

急性低氧划船測功儀測試對競技運動員負荷表現之影響

¹吳聲賓 ²陳佳慧 ¹王月琪 ²張嘉澤

¹國立體育大學 競技與教練科學研究所

²台灣運動能力診斷與訓練調整中心

摘要

本研究目的旨在探討競技運動員在急性低氧環境對其運動能力表現之影響。受試者為 7 名男性大專運動員，平均值年齡 19 ± 3.7 歲，身高與體重分別為 $177\pm 5.7\text{cm}$ 、 $67\pm 8.6\text{kg}$ ，訓練年數為 9 ± 2.5 年。肌肉三大能量來源系統中，10 秒以內之短時間最大運動，主要來源為 ATP-PC 系統或磷化物系統；1-2 分鐘時間左右之最大運動，主要能量來源為 ATP-PC 系統與乳酸系統(醣酵解)之(Neumann,1990)。劇烈運動下，因為乳酸的大量生成，伴隨著氫離子濃度的上昇，將造成體內 pH 值的下降，產生酸化現象。這些能量代謝的中間產物會干擾肌肉的快速收縮、影響神經傳導的速度與阻礙能源的使用，因而造成疲勞現象的發生。Karlsson et al.(1975) 指出乳酸的對肌肉會造成神經傳導及肌肉收縮能力下降，導致肌肉產生疲勞狀態，疲勞狀態下影響肌肉間的協調，而無法維持正常的動作表現。

問題背景

低氧訓練利用高地自然低氧環境或人工模擬對人體所產生的特殊生物效應，配合運動訓練來增加身體缺氧的程度，以調節體內的功能。Dufour等 (2006) 與Ponsot等 (2006) 的研究指出，於低氧環境下進行耐力訓練可使肌肉組織跟體循環系統能力獲得更明顯的提昇。低氧環境耐力訓練能使骨骼肌之粒線體增生(Hood, 2001)、肌細胞葡萄糖轉運體數量增加(Ren, Semenkovich, Gulve, Gao, & Holloszy, 1994)、微血管密度擴大(Gute, Fraga, Laughlin, & Amann,1996)等生理機轉，進而提昇耐力能力。因此，許多運動項目開始藉助低氧環境加強機體的缺氧刺激已成為運動訓練方法之一。

當人體進入低氧環境時，為了適應低氧環境所帶來的刺激，將可能改變其生理的適應能力以及能量提供的路徑，因此在低氧中，受到環境氧分壓下降的影響，將導致身體出現動脈血氧飽和度下降的現象，而此現象將會促使血紅素結合氧氣能力下降，使作用肌群產生氧氣供給不足之情形 (Geiser et al., 2001) 。Friedmann, Bauer, Menold, and Bärtsch (2004) 研究指出，於常氧和低氧環境下進行一小時之持續跑，發現運動中乳酸在低氧環境中高於常氧，但

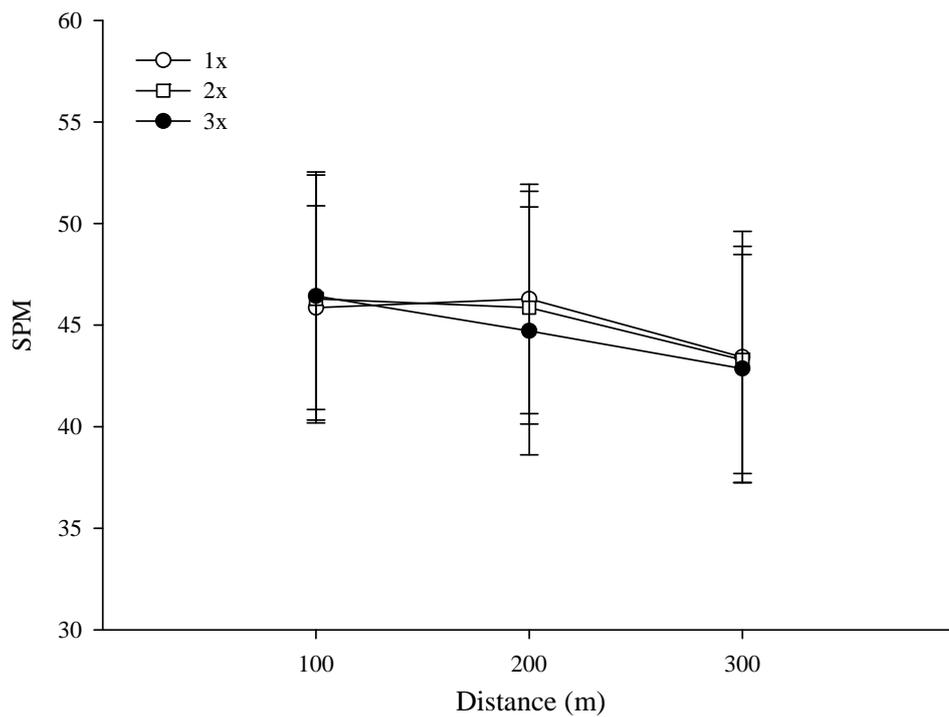
無顯著差異 ($p>0.05$)。Roberts et al. (1996) 以11位沒受過訓練的受試者，分別低氧環境中進行同樣強度的運動，發現在低氧環境運動會造成脂肪使用率下降，以及碳水化合物的代謝率增加；亦增加無氧糖酵解的使用率及心跳率的上昇 (Manfred & Fuchs, 1990)。綜合上述，在低氧環境會因氧氣濃度不足引起生理反應使碳水化合物的代謝率增加及心跳率的上昇等現象，因此本研究目的探討競技運動員在急性低氧環境進行划船測功儀間歇負荷是否影響其運動表現。

研究方法

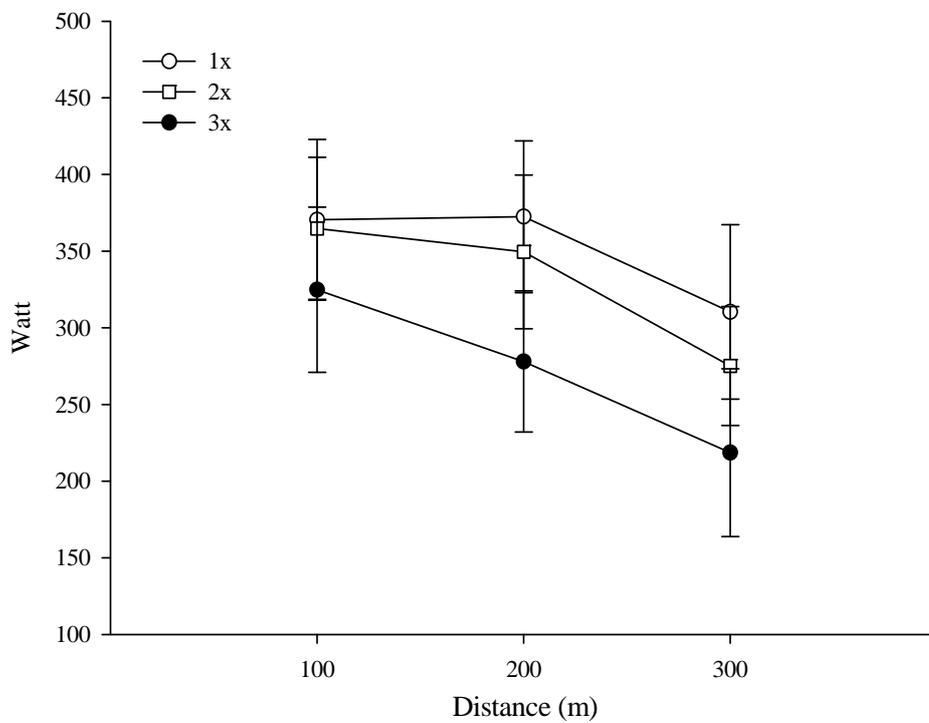
- 一、研究對象：受試者為 7 名男性大專運動員，平均值年齡 19 ± 3.7 歲，身高與體重分別為 $177\pm 5.7\text{cm}$ 、 $67\pm 8.6\text{kg}$ ，訓練年數為 9 ± 2.5 年。
- 二、實驗方式：測試以划船測功儀進行，負荷等級為 Level-4，每位受試者以個人最佳速度進行 3 次 300m (3x300m)測試，每次間歇 3min。

結果分析與討論

圖一為 3 次 300 m 測試槳頻分析，在第 1 段 100 m 槳頻平均值均未達顯著差異。第 3 次 (3x) 槳頻數 (SPM)在第 1 段 100 m 與最後 300 m，平均值分別為 46.2 ± 6.1 、 42.8 ± 5.6 槳，兩次差異-3.4 槳 ($p>0.05$)。300 m 每段槳頻力量輸出功率，在第 3 次(3x)呈現下降趨勢。第 1 段 100 m 在 1x 與 3x 平均值差異-46 Watt ($p<0.05$)，最後 300 m 兩次差異達 -92 Watt ($p<0.05$)，如圖二所示。本研究結果顯示在 3 次 300 m 測試每 100m 分段槳頻數並未呈現大的起伏變化，但每段槳頻力量輸出功率在低氧環境下，選手在第 3 次間歇 300m 後段距離時無法維持高強度的力量輸出狀態；其可能之原因為當人體進入低氧環境時，為了適應低氧環境所帶來的刺激，且作用肌群產生氧氣供給不足之情形 (Geiser et al., 2001)，其能量提供的路徑亦增加無氧糖酵解的使用率 (Manfred & Fuchs, 1990) 此時乳酸將迅速堆積，進而導至疲勞的發生 (Fox, 2002)，因而使其力量輸出下降。



圖一 3 次 300 m 划船測功儀間歇負荷每 100 m 分段之槳頻



圖二 3 次 300 m 划船測功儀間歇負荷每 100 m 分段之力量輸出

結論

在急性低氧環境進行划船測功儀間歇負荷對3次300m每100m分段之槳頻數未達顯著差異，但在力量輸出功率方面，於第3次300m之最後一段300m達顯著下降。

文獻

- 廖英灣、張嘉澤 (2012)。不同負荷型態對無氧閾值之影響。國立體育大學
- 胡永欣、肖國強 (2002)。吸高氧對賽艇運動員大強度運動後血乳酸、酸鹼度的影響。體育學刊，第9卷第6期，52-53頁。
- 邱奕棠、李黛安、陳佳慧、張嘉澤 (2012)。無氧閾值速度對最大乳酸堆積之影響。中華民國運動教練協會春季研討會。國立體育大學。
- 張嘉澤 (2008)。訓練學。台北縣林口鄉：運動能力診斷協會。
- 張嘉澤 (2010)。運動能力診斷與訓練調整。台北縣林口鄉：運動能力診斷協會。
- Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., & Geny, B. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I: Improvement in aerobic performance capacity. *J Appl Physiol*, 100(4), 1238-1248.
- Friedmann, B., Bauer, T., Menold, E. & Bärtsch, P. (2004). Exercise with the intensity of the individual anaerobic threshold in acute hypoxia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1737-1742.
- Geiser, J., Vogt, M., Billeter, R., Zuleger, C., Belforti, F., & Hoppeler, H. (2001). Training high-living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *International Journal of Sports Medicine* 22, 579-585.
- Gute, D., Fraga, C., Laughlin, M. H., & Amann, J.F. (1996). Regional changes in capillary supply in skeletal muscle of high-intensity endurance-trained rats. *Journal Applied Physiology*, 81(2), 619-626.
- Heck, H., Schulz, H. (2002). Method end eranaeroben Leistungsdiagnostik Deutsche Z SportMed 53, 7+8.
- Hood, D. A. (2001). Plasticity in skeletal, cardiac, and smooth muscle: Invited review: Contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 90(3), 1137-1157.
- Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., & Kawahats, K. (1978). Über Das Leistung sverhalten und die Trainerbarkeit im Alter. *Z. Geront*, 11, 312.
- Hollmann, H.; Schürch, P.; Heck, H.; Mader, A.; Rost, R.; Hollmann, W. (1987): Kardiopulmonale Reaktion und aerob anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Dtsch. Z. Sportmed.* 38 (4):144-156
- Karlsson, J., Peterson, F.B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G.. (1975) effect of previous exercise with arm and legs on metabolism and
- Manfred, R., & Fuchs, U. (1990). Höhentaining. *Trainer Bibliothek* 27, Münster Philippka Verlag. 116-118.
- Neumann, G. (1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In: *Das gross Buch vom Laufen*.

- Ponsot, E., Dufour, S. P., Zoll, J., Doutrelau, S., N Guessan. B., & Geny, B. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II: Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. *Journal Appl Physiol*, 100(4),1249-1257.
- Ren, J. M., Semenkovich, C. F., Gulve, E. A., Gao, J., & Holloszy, J. O. (1994). Exercise induces rapid increases in GLUT4 expression, glucose transport capacity, and insulin-stimulated glycogen storage in muscle. *J.Biol.Chem.*,269(20),14396-14401.
- Roberts, A. C., Butterfield, G. E., Cymerman, A., Reeves, J. T., Wolfel, E. E. & Brooks, G. A. (1996). Acclimatization to 4,300-m altitude decreases reliance on fat as a substrate. *Journal of Applied Physiology*, 81(4), 1762-1771.