

Diagnosis of Anaerobic Threshold (4 mmol/l) and Training Effect

Lee Ya-Hui Jang Jia-Tzer
National College of Physical Education and Sports

Abstract

The purpose of this study is as follows: (1) Use anaerobic threshold as the standard of training intensity; (2) Assess the effects of it. 8 female middle-distance contestants in SCVS were selected as the subjects of this study. The average age, height, weight, and training age are 18.5 ± 3.0 years, 161.4 ± 5.0 cm, 49.3 ± 6.1 kg, and 6.0 ± 4.2 years, respectively. The pretest-posttest design was employed in this study. All contestants accepted the 2-4mmol/l examine as the pretest. According to physiological adoption theory, posttest was conducted 5 weeks later. Lactic acid the HR are measured and recorded in each stage. The data were analyzed by t-test, SPSS For Windows 10.0 was implemented. The result shows that: lactic acid value are significant differences ($p < 0.001$) in the posttest; also significant in the HR ($p < 0.05$). Data were also analyzed by Laktat-Ecprot lactic acid threshold software, the difference between pretest and posttest of aerobic threshold (2mmol/l) rate, HR, and anaerobic threshold (4mmol/l) rate are 0.4 m/s, 6 min^{-1} , and 0.2 m/s, respectively. In conclusion, we could see the improvement in physical strength and lactic acid metabolic rate among the contestants.

Keyword: Anaerobic threshold, Training diagnosis, Training effect, Middle-distance race

無氧閾值 4 mmol/l 診斷與訓練效果

李雅惠、張嘉澤
國立體育學院

摘要

本文主要目的，一、藉助無氧閾值(Mader)做為訓練強度的設定；二、應用無氧閾值做為訓練效果評價。本研究以國立三重商工田徑隊 8 位中距離女選手為對象，年齡 18.5 ± 3.0 歲，身高 161.4 ± 5.0 公分，體重 49.3 ± 6.1 公斤，訓練年齡 6.0 ± 4.2 年。測試方法是採用(Mader, 1976)階梯式測試法，選手們先經前測(2-4mmol/l 檢測)後，再經 5 週的訓練進行後測(訓練效果評估)，後測是依據生理適應原理(4-6 週)為人體的適應週期，測量及記錄選手每階之血乳酸、心跳率。實驗所得之各項生物參數以統計軟體 SPSS for Windows 10.0 版，進行 t-test。本研究結果顯示在比較兩次測試曲線移動，後測(Test-2)血乳酸值低且向右移且顯著性達 $P < 0.001$ ；心跳率在前測 (Test-1) 與後測 (Test-2) 達到 $P < 0.05$ 的顯著性差異。經 Laktat-Ecprot 乳酸閾值軟體分析，有氧閾值 2mmol/l 的速度在 Test-1 與 Test-2 之間差異 0.4m/s，心跳率差異在 6min^{-1} ，而無氧閾值 4mmol/l 的速度在 Test-1 與 Test-2 之間差異 0.2m/s，心跳率差異在 6min^{-1} ，由以上結果得知選手們的體能增加及乳酸代謝率提高了。

關鍵字：無氧閾值、訓練診斷、訓練效果、強度設定、中長跑

一、緒論

徑賽中距離 800m 與 1500m 項目，在許多的研究 (Neumann 1991, Weicker et al. 1993, Heck et al. 1990) 指出：其能量來源，無氧糖酵解佔大部份。依據無氧的能量代謝路徑，由葡萄糖的分解進入丙酮酸 (Pyruvate)，其中間產物是“乳酸”。而乳酸濃度提昇，血液之 pH-值將下降，糖酵解的鑰匙酶 (PFK) 活性也將受到抑制。此時人體安全機制啟動，肌肉的收縮能力下降，運動員想提昇速度也無法達到。無氧糖酵解的能力是可訓練的 (Zintel 1994)，經專項耐力訓練，可以減少乳酸的堆積與加速排除。要提昇無氧的能量獲得，先決條件是要增加糖酵解酶的活性。其主要提昇 Phosphofructokinase (PFK) 與 Pyruvate dehydrogenase (PDH)。

自 Hollmann (1959) 以換氣轉折點作為無氧閾值的評價開始，就打開了以無氧閾值作為研究與訓練應用的序幕。先後有 Mader et al. 1976, Keul et al. 1979, Stegmann et al. 1981, Simon et al. 1981 的理論提出。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，最具實用性與方便測試進行。本實驗也將採用 4 mmol/l 乳酸值的速度測試，作為訓練效果的評價。

二、方法

(一) 參與者

以國立三重商工田徑隊 8 位中距離女性選手為對象，介於 15-24 歲，平均年齡在 18.5 ± 3.6 歲；身高與體重在 161 ± 5.04 公分及 49.2 ± 6.1 公斤；訓練經歷 5.9 ± 4.17 年 (表 1)，進行為期 5 週的訓練。

表 1：受試者人體測量資料 (anthropometric data)

參與者 (Nr.)	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	訓練年齡 (年)
1	17	164	46	4
2	17	158	49	1.5
3	15	156	45	1.7
4	15	154	43	3
5	16	162	46	5.5
6	24	168	62	12
7	23	167	54	11
8	21	162	54	9
$\pm$ SD	18.5 ± 3.6 歲	161.4 ± 5.04 公分	49.3 ± 6.1 公斤	5.96 ± 4.1 年

(二) 實驗器材與程序

事先連繫受試者，約略說明整個實驗過程，初步取得受試者同意之後，讓受試者填寫基本資料單。實驗主要使用儀器有：(1) YSI 1500 乳酸分析儀 (2) Polar 錶 (610i) (3) 圓錐筒 (4) 速度控制器 (5) 酒精、衛生紙、毛管、採血針、手套 (外科用) 及 300 m 運動場地等用具。

測試之前，受試者帶上 Polar 錶 (610i)，並且於耳垂採 20 μ l 血液，做為安靜值乳酸檢驗。熱身結束後，受試者在 300 m 運動場上以 2.5m/s 的速度開始進行第一階測試。階與階之間休息 30 s (採血與心跳率記錄)，每階速度上昇 0.5 m/s。每階持續時間為 5 分鐘，測試進行至受試者所能承受之最高負荷 (all-out)。為了速度控制，在 300 公尺的操場上測試，場地上每 50 公尺，放上一個圓錐筒做為受試者配速用。第二次測試，將依據生理適應 (adptation) 原理 (4-6 週)。在第 5 週進行第二次測試。

(三) 資料處理

實驗所得之各項生物參數 (La, HR) 將以統計軟體 SPSS for Windows 10.0 版，進行 t-test 。無氧閾值分析，採用德國奧林匹克中心所研發之 Laktat-Exprot 共用軟體，曲線圖形製作，採用 SigmaPlot 8.0 版。

三、結果與分析

在 Mader 2-4 mmol/l 的階梯式測試，最大乳酸值達到 8.49 mmol/l (Test-1) ，其心跳率在 202 min^{-1} ；Test-2 的最大乳酸值與最大心跳率在 8.38 mmol/l 與 $215/\text{min}^{-1}$ (圖-1 與圖-2) 。

經 Laktat-Exprot 乳酸閾值軟體分析，有氧閾值 2 mmol/l 速度在 Test-1 的平均值 $3.2 \pm 0.49 \text{ m/s}$ ，其心跳率 $160 \pm 9.14 \text{ min}^{-1}$ ，而無氧閾值 4 mmol/l 速度平均值與心跳率分別為 $4.3 \pm 0.24 \text{ m/s}$ 與 $184 \pm 7.5 \text{ min}^{-1}$ 。在 Test-2 的有氣-無氧閾值速度與心跳率則為 $3.6 \pm 0.33 \text{ m/s}$ $154 \pm 8.8 \text{ min}^{-1}$ 與 $4.5 \pm 0.27 \text{ m/s}$ $178 \pm 3.4 \text{ min}^{-1}$ (表-2)。有氧閾值 2 mmol/l 的速度在 Test-1 與 Test-2 之間差異 0.4 m/s ，心跳率差異在 6 min^{-1} 。

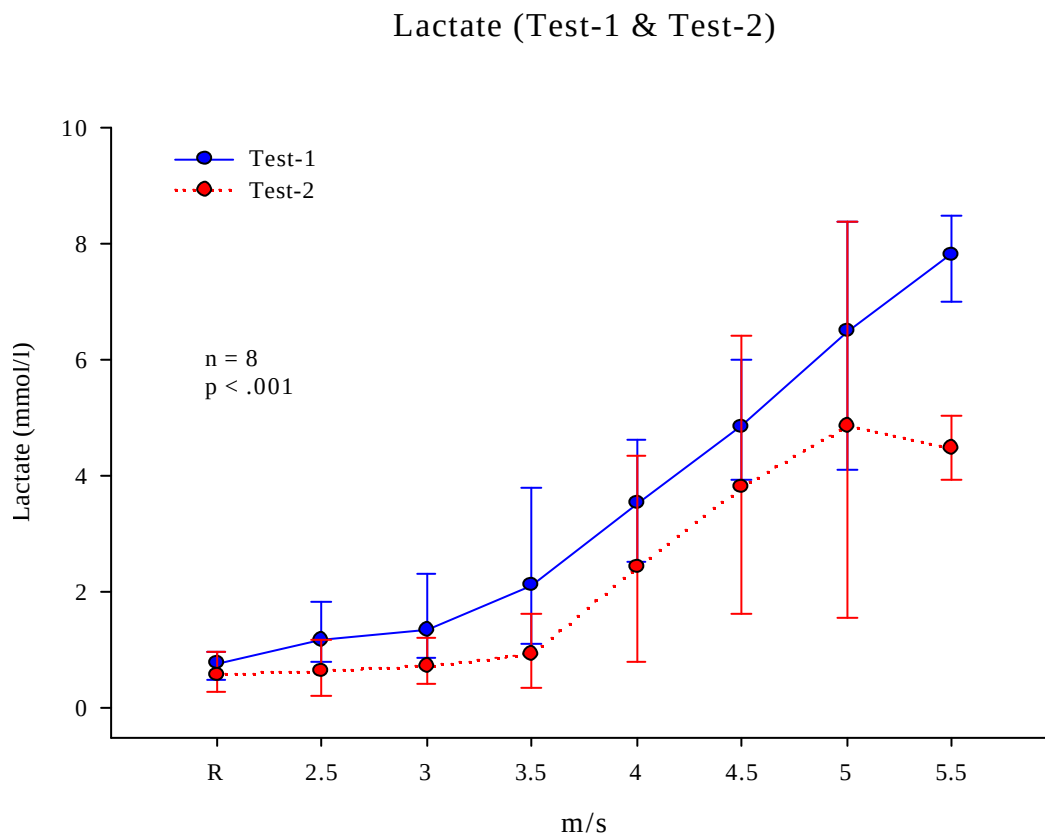


圖 1：Mader 階梯式測試，最大乳酸值在 5.5 m/s (Test-1) 出現。比較兩次測試曲線移動，Test-2 乳酸值低且向右。

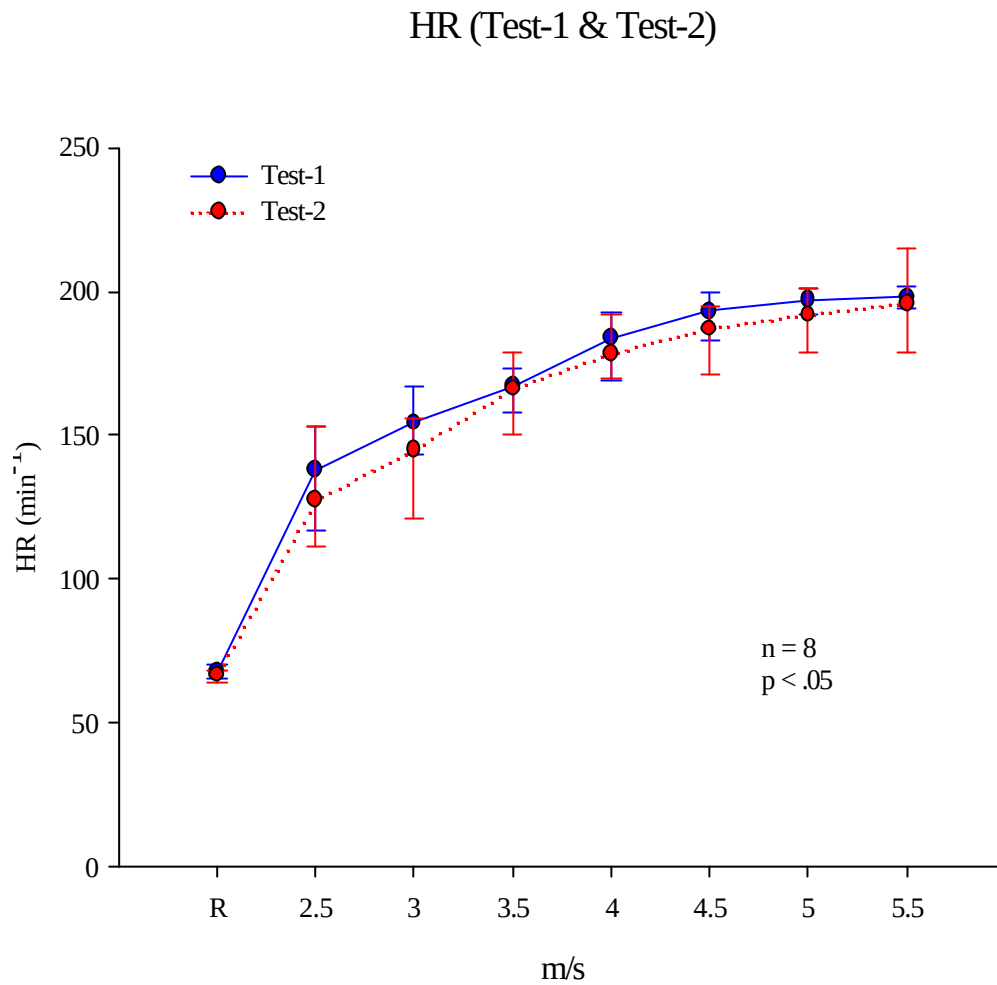


圖 2：最大心跳率的顯現是在最後階段 5.5 m/s，達到 215/min⁻¹ (Test-2)。心跳率在 Test-1 與 Test-2 達到 p< 0.05 的顯著性差異。

表-2：Test-1 與 Test-2 有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 的平均值 (M)，標準差 (±SD) 與差異 (diff.)

	有氧閾值 (2mmol/l)		無氧閾值 (4mmol/l)	
	m/s	HR (min ⁻¹)	m/s	HR (min ⁻¹)
Test-1	3.2 ± 0.49	160 ± 9.14	4.3 ± 0.24	184 ± 7.5
Test-2	3.6 ± 0.33	154 ± 8.8	4.5 ± 0.27	178 ± 3.4
diff.	+0.4	-6	+0.2	-6

四、結論

運動訓練效果是每位教練及選手追求的目的。目前教練最迫切想知道是如何訓練才能達到最佳的訓練效果。早在 1976 德國就已開始應用有氧-無氧閾值 2-4mmol/l 診斷於訓練的調整控制。

本研究結果如下：

- (一) 經 Laktat-ecprot 乳酸閾值軟體分析，有氧閾值 2mmol/l 的速度在 Test-1 與 Test-2 之間差異 0.4m/s，心跳率差異在 6 min^{-1} ，而無氧閾值 4mmol/l 的速度在 Test-1 與 Test-2 之間差異 0.2m/s，心跳率差異在 6 min^{-1} 。
- (二) 在比較兩次測試 Test-1 與 Test-2 後血乳酸值顯著性達 $P<0.001$;心跳率顯著性達 $P<0.05$ 。

由以上兩點可得知本研究的受試者體能增加及乳酸代謝率明顯提高，這與 1976 年德國的研究相符合，因此國內可應用這種無氧閾值 4mmol/l 診斷與訓練效果方式，也可多增加一種科學的訓練方法參考。

參考文獻

- 林順安(民 90)：中距離賽跑與能量需求，中華體育，第三期，47-53。
- 林文郎、何忠鋒(民 87)：血乳酸與運動之探討，大專體育，第四十期，115-124。
- 林文強編著(民 87)：運動負荷的生化評定，廣州：廣東高等教育出版社。
- 馮煒權編著(民 85)：運動訓練生物化學，北京：北京體育大學出版社。
- 蔡崇濱(民 82)：血乳酸測量在跑步訓練上的應用，中華體育，第四期，89-102。
- 蔡崇濱、涂國誠(民 90)：羽球訓練負荷的生化評定，體育學報，第三十輯，247-255。
- Heck, H. (1990).: Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Schorndorf.
- KEUL, J., G. SIMON, A. BERG, H.-H. DICKHUTH, I. GOERTTLER, R. KÜBEL: Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. Dtsch. Z. Sportmed. 30(7): 212-218 (1979).
- MADER, A., H. LIESEN, H. HECK, H. PHILIPPI, R. ROST, P. SCHÜRCH, W. HOLLMANN. (1976) : Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin 27(4): S. 80-88.
- Neumann, G. (1991): Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht. Leistungssport 21, S. 29-31.
- STEGMANN, H., W. KINDERMANN, A. SCHNABEL: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. Int. J. Sports Med. 2(3): 160-165 (1981).
- Simon, G.A.; Berg, A.; Dickhuth, H.; Simon, Alt A.; Keul, J. (1981).: Bestimmung der anaeroben Schwelle in abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. Dtsch. Z. Sportmed. 32: 7-14
- Weinecker, H.; Strobel, G. (1993): Sportmedizin: Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. S. 58-60.

Zintl, F. (1994): Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. S. 40-45.