5 天低濃度氧氣訓練對健康中年愛好運動者力表現之影響 (個案研究)

陳佳慧[1] 楊孟龍[2] 王月琪[1] 張嘉澤[1]
[1]國立臺灣體育大學
[2]高苑科技大學

壹、緒論

隨著年齡的老化，人體的各部位肌肉組織會在質和量漸漸產生改變，因此需要藉由運動來延緩老化與肌力下降之現象。人體在 30 歲左右，許多生理功能開始出現了衰退現象(Curb et al., 1990)，且每增長一歲，生理功能便會衰退 1 %，另外在新陳代謝方面亦會隨之下降，平均每 10 年減少 2~5 %。因此有效的運動方式對於中老年人之健康層面而言，越顯重要。而提昇耐力能力已知可藉由耐力訓練增加骨骼肌之粒線體(Hood, 2001)微血管密度(Ren, Semenkovich, Gulve, Gao, & Holloszy, 1994)等機制的提昇。目前已經有許多健康或是有一些身體疾病之中老年人已經開始從事運動習慣，如慢跑、競走、游泳或腳踏車等之運動方式來維持或提升耐力能力。

Dufour 等人(2006)與 Ponsot 等人(2006)的研究指出，於低氧進行耐力訓練可使肌肉組織跟體循環系統能力獲得明顯的提昇。低氧訓練對骨骼肌之影響主要是增加骨骼肌儲存氧(肌紅蛋白)的能力，並而改善骨骼肌循環，增加粒線體的數量和體積，改善呼吸鏈的功能，促進關鍵氧化酶和抗氧化酶的活性提高。Radziyevsky 等人(1993)對運動員研究於間歇低氧訓練後，安靜時心率和舒張壓降低，每搏輸出量明顯增加；在完成相同負荷時之運動，心跳率之變化較控制組小。Tkatchouk 等人(1993)研究指出間歇低氧訓練可以明顯降低運動時心跳率和肺通氣量，其機制可能是增加了心輸出量來補償讓心跳率降低。Hollmann (1965)指出對於 1968 墨西哥奧運準備時，於實驗室方式進行低氧訓練(2400m)結果顯示：常壓低氧環境，無法改變血液 Hb 濃度但可以快速改善肌肉能量提供路徑。

因此本研究所採用的是常壓低氧以環境氣體控制之方法來進行低氧訓練，其主要探討中年愛好運動者於低氧環境訓練中的生理反應及是否能改善 2-4 mmol/l 基礎耐力能力。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以一位男性健康中年運動愛好者，工作於大專研究所。身高與體重分別為 170 cm 與 62 kg，年齡為 45 歲，無心血管疾病及相關代謝疾病。運動習慣每週 2-3 次，每次從事跑步機持續跑或力量耐力訓練。

二、實驗方法

(一)實驗步驟

基礎測試分別於前測(T-1)與後側(T-2)實施。測試方式：以 Mader 等(1976) 2- 4 mmol/l 有氧-無氧閾值測試；並以德國 h/p/cosmos pulsar 3p 4.0 跑步機執行。測試方式開始負荷為 2.5 m/s，每階持續時間 5 min，每次負荷上昇 0.5 m/s，每階段休息 30 s，並進行耳垂採血(10μl)與心跳率記錄。

訓練檢測(T-3、T-4)：於低濃度氧艙(14%)下進行。以 Mader 等(1976) 2- 4 mmol/l 有氧-無氧閾值測試，分析之 4 mmol/l 無氧閾值速度為訓練強度，訓練型態為持續跑方式，負荷範圍 1 x 3.5 m/s，每次持續時間 15 min；收集之生物參數為運動結束後至 15 min 心跳率與血液乳酸值。

表一 訓練週期

days	1	2	3	4	5	6	7	8	9
檢測與訓練時間	T-1	休息	訓練期					休息	T-4
			訓練檢測 T-2				訓練檢測 T-3		

表二 訓練與檢測方式

訓練器材	訓練方式	訓練環境	訓練內容
跑步機 (Woodway)	持續跑方式	低濃度氧氣艙 (14%)	1 x 3.5 m/s (15 min)

三、資料處理

(一)採集之血液以 EFK 德國製乳酸血糖分析儀，進行分析乳酸與血糖值。測試之全程心跳由 POLAR(610i)心跳偵測器接收，並以其軟體進行傳輸與整理。

(二)有氧-無氧閾值判斷採用德國奧林匹克中心所研發之軟體 Laktat-Explorer。

(三)以 Microsoft Excel 處理本研究所得數據。

參、結果分析與討論

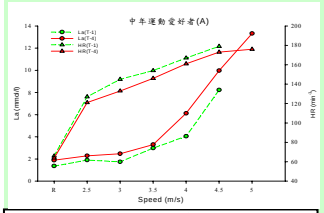
一、5 天低濃度氧氣艙(14%)訓練後有氧-無氧閾值

表-3 為健康中年運動愛好者訓練前(T-1)與訓練後(T-4)基礎耐力有氧-無氧閾值速度與心跳率。經過 5 天低濃度氧氣艙(14%)訓練後，健康中年運動愛好者之有氧閾值(2mmol/l)和無氧閾值(4mmol/l)速度比訓練前增加 0.09 和 0.1 m/s。在心跳率方面只在有氧閾值(2mmol/l)比訓練前下降 3 min^{-1}，無氧閾值(4mmol/l)則上升 5 min^{-1}。在有氧閾值(2mmol/l)心跳率下降之結果與 Tkatchouk 等人(1993)研究指出間歇低氧訓練可以明顯降低運動時心跳率和肺通氣量，其機制可能是增加了心輸出量來補償讓心跳率降低；但在無氧閾值(4mmol/l)卻上升會呈現這各現象的原因是因為受試者在後測時比前測多完成 1 階，強度提高因此心跳率也跟著上升。

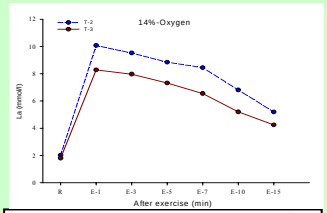
圖一為基礎檢測每階之乳酸和心跳率的變化，可發現受試者經過 5 天於低濃度氧艙(14%)下訓練後，在其測試前後比較發現於心跳率在每階測試均呈現下降，而在乳酸方面每階均比前測上升。因此可以發現對於體循環方面是有訓練效果但在能量代謝方面尚未穩定。

表三 訓練前(T-1)與訓練後(T-4)基礎耐力有氧-無氧閾值速度與心跳率

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	Speed (m/s)	HR (min^{-1})	Speed (m/s)	HR (min^{-1})
T-1	2.23	121	3.5	145
T-4	2.32	119	3.6	150
Diff.	+ 0.09	- 3	+ 0.1	+ 5



圖一 健康中年運動愛好者訓練前(T-1)與訓練後(T-4)有氧-無氧閾值測試之心跳率與乳酸分析



圖二 健康中年運動愛好者於低濃度氧氣艙(14%)訓練之血液乳酸堆積與排除速度

二、訓練測試之血液乳酸堆積與排除速度

訓練測試主要是來判斷適應的時間，圖三為健康中年運動愛好者於低濃度氧氣艙(14%)訓練第一天(T-2)與最後一天(T-3)利用跑步機以持續方式訓練後之乳酸值；可以明顯發現在運動結束後至 15 分鐘均明顯呈現下降趨勢。由於低氧訓練對骨骼肌之影響主要是增加骨骼肌儲存氧(肌紅蛋白)的能力，並而改善骨骼肌循環，促進關鍵氧化酶和抗氧化酶的活性提高，因此乳酸下降。

肆、結論

透過五天低濃度氧氣(14%)訓練對健康愛中年運動愛好者(一)在五天訓練生理適應方面，於體循環和新陳代謝方面產生適應現象(二)有效提升與改善有氧-無氧(2-4 mmol/l)基礎耐力能力。因此於低氧訓練對於愛好運動健康中年人於運動方式的選擇上可以多一個選擇與應用。但為了避免運動危險，對於較少運動者或本身有心血管疾病之中年人不建議應用此方式作為運動訓練。

參考文獻

Curb, J. D., Guralnik, J. M., LaCroix, A. Z., Korper, S. P., Deeg, D., Miles, T., & White, L. (1990). Effective aging: Meeting the challenge of growing older. *Journal of American Geriatric Society, 38*,827

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.

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.

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 akeletal muscle. *Journal Appl Physiol, 100*(4),1249-1257.

Radziyevsky, P.A., Spak, T.V., Bakanychev, A. P., & Polishchuk, N.V. (1993). Changes of functional state and working capacity of kayak paddlers after interval hypoxic training with traditional sports training as a background. *Hypoxic Med Journal 2*, 30-33.

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.

Tkatchouk, E., Kondrykinskaya, I., & Ehrenbourg, I. (1993). Interval hypoxic training: A method of improving occupational health//Prod.24th Congress of the International Commision on Occupational Health. France.Nice.