

題目：V4 訓練對有氧-無氧閾值與高劑量負荷能力之影響

姓名：王月琪

所屬單位：國立體育學院教練研究所

主要聯絡者：王月琪

通訊地址：333 桃園縣龜山鄉文化一路 250 號

連絡電話：0919-933166

電子信箱：wang885010@yahoo.com.tw

V4 訓練對有氧-無氧閾值與高劑量負荷能力之影響

王月琪

國立體育學院教練研究所

摘要

目的：主要在探討 4 mmol/l 無氧閾值速度(V4)訓練對有氧-無氧閾值與高劑量負荷(2.5, 3.5, 4.5 m/s)能力之影響。受試者年齡 45 歲，身高 170 cm，體重 65 kg，每週運動 2-3 次，運動型態為跑步機持續跑與力量耐力訓練。**方法：**以 V4 負荷做間歇無氧閾值訓練，週期為期 2 週，每次間隔 1 天共 6 次訓練時間(5 × 5mins，每次間隔 30 s)。測試考驗為高強度持續跑漸增負荷(2.5, 3.5, 4.5 m/s)每階 5 mins(T1, T3 & T4)，以及基礎耐力 2-4 mmol/l 前後測(T2 & T5)，收集參數為乳酸及心跳率。本研究所得數據以 Microsoft Excel 處理；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 進行分析。以 SigmaPlot 8.0 軟體進行圖形製作。**結果：**在有氧-無氧閾值之速度與心跳率皆呈現退步現象；在高強度持續跑漸增負荷方式測試中最大乳酸有下降之現象，但心跳率則無進步。**結論：**在本研究中之中年受試者使用 V4 的訓練負荷強度對其體循環與新陳代謝方面並無明顯助益，可能是 V4 負荷強度太高所以無法有好的訓練效果產生，因此建議在未來研究中針對中年對象之訓練強度可降低至 4 mmol/l 閾值速度(V4)以下較為合宜，也更為健康。

關鍵詞：有氧閾值、無氧閾值、漸增負荷、乳酸、心跳率、間歇無氧閾值訓練

壹、前言

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，對肌肉功能會造成負面的影響，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。

自從 Hollmann(1959)以換氣轉折點做為無氧閾值的評價，就開始展開了一串以無氧閾值做為研究與訓練應用的研究。經過多年的討論與訓練上的應用，最後以 Mader et al.(1976)4 mmol/l 乳酸值的速度，最具實用性與方便性測試的進行。藉由 Mader(1976)2-4 mmol/l 測試能得到個體有氧-無氧閾值之速度與心跳率，依據此數據來擬定訓練方式，對於訓練目標能更加明確，且在競技運動員及一般人皆適用。

無氧閾值(anaerobic threshold, AT)是指人體運動時的各項生理參數反應判定，確認人體是由有氧運動，開始了無氧性能量參與的運動強度。當在固定的運動負荷下、進行等速度運動時，人體的各項生理反應會出現穩定狀態。無氧閾值與最大攝氧量及運動能力具有高度的相關，Weltmanx 與 Katch(1979)研究指出在 31 名男性受試者，其在無氧閾值與最大攝氧量的相關程度達 0.85。Davis(1979)等人以 9 名中年男性研究無氧閾值的訓練效果，每天踩腳踏車 45 分鐘，共 9 週，結果無氧閾值顯著地增加了。Power 與 Howley(2002)指出無氧閾值不但可因訓練而提升，以無氧閾值做為負荷設定可做為耐力性運動訓練的負荷基準相當有效。鄭景峰、林煉傑與黃憲鐘(2002)的研究中指出，進行高強度有氧訓練在跑步機上，強度為 85 % $\dot{V}O_{2max}$ ，每次 20 分鐘，每週三次，經過 8 週，最大攝氧量並未有改變，但最大心跳率有些微下降的趨勢，因此體能似乎是有受到訓練效果的影響。

因此本研究希望透過 V4 訓練後是否能在高強度持續跑速度變換方式中有維持能力，另一方面為是否能改善 2-4 mmol/l 基礎耐力能力。

貳、研究方法

一、受試者

本研究以一位男性休閒運動愛好者，工作於大專研究所。基本資料：身高與體重分別為 170 cm 與 62 kg，年齡為 45 歲。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、實驗儀器

- (一) 跑步機(h/p/cosmos pulsar 3p 4.0, Germany)
- (二) 德國製乳酸分析儀。
- (三) Polar 錶(610i)心跳偵測儀。
- (四) 碼表、酒精、外科用手套、採血針、採血毛管、紅血球破壞劑。

三、實驗方法

(一) 實驗步驟

首先進行第一次高強度持續跑速度變換測試(T1)做為對照值，隔天在進行前測 2-4 mmol/l 測試(T2)，分析出有氧-無氧閾值速度與心跳率，以 4 mmol/l 無氧閾值速度(V4)訓練週期為期 2 週，共 6 次訓練時間，每次間隔 1 天，訓練一週後再進行第二次高強度持續跑速度變換測試(T3)，2 週訓練結束後進行第三次高強度持續跑速度變換測試(T4)與後測 2-4 mmol/l 測試(T5) (如圖-1)。

(二) 訓練負荷設定

訓練負荷時間 30 min，強度為 4 mmol/l 無氧閾值速度(V4)。訓練型態為持續跑方式，負荷範圍 5 x 3.5 m/s (V4)，每次持續時間 5 mins，間歇休息 40 s。

(三) 運動耐力能力測試

分為高強度持續跑速度變換方式與 Mader (1976)基礎耐力(2-4 mmol/l)兩項(如表-1)。

(四) 參數收集

訓練生物參數樣本觀察為心跳率與血液乳酸；心跳率收集為全程訓練時間，血液乳酸則為每次間歇時間。

◎ 2-4 mmol/l

* 高強度持續跑速度變換

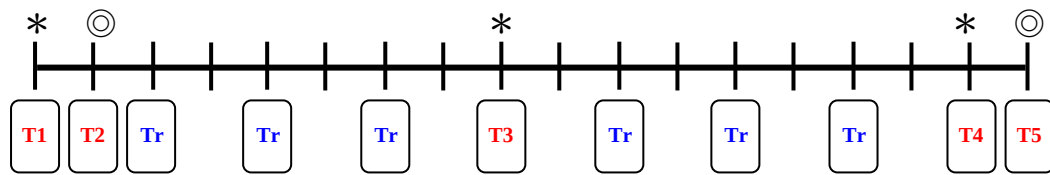


圖-1 訓練週期流程圖

表-1 測試負荷型態與訓練方式

測試	測試與訓練方式	負荷型態
T-1	高強度持續跑速度變換方式	2.5-3.5-4.5 m/s
T-2	2-4 mmol/l	Mader (1976)
T-3	高強度持續跑速度變換方式	2.5-3.5-4.5 m/s
T-4	高強度持續跑速度變換方式	2.5-3.5-4.5 m/s
T-5	2-4 mmol/l	Mader (1976)
Tr	5 x 3.5 m/s	4 mmol/l (V4)

四、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) 以 Microsoft Excel 處理本研所得數據。
- (三) 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 進行分析。
- (四) 以 SigmaPlot 8.0 統計軟體進行圖形分析。

參、結果分析與討論

一、2 週 V4 速度 (5 x 3.5 m/s)持續跑乳酸堆積、心跳率之變化

依據 Mader et al. (1977) 運動負荷在無氧閾值範圍，持續運動將造成乳酸堆積。在相同負荷下(V4)乳酸值應呈現穩定且不超過 4 mmol/l，但在第二週訓練之乳酸值明顯高於第一週(如表-2)。

表-2 2 週 V4 速度 (5 x 3.5 m/s)持續跑乳酸堆積平均值與標準差(mmol/l)

	1x	2x	3x	4x	5x
W-1	3.2±0.13	3.4±0.40	3.7±0.24	3.5±0.34	3.7±0.02
W-2	3.0±1.0	3.4±0.1	4.3±0.8	3.6±0.4	4.2±1.2
Diff.	-0.2	0	+0.6	+0.1	+0.5

表-3 2 週 V4 速度 (5 x 3.5 m/s)持續跑心跳率平均值與標準差(bpm)

	1x	2x	3x	4x	5x
W-1	148±2.3	149±2.2	150±2.4	153±2.6	154±1.9
W-2	151±2.0	152±2.8	153±2.0	156±2.2	156±2.5
Diff.	+3	+3	+3	+3	+2

二、運動耐力能力測試

(一) 訓練前、後基礎耐力有氧-無氧閾值速度與心跳率之差異

乳酸的生成與排除和有氧代謝能力有關(Hollmann et al., 1976)。依據 Mader 等人於 1976 年所提出之 2-4mmol/l 理論，透過測試結果(如表-4)，可得知經由 2 週 V4 訓練後，在有氧-無氧閾值之速度與心跳率皆呈現退步的情形，尤其在有氧閾值的部分差異最大(m/s：-0.9；HR：-23)。其原因可能是受試者在運動後恢復時間不足，導致肌肉和血液無法在短時間內大量完成乳酸的排除，因此影響到恢復其後的運動表現(Klausen, 1972)。

表-4 訓練前與訓練後基礎耐力有氧-無氧閾值速度(m/s)與心跳率(bpm)

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	m/s	HR	m/s	HR
T-2	1.8	108	3.5	150
T-5	0.9	85	2.95	140
Diff.	-0.9	-23	-0.55	-10

(二) 高強度持續跑速度變換方式測試乳酸與心跳率變化

經過兩週 V4 訓練後，最大乳酸產生下降之現象。另外從圖-2 可明顯看出經過持續跑速度變換的負荷方式，有系統的變換有氧與無氧的能量提供系統，在訓練適應方面會顯現出改善能量提供的變換及乳酸排除能力(張嘉澤，2004)。但依照訓練效果理論，T4 曲線應低 T3，且要呈現較穩定排除的狀態，因此從圖-2 中可看出受試者在高強度持續跑速度變換方式測試乳酸排除速度呈現是不穩定。

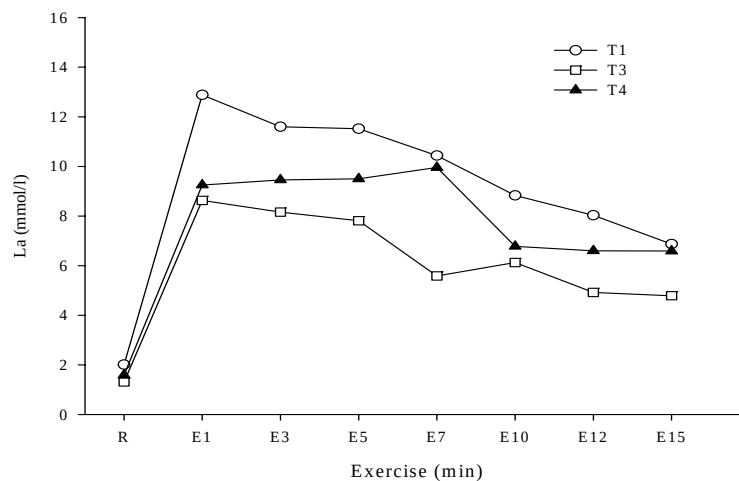


圖-2 高強度持續跑速度變換方式測試乳酸排除速度分析

從本研究結果圖-3中顯示，T4在速度2.5 m/s之心跳率明顯高於T1與T3，在4.5 m/s時則皆無差異；運動負荷結束後第五分鐘T1之心跳率下降最多，T4下降幅度最少。

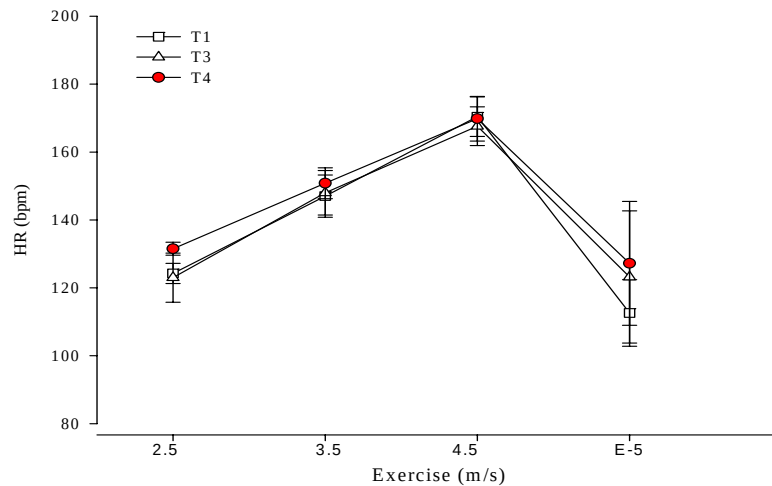


圖-3 高強度持續跑速度變換方式測試心跳率分析

肆、結論與建議

一、結論

(一)利用 V4 速度進行持續跑訓練僅能對在高強度持續跑速度變換負荷中新陳代謝有所幫助，但對體循環方面則無。

(二)本研究之受試者經過 2 週 V4 速度持續跑訓練後，在基礎耐力有氧-無氧閾值之速度與心跳率皆無法產生正向之訓練效果。

二、建議

在本研究中之中年受試者使用 V4 的訓練負荷強度對於其在高強度速度變換及基礎耐力之體循環與新陳代謝方面並無明顯助益，可能是 V4 負荷太高且因疲勞堆積，對於中年人而言恢復時間需再增加，所以無法有正向訓練效果產生，因此建議在未來研究中針對中年對象之訓練強度可降低至 4mmol/l 閾值速度(V4)以下較為合宜，也更為健康。由於本研究只針對個案做一探討，未能對同年齡層之對象做相同推論，因此未來可再增加更多受試者做深入研究探討。

參考文獻

- 林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君(2002)。運動生理學。台北市：麥格羅希爾。
- (Power, S. K, & Howley, E. T., 2001)
- 張嘉澤(2004)。訓練學。未出版之講義，桃園縣，國立體育學院教練研究所。
- 鄭景峰、林煉傑、黃憲鐘（2002）。八週有氧或肌力訓練對身體組成的影響。大專體育學刊，4(2)，179-186。
- 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
- Davis, J. A., Frank, M. H., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged man. *Journal of Applied Physiology*. 46 (6): 1039-1046
- Hollmann, W. (1959). *The Relationship Between pH, Lactic Acid, Potassium in the Arterial and Venous Blood, the Ventilation, PoW and Pulse Frequency During Increasing Sprio-ergometric Work in Endurancetrained and Untrained Persons*. Pan-American Congress for Sportmedicine, Chicago.
- Hollmann, W., Hettinger, T. (1976). Sportmedizin, Arbeits – und rainingsgrundlagen. Stuttgart – New York.
- Klausen, K., Knuttgen, H. G., & Forster, H. (1972). Effect of preexisting high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavia Journal of Clinical Laboratory Investigate*, 30, 415-410.
- Liesen, H.und Hollmann, W.(1981). Ausdaueraport und Stofwechsel. Schorndorf. In: 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整(未出版)。
- Mader, A.; Lisen, H.; Heck, H.; Philippi, H.; Rost, R.; Schurch, P.; Hollamn, W.(1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfahigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmed. 27, (4), 80~88.

Weltman, A., and Katch, V. (1979). Relationship between the onset of metabolic acidosis and maximal oxygen uptake. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 19:135-142

Effects of V4 Training on Aerobic, Anaerobic Threshold and High Intensity Workload

Yueh-chi Wang

Graduate Institute of Coach Science, National College of Physical
Education and Sports

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to investigate the effects of interval anaerobic threshold (4mmol/l speed, V4) training on aerobic and anaerobic threshold and incremental workload (2.5, 3.5, 4.5 m/s). One subject (age: 45 yrs, height: 170 cm, weight: 65 kg) who exercised 2 to 3 times a week including running on treadmill and the endurance strength training participated in this experiment. **Methods:** Subject was trained 6 times by V4 (5 mins $\times$ 5 reps, 30 seconds between reps) for 2 weeks (separated by 1 day). Pre- and post training, subject were accepted 2-4mmol/l test for aerobic and anaerobic threshold (T2 & T5). Pre-, middle and post training, subject was tested by incremental workload (2.5, 3.5, 4.5 m/s, increase speed every 5 mins) (T1, T3 & T4) and collected heart rate and blood lactate during and after test, respectively. The aerobic and anaerobic threshold was analyzed by Laktat-Explorer software, and all the data were charted by SigmaPlot8.0. **Results:** The speed and heart rate of aerobic threshold (2mmol/l) and aerobic threshold (4mmol/l) were all degraded. The maximum lactate after incremental workload was lower after training but the heart rate keep constant. **Conclusion:** The V4 interval training has no benefit to circulatory and metabolism system for middle-aged man. We conjecture that V4 workload was too high to improve performance for middle-aged man. In the future, we will decrease training intensity ($<V4$) for middle-aged man.

Key Word: aerobic threshold, anaerobic threshold, incremental workload, blood lactate, heart rate, interval anaerobic threshold training