

壹、緒論

運動會隨著負荷強度不同而改變身體能量路徑，當運動強度提高時，肌肉內氧氣供應不足，導致能量路徑走向無氧糖酵解，乳酸值達到 4 mmol/l 時，稱為無氧閾值 (Anaerobic threshold, AT)。廣泛被運用在體能檢測方式為 Mader et al. (1976) 階梯式負荷，以德國軟體分析有氧-無氧閾值，作為選手訓練計畫與效果之參考。研究指出無氧閾值 (4 mmol/l) 速度須達 3.5 m/s，心跳率 $< 156 \text{ min}^{-1}$ ，為高競技運動員之標準 (Hollmann et al., 1987)。近年來科學的進步，講求在短時間內提昇最佳運動表現，Powers and Howley (1997) 指出，高強度間歇訓練主要目的是促進心臟血管的適應，包括心輸出量、血液含氧量及氧氣運輸。運動員在高負荷劑量，重複接受刺激狀態下，可提昇肌肉對無氧收縮產生適應反應，進而增加無氧糖酵解的活性 (Weicker et al., 1994)。此外，透過常壓低氧訓練可刺激體內血清促紅血球生成素 (sEPO) 與紅血球的生成 (Knaupp et al., 1992; Powell & Garcia, 2000; Schmidt, 2002)，增加骨骼肌內粒線體與微血管的密度 (Desplanches & Hoppeler, 1993; Vogt et al., 2001)。因此，本研究以划船器做一週常壓低氧訓練，探討跆拳道選手於低氧環境訓練後是否能改變無氧閾值 (4mmol/l) 之能力。

貳、研究方法

本實驗研究對象為大專甲組跆拳道選手，男、女生各 3 名，共 6 名受試者，平均身高為 $175 \pm 11 \text{ cm}$ ，體重 $63.3 \pm 8.5 \text{ kg}$ ，年齡 23 ± 1 歲，進行為期一週共 4 次的低氧訓練 ($\text{O}_2 = 13\%$)，訓練器材為划船測功儀 (Concept 2, Model E)。前、後測之效果評估以有氧-無氧閾值 (2-4mmol/l) 作為分析。每次訓練前先以 300 m 慢劃作為熱身，休息 3 min 後再進行 4 x 200 m 的低氧訓練 (女生：300-350 Watt；男生：300-350 Watt)，每趟間歇休息 2 min。

參、結果分析與討論

表-1 為前、後測無氧閾值 (V4)。T2 無氧閾值進步 (V4) 平均為 $3.6 \pm 0.3 \text{ m/s}$ ，心跳率 T2 呈現上昇平均為 $179 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ 。Hollmann et al. (1987) 指出，競技運動員，4 mmol/l 速度 $\geq 3.5 \text{ m/s}$ ，心跳率 $< 156 \text{ min}^{-1}$ 。經過一週低氧訓練，無氧閾值呈現進步，心跳率卻未達標準。Sheffield and Heimbach (1996) 以不同高度對於人體生理反應之研究指出，在低氧環境下會有呼吸率、心跳率以及心輸出量提高之症狀產生。研究指出，人體於低氧環境下訓練，適應之生物效果鏈較常氧環境需要更長時間才能達到穩定狀態，但訓練適應的節奏性仍不明確 (Berglund, 1992)。圖-1 為前、後測無氧閾值比較。受試者共 6 人，Nr.1~Nr.3 為男生，Nr.4~Nr.6 為女生，T1 無氧閾值速度分別為： 3.8 m/s 、 3.7 m/s 、 3.0 m/s 、 3.1 m/s 、 3.6 m/s 、 3.4 m/s ；T2 則為 3.4 m/s 、 4.0 m/s 、 3.6 m/s 、 3.1 m/s 、 3.6 m/s 、 3.7 m/s ，T2 與 T1 差異為 -0.4 m/s 、 0.3 m/s 、 0.6 m/s 、 0 m/s 、 0 m/s 、 0.3 m/s 。此結果顯示，Nr.1 受試者，經過一週低氧訓練，後測呈現退步。Hoppeler, Klossner and Vogt (2008) 指出同樣低氧訓練的環境下，運動員適應的程度有所不同，由此可知，因受試者適應程度不同，而影響結果，但在大部份受試者都呈現進步之情形，表示一週低氧高強度訓練對無氧閾值之改善是有效果的。

表-1：前、後測無氧閾值 (V4)

V4 (m/s)			
O_2 -13%	T1	T2	Diff.
Speed (m/s)	3.4 ± 0.4	3.6 ± 0.3	+0.2
HR (min^{-1})	172 ± 12	179 ± 9	+7

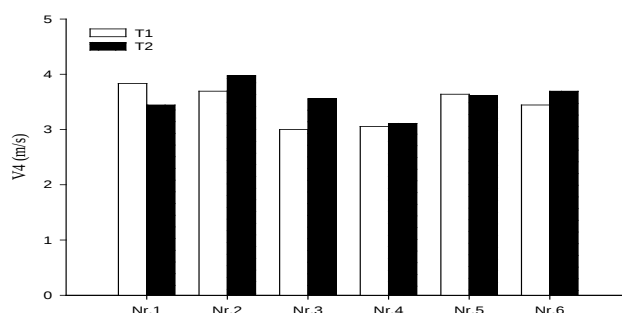


圖-1：前、後測無氧閾值比較

肆、結論

結果分析顯示在短期一週 4 次低氧訓練，超過半數受試者之無氧閾值耐力獲得改善。因此建議在專項期，選手無氧耐力不穩定時，可以應用此研究方式。

伍、結論

- Berglund, B. (1992). High-altitude training. Aspects of haematological adaptation. *Sports Medicine*, 14, 289-303.
- Desplanches, D., Hoppeler, H. (1993) Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on human muscle ultrastructure. *Pflugers Arch.*, (425) 263-267.
- Hollmann, H., Schürch, P., Heck, H., Mader, A., Rost, R., & Hollmann, W. (1987). Kardiopulmonale Reaktion und aerob anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Dtsch. Z. Sportme*, 38(4), 144-156.
- Hoppeler H., Klossner S., Vogt M. (2008) Training in hypoxia and its effects on skeletal muscle tissue. *Scand J Med Sci Sports. Suppl* 1:38-49.
- Knaupp, W., Khilnani, S., Sherwood, J., Scharf, S., Steinberg, H. (1992) Erythropoietin response to acute normobaric hypoxia in humans. *J Appl Physiol.*, (73), 837-840.
- Powell, F., Garcia, N. (2000) Physiological effects of intermittent hypoxia. *High Alt Med Biol.*, (1), 125-136.
- Powers S. K., & Howley E. T. (1997) Calculation of oxygen uptake and carbon dioxide production. In: *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (3rd ed.). Madison, WI: Brown & Benchmark, 477-480.
- Schmidt, W. (2002) Effects of intermittent exposure to high altitude on blood volume and erythropoietic activity. *High Alt Med Biol.*, (3) 167-176.