

# 不同負荷的划船運動之上肢肌肉疲勞分析

## Analysis of upper extremity muscle fatigue on different rowing loads

郭凡誌, 洪維憲\*, 王慧如, 黃政華, 劉育君

中國醫藥大學 運動醫學系, 台中市北區學士路 91 號

\*通訊作者 email: whhong@mail.cmu.edu.tw

### 摘要

關鍵肌肉(key muscle)就是在運動中最早疲勞或是使用最多的肌肉, 尋找運動訓練中關鍵肌肉一直是很重要的議題, 因此本研究目的在針對不同負荷的划船運動對上肢肌肉疲勞的分析, 利用肌電圖強度找出划船運動上肢肌肉疲勞的關鍵肌肉。本研究徵召6位健康的大學生, 一個可攜式記錄器搭配肌電圖(EMG)及電子量角器提供肌電訊號和肘關節角度的收集。上肢肌肉包括: 肱二頭肌、肱三頭肌、屈腕肌、和伸腕肌。讓受測者在Concept II划船測功儀上分別在60%、70%、80% $W_{max}$ 的負荷下作划船運動直到力竭, 計算肌電圖在整個運動時期的0%、50%、和100%時的活化程度。結果顯示上肢肌肉在不同負荷下, 起始活化的情形皆為不同( $p<0.05$ )。並且都隨著運動過程皆有持續活化增加的情形( $p<0.05$ )(0%-50%)。但在50%運動過程後呈現不同的情形( $p<0.05$ ), 其中高負荷(80% $W_{max}$ )的划船過程中, 肱二頭肌和伸腕肌較易達到疲勞。結論: 了解划船運動中肌肉疲勞的順序, 可事先避免傷害, 並可設計運動處方加強關鍵肌肉的訓練。

**關鍵詞:** 划船運動、肌電圖、肌肉疲勞

### Abstract

Finding the key muscles that fatigue the first or the most during exercise is an important issue of sport training. Therefore, the purpose of this study was to investigate the analysis of upper extremity muscle fatigue on different rowing loads. Six healthy college students were recruited, and a data logger with electromyography (EMG) and two-biaxial goniometer provides a collection of EMGs and elbow angles in rowing. Four EMG electrodes were utilized to measure their muscle activities in biceps and triceps brachii, and wrist flexors and extensors muscles. Subjects were asked to row in a Concept II rowing ergometer under 60%, 70%, 80%  $W_{max}$  loads, respectively, until the exhaustion. EMG values were measured in 0%, 50%, and 100 % of rowing exercise. Results showed that the upper limb muscles in different loads have significant differences at initial rowing ( $p<0.05$ ). All of muscle activations were increased by increasing rowing time (0%-50%) ( $p <0.05$ ), but muscle activations were significant differences after 50% rowing ( $p<0.05$ ). In high load (80%  $w_{max}$ ) rowing, biceps brachii and wrist extensor muscles may be easier to reach fatigue than other muscles by EMG reductions. Conclusion, Understanding the sequence of muscle fatigue would prevent injury in rowing. It may also be to design exercise prescription in enhancing key muscles training.

**Keywords:** Rowing, Electromyography, Muscle fatigue

### 1. 前言

肌肉疲勞(muscle fatigue) 指因運動引起(exercise-induced)導致肌肉無法維持足夠穩定的力量, 使得肌肉收縮機能下降而無法維持動作的現象(Ganderia, 2001)。尋找運動中關鍵肌肉(key muscle)一直是很重要的議題, 關鍵肌肉就是在運動中最早疲勞或是使用最多的肌肉, 特別是在個人競技項目, 如賽

跑、游泳、自行車及划船運動, 了解關鍵肌肉對運動時策略調整或最佳狀態是非常重要的。

肌肉疲勞有很多定義, 但一般和一運動誘發降低肌肉產生力量或功率的能力, 然而不論如何這疲勞作業可被證實(Enoka and Stuart, 1992)。提供使用表面肌電圖(electromyography, EMG)分析來預測有氧能力, NFT利用線性迴歸來計算力竭重覆性負荷測試的

EMG斜率(EMG slope)(de Vries et al., 1982; Moritani et al., 1993)。當運動是在一個重覆作業負荷及高強度下直到力竭，需要額外和漸進肌肉纖維的徵召去代償因肌肉疲勞引起的力量喪失 (Enoka and Stuart, 1992)。因此，在重覆及力竭的功率輸出有一個較高的EMG斜率顯示一個較高神經肌肉疲勞率及較低的肌肉效率( de Vries et al., 1982; Moritani et al., 1993)，如此簡單的分析可以使用在運動處方或監測訓練效應。有研究應用在自行車選手發現NFT和乳酸閾值功率輸出有很高的相關性，並建議使用NFT去估計乳酸閾值是有效的(Candotti et al., 2008)。因此，NFT是一預測運動表現的重要指標，並認為NFT可能和局部肌肉疲勞累積有關(Mäestu et al., 2006)。

因此實驗目的針對不同負荷的划船運動對上肢肌肉疲勞分析，利用肌電圖強度找出划船運動上肢肌肉疲勞的關鍵肌肉。

## 2.方法

### 2.1.受測者

本研究徵召 6 位大學生，沒有任何上肢肌肉以及骨骼的病史。每位受試者於實驗前均須閱讀受試者須知，由實驗者告之實驗流程及注意事項，最後簽者受試同意書。實驗開始前，訪談方式蒐集選手之(1)個人基本資料；(2)運動經驗/年資；(3)個人病史；(4)身高、體重、及(5)主觀自覺量表。

### 2.2.儀器設備

可攜式記錄器(Portable data logger)搭配肌電圖(EMG)(SX230, BioMetrics Ltd., UK)及電子量角器提供肌電訊號和手臂活動角度的收集。使用可攜式資料記錄器擷取受測者在重覆性划船動作時的上肢肌肉包括：肱二頭肌(Biceps Brachii)、肱三頭肌(Triceps Brachii)、屈腕肌(Flexor Carpi muscle, FCM)、伸腕肌(Extensor Carpi muscle, ECM)以了解肌肉活化程度大小的情形；而角度器主要放在上肢兩側的肘關節上。

Concept II划船測功儀(Concept Inc., Morrisville, VT)為受試者進行重複性的運動訓練儀器，由受測者自行調整划船測功儀的腳蹬板高度。

### 2.3.實驗步驟

受試者在進行每次划船機實驗之前都被要求進行全身性的熱身運動，以確保實驗進行中運動傷害的可

能。而測試的方法如下：

#### (1)最大功率測試：

受試者在進行相同負重測試(constant-load bouts)之前，將會進行最大功率測試—3分鐘最大功率測試。此測試將划船的頻率固定為50次/分鐘。在三分鐘內，受試者被要求進行最大的功率輸出直到耗竭。則出現最大功率輸出的瞬時負荷瓦數為最大功率輸出的數值。

#### (2)相同負重測試(constant-load bouts)：

在最大功率測試中，所得到的最大瞬時功率輸出瓦數做為此次測試的基準值，分為60%、70%、80%的負荷瓦數做為相同負重測試的阻力。受試者隨機選取其中一種負荷瓦數做為阻力而進行測試，划船測驗期間划船頻率固定為50次/分鐘，直到受試者達到耗竭；其中，三次不同的相同負荷測試中間皆間隔24小時，以避免運動傷害且得到充分的休息。

## 2.4.資料分析

由划船動作所得 EMG 資料，經 Viewlog 軟體處理。神經肌肉疲勞閾值(neuromuscular fatigue threshold, NFT)(de Vries et al., 1982)經由特定數學模型算出，經由 10-110Hz 得帶通濾波(Band Pass Filter)，並且藉由均方根(Root Mean Square)方式積分得到肌電圖在整個運動時期的 0%、50%、和 100%時的活化程度。

## 2.5.統計分析

利用 SSPS 統計軟體以重複量測變異數分析(repeated measures ANOVA)在三個不同時期(0%、50%、和 100%)和不同負荷(60%、70%、80%  $W_{max}$ )肌群 EMG 的差異，以 post hoc test 作事後比較 EMG 參數的差異性，統計檢定採用  $P < 0.05$  作為顯著水準。

## 3.結果與討論

表 1 顯示各負荷的相對瓦數和耗竭時間。結果顯示隨著相對負荷增加耗竭時間相對減時少( $p < 0.05$ )。

圖 1~4 顯示不同肌肉於不同負荷下肌肉活化的比較。上肢肌肉在不同的負荷瓦數之下，起始(0%)活化的情形有明顯不同。上肢肌肉群大都隨著運動過程皆有持續活化增加的情形( $p < 0.05$ )(0%-50%)。但大部分的肌肉群在 50% 運動過程後呈現不同的情形( $p < 0.05$ )。其中，做為作用肌(agonist muscle)及拮抗肌(antagonist muscle)的肌群都有不相同的肌肉活化情形，如肱二頭肌及三頭肌的運動模式，肱三頭肌活化

的情形隨著運動時阻力瓦數的增加 ( $0.8W_{max} > 0.7W_{max} > 0.6W_{max}$ ) ( $p < 0.05$ )；然而，肱二頭肌在重複性的運動過程中屬於向心收縮的作用，特別在  $0.8W_{max}$  負荷下，運動過程 50% 後呈現急劇下降的情形 ( $1.71 \times 10^7 \mu V$  降至  $1.02 \times 10^7 \mu V$ )，代表此肌肉在  $0.8W_{max}$  後段的運動過程推測有疲勞的情形。同樣地，屈腕肌及伸腕肌在不同的負荷情形下也有不相同的運動過程。 $0.8W_{max}$  後段運動過程中，伸腕肌群活化情形下降的情形 ( $3.23 \times 10^6 \mu V$  降至  $2.83 \times 10^6 \mu V$ ) 而屈腕肌則呈現上升的情形。實驗結果顯示在高負荷 ( $80\%W_{max}$ ) 的划船過程中，肱二頭肌和伸腕肌較易達到疲勞；而神經肌肉疲勞閾值，可以預測運動過程中，推測肌肉在運動過程中活化以及疲勞的情形 (Goncalves et al., 2010)。

由以上結果可得知，可以利用肌電圖找出肌肉使用習慣，檢測在划船運動中肌肉疲勞的順序，了解重覆性危害風險，可事先預防避免傷害，並可設計運動處方加強訓練。

#### 4. 致謝

本研究由國家科學委員會計畫編號: NSC101-2221-E-039-001-的補助支持，特此誌謝。

#### 參考文獻

1. Candotti CT, Loss JF, Pressi AMS, et al. Electromyography for assessment of pain in low back muscles. *Phys Ther* 2008;88:1061-67.
2. de Vries HA, Moritani T, Nagata A, et al. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics* 1982;25:783-91.
3. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* 1992; 72: 1631-48.
4. Gandier SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001;81:1725-89.
5. Gonçalves EM, Fontes EB, Smirmaul BPC, et al. Neuromuscular fatigue threshold, critical power and anaerobic work capacity under caffeine ingestion. *Int SportMed J* 2010;11:380-8.
6. Mäestu J, Cicchella A, Purge P, et al. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 824-836.
7. Moritani T, Takaiishi T, Matsumoto T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *J Appl Physiol* 1993;74:1729-34.

表 1. 各負荷的相對瓦數和耗竭時間的比較

	60% W <sub>max</sub>	70% W <sub>max</sub>	80% W <sub>max</sub>
時間(Sec)	107.6±36.4	99.4±28.2	88.3±25
瓦數(Watt)	247.3±48.2	288.5±42.5	329.5±40.6

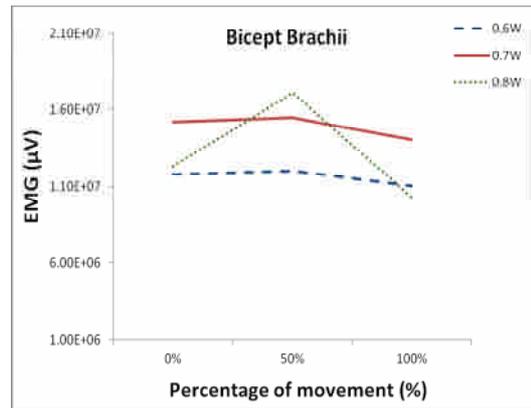


圖 1. 肱二頭肌於不同負荷下肌肉活化的比較

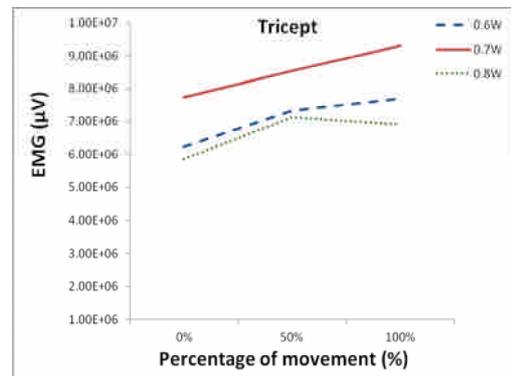


圖 2. 肱三頭肌於不同負荷下肌肉活化的比較

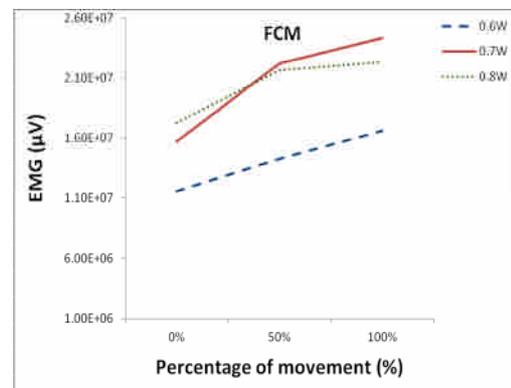


圖 3. 屈腕肌於不同負荷下肌肉活化的比較

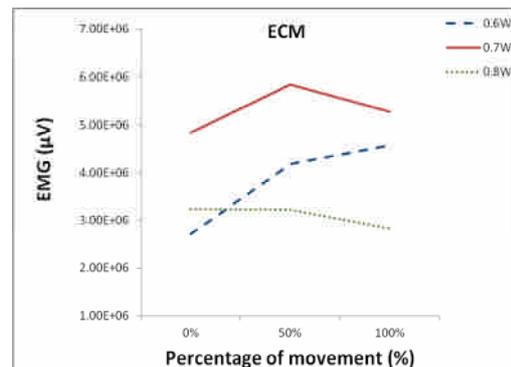


圖 4. 伸腕肌於不同負荷下肌肉活化的比較