



兩天急性腳踏車 HIIT 運動負荷應用高濃度氧氣對無氧動力之效果

王律智¹ 張嘉澤¹ 方奕晴²

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

² SPDI 運動能力診斷與訓練調整研究中心

壹、問題背景

現今運動科學的趨勢是利用統計結果及統計係數來做為運動表現的相關性，以及使用面積曲線及正負相關進行運動表現預測 (McCall, Fanchini, & Coutts, 2017)。而早在 Medbo & Tabata (1989) HIIT (High Intensity Interval Training) 便被證實可以有效提升有氧及無氧能力，原因在於 HIIT 會大量消耗體內能量 ATP→AMP 過程中的 AMPK 協助轉錄 PGC-1 α ，促使提升 Type I 肌纖維數量、粒線體數量、脂肪氧化效率、GLUT4、Glycogen (Laursen, 2010)，Tabata et al. (1996) 利用腳踏車測功儀進行 7-8 組 20 s HIIT 訓練，強度設定為 170% 的 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 、組間休息 10 s，結果發現相較於訓練前無氧能力增加 28% ($p<0.01$)、 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 增加 $7 \pm 1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($p<0.01$)，但使用此方法與另一強度設定 (200% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 進行 3-4 組 30 s、組間休息 2 min) 比較，發現更高強度的刺激並沒有更好的訓練效益 (Tabata, 2019)。

氧氣濃度通常為訓練環境須考量的因素之一，對於耐力運動員使用高氧刺激生理恢復或低氧加劇生理刺激是常見的訓練應用，呼吸高氧常被當作運動恢復手段，於訓練中應用可有效提升運動表現，其效果反應在體內肺部氧氣使用率、肌肉代謝、血流分配及中央及周邊神經系統 (Welch, 1982; Cardinale & Ekblom, 2018)。長時間呼吸高濃度氧氣會導致血氧分壓 (PaO_2) 上昇，而血氧分壓 (PaO_2) 與血氧濃度有高度正相關，血氧濃度會直接影響骨骼肌中粒線體的催化反應 (Richardson, Leigh, Wagner, & Noyszewski, 1999)，同時提升神經系統、心肺系統與能量代謝功能 (Sperlich, Zinner, Hauser, Holmberg, & Węgrzyk, 2017)。

過去研究指出運動中處於高氧環境 (FiO_2 -60%) 可以降低粒線體中丙酮酸及 NADH 代謝活性，延緩疲勞發生 (Linossier et al., 2000)，另外針對呼吸不同氧氣濃度 (FiO_2 -21, 30, 40, 60, 80, 100%) 對於運動後血液乳酸排除效果，結果發現氧氣濃度高於 (FiO_2 -60%) 對於無氧耐力乳酸排除與維持血液 pH 值效果較好 (Maeda & Yasukouchi, 1997; Maeda & Yasukouchi, 1998)，在間歇運動中 3 次 300 m 訓練血液 pH 值與動脈血氧濃度 (SaO_2) 呈現正相關，血乳酸濃度與血氧濃度 (SaO_2) 呈現負相關，心跳下降率與動脈血氧濃度 (SaO_2) 呈現正相關，最大心跳率與血液 pH 值呈現負相關，最大心跳率與 200 m 速度呈現負相關 (Nummela, Härmäläinen, & Rusko, 2002)，代表運動強度會同時影響血乳酸濃度、動脈血氧濃度 (SaO_2)、最大心跳率、血液 pH 值與運動表現。

因此本研究將探討兩天 HIIT 訓練呼吸高濃度氧氣對無氧動力之效果。

貳、研究方法

對象

受試者為 6 名健康體育科系學生 (年齡 26.5 ± 2.4 歲、身高 177.2 ± 5.0 cm、體重 78.7 ± 13.2 kg) 每週運動次數 >3 次。

方式

研究測試包括 Wingate test (Pre-Post Test) 與兩天 HIIT 訓練 (呼吸 O_2 -80%)。HIIT 訓練內容為 3 趟 20 秒衝刺訓練 (3×20 s)，間歇休息無阻力模式踩踏 3 分鐘 (3 min)，HIIT 運動負荷以 Wingate test 平均功率 (Average power) 之 80% 設定為訓練強度。統計方法以相依樣本 T 檢定進行 Pre-Post Test 數據分析，所得之數值均以平均數 (Mean) $\pm$ 標準差 (SD) 呈現，統計考驗皆訂為 $\alpha=.05$ 。

參、結果分析與討論

結果分析發現 Peak Power (PP) 在 Pre-Post Test 兩次平均值差異 $+18.5$ Watt ($p>.05$)，但是在 Average Power (AP) 卻呈現 -2.9 Watt ($p>.05$)。血液乳酸堆積濃度在 Pre-Test 為 10.5 ± 1.9 mmol/l，Post Test 則為 10.8 ± 1.7 mmol/l，兩次差異 $+0.3$ mmol/l ($p>.05$)。心跳率 (HR) 在兩次無氧動力測試 (Pre-Post Test) 均未呈現差異 (表-1)。

上述結果分析顯示在 HIIT 訓練呼吸高濃度氧氣 (O_2 -80%) 可以提高受試者峰值功率 (PP)，這種現象表示在無氧負荷下可以提高肌肉的伸縮循環力量。過去進行前後測單次 30 s Wingate test，組間休息 4 分鐘呼吸不同氧氣濃度 (FiO_2 -21, 60, 100%)，結果發現高氧 (FiO_2 -100%) 對於提升 30 s Wingate test 峰值功率 (PP) 效果最好，同時疲勞指數最高 (Kay, Stannard, Morton, & North, 2008)。在相同強度下不同氧氣濃度 (FiO_2 -21, 70%) 經由五週腳踏車訓練，高氧組呈現較低血乳酸濃度，但常氧組體內磷酸肌酸、細胞色素 c-氧化酶、 β -輔酶 A 脫氫酶 (β -HAD) 均高於高氧組，而五週訓練後兩組均大幅增加 Type IIA 肌纖維數量、每跳心輸出量、肺換氣量、攝氧量及改善血氧分壓、血液二氧化碳分壓、血液乳酸濃度、最大心跳率 (Ploutz-Snyder, Simoneau, Gilders, Staron, & Hagerman, 1996)。過去研究發現在高氧環境下訓練 (FiO_2 -60%) 訓練強度可高於常氧組 8.1% (Perry, Reid, Perry, & Wilson, 2005)。以 9 名健康一般人經由六週訓練，每週進行 3 組 10×4 min ($\text{VO}_{2\text{max}}$ -90%) 強度設定 (常氧 21% vs 高氧 60%)，結果發現兩組前後測在肌肉組織中的檸檬酸合成酶 (CS)、 β -輔酶 A 脫氫酶 (β -HAD)、粒線體轉移酶 (m-AST)、最大攝氧量 ($\text{VO}_{2\text{max}}$)、延緩疲勞能力均呈顯著差異，但兩組間未呈顯著差異，作者推論可能原因在於強度設定太低 (Perry, Talanian, Heigenhauser, & Spriet, 2007)。

表-1: Wingate 前後測 (pre-post test) 與運動後乳酸最大值 (La) 及最大心跳率 (HR) 數據分析

	Peak Power PP (Watt)	Average Power AP (Watt)	La (mmol/l)	HR (min^{-1})
Pre-Test	847.7 $\pm$ 159.5	627.2 $\pm$ 103.8	10.5 $\pm$ 1.9	173 $\pm$ 8.2
Post-Test	866.2 $\pm$ 157.8	624.3 $\pm$ 87.2	10.8 $\pm$ 1.7	173 $\pm$ 8.2
Diff.	+18.5	-2.9	+0.3	-
p	>.05	>.05	>.05	>.05

肆、結論

結果分析顯示峰值功率 (PP) 在 Post Test 有上升趨勢，同時無氧動力提升也造成血液乳酸濃度上昇，此種現象與過去文獻相符。但本實驗結果在統計上未達差異，因此建議未來可針對運動員進行此種實驗，並調整強度設定。

參考文獻

Cardinale, D. A., & Ekblom, B. (2018). Hyperoxia for performance and training. *Journal of sports sciences*, 36(13), 1515-1522.

Kay, B., Stannard, S. R., Morton, R. H., & North, N. (2008). Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated wingate cycle performance. *Braz J Biomotricity*, 2(2), 92-100.

Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 1-10.

Linossier, M. T., Dormois, D., Arsac, L., Denis, C., Gay, J. P., Geyssant, A., & Lacour, J. R. (2000). Effect of hyperoxia on aerobic and anaerobic performances and muscle metabolism during maximal cycling exercise. *Acta physiologica scandinavica*, 168(3), 403-412.

Maeda, T., & Yasukouchi, A. (1997). Blood lactate disappearance during breathing hyperoxic gas after exercise in two different physical fitness groups-on the work load fixed at 70% VO₂max. *Applied Human Science*, 16(6), 249-255.

Maeda, T., & Yasukouchi, A. (1998). Blood lactate disappearance during breathing hyperoxic gas after exercise in two different physical fitness groups-On the workload fixed at 130% AT. *Applied Human Science*, 17(2), 33-40.

McCall, A., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2017). Prediction: the modern-day sport-science and sports-medicine “quest for the holy grail”. *International journal of sports physiology and performance*, 12(5), 704-706.

Medbo, J. I., & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67(5), 1881-1886.

Nummela, A., Hämmäläinen, I., & Rusko, H. (2002). Effect of hyperoxia on metabolic responses and recovery in intermittent exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12(5), 309-315.

Perry, C. G., Reid, J. U. L. I. E., Perry, W., & Wilson, B. A. (2005). Effects of hyperoxic training on performance and cardiorespiratory response to exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(7), 1175-1179.

Perry, C. G., Talanian, J. L., Heigenhauser, G. J., & Spriet, L. L. (2007). The effects of training in hyperoxia vs. normoxia on skeletal muscle enzyme activities and exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 102(3), 1022-1027.

Ploutz-Snyder, L. L., Simoneau, J. A., Gilders, R. M., Staron, R. S., & Hagerman, F. C. (1996). Cardiorespiratory and metabolic adaptations to hyperoxic training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 73(1), 38-48.

Richardson, R. S., Leigh, J. S., Wagner, P. D., & Noyszewski, E. A. (1999). Cellular PO₂ as a determinant of maximal mitochondrial O₂consumption in trained human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 87(1), 325-331.

Sperlich, B., Zinner, C., Hauser, A., Holmberg, H. C., & Węgrzyk, J. (2017). The impact of hyperoxia on human performance and recovery. *Sports medicine*, 47(3), 429-438.

Tabata, I. (2019). Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *The Journal of Physiological Sciences*, 69(4), 559-572.

Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., & Miyachi, M. (1996). Effects of moderate intensity-endurance and high intensity-intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. In, Marconnet, P (ed) et al. In First annual congress, frontiers in sport science, the European perspective May (pp. 28-31).

Welch, H. G. (1982). Hyperoxia and human performance: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(4), 253-262.