

活化後增益作用與肌力對划船運動表現的影響

林展緯*

國立暨南國際大學通識教育中心體育組

*通訊作者：林展緯
通訊地址：545 南投縣埔里鎮大學路 1 號
E-mail: cwlin@mail.ncnu.edu.tw
DOI:10.6167/JSR.202106_30(1).0007
投稿日期：2020 年 5 月 接受日期：2020 年 6 月

摘 要

緒論：探討活化後增益 (post-activation potentiation, PAP) 對於 2,000 公尺划船總時間、平均每 500 公尺時間及槳頻有何影響，並瞭解深蹲及俯臥拉舉最大肌力對划船運動表現的相關性。方法：招募 10 位大專甲組划船選手參與實驗，實驗以平衡次序法比較所有選手完成三種熱身狀況後，2,000 公尺划船測功儀測驗的差別。熱身方式分別為未熱身、模擬比賽熱身以及模擬比賽熱身加上 PAP。模擬比賽熱身包含慢跑及動、靜態伸展，PAP 使用 70% 的 1 RM 進行五次三組的俯臥拉舉及深蹲運動。在正式實驗開始前，選手進行深蹲及俯臥拉舉最大肌力測驗，以一次完整動作的最大重量作為分析參數。最大肌力測試一週後，在室內划船測功儀上進行 2,000 公尺測驗，取 2,000 公尺總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻作為分析使用。以單因子重複測量比較不同熱身狀況之間，2,000 公尺總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻的差異。以皮爾森相關係數瞭解最大肌力與運動表現的相關性。結果：並未發現 2,000 公尺總時間在不同熱身狀況之間達到顯著差異 ($p = .063$)，而模擬比賽熱身加上 PAP 的平均每 500 公尺時間顯著低於未熱身 ($p = .007$) 及模擬比賽熱身 ($p = .042$)，槳頻則未發現三種熱身之間有顯著差異。最大肌力與所有運動表現相關參數皆未達顯著相關。結論：PAP 可以減少 2,000 公尺划船的平均每 500 公尺時間，顯示出 PAP 對於速度表現的效益，教練及選手可以用來提升訓練時的臨界速度或是增進比賽的表現。最大肌力用於評估選手的運動表現或能力時必須謹慎參考。

關鍵詞：槳頻、速度、熱身

壹、緒論

划船運動在奧運會中已有悠久的歷史，是一種強度非常高的競賽。目前奧運划船比賽的距離，無論單人艇或多人艇都是 2,000 公尺 (The World Rowing Federation [FISA], 2019)。具備足夠的肌力才能快速的拉動拉槳產生向前的反作用力讓船體移動，在 2,000 公尺比賽中，平均需要拉槳約 220 ~ 250 槳，所以競賽過程中對於上下肢的肌力來說都是很大的挑戰 (林惠美, 2010)。過去有學者指出，拉槳的力量以及爆發力對於船速表現有非常重要的影響，因此在划船比賽過程中，肌力的表現是關鍵的因素之一 (Sprague, Martin, Davidson, & Farrar, 2007)。

活化後增益 (post-activation potentiation, PAP) 是一種由運動刺激後造成的短暫性肌力增加現象，其中主要機制有兩個，其一為肌球蛋白的磷酸化提升肌纖維的鈣離子 (Ca^{2+}) 敏感度，這樣的效應可以讓橫橋活化的閾值下降、增加肌肉徵招運動單位的速率。另一個機制為提高動作電位在經過突觸連結時的通過率，產生突觸後電位提升，以徵召更多動作單位參與肌肉收縮 (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Lima et al., 2014; Sale, 2004; Tillin & Bishop, 2009)。近年來，研究人員及教練開始運用及研究 PAP 提升運動員的運動表現 (籃球、橄欖球、雪橇及田徑等)，且發現 PAP 對於爆發性的運動表現有很好的提升效果，諸如爆發力、跳躍、短距離衝刺或最大肌力等運動表現。然而尚未有研究探討 PAP 的效果如何影響同時需要最大

肌力及肌耐力的運動表現 (Arias, Coburn, Brown, & Galpin, 2016; Bevan et al., 2010; Gołaś, Maszczyk, Zajac, Mikołajec, & Stastny, 2016; Kilduff et al., 2008; Lima et al., 2014; Sharma et al., 2018)。先前研究使用 5 次 5 秒鐘的最大等長拉槳動作進行 PAP，接著以划船機進行 1,000 公尺划船測驗。結果發現 PAP 組 1,000 公尺的前 500 公尺分段成績顯著優於使用模擬比賽熱身的控制組 (84.4 ± 2.9 秒 vs. 86.1 ± 3.1 秒, $p = .009$, $d = 0.62$)，然而 1,000 公尺總時間並未達到顯著進步 (Feros, Young, Rice, & Talpey, 2012)。此研究使用的 PAP 方式是以划船拉槳動作等長收縮的方式進行，主要目的在於刺激相關肌群的最大肌力，提升划船速度表現。這樣的用力方式雖然可能可以提升最大肌力，但是划船運動並不會以最大力量進行每一次拉槳，所以依此方式造成的 PAP 效果可能無法反映在 1,000 公尺划船表現上。另外，經過 5 次最大等長收縮後可能會產生一定程度的疲勞，進而影響 1,000 公尺整體表現。划船運動需要非常好的肌力及爆發力輸出，然而也要具備良好的肌肉耐力維持後段拉槳的力量輸出，若能夠藉由次大力量的 PAP 提高肌力或是增加運動單位的徵招速率，或許能夠讓每一槳的力量輸出效率更佳，進而提升運動表現。

先前研究發現，拉槳爆發力及力量與拉槳速度有很重要的關係，此研究發現拉槳爆發力與拉槳速度呈現曲線的相關性，當選手最大拉槳峰值達到 3,000 ~ 3,500 瓦，才能產生最高的拉槳速度。但在力量的表現則是與拉槳速度呈現線性負相

關，作者尚未清楚確認其中的因素與機制 (Sprague et al., 2007)。然而有學者指出，最佳的拉槳頻率 (槳頻) 為每分鐘 30 ~ 35 槳，過快或過慢的槳頻對於船體移動的速度並無直接的幫助 (劉慧泉、何國民、汪福寧、許梧雄，1994)。因此，拉槳力量雖然與拉槳速度為負相關，但並無法推論拉槳力量與划船表現的相關性。過去針對 200 公尺單人輕艇競速的研究發現上肢肌力越好，200 公尺完成時間越短 ($r = -0.80 \sim -0.73$) (Pickett, Nosaka, Zois, Hopkins, & Blazeovich, 2018)。此研究結果顯示上肢肌力對於拉槳的表現是有重要的關係，但此研究的運動項目距離僅有 200 公尺，與划船運動的標準距離 2,000 公尺有很大的差異。然而目前尚未有針對划船選手肌力與划船表現的相關性研究。

過去關於 PAP 的研究主要都聚焦在肌力及爆發力的提升，此種效果對於划船運動的影響尚未清楚。藉由提升爆發力相關表現，提高每一槳力量輸出的效能，使運動表現提升，此結果能提供教練及選手在訓練或比賽中使用，提升運動表現。另外，目前仍沒有研究探討最大肌力對於划船表現的影響。因此，本研究參考划船選手在實際重量訓練中最常進行的俯臥拉舉 (bench pull) 以及深蹲 (squat) 進行最大肌力測驗，以瞭解肌力與表現的相關性。綜合以上，本研究目的在於瞭解 PAP 對於划船 2,000 公尺總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻之影響。並藉由相關性分析瞭解上下肢最大肌力與運動表現的關係。由於 PAP 對於肌力及爆發力的提升效果，本研究假設 PAP 對於 2,000 公尺總時間、平

均每 500 公尺時間以及槳頻優於模擬比賽熱身或是無熱身，且最大肌力與運動表現有相關。

貳、方法

一、研究對象

本研究參與者為 10 位國立暨南國際大學男性划船隊選手 (年齡: 19.5 ± 1.2 歲; 運動年資: 5.5 ± 1.2 年; 身高: 177.5 ± 4.8 公分; 體重: 79.5 ± 7.4 公斤)，所有選手皆為大專甲組現役選手。研究開始前填寫基本資料，並向研究參與者解釋實驗目的、流程及安全事項。研究參與者在六個月內無神經肌肉骨骼等影響運動表現之傷害或疾病。

二、實驗設計

本研究採平衡次序法，檢驗未進行熱身、模擬比賽熱身和模擬比賽熱身加上 PAP 對 2,000 公尺總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻的效益。每位研究參與者在開始實驗前一週進行俯臥拉舉以及深蹲最大肌力測驗。開始實驗時，參與者將會被隨機進行三種熱身，包含未熱身、模擬比賽熱身以及模擬比賽熱身加上 PAP，熱身階段結束後開始進行 2,000 公尺划船測功儀最大表現測驗，每種熱身介入間隔 1 週。未熱身狀況與另外兩種熱身狀況在划船實驗開始前，選手可以先在划船測功儀上試拉、調整座椅及腳墊後再接著開始測驗。模擬比賽熱身，進行選手平常訓練或比賽時進行的未標準化熱身，包含慢跑、

靜態伸展(上、下肢伸展動作)及動態熱身(馬克操、動態伸展動作),整個熱身過程約15~20分鐘。模擬比賽熱身加上PAP,則在模擬比賽熱身後進行五次三組70%1RM(1 repetition maximum)的俯臥拉舉及深蹲,運動組間休息5分鐘,重量訓練活化後緊接著開始划船測驗(Beato et al., 2019; Lagrange, Ferland, Leone, & Comtois, 2020),PAP總共約為20~22分鐘。此外,藉由相關性分析瞭解俯臥拉舉以及深蹲最大肌力是否與以上的運動表現有關。

三、測量流程及資料蒐集

(一) 最大肌力測驗

經過15~20分鐘的熱身運動,進行次大重量2~4次的重量訓練動作,隨後開始最大肌力測驗。最大肌力測驗項目為俯臥拉舉以及深蹲。俯臥拉舉動作:選手趴在趴在架架上雙手垂下緊抓槓鈴,動作開始為手肘完全伸展,過程中雙手同時發力,結束動作為手肘屈曲至90度、肩關節水平外展至上臂水平於地面;深蹲動作:深蹲採用背蹲動作,將槓鈴置於肩膀,雙手緊抓槓鈴,開始動作為自然站立,動作開始時,雙腳同時彎曲使重心向下移動,直到大腿水平於地面,接著開始用力向上撐起槓鈴直到完全站直。測驗開始後,每個重量只進行一次動作,起始重量依照過去經驗以及熱身狀況自主決定,直到能夠完整完成一次標準動作的最大重量視為最大肌力(1RM),最大肌力測試流程不超過五次嘗試以避免疲勞造成影響,每次嘗試中間

休息3~5分鐘。收取參數為兩項動作之1RM的重量,單位為公斤。

(二) 2,000公尺划船測功儀測驗

在室內使用划船測功儀(Concept II model D, Concept2 Inc., Vermont, USA)進行測驗。室內空調溫度設定維持攝氏16度,調整面板設定2,000公尺距離。過程中選手教練在場監督選手並給予口頭指導或鼓勵,選手盡最大努力完成2,000公尺測驗。擷取分析資料為划船測功儀提供之2,000公尺總時間、平均每500公尺時間以及平均槳頻。

四、資料處理與統計分析

2,000公尺總時間及平均每500公尺時間以秒為單位,平均每500公尺時間擷取方式是以2,000公尺中的四段500公尺時間進行平均。槳頻為2,000公尺中平均每分鐘的槳數。統計分析以單因子重複測量變異數分析(one-way repeated measurement analysis of variance [ANOVA])比較不同熱身之間2,000公尺總時間、平均每500公尺時間以及槳頻的差異,再以least significant difference test (LSD)法進行事後檢定確定各組之間的差異。最大肌力的數據以深蹲及俯臥拉舉測得之原始重量及體重標準化過後的數值作為分析使用,並使用皮爾森相關性分析瞭解最大肌力與2,000公尺總時間、平均每500公尺時間以及槳頻的相關性。相關係數:0.25以下為無相關;0.25~0.50為低度相關;0.50~0.75為中度相關;

0.75 以上為高度相關。使用 SPSS 25 版進行統計分析，參數以平均值及標準差顯示，顯著水準設定為 $p < .05$ 。

參、結果

一、運動表現

單因子變異數分析結果顯示 2,000 公尺總時間三種熱身之間未達顯著差異。平均每 500 公尺時間在三種熱身之間達顯著差異，事後檢定發現模擬比賽熱身加上 PAP 的時間顯著較未熱身 ($p = .007$) 以及模擬比賽熱身 ($p = .042$) 狀況短。槳頻則沒有發現三種熱身之間達到顯著差異 (表 1)。

二、最大肌力與運動表現的相關性

最大肌力測驗結果為：俯臥拉舉最大肌力： 81.0 ± 6.7 公斤 ($1.03 \pm 0.11\%$ 體重)；深蹲最大肌力： 137.5 ± 16.9 公斤 ($1.74 \pm 0.25\%$ 體重)。相關性分析的部分，深蹲以及俯臥拉舉的最大肌力或是體重標準化的最大肌力都與三種熱身狀況的 2,000 公尺

總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻未達顯著相關 (表 2、表 3)。

肆、討論

本研究探討 PAP 對於 2,000 公尺划船運動表現的效果，同時觀察平均每 500 公尺時間以及槳頻的改變，並瞭解上肢及下肢最大肌力與划船表現的相關性。首先，本研究並未發現 2,000 公尺總時間在三種熱身狀況之間達到顯著差異 ($p = .063$)，而平均每 500 公尺時間則發現模擬比賽熱身加上 PAP 顯著優於模擬比賽熱身 ($p = .042$) 以及未熱身 ($p = .007$)。深蹲以及俯臥拉舉的最大肌力與 2,000 公尺總時間、平均每 500 公尺時間以及槳頻皆無顯著相關。

過去澳洲的學者使用等長收縮的方式進行 PAP 在划船測功儀上進行 1,000 公尺的划船表現，發現 PAP 組 1,000 公尺的前 500 公尺分段成績顯著優於使用模擬比賽熱身的控制組 (84.4 ± 2.9 秒 vs. 86.1 ± 3.1 秒, $p = .009$, $d = 0.62$)。然而，雖然該研究指出 PAP 組的 1,000 公尺總時間進步

表 1 三種熱身方式之划船測功儀表現

熱身方式	2,000 公尺總時間 (秒)			平均每 500 公尺時間 (秒)			槳頻 (槳數/分鐘)		
	平均值	標準差	<i>p</i> 值	平均值	標準差	<i>p</i> 值	平均值	標準差	<i>p</i> 值
未熱身	410.77	13.46	.063	102.65	3.38	.011	33.10	1.37	.693
模擬比賽熱身	408.84	12.70		102.35	3.30		33.50	1.65	
模擬比賽熱身 + 活化後增益	407.61	13.02		101.71 ^a	3.07		33.30	1.77	

資料來源：本研究整理。

註：*p* 值代表三種熱身之間的差異顯著性。

^a 代表事後檢定顯著較未熱身及模擬比賽熱身小。

表 2 俯臥拉舉最大肌力與划船測功儀表現相關性

熱身方式	2,000 公尺總時間 (秒)		平均每 500 公尺時間 (秒)		槳頻 (槳數/分鐘)	
	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值
未熱身						
原始重量	-0.20	.590	-0.20	.581	-0.53	.117
體重標準化	0.20	.588	0.19	.590	0.03	.933
模擬比賽熱身						
原始重量	-0.25	.488	-0.20	.580	-0.40	.248
體重標準化	0.12	.744	0.10	.789	-0.00	.994
模擬比賽熱身 + 活化後增益						
原始重量	-0.15	.687	-0.19	.607	-0.40	.246
體重標準化	10.08	.832	0.11	.763	0.04	.917

資料來源：本研究整理。

註：原始重量為最大肌力測驗測得之數值；體重標準化為原始重量除以體重。

表 3 深蹲最大肌力與划船測功儀表現相關性

熱身方式	2,000 公尺總時間 (秒)		平均每 500 公尺時間 (秒)		槳頻 (槳數/分鐘)	
	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值	<i>r</i> 值	<i>p</i> 值
未熱身						
原始重量	-0.35	.322	-0.35	.319	-0.32	.361
體重標準化	-0.00	.994	-0.00	.993	0.05	.897
模擬比賽熱身						
原始重量	-0.41	.234	-0.45	.189	0.03	.935
體重標準化	-0.09	.809	-0.16	.660	0.23	.518
模擬比賽熱身 + 活化後增益						
原始重量	-0.46	.181	-0.41	.235	0.10	.778
體重標準化	-0.21	.564	-0.13	.727	0.33	.359

資料來源：本研究整理。

註：原始重量為最大肌力測驗測得之數值；體重標準化為原始重量除以體重。

0.8% (1.4 秒)，但並未發現 1,000 公尺總時間有顯著差異 (Feros et al., 2012)。另研究檢驗 PAP 對於 10 秒划船測功儀衝刺表現的影響，結果發現與控制組相比，PAP 對於 10 秒的平均爆發力有顯著的助益 (Doma, Sinclair, Hervert, & Leicht, 2016)。本研究發現模擬比賽熱身加上 PAP 後，平均每 500 公尺時間顯著優於模擬比賽熱身

或是未熱身，2000 公尺總時間則未發現三種熱身之間有顯著差異，這樣的結果與過去文獻相似。PAP 的效果可以提升爆發力輸出表現及發力率，可能有助於增進划船的平均每 500 公尺時間表現 (Gołaś et al., 2016)。然而，衝刺及速度表現的提升或許在長距離的運動中無法產生統計上顯著的效應。其中可能是因為 PAP 的效果主

要反映在啟動階段的爆發力輸出，且為了保留最後衝刺的體能，後續的 1,500 公尺並不會一直維持在最大爆發力輸出的狀態 (Feros et al., 2012)。但若能夠提升絕對速度，在實際比賽場域中，仍然可以讓選手在出發及最後衝刺具備較好的速度優勢。另外，讓選手以更好的臨界速度為基礎進行訓練，提升後段的耐力以維持速度，或許就可以提升整體的運動表現 (Dicks, Joe, Hackney, & Pettitt, 2018)。由於划船測功儀無法記錄準確的分段 500 公尺完成時間，因此可能會限制速度表現的解釋。但在實際訓練中，平均每 500 公尺時間時常被選手及教練當作配速及強度的參考指標，因此本研究選擇使用平均每 500 公尺時間當作速度表現的參數。

先前研究針對健康年輕的划船選手進行固定式或是滑動式划船測功儀的研究發現，無論使用何種划船測功儀，槳頻都是在啟動階段 (0 ~ 500 公尺) 及最後階段 (1,500 ~ 2,000 公尺) 較快，大約每分鐘 35 ~ 40 槳，中間階段 (500 ~ 1,500 公尺) 大約 30 ~ 35 槳，劉慧泉等人 (1994) 的研究則指出，最佳拉槳效率的槳頻為每分鐘 30 ~ 35 槳 (Sarabon, Kozinc, Babič, & Marković, 2019)。此次研究所測得的 2,000 公尺平均槳頻大約為每分鐘 33 槳，雖然並未計算分段槳頻，但與先前的研究接近。本研究未發現三種狀況的槳頻之間達到顯著差異，顯示划船表現的進步與拉槳力量及爆發力的關聯性更大。過去研究針對拉槳爆發力 (拉槳力量 × 拉槳速度) 及整體效率 (3 分鐘划船總做功 ÷ 能量消耗) 的相關性分析發現，拉槳爆發力與划船表現有中度相關，整體效率則未發現

顯著。這樣的結果凸顯拉槳的品質確實對於划船整體成績表現有重要的相關性 (Jensen, Freedson, & Hamill, 1996)。另外，由於本研究的划船選手皆為臺灣大專甲組選手，已經參與划船運動大約 5 ~ 7 年，所以動作的穩定度較高，因應不同的狀況皆能產生出相似的槳頻。針對拉槳力量及爆發力，建議未來研究可以更深入探討 PAP 對於拉槳效率的影響。

目前針對研究最大肌力對於划船運動表現的研究還很有限，僅有一篇探討 200 公尺單人輕艇競速選手的肌力與運動表現的關係。此研究結果顯示，臥推 ($r = -0.80$)、俯臥拉 ($r = -0.76$) 及引體向上 ($r = -0.73$) 與 200 公尺的運動表現有顯著相關，作者認為最大肌力的測驗動作應該使用類似於划船運動的動作進行測驗，以較相似的動作來進行測試可以得到較有意義的最大肌力參數 (Pickett et al., 2018)。本研究選用俯臥拉舉以及深蹲動作進行最大肌力測試，考量划船動作主要為下肢推蹬後產生的力量經由軀幹發力傳導至手臂向後拉，產生一系列的動力傳遞鏈。然而本研究並未發現任何一種狀況的最大肌力與運動表現達到顯著相關，與先前研究並不一致，其中一個因素可能是運動距離及時間的關係。本研究採用 2,000 公尺的運動表現，運動時間大約 6 ~ 7 分鐘，與 200 公尺輕艇的運動距離及時間 (35 ~ 45 秒) 有很大的差異，由於 2,000 公尺划船過程中的拉槳爆發力在出發時最大，接著逐漸下降至最後衝刺前，到最後衝刺階段才又再次提高，因此在划船過程中考量到最後衝刺階段的速度維持，選手並不會以最大力量進行每

一槳的動作，導致無法看到最大肌力表現與運動表現的相關性 (Feros et al., 2012)。另一個可能的因素為最大肌力測驗的動作較為閉鎖式且牽涉較少的動力傳遞因素。划船動作需要下肢接近水平發力，並依靠髖關節及軀幹伸展才能將下肢產生的力量傳遞至上肢，最後由肩關節向後水平外展以及手肘屈曲拉動拉槳。而本研究選用的深蹲動作主要以垂直方向進行動作，軀幹以垂直方向承受阻力，與划船相比較為容易控制及傳遞力量。選手進行俯臥拉舉時，身體與重訓椅可以視為一體，在軀幹被固定好的基礎下，並不需要藉由軀幹傳遞力量，純粹以肩關節及肘關節產生力量，而划船動作則是以軀幹向後伸展的動力為基礎下，上肢接著向後用力，因此作用於拉槳的力量不僅僅是上肢的力量，還包含了軀幹傳遞上來的力量。綜合上述，深蹲及俯臥拉舉的最大肌力測試可能不適合做為單一評估選手運動能力的指標。由於本研究使用的最大肌力測驗動作為重訓動作的深蹲及俯臥拉舉而非等速測力儀，所以可能因為選手個人主觀因素產生一些誤差。

透過先前研究以及本研究的證據，可以確認 PAP 對於各種選手能夠產生提升爆發力、速度、最大肌力及發力率等的立即效果。在練習或比賽中，划船教練及選手可以藉由熱身階段加入重訓動作 PAP 的方式，短暫提升爆發性運動能力後開始進行主要訓練，以最佳的爆發力狀態進行訓練，選手可以達到更高的運動強度及衝刺速度，提升整體運動表現及未來運動表現的發展。但是在實際比賽現場中並不容易取得重量訓練相關器材，建議可以使用彈力

帶或是其他阻力運動器材進行 PAP，也能達到肌力及爆發力提升的效果 (Joy, Lowery, Oliveira de Souza, & Wilson, 2016; Wyland, Van Dorin, & Reyes, 2015)。然而，針對不同種的訓練器材及方法，目前還未有研究針對划船運動表現進行更多的討論，建議未來的研究可以更深入探討其他器材及方式的 PAP 對於划船運動的效果。在使用 PAP 熱身須注意選手的動作品質及訓練量，以安全的方式達到最好的效果。

本研究結果發現，PAP 對於划船測功儀測驗上平均每 500 公尺時間的表現有很好的效益，提升速度表現對於訓練及比賽來說都是非常重要的。然而，並未發現最大肌力與划船運動表現有顯著相關，若以深蹲及俯臥拉舉來評估划船選手的運動能力時，必須更加謹慎。教練及選手可以在平常訓練中利用 PAP 提升爆發力及速度能力，以最佳的臨界速度為基礎進行訓練可能有助於發展運動表現。另外，提升速度也可能讓選手在比賽中的起跑及最後衝線有更好的速度優勢，取得更好的名次。

參考文獻

1. 林惠美 (2010)。槳長對划船運動表現之影響。華人運動生物力學，2，9-15。
[Lin, H.-M. (2010). The effect of oar length on rowing performance. *Chinese Journal of Sports Biomechanics*, 2, 9 -15.]
2. 劉慧泉、何國民、汪福寧、許梧雄 (1994)。對划船運動訓練成績的綜合評價。武漢體育學院學報，1994(3)，12-14。
[Liu, H.-Q., He, G.-M., Wang, F.-N., & Xu, W.-X. (1994). Comprehensive evaluation

- of training results of rowing sports. *Journal of Wuhan Institute of Physical Education*, 1994(3), 12-14.]
3. Arias, J. C., Coburn, J. W., Brown, L. E., & Galpin, A. J. (2016). The acute effects of heavy deadlifts on vertical jump performance in men. *Sports*, 4(2). doi:10.3390/sports4020022
 4. Beato, M., Bigby, A. E. J., De Keijzer, K. L., Nakamura, F. Y., Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2019). Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. *PLoS One*, 14(9), e0222466. doi:10.1371/journal.pone.0222466
 5. Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 701-705. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c7b68a
 6. Dicks, N. D., Joe, T. V., Hackney, K. J., & Pettitt, R. W. (2018). Validity of critical velocity concept for weighted sprinting performance. *International Journal of Exercise Science*, 11(4), 900-909.
 7. Doma, K., Sinclair, W. H., Hervert, S. R., & Leicht, A. S. (2016). Postactivation potentiation of dynamic conditioning contractions on rowing sprint performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(11), 951-956. doi:10.1016/j.jsams.2016.02.017
 8. Feros, S. A., Young, W. B., Rice, A. J., & Talpey, S. W. (2012). The effect of including a series of isometric conditioning contractions to the rowing warm-up on 1,000-m rowing ergometer time trial performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3326-3334. doi:10.1519/JSC.0b013e3182495025
 9. Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., & Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 52(1), 95-106. doi:10.1515/hukin-2015-0197
 10. Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595. doi:10.2165/00007256-200535070-00004
 11. Jensen, R. L., Freedson, P. S., & Hamill, J. (1996). The prediction of power and efficiency during near-maximal rowing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(1-2), 98-104. doi:10.1007/BF00262816
 12. Joy, J. M., Lowery, R. P., Oliveira de Souza, E., & Wilson, J. M. (2016). Elastic bands as a component of periodized resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2100-2106. doi:10.1519/JSC.0b013e3182986bef
 13. Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I. C., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795-802. doi:10.1080/02640410701784517
 14. Lagrange, S., Ferland, P. M., Leone, M., & Comtois, A. S. (2020). Contrast training generates post-activation potentiation and improves repeated sprint ability in Elite Ice

- Hockey players. *International Journal of Exercise Science*, 13(6), 183-196.
15. Lima, L. C. R., Oliveira, F. B. D., Oliveira, T. P., de Oliveira Assumpção, C., Greco, C. C., Cardozo, A. C., & Denadai, B. S. (2014). Postactivation potentiation biases maximal isometric strength assessment. *BioMed Research International*, 2014, 126961. doi:10.1155/2014/126961
 16. Pickett, C. W., Nosaka, K., Zois, J., Hopkins, W. G., & Blazevich, A. J. (2018). Maximal upper-body strength and oxygen uptake are associated with performance in high-level 200-m sprint kayakers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3186-3192. doi:10.1519/JSC.0000000000002398
 17. Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: Role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 386-387. doi:10.1136/bjism.2002.003392
 18. Sarabon, N., Kozinc, Z., Babič, J., & Marković, G. (2019). Effect of rowing ergometer compliance on biomechanical and physiological indicators during simulated 2,000-metre race. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 264-270.
 19. Sharma, S. K., Raza, S., Moiz, J. A., Verma, S., Naqvi, I. H., Anwer, S., & Alghadir, A. H. (2018). Postactivation potentiation following acute bouts of plyometric versus heavy-resistance exercise in collegiate soccer players. *BioMed Research International*, 2018, 3719039. doi:10.1155/2018/3719039
 20. Sprague, R. C., Martin, J. C., Davidson, C. J., & Farrar, R. P. (2007). Force-velocity and power-velocity relationships during maximal short-term rowing ergometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 358-364. doi:10.1249/01.mss.0000241653.37876.73
 21. The World Rowing Federation. (2019). *2019 Complete Rule Book*. Lausanne, Swiss: Author.
 22. Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. doi:10.2165/00007256-200939020-00004
 23. Wyland, T. P., Van Dorin, J. D., & Reyes, G. F. C. (2015). Postactivation potentiation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(11), 3115-3123. doi:10.1519/JSC.0000000000000991

The Effect of Post-Activation Potentiation and Muscle Strength on 2,000 m Rowing Performance

Jan-Wei Lin*

Sports Administrative Organization, Center for General Education, National Chi Nan University

*Corresponding author: Jan-Wei Lin

Address: No. 1, Daxue Rd., Puli Township, Nantou County 545, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: cwlin@mail.ncnu.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202106_30(1).0007

Received: May, 2020 Accepted: June, 2020

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effect of post-activation potentiation (PAP) on the following aspects of rowing performance: 2,000-m rowing time, 500-m average time, and stroke rate. The relationship between rowing performance and the maximum strength in the squat and bench pull was also analyzed. **Method:** Ten experienced rowing athletes were recruited in this study. The athletes underwent three warm-up protocols: (1) no warm up, (2) general warm up, and (3) general warm up followed by PAP in separate sessions at 1-week intervals. One week before the 2,000-m row, the participants performed a 1 repetition maximum (RM) strength test involving the squat and bench pull. After the 1 RM test, the participants used a different warm-up protocol and performed a 2,000-m row on a rowing ergometer; the 2,000-m rowing time, 500-m average time, and stroke rate were recorded. Repeated-measurement one-way analysis of variance was used to measure the difference in 2,000-m rowing time, 500-m average time, and stroke rate between groups. Pearson's correlation coefficients were used to understand the relationship between the maximum strength and rowing performance in the groups. **Results:** No significant effect was found in 2,000-m rowing time among different warm-up protocols ($p = .063$). The 500-m average time was significantly shorter in the PAP group than in the general warm up ($p = .042$) and no warm up ($p = .007$) groups. No significant correlation was found between squat and bench pull performance and 2,000-m rowing time, 500-m average time, or stroke rate. **Conclusion:** PAP was demonstrated to benefit rowing performance in this study. Coaches and athletes can apply this concept in regular training or competition to achieve higher performance by increasing critical speed or sprint performance. An athlete's performance

林展緯

should perhaps not be evaluated through their strength condition because of the lack of correlation between the maximum strength and rowing performance.

Keywords: stroke rate, speed, warm up