

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 不同頻率與振幅的全身振動對西式划船選手股四頭肌群表層肌電活性與運動表現的影響

Effects of Different Whole-Body Vibration Frequencies and Amplitudes on Surface Electromyography Activity of the Quadriceps and Performance in Rowers

doi:10.6127/JEPF.2008.08.02

運動生理暨體能學報, (8), 2008

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (8), 2008

作者/Author： 李佳倫(Chia-Lun Lee);鄭景峰(Ching-Feng Cheng);徐煒杰(Wei-Chieh Hsu);林正常(Jung-Chang Lin)

頁數/Page： 13-24

出版日期/Publication Date：2008/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2008.08.02>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



不同頻率與振幅的全身振動對西式划船選手股四頭肌群

表層肌電活性與運動表現的影響

李佳倫¹ 鄭景峰^{2*} 徐煒杰³ 林正常⁴

¹育達商業技術學院休閒運動管理系 ²國立台灣師範大學運動競技學系

³台北市立體育學院運動技術研究所 ⁴中國文化大學運動教練研究所

摘要

目的：探討全身振動後在划船測功儀上進行 30 秒溫蓋特測驗對股四頭肌表層肌電活性與運動表現之影響。**方法：**14 名優秀男性划船選手（身高 175.60 ± 4.70 公分；體重 76.40 ± 5.20 公斤）以隨機和平衡次序設計進行四種處理，包括高頻率高振幅（HFHA; 30 Hz, 0.6 mm）、低頻率低振幅（LFLA; 15 Hz, 0.375 mm）、高頻率低振幅（HFLA; 30 Hz, 0.375 mm）和無振動運動（CON; 0 Hz and 0 mm）。在振動運動前測驗膝伸肌之最大自主收縮（MVC），之後進行 10×1 分鐘（間歇休息 1 分鐘）的振動或無振動刺激，隨後立即進行 30 秒溫蓋特測驗。在划船測驗中透過表面肌電圖檢測股四頭肌的肌電活性以及使用攝影機記錄划船測功儀螢幕上顯示功率輸出之參數。**結果：**四種處理之間的峰值功率與平均功率輸出皆未達顯著水準（ $p > .05$ ）。慣用腳的均方根肌電訊號在四種處理之間皆未達顯著差異（ $p > .05$ ）。然而，HFLA 處理後，在峰值功率輸出時非慣用腳股外側肌的均方根肌電訊號顯著高於 HFHA 與 CON（ $p < .05$ ）。此外，均方根肌電訊號除以峰值功率所得之商數在四種不同處理之間未達顯著水準（ $p > .05$ ）。**結論：**單次全身振動無法增進無氧運動表現，且 HFLA 振動可能會降低優秀划船選手進行無氧動力測驗時非慣用腳徵召運動單位的效率。

關鍵詞：肌電圖、神經效率、划船、溫蓋特無氧動力測驗

連絡作者：鄭景峰

聯絡電話：(02) 29518274

投稿日期：2008 年 2 月

通訊地址：台北市汀洲路四段 88 號 運動競技學系

E-mail：andes0228@gmail.com

接受日期：2008 年 5 月

結論

問題背景

不論是何種運動項目，肌肉的肌力與爆發力皆與運動表現息息相關，如何提升肌力與爆發力一直是教練與選手關切的議題，也因此，有不少運動科研人員與教練投入心力專研訓練方法，以期締造超越顛峰的運動表現，例如全身性振動訓練（whole-body vibration training）即是作為強化肌力與爆發力的方法之一。Luo, McNamara, and Moran (2005) 指出，振動訓練應用在運動訓練的方式有兩種，一種是將振動器（vibrator）置於肌腹或肌腱上給予直接性的刺激，另一種是透過振動平台（vibrating platform）的震盪間接刺激目標肌肉，後者的振動裝置依據設計原理的不同而有所差異，目前市面上所販售的振動儀器可概略分為無規律性的旋轉凸輪式振動、反覆衝擊式振動、機械晃動產生震盪的蹺蹺板式振動、利用音波擺動原理的振動以及依循正弦曲線原理設計的振動儀器，其中以正弦曲線原理設計的連桿模組振動器的加速度較為平順與穩定（Body Green Technology Co., Ltd [B.Green], 2008）。

Luo et al. (2005) 指出振動訓練法是一種利用機械引起肌肉震盪，以達到刺激神經肌肉系統的效果，其強度取決於振動儀器的頻率與振幅。振動影響肌肉生理的機制是指振動所產生的刺激會透過單突觸（mono-synaptic）和多突觸（polysynaptic）路徑調控神經肌肉系統進一步反映肌肉的活性（Cardinale & Bosco, 2003），意即當肌肉和皮膚受到振動刺激時，肌梭（muscle spindle）會先偵測到肌肉長度發生的改變（Eklund &

Hagbarth, 1966），且肌梭的末梢神經比高爾肌腱器（Golgi tendon organs）的末梢神經更加地敏感，所以肌梭藉由 Ia 感覺神經將訊號傳入至中樞，以及透過機械受器（mechanoreceptors）刺激 α 運動神經元（ α -motoneurons）促進伸張反射路徑（stretch-reflex loop）。再者，振動時的刺激源也會提升 α 運動神經元興奮更多肌肉的運動單位（motor units），進而改變肌肉活動時的肌電圖（electromyography, EMG）反應。

先前探討單次全身振動（whole-body vibration, WBV）的相關研究，顯示單次全身振動能增進動態中的肌肉表現，例如 Cochrane and Stannard (2005) 探討單次全身振動（頻率：26 Hz；振幅：6 mm）對擺臂下蹲跳（counter movement jump with arm swing）與柔軟度的影響，其結果發現單次全身振動能提升柔軟度與擺臂下蹲跳的彈跳高度。Liebermann and Issurin (1997) 以不同運動表現等級的選手在振動運動（頻率：44 Hz；振幅：0.30-0.40 mm）之前後測驗最大反覆肌力（one repetition-maximum strength, 1RM），結果顯示 1RM 的進步幅度依序為奧運選手、國家隊選手、大學選手與業餘選手。此外，亦有學者指出單次全身振動（頻率：30 Hz；振幅：2.50 mm）能顯著增加下蹲跳的跳躍高度（Cormie, Deane, Triplett, & McBride, 2006）以及延長受試者以半蹲姿勢負載重量在全身振動平台上（頻率：26 Hz；振幅：6 mm）的持續時間（Rittweger, Mutschelknauss, & Felsenberg, 2003）。Bosco, Cardinale, and Tsarpela (1999a) 指出，全身振動（頻率：26 Hz；振幅：10 mm）能快速且顯著地提升下肢肌力與手臂屈肌的肌力，

該作者進一步表示，全身振動能誘發神經因子 (neural factors) 的活動導致肌力提升。此外，Issurin and Tenenbaum (1999) 研究顯示振動運動能顯著提升肘部進行向心動作時的最大功率，且振動運動後顯著增加優秀選手之最大功率的 10.4 %，其進步幅度甚至優於業餘選手 (業餘選手提升 7.9 %)。由此可知，單次全身振動可能有助於提升運動員的無氧動力 (ATP-PCr 系統, adenosine triphosphate-creatine phosphated)，但單次全身振動後是否亦有助於提升運動員的無氧能力 (以乳酸系統供能)？值得進一步探討。此外，市面上販售的振動儀器其設計原理皆不太相同，故不同頻率與振幅組合所產生的強度 (g 值) 也不盡相同。有趣的是，何種振動頻率與振幅的組合最有利於運動表現？目前尚未有研究加以說明，也因此成為當前研究的重要課題。以筆者先前使用振動儀 (正弦曲線設計) 的經驗，發現振幅與頻率的組合強度超過 2.5 g 時，人體會產生不適感。因此，在低於 2.5 g 強度下的何種頻率與振幅的組合能有效增進運動表現？是本研究亟欲探討的議題。

另一方面，肌力與爆發力對於西式划船選手而言是不可或缺的訓練要素，其中爆發力取決於有氧能量與無氧能量之間的供應效率 (Mäestu, Jürimäe, & Jürimäe, 2005)。除此之外，已有不少研究使用划船測功儀預測划船選手的運動表現 (Cosgrave, Wilson, Watt, & Grant, 1999; Ingham, Whyte, Jones, & Nevill, 2002; Perkins & Pivarnik, 2003)，包括以划船測功儀進行 30 秒 Wingate 測驗 (30 second Wingate test) 評量划船選手的無氧運動能力 (Riechman, Zoeller, Balasekaran, Goss, & Robertson, 2002)，此顯示划船測功儀使用

於評估划船選手的無氧運動表現已具有一定的信度與效度。然而，筆者綜觀國內外的文獻後發現，目前尚未有實證性研究探討全身振動對西式划船選手無氧運動表現的影響，因此值得深入探究，以期釐清全身振動與無氧運動表現和肌電活性的關係，以提供教練與選手更加瞭解全身振動對無氧運動表現的實質效益。

研究目的

本研究目的在探討不同振幅與不同頻率的全身振動運動對優秀划船選手無氧運動表現與股四頭肌表層肌電活性的急性影響。

操作性定義

本研究的慣用腳是指受試者優先選擇起跳或踢球的腳即為慣用腳，反之，非優先選擇的腳為非慣用腳。

研究方法

研究對象

以台北市立體育學院西式划船隊 14 名優秀男子划船選手 (年齡：20.00 ± 3.10 歲；身高：175.60 ± 4.70 公分；體重：76.40 ± 5.20 公斤；訓練年齡：6.10 ± 2.90 年) 為受試對象。選手群當中有 13 名選手於 2007 年全國運動會男子西式划船競賽中獲得單槳與雙槳等獎項之金牌，餘 1 位選手獲得 2007 年大專盃個人單槳與雙人雙槳金牌。此外，本研究之實驗階段安排在年度訓練計畫的專項準備期，亦即在比賽期之前的 3-4 週完成本實驗。

在正式實驗之前，每位受試者需瞭解實驗須知並確定為身體健康情況良好者後再填

寫受試者同意書。除此之外，本研究要求全部受試者在每次運動測驗前 24 小時避免激烈運動並禁止食用含酒精與咖啡因的食品。

依變項

本研究的依變項包括：

1. 無氧運動表現：在划船測功儀上進行 30 秒 Wingate 測驗的峰值功率、平均功率以及划槳頻率。
2. 股四頭肌群表層之肌電活化程度：以慣用腳或非慣用腳的均方根肌電 (root-mean-square EMG, EMGrms) 訊號為代表。
3. 神經效率 (neural efficiency)：以雙腳的 EMGrms 總值除以相對峰值功率之商數代表神經肌的效率。

實驗步驟

最大自主收縮 (maximum voluntary contraction, MVC)

當受試者完成標準程序之伸展與 10 分鐘划船熱身後，首先以刮鬍刀刮除受試者雙腳股外側肌 (vastus lateralis)、股內側肌 (vastus medialis)、股直肌 (rectus femoris) 及脛骨 (tibia) 部位皮膚表面的毛髮，再以酒精棉片進行消毒與清潔。在 MVC 測驗前確認儀器校正均無誤之後，再以雙片電極片 (兩片電極片之軸心間距為 2 公分) 平行黏貼於股外側肌、股內側肌與股直肌之肌腹，另以參考電極 (ground electrode) 黏貼於脛骨粗隆 (tibial tuberosity) 下方的脛骨皮膚表面，以避免其他雜訊的干擾。

當所有電極片皆黏貼固定後，以 3M 透氣膠帶固定好連接在皮膚表面的訊號電線。在全身振動運動之前，每位受試者需進行雙腳的股外側肌、股內側肌與股直肌之 MVC

測驗。每次 MVC 測驗時間須持續 5 秒鐘，隨後休息 60 秒，共測驗 3 次後再換另一隻腳。MVC 測驗程序是受試者坐在治療台上將雙腳膝蓋靠治療台邊緣自然垂放，膝關節範圍在 90° - 125° ，受試者盡最大努力將腿用力往上抬起，研究人員以雙手按壓受試者之脛前肌 (tibialis anterior) 與腳踝 (ankle) 處用力下壓使受試者維持股四頭肌的最大等長收縮，同時以肌電訊號系統擷取股外側肌、股內側肌與股直肌之肌電訊號。

全身振動運動

本研究以隨機和平衡次序設計進行高頻率高振幅 (high-frequency high-amplitude, HFHA; 30 Hz and 0.60 mm)、低頻率低振幅 (low-frequency low-amplitude, LFLA; 15 Hz and 0.375 mm)、高頻率低振幅 (high-frequency low-amplitude, HFLA; 30 Hz and 0.375 mm) 和無振動運動 (non-vibration exercise, CON; 0 Hz and 0 mm) 四種不同情境之處理，每一種試驗均間隔 2 天以上。MVC 測驗之後約 1-2 分鐘，受試者站上振動儀平台以半蹲姿勢 (膝蓋角度 100° ，髖部 90°) 進行 10 次 1 分鐘的全身振動運動，1 分鐘振動後休息 1 分鐘共 10 次。

無氧運動表現 (Wingate 無氧動力測驗)

當受試者完成 10 × 1 分鐘的振動運動後，立即在划船測功儀上進行 30 秒 Wingate 無氧動力測驗，並參考 Riechman et al. (2002) 設定負荷的方式將划船測功儀的風阻係數 (resistance control dial) 設定在最大值 10，並以 JVC 數位攝影機同步錄影原地划船測功儀的螢幕上顯示每一次划槳的功率輸出 (power output) 參數，同時，在測驗過程中以肌電訊號系統蒐集雙腳的股直肌、股內側

肌與股外側肌之表面肌電訊號。

研究工具

1. 以 Biovision System (Biovision®, Wehrheim, Germany) 肌電訊號系統蒐集表面肌電圖訊號 (surface electromyography signals), 每一個類比電路有獨立的前置放大器模組, 其輸入電阻 (input impedance) 10 GΩ, 共模拒絕率 (common mode rejection ration) 120 dB。

2. 將肌電訊號系統透過 A/D 類比數位轉換卡連線至個人筆記型電腦, 以 DASyLab (Version 6.0, National Instruments, Germany) 軟體分析肌電圖原始訊號。

3. 電極片 (Ag/AgCl ECG Electrodes, MSB Monitrac, Unomeidcal Ltd., Great Britain)。

4. 全身振動訓練儀 (AV-001, B. Green Technology, Co., Ltd., Taiwan), 此儀器是以正弦曲線的原理而設計。

5. 划船測功儀 (Concept II System, Morrisville, VT, USA)。

資料處理與統計分析

肌電訊號的資料處理

1. 肌電圖資料分析

表面肌電圖訊號的取樣頻率設定為 1000 Hz, 並以 DASyLab 6.0 版軟體將肌電原始訊號經帶狀濾波 (band pass filter) 10 Hz-500 Hz 處理後, 再將肌電訊號進行全波整流 (full wave rectifier) 翻正, 最後以軟體內建之運算公式進一步計算 EMGrms 訊號的數據。運算公式如下:

$$RMS = \sqrt{\frac{\int_t^{t+T} EMG^2(t) \times dt}{T}}$$

取得 MVC 最大值的 EMGrms 肌電訊號參數, 分別和 30 秒 Wingate 無氧動力測驗過程中的峰值功率輸出值所對應的 EMGrms 肌電訊號進一步做標準化處理, 得知慣用腳與非慣用腳的標準化 EMGrms (%)。而股四頭肌總值的計算方法是將慣用腳或非慣用腳的股直肌、股內側肌與股外側肌群的 EMGrms 總和除以三個肌群 MVC 的 EMGrms 總和所得之標準化參數。

2. 神經效率分析

在 30 秒 Wingate 無氧動力測驗後, 利用錄影帶回顧分析划船時的平均功率, 以及找出與峰值功率輸出 (peak power output) 相對應之 EMGrms 肌電訊號, 並計算慣用腳與非慣用腳的 EMGrms 肌電訊號平均值。參考 Bosco et al. (1999a) 和 Bosco et al. (2000) 以 EMGrms 除以每公斤體重之功率 (power) 的運算方式作為神經效率的判斷方法。

統計分析

1. 本研究所得資料以 SPSS for Windows 11.0 版統計軟體處理, 以重複量數單因子變異數分析 (repeated one-way ANOVA) 考驗 HFHA、LFLA、HFLA 與 CON 四種處理之間的峰值功率、平均功率、划槳頻率、股四頭肌的 EMGrms 和神經效率的差異, 顯著水準為 $\alpha=.05$ 。全部數據以平均數及標準差呈現。

2. 以 Mauchly's test 球形假設作為本研究之球形檢定的依據, 統計數據若達顯著時以 LSD 法進行事後比較。

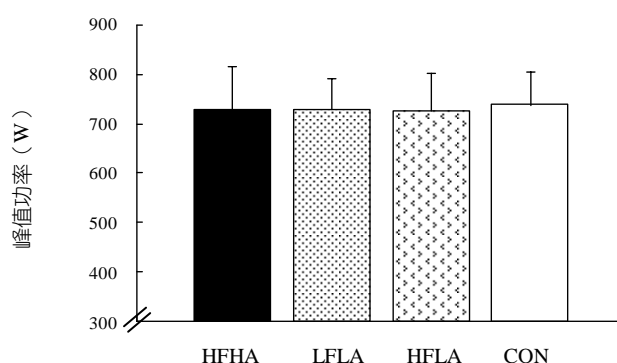
結果

無氧運動表現

受試者接受不同頻率與振幅處理之後，立即在划船測功儀上進行 30 秒 Wingate 無氧動力測驗，並記錄峰值功率與平均功率的參數。從圖一得知，四種處理之間的峰值功率皆未達顯著水準 ($p>.05$)。此外，四種不同頻率與振幅之間的平均功率亦未達顯著差異

(HFHA vs. LFLA vs. HFLA vs. CON; 625.10 ± 63.30 W vs. 635.40 ± 52.30 W vs. 628.30 ± 55.00 W vs. 636.90 ± 52.70 W, $p>.05$)。

另一方面，在 30 秒 Wingate 測驗過程的划槳頻率表現，四種處理之間的槳頻皆未達顯著水準 (HFHA vs. LFLA vs. HFLA vs. CON; 50 ± 5 槳/分鐘 vs. 52 ± 5 槳/分鐘 vs. 50 ± 4 槳/分鐘 vs. 51 ± 4 槳/分鐘, $p>.05$)。



圖一 Wingate 無氧動力測驗之峰值功率

註：HFLA：高頻率低振幅；LFLA：低頻率低振幅；HFLA：高頻率低振幅；CON：控制處理。

股四頭肌表層之肌電活化程度與神經效率

本研究透過肌電圖的資料分析，結果發現在非慣用腳方面，LFLA 全身振動後，非慣用腳的股直肌和股四頭肌總值的 EMGrms 都顯著高於 HFHA ($p<.05$)；在 HFLA 全身振動之後，股外側肌的 EMGrms 顯著高於 HFHA 和 CON ($p<.05$)，股四頭肌總值的

EMGrms 則顯著大於 HFHA ($p<.05$)。此外，四種處理之間的股內側肌皆無顯著差異 ($p>.05$) (見表一)。

慣用腳的股四頭肌肌電活化程度 (見表二)，結果顯示不同振動頻率與振幅之間的股直肌、股內側肌、股外側肌和股四頭肌總值的 EMGrms 皆未達顯著差異 ($p>.05$)。

表一 非慣用腳的股四頭肌肌電訊號反應

	股直肌				股內側肌				股外側肌				股四頭肌總值			
	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON
EMGrms	66.60	83.10*	75.10	69.70	82.70	89.20	93.90	96.00	80.60	82.20	95.70*	79.40	75.50	84.60*	86.80*	78.30
(%)	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	16.50	24.80	19.30	21.10	21.00	25.50	29.10	37.50	15.60	22.60	24.70	12.40	15.00	14.70	18.60	15.40

註：HFLA：高頻率低振幅；LFLA：低頻率低振幅；HFLA：高頻率低振幅；CON：控制處理。
*與 HFHA 達顯著差異 ($p<.05$)；†與 CON 達顯著差異 ($p<.05$)。

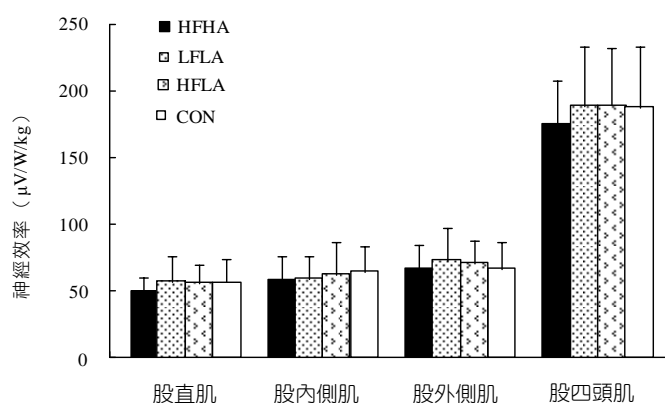
表二 慣用腳的股四頭肌肌電訊號反應

	股直肌				股內側肌				股外側肌				股四頭肌總值			
	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON	HFHA	LFLA	HFLA	CON
EMGrms	65.80	63.60	68.20	66.30	97.00	95.20	83.70	82.40	100.30	95.30	94.00	85.50	74.50	77.70	83.20	77.40
(%)	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	15.10	18.20	14.60	19.10	35.60	33.30	28.00	16.70	27.90	24.70	21.90	26.40	11.90	13.20	15.40	12.90

註：HFLA：高頻率低振幅；LFLA：低頻率低振幅；HFHA：高頻率高振幅；CON：控制處理。

在神經效率表現方面，不論是股直肌、股內側肌、股外側肌或股四頭肌之總值，神

經效率在不同振動頻率與振幅的運動刺激下均未達顯著水準 ($p>.05$) (圖二)。



圖二 不同振動頻率與振幅影響不同肌群的神經效率顯示圖

註：HFLA：高頻率低振幅；LFLA：低頻率低振幅；HFHA：高頻率高振幅；CON：控制處理。

討論

無氧運動表現

14 名男性西式划船選手經四種不同全身振動負荷後立即在划船測功儀上進行 30 秒 Wingate 測驗，結果發現不論是峰值功率、平均功率或划槳頻率皆未達顯著差異。導致無氧運動表現無顯著提升的原因有兩種可能，第一是振動運動強度不足所致。Eklund and Hagbarth (1966) 首先提出透過機械性振動能誘發反射性的收縮，此反應稱之為張力性振動反射 (tonic vibration reflex, TVR)，此

反射與伸張反射相似，皆可透過單突觸或多突觸徵召到更多的運動單位，然而，振動強度不夠可能會無法引起 α 運動神經元的興奮性，進而影響 TVR 的反射機制。雖然本研究採用的振動頻率與 Cardinale and Lim (2003) 發現 30 Hz 可誘發最大反射的振動頻率一致，但由於運動表現未顯著提升，振動強度不足的原因可能也和振幅有關。本研究所使用的振動儀器與其他研究使用的振動儀器之設計原理有些微不同，根據振動儀器公司所提供計算重力加速度 (g 值) 的計算公式，得知本研究之振動強度的 g 值介於 0.17 -

1.09 g 之間，此數值遠低於其他研究的 g 值，例如 Bosco et al. (1999b) 發現 5.4 g 的單次振動強度能顯著提升單腳推蹬的力量，且 Bosco et al. (2000) 和 Cormie et al. (2006) 研究顯示 7 g 和 9 g 的單次振動強度皆可有效增強下蹲跳的表現，因此，增加 g 值（亦即提高振動運動的強度）是否有助於運動表現提升？有待進一步的研究加以瞭解。

根據勞工安全衛生設施規則第 301 條之規定（行政院勞工委員會，2007），振動頻率在 25-30 Hz 左右的全身振動連續暴露 16 分鐘時的安全範圍標準約為 13.4-17 g，然而，根據筆者先前使用振動訓練儀（AV-001，台灣明根公司）之經驗，在該振動儀上實施超過 2.5 g 的強度時，人體會有極度的不舒服感。因此，在考量全身振動實施時的安全性，本研究設定最高強度低於 2.5 g，以避免受試者的不舒服感。然而，本研究並未發現有效提升無氧運動表現的全身振動負荷。因此，後續的研究有必要釐清在安全 g 值範圍內，多少頻率與振幅的全身振動能有助於肌力與爆發力的表現。

第二可能是無氧運動測驗的時間過長所致。先前的研究發現不論是等長式肌肉收縮或動態的肌肉表現，單次振動運動後能顯著提升 5 秒內腕伸肌的 MVC (Curry & Clelland, 1981)、5 秒內膝伸肌的 MVC (Humphries, Warman, Purton, Doyle, & Dugan, 2004)、下蹲跳的高度 (Cochrane & Stannard, 2005; Cormie et al., 2006)、上肢的爆發肌力 (explosive strength) (Issurin & Tenenbaum, 1999) 與 1RM (Liebermann & Issurin, 1997)；但無法增強 1 分鐘腳背屈肌的最大自主收縮力量 (Bongiovanni, Hagbarth, & Stjernberg,

1990)。由此可知，振動運動後進行 30 秒的無氧運動，可能無法提升運動表現。

股四頭肌表層之肌電訊號活性

從表一和表二的肌電活性研究結果可得知，慣用腳經過不同振動頻率與振幅刺激後隨即進行無氧動力測驗的肌電活性並無顯著差異；然而，非慣用腳的股外側肌與股四頭肌群在 HFLA 振動運動後的 EMGrms 肌電訊號數值分別顯著高於 HFHA 或 CON。此外，非慣用腳股直肌經過 HFLA 振動後的 EMGrms 亦顯著大於 HFHA，顯示非慣用腳的股四頭肌肌群可能徵召了更多的運動單位參與作功，亦或肌肉力量的提升。然而，有趣的是不同處理之間的峰值功率與平均功率並無顯著不同。換言之，當無氧運動表現沒有顯著差異的情況之下，被徵召的運動單位增加可能代表肌肉疲勞的現象。周先樂 (2004) 指出，這可能是因為突觸間化學傳遞物的消耗量超過供應量，使突觸傳導發生所謂的疲勞現象。

除此之外，較特殊的現象是慣用腳與非慣用腳呈現不一致的肌電活性結果。Zoladz et al. (2007) 探討不同項目運動員的慣用腳與非慣用腳的能量物質濃度，結果顯示耐力運動員在安靜狀態下，非慣用腳的 ADP (adenosine monophosphate) 濃度 (41.88 μM) 低於慣用腳的 ADP 濃度 (65.61 μM)，由於持續 30 秒的無氧運動會消耗大量的 ATP 與 PCr，ATP 急速減少的結果會導致 ADP 濃度上升進而激活醣酵解 (glycolysis) 系統合成更多的 ATP (馮煒權，1994)，也因此，非慣用腳在低 ADP 濃度值的情況之下，其經由醣酵解系統合成 ATP 的能力可能比慣用腳

低，導致非慣用腳提前疲勞而產生較明顯的肌電活性反應 (Zoladz et al., 2007)。此外，Jacobs, Uhl, Seeley, Sterling, and Goodrich (2005) 發現非慣用腳臀外展肌群 (hip-abduction) 的峰值力矩 (peak torque) 顯著低於慣用腳，且 Heuer (2007) 指出，慣用側肢體的前饋控制 (feedforward control) 與動作準確度表現明顯優於非慣用側肢體。故此，在划船測驗中，可能因為神經控制系統的差異，以及非慣用腳的低力矩值必須與慣用腳維持相當的功率輸出情況下，可能會招募更多的運動單位參與做功進而導致肌電訊號增加。然而，以其他運動型態活動時，慣用腳與非慣用腳的肌電活性表現是否也有類似本研究結果的問題存在？則有待進一步探究。

神經效率

在神經效率表現方面，結果發現不論是股直肌、股內側肌、股外側肌或股四頭肌之總值，在四種處理之間的神經效率皆未有顯著差異存在。高級運動中樞的活動增加會增進神經肌的適應效果 (Milner-Brown, Stein, & Lee, 1975)，此適應現象與長期接受阻力訓練後顯著增加腿部伸肌肌力的效果一致，因此 Bosco et al. (2000) 認為全身振動可能有利於增進神經肌效率 (neuromuscular efficiency)。然而，本研究不同肌群的神經效率表現並未獲得顯著的效果，此結果可能與全身振動的強度和時間有關。例如 Bosco et al. (1999b) 和 Bosco et al. (2000) 的全身振動強度 (g 值) 遠超過本研究的全身振動強度，故無法引起顯著的神經效率可能是本研究的振動強度太低所致。此假設可從神經效率顯示圖中發現一些端倪，例如 HFHA 的平均值

有略低於 LFLA 與 HFLA 的趨勢，顯示高頻率高振幅的振動強度可能具有影響神經效率的潛在能力。

事實上，Bosco et al. (2000) 的假設是根據全身振動與阻力式爆發力訓練的原理相似，因此，該作者認為全身振動能誘發與生物適應有關的神經潛在作用，促進運動單位的同期化作用 (synchronisation activity) (Milner-Brown et al., 1975)、減少神經抑制和增進協同肌的共同收縮 (co-contraction) 進而提升運動表現。

如果上述假設無誤，導致本研究的神經效率結果與其他研究結果相異的原因，除了單次全身振動運動的強度不足之外，其次可能是全身振動的時間過短而無法讓運動神經系統在有限的時間內適應外在環境的刺激。

Rehn, Lidström, Skoglund, and Lindström (2007) 的論述性文章指出，短期振動刺激對肌肉表現的影響並無一致的正面效果；反觀長期的全身振動運動更有助於腿部肌肉表現的發展，因此，如欲增強運動員的肌力與爆發力，長期的全身振動訓練似乎是較合適的訓練策略。值得一提的是 Rehn et al. (2007) 與 Nordlund and Thorstensson (2007) 一致指出，振動運動的相關研究是否包括對照組與平衡次序等設計是造成運動表現結果不一致的原因，有鑑於此，實驗的設計與架構倘若完整，將可提升研究水準與實驗的可信度。

結論

單次全身振動無法提升無氧運動表現，且高頻率低振幅的振動運動可能會降低優秀划船選手進行 30 秒 Wingate 無氧動力測驗時非慣用腳股四頭肌的工作效率。

誌謝

特別感謝台灣明根股份有限公司陳宇助

先生贊助本研究所使用之振動訓練儀。

引用文獻

- 行政院勞工委員會 (2007): **勞工安全衛生設施規則**。2008 年 2 月 15 日, 取自 <http://laws.cla.gov.tw/Get-File.asp?pfid=0000041297&howType=1>
- 周先樂 (2004): **人體生理學**。台北: 藝軒出版社。
- 馮煒權 (1994): **運動生物化學原理**。北京: 北京體育大學出版社。
- B.Green's WWW user survey. (n.d.). Retrieved February 15, 2008, from <http://www.bgreen.com.tw/English/products/general-idea-av01.html>
- Bongiovanni, L. G., Hagbarth, K. E., & Stjernberg, L. (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contraction in man. *The Journal of Physiology*, 423(1), 15-26.
- Bosco, C., Cardinale, M., & Tsarpela, O. (1999a). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79(4), 306-311.
- Bosco, C., Colli, R., Intorini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., & Madella, A. et al. (1999b). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19(2), 183-187.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., & Tihanyi, J. et al. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81(6), 449-454.
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M., & Lim, J. (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 621-624.
- Cochrane, D. J., & Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(11), 860-865.
- Cormie, P., Deane, R. S., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 257-261.
- Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D., & Grant, S. F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Sciences*, 17(11), 845-852.
- Curry, E. L., & Clelland, J. A. (1981). Effects of the asymmetric tonic neck reflex and high-frequency muscle vibration on isometric wrist extension strength in normal adults. *Physical Therapy*, 61(4), 487-495.
- Eklund, G., & Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 16(1), 80-92.
- Heuer, H. (2007). Control of the dominant and nondominant hand: exploitation and taming of nonmuscular forces. *Experimental Brain Research*, 178(3), 363-373.
- Humphries, B., Warman, G., Purton, J., Doyle, T., & Dugan, E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 3(1), 16-22.
- Ingham, S. A., Whyte, G. P., Jones, K., & Nevill, A. M. (2002). Determinants of 2000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 88(3), 243-246.
- Issurin, V. B., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effect of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences*, 17(3), 177-182.
- Jacobs, C., Uhl, T. L., Seeley, M., Sterling, W., & Goodrich, L. (2005). Strength and fatigability of the dominant and nondominant hip abductors. *Journal of Athletic Training*, 40(3), 203-206.
- Liebermann, D. G., & Issurin, V. B. (1997). Effort perception during isotonic muscle contractions with superimposed mechanical vibration stimulation. *Journal of Human Movement Studies*,

- 32(4), 171-186.
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35(1), 23-41.
- Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35(7), 597-617.
- Milner-Brown, H. S., Stein, R. B., & Lee, R. G. (1975). Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38(3), 245-254.
- Nordlund, M. M., & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 12-17.
- Perkins, C. D., & Pivarnik, J. M. (2003). Physiological profiles and performance predictors of a women's NCAA rowing team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 173-176.
- Rehn, B., Lidström, J., Skoglund, J., & Lindström, B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 2-11.
- Riechman, S. E., Zoeller, R. F., Balasekaran, G., Goss, F. L., & Robertson, R. J. (2002). Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake. *Journal of Sports Sciences*, 20(9), 681-687.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M., & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 23(2), 81-86.
- Zoladz, J. A., Kulinowski, P., Zapart-Bukowska, J., Grandys, M., Majerczak, J., & Korzeniewskim, B. et al. (2007). Phosphorylation potential in the dominant leg is lower, and [ADP_{FREE}] is higher in calf muscles at rest in endurance athletes than in sprinters and in untrained subjects. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 58(4), 803-819.

Effects of Different Whole-Body Vibration Frequencies and Amplitudes on Surface Electromyography Activity of the Quadriceps and Performance in Rowers

Lee, Chia-Lun¹ Cheng, Ching-Feng^{2*} Hsu, Wei-Chieh³ Lin, Jung-Charn⁴

¹ Department of Recreational Sports Management, Yu Da College of Business

² Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University

³ Graduate Institute of Exercise and Sports Science, Taipei Physical Education College

⁴ Graduate Institute of Sport Coaching Science, Chinese Culture University

Abstract

Purpose: This study was to investigate the effects of different whole-body vibration (WBV) on the surface electromyography (EMG) activity of the quadriceps and performance during the 30-s Wingate test on a rowing ergometer. **Methods:** Fourteen elite male rowers (height, 175.6 ± 4.7 cm; body mass, 76.4 ± 5.2 kg) were assigned to four treatments by randomized and counter-balanced design, which including the high-frequency high-amplitude (HFHA; 30 Hz, 0.6 mm), low-frequency low-amplitude (LFLA; 15 Hz, 0.375 mm), high-frequency low-amplitude (HFLA; 30 Hz, 0.375 mm) and non-vibration exercise (CON; 0 Hz and 0 mm). Maximum voluntary contraction (MVC) of knee extensors was measured before the treatments, and then the athletes completed the 30-s Wingate test on the rowing ergometer immediately after the 10×1 min (1 min rest interval) vibration or no vibration stimulation. The EMG activities of the quadriceps were measured via the surface EMG and the power output of the screen on the rowing ergometer was recorded using a video camera. **Results:** No significant differences were identified in both peak power and average power output among the treatments ($p > .05$). There were no significant differences on the root-mean-square EMG (EMGrms) of the dominant leg among the treatments ($p > .05$). However, the HFLA had significantly higher EMGrms in the vastus lateralis of the non-dominant leg at the peak power output than the HFHA and CON treatments ($p < .05$). Moreover, the quotient of EMGrms/peak mechanical power had no significant difference among the treatments ($p > .05$). **Conclusion:** This study suggested that a single bout of WBV could not improve the anaerobic exercise performance, and the HFLA treatment might reduce the efficiency of recruited motor units on the non-dominant leg during the anaerobic power test in elite male rowers.

Key words: Electromyography, Neural efficiency, Rowing, Wingate anaerobic power test