

# 國立體育學院教練研究所碩士論文

## 無氧閾值對中長跑訓練效果的評估

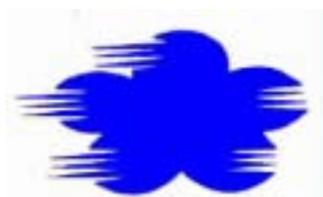
Effects of Anaerobic Threshold Training to Middle-distance  
Race Performance



指導教授：張嘉澤 博士

研究生：李雅惠 撰

中華民國九十四年六月



國立體育學院

NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION  
AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

# 無氧閾值對中長跑訓練效果評估

## 摘要

本研究主要目的探討以無氧閾值做為訓練負荷設定，對訓練心跳率、運動後心跳率及專項成績的變化情形。受試對象為 7 名女子中長跑選手，平均年齡  $16\pm 4.83$  歲、身高  $161\pm 4.83$  公分、體重  $48.57\pm 4.03$  公斤、訓練年數  $5\pm 2.69$  年。訓練時間為五週，每週三次，每次 30 分鐘。所得資料以相依樣本進行 t 考驗、簡單回歸等統計方法進行分析，顯著水準  $\alpha = .05$ 。主要研究結果顯示：(一) 訓練後受試者個人有氧閾值及無氧閾值的速度未達顯著水準 ( $p > .05$ )。 (二) 訓練後受試者個人有氧閾值及無氧閾值的心跳率均達顯著水準 ( $p < .05$ )。 (三) 訓練後第一週與第五週比較安靜心跳率未達顯著水準 ( $p > .05$ )。 (四) 訓練後第一週與第五週比較訓練心跳率達顯著水準 ( $p < .05$ )。 (五) 訓練後第一週與第五週比較運動後心跳率達顯著水準 ( $p < .05$ )。 (六) 訓練後專項成績也達顯著水準 ( $p < .05$ )。 從以上結果得知，以無氧閾值強度做為訓練負荷，對體能、運動後恢復及專項成績方面有顯著效果。

關鍵詞：中長跑、無氧閾值、訓練負荷、心跳率

## Effects of Anaerobic Threshold Training to Middle-distance Race Performance

### Abstract

The purpose of this study were used anaerobic threshold for training setting up load, training heart rate, post-exercise heart rate and situation of specialized achievements change. There were seven female middle-and long-distance runners in this experiment. The average age, height, weight, and training age were  $16\pm 4.83$  cm,  $161\pm 4.83$  cm,  $48\pm 4.03$  kg, and  $5\pm 2.69$  years, respectively. The training program was setting for 5 weeks, three times a week, 30 minutes for a program. The data were analyzed by paired t-test, simple regression with SPSS 10.0. The results of this study were summarized as followed: (1) The individual speed of post-exercise aerobic threshold and anaerobic threshold was no significant ( $P > .05$ ). (2) The individual heart rate of post-exercise aerobic threshold and anaerobic threshold of the significant ( $P < .05$ ). (3) Rest heart rate of the first week after training with the fifth week after training showed that was no significant ( $P > .05$ ). (4) The maximum heart rate after training compare the first week with the fifth week after training showed of the significant ( $P < .05$ ). (5) The heart rate of post-exercise compare the first week after training with the fifth week showed of the significant ( $P < .05$ ). (6) The post-exercise

specialized achievements was significant( $P < .05$ ). In conclusion, we used anaerobic threshold for setting training load, conditioning, recovery period and specialized achievements had significant effect.

Keywords: Middle-and long-distance runners, Heart rate  
Anaerobic threshold, Training load,



## 誌 謝

本論文得以順利完成，首先要感謝指導教授—張嘉澤博士悉心引領我踏入學術研究的殿堂，並且適時予以鼓勵及教誨，使我獲益良多，口試委員林正常教授、張思敏副教授撥允批閱指正，並提供寶貴的意見，皆使得論文更趨嚴謹。

求學期間要感謝國立體育學院季力康所長、湯文慈老師、陳月娥助教等諸多教師及同學聯華、建龍、伯倫、韋誠、小馬、曉潔的指點與關注和幫助，都使我裨益良多，實在非常的感謝。

在施測期間，感謝三重商工張淑惠老師，淑惠老師也是帶了我10年的田徑教練從高中一直到現在，老師就像我的家人、朋友一樣總是支持我及指導我，本實驗得以順利完成也是老師的幫助才得以順利完成，還有念青老師及曾接受測試的三重商工學妹們培宇、育雯、怡淑、千鶴、智慧、紀嫻、曉懿，謝謝妳們。

本論文將獻給所有支持與愛護我的家人、師長及朋友們，謝謝你們。

# 論文目次

中文摘要	I
英文摘要	
致謝	
論文目次	
表目錄	
圖目錄	
<b>第壹章 緒論</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	2
第三節 研究目的	4
第四節 名詞解釋	5
<b>第貳章 文獻探討</b>	<b>6</b>
第一節 無氧閾值之相關文獻	6
第二節 血乳酸在訓練上應用	10
第三節 最大心跳率在訓練上應用	11
第四節 訓練效果評估	13
第五節 文獻總結	14
<b>第參章 實驗方法與步驟</b>	<b>16</b>
第一節 實驗流程	16
第二節 研究對象	17

第三節	實驗時間及地點-----	17
第四節	實驗工具-----	18
第五節	研究方法與步驟-----	19
第六節	資料分析-----	21
<b>第肆章</b>	<b>結果與分析-----</b>	<b>22</b>
第一節	個人有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)-----	22
第二節	安靜心跳率-----	26
第三節	訓練心跳率-----	27
第四節	訓練後心跳率-----	29
第五節	專項成績分析-----	31
<b>第伍章</b>	<b>討論-----</b>	<b>34</b>
第一節	訓練強度設定-----	34
第二節	訓練生理適應-----	35
第三節	專項成績的差異-----	37
<b>第陸章</b>	<b>結論-----</b>	<b>38</b>
<b>參考文獻</b>	<b>-----</b>	<b>39</b>

## 表 目 錄

表 3-1	受試者基本資料-----	17
表 3-2	訓練內容-----	20
表 4-1	個人有氧閾值(2mmol/l)分析-----	23
表 4-2	有氧閾值前、後測比較-----	23
表 4-3	個人無氧閾值(4mmol/l)分析-----	24
表 4-4	無氧閾值前、後測比較-----	24
表 4-5	個人五週安靜心跳率的差異-----	27
表 4-6	個人五週訓練結束後最大心跳率差異-----	28
表 4-7	個人五週訓練後第 5 分鐘恢復心跳率差異-----	30
表 4-8	個人專項成績(1500m)訓練前、後測的比較-----	32



## 圖 目 錄

圖 3-1	實驗流程圖	16
圖 3-2	場地佈置圖	19
圖 4-1	訓練前、後基礎耐力有氧-無氧閾值比較圖	25
圖 4-2	五週安靜心跳率比較圖	26
圖 4-3	訓練結束後最大心跳率比較	28
圖 4-4	訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率	29
圖 4-5	第一週(1w)訓練後第 5 分鐘心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-1)比較	30
圖 4-6	第五週(5w)訓練後第 5 分鐘心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-2)比較	31
圖 4-7	前測 (Test-1) 專項測試 (1500m) 與個人有氧閾值速度 (2mmol/l) 比較	32
圖 4-8	後測 (Test-2) 專項測試 (1500m) 與個人有氧閾值速度 (2mmol/l) 比較	33

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景

跑是人類日常生活中的活動技能之一，人從小時就學會走，緊接著就學會了跑。人人都能跑，但是，跑的快而持久卻不是每個人都能做得到的。因此，要掌握合理的練習技術及正確的練習方法，才能跑的更快及更持久。

中長距離跑簡稱中長跑，為中距離、長距離跑的合稱，是發展人體耐久力的項目。它要求運動員在全程跑中維持一定的跑速，盡可能減少體力的消耗。在技術上要求跑得輕鬆，協調，身體重心平行，有良好的節奏。

目前奧運會正式中長距離比賽項目為 800m，1500m，5000m，10000m。國際田聯還承認男、女子 3000m 和 1 英里的正式世界紀錄。

男子 800m 第一個世界紀錄是 1893 年創造的，成績是 2'5"，目前的世界紀錄是 1'41"24。1500m 第一個世界紀錄是 1892 年創造的，成績是 4'24"6，目前的世界紀錄是 3'27"37。5000m 和 10000m 的第一個世界紀錄都是 1897 創造的，成績分別為 16'34"6 和 34'28"8，目前的世界紀錄分別是 12'44"39 和 26'38"08。

女子中長跑項目發展較晚，800m 第一個世界紀錄是 1928 年創造的，成績是 2'16"8，目前的世界紀錄是 1'53"28。1500m 發展得更晚些，1972 年才列入二十屆奧運會正式比賽項目，第一名的成績是 4'1"4，目前的世界紀錄是 3'50"46。3000m、5000m 和 10000m 發展的時間並不是很長，目前的世界紀錄分別是 8'06"11、14'36"45 和

29'31"678。

由以上的紀錄及秒數可得知，中長跑是一項速度與耐力兼備的運動項目，在訓練上要如何訓練才能提昇選手們的成績呢！如何運用科學的方法於訓練上，使其發揮最大的功效是眾所衷心期盼的。現今的科技發達，競技運動的訓練早已不是土法練鋼，訓練如何結合科技，使得訓練更容易達到訓練效果，進而提昇運動成績。

## 第二節 研究動機

對於如何設計訓練計劃，擬妥運動處方和確定當日訓練量是否已達個人最大負荷，有效地改善人體的有氧能力和無氧能力系統，減少運動傷害發生，提昇訓練效果，一直是教練、選手和愛好運動者所關心、熱衷的話題。

運動訓練的原則，主要建立在運動生理學的基礎上。運動生理學內容的主要應用價值，在於運動訓練上。換句話說，違反運動生理學原理的訓練方法和手段，將使辛苦的運動訓練事倍功半，甚至功敗垂成（林正常，1998）。

從生理學的角度來看，運動強度的安排乃根據能量系統的需求而定，所以瞭解各單項能量系統的使用是相當重要的。人體作功所用之能量主要來自於三種途徑，即 ATP-PC 系統、乳酸系統和有氧系統（林正常譯，1983）。30 秒以內完成的運動，主要能量來源來自 ATP-PC 系統；30 秒至 90 秒內完成的運動，主要能量來源為 ATP-PC 系統和乳酸系統；一分半鐘至三分鐘完成的運動，主要為有氧系統和乳酸系統；而三分鐘以上的運動，主要為有氧系統（陳相榮，1988）。

中長跑在許多的研究 (Neumann,1991,Weicker 等 1993,Heck 等 1990)指出:其能量來源，無氧糖酵解佔大部份。依據無氧的能量謝路徑，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。此時人體安全機制啓動，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，可以提昇 PFK 活性，運動員可以承受較高程度之負荷。相對的使乳酸堆積下降與運動結束後之排除速度提昇。

血乳酸為運動能量代謝中的一個中間產物，血乳酸值與運動表現的強度有高度相關 (林正常，2002)。乳酸產生的因素是包括運動強度、參與的肌肉量及持續的時間等 (Hultman & Saholm，1980)。此外，劇烈運動或訓練後，肌肉中或血液中的乳酸濃度也被當作訓練強度指標 (呂欣善、陳相榮，1997)。林文郎、何忠鋒 (1998) 的研究指出訓練可增加乳酸的耐受能力，訓練應增加乳酸的生成能力並減少乳酸的堆積。血乳酸是運動科學研究中，歷史最長、應用最廣的指標之一。近年來，由於微量分析技術的確立，攜帶式自動分析儀器的開發，以及運動中血乳酸反應的研成果累積，血中乳酸濃度測量，在運動訓練上目前已非常普及 (蔡崇濱，1993)。

乳酸閾值(或個體無氧閾值)是人們常用的評價人體有氧運動能力的方法。有研究指出，其與  $VO_2max$  相比，乳酸閾值與人體的耐力能力的關聯度較高，並證明其預測效度優於  $VO_2max$ ；此外，受長期耐力訓練的影響， $VO_2max$  的變化較小，而乳酸閾值的變化較大，也表明其對運動訓練有較敏感的反應

性(Mader,1979)。目前，乳酸閾值的檢測已被廣泛應用於田徑、游泳、自行車和賽艇等專案運動員有氧運動能力的評價並取得良好效果。

許多研究報告指出，無氧閾值(Anaerobic Threshold)與耐力運動表現有非常高的相關性。Weltman 和 Katch(1979)的實驗得知無氧閾值與最大耗氧量之相關達 0.85。因此，在針對高強度的間歇耐力訓練或長時間非最大耐力訓練上，無氧閾值可能比最大耗氧量或心跳率於陳述運動強度時有較高的生理意義，並且在運動訓練方法上的應用更為有效（龔憶琳，1990）。

運動比賽型態、運動強度以及個別差異(紅肌、白肌)是產生乳酸的主要因素之一。

耐力訓練時，因配速過快，體內提早能量供應無氧代謝；如配速過慢，就無法達到預期的訓練效果。因此，藉助血乳酸監測訓練強度是很有效的（林文駿，1996）。

N.C.P.E.S.

### 第三節 研究目的

本研究訓練週數是依據德國學者 Neumann G. (1991)所提，生理適應原理，4-6 週為人體的適應週期而設定，探討的目的分別如下：

- 一、探討 5 週後中長跑訓練對無氧閾值的影響。
- 二、探討 5 週後中長跑訓練對心跳恢復的影響。
- 三、探討 5 週後中長跑訓練對運動成績的影響。

## 第四節 名詞解釋

- 一、中長跑(Middle-distance race)：是為中距離跑、長距離跑的合稱，指 800m、1500m、5000m 及 10000m。
- 二、無氧閾值(Anaerobic Threshod)：指運動中血液乳酸濃度開始增加的運動強度。
- 三、有氧閾值(Aerobic Threshod):指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微上升，偏離安靜值。
- 四、乳酸(lactate)：由於葡萄糖（糖）的不完全分解，而產生的可以引起疲勞的乳酸系統的代謝產物。
- 五、安靜心跳率：本研究中所指，安靜心跳率為清晨起床時所取得。
- 六、訓練心跳率：在本研究中訓練心跳率是指，受試者在接受以個人無氧閾值強度訓練後的最大心跳率。
- 七、訓練後心跳率：本研究中訓練後心跳率指的是，訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率。
- 八、專項成績：研究中專項成績指的是 1500m 的成績。

## 第貳章 文獻探討

本研究的目的是在探討無氧閾值對中長跑訓練效果的評估，本章分為五節，以有關無氧閾值、心跳率、乳酸、訓練效果等相關文獻加以探討，包括以下幾點：

- 一、無氧閾值之相關文獻。
- 二、血乳酸在訓練上的應用。
- 三、最大心跳率在訓練上的應用。
- 四、訓練效果評估。
- 五、文獻總結。

### 第一節 無氧閾值之相關文獻

Davis 等人(1979)以 9 名坐式生活的中年男子每天實施 45 分鐘固定踏車訓練，持續 9 週。訓練前後，受測者做三種踏車測驗。前兩種測驗，每分鐘增加 15W，直至忍受極限。第三種測驗以略低於無氧閾值  $VO_2$  的固定負荷踏車。結果證明坐式生活中年男子的無氧閾值深受耐力訓練影響。

Ivy 等人(1980)研究骨骼肌呼吸容量與乳酸堆積開始（乳酸閾值）工作速率之關係，並對纖維型、最大耗氧量及乳酸閾值作比較。肌肉活體檢視取自股外側肌以測定呼吸容量及纖維類型。乳酸閾值根據絕對工作速率 ( $VO_2$ ) 和相對工作速率 ( $\%VO_2max$ ) 評定。結果指出，肌肉的呼吸容量在確定血液乳酸堆積開始之工作速率時最為重要，而且認為慢縮纖維比例在確定相對的乳酸閾值時扮演重要角色。

Gibbons(1987)研究無氧閾值對運動處方的重要性。29 名有訓練女子在跑步機上最大耗氧量測驗中確定無氧閾值、有氧閾

值、最大心跳率、無氧閾值的耗氧量及心跳率。研究結果指出，根據最大耗氧量測驗結果把受測者區分成：高適能、一般適能及低適能三組。研究結果指，適能水準影響無氧閾值到達點，單祇依據最大心跳率百分比或有氧量百分比分配運動處方將產生多種代謝反應，故而設定處方時應評估無氧閾值的影響。

Vago 等人(1987)研究換氧無閾值( $T_{vent}$ )是否為耐久能力的良好指標。15名受測者進行兩種固定腳踏車測驗。首先是每分鐘增加20W直至衰竭的最大運動測驗，確定氣體交換無閾值及最大耗氧量。其次是以80%  $VO_2max$  負荷竭力運動的耐力測驗。統計顯示：(1)  $VO_2max$  和耐久時間(ET) 關係不大，(2)  $VO_2 T_{vent} ml/kg/min$  和  $ET_{min}$ ， $VO_2 T_{vent} l/min$  和  $ET_{min}$ ， $T_{vent}\% VO_2max$  和 ET 有直線相關。本研究指出耐久能力可藉換氧無氧閾值評估。因為  $T_{vent}$  可以容易和  $VO_2max$  在同樣最大運動測驗中決定，故宜在運動實驗室中有系統的測定。對運動員及教練而言，具有兩種標準評估體能及訓練計劃之效果，運動醫學之控制更能引人注意。

Yoshida 等人(1987)以四種血液乳酸參數與有氧動力及12分跑成績比較。(1)乳酸閾值(LT)—漸進運動測驗中血液乳酸濃度開始增加超出安靜水準的  $VO_2$ ，(2)  $LT_1$  (乳酸比安靜值高出  $1mmol/l$  的  $VO_2$ )，(3)  $LT_2$  (乳酸濃度達到固定的  $2mmol/l$  值)，(4)OBLA (乳酸達到  $4mmol/l$  值)。結果發現：(1)乳酸參數(LT、 $LT_1$ 、 $LT_2$  和 OBLA)彼此間具有高度相關，(2)所有乳酸參數與  $VO_2max$  及耐力跑成績均有高度相關，其中以 LT 與  $VO_2max$  及耐力跑成績相關最高。結論指出，乳酸閾值為有氧能力及耐力跑成績的最佳指標。

Acevedo 和 Goldfarb 二人(1989)為確定增加訓練強度對  $VO_2max$ 、血漿乳酸堆積、換氧閾值(VT)及有訓練長跑選手成績

的影響，7名男長跑選手增加訓練強度，以90~95%VO<sub>2</sub>max負荷每週實施3天，持續8週。發現增加訓練強度沒有改變VO<sub>2</sub>max，但使10公里跑時間增快，跑步機上以相同速度及坡度跑至衰竭時間延長。增加訓練強度後，85%和90%VO<sub>2</sub>max的血漿乳酸濃度明顯降低，換氧閾值或65、70、75或80%VO<sub>2</sub>max的血漿乳酸沒有差異。10公里跑時間與85或90%VO<sub>2</sub>max的血漿乳酸有顯著相關。在2.5及4.0mmol/l的乳酸堆積在增加訓練強度後，%VO<sub>2</sub>max明顯增高。此外，血漿乳酸改變在增加訓練強度後與換氧閾值的變化無關。這些數據顯示先前有訓練選手可增加訓練強度以促進耐力成績，因減低他們訓練強度的乳酸而不管VO<sub>2</sub>max及VT沒有改變。此結果表示有訓練選手增加訓練強度可在達到OBLA以前使用較高%VO<sub>2</sub>max的強度來運動。

Smith(1982)比較12名游泳運動員的無氧閾值，採用非持續性繫繩游泳最大耗氧量測驗。結果發現短距離組的無氧閾值(65.89%VO<sub>2</sub>max)顯著低於耐力組(90.39%VO<sub>2</sub>max)，但在最高乳酸濃度、最大心跳率、體脂肪百分比、游泳時間、身高、體重方面並無差異。此外，短距離組在最高能力的換氣當量(VE/VO<sub>2</sub>)比耐力組低。由此顯示本研究結果與短跑、長跑選手間的關係相同。

Svedenhag和Sjodin二人(1984)探討不同徑賽項目傑出選手的生理特性。27名屬於瑞典國家代表隊的中長跑和400公尺選手，按照距離分成6組，從400公尺到馬拉松。由跑步機測驗所得最大耗氧量，除了馬拉松外，距離越長值越高(800~1500m組72.1ml/kg/min；5000~10000m組78.7ml/kg/min)；相當於4mmol/l血液乳酸濃度的跑速在各組間有顯著差異，而長跑選手優於中距離選手，其中以5000~10000m組最高(5.61m/s)；

4mmol/l 血液乳酸濃度的耗氧量(%VO<sub>2</sub>max)在各組之間沒有顯著不同。衰竭後(VO<sub>2</sub>max 測驗)血液乳酸濃度則以長跑選手較低。

Bunc 等人(1987)研究訓練有素各項運動員的換氣閾值(VT)。以跑步機測驗決定 VT 的有男馬拉松、男女長跑、年青男子長跑、成人男女及年青女子中距離選手、現代五項、成人男女獨木舟、年青男子獨木舟及足球選手；以固定腳踏車測驗的有桌球、water slalom paddlers、年青女子獨木舟、划船及冰球選手。結果發現 AT 以 % VO<sub>2</sub>max 表示時，運動時間越長者越高(馬拉松選手 86.7%)。在 AT 的 % VO<sub>2</sub>max 依負荷種類而定，身體器官與負荷配合越好則值越高。年青女子獨木舟及划船選手由腳踏車測驗的 AT 分別在 74.2%及 74.6%；而在特殊負荷場合，同樣運動員分別為 84.8%和 85% VO<sub>2</sub>max。在沒有特殊負荷下，高度訓練者 AT 值可能會較低，接近一般人的水準。比較相等訓練的年青及成人運動員，在 AT 水準的 % VO<sub>2</sub>max 方面並無顯著差異，同理，相等訓練的男女運動員在 AT 水準的 % VO<sub>2</sub>max 亦無不同。結論指出，在決定 AT 尤其解釋時除了必須考慮測定 AT 的方法之外，競賽時間、訓練過程的形式及負荷特殊性亦應顧及。

許壬榮、陳相榮等(1995)研究中長跑、排球、籃球和足球選手生理特性之比較。研究結果，指出中跑選手有較佳的耐力表現、最大耗氧量(ml/kg/min)和無氧閾值。

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。經過多年的討論與訓練上的應用，最後以 Mader 等人(1976)提出 2-4mmol/l 乳酸值的速度，最具實用性與方便測試進行。

以上有關無氧閾值的研究，無氧閾值的測量方法可區分為

非侵害性(noninvasive)和侵害性(invasive)兩種。前者主要以換氧反應來決定；後者則以乳酸反應決定。許多學者指出以上二種方法測得之無氧閾值沒有顯著差異，相關高達 0.87~0.95。惟自換氣反應測得的無氧閾值常因判定者的不同而有極大出入，而由乳酸反應測得的無氧閾值則較為準確。從輕度到最大強度的漸增運動中，不少學者以相當 2mmol/l 至 4mmol/l 的血液乳酸濃度代有氧至無氧代謝的轉移。短距離運動員在最大耗氧量、無氧閾值及無氧閾值的耗氧量(ml/kg/min)方面顯著低於長距離運動員，但最高乳酸濃度，最大心跳率則無差異；此外，4mmol/l 血液乳酸濃度的跑速方面長距離運動員較優（陳相榮，1992）。

## 第二節 血乳酸在訓練上應用

乳酸為運動中能量代謝的一個中間產物，運動時乳酸在肌肉中生成，而乳酸量無法及時被清除時，就會開始堆積在肌肉和血液中，多位學者提出人體在安靜時會產生 1~2mmol/l 的乳酸(Fujitsuka et al, 1980；Ivy et al, 1987；Karlsson, 1970；Karlsson, 1971；Poortmans et al, 1978)。李寧遠(1997)更精確的指出動脈血中乳酸濃度為 0.4-0.8mmol/l，靜脈血中乳酸濃度為 0.45-1.3mmol/l。Brooks 等(1985)提出運動員在安靜時血乳酸水平和正常人無差異。運動員的血乳酸的轉換率較一般人為高(Keskinen 等人, 1989)，因此對於血乳酸的清除能力較強。

乳酸在血中濃度(安靜值 1mmol/l 左右)可作為判斷運動強度的依據，血中乳酸濃度達 4.0mmol/l 時，可作為判斷無氧閾值，亦可做為耐力性運動項目平常體能訓練的指標（林正常，

2001)。

1973年，Katch以腳踏車測功計研究持續10秒、30秒和90秒的最大運動之相對能量分佈。他發現運動持續時間愈久，有氧能量所佔的比例也愈多；在30秒的運動中，25%的能量來自ATP-PC，48%的能量來自無氧糖解，其餘27%的能量則來自有氧糖解。

Brooks(1985)以放射性元素標記肝糖分子的方法，曾經發現運動開始後血液中即有乳酸的出現，但當有氧糖解順利地進行，乳酸的移除（氧化）和生成將達成動態平衡，亦即血中濃度將超於穩定。

Edwards(1983)指出從事非最大強度負荷運動，未接受訓練者血乳酸值比接受訓練者來的高。無接受訓練者在最大耗氧量50%~60%時，血乳酸會急遽增加；有訓練者在最大耗氧量65%~85%之間，血乳酸才會急遽增加。

運動負荷刺激，造成肌肉產生乳酸。肌肉堆積之乳酸，透過擴散作用進入血管。運動中乳酸的堆積與排除，是依據個人之有氧能力。有氧能力高者，乳酸排除之速度亦快。當運動強度不變，持續20分鐘以上，將產生乳酸穩定狀態(lactate steady state)，也就是乳酸堆積與排除達成平衡。

### 第三節 最大心跳率在訓練上的應用

心肺適能(cardiorespiratory fitness)是健康體能中一個重要的指標（李昭慶、王儀祥等，2000）。一般而言，心功能優者，安靜時心跳率較低，另在同一相對運動負荷中，心跳率上升越高者體能越差，反之，體能越好（林正常，1993）。心跳率可直

接反映出運動員對於訓練負荷的感受，且不需任何器材，又因容易測量並可隨時取得數據，所以在訓練上被廣泛使用。

心跳率即心臟每分鐘跳動的次數，會隨著活動狀態而有所改變。許多因素也會影響心跳率。如：年齡、性別、飲食、氣候、疲勞、疾病及運動的型能等。教練與選手應知道這些影響心跳率的因素，這樣才能正確的掌握測量之數據。一般預測最大心跳率公式為（ $220 - \text{年齡}$ ），結果會隨著年齡遞增而減少。

Karvonen(1988) 提到運動強度的設定，必須要以安靜時心跳率與最大心跳率之間的變化做決定。一般人從事健康慢跑、游泳或其他活動時，最佳的運動強度為 60%，心跳率計算方式為（最大心跳率-安靜心跳率） $\times$  0.6 + 安靜時心跳率(林正常，2002)。

簡單的最大心跳率百分比計算方式，則是純粹由最大心跳率向下推算；當運動的狀況相同時（例如同時一起慢跑），心肺耐力優異者的運動心跳率會有較低的現象，反應的運動強度百分比就較低。由此可見，這種直接透過最大心跳率的百分比，進行運動強度評量的判定方式，確實可以反映出運動參與者的個別差異狀況。

劉丹等人(1994) 對大陸國家女足代表隊 18 名球員，運用比賽與訓練的心跳率來控制運動強度，經過四階段不同地點的實施（上海、北京、大連和昆明）。結果顯示在昆明階段訓練時的心跳率以達到比賽時心跳率的變化曲線，在比賽是高強度的運動，心跳率有 65%以上超過每分鐘 150 次。

Francis 與 Brasher(1992)以 33 名男受試者（平均 28 歲）接受不同頻率的三分鐘登階測驗，並以運動後的 5 秒至 20 秒的恢復心跳數與原地跑步機所測得  $\text{VO}_2\text{max}$  作相關比較，結果與 22 次/分的相關 .77，與 26 和 30 次/分的相關達 .81( $P < .01$ )，顯示

恢復心跳數可提供作為預測個人  $\text{VO}_2\text{max}$  的依據。

## 第四節 訓練效果評估

無氧閾值對個人有氧能力、身體適能和訓練效果可以提供最重要的訊息（龔憶琳，1990）。

Davis 等人研究無氧閾值的訓練效果，訓練者是九名中年男子，每天 45 分鐘踩車，共 9 週。無氧閾值顯著地增加了 44%（ $\text{VO}_2$  絕對值）或 15%（ $\% \text{VO}_2\text{max}$ ），結果顯示換氧閾值因耐力訓練而大幅提昇。

Yoshida 等人(1982)以動脈血乳酸測量後得知的運動強度來探討耐力訓練的效果。七名大學男生，每次騎車 15 分鐘，每週 3 天，為期 8 週。訓練前先從事遞增阻力運動的測驗（50rpm，每分鐘增加 25W），找出 4mmol/l 乳酸濃度的訓練強度，另有名男生為控制組。結果發現 8 週無氧閾值的訓練，受試者的  $\text{AT-VO}_2$  增加 37%（AT 以  $\text{VO}_2$  表示）， $\text{VO}_2\text{max}$  進步 14%。在非最大運動強度反應， $\text{VO}_2$ ， $\text{VE}$ ， $\text{HR}$ ， $\text{R}$  及乳酸(LA)分別顯著地降低了 4%，15%，10%，5%及 23%。相形之下，控制組則沒有顯著的改變。研究結果顯示無氧閾強度訓練(4mmol/l)有效地增加無氧閾值和  $\text{VO}_2\text{max}$ 。

血乳酸，廣泛應用於運動訓練強度的設定、機能狀況的診斷與訓練效果的評定（蔡崇濱，1993）。

前東德國家游泳隊教練則將耐力區分為兩種，提出訓練時心跳率(HR)為 145~165 次/分鐘、血乳酸濃度不超過 3mmol/l 至 4mmol/l 時，將有助於有氧耐力訓練；若訓練時心跳率(HR)為 170~180 次/分鐘、血乳酸濃度在 5mmol/l 至 8mmol/l 時，則有

助於發展專項耐力訓練。

乳酸閾值心率( $V_4$ -HR)訓練，是指運動強度達 4mmol/l 時的心跳率。因此，在測量乳酸閾時並同時測定心跳率，以找出 HR<sub>4</sub> 的值。如此在訓練過程中即可用心跳率，來控制血乳酸 4mmol/l 時的訓練強度，就可不用每次於訓練中測量血乳酸，但經過訓練階段後，仍應測量血乳酸以了解訓練對乳酸閾的影響，並評定訓練效果（馮煒權等人，1994）。

## 第五節 文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

1. 透過實驗，求出無氧閾值，同時找出無氧閾值出現時之速度與心跳率，作為訓練負荷百分比，長期下來，有助提昇於中長跑的耐力能力效果。
2. 血乳酸值測定應用在訓練上已是一種普遍的科學方法，其主要功能為監控選手的訓練強度及疲勞程度。在激烈的運動過程中由於體內醣類的無氧代謝增加，導致乳酸的含量明顯提高，隨著運動時間的增長（例如有氧性的運動時），體內的乳酸濃度也會逐漸下降。
3. 運動員在安靜時的血乳酸濃度與未訓練者安靜時血乳酸濃度相近；但選手在接受運動訓練後，乳酸代謝率會提升，這對於中長跑選手在比賽時是很重要的關鍵要素。如選手的乳酸代謝率好、快，在比賽中可以提早產生乳酸穩定狀態。
4. 最大心跳率的測量既簡單、方便，這無非是一種最直接、最容易掌握選手們訓練狀況的方法，也可作為擬定訓練負荷依據。

從文獻上均可看到無氧閾值、乳酸閾值及心跳率均可評估訓練效果，因文獻上未說明在訓練上如何實際應用。因此，本研究將著重在如何實際的應用在訓練上，與訓練適應之效果評價。



## 第參章 實驗方法與步驟

本章主要在說明本研究之實驗流程、研究對象、實驗時間與地點、實驗工具、實驗方法與步驟與資料分料等六節。各節詳述如下：

### 第一節 實驗流程

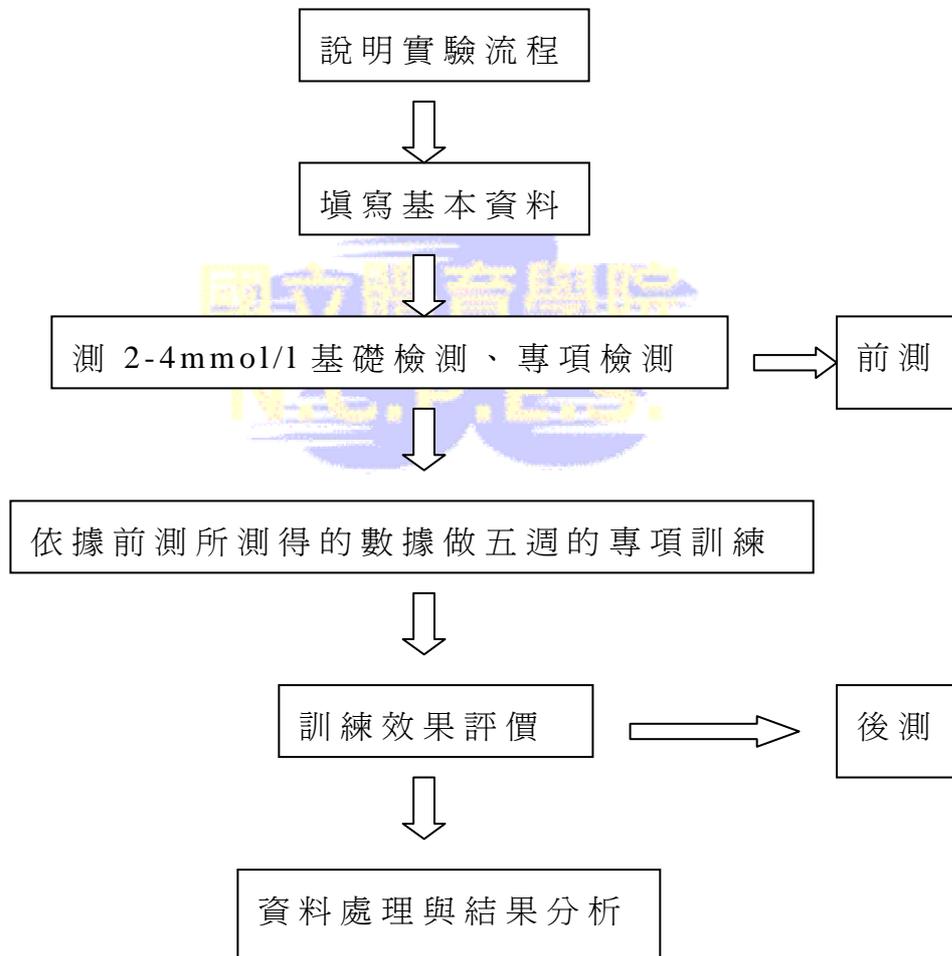


圖 3-1 實驗流程圖

## 第二節 研究對象

本研究以國立三重商工田徑隊 7 位女子中長跑選手為研究對象。參與者基本資料( $M\pm SD$ )如下(表 3-1)

表 3-1 受試者基本資料

參與者人數	年齡(歲)	身高(cm)	體重(kg)	訓練年數(年)
7 人	16 $\pm$ 4.83	161 $\pm$ 4.83	48.57 $\pm$ 4.03	5 $\pm$ 2.69

## 第三節 實驗時間及地點

本研究實驗之時間、地點如下：

- 一、地點：台北縣國立三重商工田徑場
- 二、前測：93 年 11 月 20、22 日（20 號基礎檢測，22 專項檢測）
- 三、後測：94 年 1 月 7、9 日（7 號基礎檢測，9 專項檢測）
- 四、訓練：訓練 5 週每週訓練 3 天，每次 30 分鐘，針對選手個人的無氧閾值來設定訓練強度，以持續跑訓練模式作為訓練方式。

## 第四節 實驗工具

### 一、YSI 1500 乳酸分析儀



### 二、Polar 錶 (610i)



### 三、速度控制器



四、圓錐筒

五、酒精、衛生紙、毛管、採血針、手套（外科用）及 300m 田徑場

## 第五節 研究方法與步驟

一、基礎檢測:測試之前，參與者帶上 Polar 錶(610i)，並且於耳垂採 20 $\mu$ l 血液，做為安靜值乳酸檢驗及記取安靜心跳率。熱身結束後，受試者在 300 公尺運動場上以 2.5m/s 的速度開始進行第一階測試。在階與階之間休息 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，測試進行一直到受試者所能承受之最高負荷(all-out)為止。為了速度控制，在 300 公尺的操場上放一個速度控制器，速度控制器可調整每階所必須跑的速度，並在 300 公尺的操場上測試，場地上每 50 公尺放（如圖 3-1）。

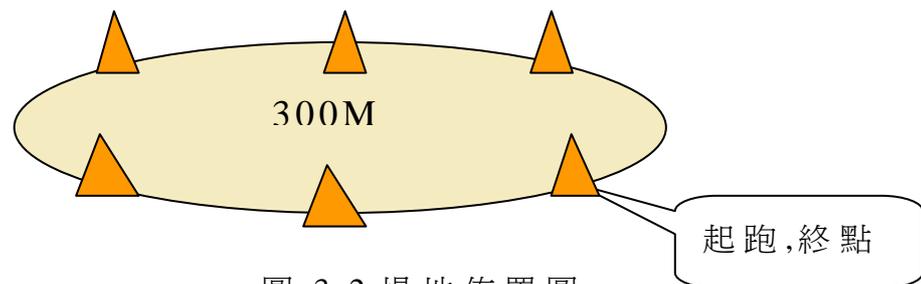


圖 3-2 場地佈置圖

二、專項測驗:1500M 成績。

三、5 週的專項訓練每週訓練 3 天，每次 30 分鐘，由前測所測得的個人無氧閾值的數據來加以訓練。

四、第二次測試，將依據生理適應(adptation)原理（4-6 週）。

在第週進行第二次測試。

五、訓練:以選手個人的無氧閾值，做持續跑為主要訓練模式。

表 3-2 訓練內容

強度	個人無氧閾值
時間	30 分鐘
方式	持續跑
1 週	3 次
期間	5 週



## 第六節 資料分析

本研究所得之各種資料，皆輸入 SPSS 10.0 for Windows 版統計套裝軟體加以運算處理。

- 一、以描述統計(Discriptive Statistics)建立各項基本資料，包括平均數、標準差。
- 二、以相依樣本 t 考驗(paired t-test)，考驗訓練前、後有氧-無氧閾值的速度與心跳率及訓練前、後安靜心跳率、恢復心跳率、專項成績的差異。
- 三、有氧-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。
- 四、設  $\alpha = .05$  達顯著水準。



## 第肆章 結果與分析

本研究以七名女子中長跑選手為受試者，受試者分別先接受基礎能力診斷(前測)，之後以個人無氧閾值進行耐力訓練，訓練五週，之後在做後測。本研究結果資料統計與分析後，將分為四部分加以說明：

- 一、個人有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)。
- 二、安靜心跳率。
- 三、訓練心跳率。
- 四、訓練後第 5 分鐘心跳率。
- 五、專項成績分析。

### 第一節 個人有氧-無氧閾值(2-4mmol/l)

#### 一、有氧閾值

表 4-1 是個人有氧閾值前(Test-1)、後(Test-2)分析表，在由表 4-2 可看出有氧閾值前測(Test-1)、後測(Test-2)平均數及標準差。在 Test-1 速度平均數為  $3.4\pm 0.1\text{m/s}$ ，Test-2 為  $3.4\pm 0.2\text{m/s}$ ，Test-1 心跳率  $152\pm 1.8\text{min}^{-1}$ ，而 Test-2 則為  $148\pm 4.5\text{min}^{-1}$ 。Test-1 與 Test-2 速度差異  $+ 0.13\text{m/s}$ ，心跳率 Test-2 與 Test-1  $- 4\text{min}^{-1}$ (表 4-2)。

結果顯示有氧閾值速度無顯著差異( $p > .05$ )，有氧閾值心跳率達顯著差異( $p < .05$ )。

表 4-1 個人有氧閾值(2 mmol/l)分析

Nr.	Test-1		Test-2	
	m/s	HR	m/s	HR
1	3.3	152	3.9	151
2	3.4	154	3.6	150
3	3.4	155	3.3	147
4	3.7	150	3.2	146
5	3.3	154	3.2	144
6	3.4	151	3.2	143
7	3.3	154	3.3	156
<b>M±SD</b>	<b>3.4±0.1</b>	<b>152±1.8</b>	<b>3.4±0.2</b>	<b>148±4.5</b>

表 4-2 有氧閾值前、後測比較

項 目	平均數	標準差	最大值	最小值	t
Test-1 m/s	3.41	0.13	3.70	3.30	0.54
Test-2 m/s	3.40	0.27	3.95	3.20	
Test-1 HR	152.85	1.86	155	150	2.92*
Test-2 HR	148.14	4.52	156	143	

註：\* 表示  $P < .05$

## 二、無氧閾值

表 4-3 為選手們個人訓練前(Test-1)、後(Test-2)無氧閾值分析表，在由表 4-4 可看出無氧閾值前、後測平均數及標準差。在 Test-1 速度為  $4.1 \pm 0.1 \text{m/s}$ ，Test-2 為  $4.1 \pm 0.2 \text{m/s}$ ，Test-1 心跳率為  $172 \pm 3.8 \text{min}^{-1}$ ，而 Test-2 則為  $169 \pm 3.7 \text{min}^{-1}$ 。表 4-4 Test-2 速度增加  $0.15 \text{m/s}$  ( $p > .05$ )，Test-2 心跳率下降  $3 \text{min}^{-1}$  ( $p < .05$ )。

表 4-3 個人無氧閾值(4 mmol/l)分析

Nr.	Test-1		Test-2	
	m/s	HR	m/s	HR
1	3.9	176.5	4.65	174.2
2	4.0	171.9	4.15	170.0
3	4.1	175.4	4.15	169.7
4	4.3	165.0	3.95	164.7
5	4.1	174.0	3.95	168.5
6	4.2	172.1	4.00	165.6
7	4.1	175.0	4.15	174.2
M±SD	4.1±0.1	172±3.8	4.1±0.2	169±3.7

表 4-4 無氧閾值前、後測比較

項	目	平均數	標準差	最大值	最小值	t
Test-1	m/s	4.11	0.12	4.30	3.90	-0.21
Test-2	m/s	4.14	0.24	4.65	3.95	
Test-1	HR	172.84	3.84	176	165	3.40*
Test-2	HR	169.55	3.73	174	164	

註：\* 表示  $P < .05$

圖 4-1 為兩次有氧-無氧閾值測試，Test-1 最大速度為 5m/s，HR-1 與 LA-1 為  $189 \pm 2.34 \text{min}^{-1}$  與  $7.42 \pm 0.64 \text{mmol/l}$ 。Test-2 速度 5m/s 時，HR-2 與 LA-2 為  $184 \pm 0.71 \text{min}^{-1}$  與  $7.12 \pm 0.70 \text{mmol/l}$ 。Test-2 最大速度為 5.5m/s，經過五週訓練後 Test-2 只有一人到達 5.5m/s 的速度，HR 與 LA 為  $190 \text{min}^{-1}$ ， $9.75 \text{mmol/l}$ 。LA-2 及 HR-2 分別都向下且右移 ( $p < .05$ )。

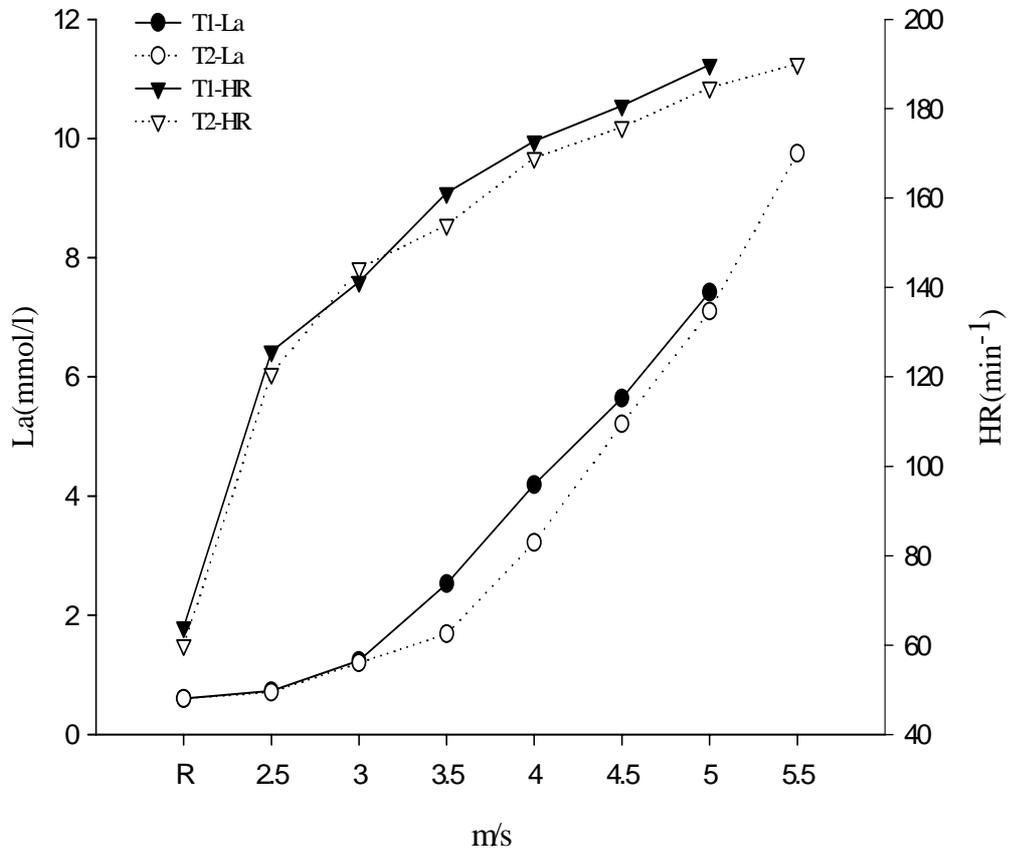


圖 4-1 訓練前、後基礎耐力有氧-無氧閾值比較，  
T2 最大速度提昇

## 第二節 安靜心跳率

訓練期間(五週)之安靜心跳率平均值與最大值、最小值(圖 4-2)。第一週與第二週分別為  $50 \pm 3$ ， $50 \pm 3 \text{ min}^{-1}$ 。第一週與最後一週比較未達顯著差異( $p > .05$ )。所有受試者均在第四週略產生心跳率變化(表 4-5)。

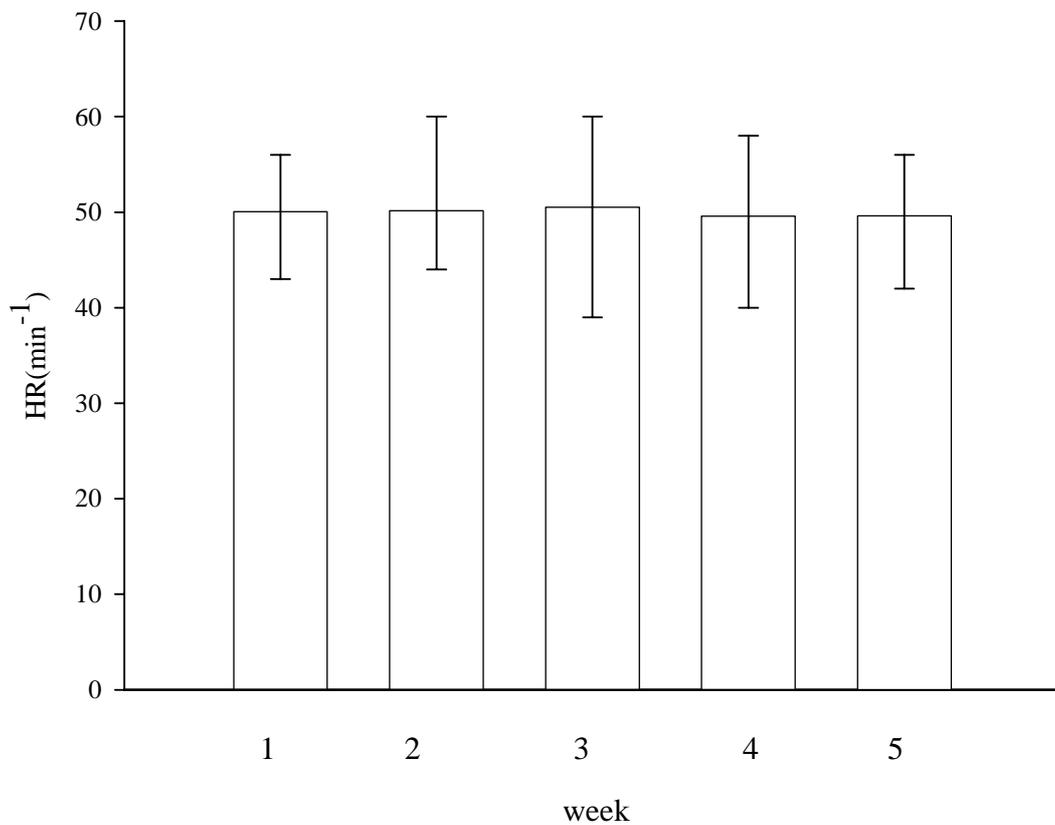


圖 4-2 五週安靜心跳率比較

表 4-5 個人五週安靜心跳率的差異

Nr.	1	2	3	4	5
1	50±4	48±1	48±2	45±6	50±5
2	50±2	47±3	48±1	48±1	48
3	48±2	49±2	50±2	49±2	49±2
4	46±3	47±5	46±8	43±1	42
5	51±3	51±5	53±2	53±2	50±2
6	53±2	52	52	52	52
7	50	53±5	50±3	53±2	51±1

### 第三節 訓練心跳率

訓練心跳率，第一週與第二週分別為  $182 \pm 4$ 、 $179 \pm 3 \text{ min}^{-1}$ 。第五週與第一週比較呈現顯著差異 ( $p < 0.05$ )，如圖 4-2。個人方面第一週至第五週變化最大者由  $184 \pm 8$  下降至  $170 \pm 13 \text{ min}^{-1}$ ，差異為  $14 \text{ min}^{-1}$ 。所有受試者均在第二週就產生心跳率變化(表 4-7)。

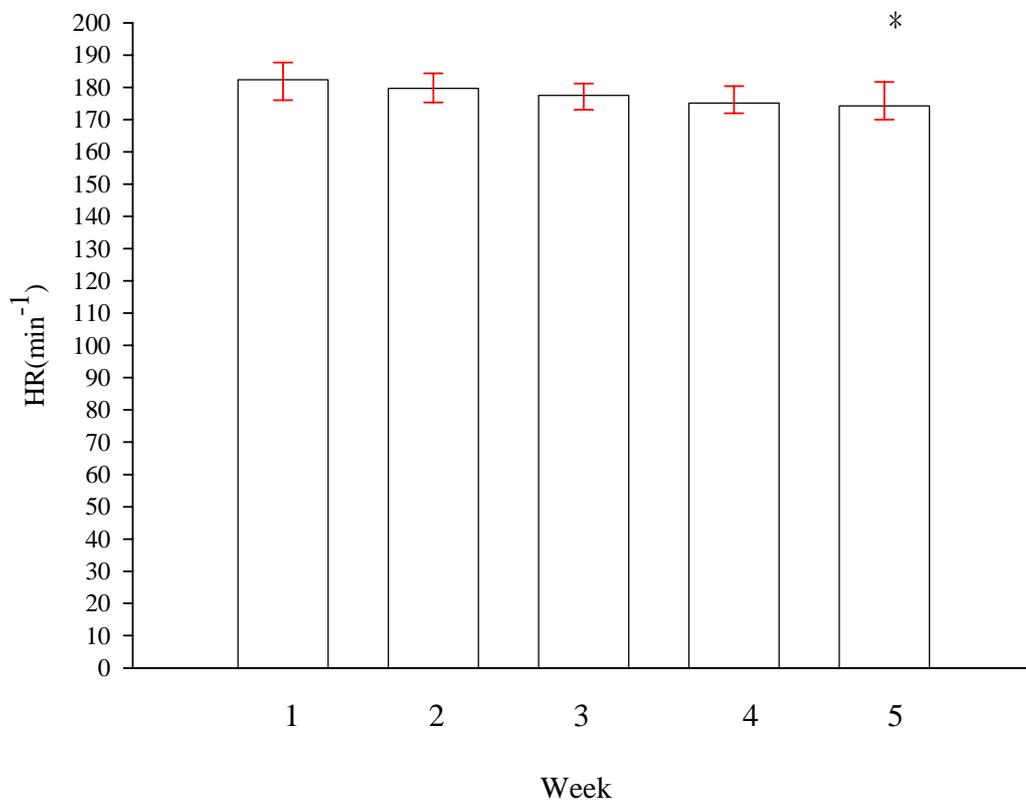


圖 4-3 五週訓練結束後最大心跳率比較。

(\* :p < .05)

表 4-6 個人五週訓練結束後最大心跳率差異

Nr.	1	2	3	4	5
1	174±4	180±7	178±6	175±1	173±1
2	174±6	177±4	181±1	169±1	176±6
3	184±8	173±1	179±1	172±1	170±1
4	175±5	172±8	181±1	172±1	170±1
5	174±4	175±7	181±1	177±1	171±2
6	174±3	172±7	176±8	175±1	178±6
7	174±8	177±6	175±7	180±4	175±8

## 第四節 訓練後心跳率

訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率，第一週與第二週分別為  $112 \pm 6$ ， $114 \pm 10 \text{min}^{-1}$ 。第五週與第一週比較呈現顯著差異 ( $p < .05$ )，如圖 4-4。個人方面第一週至第五週變化最大者由  $114 \pm 6$  下降至  $98 \pm 1 \text{min}^{-1}$ ，差異為  $16 \text{min}^{-1}$ 。所有受試者均在第三週產生心跳率變化(表 4-8)。圖 4-5:第一週(1w)訓練結束後 5 分鐘恢復心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-1)比較， $R^2=0.223$ 。圖 4-6 第五週(5w)訓練結束後 5 分鐘恢復心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-2)比較， $R^2=0.634$ 。

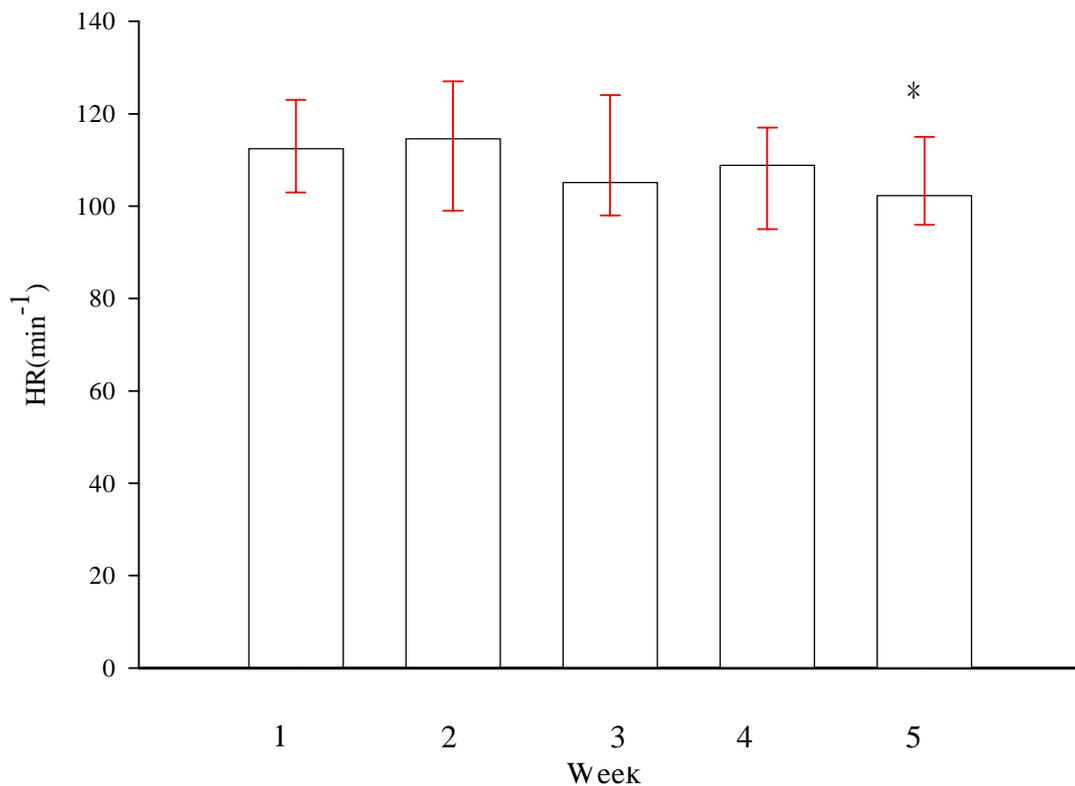


圖 4-4 訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率 (\* :  $p < .05$ )。

表 4-7 個人五週訓練後第 5 分鐘恢復心跳率差異

Nr.	1	2	3	4	5
1	101±9	107±3	104±9	109±1	101±6
2	111±5	104±2	106±6	101±4	104±2
3	110±4	107±1	103±5	106±1	107±3
4	107±4	114±6	109±7	100±1	107±8
5	114±6	99±1	105±7	99±3	98±1
6	109±3	103±9	105±1	112±5	98±6
7	108±4	98±6	108±6	102±4	108±3

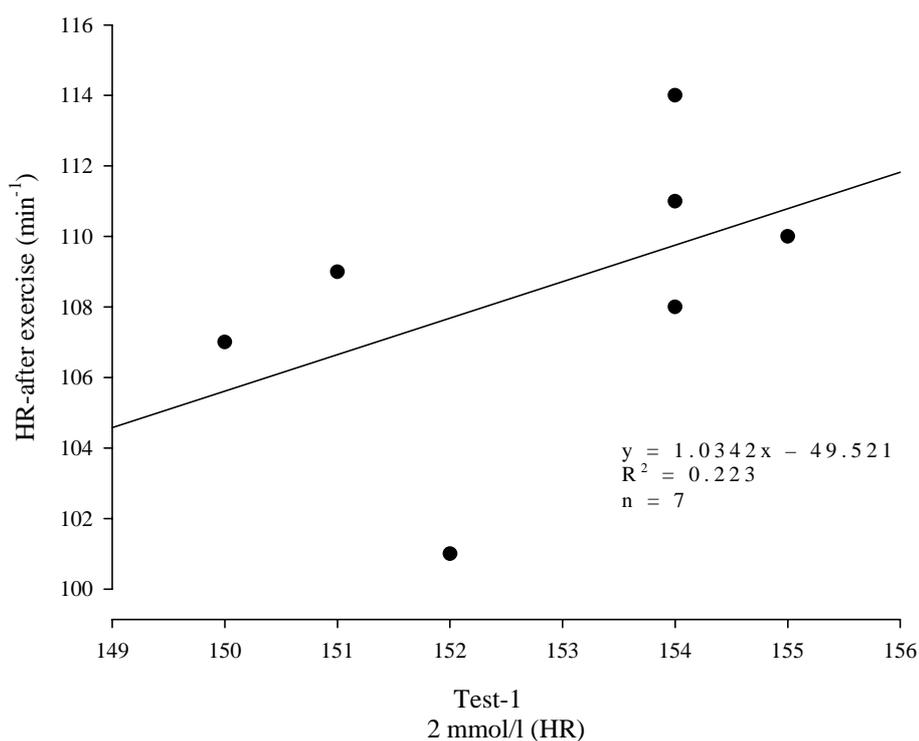


圖 4-5 第一週(1w)訓練後第 5 分鐘恢復心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-1)比較。

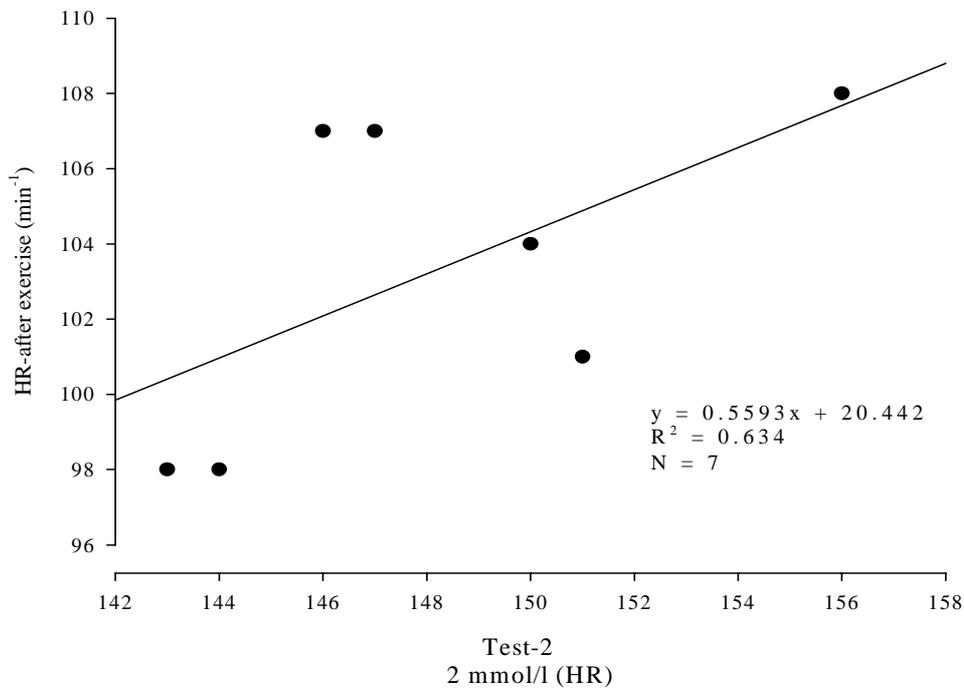


圖 4-6 第五週(5w)訓練後第 5 分鐘恢復心跳率平均值與有氧閾值心跳率(Test-2)比較。

## 第五節 專項成績分析

選手分別在前測、後測之後，測專項 1500 公尺，由表 4-9 可看到選手們在經過五週訓練後，專項成績的秒數明顯減少並達顯著效果( $p < .05$ )；圖 4-7 為前測(Test-2)專項測試(1500m)與個人有氧閾值速度(2mmol/l)比較，未達顯著相關( $R^2=0.017$ )，圖 4-8:後測(Test-2)專項測試(1500m)與個人有氧閾值(2mmol/l)比較， $R^2=0.5898$  達顯著差異( $p < .05$ )。

表 4-8 個人專項成績(1500m)訓練前、後測的比較

Nr.	前測(m/s)	後測(m/s)	進步(%)
1	4.91	5.03	12%
2	4.83	4.93	10%
3	4.78	4.87	9%
4	4.69	4.71	2%
5	4.55	4.64	9%
6	4.52	4.56	4%
7	4.35	4.52	17%

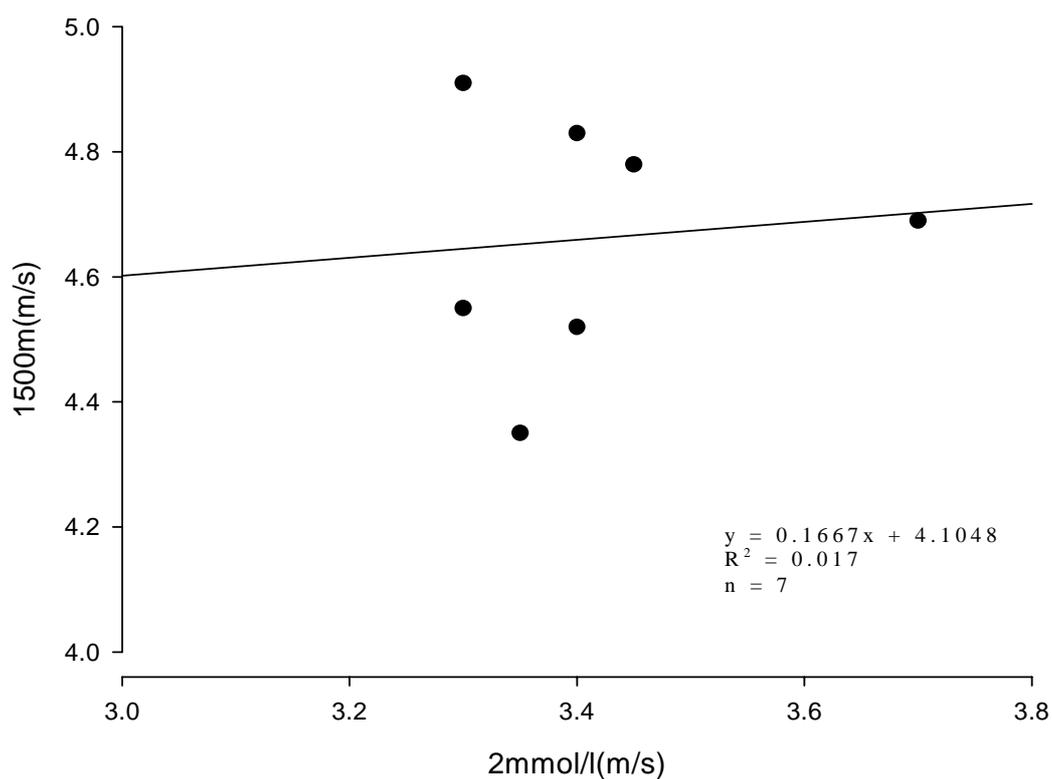


圖 4-7 前測(Test-1)專項測試(1500m)與個人有氧閾值速度(2mmol/l)比較未達顯著相關。

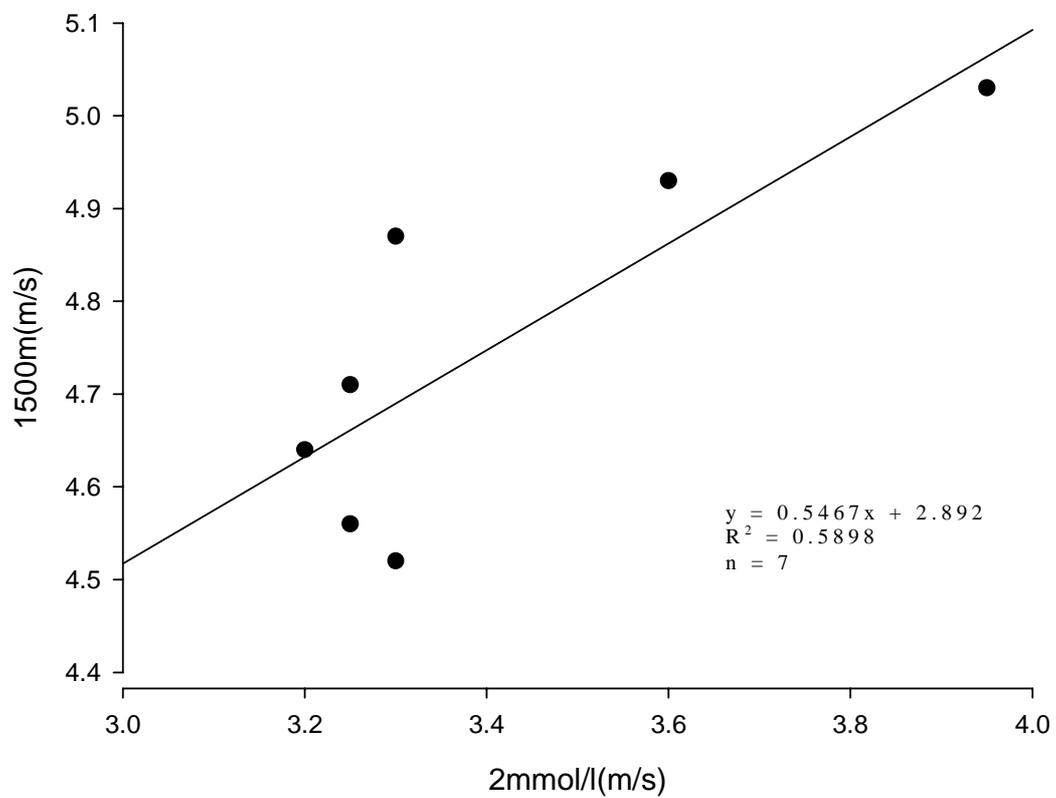


圖 4-8 後測 (Test-2) 專項測試 (1500m) 與個人有氧閾值速度 (2mmol/l) 比較達顯著差異 ( $p < .05$ )。

## 第五章 討論

本研究結果透過資料統計與分析後，將分為三部分來加以說明：

- 一、訓練強度設定。
- 二、訓練生理適應。
- 三、分析專項成績的差異。

### 第一節 訓練強度設定

有效的訓練強度設定，使訓練科學化、防止過度訓練及運動傷害的發生和增進選手的動機。透過有效的訓練，打破體內環境的平衡，使身體機能獲得更高水準的轉化，而能在更大的運動負荷中，獲得更高的訓練適應，進而提昇成績(吳忠芳，1997)。

多位學者研究指出(馮煒權等人，1990; Billat, 1996; Madsen, 1987; Yoshida, 1982)以 4mmol/l 的訓練強度，最能有效提昇有耐力，也常以 4mmol/l 來判斷選手的有氧能力。Davis 等人(1978)的研究指出，訓練強度必須在無氧閾值或無氧閾值以上，進行長時期訓練，對個人有氧能力才能有顯著的改善。

本研究發現經過五週後，以個人無氧閾值設定強度(4mmol/l)，受試者在個人有氧閾值(2mmol/l)速度方面有進步，心跳率也呈現顯著性的下降。

在個人無氧閾值(4mmol/l)Test-1 與 Test-2 的速度方面來看並無顯著差異，本研究的受試者在高中為高程度的競技選手，因此在速度進步方面有限，所以在 Test-1 與 Test-2 的速度方面

無法看出差異性。

Keskinen 等人(1989)提出，運動時乳酸大量生成，只要清除的速率與之同步，也能有效的清除乳酸；運動員的血乳酸的轉換率較一般人為高。圖 4-1 中可看到 La 在 Test-1 與 Test-2 中的曲線比較，Test-2 曲線明顯的向下且向右移，這表示受試者們的乳酸代謝率明顯提高，這也與 1976 年德國的研究相符合。

## 第二節 訓練生理適應

### 一、安靜值心跳率

一般而言，心肺功能優者，安靜時心跳率較低，另在同一相對運動負荷中，心跳率上升越高者體能越差；反之，體能越好(林正常，1993)。蔡崇濱 (1994)指出運動員的安靜心跳率比健康的常人低，透過訓練後的安靜心跳率比未訓練前低，安靜心跳率低者相對，呼吸循環功能也較強。其他研究指出，安靜心跳率會隨著運動訓練而降低(Pollock 等, 1971; Donnelly 等, 2000)。

長跑選手的安靜心跳率約每分鐘 50 次，一般人的安靜心跳率則約每分鐘 72 次。由表 4-5 可看到，受試者個人五週安靜心跳率，每人平均在每分鐘 50 次上下，圖 4-2 可看到出，五週安靜心跳率有下降趨勢，但未達顯著差異。本研究受試者均為高競技運動員，因此安靜心跳率下降的有限，也可能因訓練所造成的疲勞而導致沒有顯著差異。

## 二、訓練後最大心跳率

運動訓練的初期，一定運動強度條件下的心跳率會上昇，以便提供身體組織的血液量增加需求。隨著訓練周期延長，心肺功能提昇，促使心臟每跳輸出量(stroke volume)增加，並提昇各項能量代謝系統功能，因此運動心跳會有降低的反應。按照訓練適應理論，隨著訓練強度的提高，完成同樣運動負荷時，心跳率有逐漸減少的趨勢。本研究結果發現，受試者在經過五週訓練後，產生適應效果。因此受試者的訓練心跳率明顯的下降，並且達到顯著水準(如圖 4-2)。

## 三、運動後第 5 分鐘恢復心跳率

運動後心跳率的恢復情形可看出身體代謝水平的好壞；體能較佳恢復得較快，體能較差者恢復則較慢(林正常，1997)。不管測量運動中或是運動結束後恢復期之心跳率，心跳率愈低者即表示心肺功能愈好(薛淑琦，1993)。圖 4-5、4-6 可看到受試者有氧閾值(2mmol/l)心跳率越高，運動結束後 5 分鐘的恢復心跳率也越慢。運動後心跳率會在運動停止後二、三分鐘內下降至 120-130 下左右。由表 4-8 可看到受試者五週運動後心跳率皆低於 120 下，且本研究結果發現受試者在經過五週訓練後受試者的訓練心跳率明顯的下降，並且達到顯著水準(如圖 4-4)。

### 第三節 專項成績的差異

本研究發現，受試者在經過 5 週以個人無氧閾值強度訓練後，個人的專項成績秒數都減少了(如表 4-9)，這與 Chatterjee 等(1995)的發現相同，經過運動訓練後，由於心肺適能的提升，因此在跑步測驗時間的表現上將會有較好的表現。有氧閾值(2mmol/l)的好壞也將會影響到專項成績(1500m)的好壞，當受試者有氧閾值的速度越快時及表示體能越好，這也就表示有氧閾值與專項成績有一定的相關程度。由圖 4-7、4-8 可看到受試者有氧閾值越高者，跑的速度越快，並且在經過五週訓練後，後測(Test-2)的專項測試(1500m)與個人有氧閾值(2mmol/l)的速度達顯著效果( $p < .05$ )。



## 第陸章 結論

準確的運動訓練強度設定，是提昇訓練效果唯一路徑。本研究是以女子中長跑選手 7 名為受試者，以相依樣本 t 考驗以無氧閾值強度設定個人訓練負荷，並瞭解訓練前、後的生理適應及專項成績的差異。從結果可得知以下幾點：

### 一、訓練強度的設定

受試者以個人無氧閾值的速度設定訓練強度，經過五週的訓練後個人有氧－無氧閾值速度進步且心跳率也下降。

### 二、訓練的生理適應

安靜心跳率在五週訓練前、後無顯著差異，而訓練心跳率在五週訓練後達到顯著差異，運動後心跳率也在五週訓練後達到顯著差異。

### 三、專項成績

以個人無氧閾值強度訓練後，受試者每個人的專項成績速度均進步，並且訓練前、後成績達顯著性差異。

## 參考文獻

- 李昭慶、王儀祥、黃谷臣。(2000)。非最大運動前後心跳率化與耐力運動表現的關係研究。中華體育。52期，98-105頁。
- 吳忠芳。(1997)。運動訓練負荷的監控。中華體育。1期，71-79頁。
- 林文郎、何忠鋒。(1998)。血乳酸與運動之探討。大專體育。40期，115-124頁。
- 林文弢。(1996)。運動負荷的生化評定。廣東高等教育出版社。
- 林正常譯。(1983)。運動生理學。台北市：健行出版社。
- 林正常。(1997)。運動生理學。台北市：師大書苑有限公司。
- 林正常。(2002)。運動科學與訓練。台北縣：銀禾出版社。
- 呂欣善、陳相榮。(1997)。影響運動後乳酸變化因素探討。國立台灣體育學報。2輯，107-117頁。
- 許任榮、陳相榮、駱明瑤、麥財振、鐘瓊珠。(1995)。中長跑、排球、籃球和足球選手生理特性之比較。國立臺灣體育學報。7卷，161-169頁。
- 陳相榮譯。(1988)。運動生理學。台北：精華出版社。
- 陳莖斐、李寧遠。(1997)。血乳酸值在運動訓練上的應用。國立體育學院論叢。8輯，93-101頁。
- 陳福財、鐘子雯等。(2000)。補充維生素C對游泳耐力訓練之血乳酸影響。北體學報。7輯，146-158頁。
- 馮煒權、翁慶章。(1990)。血乳酸與運動訓練-應用手冊。北京：人民體育出版社。
- 蔡崇濱。(1993)。血乳酸測量在跑步訓練上的應用。中華體育。4期，89-102頁。

劉丹、何加才、商瑞華、楊秀武。(1990)。為國家女子足球隊備戰首屆世界盃進行訓練控制的研究。體育科學。14卷，2期，39-43頁。

龔憶琳。(1990)。無氧閾值在運動訓練上的應用。中華體育。12期，107-117頁。

英文部份

Billat, L. V. (1996). *Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training*. *Sports Medicine*, 22(3), 157-175.

Boehmer, D., Baron, D., Bausenwein, H. Fischer, W., Groher, H. (1975). *Das Sportmedizinische Untersuchungssystem*. Leistungssport, Beiheft.

Brooks, G. A. (1985). *Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research*. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 17, 22-30。

Brooks, G. A. Fahey, T. D. & white, T. P. (1996). *Exercise physiology: human bioenergetics and its application*. 2nd ed. Hountain Veiew (CA): Mayfield Publishing. 191-195。

Bunc, V., et al. (1987). *Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes*. *International Journal Sport. Medicine*. 8(4):275-280。

Chatteijee, s. & Bandyopadhyay, A. (1995). *Effect of continuous slow-speed running for 12 weeks on 10-14-year-old Indin boys*. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 179-185.

- Davis, J. A. M. H. Frank, B. J. Whipp and K. Wasserman. (1979). *Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged man*. Journal Applied Physiol.:Respirat. Environ. Exercise Physiol. 46 (6): 1039-1046 °.
- Donnelly, J. E, Jacobsen, D. J., Heelan, K. S., Seip, R., & Smith, S. (2000). *The effect of 18 months of intermittent vs. continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic in previously sedentary, moderately obese females*. International Journal of Obesity, 24, 566-572.
- Gibbons E.S., Jessup G.T., Wells T.D., Werthmann D.A. (1983). *Effects of various training intensity levels on anaerobic threshold and aerobic capacity in female*. Journal Sports Medicine. 23:315-318.
- Gollnick, P., Bayly, W. & Hodgson, D. (1986). *Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood*. Medicine and Science in Sport and Exercise, 18, 334-340.
- Heck, H. (1990). *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Schorndorf.
- Hollmann, W. (1959). *The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (PoW) and pulsfrequency during increasing spiro-ergometric work in endurance-trained and untrained person*. Pan American Congress for Sports

Medicine, Chicago.

Hultman, E. and Saholm K. (1980). *Acid-base balance during exercise*. Exercise and sport Science Review 8, 41-128.

Ivy, J. L., Withers R. T. & Van handle, P. J. et al. (1980). *Muscle respiratory capacity and fibet type as determinants of the lactate threshold*. Journal of Applied Physiol. 48,523-527 °

Karlsson, J. & Saltin, B. (1971). *Diet, muscle glycogen, and endurance performance*. Journal of Applied Physiology, 31(2), 203-206.

Karvonen, J.; Vuorimaa, T. (1988). *Heart Rate and Exercise Intensity During Sport Activities*. Sports Medicine,303ff. In: Zintl, F.: *Ausdauertraining-Grundlagen, Methoden, Trainingsteuerung* (1994), S166 °

Katch, V. L. (1973). *Kinetics of oxygen uptake and recovery for supramaximal work for short duration*. International Zeitschrift Fuer Angewandte Physiology, 31, 197-202 °

Keskinen, K.L., Komi, P.V. & Rusko, H. (1989). *Acomparative study of blood lactate tests in swimming*. International Journal Sports Medicine. 10, 197-201.

Mader, A.; Lisen, H.; Philippi, H.; Rost, R., Schuerch, P.; Hollamn, W. (1976): *Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerlistungsfaehigkeit im Labor*. Sportarzt und Sportmed. 27,80-88 °

Mader, A.; Heck, H.; Foehrenbach, R.; Hollmann, W. (1979). *Dasstatische und Dynamische Verhalten des Laktats und*

*des Saeure-basen-status im Bereich Niedriger bis Maximaler Azidosen bei 400-und 800-M Laeufern bei Beiden Geschlechtern Nach Belastungsabbruch. 30, 203-206.*

Madsen, O., & Lohberg, M. (1987). *The lowdown on lactates. Swimming Technique, May-July, 21-26.*

Neumann, G. (1991). *Umstellung und Anpassung des Organismus-grundlegende Voraussetzung der sportlichen Leistungsfahigkeit. Leistungssport 21, S. 29-31 °*

Pollock, M. L., Miller, J. R., Linnerud, A. C, Robertson, B & Valentiono, R (1971). *Effects of walking on body composition and cardiovascular function on middle-aged men. Journal of applied physiology, 30, 126-130.*

Smith, B. W. (1982). *Anaerobic threshold of trained swimmers. Unpublished Master's thesis. University of North Carolina °*

Svedenhag, J., and B. Sjodin. (1984). *Maximal and Submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle-and long-distance runners.*

Vago, P., et al. (1987). *Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity ? International Journal Sport Medicine. 8: 190-195 °*

Weinecker, H.; Strobel, G. (1993). *Sportmedizin:Biochemisch-Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. 58-60.*

Weltman, A., and Katch, V. (1979). *Relationship between the*

*onset of metabolic acidosis and maximal oxygen uptake.*  
Journal sports Medicine. 19:135-142.

Yoshida, T., Y. Suda. N. Takeuchi. (1982). *Endurance trainingV  
egimen based upon arterial lactate:effects on anaerobic  
threshold.* European Journal of Applied Physiology and  
Occupational Physiology, 49,223-230 ◦

Yoshida, T., Chida M., Ichioka M., Suda Y. (1987). *Blood  
lactate parameters related to aerobic capacity and  
endurance performance.* European Journal of Applied  
Physiology. 56: 7-11 ◦

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

