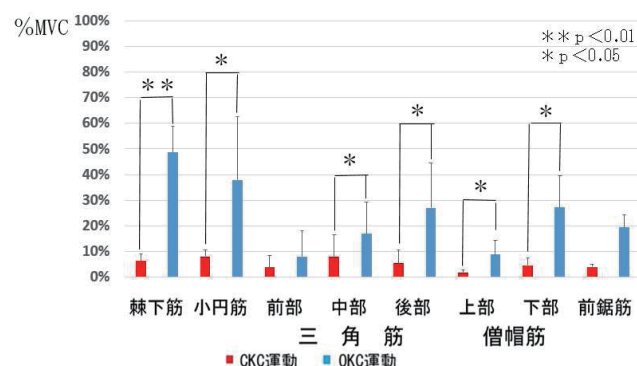


図10 体重5%負荷でのCKC運動とOKC運動での筋活動の比較

V. 考察

腱板の機能的役割は、上腕骨頭を関節窩に対して引きつけることで肩甲上腕関節の安定化を得ることとされる。また、腱板は腱板同士や腱板とほかの筋とフォースカップルを形成しながら、肩関節運動時の安定化に寄与している。さらに、肩甲上腕関節の運動によって生じる関節包の緊張の変化を腱板が補うことで、上腕骨頭が関節窩から逸脱しないように安定させている¹⁾。

腱板修復術後早期の理学療法では、再断裂を生じさせないことがリスク管理として重要である。修復した腱板は約3週で線維性の癒合が始まり、約3か月で治癒すると考えられており、最も再断裂が発生する時期は、術直後、外転枕除去から腱板組織が形成される術後3か月までの間とされている。そのため術後の理学療法では、治癒過程から固定時期(術後～3週)、下垂位獲得時期(3～5週)、機能回復時期(5週以降)とされ、愛護的な他動運動、自動運動、腱板機能訓練、抵抗運動の順に運動療法を進める治療プログラムが一般的に行われる⁶⁾。

今回の研究結果では、CKC運動は全ての筋が非常に低い筋活動であり負荷量を変えても筋活動に変化がないため、筋力強化トレーニングの効果としては少ないと考える。

ただし、負荷が少ない状態で肩関節外旋運動が行える方法として、肩関節術後早期など大きな負荷を加えない自動運動や腱板機能訓練の時期における運動として適しているのではないかと考えられる。また、肩関節外旋筋に対する負荷量の変化に関わらず筋活動量が変化しないのは、下垂位で負荷を加えることで関節窩に軸圧がかかることで上腕骨を求心位に保つ腱板筋の働きが少なくなるため、筋活動が低かったのではないかと考える。そして、CKC運動では早期から腱板筋運動を行えることで、肩関節の適合性が高まり、その後の肩関節周囲筋の運動効果を向上することができるのではないかと考えられる。今回の方法では下垂位で行ったが、肩関節の挙上角度が変わると腱板筋の働きが必要になる可能性もあり、挙上角度や荷重量の変化に伴う筋活動量について検討が必要である。OKC運動では負荷量に応じて全ての筋で活動量が増加した。また、負荷量が5%未満であれば腱板筋以外の筋(特に三角筋、僧帽筋)の活動量は小さく、負荷量が5%では活動量が大きくなった。この結果から、OKC運動で負荷量が5%未満であれば、腱板筋以外の肩関節周囲筋の活動が少ない状態で肩関節外旋運動を行えるため、腱板筋の効率的な筋力増強運動が行うことができると考える。腱板筋を早期から鍛えることで肩関節の適合性が高まり、その後の肩関節周囲筋の運動効果を向上することができるのではないかと考えられる。

本研究の結果を踏まえた腱板断裂術後の理学療法は、負荷をかけると再断裂リスクのある時期では、CKC運動での肩関節外旋運動を行うことで安全に運動療法を行えると考えられる。また、再断裂リスクがなくなった時期には、負荷量が5%未満でのOKC運動による肩関節外旋の筋力増強運動を行うことが有効な方法でないかと考えられる。

VI. 結論

今回、肩関節疾患のない健康成人を対象に、肩関節外旋運動としてCKC運動とOKC運動を用い、外旋筋および他の肩関節周囲筋の活動および有効な肩外旋筋の筋力増強運動について検討した。CKC運動では負荷量間で筋活動量に有意差は認められなかったが、OKC運動では負荷量に応じて筋活動量が増える傾向がみられ、特に負荷量が0%と5%との間に有意に増加した。CKC運動とOKC運動の筋活動量の差において、無負荷では各筋の筋活動に差はないが、負荷量が増加するごとにOKC運動の方が大きな筋活動が認められた。特に棘下筋、小円筋で筋活動の差が大きかった。

本研究において、CKC運動は負荷量の少ない肩関節外旋運動として有効であり、OKC運動は負荷量が5%未満であれば、腱板筋の肩関節外旋運動として有効であると考えられる。

VIII. 謝辞

今回の卒業研究を行うにあたり、お忙しい中ご指導をいただいた先生方をはじめ、研究にご協力していただいた本学学生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 松尾善美（監修）橋本雅至 村西壽祥（編集）“臨床実践肩関節の理学療法” 文光堂, 東京, 2018 P,18.27-29
- 2) 伊藤雄、松本尚、石田知也ら 肩関節疾患に対するリハビリテーション 北海道整形災害外科学会雑誌, 2018,52-62
- 3) 編集小柳磨毅“実践PTノート運動機能障害の理学療法第2版” 三輪書店, 東京, 2013 P,47-58
- 4) 川井謙太郎、安保雅博 肩関節 inner muscle の筋力増強訓練方法の考案 理学療法科学第 24 巻 3 号, 2009,343-346
- 5) Helen J. Hislop, Dale Avers, Marybeth Brown 著 “新・徒手筋力検査法原著第 9 版” エルゼビア・ジャパン株式会社, 東京, 2014 P,83-139
- 6) 島田洋一 高橋仁美（編集）“整形外科術後理学療法プログラム” 株式会社メジカルビュー社, 東京, 2014 P,62-66

〈指導教員・主査 講評〉

本研究内容は肩回旋筋腱板に対する運動療法を検討するための筋活動に関する基礎的研究である。肩回旋筋腱板の中でも重要とされている棘下筋に焦点を当て、従来実施されている腱板エクササイズ（開放性運動連鎖）における筋活動と閉鎖性運動連鎖による腱板エクササイズの筋活動との比較を行ったものである。閉鎖性運動連鎖による腱板エクササイズは、従来の腱板エクササイズとは異なる筋活動の特徴を示すことができ、肩関節機能に応じた運動療法の選択や運動介入の時期について示唆を与えるものと考ええる。

なお、本研究は第 31 回大阪府理学療法学会大会の卒業研究発表演題においても発表を行い、卒業研究から学会発表までのプロセスを経験してもらった。大変なところもあったと思うが、本研究の結果を臨床に還元していく重要性を感じてもらえたのではないかと感じてる。

指導教員・主査 村西壽祥