

徑賽中長距離快速耐力訓練與效果判斷藉助 Mader 2×Test

葉明春 Yeh Ming-Chun

國立台灣體育學院 體育研究所 研究生

呂欣善 Lu Xin-Shan

國立台灣體育學院 運動健康科學學系 教授

張嘉澤 Jang Jia-Tzer

國立體育學院 教練研究所 助理教授

摘要

快速耐力是中長距離選手必備之能力。快速耐力的能力在於心肺與肌肉能量系統，這兩種系統提昇，即可維持長時間高速度。本研究主要目的：在於測試與應用訓練之方式，及快速耐力能力判斷。受測者為男性徑賽(N=6 人)，平均年齡 16.8 ± 0.4 歲，訓練平均年數為 4.02 ± 0.1 年，體重 64.0 ± 6.0 公斤。測試分成兩次進行，第一次與第二次間隔四周。受測者進行 200m-300m-200m-300m 的速度訓練，第一次個人的最佳速度的 85%，第二次為個人的最大速度 100%，每段距離間歇 90s。在第一次運動結束後，第 1 與第 3 分鐘採集血液 10 μ l，第二次則在 1、3、5、7 分鐘收集血液樣本作為乳酸分析。檢測發現，兩次測試第一段與第二段均未達顯著差異($p>.05$)。乳酸在運動後第 3、7 分鐘後達顯著差異($p<.05$)。結果顯示：1.測試負荷強度在訓練上可以應用。2.乳酸堆積曲線向右移動，判斷肌肉糖酵解能力。3.運動結束心跳率恢復百分比，作為心肺功能判斷。快速耐力是結合速度與耐力兩種能力因此訓練時必須兼具兩種能力要求。訓練負荷決定肌肉能量需求路徑，而訓練型態影響能量代謝。未足夠之負荷與距離，將影響快速耐力能力效果。

關鍵詞：快速耐力、乳酸、糖酵解

ABSTRACT

Speed endurance is a key fitness for distance runners. Athletic training has long been focus on cardiopulmonary and muscular systems in order to enhance speed endurance. The purpose was to examine the effects of speed endurance training on distance runners by the Mader 2×Test protocol. Subjects were male distance runners (N=6; age=16.8±0.4 yrs; training year=4.02±0.1 yrs; weight=64.0±6.6 kg) who were required to complete pre and post tests with 4 weeks interval. Speed training were intermittent running of 200m-300m-200m-300m with 90s recovery period between bouts. For each test, subjects performed two sets of the training, first set at 85% and second at 100% of their maximal speed. Blood sample (10µl) were collected at 1 and 3 min after the first set of running and 1, 3, 5, and 7 min after the second sets of running. Blood lactate level were determined and revealed no significant change ($p>.05$) in comparison of pre and post tests. However, blood lactate level was significant raise ($p<.05$) in the 3 and 7 min after the end of running during the test. Resulting finding indicates this type of training in which can be utilized as a practical training load for runners, a useful tool for monitoring glycolysis within muscle during training, and an indicator of cardiopulmonary function. Speed endurance is a combination of running speed and muscular endurance. Training load should impose on energy production pathway. Insufficient training load and distance may minimize speed endurance development.

Key words: speed endurance, lactate, glycolysis

壹、緒論

一、研究背景

近幾十年以來各國在運動訓練上，不論是球類、技擊類乃至於游泳及田徑都已經朝向速度取勝的觀念了。而田徑運動方面，不只是短距離項目，現在連中長距離項目也逐漸強調速度的重要性。因為以前中長距離跑純粹以耐力的觀念在現今競技場上已逐漸被淘汰了，唯有以速度取勝方能締造佳績。也因此，快速耐力的訓練在中長跑項目中，成為不可或缺的主要訓練。而間歇訓練則是目前訓練耐力最佳的方式之一，高強度間歇訓練主要功能為提昇肌肉 PFK 酵素活性(Weicker et al., 1994)，促使肌肉肝糖代謝率增加。間歇訓練主要功能在於不完全休息，選手必須在未完全恢復狀態下，已足夠的訓練距離與穩定的高速度立即進行下一次之訓練，即為快速耐力訓練(Harre, 1975)。

維持與延長高速度運動時間，其肌肉能量提供必須具備有高度的 PFK 活性，以提昇無氧糖酵解效率，而這種能力的提昇，是可經由訓練而獲得的。換言之，藉助訓練方式，即可增加 PFK 活性。以徑賽 800m 比賽所需之能量比例而言，分別為無氧系統佔 53% 及 47% 的有氧系統 (Neumann, 1990)。由此可見，無氧系統訓練就顯的非常重要。Mader et al. (1979) 對徑賽 400 m 與 800 m 選手專項能力之評價中指出，兩段距離測試(2×Test)方法，對於選手之無氧糖酵解分析與能力之提昇，具有相當顯著效果。

二、研究目的

本研究希望藉由兩段距離測試(2×Test)之方式，觀察並作為訓練之應用及快速耐力能力的判斷。

貳、文獻回顧

以徑賽中長距離而言，它是一個需具備有優異的速度及耐力條件之項目(林順安, 2001)。速度之調整與控制能力非常重要，因為這關係到能量系統消耗速率的問題。比賽時不當的配速將造成能量系統消耗速率上的問題，意即可能影響到整個比賽的結果。運動時肌肉收縮能量則有賴於 ATP 之分解，非最大跑步速度與身體之攝氧量，可從跑速與 ATP 之分解速率中的反應得知，當速度提高時造成 $V O_2$ 不再增加，相對的必需仰賴無氧代謝 (林順安, 2001)。休息時的乳酸值之所以能夠維持 1mmol/l 的原因，是因為乳酸的生成與排除維持平衡狀態(王順正, 1999)。然而，其所產生的堆積的多寡就會和肌肉產生酸痛、抑制運動能力有直接的關係(林文郎、何忠鋒, 1998)。

以不同的運動強度從事運動時，血中乳酸值就有不同的堆積情形。屬於短時間高強度的運動，經常是乳酸堆積造成的主要原因之一。乳酸在運動後出現大量堆積，導致在身體組織中的液體 PH 值是呈現酸性的；當肌肉和血液中的乳酸值達到 60 至 70g 左右時，將造成運動衰竭或疲勞的產生，肌乳酸的產生與血乳酸濃度

之變化情形，其決定因素之一在於 NADH 的產生速度和氧化磷酸化的速度兩者之間的關係(王仁和，2004)。乳酸是肌肉運動時能量代謝所產生的一種物質，當能量代謝愈快時，乳酸的生成就相對愈快速、產生的量也就愈多。在同樣的負荷與時間下，肌肉所代謝之乳酸值，將因器官組織對訓練所產生的適應現象，而出現下降的效應。而血液乳酸值的堆積，也將加速排除。據研就指出，如果運動後恢復的時間過短，將造成肌肉組織及血液中的乳酸無法有效地進行排除，也就是說將會影響恢復後的運動表現(Klausen, 1972)。在高強度運動後如繼續維持較緩和的運動，將有助於乳酸的排除速度，其有效之強度則為最大耗氧量的 30%~40%左右(林正常等編譯，2002)。

在許多運動訓練中，乳酸之濃度經常被用來做為運動強度之指標，因此有很多的研究發現，由於運動強度增加，乳酸之濃度亦隨之上升(Weltman, 1995)。當乳酸清除率與製造率失衡時，也就是說當運動強度升高時，須以無氧糖酵解進行合成三磷酸腺苷時，乳酸即被大量製造，而造成乳酸製造率高於清除率，乳酸堆積就會出現(Gasser & Brooks, 1984)。

參、研究方法

一、對象

參與實驗之受試者為徑賽 800m 男性運動選手 6 人，平均年齡為 16.8 ± 0.4 歲，訓練平均年數為 4.02 ± 0.1 年。

表-1：受試者人體參數與訓練年數

Anthropometric	n = 6
身高 (cm)	171.2 ± 4.4
體重 (kg)	64 ± 6.0
年齡 (歲)	16.8 ± 0.4
訓練年數 (年)	4.02 ± 0.1

二、方法

測試分為兩次進行，第一次(Test-1)與第二次(Test-2)測試間隔為 4 週。方式則為兩組 200m-300m-200m-300m，Set-1 強度為個人最佳速度之 85%，Set-2 為個人之最大速度 100%。每段距離間歇 90s(動態)，Set-1 與 Set-2 測試間歇時間為 15 min，採靜態休息方式。並在 Set-1 運動結束後第 1 與第 3 分鐘採集血液 10 μ l，Set-2 則在第 1、3、5、7 分鐘收集血液樣本，作為乳酸與血糖分析，如表-2。

表-2 測試與訓練負荷內容

	Set-1	Set-2
負荷強度	85%	100%

次數間歇	90 s	90 s
Set 間歇	15 min	
生物參數	● 安靜值 ● 運動結束 1、3 min	● 運動結束 1、3、5、7 min

肆、研究結果分析

一、測試速度

兩次測試 (T-1、T-2)之速度顯示，第一段(Set-1) 85%與第二段(Set-2) 100%均未達到顯著差異($p>.05$)，如表-2 所示。

表-2 2×Test (200m-300m-200m-300m)速度(s)平均值標準差與差異(Diff.)

距離	T-1		Diff.	T-2		Diff.
	Set-1	Set-2		Set-1	Set-2	
200m	33.5±2.1	31.1±2.1	-2.4	27.5±1.4	28.5±1.7	+1
300m	51.1±2.9	48.4±3.7	-2.7	45.1±1.2	45.6±2.7	+0.5
200m	32.8±1.7	32.0±1.2	-0.8	30.4±1.4	30.2±2.3	-0.2
300m	49.4±4.8	47.5±1.8	-1.9	47.4±2.8	45.2±3.2	-2.2

二、乳酸堆積分析

安靜值乳酸(測試前)在兩次測試顯示，均未達顯著差異($p>.05$)，其平均值分別為 $1.69\pm0.5\text{mmol/l}$ 與 $1.43\pm0.4\text{ mmol/l}$ 。運動結束後第一分鐘(E-1)，乳酸堆積在於 Set-1 (T-1)與 Set-2 (T-1)平均值分別為 $10.4\pm2.3\text{ mmol/l}$ 與 $8.1\pm1.4\text{ mmol/l}$ ，兩者差異為 2.3 mmol/l ($p<.05$)。第三分鐘乳酸堆積在 Set-1(T-1)與 Set-2 (T-1)差異為 3.4 mmol/l ($p>.01$)。另一測試結束乳酸堆積檢測點在 Set-1 與 Set-2 之第二次 (T-2)，時間為第一、三、五與七分鐘 (E-1、E-3、E-5、E-7)。第二次(T-2)之第一與第五分鐘乳酸堆積未達到顯著差異($p>.05$)，而第三(E-3)與第七分鐘(E-7)分鐘均達到顯著差異($p<.05$)，如圖-1。

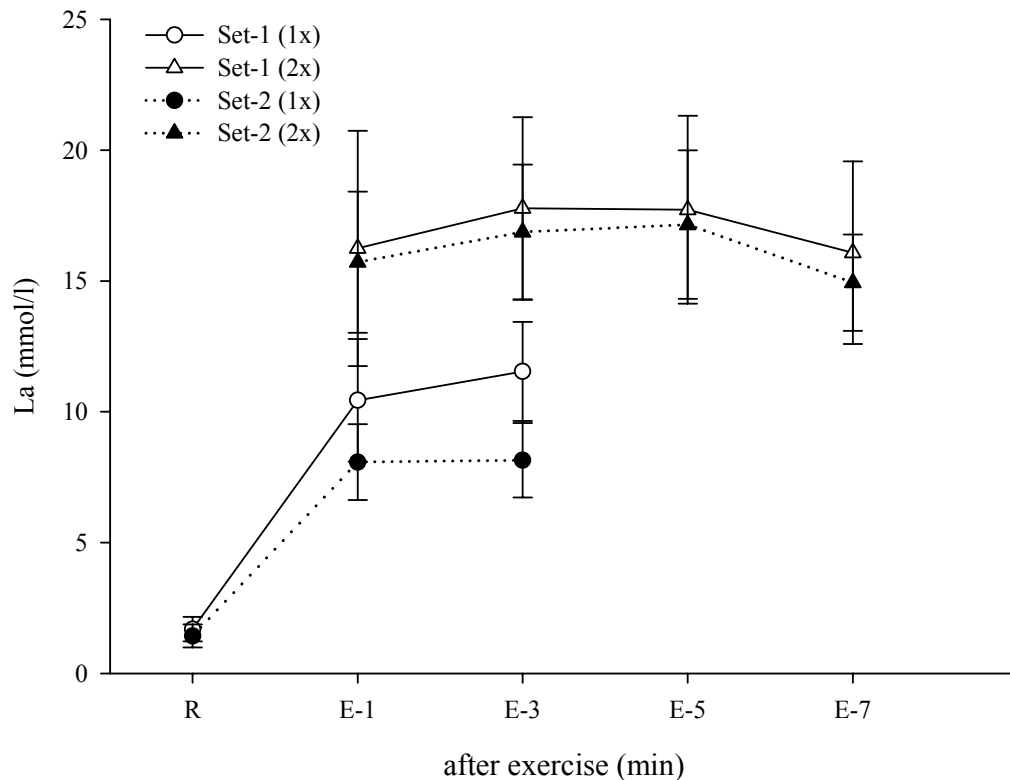


圖-1：兩次測試運動負荷結束乳酸堆積與排除之平均值標準差

三、運動結束最大心跳率與恢復心跳率

圖-2 為運動結束最大心跳率與恢復速度。在兩次測試之第一分鐘(E-1)均未達顯著差異($p>.05$)，而最大心跳率平均值達 $192\pm6.4 \text{ min}^{-1}$ 在 Test-2 之 Set-2 出現。Test-1(Set-1)恢復心跳率於 E-3 下降 32 % (E-1 為 $188\pm3.8 \text{ min}^{-1}$)，Test-2 之 Set-1 於 E-3 下降 38%(E-1 為 $180\pm4.7 \text{ min}^{-1}$)。Test-1 之 Set-2 運動結束最大負荷心跳率為 $186\pm8.4 \text{ min}^{-1}$ ，第五分鐘(E-5 為 $140\pm6.5 \text{ min}^{-1}$)下降 25 %，達到顯著差異($p<.05$)。Test-2 (Set-2)之最大負荷心跳率與第五分鐘(E-5)下降百分比，分別為 $192\pm6.4 \text{ min}^{-1}$ 與 32% ($p<.05$)。

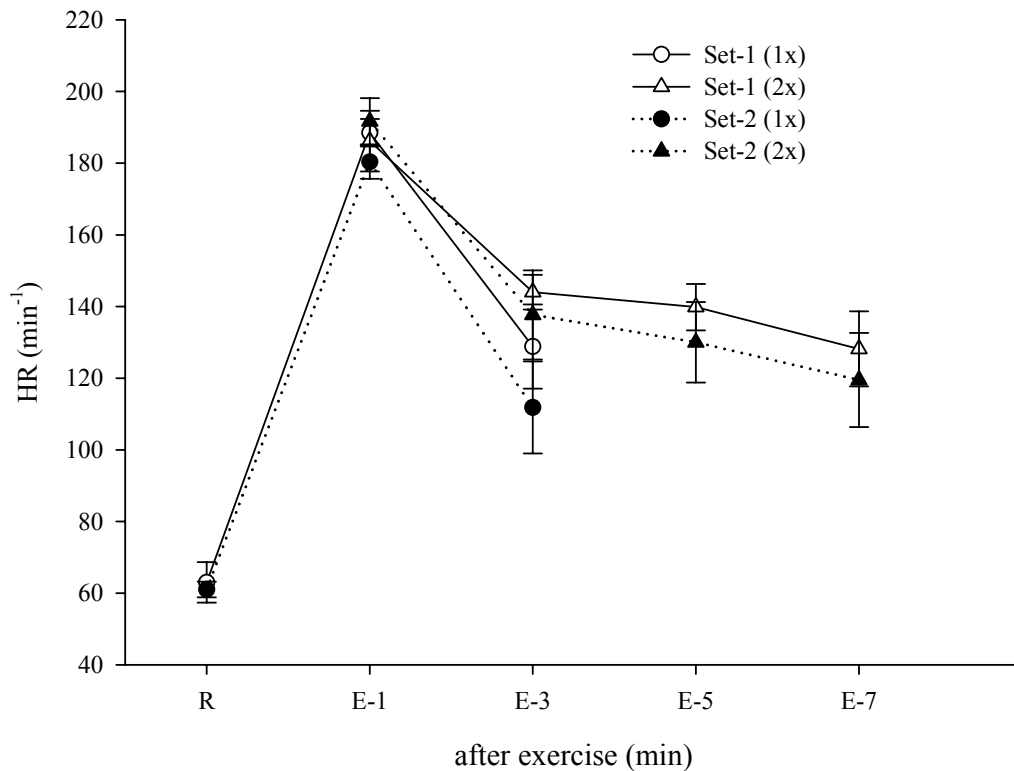


圖-2 兩次測試運動負荷結束心跳率恢復速度平均值與標準差
伍、討論與結論

由以上研究結果顯示，室外研究測試，其負荷強度之控制，未能像實驗室達到 100%之準確。但是本實驗測試強度，雖然有差異，但是未達到顯著。這對快速耐力能力的判斷，具有顯著的幫助。在接近相同的負荷時，乳酸堆積曲線呈現低且向右移之現象，結果顯示，受試者無氧糖效解活性增進。受試者透過四週的訓練，已適應本研究所設定之強度。這種症狀顯示，受試者之肌肉能量代謝，已達到最佳之反應。選手可以在下一個訓練階段，增加訓練負荷。

安靜值乳酸未因訓練效果而改變，其因素在於人體生理機轉(基礎代謝)之控制；一般醫學血液安靜值乳酸介於 0.5-1.8 mmol/l。在心肺耐力方面，最大負荷心跳率在第一次與第二次測試(Test-1、Test-2)，下降百分比介於 23%-38%之間，也達到顯著的差異。

藉助心跳率與乳酸堆積之變化，作為心肺功能與新陳代謝機轉判斷。在訓練生理反應上，亦是快速取得之生物參數。快速耐力能力，是由心肺與新陳代謝兩種系統反應。因此為了要提昇快速耐力能力，必須同時增進心肺耐力與肌肉之無氧糖效解能力。由於快速耐力是結合速度與耐力兩種能力，因此訓練時必須兼具兩種能力之要求。訓練負荷決定肌肉能量需求路徑，而訓練型態影響能量代謝。未足夠之負荷與距離，將影響快速耐力能力效果。反之，高訓練負荷，肌肉能量提供路徑，並非快速耐力所需。因此結合訓練目的與具備最佳訓練負荷劑量，才能提昇訓練效果之顯現。

參考文獻

- 王順正(1999)。乳酸的排除與產生。**運動生理週訊電子報**，(14)，2004 年 10 月 10 日，取自 <http://www.epsport.idv.tw/>。
- 王仁和(2004)。乳酸在運動上的活用。**學校體育雙月刊**，14(1)，111-116。
- 林文郎、何忠鋒(1998)。血乳酸與運動之探討。**大專體育**，(40)，115-124。
- 林順安(2001)。中距離賽跑與能量需求。**中華體育**，(3)，47-53。
- 林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君(譯)(2002)。**運動生理學：體適能與運動表現的理論與應用**。台北：藝軒。(Power,S.K.,Howley,E.T.,2001)
- Gasser, G., and G. Brooks. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption:a review. *Med. Sci. Exerc.* 16, 29-43.
- Harre, D. (1975). *Traininglehre*, Berlin (DDR).
- 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.
- Mader, A., H. Heck, R. Föhrenbach, W. Hollmann. (1979).Das statische und dynamische Verhalten des Laktats und des Säure-Basen-Status im Bereich niedriger bis maximaler Azidosen bei 400-m- und 800-m-Läufern bei beiden Geschlechtern nach Belastungsabbruch. *Dtsch Z. Sportmed.* 7.203;8,249.
- Neumann, G. (1990). Die Leistungsstruktur in den ausdauersportarten aus sportmedizinischer Sicht. In: *Leistungssport* 20, 14-20.
- Weicker, H., Strobel, G. (1994). *Sportmedizin-Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. 48-50.
- Weltman,A. (1995). Factor affecting the blood lactate response. The blood lactate response to exercise. *Human Kinetics*, Canada, 29-47.

作者：葉明春

單位：國立台灣體育學院體育研究所

職稱：研究生

通訊地址：500 彰化市平和九街 49 巷 3 號 4 樓之 2

聯絡電話：0938-604678

E-mail：yeh@csvs.chc.edu.tw

活動名稱：運動事業管理學術研討會

發表地點：大葉大學

發表日期：95 年 4 月 20 日