

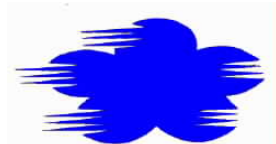
國立臺灣體育大學(桃園)
教練研究所碩士論文

兩種不同持續跑訓練方式對耐力運動表現效果之
探討

**The Effects of Different Continue Running Training Methods on
Endurance Performance**

指導教授：張嘉澤 博士
邱炳坤 博士
研 究 生：黃雅陵 撰

中 華 民 國 九 十 七 年 六 月



國立臺灣體育大學(桃園)
National Taiwan Sport University

兩種不同持續跑訓練方式對耐力運動表現效果之探討

摘要

本研究主要目的在探討藉由跑步機做持續跑速度不變及持續跑速度變化兩種訓練方式，對5 km路跑專項成績及乳酸與心跳率之影響。本研究受試者為大專女子乙組田徑選手12名，依個人前測(T-1) 5 km路跑專項成績，配對分組為A、B兩組，A組以個人無氧閾值(4 mmol/l)速度訓練，平均年齡 18.2 ± 0.4 years、平均身高 158.3 ± 3.1 cm、平均體重 51.8 ± 6.7 kg；B組以個人有氧(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度變化方式訓練，平均年齡 18.3 ± 0.5 years、平均身高 158.8 ± 3.1 cm、平均體重 50.5 ± 3.1 kg。訓練時間為期四週，每週三次，每次20分鐘。測驗所得資料以SPSS 12.0進行重複量數單因子變異數分析與相依樣本t考驗等統計方法進行分析，顯著水準訂為 $p<.05$ 。

研究結論如下：

- 一、四週不同持續跑方式訓練後，A組有氧閾值速度達顯著進步，無氧閾值速度有進步但未達顯著差異；而B組之有氧無氧閾值速度亦達顯著進步。
- 二、四週不同持續跑方式訓練後，A組有氧與無氧閾值心跳率呈上升趨勢，但皆未達顯著差異；B組有氧與無氧閾值心跳率呈下降趨勢，亦皆未達顯著差異。
- 三、四週不同持續跑方式訓練後，兩組訓練後恢復心跳率明顯下降，且達顯著差異。

四、5 km路跑專項測試分析

(一) 專項成績

四週不同持續跑方式訓練後，兩組 5 km 路跑專項成績皆達顯著進步，兩組組間之比較未達顯著差異。

(二) 乳酸變化情形

四週不同持續跑方式訓練後，兩組之專項測試結束後(E1)乳酸值呈上升趨勢，但皆未達顯著差異。兩組組間亦未達顯著差異。

(三) 心跳率

四週不同持續跑方式訓練後，兩組專項測試結束後(E1)心跳率皆呈上升趨勢，惟B組達顯著差異；兩組專項測試結束後第5分鐘(E5)心跳率皆呈下降趨勢，惟B組達顯著差異。兩組組間E1、E5心跳率皆未達顯著差異。

關鍵詞：持續跑、速度變化、乳酸、心跳率、有氧閾值、無氧閾值

The Effects of Different Continue Running Training Methods on Endurance Performance

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects on 5 km road run specific performance and lactate and heart rate through two different training methods of being used treadmill to make continuous steady running speed and various running speed. Twelve college female track runners were divided into Group A and B with matched-paired model, according to individual (T-1) 5 km road run specific performance. Group A were trained with individual anaerobic threshold (4 mmol/l), age 18.2 ± 0.4 yrs, height 158.3 ± 3.1 cm, weight 51.8 ± 6.7 kg. Group B were trained with aerobic (2 mmol/l)- anaerobic threshold(6 mmol/l), age 18.3 ± 0.5 yrs, height 158.8 ± 3.1 cm, weight 50.5 ± 3.1 kg. Four weeks were conducted for training period, in which 3 times a week, and 20 minutes each time. All data obtained during the period were analyzed with one-way ANOVA by SPSS 12.0 and paired t-test. All significant levels were set at $p < .05$.

The conclusions of this study were:

1. After 4 weeks' continuous running training, Group A with aerobic threshold velocity had made improvement, but the anaerobic threshold was not significantly different. Group B showed significantly differences on both aerobic and anaerobic

threshold.

2. After 4 weeks' continuous running training, the heart rate of Group A with aerobic and anaerobic threshold improved, but wasn't significantly different. And the heart rate of Group B with aerobic and anaerobic threshold dropped and showed no significantly differences.
3. After 4 weeks' continuous running training, the recovery heart rate of the two groups after exercise dropped obviously and showed significantly differences.
4. The analysis of 5 km road run specific event:

(1) Specific performance

After 4 weeks' continuous running training, the two groups had made improvement but there was no significantly differences between the two groups.

(2) The variation of lactate

After 4 weeks' continuous running training, lactate of the two groups(E1) tended to go up but there was no significantly differences between the two groups.

(3) The heart rate

After 4 weeks' continuous running training, the heart rate of the two groups (E1) tended to go up and Group B showed significantly differences; however, the heart rate of the two groups(E5) dropped, and Group B showed significantly differences. The heart rate (E1, E5) between the two groups showed no significantly differences.

Key words: continuous steady running, various running speed, lactate, heart rate, aerobic threshold, anaerobic threshold



致 謝

此篇論文能順利完成，承蒙指導教授張嘉澤博士、邱炳坤博士的督促與指導，引領我踏入學術研究的殿堂，獲得正確且實用的觀念與知識。並於研究過程中，不時關切研究進度，促使本研究能如期完成，內心充滿感激。從運動能力診斷團隊中，更加了解人生的意義，使我獲益良多。本論文並承呂欣善教授指教斧正，對論文撥允指導與批閱分析，使本論文更趨嚴謹；在此致上最誠摯的敬意與謝意。

在學期間非常感謝黃啓煌所長、季力康老師、湯文慈老師、陳月娥老師等多位老師及實驗室佳慧、錠堯、麟棋、嘉吉學長姊及同學月琪、翠娟、宜正、光宇、嬌娟、珍輝、佐吉，炳宏，威達、Y達、紫君、婷妮、大佳慧、時帆的互相砥礪，以及協助檢測與幫助過我的「**SPDI**」夥伴們，在此致上最深的謝意。

在施測期間，衷心感謝參與本研究的全體受試者-我可愛的「神奇寶貝們」辛苦的配合，由於您們的協助、幫忙與支持，使本論文得以順利完成，感謝您們！

最後要感謝的是我的父母親、公婆、老公孟龍及兒子碩慈與女兒立廉對我的關懷與支持，讓我順利完成學業。願以此論文獻給我最愛的您們，與您們共同分享這份成果！

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
致謝	VI
目錄	VII
表目錄	X
圖目錄	XI

第壹章 緒論

第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	5
第四節 名詞解釋	6

第貳章 文獻探討

第一節 有氧與無氧閾值能力相關文獻	8
第二節 乳酸於耐力訓練上之應用效果	12
第三節 心跳率與運動訓練之相關研究	14
第四節 文獻總結	17

第參章 研究方法

第一節 研究對象	18
第二節 時間及地點	19
第三節 實驗流程	20

第四節	實驗儀器與設備	21
第五節	實驗方法與步驟	23
第六節	訓練方式	25
第七節	資料處理與分析	26

第肆章 結果與分析

第一節	基礎耐力表現	27
第二節	訓練心跳率之變化	32
第三節	5 km 路跑專項測試表現	35
第四節	無氧閾值(4 mmol/l)速度與 5 km 路跑專項成績 之四象限分析	42
第五節	有氧閾值(2 mmol/l)心跳率與 5 km 路跑專項測 試恢復心跳率之四象限分析	44
第六節	有氧閾值(2 mmol/l)速度與 5 km 路跑專項測試 結束後乳酸排除速度之四象限分析	46

第伍章 討論

第一節	有氧與無氧閾值能力(2~4 mmol/l)	48
第二節	訓練後恢復心跳率	52
第三節	5 km 路跑專項測試之探討	54
第四節	有氧、無氧閾值與 5 km 路跑專項速度和心跳率 四象限關係之探討	55

第陸章 結論

參 考 文 獻	60
---------	----

附 錄

一 受 試 者 同 意 書	68
二 受 試 者 基 本 資 料	70



表 目 錄

表 3-1	受試者基本資料-----	18
表 3-2	基礎耐力檢測內容-----	23
表 3-3	5 km 路跑專項測試內容-----	24
表 3-4	訓練內容-----	25
表 4-1	A、B 組有氧閾值(2 mmol/l)前、後測之比較-----	28
表 4-2	A、B 組無氧閾值(4 mmol/l)前、後測之比較-----	29
表 4-3	A、B 兩組 5 km 路跑專項測試成績之比較-----	35
表 4-4	5 km 路跑專項測試乳酸分析-----	37
表 4-5	5 km 路跑專項測試心跳率分析-----	40



圖 目 錄

圖 3-1	實驗流程 -----	20
圖 3-2	電動跑步機(Health Stream T790)-----	21
圖 3-3	EFK 德國製乳酸血糖分析儀 -----	22
圖 3-4	POLAR(610i)心跳偵測器 -----	22
圖 3-5	5 km 路跑專項測試路線圖 -----	24
圖 4-1	A 組基礎耐力檢測乳酸及心跳率平均數標準差 ----	30
圖 4-2	B 組基礎耐力檢測乳酸及心跳率平均數標準差 ----	31
圖 4-3	A 組四週持續跑(4 mmol/l 無氧閾值速度)訓練之心 跳率變化 -----	32
圖 4-4	B 組四週持續跑速度變換(2、6 mmol/l 有氧-無氧 閾值速度)訓練之心跳率變化 -----	33
圖 4-5	A、B 兩組訓練結束後第 5 分鐘(E5)恢復心跳率 ---	34
圖 4-6	A 組 5 km 路跑專項測試結束後乳酸之比較 -----	38
圖 4-7	B 組 5 km 路跑專項測試結束後乳酸之比較 -----	38
圖 4-8	A 組 5 km 路跑專項測試結束後恢復心跳率之比較	41
圖 4-9	B 組 5 km 路跑專項測試結束後恢復心跳率之比較	41
圖 4-10	A 組個人無氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試成績 之四象限分析 -----	42
圖 4-11	B 組個人無氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試成績 之四象限分析 -----	43
圖 4-12	A 組個人有氧閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試結 束後第 5 分鐘心跳率之四象限分析 -----	44
圖 4-13	B 組個人有氧閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試結 束後第 5 分鐘心跳率之四象限分析 -----	45
圖 4-14	A 組個人有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束 後乳酸排除速度之四象限分析 -----	46

圖 4-15	B 組個人有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束 後乳酸排除速度之四象限分析-----	47
圖 5-1	人體主要生物參數改善所需之時間-----	52



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，人體的構造原本就是為了走、跑、追、跳而設計，人從小就學會走，緊接著就學會了跑。「跑」是最常見且最簡易的個人健康活動，只要一件運動衫、一條運動褲和一雙跑鞋，隨時隨地都可以從事跑步運動。葉憲清（2000）的研究中亦發現，從事慢跑運動為國人從事休閒運動項目中最普遍的項目之一。此外，朱素鑾與卓世鏞（2004）更指出，慢跑是最經濟、最有效率，且不受時間、空間和年齡限制的運動項目。根據專業醫學院的統計研究指出，經常保有慢跑習慣者的平均壽命比起沒有慢跑習慣者要長。

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。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。

當人體從事不同時間的最大運動時，所動用的能量供應系統就會有所不同。肌肉三大能量來源系統中，10秒以內之短時間最大運動，主要來源為磷化物系統（ATP-CP系統）；1~2分鐘時間左右之最大運動，其主要能量來源為ATP-CP系統與乳酸系統（醣酵解）之搭配；至於3分鐘以上的最大運動或低強度長時間運動則為有氧系統。田徑運動中的長跑項目如3000 m、5000 m、10000 m及馬拉松等，皆需費時5分鐘以上，甚至長達

3小時之多，以能量來源觀之，有氧能量系統為其主要能量來源。

運動生理學研究的方向，一直是以如何讓選手以最快的跑步速度持續更長的距離，或者是以運動時間作為研究的目標。在比賽中影響選手成績表現的因素有很多，選手除需具備良好的先天條件外，後天的努力與比賽的臨場表現等都是重要關鍵。對長跑選手而言，花費大部分的時間在耐力跑訓練上。所以為求最有效率和穩定的訓練策略，也為了客觀且有效的評估有氧耐力，以運動生理學理論基礎的測驗方法應運而生。

一直以來，許多研究指出最大攝氧量($\dot{V}O_{2max}$)以及跑步經濟性的優劣是決定耐力性運動表現的重要因素(Conley & Krqhenbuhl, 1980; Morgan, Baldini, Martin, & Kohrt, 1989; Powers, Dood, Deason, Byrd, & McKnight, 1983)。但是，最大攝氧量並無法完全解釋選手在運動表現上的差異，兩位擁有相同成績的選手其最大攝氧量卻並不相當，這樣的比較研究結果顯示，仍有其他因素影響耐力運動的成績。因此，後來有氧閾值(aerobic threshold)及無氧閾值(anaerobic threshold)的相關研究成為運動科學研究者的研究主題。一般來說，最大攝氧量代表運動員的耐力運動潛能，有氧與無氧閾值則代表運動員的訓練或可訓練程度，兩者對於長跑選手而言，都是非常重要的人體生理指標。

第二節 研究動機

優秀運動員必需擁有絕佳的體質外，更須接受嚴格且有效的訓練，方能使運動成績達到最佳境界，運動訓練需仰賴正確的方法，方法要運用科學的理論作驗證，僅靠教練以經驗相傳方式做訓練，容易導致訓練效果事倍功半。

在運動訓練中，負荷量和負荷強度是相互聯繫，且有高度相關。從事運動訓練的教練們必須注意的是，不論進行甚麼項目的運動訓練，負荷量及負荷強度都必須是適宜的，如此在運動競賽的臨場表現及激烈運動後的恢復，方能有正面的效益。如果在訓練時，負荷量過輕，對運動員來說沒有意義；而負荷量若太大，又容易形成運動性的疲勞或是身體健康的損害。因此，以科學方法來評定訓練時的負荷量及負荷強度，應是現今運動競賽成果表現尋求突破的一條重要途徑。了解運動負荷的科學評定，必須先掌握運動負荷評定的某些生化基礎。

身體在面對不同環境或經過不同訓練後，必然會對這些刺激產生變化，來適應環境與刺激。訓練主要目的在提高身體的機能，以達成最大運動表現，長跑訓練之主要目的在使身體能在最短時間內持續的跑完一定的距離，在完成的過程中選手要能長時間的持續運動，因此能量的供應在此運動中相當的重要。長跑選手必須具備良好的有氧和無氧耐力，如何以科學的訓練方式提高運動員的耐力能力是教練和選手急待解決的難題之一，我們在訓練中運用乳酸和心跳率指標，經過數據分析，準確的掌握每位選手實際的有氧閾值和無氧閾值，針對每位選手進行個別化的訓練，做為教練評定訓練強度的依據。

運動強度、持續時間，各組織器官間的代謝機能，都和乳

酸的強度有關。因此，在運動時和運動後，可以測定乳酸來了解運動時人體的影響及其規律，為科學訓練提供依據（林文弢，1996）。無氧閾值是運動時迅速的引起體內乳酸堆積所需要的最大攝氧利用率，它是反映人體耐力性工作能力的重要指標。用乳酸的測定可以直接得到無氧閾值的數據，而找出最佳之閾值強度進行訓練對於運動員有氧能力的提高有更好的效果。如果教練能確實掌握選手本身所需改進的生理能量系統的供能水準與體能差異，在訓練的調整與應用上配合科學的理論與方法，相信對競技成績的提升有莫大裨益。

長距離選手耐力訓練較常使用方法有二：一為以低強度、長時間的持續跑步訓練過程，不安排休息時間，最常用的方式有，固定強度的訓練法、變換強度訓練法等；另一為間歇訓練法，指反覆做跑步的訓練並中間具有休息時間的訓練方法。

以往從事耐力訓練的場地，大多是利用操場、野外或道路，但常受天候等因素的影響。現今科技發達，儀器的開發亦日趨進步，利用跑步機來進行跑步的訓練與能量的消耗，已經是相當普遍的運動參與方式。利用跑步機進行跑步的優點在於不受天候影響、精確的訓練速度控制、坡度的調整及詳細記錄總訓練量等。

因此本研究之設計是希望先透過檢測、分析了解選手個人的有氧及無氧閾值能力，再以選手個人所分析之數據觀察藉由跑步機做兩種不同持續跑訓練方式，對5 km路跑成績表現及乳酸與心跳率之影響，以作為訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷和訓練強度調控之應用，進而協助運動員創造個人最佳成績。

第三節 研究目的

本研究是將受試者分爲 A、B 兩組，進行四週、每週三次，每次 20 分鐘的持續跑速度不變及持續跑速度變化的訓練，探討訓練前、後之差異。

本研究訓練週期依據德國學者 Neumann (1991)所提人體的適應週期爲四~六週而設定，訓練週期前二週爲強度適應期，後二週訓練則爲適應穩定期。教練如能掌握運動員之生理適應特徵，既能縮短訓練週期，亦能提早進入下階段之訓練 (Hultman & Saholm, 1980)。因此本研究目的如下：

- 一、探討四週兩種不同持續跑訓練方式，對有氧與無氧閾值之影響。
- 二、探討四週兩種不同持續跑訓練方式，對訓練後心跳恢復之影響。
- 三、探討四週兩種不同持續跑訓練方式，對 5 km 路跑專項測試成績與專項測試後乳酸及心跳率生理參數之影響。

第四節 名詞解釋

一、不同持續跑訓練方式

在本研究中不同持續跑訓練方式，是指將受試者 5 km 前測數據，以配對分組方式分成 A、B 兩組，A 組以個人 4 mmol/l 無氧閾值速度；B 組以個人 2 mmol/l、6 mmol/l 有氧-無氧閾值速度變化方式進行四週，每週三次，每次 20 分鐘的持續跑訓練。

二、耐力運動表現

本研究中耐力運動表現是指 5 km 路跑的成績。

三、有氧閾值 (aerobic threshold)

指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微高於安靜值。本研究以 Marder 等在 1976 年提出之理論為依據，當乳酸值在 2 mmol/l 時為有氧閾值，其能量代謝以脂肪為主。透過乳酸分析軟體可算出，每位選手有氧閾值的速度與心跳率，作為有氧耐力訓練負荷設定依據與訓練效果之評價。

四、無氧閾值 (anaerobic threshold)

指運動中乳酸濃度開始不成比率的增加，此時的運動強度稱為無氧閾值。本研究以 Marder 等 1976 理論為依據，當乳酸值在 4 mmol/l 時為無氧閾值，其能量代謝主要以碳水化合物為主。透過乳酸分析軟體得知，每位選手無氧閾值速度與心跳率。

五、乳酸 (lactate)

由於葡萄糖的不完全分解，而產生的可以引起疲勞的乳酸系統的代謝產物。

六、訓練後心跳率

在本研究中訓練後心跳率是指，受試者在接受不同訓練後第5分鐘的恢復心跳率。



第貳章 文獻探討

本研究的目的是在探討不同持續跑訓練方式對耐力運動表現效果之影響，本章分為四節，其內容分別為：第一節、有氧與無氧閾值能力相關文獻；第二節、乳酸於耐力訓練上之應用效果；第三節、心跳率之相關研究；第四節、文獻總結。

第一節 有氧與無氧閾值能力相關文獻

有氧閾值(aerobic threshold)是指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微高於安靜值。有氧運動能力受到運動員體內供氧能力的影響，因此，任何耐力訓練都應該包括提高供氧系統能力的訓練。中強度長時間的耐力訓練，可以透過提高肌紅蛋白含量（一種用以儲存及輸送氧氣的氧合蛋白）、粒線體激酶（大小及數量）、肝醣儲存量及氧化能力，使提昇有氧運動能力。而長時間活動的主要適應，是提高呼吸量、呼吸率、增加氧輸送量、增加心輸出量及增加肌肉粒線體密度。因此，良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力(Gollnick, Armstrong, Sanbert, Sembrowich, Sepherd, & Saltin, 1973)。

無氧閾值(anaerobic threshold)是指運動中乳酸濃度開始不成比率的增加，此時的運動強度稱為無氧閾值。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）。無論哪一種無氧閾值，都必須要受測者從事不同強度漸增的運動負荷測驗，在運動中或運動後，針對血液乳

酸、換氣或心跳率反應進行分析。

個人無氧閾值(4 mmol/l)的測定除了用於診斷不同運動員有氧代謝能力的差異與優劣，更重要是可根據不同運動員個別狀況，提供有氧耐力的訓練計畫，以個人無氧閾值的強度選擇最佳訓練強度，為科學訓練提供理論依據。再依據個人無氧閾的變化，作為評定耐力訓練之效果。

日本筑波大學 Kumagai, Tanaka, Matsuura, Maturaka, Hrokoba, and Asano (1982)以 17 名青年跑者，研究最大攝氧量與無氧閾值跑步能力(5 km、10 km、10 mile)的相關。受試者平均 $\dot{V}O_{2max}$ 64.1 ml/kg/min 平均 AT- $\dot{V}O_{2max}$ 為 51.0 ml/kg/min，平均 AT-HR 及 % AT(AT- $\dot{V}O_{2max}$)分別為 174.7 min⁻¹ 及 79.6 %。最大攝氧量與 5 km、10 km、10 mile 成績的相關分別為 -0.645、-0.674 及 -0.574；而無氧閾值分別為 -9.45、-0.839 及 -0.835。研究結果顯示 AT- $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) 中、長距離選手的預測力優於 $\dot{V}O_{2max}$ 。

Gibbons, Jessup, Wells, and Werthmann (1983) 研究無氧閾值對運動強度設定的重要性。以 29 名有訓練女性於跑步機上進行最大耗氧量測試，檢測其無氧閾值、有氧閾值、最大心跳率、無氧閾值的耗氧量及心跳率。根據最大耗氧量測試結果將受測者區分成：高適能、一般適能及低適能三組，研究結果指出，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。

Yoshida, Chida, Ichioka, and Suda (1987) 以四種血液乳酸參數與有氧動力及 12 分鐘跑成績比較。(1)乳酸閾值 (LT)——漸增運動測試中血液乳酸濃度開始增加超出安靜水準的 $\dot{V}O_2$ ，(2)LT1 (乳酸比安靜值高出 1mmol/l 的 $\dot{V}O_2$)，(3)LT2 (乳酸濃

度達到固定的 2 mmol/l 值)，(4)OBLA(乳酸達到 4 mmol/l 值)。結果發現：(一)乳酸參數(LT、LT1、LT2和OBLA)彼此間具有高度相關，(二)所有乳酸參數與 $\dot{V}O_{2max}$ 及耐力跑成績均有高度相關，其中以LT與 $\dot{V}O_{2max}$ 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。

在Hollmann (1959)提出無氧閾值作為訓練運用之後，開始有Mader, Liesen, Heck, Phillppi, Rost, Schürch, and Hollmann (1976)、Keul, Simon, Berg, Dickhuth, Goerttler, and Kubel (1979)、Stegmann, Kindermann, and Schnabel(1981)、Simon, Berg, Dickhuth, Simon, and Keul(1981)；Bunc, Heller, Nowak, Leso.(1985)的理論提出。在歷經多年的討論與實務上的應用，最後以Mader等(1976)提出的2~4 mmol/l 乳酸值為閾值速度，最具訓練上之實用性。

李雅惠(2005)以7名女子中長跑選手，以個人無氧閾值速度作為訓練負荷設定，訓練時間為期五週，每週三次，每次30分鐘，探討訓練前後心跳率、及專項成績的變化情形，結果顯示：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。

陳江圳(2005)依據閾值心跳率為運動強度指標，以持續跑方式進行五週，每週三次，每次20分鐘的有氧耐力訓練，探討五週耐力訓練對有氧與無氧非乳酸能力及網球專項能力的影響，結果顯示：五週耐力訓練能有效提升選手有氧能力、無氧非乳酸能力及有效降低網球選手擊球失誤率。

龔純玉(2006)以8位國中男生拔河隊選手，以個人有氧閾值速度作為訓練負荷設定，訓練時間為五週，每週三次，每次20分鐘之有氧耐力訓練。研究結果得知，五週有氧耐力訓練

後，對於國中拔河選手的心肺耐力與拔河專項能力，皆有提升之效果。

現今，使用乳酸評定運動員的有氧與無氧代謝能力，並依此設定運動強度，已成為實驗室及運動場上常見的現象與訓練中較簡便的方式。因此以乳酸作為運動負荷強度的生化指標，適用於訓練強度的評定、調控、及應用於訓練方法的選擇和運動疲勞的診斷 (Weinecker & Strobel, 1993)。



第二節 乳酸於耐力訓練上之應用效果

乳酸是糖在無氧條件下進行分解代謝，經丙酮酸(pyruvic acid)生成的代謝產物。運動時乳酸在肌肉中生成，而乳酸產生的數量無法及時被清除時，就會開始堆積在肌肉和血液中，人體在安靜時會產生 1~2 mmol/l 的乳酸 (Karlsson & Saltin, 1971)。

長期以來，乳酸一直被運動教練、體育教師、運動員以及一般社會大眾，認為是引起肌肉疲勞(muscle fatigue)、肌肉酸痛(muscle soreness)、肌肉痙攣(muscle cramp)、無氧閾值(anaerobic threshold)和氧債(oxygen debt)的主要原因。其實，這種將運動時或運動後產生的特殊生理反應，皆歸罪於乳酸的說法，早已被運動生理學研究者否定。乳酸在激烈運動過程中的堆積，會形成肌肉 pH 值的下降，造成肌肉酵素活性的降低，進而形成肌肉活動的疲勞現象（急性肌肉酸痛）。

乳酸是運動科學研究中，歷史最長、應用最廣的指標之一。運動生理學的領域中，只要談到能量系統，乳酸經常是佔有非常重要的一部分。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。許多研究顯示，在運動訓練中乳酸產生的主要因素來自 1、運動強度。2、參與的肌肉量。3、持續的時間(Hultman & Saholm, 1980；Itoh, 1991)。乳酸可用來評定運動員的 1、無氧 ATP-CP 系統供能能力；2、無氧速耐力供能能力；3、負荷強度的指標。

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，以及運動中乳酸反應的研究成果累積，乳酸經常被等同於運動負荷強度的生化指標。運動員乳酸的轉換率較一般人為高 (Keskinen, Komi, & Rusko, 1989)，因此對於乳酸的清除能力較強。乳酸在血中濃度（安靜值 1 mmol/l 左右）可作為判斷運動強度的依據，血中乳酸濃度達 4 mmol/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。

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。

MacRae, Dennis, Bosch, and Noakes (1992)，以8名非運動員進行九週耐力訓練後，發現在一定的運動強度下乳酸濃度皆顯著降低。

第三節 心跳率與運動訓練之相關研究

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、疾病及運動的型態等。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。

心跳率在人體運動生理上是相當具有重要的指標。測量心跳率不但可以檢測身體狀況，另外還可以藉此判斷心肺功能好壞，尤其是做為運動負荷的依據、評量及估計運動所消耗的能量及運動訓練效果等。

Hollmann, Liesen, Rost, and Kawahats (1978) 的研究用最大運動負荷結束後第5分鐘之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，超過 130 min^{-1} 表示差； $130 \sim 120 \text{ min}^{-1}$ 表示不好； $120 \sim 115 \text{ min}^{-1}$ 表示好； $105 \sim 100 \text{ min}^{-1}$ 表示非常好； 100 min^{-1} 以下表示高競技運動能力。

一般的生理反應，不論安靜時或運動中，心跳率與攝氧量的水準，會呈現平行的昇降，且具有高度的正相關（林昭庚、林正常、薩來欣，1994）。運動後恢復期的心跳率，與體能及運動強度有密切關係。曾經有研究者以30名平均13歲左右的青少年作為研究對象，並將其分為運動員與非運動員各15名。研究後發現，這些受試者在跑完400 m的慢跑後，其心跳率恢復到運動開始前的時間，運動員組平均恢復時間為1分32秒，其中最慢5分鐘、最快1分鐘。而非運動員組的平均恢復時間為3分28秒其中最慢為6分鐘、最快為1分鐘；如此看來，運動訓練可以有效地加速心跳恢復的時間（Marsh, 2003）。Darr, Bassett,

Morgan and Thomas(1988)，針對20名男子作為研究對象，分為：年輕訓練者、年長訓練者、年輕非訓練者及年長非訓練者四組，進行最大努力的漸增負荷腳踏車運動發現，訓練者與非訓練者的心跳恢復方面，並未因年齡的因素而受影響；可是在訓練者與非訓練者間的心跳恢復方面，訓練者則皆顯著優於非訓練者。換言之，心跳恢復受訓練情況的影響有相當的程度。

Falls (1969)、Morehouse and Miller (1971)，指出運動訓練可使安靜時脈搏數減少。豬飼道夫（1974）認為運動訓練可使安靜時脈搏數減少，持久性的耐力運動比短跑型的快速運動更易減少脈搏數。

Miles (1976)以 85~90% HR_{max} 的強度對平均 28 歲犯人實施二十週之訓練後，運動持續時間 15 分鐘組、30 分鐘組、45 分鐘組，結果顯示：安靜時的心跳率，皆有顯著的減少，而三組間並沒有顯著的差異。

淺見俊雄、山本惠三、北川薰、佐野裕司（1974），以 46 名大學男生為對象，每週訓練三天，以運動強度與運動持續時間分成五組實施八週的訓練後， $\dot{V}O_{2max}$ 90 % 5 分鐘組、 $\dot{V}O_{2max}$ 80 % 10 分鐘組、 $\dot{V}O_{2max}$ 80 % 5 分鐘組、 $\dot{V}O_{2max}$ 70 % 10 分鐘組、 $\dot{V}O_{2max}$ 70 % 5 分鐘組，在安靜心跳率皆有顯著的進步。

Crews and Roberts (1976) 研究不同強度與一週訓練頻率之影響。對43名坐式生活男性於跑步機進行訓練，共分成六組。第一組訓練強度為心跳率150 bpm，一週訓練5天；第二組訓練強度為心跳率150 bpm，一週訓練3天；第三組訓練強度為心跳率150 bpm，一週訓練1天；第四組訓練強度為心跳率120 bpm，一週訓練5天；第五組訓練強度為心跳率120 bpm，一週訓練3天；第六組訓練強度為心跳率120 bpm，一週訓練1天，進行7

週訓練。於跑步機以 6 mph 的速度和 2.5 % 坡度進行 3 分鐘測試，研究結果第一、二、三、五組於測試結束後(E1)和結束後恢復期(E3、E5)之心跳率皆顯著低於前測。

在耐力訓練後，心臟循環系統方面的適應有：心肌肥大(增加心臟每分鐘容量)、同樣強度負荷心跳率減少、降低安靜值心跳率、增加紅血球量、血液容量增加及改善血液流動特性(Hollmann, 1982)。

李昭慶、王儀祥、黃谷臣(2000)，探討耐力運動與心跳率間的關係，以 5000 m 跑成績、安靜時心跳率、登階測驗為其測驗變項，探討安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數與耐力運動的成績表現之相關情形。結果發現，5000 m 跑成績表現與安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數皆達到顯著相關。安靜時心跳率、標準運動後的心跳率、運動後恢復心跳率及登階體能指數，顯示具有預估 5000 m 成績表現的能力

Smith (1982)的研究也指出在接受耐力訓練後，受試者的安靜值心跳率會下降，固定強度的心跳率也會下降，而每跳輸出量則是增加。所以經由耐力訓練後，可以預期的一個生理上的適應即是安靜值心跳率的下降及相同強度下心跳率減少。在實施耐力訓練後，肌肉中的微血管密度也會大量增加，進而加速血液流動與代謝；也由於紅血球量增加、血液容量增加和血液流動能力改善，所以相對的提升了將氧和營養運送到組織，及移除廢物的能力，也就提昇了運動能力。

第四節 文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、透過實驗，找出有氧-無氧閾值出現時之速度與心跳率，作為訓練負荷強度，相當有效，亦對運動後恢復及專項成績方面有顯著效果。
- 二、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糖類的無氧代謝增加，導致乳酸的含量明顯提高，隨著運動時間的增長，體內的乳酸濃度也會逐漸下降。
- 三、運動員在安靜時的乳酸濃度與未訓練者安靜時乳酸濃度相近；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快，在比賽中可以提早產生乳酸穩定狀態。
- 四、心跳率的觀察既簡單又方便，無非是一種最直接、最容易掌控選手，訓練狀況之方法，也可以作為安排訓練計畫之指標。運動結束後恢復心跳率下降幅度，會依據有氧耐力能力而改變，因此運動結束後恢復心跳率，可以作為有氧耐力能力之判斷依據。

第參章 研究方法

本章旨在敘述整個實驗過程及資料處理的方式，包括：第一節、研究對象，第二節、時間及地點，第三節、實驗流程，第四節、實驗儀器與設備，第五節、實驗方法與步驟，第六節、訓練方式，第七節、資料處理與分析。

第一節 研究對象

本研究以大專女子乙組田徑選手 12 名為研究對象，共分為兩組。分組方式以 5 km 路跑專項測試前測成績之數據以配對分組方式分為 A、B 兩組，A 組以個人無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑訓練，B 組以個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度持續跑速度變化方式訓練。

表 3-1 受試者基本資料(Mean±SD)

組別	年齡 (years)	身高 (cm)	體重 (kg)
A	18.2±0.4	158.3±3.1	51.8±6.7
B	18.3±0.5	158.8±3.1	50.5±3.1

第二節 時間及地點

一、實驗時間

(一)前測：中華民國 97 年 3 月

(二)訓練：中華民國 97 年 3 月～97 年 4 月

(三)後測：中華民國 97 年 4 月

二、實驗地點

(一)國立臺灣體育大學桃園校區園區

(二)長庚技術學院體適能中心



第三節 實驗流程

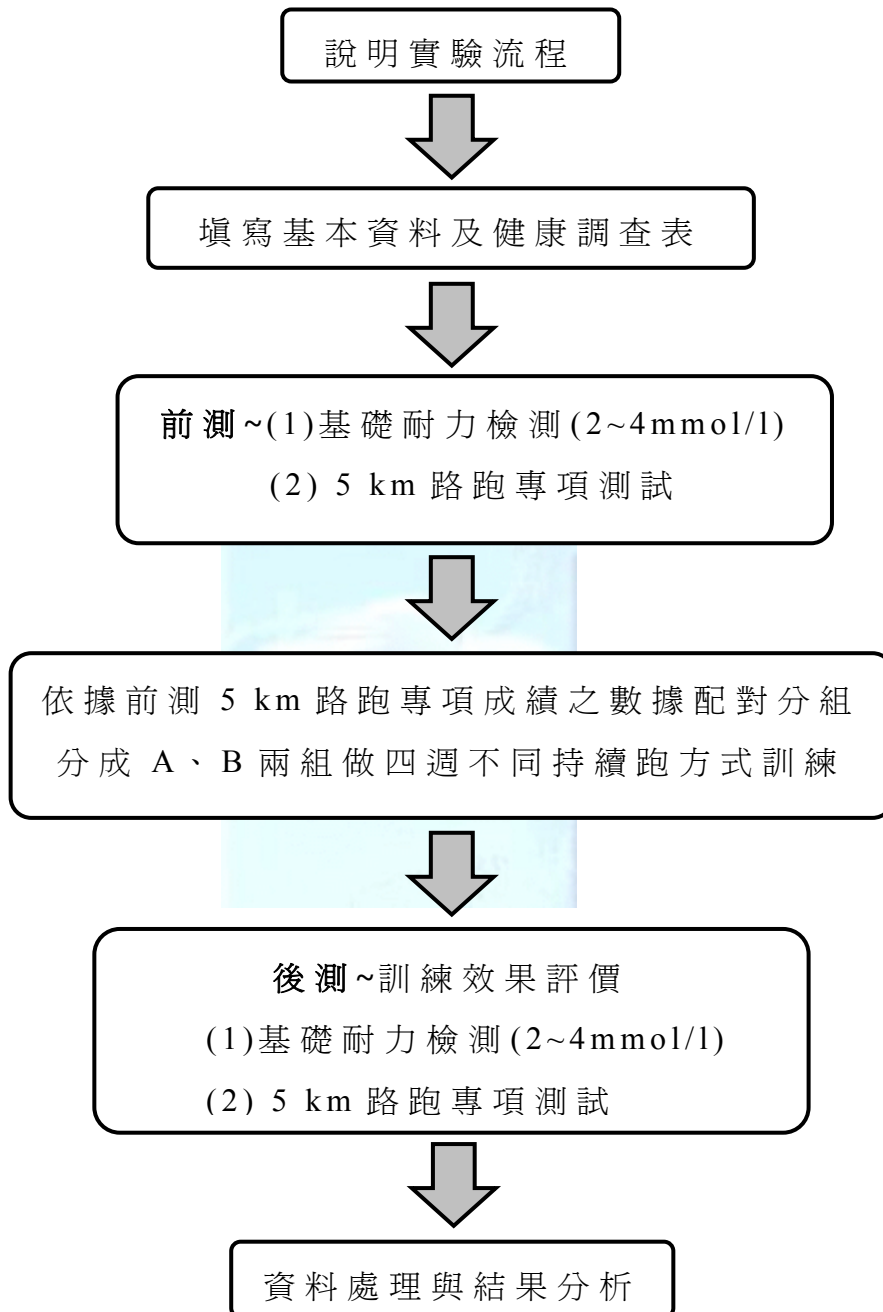


圖 3-1 實驗流程

第四節 實驗儀器與設備

- 一、電動跑步機(HealthStream T790)。
- 二、EFK 德國製乳酸血糖分析儀(Diagnostic BIOSEN C-line)。
- 三、POLAR(610i)心跳偵測器。
- 四、採血設備一套（含冰桶、紅血球破壞劑、酒精、10 μ 毛管、採血針、手套及消毒用具等）。



圖 3-2 電動跑步機(HealthStream T790)



圖 3-3 EFK 德國製乳酸血糖分析儀



圖 3-4 POLAR(610i)心跳偵測器

第五節 實驗方法與步驟

本實驗共進行六週，第一週進行前測(T-1)，第二、三、四、五週進行訓練，第六週進行後測(T-2)。前後測共二項測試，每項測試時間間隔 48 小時以上。檢測內容如下：

一、基礎耐力檢測

- (一) 受試者填寫「受試者同意書」(附錄一)及「基本資料」(附錄二)並說明測試流程。
- (二) 測試之前，受試者戴上Polar錶(610i)，並且於耳垂採 10 μ l 血液，做為安靜時乳酸值。
- (三) 伸展結束後，受試者於跑步機上以 2.0 m/s 的速度開始進行第一階測試。每階持續時間為 5 分鐘，每階速度上昇 0.5 m/s，在階與階之間休息 30 s (採血與心跳率記錄)。測試進行直到受試者所能承受之最大負荷為止。
- (四) 採用德國奧林匹克中心所研發軟體 Laktat-Explorer 進行分析判斷個人有氧-無氧閾值之速度與心跳率。

表 3-2 基礎耐力檢測內容

步驟	測試強度
開始速度	2.0 m/s
每階持續時間	5 min
每階上昇負荷	0.5 m/s
每階休息時間	30 s (採血、記錄心跳率)
測試進行時間	受試者個人最大負荷

二、5 km 路跑專項測試

(一) 測試項目：5 km 路跑

(二) 測試方法：測試之前，受試者戴上 Polar 錶 (610i)，並且於耳垂採 10 μ l 血液，做為安靜時乳酸值。熱身結束後，測試 5 km 路跑 (圖 3-5)。

(三) 收集之參數：5 km 路跑之總時間、測試結束(E1)及結束後第 3 分鐘(E3)、第 5 分鐘(E5)、第 7 分鐘(E7)、第 10 分鐘(E10)、第 15 分鐘(E15)後之恢復心跳率及乳酸。

表 3-3 5 km 路跑專項測試內容

測試項目	5 km 路跑測試 (路線如圖 3-5)
收集之參數	5 km 路跑之總時間、La、HR
採集時間點	R、E1、E3、E5、E7、E10、E15

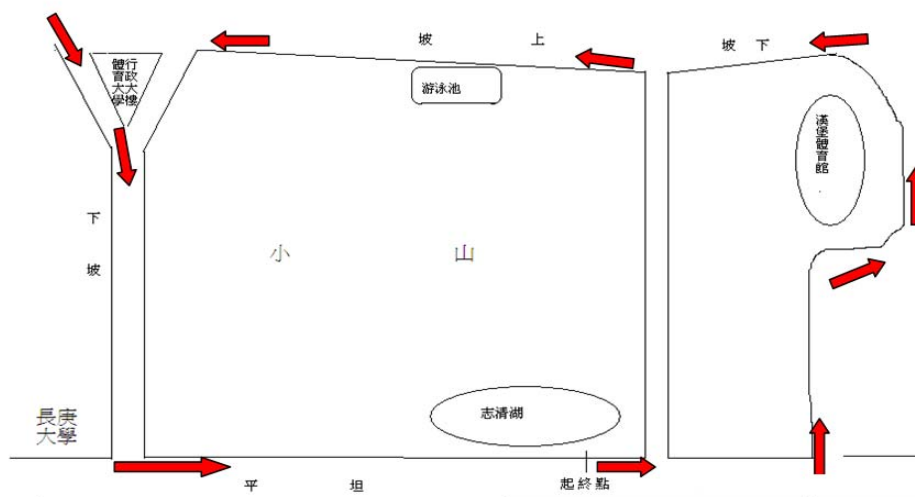


圖 3-5 5 km 路跑專項測試路線圖

第六節 訓練方式

將受試者以配對分組方式分 A、B 兩組，以跑步機實施不同持續跑訓練，訓練內容如下：

A組以個人無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑20分鐘。B組以持續跑速度變化方式，先以個人有氧閾值(2 mmol/l)速度持續跑5分鐘，再以個人無氧閾值(6 mmol/l)速度持續跑5分鐘，以此方式反覆至20分鐘。兩組每週訓練三次，每次訓練時記錄全程心跳率變化，以及登記訓練結束後第5分鐘心跳率。共為期四週。

表 3-4 訓練內容

組 別	A組 (N=6)	B組 (N=6)
負荷強度	個人 4 mmol/l速度	個人 2 mmol/l、6 mmol/l速度變化
運動型態	持續跑速度不變	持續跑速度變化
負荷時間	20 分鐘	20 分鐘
期 間	四週	四週
訓練頻率	每週三次	每週三次

第七節 資料處理與分析

本研究以 SPSS for Windows 12.0版套裝軟體作統計分析，統計方法如下：

- 一、以描述性統計（平均值、標準差）表示各組各項測驗結果。
- 二、以重複量數單因子變異數，考驗A與B組組內前、後測之有氧-無氧閾值的速度與心跳率、5 km路跑專項成績及5 km路跑專項測試結束後各項生物參數之差異。
- 三、以相依樣本 t 考驗，比較A與B兩組組間前、後測之有氧-無氧閾值的速度與心跳率、5 km路跑專項成績及5 km路跑專項測試結束後各項生物參數之差異。
- 四、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Sigma Plot 8.0版。
- 五、本研究的統計考驗水準為 $p<.05$ 。

第肆章 結果與分析

本研究分爲 A、B 兩組，A 組以個人無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑方式訓練、B 組則以個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度持續跑變化方式訓練；兩組受試者各爲 6 人，共 12 人。本研究結果所獲得的數據經統計分析後附上圖表及結果說明，分成六節加以說明。

第一節、基礎耐力表現

第二節、訓練心跳率之變化

第三節、5 km 路跑專項測試表現

第四節、無氧閾值(4 mmol/l)速度與 5 km 路跑專項成績之四象限分析

第五節、有氧閾值(2 mmol/l)心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率之四象限分析

第六節、有氧閾值(2 mmol/l)速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度之四象限分析

第一節 基礎耐力表現

一、有氧閾值(2 mmol/l)表現

表 4-1 爲 A、B 組有氧閾值(2 mmol/l)前測(T-1)與後測(T-2)之比較，A 組在 T-1 有氧閾值速度平均值爲 1.5 ± 0.55 m/s，T-2 則爲 2.0 ± 0.45 m/s，T-1 與 T-2 之速度差異爲 +0.5 m/s，達顯著差異($p < .05$)。B 組有氧閾值在 T-1 速度平均值爲 1.8 ± 0.63 m/s，

T-2 則為 2.1 ± 0.56 m/s，T-1 與 T-2 之速度差異為 $+0.3$ m/s，達顯著差異 ($p < .05$)。A 組與 B 組後測(T-2)組間之比較未達顯著差異 ($p > .05$)。

A 組在 T-1 與 T-2 有氧閾值心跳率平均值分別為 150 ± 13.66 min^{-1} 、 159 ± 9.69 min^{-1} 兩次測試結果差異為 $+9$ min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。B 組在 T-1 與 T-2 有氧閾值心跳率平均值分別為 147 ± 14.48 min^{-1} 、 143 ± 8.26 min^{-1} 兩次測試結果差異為 -4 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。A 組與 B 組後測(T-2)組間之比較達顯著差異 ($p < .05$)。

表 4-1 A、B 組有氧閾值(2mmol/l)前、後測之比較

		T-1	T-2	Diff
A	Speed(m/s)	1.5 ± 0.55	2.0 ± 0.45^a	$+0.5$
	HR(min^{-1})	150 ± 13.66	159 ± 9.69^c	$+9.0$
B	Speed(m/s)	1.8 ± 0.63	2.1 ± 0.56^b	$+0.3$
	HR(min^{-1})	147 ± 14.48	143 ± 8.26^c	-4.0

註：a 表示 A 組組內 T-2 顯著高於 T-1($p < .05$)

b 表示 B 組組內 T-2 高於 T-1($p < .05$)

c 表示 B 組顯著低於 A 組($p < .05$)

二、無氧閾值(4 mmol/l)表現

表 4-2 為 A、B 組無氧閾值(4mmol/l) 前測(T-1)與後測(T-2)分析，A 組在 T-1 無氧閾值速度平均值為 2.5 ± 0.53 m/s，T-2 則為 2.8 ± 0.48 m/s，T-1 與 T-2 之速度差異為 $+0.3$ m/s，未達顯著

差異 ($p > .05$)。B 組無氧閾值在 T-1 速度平均值為 2.7 ± 0.56 m/s，T-2 則為 2.9 ± 0.48 m/s，T-1 與 T-2 之速度差異為 $+0.2$ m/s，達顯著差異 ($p < .05$)。A 組與 B 組後測 (T-2) 組間之比較未達顯著差異 ($p > .05$)。

A 組在 T-1 與 T-2 無氧閾值心跳率平均值分別為 172 ± 17.37 min^{-1} 、 181 ± 9.95 min^{-1} 兩次測試結果差異為 $+9$ min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。B 組在 T-1 與 T-2 無氧閾值心跳率平均值分別為 169 ± 10.09 min^{-1} 、 168 ± 4.88 min^{-1} 兩次測試結果差異為 -1 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。A 組與 B 組後測 (T-2) 組間之比較達顯著差異 ($p < .05$)。

表 4-2 A、B 組無氧閾值 (4mmol/l) 前、後測之比較

		T-1	T-2	Diff
A	Speed(m/s)	2.5 ± 0.53	2.8 ± 0.48	$+0.3$
	HR(min^{-1})	172 ± 17.37	181 ± 9.95^c	$+9.0$
B	Speed(m/s)	2.7 ± 0.56	2.9 ± 0.48^b	$+0.2$
	HR(min^{-1})	169 ± 10.09	168 ± 4.88^c	-1.0

註：b 表示 B 組組內 T-2 速度高於 T-1 ($p < .05$)

c 表示 B 組 T-2 心跳率顯著低於 A 組 ($p < .05$)

三、基礎測試每階乳酸與心跳率

有氧與無氧閾值前測 (T-1) 與後測 (T-2)，A 組 T-1 最大速度為 4.0 m/s ($n=1$)，受試者平均最大乳酸及心跳率分別為 8.8 ± 2.48 mmol/l 與 200 ± 7.92 min^{-1} 。T-2 最大速度為 4.0 m/s ($n=5$)，受試

者平均最大乳酸及心跳率分別為 8.9 ± 2.1 mmol/l 與 $203 \pm 4.8 \text{ min}^{-1}$ (如圖 4-1)。B 組 T-1 最大速度為 4.0 m/s(n=2)，受試者平均最大乳酸及心跳率分別為 8.6 ± 1.95 mmol/l 與 $194 \pm 5.89 \text{ min}^{-1}$ 。T-2 最大速度為 4.5 m/s(n=1)，受試者平均最大乳酸及心跳率分別為 9.9 ± 1.77 mmol/l 與 $197 \pm 9.42 \text{ min}^{-1}$ (如圖 4-2)。

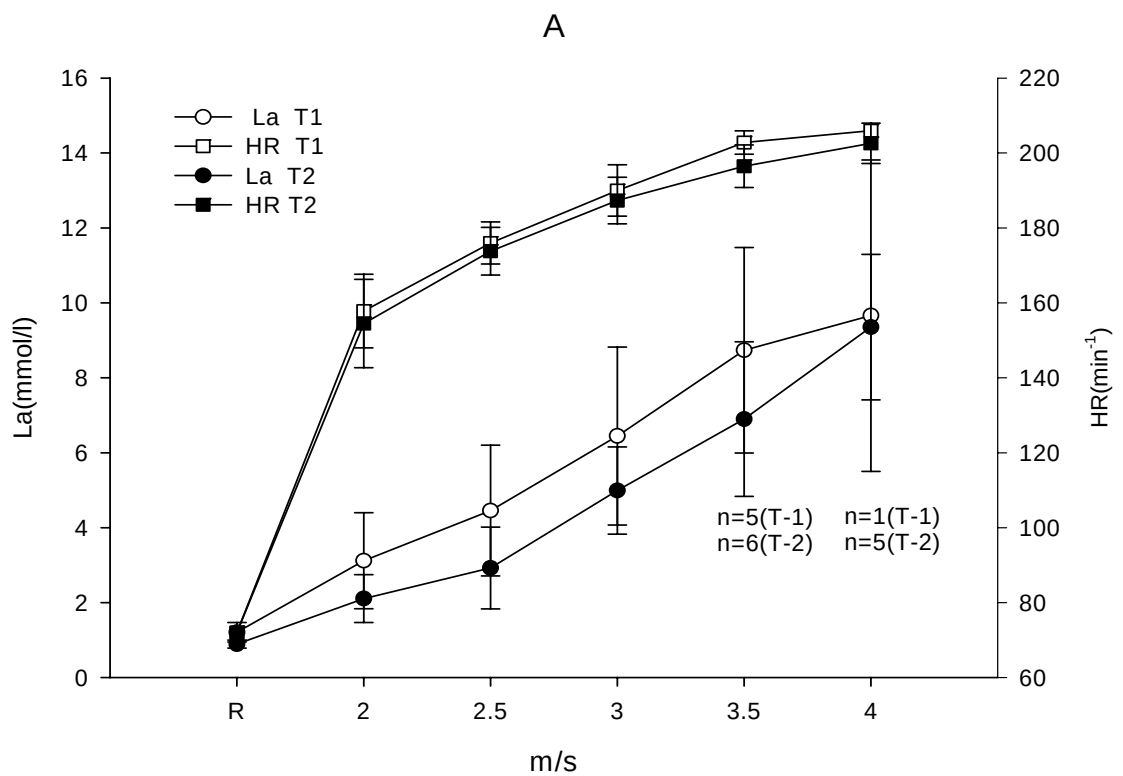


圖 4-1 A 組基礎耐力檢測乳酸及心跳率平均數標準差

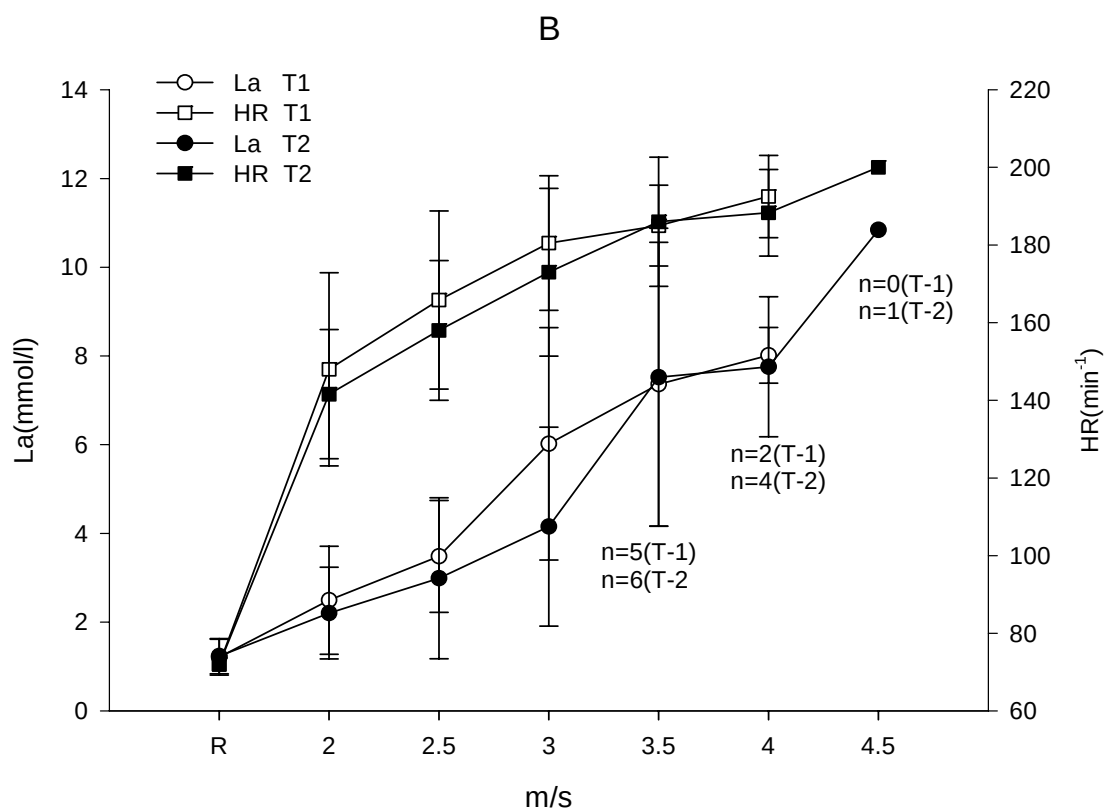


圖 4-2 B 組基礎耐力檢測乳酸及心跳率平均數標準差

第二節 訓練心跳率之變化

圖 4-3 為 A 組四週以無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑訓練之心跳率變化。第一週(1W)與第二、三、四週(2W、3W、4W)比較，結果顯示分別與第二週第 3 分鐘；第三週之第 12、15、18、19、20 分鐘；第四週之第 3、5 分鐘達顯著差異 ($p < .05$)。

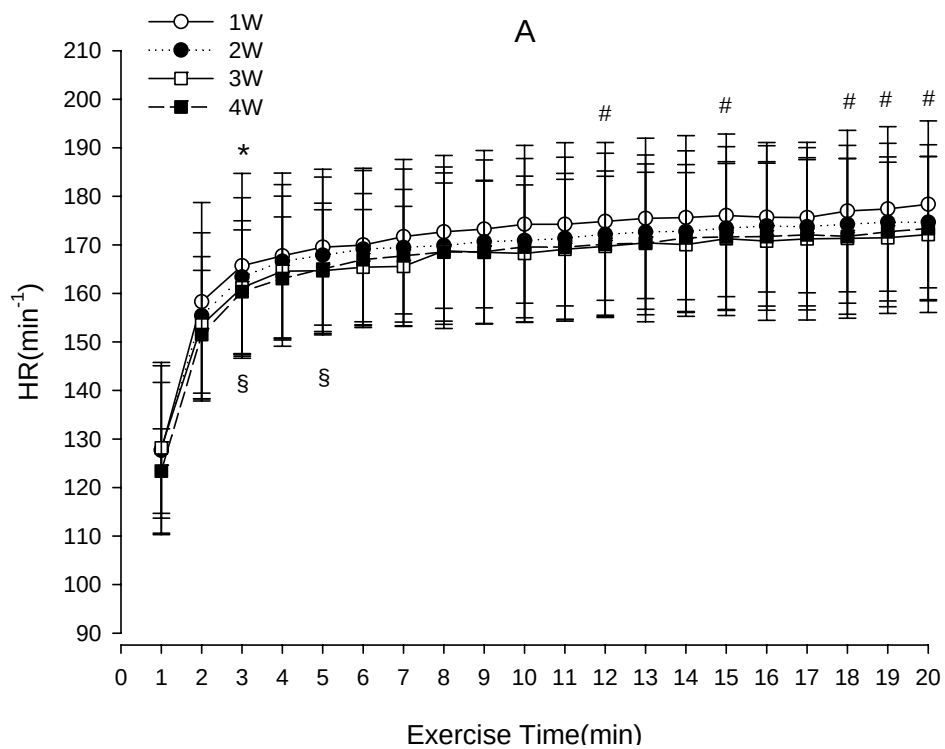


圖 4-3 A 組四週持續跑(4mmol/l 無氧閾值速度)訓練之心跳率變化

* 表示第二週與第一週達顯著差異 ($p < .05$)

表示第三週與第一週達顯著差異 ($p < .05$)

§ 表示第四週與第一週達顯著差異 ($p < .05$)

圖 4-4 為 B 組四週以有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度變換方式訓練之心跳率變化。第一週(1W)與第二、三、四週(2W、3W、4W)比較，結果顯示分別與第三週之第 12、13、14、18、19、20 分鐘；第四週之第 12、13、19、20 分鐘達顯著差異 ($p < .05$)。

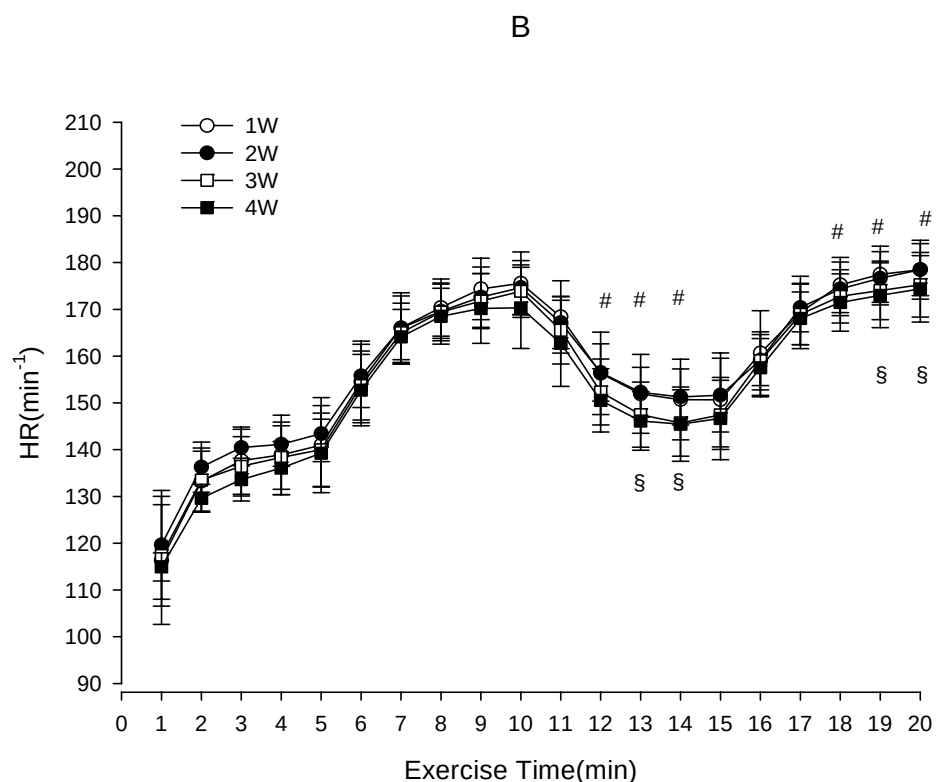


圖 4-4 B 組四週持續跑速度變換(2、6mmol/l 有氧-無氧閾值速度)訓練之心跳率變化

表示第三週與第一週達顯著差異 ($p < .05$)

§ 表示第四週與第一週達顯著差異 ($p < .05$)

圖 4-5 為 A、B 兩組每週訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率變化，A 組第一週至第四週平均數分別為 $113 \pm 12.00 \text{ min}^{-1}$ 、 $102 \pm 12.02 \text{ min}^{-1}$ 、 $99 \pm 10.23 \text{ min}^{-1}$ 、 $99 \pm 6.31 \text{ min}^{-1}$ 。第一週分別與第二、三、四週比較皆達顯著差異 ($p < .05$)。B 組每週訓練結束後第 5 分鐘恢復心跳率變化，第一週至第四週平均數分別為 $112 \pm 14.23 \text{ min}^{-1}$ 、 $103 \pm 11.85 \text{ min}^{-1}$ 、 $95 \pm 8.98 \text{ min}^{-1}$ 、 $93 \pm 8.57 \text{ min}^{-1}$ 。第一週分別與第二、三、四週比較皆達顯著差異 ($p < .05$)。

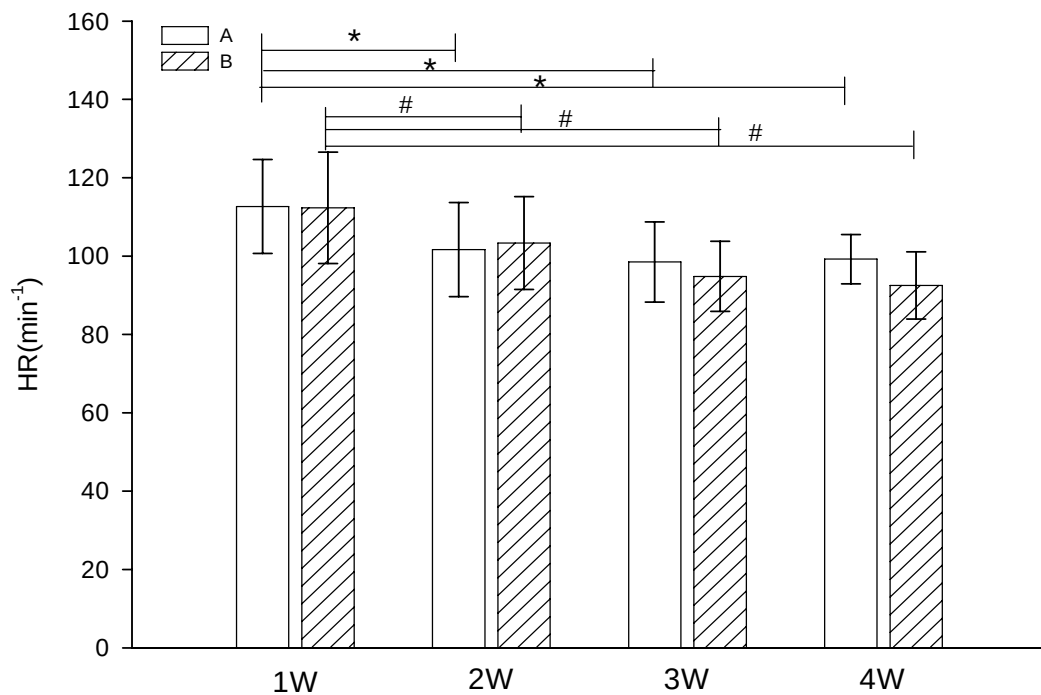


圖 4-5 A、B 兩組訓練結束後第 5 分鐘(E5)恢復心跳率

* 表示 A 組訓練第一週分別與第二、三、四週比較達顯著差異 $p < .05$

表示 B 組訓練第一週分別與第二、三、四週比較達顯著差異 $p < .05$

第三節 5 km 路跑專項測試表現

表 4-3 為 A、B 兩組 5 km 路跑專項成績之比較，A 組前測 (T-1)專項成績平均 32'49"±3'41"，最大值與最小值分別為 38'14" 及 28'41"；後測 (T-2)專項成績平均 28'34"±1'51"，最大值與最小值分別為 32'15"及 27'09"。A 組專項成績後測比前測進步 4'11"達顯著差異 ($p < .05$)。

B 組前測 (T-1)專項成績平均 32'49"±4'25"，最大值與最小值分別為 38'15"與 27'02"；後測 (T-2)專項成績平均 28'23"±2'22"，最大值與最小值分別為 31'07"及 24'41"。B 組專項成績後測比前測進步 4'26"達顯著差異 ($p < .05$)。

A 組與 B 組 T-2 組間之比較未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-3 A、B 兩組 5 km 路跑專項成績之比較

		T-1	T-2	Diff
A	M±SD	32'49"±3'41"	28'34"±1'51" ^a	-4'11"
	Max	38'14"	32'15"	-5'59"
	Mix	28'41"	27'09"	-1'32"
B	M±SD	32'49"±4'25"	28'23"±2'22" ^b	-4'26"
	Max	38'15"	31'07"	-7'08"
	Mix	27'02"	24'41"	-2'21"

註：a 表示 A 組組內 T-2 速度高於 T-1 ($p < .05$)

b 表示 B 組組內 T-2 速度高於 T-1 ($p < .05$)

32'49"表示 32 分 49 秒

由表 4-4 得知，A 組 5 km 路跑專項測試前測(T-1)安靜值(R)乳酸平均為 1.0 ± 0.27 mmol/l，最大值與最小值分別為 1.3 mmol/l、0.6 mmol/l；結束後乳酸(E1)平均 9.4 ± 2.52 mmol/l，最大值與最小值分別為 10.9 mmol/l、6.1 mmol/l。後測(T-2)安靜值(R)乳酸平均為 1.1 ± 0.15 mmol/l，最大值與最小值分別為 1.3 mmol/l、0.9 mmol/l；結束後乳酸(E1)平均 10.5 ± 1.32 mmol/l，最大值與最小值分別為 12.6 mmol/l、9.1 mmol/l。A 組 5 km 路跑專項 T-1、T-2 測試 R、E1 之乳酸值皆未達顯著差異($p > .05$)。

B 組 5 km 路跑專項測試前測(T-1)安靜值(R)乳酸平均為 1.2 ± 0.20 mmol/l，最大值和最小值分別為 1.5 mmol/l、1.0 mmol/l；結束後乳酸(E1)平均 7.6 ± 2.25 mmol/l，最大值和最小值分別為 9.7 mmol/l、4.7 mmol/l。後測(T-2)安靜值(R)乳酸平均為 1.4 ± 0.54 mmol/l，最大值與最小值分別為 2.2 和 0.8 mmol/l；結束後乳酸(E1)平均 8.3 ± 2.51 mmol/l，最大值與最小值分別為 11.9 mmol/l、4.7 mmol/l。B 組 5 km 路跑專項測試 T-1 與 T-2 於 R、E1 之乳酸值皆未達顯著差異($p > .05$)。

A 組與 B 組 T-1、T-2 組間之比較，R、E1 之乳酸值亦皆未達顯著差異($p > .05$)。

表 4-4 5 km 路跑專項測試乳酸(mmol/l)分析

			T-1	T-2
A	R	M±SD	1.0±0.27	1.1±0.15
		Max	1.3	1.3
		Mix	0.6	0.9
	E1	M±SD	9.4±2.25	10.5±1.32
		Max	10.9	12.6
		Mix	6.1	9.1
B	R	M±SD	1.2±0.20	1.4±0.54
		Max	1.5	2.2
		Mix	1.0	0.8
	E1	M±SD	7.6±2.25	8.3±2.51
		Max	9.7	11.9
		Mix	4.7	4.7

圖 4-6 為 A 組前測(T-1)、後測(T-2) 5 km 路跑專項測試結束後恢復期乳酸之比較，結果顯示於恢復期第 7 分鐘(E7)，達顯著差異($p < .05$)。圖 4-7 為 B 組前測(T-1)、後測(T-2)5 km 路跑專項測試結束後恢復期乳酸之比較，結果顯示於恢復期第 10 分鐘(E10)，達顯著差異($p < .05$)。

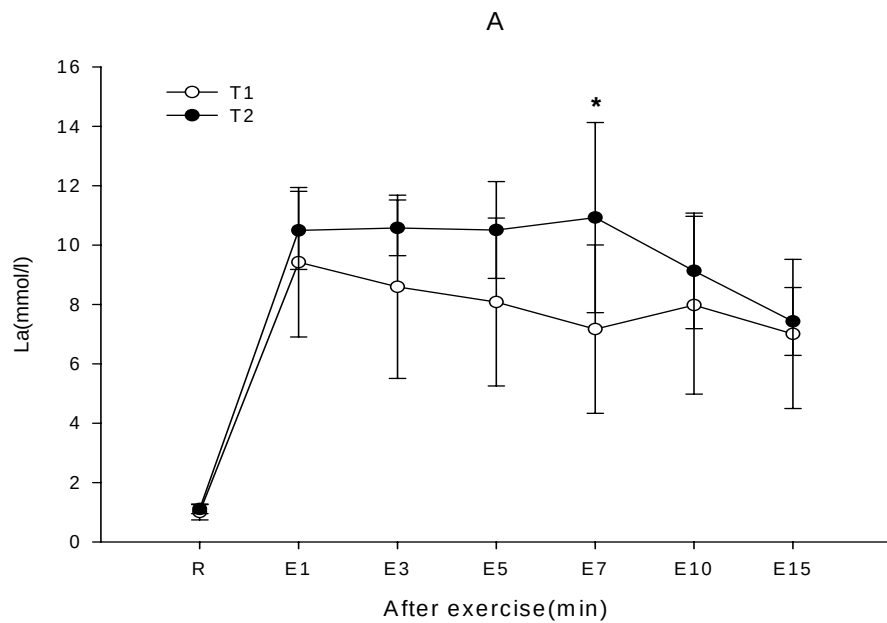


圖 4-6 A 組 5 km 路跑專項測試結束後乳酸之比較

* 表示 T-1 與 T-2 達顯著差異 ($p < .05$)

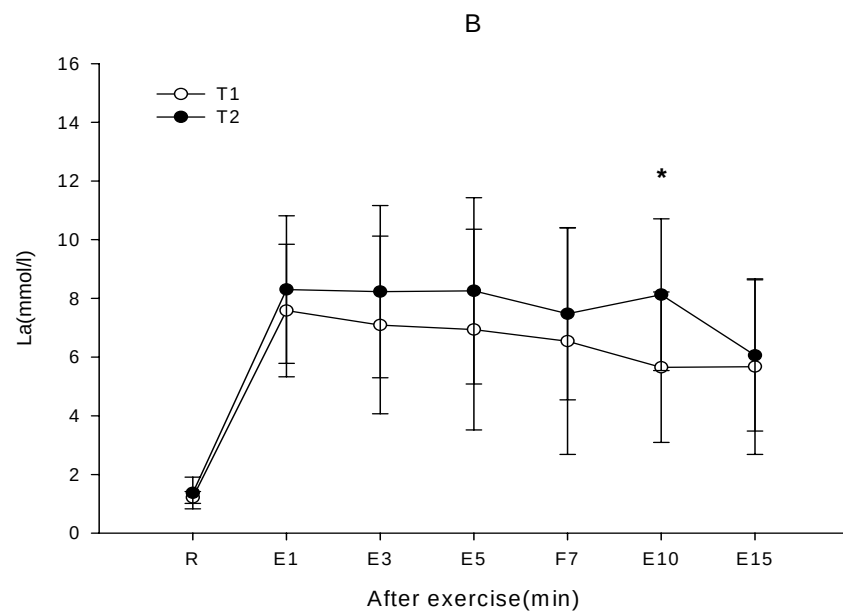


圖 4-7 B 組 5 km 路跑專項測試結束後乳酸之比較

* 表示 T-1 與 T-2 達顯著差異 ($p < .05$)

A 組 5 km 路跑專項測試之前測(T-1)結束後心跳率(E1)平均 $195 \pm 15.71 \text{ min}^{-1}$ ，最大值和最小值分別為 213 min^{-1} 、 166 min^{-1} ；結束後第 5 分鐘心跳率(E5)平均 $142 \pm 15.03 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 155 min^{-1} 、 118 min^{-1} 。後測(T-2)結束後心跳率(E1)平均 $200 \pm 6.49 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 200 min^{-1} 、 192 min^{-1} ；結束後第 5 分鐘心跳率(E5)平均 $131 \pm 11.41 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 148 min^{-1} 、 120 min^{-1} (如表 4-5)。

A 組 5 km 路跑專項測試 T-1、T-2 結束後心跳率 E1 與 E5 皆未達顯著差異($p > .05$)。

B 組 5 km 路跑專項測試之前測(T-1)結束後心跳率(E1)平均 $180 \pm 19.43 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 198 min^{-1} 、 160 min^{-1} ；結束後第 5 分鐘心跳率(E5)平均 $139 \pm 8.93 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 155 min^{-1} 、 130 min^{-1} 。後測(T-2)結束後心跳率(E1)平均 $191 \pm 13.46 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 204 min^{-1} 和 169 min^{-1} ；結束後第 5 分鐘心跳率(E5)平均 $133 \pm 8.90 \text{ min}^{-1}$ ，最大值與最小值分別為 148 min^{-1} 、 121 min^{-1} (如表 4-5)。

B 組 5 km 路跑專項測試 T-1、T-2 結束後心跳率 E1、E5 皆達顯著差異($p < .05$)。

A 組與 B 組 T-1、T-2 組間之比較 E1、E5 亦皆未達顯著差異($p > .05$)。

表 4-5 5 km 路跑專項測試心跳率(min^{-1})分析

			T-1	T-2
A	E1	M±SD	195±15.71	200±6.49
		Max	213	200
		Mix	166	192
	E5	M±SD	142±15.03	131±11.41
		Max	155	148
		Mix	118	120
B	E1	M±SD	180±19.43	191±13.46 ^b
		Max	198	204
		Mix	160	169
	E5	M±SD	139±8.93	133±8.90 ^b
		Max	155	148
		Mix	130	121

註：b 表示 B 組組內 T-2 與 T-1 比較達顯著差異 ($p < .05$)

圖 4-8 為 A 組前測(T-1)、後測(T-2) 5 km 路跑專項測試結束後心跳率之比較，結果顯示於恢復期第 1、3、5、7、10、15 分鐘，皆未達顯著差異 ($p > .05$)。圖 4-9 為 B 組前測(T-1)、後測(T-2) 5 km 路跑專項測試結束後心跳率之比較，結果顯示，於恢復期第 1、3、10、15 分鐘未達顯著差異 ($p > .05$)，但於第 5、7 分鐘達顯著差異 ($p < .05$)

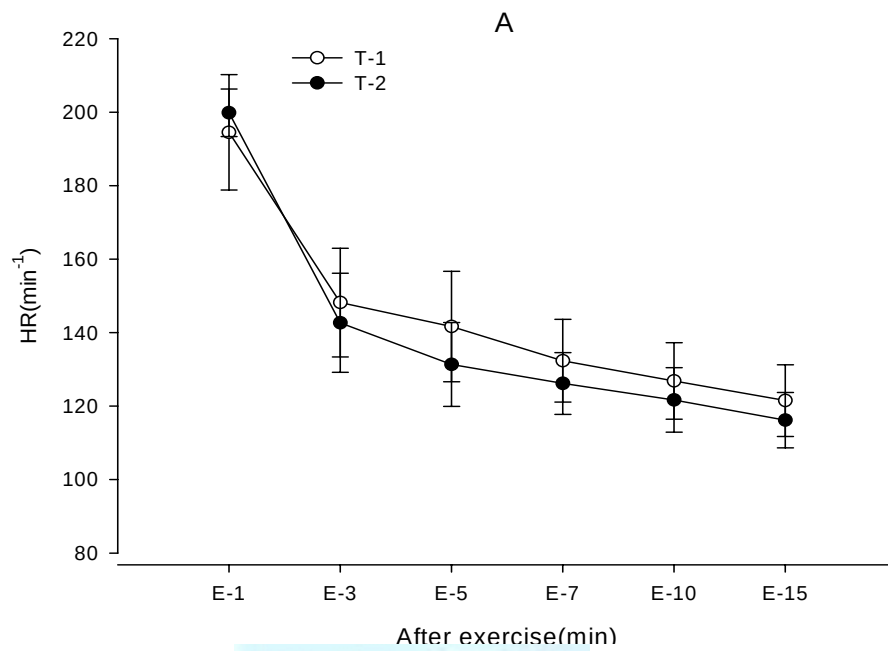


圖 4-8 A 組 5 km 路跑專項測試結束後恢復心跳率之比較

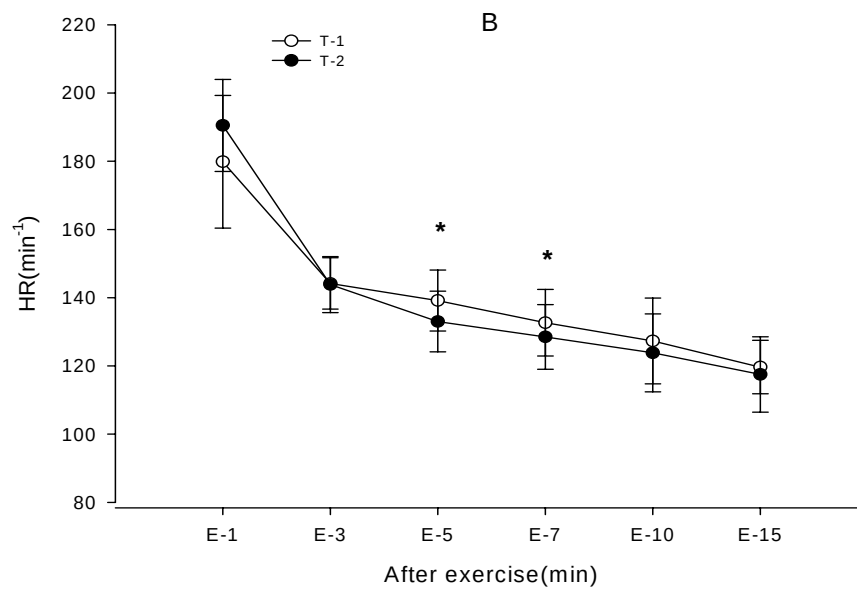


圖 4-9 B 組 5 km 路跑專項測試結束後恢復心跳率之比較

* 表示 T-1 與 T-2 達顯著差異 ($p < .05$)

第四節 無氧閾值(4 mmol/l)速度與 5 km 路跑專項成績之四象限分析

A組無氧閾值速度(4 mmol/l)與5 km路跑專項成績之運動能力四象限(A、B、C、D)分析。A區前測4 mmol/l速度介於2.5~3.1 m/s之間，後測則為2.5~3.2 m/s；5 km專項成績前測與後測分別介於2.8~2.9 與2.6 ~ 3.1 m/s之間。B區前測與後測分析，其4 mmol/l速度與5 km路跑專項成績分別為2.1 m/s、2.8m/s與2.0 m/s、2.9 m/s。C與D區之前測4 mmol/l速度介於1.9~2.1 m/s與3.1m/s，而5 km專項成績則分別介於2.2 ~ 2.4 m/s 與2.4 m/s(如圖4-10)。

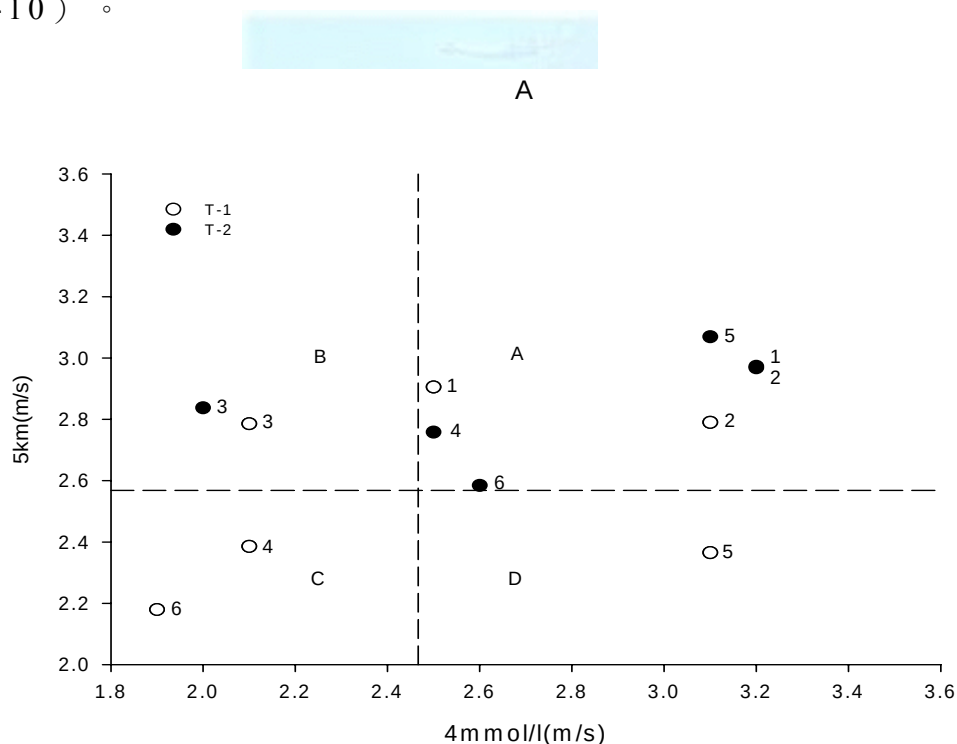


圖 4-10 A 組個人無氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試成績(m/s)之四象限分析

B組無氧閾值速度(4 mmol/l)與5 km路跑專項成績之運動能力四象限(A、B、C、D)分析。A區前測4 mmol/l速度介於2.8~3.4 m/s之間，後測則為2.9~3.4 m/s；5 km路跑專項成績，前測與後測分別介於2.7~3.1 m/s與2.9~3.4 m/s 之間。B區後測分析，其4 mmol/l速度與5 km路跑專項成績則分別為2.2~2.5 m/s與2.68~2.73 m/s。C區之前測4 mmol/l速度介於2.1~2.4 m/s，5 km路跑專項成績則介於2.2 ~ 2.4 m/s（如圖4-11）。

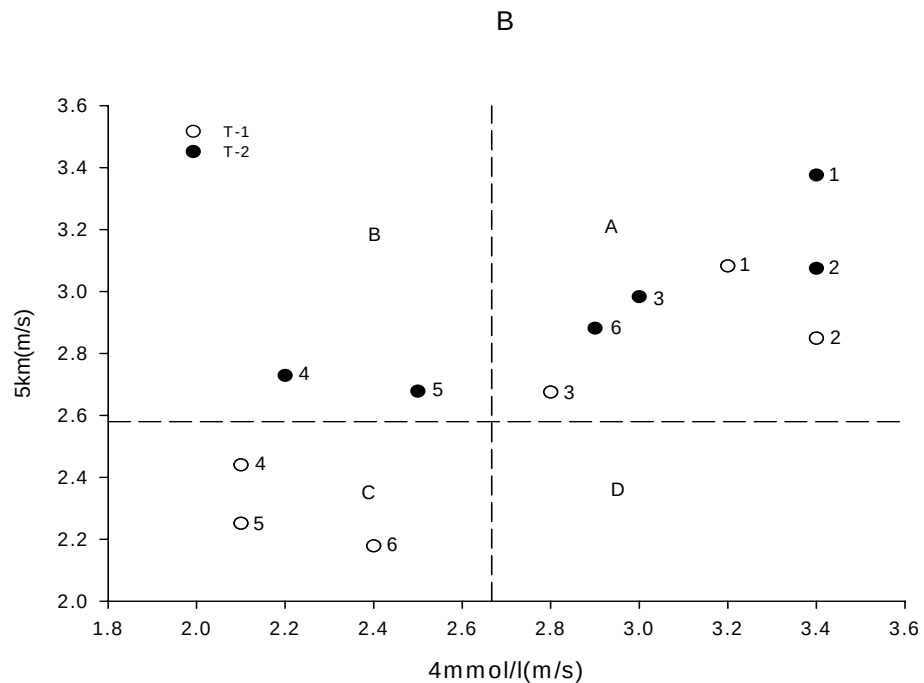


圖 4-11 B 組個人無氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試成績(m/s)之四象限分析

第五節 有氧閾值(2 mmol/l)心跳率與 5 km 路跑 專項測試恢復心跳率之四象限分析

A 組有氧閾值心跳率(2 mmol/l)與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率之運動能力四象限(A、B、C、D)分析。A 區前測 2 mmol/l 閾值心跳率介於 147~150 min⁻¹之間，後測則為 163 min⁻¹；5 km 路跑專項測試恢復心跳率，前測與後測分別介於 152~155 min⁻¹之間與 148 min⁻¹。B 區前測其 2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率則分別為 101 min⁻¹與 155 min⁻¹。C 區前測其 2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率則分別為 144 min⁻¹與 125 min⁻¹。D 區前測與後測分析，2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率則分別為 156~173 min⁻¹、132~138 min⁻¹與 145~173 min⁻¹、120~140 min⁻¹（如圖 4-12）。

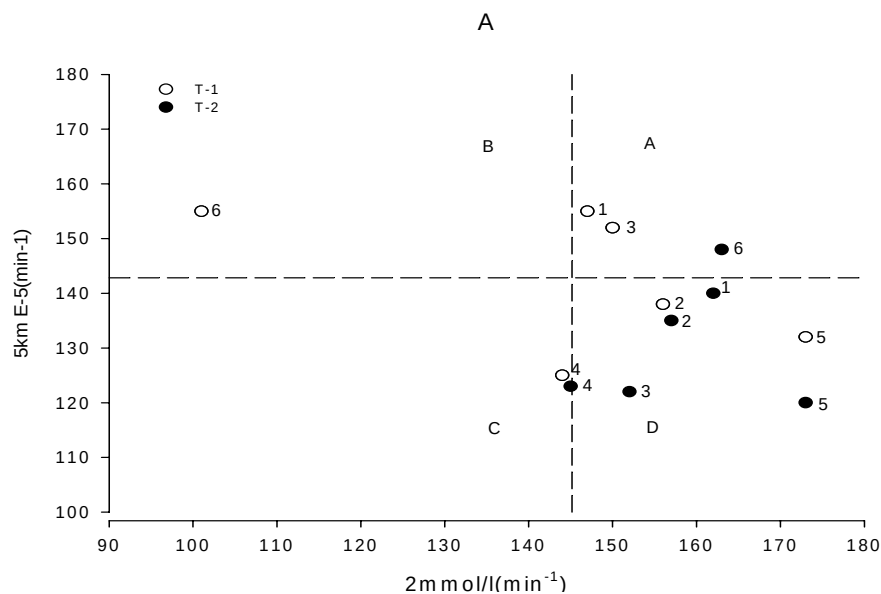


圖 4-12 A 組個人有氧閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試
結束後第 5 分鐘心跳率之四象限分析

B 組有氧閾值心跳率(2 mmol/l)與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率之運動能力四象限(A、B、C、D)分析。A 區前測 2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率分別為 167 min^{-1} 與 155 min^{-1} 。B 區前測 2 mmol/l 閾值心跳率為 145 min^{-1} ，後測則為 128 min^{-1} ，5 km 路跑專項測試恢復心跳率前後測則分別為 143 min^{-1} 與 148 min^{-1} 。C 區前測其 2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率則分別為 $131\sim139 \text{ min}^{-1}$ 與 $130\sim138 \text{ min}^{-1}$ 之間，後測則分別介於 $142\sim146 \text{ min}^{-1}$ 與 $121\sim133 \text{ min}^{-1}$ 之間。D 區前測與後測分析，2 mmol/l 閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率則分別為 162 、 136 min^{-1} 與 $148\sim152 \text{ min}^{-1}$ 、 $130\sim136 \text{ min}^{-1}$ (如圖 4-13)。

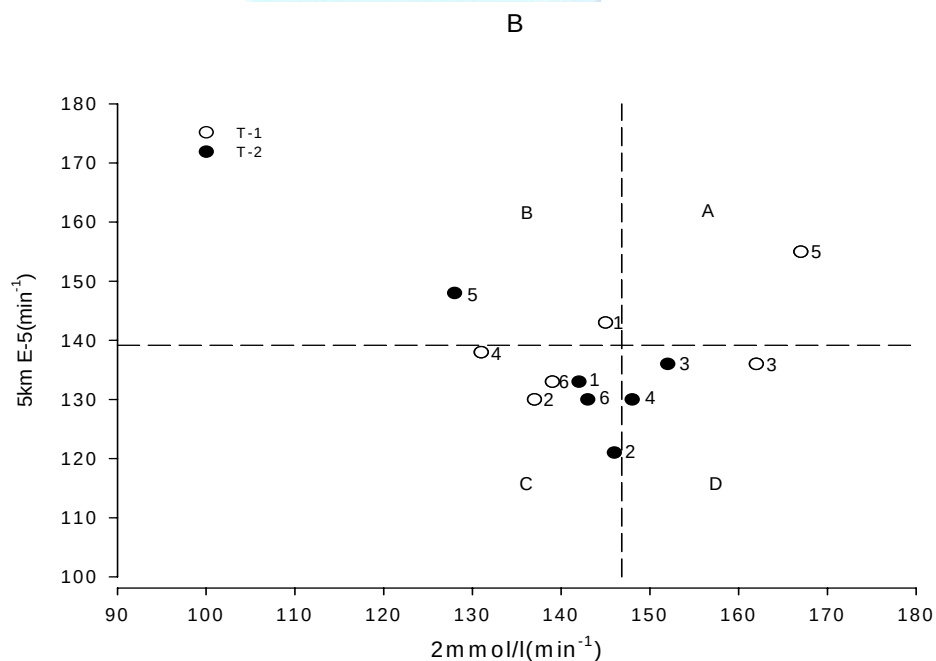


圖 4-13 B 組個人有氧閾值心跳率與 5 km 路跑專項測試結束後第 5 分鐘心跳率之四象限分析

第六節 有氧閾值(2 mmol/l)速度與乳酸排除速度之四象限分析

A 組有氧閾值速度(2 mmol/l)與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度四象限(A、B、C、D)分析。A 區後測 2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度分別為 1.7~2.3 m/s 與 0.23~0.34 %。B 區前測後測 2 mmol/l 閾值速度為 0.9 m/s、1.5 m/s，5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度前後測則分別為 0.43 %與 0.21 %。C 區前測其 2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度則分別為 1.1~1.2 m/s 與 0.13~0.20 %之間，後測則分別為 1.5 m/s 與 0.13 %。D 區前測與後測分析，2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度則分別為 1.7~2.2 m/s、2.5 m/s 與 0.13~0.18、0.08 % (如圖 4-14)。

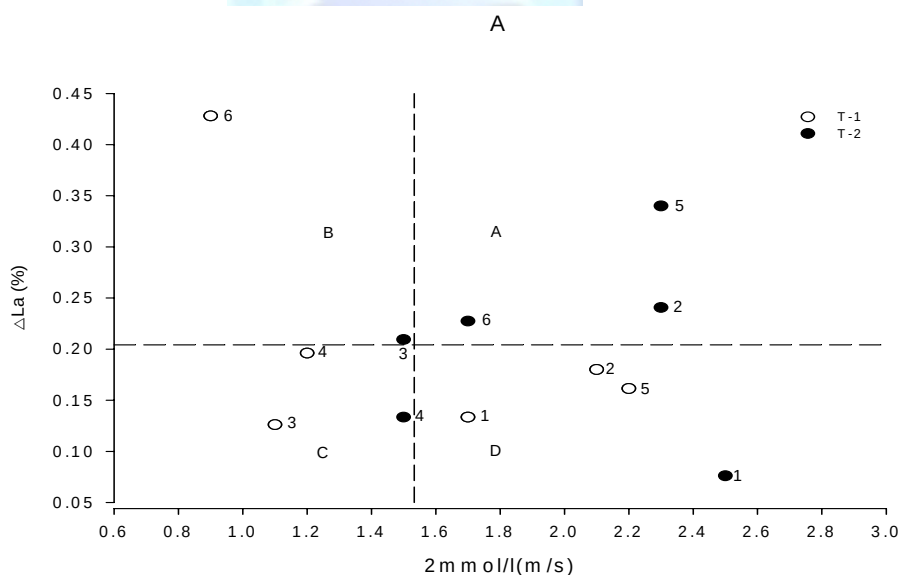


圖 4-14 A 組個人有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度之四象限分析

B 組有氧閾值速度(2 mmol/l)與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度四象限(A、B、C、D)分析。A 區前測 2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度分別為 2.2~2.7 m/s 與 0.21~0.25 %，後測 2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度分別為 2.1 m/s 與 0.18 %。B 區前測與後測 2 mmol/l 閾值速度為 1.1 m/s、1.4 m/s，5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度前後測則分別為 0.23 %與 0.26 %。C 區前測與後測 2 mmol/l 閾值速度為 1.1 m/s、1.5 m/s，5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度前後測則皆為 0.10 %。D 區前測與後測分析，2 mmol/l 閾值速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度則分別為 1.8~1.9 m/s、2.1~2.8 m/s 與 0.13~0.14%、0.10~0.14 %。如圖 4-15。

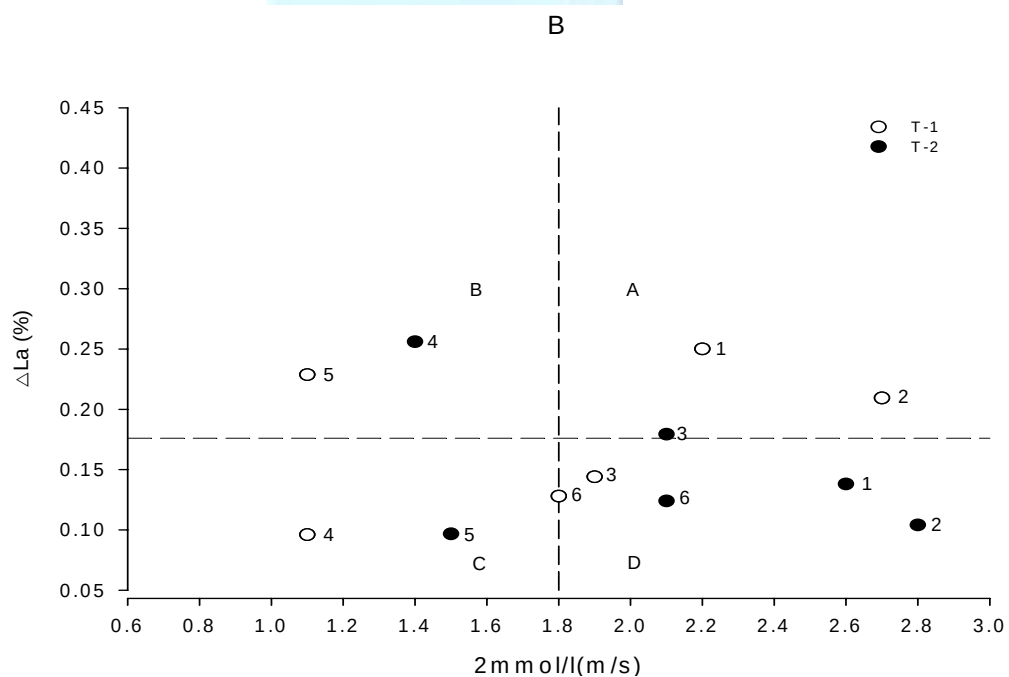


圖 4-15 B 組個人有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試結束後乳酸排除速度之四象限分析

第伍章 討論

本研究主要目的在探討藉由跑步機做持續跑速度不變及持續跑速度變化兩種訓練方式，對5 km路跑專項成績及乳酸與心跳率之影響。研究結果透過資料統計與分析後，將分成四節加以討論。

第一節、有氧與無氧閾值能力(2~4mmol/l)

第二節、訓練後恢復心跳率

第三節、5 km 路跑專項測試之探討

第四節、有氧、無氧閾值與5 km路跑專項速度和心跳率之四象限關係之探討

第一節 有氧與無氧閾值能力(2~4mmol/l)

一、有氧與無氧閾值速度之探討

本研究 A 組以個人無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑方式訓練、B 組則以個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度變化方式做持續跑訓練。

經過四週的訓練後發現，A 組在 T-1 與 T-2 之個人有氧閾值(2 mmol/l)速度達顯著進步($p < .05$)，此結果與 Davis, Frank, Whipp, and Wasserman (1979) 的研究指出，訓練強度必須在無氧閾值或無氧閾值以上，進行訓練，對個人有氧能力有顯著的改善，亦與多位學者 (Yoshida, Suda, and Takeuch, 1982 ; Madsen, and Lohberg, 1987; Billat, 1996) 研究指出以無氧閾值

(4 mmol/l)負荷做為訓練強度，最能有效提升有氧耐力論點相符合。而無氧閾值(4 mmol/l)速度進步 0.3 m/s，但未達顯著差異($p > .05$)，此原因為本研究受試者於實驗前已有規律的持續接受訓練，於體能方面已有一定的能力，因此以無氧閾值(4 mmol/l)強度四週訓練，並未能達顯著提升。

B組之受試者在個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(4 mmol/l) T-1與T-2的閾值速度有明顯進步且達顯著差異($p < .05$)。原因為B組以高低強度變化方式做訓練，當高強度(6 mmol/l)訓練時，運動員在激烈運動中，需快速獲得大量ATP，由於有氧系統無法迅速提供所需之能量，於是能量代謝必須另尋途徑。此時便產生乳酸堆積現象，以補充緊急狀態下所需之ATP。乳酸是糖類代謝之中間產物，乳酸的堆積會干擾神經衝動的傳導、肌肉的收縮和肌肉收縮的能源，因而導致疲勞(Klausen, Knuttgen, & Forster, 1972 ; Karlsson, Peterson, Henriksson, & Knuttgen, 1975)。但再以低強度(2 mmol/l)運動時所產生之醣酵解速度較為緩慢，此時NADH在細胞內之濃度亦較低，它可以透過呼吸鏈的作用氧化產生能量。使受試者有時間恢復，準備下一波高強度的刺激。所以採用高低速度變換的方式，可以同時刺激體內能量的轉換，進而使其有氧與無氧閾值速度達顯著進步，因而產生訓練效果。

A、B兩組經過四週不同持續跑方式訓練後其有氧與無氧閾值速度後測(T-2)之比較，均無顯著差異。但A組以無氧閾值(4 mmol/l)速度持續跑方式訓練僅能提升有氧閾值速度，而B組利用持續跑速度變換方式以有氧閾值(2 mmol/l)和無氧閾值(6 mmol/l)速度為訓練強度，均可以提升有氧與無氧閾值速度能力。

二、有氧與無氧閾值心跳率之探討

A組前、後測(T-1、T-2)之有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(4 mmol/l)心跳率之比較，後測較前測有些微上升的趨勢，但未達顯著差異($p > .05$)。這種症狀顯現原因，可能是因經過四週以無氧閾值強度持續跑方式訓練後，其有氧閾值速度由 1.5 ± 0.55 提升至 2.0 ± 0.45 m/s，無氧閾值速度由 2.5 ± 0.53 提升至 2.8 ± 0.48 m/s，因此在相同負荷下T-2速度之提高即代表著能力的提升，但當速度升高時人體的需氧量上升，在缺乏氧氣的情況下，人體會增加心臟的搏動次數以達到身體內部的平衡，此為造成A組之有氧閾值與無氧閾值心跳率上升之原因。

B組T-2心跳率則呈現下降之趨勢，但亦無達顯著差異($p > .05$)。B組以2 mmol/l與6 mmol/l強度持續跑速度變換方式經四週訓練後其有氧閾值速度由 1.5 ± 0.55 m/s提升至 2.0 ± 0.45 m/s，無氧閾值速度由 2.7 ± 0.56 m/s提升至 2.9 ± 0.48 m/s，但心跳卻沒有因強度增加而上升。這種症狀顯現原因，可能是因人體於低強度運動時，心跳率可能會呈現穩定狀態；但是，當運動的強度漸漸的提高時，運動心跳率也相對的上升；這樣的訓練型態較能有效刺激心臟，因此呈現如此症狀。

A、B兩組經過四週不同持續跑方式訓練後其有氧與無氧閾值心跳率後測(T-2)之比較，皆達顯著差異。B組之閾值心跳率均顯著低於A組。原因為B組訓練型態為低高強度變化的方式，對心臟刺激較大，因此心跳適應較佳。而心跳率可以顯現體能的好壞，一般來說，運動中心跳率上升越快、越高者表示體能越差，相反的則體能越好。當在一定的運動強度下從事運動時，如果運動心跳率愈低，即代表心肺功能愈佳。

由以上基礎耐力分析可得知，A組的訓練型態可提升無氧閾值速度，而B組的訓練型態可提升有氧與無氧閾值速度外，亦可以提升運動後恢復能力。

三、基礎耐力測試每階乳酸與心跳率之探討

Keskinen等（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；運動員乳酸的轉換率較一般人為高。A、B兩組經過四週不同持續跑方式訓練後，於基礎耐力測試每階乳酸與心跳率（圖4-1與4-2）在T-1與T-2中的曲線比較，T-2曲線皆向下且向右移，這表示兩組受試者透過訓練後身體產生適應，而能力提升，所以乳酸代謝明顯提高，這也與1976年Mader等研究相符合。



第二節 訓練後恢復心跳率

運動後心跳率的恢復情形可看出身體代謝的好壞；體能較佳者恢復得較快，體能較差者恢復則較慢。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。依據Neumann (1990)提出人體主要生物參數改善所需之時間（圖5-1）可知，其中以心跳率是最快適應，可是若要心臟增大則須一個月。根據Neumann(1991)提出的四~六週生理適應週期原理，當人體透過訓練須四~六週才可呈現穩定，進而提升運動能力。

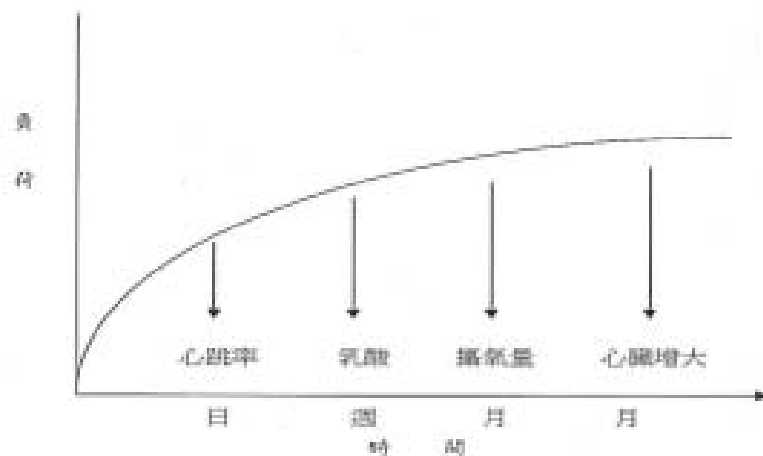


圖5-1 人體主要生物參數改善所需之時間

Hollmann 等 (1978) 指出最大運動負荷結束後第 5 分鐘之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，超過 130 min^{-1} 表示差； $130 \sim 120 \text{ min}^{-1}$ 表示不好； $120 \sim 115 \text{ min}^{-1}$ 表示好； $105 \sim 100 \text{ min}^{-1}$ 表示非常好； 100 min^{-1} 以下表示有高競技運動能力。

本研究結果從圖4-5清楚顯示A、B兩組受試者，經過四週不同持續跑方式訓練後其恢復心跳率的平均值自第二週起即皆開始呈現顯著下降($p < .05$)，且皆低於 100 min^{-1} 以下。因此本研究結果顯示身體產生適應效果，且擁有高競技運動能力。此結果與Lengyel and Gyarfas (1979)、Stewart and Grtin (1976)等指出在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低等觀點一致。



第三節 5 km路跑專項測試之探討

本研究發現A與B組在經過四週不同持續跑方式訓練後，A組5 km路跑專項測試後測(T-2)成績較前測(T-1)顯著進步4'11"；B組亦顯著進步4'26"。A、B兩組後測專項測試成績之比較，無達顯著差異。表4-1、4-2顯示，A組個人有氧閾值(2 mmol/l)速度達顯著進步，B組個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(4 mmol/l)速度均達顯著進步，但兩組T-2之5 km路跑專項成績皆達顯著進步。此結果原因為，5 km跑是屬於長時間耐力的項目之一，其能量需求有氧能量約佔75~80 %，無氧能量約佔20~25 % (Neumann et al., 1993)。因此兩組均有效提升5 km成績。

運動中乳酸產生的主要原因為：運動強度、參與的肌肉量與運動持續時間 (Hultman et al., 1980)。而當運動強度升高時，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 & Brocks, 1984)。由表4-4顯示，A、B組兩組於T-2之5 km路跑專項測試結束後(E1)乳酸值皆高於T-1，但皆未達到顯著差異($p>.05$)。從表4-5得知，A、B組兩組於T-2之5 km路跑專項測試結束後(E1)心跳率皆高於T-1；但結束後第5分鐘(E5)心跳率皆呈下降的趨勢，且B組達顯著差異。原因為由於兩組5 km路跑專項測試成績T-2測試時間較T-1秒數減少(如表4-3)，速度變快運動強度變大，所以5 km路跑專項測試結束後乳酸及心跳率呈上升趨勢。但心跳率於E5時呈顯著下降的趨勢，代表兩組經過四週的訓練對其體循環產生適應。

第四節 有氧、無氧閾值與5 km路跑專項速度和心跳率四象限關係之探討

一、無氧閾值(4 mmol/l)速度與5 km路跑專項速度四象限關係

由圖 4-10 (A 組) 與 4-11 (B 組) 得知，受試者前、後測試結果分別落在 A、B、C、D 四個象限。座落 A 區之選手為，無氧閾值速度與 5 km 路跑專項速度這兩項能力皆佳，A 組 (圖 4-10) T-1 有 2 位選手，T-2 增加為 4 位選手；B 組 (圖 4-11) T-1 有 3 位選手，而 T-2 增加為 4 位選手座落於此區。C 區之選手為，無氧閾值速度與 5 km 路跑專項速度這兩項能力皆不佳，A 組 (圖 4-10) T-1 有 2 位選手，B 組 (圖 4-11) 有 3 位選手座落於此區，而兩組 T-2 皆沒有選手座落於此區。

本研究發現，A、B 兩組經四週不同持續跑方式訓練後，選手於 T-2 (後測) 之 4 mmol/l 速度與 5 km 路跑專項測試速度這兩種能力往 A 區移動；此結果與 Föhrenbach (1986)，指出無氧閾值速度越高者，其專項耐力亦越高之研究相同。

二、有氧閾值(2mmol/l)心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率四象限關係

圖 4-12 (A 組) 與 4-13 (B 組) 得知，受試者前、後測試結果分別落在 A、B、C、D 四個象限。座落 A 區之選手為，有氧閾值(2 mmol/l)心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率兩項能力均差，A 組 (圖 4-12) T-1 有 2 位選手，T-2 減少為 1 位選手；B 組 (圖 4-13) T-1 有 1 位選手，而 T-2 沒有選手座落於此區。座落於 C 區之選手為，有氧閾值(2 mmol/l)心跳率與 5 km 路跑專項測試恢復心跳率兩項能力均佳，A 組 (圖 4-12) T-1

有 1 位選手，T-2 沒有選手座落於此區；B 組（圖 4-13）T-1 有 3 位選手，而 T-2 也有 3 位選手座落於此區。

Hollmann 等（1978）指出最大運動負荷結束後第 5 分鐘（E5）心跳率可作為有氧能力之依據，亦即運動結束後第 5 分鐘（E5）心跳率越低，則有氧能力越好其恢復能力越佳。但本研究發現，A、B 兩組選手於 T-2（後測）有氧閾值心跳率高於前測，且往 D 區移動，原因為兩組之有氧閾值速度較前測達顯著進步，因此速度變快則運動強度變大，進而導致有氧閾值心跳率高。

兩組 T-2（後測）5 km 路跑專項測試之成績皆達顯著進步（表 4-4），表示受試者的運動強度提高，因此 T-2 在 E5 心跳率，應相對會高於 T-1。但本研究結果顯示 5 km 路跑專項測試結束後 E5 之恢復心跳率兩組均呈現下降的趨勢。原因為兩組受試者之有氧能力 T-2 皆顯著提升，而導致 5 km 路跑專項測試結束後心跳率恢復速度變快。Sedlock (1994) 提出運動後恢復期的心跳率，與體能及運動強度有密切關係，且運動後恢復期的心跳率亦受訓練的影響，訓練者較非訓練者恢復的快。此現象表示，兩種型態的訓練，皆能有效加速運動後恢復期的心跳。

三、有氧閾值(2mmol/l)速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度四象限關係

圖 4-14（A 組）與圖 4-15（B 組）得知，受試者前、後測試結果分別落在 A、B、C、D 四個象限。座落 B 區之選手為，有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除速度能力均差，A 組（圖 4-14）T-1 與 T-2 皆有 1 位選手座落於此區；B 組（圖 4-15）T-1 與 T-2 皆有 1 位選手座落於此區。座落於 D 區之選手為，有氧閾值速度與 5 km 路跑專項測試後乳酸排除

速度能力均佳，A 組（圖 4-14）T-1 有 3 位選手，T-2 減少剩下 1 位選手；B 組（圖 4-15）T-1 有 2 位選手，而 T-2 增加為 3 位選手。

Weicker等（1994）提出乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定。Neumann等（1991）也指出有氧能力越強，其乳酸排除能力就越好。由圖4-14（A組）、圖4-15（B組）發現A組在T-2時，2 mmol/l速度雖然有進步但運動後乳酸排除速度沒有明顯改變，而B組選手除了速度進步外，乳酸排除速度亦有下降。

本研究發現，B組以2 mmol/l、6 mmol/l速度變化的強度訓練在運動後乳酸濃度下降方面明顯優於A組，原因為B組之受試者是以個人有氧閾值(2 mmol/l)與無氧閾值(6 mmol/l)速度變化方式訓練，有系統的變換有氧與無氧的能量供應，使有氧脂肪酸轉換到肝醣燃燒及有氧系統轉換至無氧葡萄糖的分解，亦可使乳酸排除能力的改善，來提升有氧耐力之能力，因此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。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(Power & Howley, 2002)。

第陸章 結論

本研究是以大專女子乙組田徑選手12名進行測試，依5 km專項測試之前測成績以配對分組方式平均分爲A、B兩組，探討不同負荷訓練方式（A組以個人4mmol/l的閾值速度、B組以個人2 mmol/l、6 mmol/l的閾值速度變化）對於女子田徑選手耐力運動表現效果之影響。

本研究結論如下：

- 一、四週不同持續跑方式訓練後，A組有氧閾值速度達顯著進步，無氧閾值速度有進步但未達顯著差異；而B組之有氧無氧閾值速度皆達顯著進步。
- 二、四週不同持續跑方式訓練後，A組有氧無氧閾值心跳率呈上升趨勢，但未達顯著差異，B組有氧無氧閾值心跳率呈下降趨勢，且亦未達顯著差異。
- 三、四週不同持續跑方式訓練後，兩組訓練後恢復心跳率明顯下降，且達顯著差異。
- 四、5 km路跑專項測試分析

（一）專項成績

四週不同持續跑方式訓練後，兩組5 km路跑專項成績皆達顯著進步，兩組組間之比較未達顯著差異。

（二）乳酸變化情形

四週不同持續跑方式訓練後，兩組之專項測試結束後(E1)乳酸值呈上升趨勢，但皆未達顯著差異。兩組組間亦未達顯著差異。

（三）心跳率

四週不同持續跑方式訓練後，兩組專項測試結束後 (E1)心跳率皆呈上升趨勢，惟 B 組達顯著差異；兩組專項測試結束後第 5 分鐘 (E5) 心跳率皆呈下降趨勢，惟 B 組達顯著差異。兩組組間 E1、E5 心跳率皆未達顯著差異。



參考文獻

【中文部分】

- 朱素巒、卓世鏞（2004）。健康動起來：從慢跑開始。**大專體育**，72期，192-199。
- 林文弢（1996）。運動負荷的生化評定。廣東：高等教育出版社。
- 林昭庚、林正常、薩來欣（1994）。耳穴貼壓刺激對運動後乳酸值之影響。**中華醫藥雜誌**，3(2)，63-68。
- 李昭慶、王儀祥、黃谷臣（2000）。非最大運動前後心跳率變化與耐力運動表現的關係研究。**中華體育**，13(4)，98-105。
- 李雅惠（2005）。無氧閾值對中長跑訓練效果的評估。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 陳江圳（2005）。五週耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 葉憲清（2000）。高雄市體育場民眾之消費行為研究。**體育學報**，28輯，1-10。
- 豬飼道夫著，齊沛林譯（1974）。運動生理。維新書局。
- 龔純玉（2006）。有氧耐力對拔河專項能力訓練效果之研究。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 龔憶琳（1990）。無氧閾值在運動訓練上的應用。**中華體育**，12，107-117。

【 外 文 部 分 】

浅見俊雄、山本恵三、北川薫、佐野裕司（1974）。全身持久性のトレネソグ処方に関する研究(2)強度と時間の違いをみるトレネソグ効果について。 **体育科学**，(2)，117~122。

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.

Bunc, V. J., Heller, J. Nowak, J. Leso. (1985). Determination of the individual anaerobic threshold. *Acta Univiersitatis Carolinae, Gymnics*, 21(1), 73-81.

Conley, D. L., & Krqhenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 357-360.

Crews, T. R., & Roberts, J. A. (1976). Effect of interation of frequence and intensity of training, *Research Quarterly*, 47, 48-55.

Darr, K. C., Bassett, D. R., Morgan, B. J., & Thomas, D. P. (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *American Journal of Physiology : Heart Circulatory physiology*, 254, 340-343.

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

Falls, H. B. (1969). Exercise, Physiology, Second Edition,
Academic Press New York and London, p.122.

Föhrenbach, R (1986). Leistungsdiagnostik, Trainingsanalyse
und steuerung bei Läuferinnen und Läufern verschiedener
Läufern verschiedener Laufdisziplinen. In:Heck. H:
Energienstoffwechsel und medizinische
Leistungsdiagnostik.189-192.

Gasser, G., & G. Brocks. (1984).Metabolic bases of excess
post-exercise oxygen consumption: areview.
Medicine and Science in Sports and Exercise.16, 29-43.

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 of Sports Medicine, 23, 315-318.

Gollnick, P. R., Armstrong, C., Sanbert, W., Sembrowich, R.,
Sepherd, & Saltin, B. (1973). Glycogen depletion
Patterns in human skeletal muscle fibers during
Prolonged works. *Pflügers Archiv European Journal of
Physiology*, 334, 1-12.

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 Armerican Congress for Sports
Medicine, Chikago.

- Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., & Kawahats, K. (1978).
Über Das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im
Alter. *Z. Geront*, 11, 312.
- Hollmann, W., & Rost, R. (1982): Belastungsuntersuchungen in
der Praxis. *Grundlagen Technik und Interpretation*
- Hultman, E., & Saholm, K. (1980). Acid – base balance during
Exercise. *Exercise and Sport Science Review*, 8, 41-128.
- Itoh, H. O. (1991). Ammonia and lactate in the Blood after
short – term sprint exercise. *European Journal of Applied
Physiology*, 62, 22-25.
- Karlsson, J., & Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and
endurance performance. *Journal o f Applied Physiology*,
31(2), 203-206.
- Karlsson, J., Peterson, F. B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G.
(1975). Effect of previous exercise with arm and legs on
metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal
of Appied Physilogy*, 38, 763-767.
- Keskinen, K. L., Komi, P.V., & Rusko, H. (1989).
Acomparative study of blood lactate tests in swimming.
International Journal Sports Medicine, 10, 197-201.
- Keul, J. G., Simon, A., Berg, H. H., Dickhuth, I., Goerttler, R.,
& Kubel. (1979). Bestimmung der individuellen anaeroben
Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung.
Dtsch. Z. Sportmed, 30(7), 212-218.
- 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.
- Koch, G., & Rucker, L. (1980). *Total amount of hemoglobin, plasma and blood volumes, and intravascular protein masses in trained boys*. In K. Beng and Eriksson, B. O. (Eds.), *Children and Exercise IX*. Baltimore, MD. University Park Press, 15-109.
- Kumagai, S. K., Tanaka, Y., Matsuura, A., Maturaka, K., Hrokoba, & Asano, K. (1982). Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km and 10mile races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49, 13-23.
- Lengyel, M., & Gyarfas , I.(1979). The importance of echocardiography in the assessment of left ventricular hypertrophy in trained and untrained school children. *Acta Physiological*, 34, 9-63.
- MacRae, H. S., Dennis, H. S., Bosch, A. N., & Noakes, T. D. (1992). Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in human. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1649-1656.
- Mader, A., H., Liesen, H., Heck, H., Phillppi, R., Rost, P., Schü rch, W., & Hollmann.(1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungs fähigkeitim Labor. *Sportarzt und Sportmedizin*. 27(4), S.80-88.
- Madsen, O., & Lohberg, M.(1987).*The lowdown on lactates*. *Swimming Technique*, May-July,21-26.

- Marsh, M. K. (2003). *How Quick is your heart rate recovery ?*
California State Science Fair, 2003 Project Summary.
Project Number J1010.
- Morehouse, L. E., & Miller, A.T. (1971). *Physiology of Exercise*, Sixth Edition The C. V. Mosby Company p.246.
- Morgan, D.W., Baldini, F. D., Martin, P. E., & Kohrt, W, M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO_2 max among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 78-83.
- Milesis, C.A. (1976). Effects of Different Duration of Physical Training on Cardiorespiratory Function, Body Composition, and Serum Lipids, *Research Quarterly*, 47, 716-725.
- Neumann, G. (1990).Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme.In:Das gross Buch vom Laufen.Mezer & Meyer Verlag Achen.222-223
- Neumann ,G.(1991).Zur Leistungsstruktur der Kurz-und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht . *Leistungssport* , 21,29-31.
In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(印刷中) .
- Powers, S. K., Dood, S., Deason, R., Byrd, R., & McKnight, T. (1983). Ventilatory threshold, running economy and distance performance of trained athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54, 179-182.
- Power, S. K., & Howley, E. (2002) .運動生理學：體適能與運動表現的理論運用(林貴福,徐台閣&吳慧君，Trans.林正常總校閱 ed.)。台北市：麥格羅希爾國際股份有限公司。

- Sedlock, D. A. (1994). Fitness level and postexercise energy expenditure. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 34(4), 336-342.
- 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. Smith, B. W. (1982). *Anaerobic threshold of trained swimmers. Unpublished Master's thesis*. University of North Carolina Dtsch. Z. Sportmed. 32, 7-14.
- Stegmann, H., W. Kindermann, A., & Schnabel. (1981). Lactate Kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 2(3), 160-165.
- Stewart, K. J., & Grtin, B. (1976). Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Research Quarterly*, 47, 20-110.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Fischer, S. 40-56. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(印刷中)
- Weinecker, H., & Strobel, G. (1993). Sportmedizin : Biochemisch - Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. 58-60.
- Yoshida, T., Suda, Y., & Takeuch, N. (1982). Endurance training regimen 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 .



附錄一：受試者同意書

受試者同意書

研究題目：兩種不同持續跑訓練方式對耐力運動表現之探討

指導教授：張嘉澤、邱炳坤 博士 研究生：黃雅陵

單位：國立臺灣體育大學（桃園） 運動教練研究所

實驗室位置：國立臺灣體育大學（桃園） 科技大樓五樓

聯絡電話：03-3283201-2509 0939499255

我們誠致地邀請您共同參與一項研究計畫，在決定是否同意參與本研究之前，您有必要充分了解本計畫的風險與利益，以作出正確的決定。請仔細閱讀本同意書內容，如有疑問可以隨時提出。

研究主題簡介：

本研究計畫之目的，期望能先透過檢測、分析了解選手個人的有氧及無氧閾值能力，再以選手個人所分析之數據觀察藉由跑步機做兩種不同持續跑訓練方式，對 5 km 路跑成績表現及乳酸與心跳率之影響，以作為訓練上運動能力評價、訓練效果的判斷和訓練強度調控之應用，進而協助運動員創造個人最佳成績。

實驗方法說明：

本實驗共進行六週，第一週進行前測(T-1)，第二、三、四、五週進行訓練，第六週進行後測(T-2)。前後測共二項測試（基礎耐力檢測及 5 km 路跑專項測試），每項測試時間皆間隔 48 小時以上。依據前測數據分成 A、B 兩組，利用 HealthStream T790 電動跑步機，進行四週不同持續跑方式訓練，蒐集相關之參數。

在完全詳讀與理解上述之內容後，請於本文件末之簽名欄上簽名，表示您同意參與本實驗，並請填寫一份您的個人資料表。由於您的參與，使本研究得以順利完成，期望能對運動訓練科學領域有所貢獻，再一次誠摯的感謝您的支持和參與！



※ 注意事項：

參與者於研究期間應遵守相關規定，接受各項檢測及訓練時，應穿著運動服並全力以赴。實驗期間，參與者可提出研究與測試相關問題，研究者除將盡力回答外，也將盡力保障參與者安全，參與者如因身體不適或其他理由，得隨時退出本研究。

實驗參與者簽名： _____
日 期： 年 月 日

附錄二：受測者基本資料

受測者基本資料

專長項目：_____

接受訓練時間：_____年_____月

姓名：_____

出生年月日：_____

身高：_____公分

體重：_____公斤

性別：☐男 ☐女

聯絡電話：_____

請問你目前的以及最佳的成績為何：

請據實回答以下問題：

(一) 是否有心臟疾病

☐是 ☐否

(二) 是否有血液疾病

☐是 ☐否

(三) 是否有糖尿病

☐是 ☐否

(四) 是否有高血壓

☐是 ☐否

(五) 是否有氣喘疾病

☐是 ☐否

(六) 最近六個月是否有開刀手術

☐是 ☐否

(七) 其他：

1) _____

2) _____

實驗參與者簽名：_____

日期：_____

教練簽名：_____