

國立體育學院教練研究所碩士論文

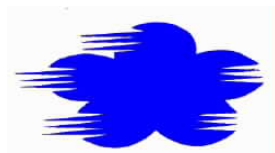
不同閾值心跳率訓練對手球隊選手 有氧與無氧閾值能力影響之研究

**The Effects of Different Heart Rate Threshold Training on
Aerobic and Anaerobic Threshold Capacity of Handball Players**

國立體育學院
N.C.P.E.S.
指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：詹蕙真 撰

中 華 民 國 九 十 五 年 六 月



國立體育學院

NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION

AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

不同閾值心跳率訓練對手球隊選手有氧及無氧 閾值能力影響之研究

摘要

本研究主要目的在探討以不同閾值心跳率做為訓練負荷強度，對國中男子手球隊選手有氧及無氧閾值能力之影響。本研究受試者共十七名，其中9名以個人有氧閾值心跳率為負荷，平均年齡 14.53 ± 0.53 yrs，身高 169.33 ± 6.08 cm，體重 55.89 ± 9.01 kg，訓練年數 1.56 ± 0.53 yrs；另8名為閾值心跳率訓練負荷設定組，平均年齡 14.29 ± 0.76 yrs，身高 166.13 ± 4.8 cm，體重 58 ± 10.68 kg，訓練年數 1.48 ± 0.52 yrs。訓練時間為期五週，每週三次，每次20分鐘。測驗所得資料，以二因子變異數分析進行各項考驗。

研究結果顯示：(1)兩組經五週訓練後，有氧與無氧閾值速度皆未達顯著差異；而在有氧與無氧閾值心跳率方面，兩組皆達顯著差異($p < 0.05$)。(2)持續跑距離兩組於前、後測皆達顯著差異($p < 0.05$)，又以閾值心跳率訓練負荷設定組明顯優於有氧閾值心跳率訓練組。(3)在折返跑速度方面，閾值心跳率訓練負荷設定組之速度提升優於有氧閾值心跳率訓練組。(4)在乳酸代謝率部份，閾值心跳率訓練負荷設定組乳酸代謝排除速率高於有氧閾值心跳率訓練組，且兩組間達顯著差異($p < 0.05$)。(5)訓練至第五週時，兩組運動後恢復心跳率皆明顯下降，達顯著差異($p < 0.05$)。

經過討論之後，得到以下結論：兩組受試者經五週訓練後個別能力差異變小；以有氧閾值心跳率做為訓練負荷強度，雖無法提升閾值速度但可以提升運動後恢復能力，而以無氧閾值的強度，作為耐力運動訓練的負荷基準，受試者透過訓練後身體產生

適應，能力提升，乳酸代謝明顯提高，因此可以說以無氧閾值的負荷強度作訓練，對運動後恢復及專項速度方面較有顯著效果。

關鍵詞：運動後恢復心跳率、有氧閾值、無氧閾值



The effects of different heart rate threshold training on aerobic and anaerobic threshold capacity of handball players

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of different heart rate threshold (HRT) training on both aerobic and anaerobic threshold capacities of junior high school handball players. There were 17 handball players participated in this study, 9 of them, age 14.53 ± 0.53 yrs, height 169.33 ± 6.08 cm, weight 55.89 ± 9.01 kg and training periods 1.56 ± 0.53 yrs, with individual aerobic heart rate threshold (AHRT) as their training load, and the other 8 players, age 14.29 ± 0.76 yrs, height 166.13 ± 4.8 cm, weight 58 ± 10.68 kg and training periods 1.48 ± 0.52 yrs, with setting heart rate threshold (SHRT) as training load. Five weeks were conducted for training period, in which three times a week and 20 minutes each time. All data obtained during the period were analyzed by two way ANOVA statistical method.

According to the results, (1) after five weeks' training, there were no significant differences in aerobic or anaerobic threshold velocity, while significant differences ($p < .05$) in aerobic or anaerobic HRT of this two groups; (2) the distance of continuous running shows significant differences ($p < .05$) between pre- and

post-test, and SHRT group was obviously better than AHRT group; (3)in shuttle run test, SHRT group was superior than AHRT group; (4)in metabolic rate of lactate, the SHRT group was significantly($p<.05$) superior than AHRT group; (5)at fifth week of training period, the recovery heart rate after exercise of the two groups were all drop obviously when compared with pre-test ($p<.05$).

The final conclusions were: after five weeks of training, the differences of individual capacity of these two groups are diminished. The AHRT group though can not enhance both aerobic and anaerobic velocity, but the recovery capacity after exercise was improved by using AHRT as the training intensity. On the other hand, the SHRT was used as training intensity, the players not only improved their threshold velocity but also enhance the recovery rate after exercise. Therefore, with SHRT as training load is better than AHRT.

Keyword: Recovery heart rate after exercise, aerobic threshold, anaerobic threshold

致 謝 詞

本論文得以順利完成，首先要感謝指導教授張嘉澤博士的悉心指導，並且適時給予以鼓勵及教誨，使我獲益良多，在此致上由衷的感謝。論文承蒙口試委員呂欣善教授及張思敏教授撥允批閱斧正，提供寶貴的意見，使得論文更趨嚴謹，特置卷首，敬申謝意。

在實驗施測期間承蒙同學鱗棋、純玉、銘熙、實驗室夥伴金龍及同事水盛老師等人的幫忙，本實驗方能順利完成，另外，在論文校稿上協助我的政學及易軒，對於你們諸多的幫忙，本人內心的感謝非言語所能形容，在此致上我最深的謝意。

最後，感謝家人的支持與鼓勵，更要感謝我的先生-惠明老師做我最佳的後盾，讓我得以在兩年順利完成學業。僅以本文獻給我親愛的家人及好友們，這份喜悅願與您們共享。

目 錄

第一章 緒論

第一節	前言	1
第二節	研究動機	2
第三節	研究目的	5
第四節	研究範圍與限制	5
第五節	名詞解釋	6

第二章 文獻探討

第一節	手球運動的能量供應系統	7
第二節	有氧與無氧閾值能力相關文獻	9
第三節	心跳率之相關研究	14
第四節	文獻總結	17

第三章 研究方法

第一節	研究對象	18
第二節	測驗時間與地點	19
第三節	實驗設計	19
第四節	測驗項目與方法	21
第五節	實驗工具	24
第六節	訓練內容	26
第七節	資料處理	27

第四章 結果與分析

第一節	有氧閾值與無氧閾值分析-----	28
第二節	持續跑距離-----	33
第三節	折返跑速度變化-----	35
第四節	乳酸代謝率分析-----	37
第五節	運動結束恢復心跳率分析-----	39
第六節	訓練變化-----	41

第五章 討論

第一節	有氧閾值與無氧閾值能力-----	47
第二節	訓練變化-----	49
第三節	運動後恢復心跳率-----	51
第四節	訓練相關探討-----	52

第六章 結論與建議

第一節	結論-----	55
第二節	建議-----	56

參考文獻----- 57

一	中文部分-----	57
二	外文部分-----	61

附錄----- 68

一	受試者健康狀況調查表-----	68
二	A、B 兩組訓練效果平均值與標準差摘要表-----	69

表 目 錄

表 2-1	用心跳率表示的訓練負荷強度-----	14
表 3-1	受試者基本資料-----	18
表 3-2	有氧無氧閾值測試-----	21
表 3-3	訓練內容-----	26
表 4-1-1	A、B 組 Test-1 及 Test-2 有氧閾值(2 mmol/l)摘要表--	29
表 4-1-2	A、B 組 Test-1 及 Test-2 無氧閾值(4mmol/l)摘要表---	30
表 4-2-1	A、B 兩組 T-1 與 T-2 持續跑平均值與標準差摘要表-	33
表 4-3-1	A、B 兩組折返跑速度變化摘要表-----	35
表 4-4-1	A、B 兩組乳酸代謝率變化摘要表-----	37
表 4-5-1	A、B 組運動結束第五分鐘恢復心跳率平均值與標準 差摘要表-----	40



圖 目 錄

圖 3-1	實驗流程圖-----	20
圖 3-2	有氧無氧閾值測試佈置圖-----	22
圖 3-3	10 公尺 4 次折返跑測驗示意圖-----	23
圖 4-1-1	A 組 Test-1 與 Test-2 有氧與無氧閾值比較-----	31
圖 4-1-2	B 組 Test-1 與 Test-2 有氧與無氧閾值比較-----	32
圖 4-2-1	A、B 組 T-1 與 T-2 距離變化-----	34
圖 4-3-1	A 組與 B 組五週折返跑速度變化-----	36
圖 4-4-1	A、B 兩組五週乳酸代謝率變化-----	38
圖 4-5-1	A 組與 B 組 T-1 與 T-2 運動後恢復心跳率變化-----	40
圖 4-6-1	A 組 T-1 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較-----	41
圖 4-6-2	A 組 T-2 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較-----	42
圖 4-6-3	B 組 T-1 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較-----	43
圖 4-6-4	B 組 T-2 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較-----	44
圖 4-6-5	A 組 T-2 運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較	45
圖 4-6-6	B 組 T-2 運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較	46

第壹章 緒論

第一節 前言

手球運動之活動方式近似足球運動，其技術與戰術又與籃球運動類同，而特重團隊合作與強調服從精神則與橄欖球一致。因此手球被認為是綜合籃球、足球、橄欖球等運動的球類活動。

近代手球運動起源於歐洲，而我國手球運動的起源引自德國，推展的交流則導自日本。手球正式列入奧運競賽項目始於 1936 年柏林奧林匹克運動會，當時只有男子組十一人制，結果德國隊榮獲冠軍，自此以後至 1968 年，共長達三十六年之久，手球未登上奧運會舞台，直到 1972 年慕尼黑奧林匹克運動會才將七人制手球列為男子組正式比賽項目，1976 年加拿大蒙特婁奧運會才增列女子手球比賽。近年來，我國手球代表隊除 1990 年第一屆亞洲青年女子手球錦標賽榮獲銀牌，同年北京亞運會奪得銅牌與青年男子組榮獲 1992 年亞洲青年盃第二名外，其餘均與獎牌無緣。反觀同為亞洲的韓國，卻於 1988 年與 1992 年蟬聯女子手球奧運冠軍，足見手球應是適合國人發展之運動項目。

近年來，各國透過運動科學的理論與訓練，成績亦不斷地提昇，而我國成績卻遲遲無法突破，在比賽中我們可看見選手們在上半場表現不錯，然而到了下半場，往往因為體能大幅滑落而導致成績不佳，其原因不外乎持續性耐力不佳以至於影響快速恢復能力，然而沒有體能就沒有技術亦沒有所謂的戰術，那麼究竟如何運用科學的方法於訓練上，使手球運動能達成最佳之訓練效果，以提昇比賽成績，這是目前最重要的課題，也

是我們今後該努力的方向。

第二節 研究動機

手球運動是一種短時間、高強度的間歇運動，快速的恢復能力(無氧非乳酸的恢復能力)是非常重要的。一場正式的手球比賽會有兩個三十分鐘的半場，半場間休息時間為十分鐘（中華民國手球協會，1999），所以通常一場手球比賽是需要持續一個小時以上的運動，雖然屬於長時間的競技項目，但是絕大多數的動作表現卻是需要快速、突發、有力的運用不同的速度、節奏、方向、姿勢，並且在起動、停止、變換方向、轉身等動作皆能越快越好，才能在激烈的攻守對抗中取得主動和優勢。很明顯的手球比賽的能源供應方式是以無氧非乳酸能力為主，但也不應忽視有氧能力的訓練。謝鐵兔（1998）指出長時間持續性有氧能力的訓練，將有助於無氧能力的恢復。而無氧非乳酸的恢復能力是建立在高能力的有氧耐力上（Weicker 等,1994）。

自 1992 年巴塞隆納奧運會，國際手球競賽中採取壓迫性防守的球隊越來越多，成功抑制了對手的攻勢。主要是這些球隊均具備了優異的身體對抗能力及體能要素，尤其耐力極佳，這種主動積極迎擊對手的防守行動，被稱為具有攻擊性的防守，在近年來國際賽中非常盛行，亦發揮顯著的功效，可知手球運動員體能素質的優劣非常重要。

手球運動要求的體能除了速度、反應、肌力外，耐力亦非常重要。據陳全壽（1998）、董國珍（1990）與劉獻武（1991）等人指出，在訓練兒童或青少年時若能掌握運動項目的特性，在開始專項訓練前盡量多參與各種項目不同形式的訓練，使身體具備良好的全面性體能，即使開始訓練的時間較晚，同樣可

以較快達到高水準的運動成績。而運動員形成階段在11~14歲，繼續發展有氧能力，運動員有穩固的耐力基礎後，將更能有效對抗專門化階段時的訓練和比賽的要求（林正常等，2004）。

就目前而言，國內手球訓練方式，多數以教練個人經驗為主要訓練方式，缺乏以科學的理論為基礎，所以選手花了很多的時間練習，卻無法達到令人滿意的訓練效果，以至於競技水準無法提昇，可見得不了解選手個人生理狀況所得到訓練效果是有限的。洪淑芳在2001年以16名入選2001年女子手球東亞運動會代表隊選手為對象，比較大陸、韓國和我國優秀女子手球運動員體型及有氧與無氧能力之差異，結果顯示：一、體型部份，我國在平均身高與體重皆比其他參賽國差。二、有氧能力部份：大陸與韓國在最大攝氧量（ $\dot{V}O_2\max$ ）、換氣量（VE）的表現高於我國優秀選手。三、無氧能力部份：我國選手在無氧功率方面略高於大陸。而在30秒疲勞指數下降率方面，韓國大幅度優於大陸及台灣。由上述研究中，可看出國內女子手球運動員不僅在體型方面，甚至於在最大攝氧量（ $\dot{V}O_2\max$ ）及有氧能力方面皆不及大陸與韓國，這也是我們在國際賽中成績一直無法突破之原因。

在球類比賽中，我們常可看到球員在上半場表現較佳，但至下半場則因體能素質差異而無法獲致令人滿意的成績。所以掌握運動員生理狀況用以調整訓練方式相當重要。運動生理學的主要應用價值在於運動訓練上，而運動訓練的原理原則，往往建立在運動生理學的基礎上。換句話說，違反運動生理學原理原則的訓練方法和手段，將使辛苦的運動訓練事倍功半，甚至功敗垂成（林正常，2002）。

手球運動的耐力指標應是全場均能維持最佳技術的能

力，因球賽過程不同，手球運動的能量系統比例亦有所變化，由於有氧耐力的增強，可以提高每跳輸出量、增加全身血液的供給，因而提高供氧的能力，可為無氧非乳酸耐力的發展提供良好的基礎。因此建議實施無氧非乳酸耐力訓練之前或同時，應進行有氧耐力訓練。運動強度、持續時間，各組織器官間的代謝機能，都和血乳酸的強度有關。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。用血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手球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平與體能差異，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。

當前手球比賽競爭程度日益激烈，對運動員的體能和技戰術的要求愈來愈高。如何使訓練能更接近或達到比賽的需求，這關係到如何科學地安排訓練內容和合理掌握訓練負荷量和強度的問題。透過基礎耐力能力和專項能力的診斷為手球選手提供訓練時準確的負荷強度，在國外已行之多年，可是目前國內有關手球訓練負荷強度的研究資料非常有限，鑑於此原因，本研究希望透過基礎耐力能力的診斷後，以不同閾值心跳率負荷強度，做為訓練方式，並找出最佳閾值心跳率負荷強度，本研究結果可提供手球教練安排訓練內容和合理掌握訓練負荷量及強度之參考依據。

第三節 研究目的

本研究是以不同閾值心跳率作為運動強度指標的方式，將受試者分為A、B兩組，進行五週、每週三次，每次二十分鐘的持續跑訓練，探討耐力訓練前、後之差異。本研究訓練週數是依據德國學者Neumann G. (1991) 所提人體的適應週期為4-6周而設定，研究目的分別如下：

- 一、探討藉助有氧閾值心跳率訓練強度設定之五週持續跑，對手球隊選手有氧與無氧閾值能力之影響。
- 二、探討藉助乳酸閾值心跳率 (Hollmann et al. 1978) 訓練強度設定之五週持續跑，對手球隊選手有氧與無氧閾值能力之影響。
- 三、探討五週後不同閾值心跳率的強度設定訓練對心跳率恢復的影響。
- 四、比較接受不同閾值心跳率強度設定訓練之訓練效果的差異。

第四節 研究範圍與限制

- 一、本研究是以桃園縣平鎮市平興國中手球隊男性選手十七位為受試對象。
- 二、受試者在進行五週訓練及測試過程中，研究者僅能以口頭鼓勵受試者盡最大努力配合實驗。

第五節 名詞解釋

- 一、心跳率：心跳率為單位時間心臟跳動之頻率。心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率為運動強度的指標。在本研究中所指之心跳率為受試者測試時，以 Polar 心跳監測器所測得之數值，單位為次/分。
- 二、乳酸閾值心跳率： $\text{安靜HR} + (220 - 3/4\text{年齡} - \text{安靜HR}) \times 0.75$ 。(Hollmann et al 1978)。
- 三、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五分鐘恢復心跳率。
- 四、有氧閾值 (aerobic threshold)：指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微上升，偏離安靜值。
- 五、無氧閾值 (anaerobic threshold)：指開始迅速及系統性地增加血乳酸濃度的攝氧量，也可以稱為乳酸閾值。
- 六、乳酸 (Lactate)：由於葡萄糖的不完全分解而產生可以引起疲勞的乳酸系統的代謝產物。

第貳章 文獻探討

本研究目的是探討以不同閾值心跳率訓練對手球隊選手有氧與無氧閾值能力的影響，本章共分四節，其內容分別為一、手球運動的能量供應系統；二、有氧及無氧閾值能力之相關文獻；三、心跳率之相關研究；四、文獻總結。

第一節 手球運動的能量供應系統

手球運動屬於高強度、長時間激烈對抗的運動，其所需的能量系統包括：無氧系統和有氧系統。手球專項耐力能量提供主要以ATP-PC系統為主，如傳球、接球、快攻與射門等技術都是在幾秒內完成的動作。李誠志（1994）指出手球比賽要求運動員在時間和空間上取得優勢，爭取主動；運動員應具備快速的奔跑能力，準確強有力的射門和傳接球技術及攻防對抗時的衝撞能力。其能量消耗大，ATP-CP和糖酵解能量系統佔80%左右，負荷強度大。

Dal Monte（1983）指出手球運動所需的能量系統中ATP-PC系統約佔80%、有氧系統佔10%。大陸多位學者提出雖然手球運動比賽時間為一小時，但期間快速奔跑、滑步動作、射門、防守步法、快速移位等動作都屬無氧非乳酸能量系統，所以在能量系統方面，無氧能量系統高於有氧系統。因此，手球專項無氧非乳酸的耐力訓練對手球運動員來說是非常重要的。而無氧非乳酸能量的恢復，是依據有氧耐力而來（Weicker等,1994）。

手球運動的體能是全面性的，而全身性的體能中以敏捷性和協調性最重要，據林明鈺（1997）指出手球攻防間的追逐、攻擊的傳接移位、閃切技術、防守的阻截與抄球等活動，均屬

敏捷性能力，通常以折返跑、側移來測驗敏捷性。然而跑是手球運動最基本的活動，在競賽中佔極大的份量。據東德學者於世界杯手球賽中，曾計算一名球員曾在一場比賽中跑的距離是8365公尺（賀漢森，1985）足見手球需要跑得快且能持久。整個比賽在一小時中既有將近跑一萬公尺的距離，持續耐力是絕對必要的，耐力不足將影響戰力（林明鈺，1997）。

手球比賽進行中雙方在替補線範圍內得依規定自行替補球員、攻隊採取消極性比賽時判由對隊擲自由球進攻等規定，使得手球比賽節奏更為快速緊湊（林輝雄，1997），所以球員之快速恢復能力相當重要。Mader & Hollmann (1977) 發現，即使是大強度的運動項目，在第一分鐘結束時，有氧系統的功能已達到47%。

Bompa (1981) 指出，多數運動項目都可以採用以有氧訓練為主要的方法，正如MacDougall (1974) 所提出的，訓練有素的有氧系統，即使在以無氧系統為主的項目，仍可以增加整體的能量供應。亦即有較高的有氧能力有助於從事無氧活動，而經過良好有氧訓練的運動員比缺乏此方面訓練的運動員恢復的更快（林正常，2001）。

在短時間高強度的體能活動常引起乳酸濃度的變化。許多研究顯示，在運動訓練中血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 & Sholm, 1980；Itoh & Ohkuwo, 1991）。江界山（1997）則指出血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。透過對比賽和訓練時血乳酸值的比較，也可以了解訓練時強度是否達到比賽時的要求（馮煒權、翁慶章，1990）。

第二節 有氧與無氧閾值能力相關文獻

有氧能力，是指有機體在氧的參與下產生能量的能力，它也決定運動員的耐力好壞。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, 1973）。

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遞進的運動負荷測驗，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（林正常，1995）。

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。

血乳酸可評定運動員的有氧和無氧代謝能力，這已成為實驗室的常規和較簡單的方式（林正常，2002）。正常情況下，乳酸的生成與消除處於動態平衡中，運動員安靜時與平常人並無差異。運動時，血乳酸濃度上升，主要是在骨骼肌中生成，然後透過細胞進入血液，並隨著血液循環到達身體的其他組織被代謝消除。運動強度的大小與血乳酸具有直接的關係，在一定範圍內，隨運動強度增大，乳酸生成則增多（郭子淵，2001）。

乳酸經常被等同於運動負荷強度的生化指標，且常用於訓練強度的評定及調控，以及應用於訓練方法的選擇和運動疲勞的診斷 (Weltman, 1995；林文弢，1996；馮煒權，1998)。

Koch and Rucker (1980) 指出，在耐力性有氧運動開始 4-6 週左右，身體便會做出適應，心臟輸出量增加，血漿容量增加，身體血液容量增加，血紅素總量增加。

無氧閾值 (anaerobic threshold, AT)，是指當氧對於運動肌肉的供給不足時，開始啟動無氧代謝，作為能量補充來源的那個點。個人的無氧閾值可以直接測量血乳酸濃度而得，或是採非侵體性的換氣參數，及換氣無氧閾值 (ventilatory anaerobic threshold, VAT)，而無氧閾值的心跳也可做為有氧訓練時的強度指標 (謝伸裕等，2002)。

由於乳酸閾存在著個體差異，為了在訓練中達到更高的要求，最好測定運動員的個體無氧閾，並利用個體無氧閾的強度指導訓練 (林文弢，2000)。個體無氧閾的測定除了用於診斷不同運動員個體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，據個體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。再則根據個體無氧閾的變化，可以作為科學評定耐力訓練之效果。林正榮 (1995) 在研究中提出無氧閾值不但可以因訓練而提昇，以無氧閾值的強度，做為耐力性運動訓練的負荷基準，相當有效。

Weltman and Katch (1979) 兩人探討無氧閾值與最大攝氧量的相關程度，受試者為 31 名男子。結果發現兩者相關達 0.85，顯示最大攝氧量高的人，較能延緩代謝的酸化現象。無氧閾值與最大攝氧量及運動能力高度相關之事實，顯示以無氧閾值協助運動訓練的可能性相當地高。

Davis (1979) 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，共九週。無氧閾值顯著地增加了44% ($\dot{V}O_2\text{max}$ 絕對值) 或15% ($\dot{V}O_2\text{max}$)，結果顯示換氣閾值因耐力訓練而大幅提昇。

Gaisl and Buchberger (1980) 以45名10-11歲的男生為受試者，經過三個月，每週八小時的訓練課程後，有較低的血乳酸值。當血乳酸為2.5mmol/L時，平均 $\dot{V}O_2\text{max}$ 百分比為64.7%，而在乳酸為4.5 mmol/L時， $\dot{V}O_2\text{max}$ 百分比為84.2%。

學者們多認為運動訓練後乳酸濃度降低現象，歸因於乳酸製造率減少或乳酸清除率增加的效應 (Stanley等人, 1985; Donovan, 1990)。

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，每週三天，為期八週，訓練前先從事遞增阻力運動測驗 (50rpm，每分鐘增加25W)，找出4mmol/L乳酸濃度的訓練強度，另有六名男生為控制組。結果發現八週無氧閾值強度的訓練，受試者的AT- $\dot{V}O_2$ 增加37% (AT以 $\dot{V}O_2$ 表示)， $\dot{V}O_2\text{max}$ 進步14%。在非最大運動強度反應， $\dot{V}O_2$ ，VE，HR，R及乳酸 (LA) 分別顯著地降低了4%，10%，5%及23%。相形之下，控制組則沒有顯著改變。研究結果顯示無氧閾值強度的訓練 (4mmol/l) 有效地增加無氧閾值和 $\dot{V}O_2\text{max}$ 。

MacRae 等人 (1992)，以8名非運動員進行9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。

據王賀森 (1992) 研究探討個體無氧閾值、換氣閾值、心跳閾值與4mmol/l乳酸閾值等不同無氧閾值測定法，測量其間之差異及相關程度，並比較不同遞增負荷持續時間 (一分鐘與三分鐘) 之測驗對心跳閾值的影響。結果發現不同測定法判定之

閾值運動強度，以4mmol/l閾值最高，其次為換氣閾值及心跳閾值，而個體無氧閾值最低。且除換氣閾值與心跳閾值外，其餘各組皆達顯著差異水準。另外，一分鐘遞增負荷測驗所得之心跳負荷運動強度顯著高於三分鐘遞增負荷測驗。結果發現四種測定方法與運動持續時間之相關皆高於最大攝氧量。

王明月 (1996) 為10名中國文化大學體育系學生，平均年齡為 20 ± 3 歲、平均身高 173.5 ± 5.04 公分、平均體重 67.3 ± 5.58 公斤。以 $25W\cdot 3\min^{-1}$ 運動負荷模式所測定的通氣閾值 (VT)、心跳閾值 (HRT)、4mmol/l乳酸閾值 (OBLA) 及個體無氧閾值 (IVT) 之負荷強度來反應最大乳酸穩定狀態 (MBLSS) 的差異情形，結果如下：(一)四種不同無氧閾值出現時之運動負荷強度，無顯著差異 ($p < 0.05$)，其負荷強度分別是心跳閾值： $165\pm 26.87W$ 、通氣閾值： $172.5\pm 24.56W$ 、個體無氧閾值： $182.5\pm 33.44W$ 及4mmol/l乳酸閾值： $190\pm 35.75W$ 。(二)四種不同無氧閾值出現時之血乳酸值，經分析後達顯著差異水準 ($p < 0.05$)，進行事後比較結果顯示乳酸閾值與個體無氧閾值沒有顯著差異外，其餘各組皆達顯著差異。(三)四種不同無氧閾值出現時之最大耗氧量百分比，經分析後達顯著差異水準 ($p < 0.05$)。進行事後比較結果顯示，除心跳閾值與乳酸閾值及個體無氧閾值達顯著差異外，其餘皆未達顯著差異。(四)四種不同無氧閾值均可反應最大乳酸穩定狀態，惟4mmol/l乳酸閾值最大血乳酸穩定狀態明顯升高。

肖國強等人 (1999) 研究優秀手球運動員比賽前期高強度訓練對有氧無氧能力的影響。結果顯示：受試者最大無氧能力有顯著增加 ($p < 0.05$)，同時第二次測定的 LA_{max} 、LT、OBLA-V與第一次相比有顯著增加均為 ($p < 0.05$)。在男女組之間均有相同結果。結果指出比賽前期進行高強度訓練對男女手球運動

員有氧無氧能力的提高具有重要作用。

覃宪勛等 (2001) 指出，無氧系統釋放的能量與運動強度直接相關。因此，有氧能量系統和無氧能量系統不僅取決距離，更取決於強度。無氧訓練必須與有氧訓練交替進行，但持續時超過60秒的運動項目還是應當以有氧訓練為主。

李雅惠 (2005) 以七名女子中長跑選手，以無氧閾值作為訓練負荷設定，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：(一) 訓練後受試者個人有氧及無氧閾值的速度未達顯著水準。(二) 訓練後受試者個人有氧及無氧閾值的心跳率均達顯著水準。(三) 訓練後第一週與第五週比較安靜心跳率未達顯著水準。(四) 訓練後第一週與第五週比較訓練心跳率達顯著水準。(五) 訓練後第一週與第五週比較運動後心跳率達顯著水準。(六) 訓練後專項成績達顯著水準。

陳江圳 (2005) 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。

第三節 心跳率之相關研究

Bompa and Zivic (1981) 指出，訓練時，運動員體驗各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應。因為這些變化，尤其是心跳率，教練可用以偵測與控制訓練計畫的強度。而欲發展某一運動能力，刺激的強度必須達到或超過閾值水準，才會進步。林文郎與何忠鋒 (1997) 認為在不同程度的耐力運動訓練上血乳酸與心跳率也會有所不同。

Karvonen, Kentala, & Mustala (1957) 以安靜心跳率加最大與安靜值差的 60%，作為訓練強度，用以提昇耐力訓練效果。

1957 年，Wells 等人利用心跳及血乳酸率制定了一個運動強度的分類標準，表示在心跳率大於 100 為溫和；大於 120 為適量；大於 140 為中等強度；大於 160 為劇烈強度；小於 180 為最大強度；大於 180 為衰竭的運動強度。

Nikiforov 於 1974 年以心跳率的強度作分類，如表 2-1 所示。

表 2-1 用心跳率表示的訓練負荷強度

區	強度型態	每分心跳率
1	低	120～150
2	中	150～170
3	高	170～185
4	最大	> 185

資料來源：林正常等(2001)編譯，運動訓練法，99。

Massicotte & MacNab (1974) 的研究指出受試者年齡在 11-13 歲之間，分成三組，進行不同強度的訓練六週，強度分別為 170-180，150-160，130-140 次/分鐘的心跳率。結果指出只有強度最高的一組有顯著增加最大攝氧量，亦即接受每分鐘心跳在 170-180 次運動強度訓練的男生，其最大攝氧量有進步。

Klinzing & Hazelton (1982) 是以最大心跳率的 70% 至 85 % 作為訓練強度，以評估心血管循環功能的訓練效果。

Thanka & Shindo (1985) 發現 10~11 歲及 12~13 歲男生達無氧閾值時的心跳率分別為 185 次/分鐘及 173 次/分鐘。

Rowland and Green (1989) 以 12 位月經前的女生為受試者，觀察他們在漸增強度運動中的無氧閾值心跳率，發現平均在無氧閾值時的心跳率為 171 次/分鐘。

Mahon and Vaccaro (1991) 指出 29 位 8~13 歲男生的 VAT 心跳率為 177 次/分鐘，這些研究中，受試者的個別差異均相當大。以 Rowland and Green (1989) 的研究為例，有 40% 受試者的 VAT 心跳率高於或低於平均值 (171 次/分鐘) 10 次/分鐘以上，基於此一原因，VAT 的心跳率不能以預估的方式求得，若是為了訓練的話則須以個別測量為準。

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。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。

Wilmore & Costill (1994) 認為心肺功能的訓練強度，至少應為最大攝氧量的 60% 以上。自 1991 年以後，美國運動醫學會建議訓練心肺功能的強度範圍，若是以有氧訓練為目的，心跳數應維持在最大心跳率的 70% 至 80% 之間。而耐力運動（越

野滑雪、跑步、划船、游泳)，要獲得訓練效果，心跳率必須超過 130 次/分之強度。不過此閾值因運動員個別差異而異。因此心跳的訓練閾值，受安靜心跳率與最大心跳率的影響。

訓練計畫中足夠的強度被認為是提升最大有氧能力的重要原則之一，無氧閾值被認定為運動中氧氣無法充足的運送至肌肉的臨界點，訓練強度達到但不超過無氧閾值，被認為是刺激氧輸送能力提昇的最佳強度。而心跳率是一種常見於控制運動強度的指標。故心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率作為運動強度的指標。



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、高強度短時間間歇之運動項目，其主要能量提供系統為無氧非乳酸。而比賽中無氧非乳酸能量的快速恢復，必須依據個人的有氧耐力能力。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、擁有很強的有氧運動能力不僅對訓練本身極為重要，更對訓練中和訓練結束後的快速恢復具有極大的幫助。
- 三、在耐力性有氧運動開始 4-6 週左右，身體便會做出適應，在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低，顯示能力提昇。
- 四、在訓練時測定血乳酸峰值變化，可掌握運動強度和訓練過程中運動員代謝能力的變化與運動時及運動後血乳酸的變化，並可評估訓練的效果與作為訓練調整之參考依據。
- 五、透過心跳率，教練可以偵測與控制訓練計畫的強度，而找出閾值心跳率可提供教練有效的訓練方式。

第參章 研究方法

本章主要說明本研究的研究方法與步驟，共分爲七節，第一節研究對象；第二節測驗時間與地點；第三節實驗設計；第四節測驗項目與方法；第五節實驗工具；第六節訓練內容；第七節資料分析與處理等。分述如下：

第一節 研究對象

本研究以十七位桃園縣平鎮市平興國中男性手球隊選手自願爲研究的受試者。參與實驗前均詳閱受試者須知，由研究者告知實驗流程及注意事項，並簽署測試同意書（如附錄一）及疾病調查表（如附錄二）。所有受試者基本資料如下表：

表 3-1 受試者基本資料 (n=17)

組別 基本資料	有氧閾值心跳率訓練組(A) (n=9)	閾值心跳率訓練負荷設定組(B) (n=8)
年齡(歲) M±SD	14.53±0.53	14.29±0.76
訓練(年) M±SD	1.56±0.53	1.48±0.52
身高(公分) M±SD	169.33±6.08	166.13±4.8
體重(公斤) M±SD	55.89±9.01	58±10.68

第二節 測驗時間與地點

一、前測

(一)時間：民國 94 年 7 月 15 日。

(二)地點：桃園縣立平興國中操場。

二、訓練期間

(一)日期：自民國 94 年 7 月 15 日至民國 94 年 8 月 19 日止，共計五週。

(二)時間：下午兩點。

(三)地點：桃園縣立平興國中操場。

三、後測

(一)日期：民國 94 年 8 月 19 日。

(二)地點：桃園縣立平興國中操場。

第三節 實驗設計

本研究旨在探討國中男生手球隊選手，經過五週耐力訓練後，對有氧及無氧閾值能力的影響。針對桃園縣立平興國中手球隊二、三年級男生共計17位受試者，以有氧-無氧閾值測試其基礎耐力能力，並依前測(Test-1)所取得之個人有氧閾值心跳率平均分派為A、B兩組，每週並以折返跑作考驗。所得之資料，以SPSS for Windows 10.0版統計軟體為工具，以描述性統計表示受試者各項測驗結果，以二因子變異數分析比較訓練前後之差異。測試所得結果，第一週測試數據以T-1表示，第五週測試數據以T-2表示。實驗流程包括前測，正式實驗與後測。主要內容如圖3-1。

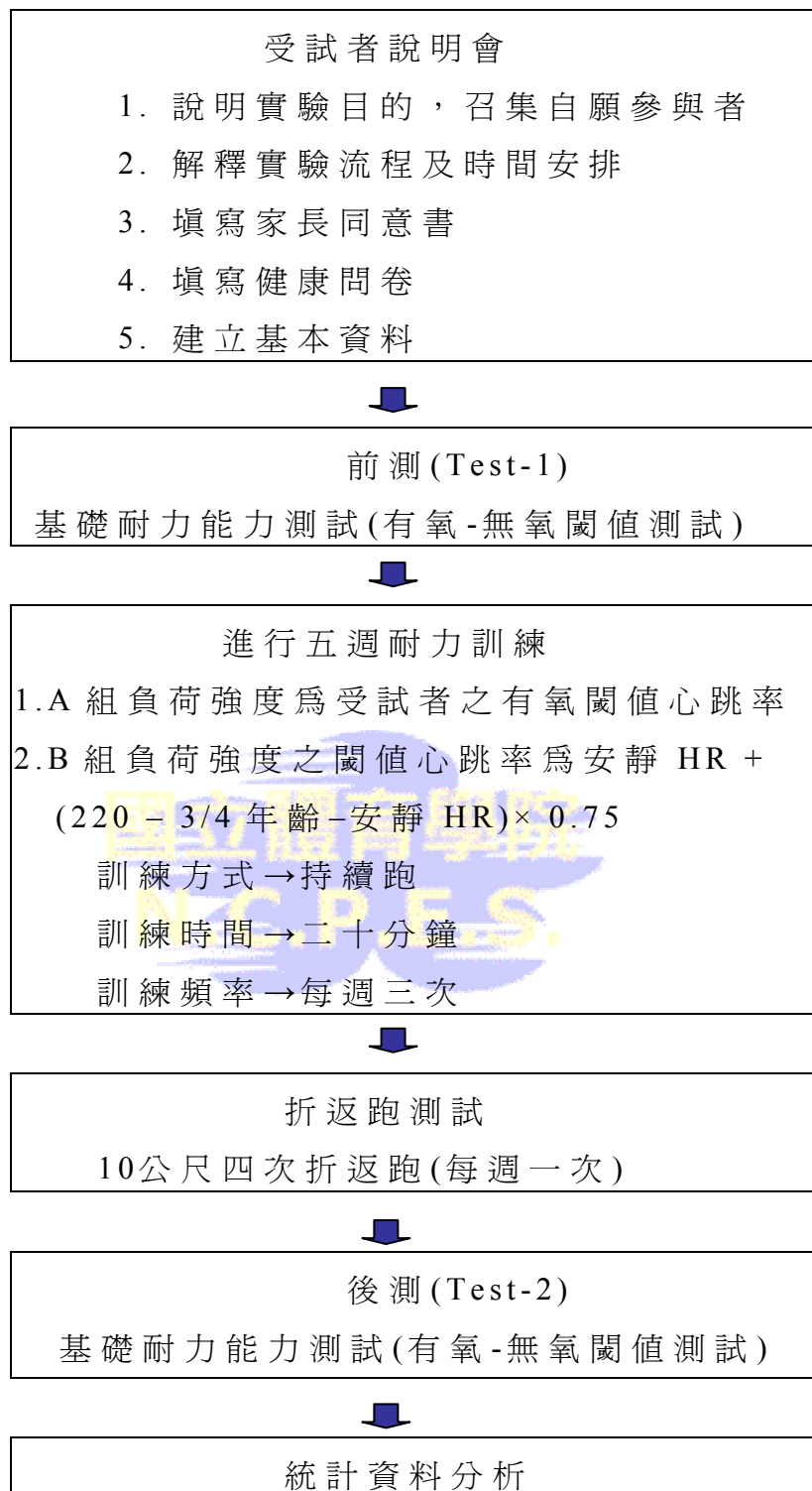


圖 3-1 實驗流程圖

第四節 測驗項目與方法

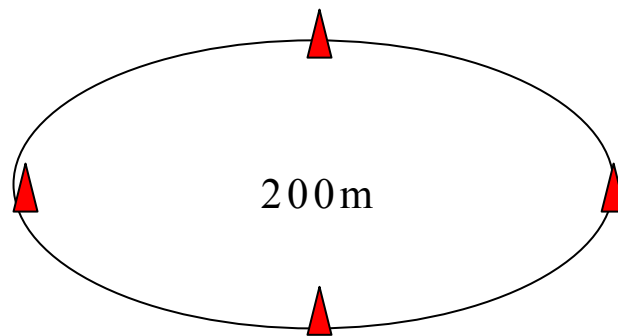
一、有氧-無氧閾值測試

基礎測試之前，參與者帶上Polar錶 (610i)，並且於耳垂採10 μ l血液，做為安靜值乳酸檢驗及記錄安靜心跳率。熱身結束後，受試者在200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30s (採血與心跳率記錄)，每階速度上昇0.5m/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為止。為了速度控制，在200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200公尺的操場上測試，場地上每50公尺放置三角錐筒作為標記。(如表3-2與圖3-2)

表 3-2 有氧-無氧閾值測試

步驟	測試強度
開始速度	2.5m/s
每階上昇負荷	0.5m/s
每階進行時間	5min
每階休息	30s(採血，心跳率紀錄)
測試進行時間	運動員最大負荷

(Mader et al. 1976)



起跑,終點

圖 3-2 有氧-無氧閾值測試場地佈置圖

二、折返跑測試

每週一次折返跑考驗（10 公尺四次折返跑）作 3 個 SET，每個 SET 休息 60S。

測驗儀器：WATER RESISTANT JEX500 碼錶。

測驗方法：劃兩條距離 10 公尺的平行線，球員站在平行線(起點線)的後面做預備跑姿，一次以兩位球員同時測驗折返跑，整個過程必須以最大努力跑。共作 3 個 SET，SET 與 SET 之間休息一分鐘。(如圖 3-3)

1. 第一 SET 紀錄所測得之成績與心跳率。
2. 第二 SET 紀錄所測得之成績、心跳率與血乳酸。
3. 第三 SET 紀錄所測得之成績及運動結束後第一、三、五分鐘之心跳率與血乳酸。
4. 採血點：於第二 SET 結束及第三 SET 結束之第一、三、五分鐘進行採血。



圖 3-3 10 公尺 4 次折返跑測驗示意圖

三、持續跑訓練

受試者帶上 Polar 錶，依設定之閾值心跳率分成 A、B 二組，在 200 m 運動場完成 20 分鐘持續跑並登記成績(m)與運動結束第五分鐘心跳率。



第五節 實驗工具

一、 S610i 型 Polar 錶



國立體育學院
N.C.P.E.S.

二、 BIOSEN C-line 乳酸分析儀



三、速度控制器



四、碼錶 (JEX500)

五、酒精、毛管、採血針、手套 (外科用)

六、圓錐筒、皮尺、200m 運動場

第六節 訓練內容

- 一、有氧能力：受試者分成 A、B 兩組，分別以不同閾值心跳率設定強度，帶上 Polar 錶在 200 m 運動場完成 20 分鐘持續跑，並登記成績(m)與運動結束第五分鐘心跳率。(如表 3-3)

表 3-3 訓練內容

組別	A組 (n=9)	B組 (n=8)
負荷強度	有氧閾值心跳率平均 163 次/分	乳酸閾值心跳率平均 174 次/分
運動型態	持續跑	持續跑
負荷時間	20min	20min
期間	5 週	5 週
一週	3 次	3 次

第七節 資料分析與處理

本研究以 SPSS for Windows 10.0 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）表示受試者各項測驗結果。
- 二、以二因子變異數分析，考驗訓練前、後有氧-無氧閾值的速度與心跳率及訓練前、後恢復心跳率之差異。
- 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、最大乳酸代謝率代謝計算採 Mader (1994) 公式：運動結束最大乳酸堆積/運動速度 (m/s)。
- 五、本研究的統計考驗水準為 $p < 0.05$ 。



第肆章 結果與分析

本章有氧閾值(2mmol/l)心跳率訓練組(A組)與閾值心跳率訓練負荷設定組(B組)研究結果所獲得的數據經統計分析後，將分為六節加以說明。第一節有氧閾值與無氧閾值分析；第二節五週持續跑(20分鐘)距離；第三節折返跑速度變化；第四節乳酸代謝率分析；第五節運動結束恢復心跳率分析；第六節訓練變化等。

第一節 有氧閾值與無氧閾值分析

本節有氧閾值與無氧閾值分析將分三部份分述如下：

一、有氧閾值 (2mmol/l)

有氧閾值前測 (Test-1) 與後測 (Test-2) 分析，A 組在 Test-1 有氧閾值速度平均值為 $2.0\pm0.1\text{m/s}$ ，Test-2 則為 $2.0\pm0.13\text{m/s}$ ，Test-1 與 Test-2 之速度差異為 $+0.03\text{m/s}$ 。B 組有氧閾值在 Test-1 速度為 $1.9\pm0.08\text{m/s}$ ，Test-2 則為 $2.0\pm0.15\text{m/s}$ ，Test-1 與 Test-2 之速度差異為 $+0.1\text{m/s}$ ，未達顯著差異 ($p>0.05$)。A 組在 Test-1 與 Test-2 心跳率平均值分別為 $163.3\pm8.8\text{min}^{-1}$ 、 $146\pm20.24\text{min}^{-1}$ ，兩次測試結果差異為 17min^{-1} ，達顯著差異 ($p<0.05$)。B 組在 Test-1 與 Test-2 心跳率分別為 $161.9\pm8.8\text{min}^{-1}$ 、 $136.9\pm18\text{min}^{-1}$ ，Test-1 與 Test-2 差異為 25min^{-1} ($p<0.05$)；其中 A、B 組在 Test-1 之閾值心跳率分別為 $163.3\pm8.8\text{min}^{-1}$ 、 $161.9\pm8.8\text{min}^{-1}$ ，二者差異為 2min^{-1} 。Test-2 心跳率則分別為 $146\pm20.24\text{min}^{-1}$ 、 $136.9\pm18\text{min}^{-1}$ ，二者差異為 9min^{-1} (表 4-1-1)，A 組 Test-2 閾值速度與心跳率最大值為

2.2m/s 與 171min^{-1} ，最小值則分別為 1.8m/s 與 116min^{-1} ；而 B 組 Test-2 閾值速度與心跳率最大值為 2.2m/s 與 171min^{-1} ，最小值則分別為 1.8m/s 與 114min^{-1} 。

表 4-1-1 A、B 組 Test-1 及 Test-2 有氧閾值(2mmol/l)摘要表

		A	B	Diff.
Test-1	m/s	2.0 ± 0.1	1.9 ± 0.1	0.1
	HR(min^{-1})	163.3 ± 8.8	161.9 ± 8.8	2
Test-2	m/s	2.0 ± 0.13	2.0 ± 0.2	0.07
	HR(min^{-1})	146 ± 20.24	136.9 ± 18	9

二、無氧閾值(4mmol/l)

表 4-1-2 為 A、B 組無氧閾值 Test-1 與 Test-2 分析。A 組 Test-1 與 Test-2 閾值速度平均值皆為 $2.7\pm0.2\text{m/s}$ ，未達顯著差異 ($p>0.05$)。B 組 Test-1 與 Test-2 閾值速度分別為 $2.7\pm0.14\text{m/s}$ 、 $2.8\pm0.18\text{m/s}$ ，Test-1 與 Test-2 之速度差異為 $+0.1\text{m/s}$ ($p>0.05$)。A 組 Test-1 與 Test-2 之閾值心跳率分別為 $181\pm8.6\text{min}^{-1}$ 、 $163\pm19\text{min}^{-1}$ ，兩次測試結果差異為 18min^{-1} ($p<0.05$)。B 組 Test-1 閾值心跳率為 $179\pm6\text{min}^{-1}$ ，Test-2 則為 $158\pm14.4\text{min}^{-1}$ 。Test-1 與 Test-2 心跳率差異為 21min^{-1} ，達顯著差異 ($p<0.05$)；其中 A、B 組在 Test-1 之閾值心跳率分別為 $181\pm9\text{min}^{-1}$ 、 $179\pm6\text{min}^{-1}$ ，二者差異為 2min^{-1} 。Test-2 心跳率則分別為 $163\pm19\text{min}^{-1}$ 、 $158\pm14\text{min}^{-1}$ ，二者差異為 5min^{-1} ($p>0.05$)。A 組 Test-2 閾值速度與心跳率最大值為 3.0m/s 與 192min^{-1} ，最小值則分別為 2.4m/s 與 141min^{-1} ；B 組 Test-2 閾值速度與心跳率最大值為 3.1m/s 與 189min^{-1} ，最小值則分別為 2.4m/s 與 140min^{-1} 。

表 4-1-2 A、B 組 Test-1 及 Test-2 無氧閾值(4mmol/l)摘要表

		A	B	Diff.
Test-1	m/s	2.7±0.2	2.7±0.1	0
	HR(min ⁻¹)	181±9	179±6	2
Test-2	m/s	2.7±0.2	2.8±0.18	0.1
	HR(min ⁻¹)	163±19	158±14	5

三、有氧與無氧閾值分析

有氧與無氧閾值前後測試，A 組 Test-1 最大速度為 4m/s，而最大心跳率與乳酸值分別為 $205 \pm 4.58 \text{ min}^{-1}$ 與 $10.86 \pm 1.07 \text{ mmol/l}$ 。Test-2 最大速度與心跳率分別為 4.5m/s 與 $196 \pm 1.41 \text{ min}^{-1}$ ，最大乳酸值則為 $9.39 \pm 0.52 \text{ mmol/l}$ （如圖 4-1-1）。B 組在 Test-1 最大速度為 4m/s，而最大心跳率與乳酸值分別為 $207 \pm 7.55 \text{ min}^{-1}$ 與 $11.44 \pm 0.92 \text{ mmol/l}$ 。Test-2 最大速度為 4.5m/s，最大心跳率與乳酸值則分別為 $195.5 \pm 0.71 \text{ min}^{-1}$ 與 $9.34 \pm 0.16 \text{ mmol/l}$ ，如圖 4-1-2 示。

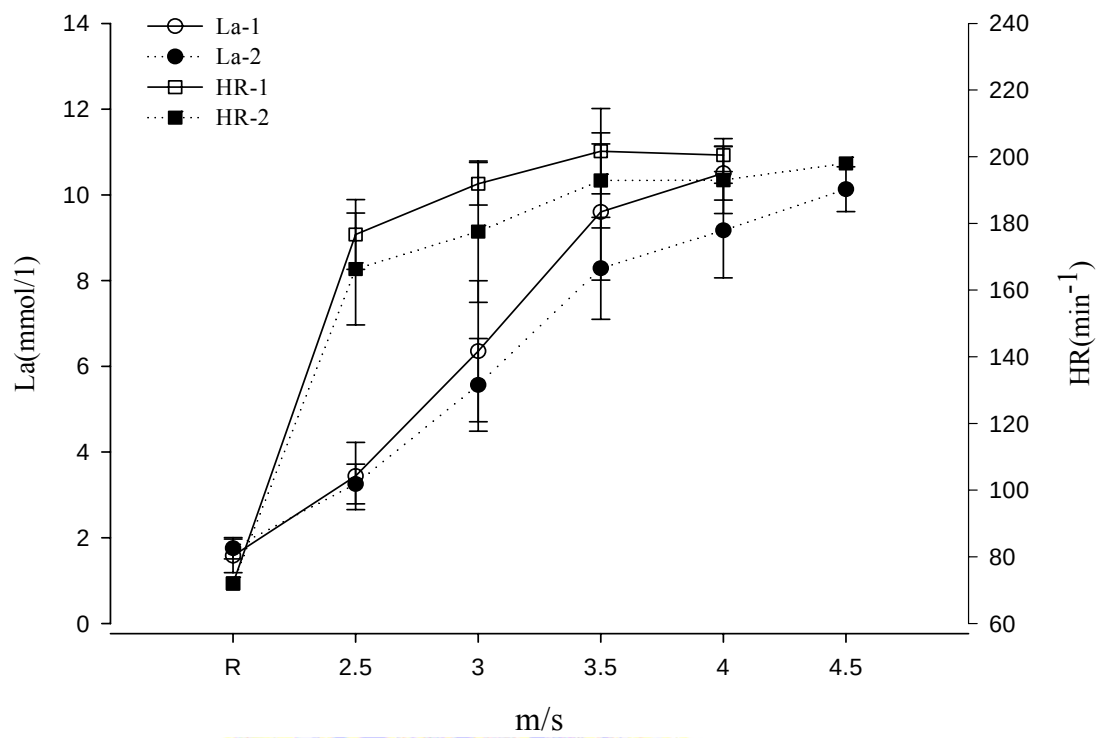


圖 4-1-1 A 組 Test-1 與 Test-2 有氧與無氧閾值比較，
Test-2 最大速度提昇

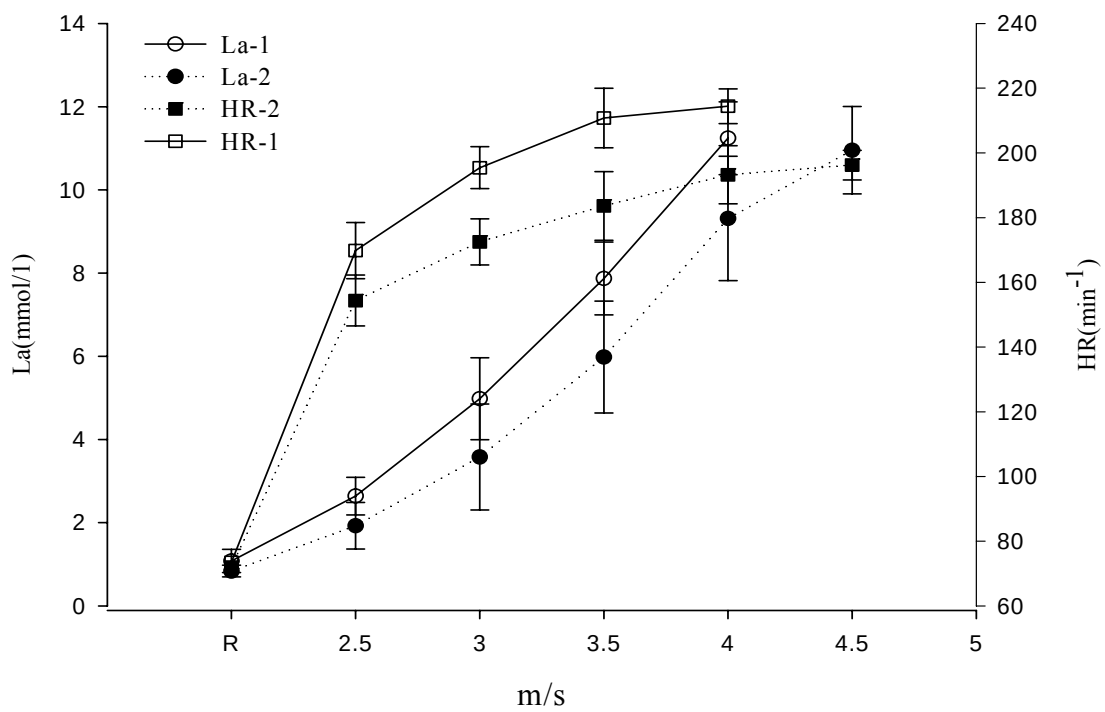


圖 4-1-2 B 組 Test-1 與 Test-2 有氧與無氧閾值比較，
Test-2 最大速度提昇

第二節 持續跑距離

在五週持續跑（20 分鐘）訓練中，A 組第一週（T-1）持續跑平均距離為 $2894.85 \pm 287.17\text{m}$ ，第五週（T-2）持續跑距離為 $3054.04 \pm 105.98\text{m}$ ，T-1 與 T-2 測試距離差異為 $159.19 \pm 71.70\text{m}$ ($p < 0.05$)；B 組持續跑距離由 T-1 之 $3090 \pm 259.86\text{m}$ 提升為 T-2 之 $3422.50 \pm 178.88\text{m}$ ，T-1 與 T-2 距離差異為 $333 \pm 130.67\text{m}$ ($p < 0.05$)。其中 A、B 組 T-1 測試距離差異為 195.15m ，T-2 測試距離差異為 368.46m ，前後測試皆達顯著差異 ($p < 0.05$)，如圖 4-2-1 所示。其中 A 組 T-1 持續跑距離最大值與最小值則分別為 3273m 、 2653m ；B 組 T-1 持續跑距離最大值為 3305m ，最小值則為 2722m 。A 組 T-2 持續跑距離最大值與最小值則分別為 3723m 與 2900m ；B 組 T-2 持續跑距離最大值為 3828m ，最小值則為 3210m 。

表 4-2-1 A、B 兩組 T-1 與 T-2 持續跑平均值與標準差摘要表

	A	B	Diff
T-1 持續跑 (m)	2894.85 ± 287.17	3090 ± 259.86	195^*
Max	3273	3305	32
Min	2653	2722	69
T-2 持續跑 (m)	3054.04 ± 105.98	3422.5 ± 178.88	368^*
Max	3723	3828	105
Min	2900	3210	310

註：* $p < 0.05$

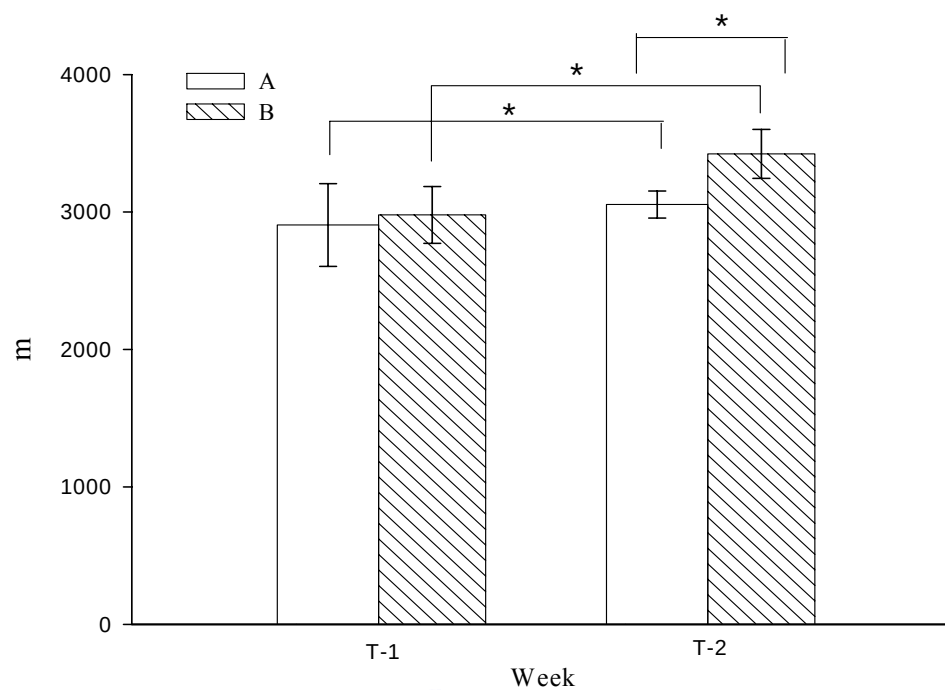


圖 4-2-1 A、B 組 T-1 與 T-2 距離變化
(A、B 兩組 T-2 達顯著差異) * $p < 0.05$

第三節 折返跑速度變化

A 組 T-1 折返跑平均速度為 $9.71\pm0.34s$ ，T-2 為 $9.61\pm0.37s$ 。A 組 T-1 與 T-2 平均速度差異為 $0.1s$ 。B 組 T-1 與 T-2 折返跑平均速度分別為 $9.75\pm0.38s$ 、 $9.51\pm0.38s$ ，B 組 T-1 與 T-2 速度差異為 $0.24s$ (表 4-3-1)。A、B 兩組 T-2 折返跑速度差異為 $0.1s(p>0.05)$ 。圖 4-3-1 為 A 組與 B 組五週之折返跑速度變化。

表 4-3-1 A、B 兩組折返跑速度變化摘要表

		A	B	Diff.
T-1	折返跑(s)	9.71 ± 0.34	9.75 ± 0.38	0.04
	Max	10.20	10.30	0.1
	Min	9.20	9.20	0
T-2	折返跑(s)	9.61 ± 0.37	9.51 ± 0.38	0.1
	Max	10.30	9.90	0.4
	Min	9.20	8.80	0.4

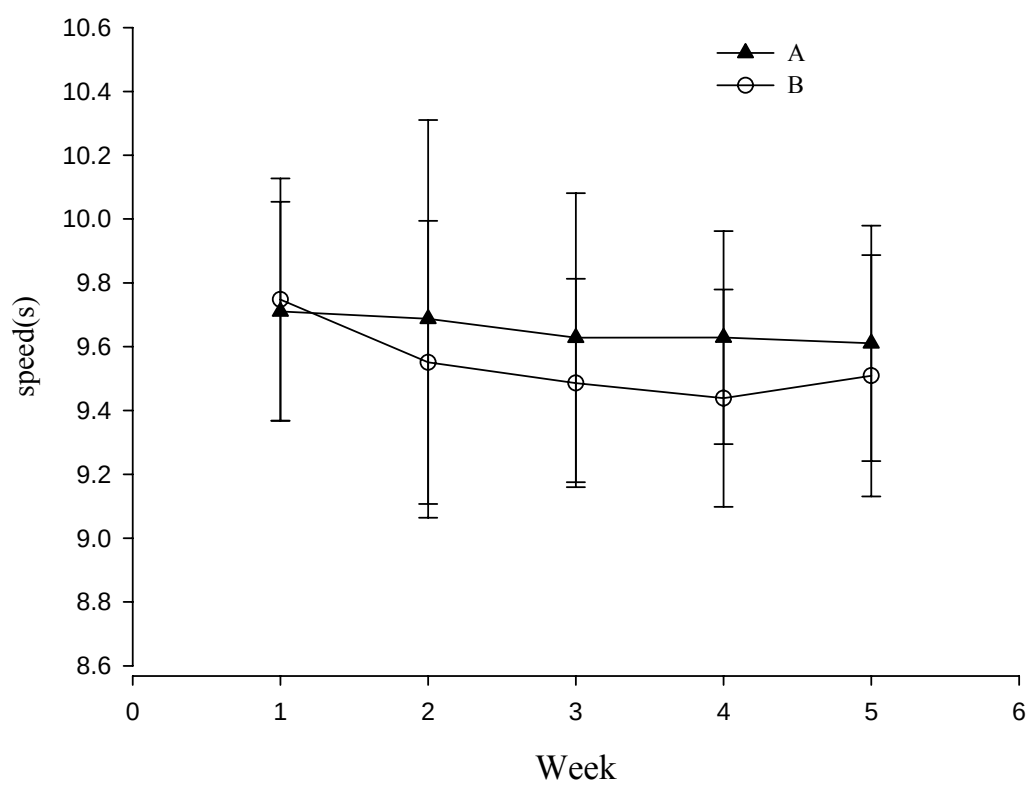


圖 4-3-1 A 組與 B 組五週折返跑速度變化

第四節 乳酸代謝率分析

圖 4-4-1 為 A、B 兩組五週乳酸代謝率變化。A 組 T-1 與 T-2 乳酸代謝率分別為 $0.48 \pm 0.20 \text{ mmol/l/s}$ 、 $0.47 \pm 0.09 \text{ mmol/l/s}$ ，B 組 T-1 與 T-2 與乳酸代謝率則分別為與 $0.43 \pm 0.15 \text{ mmol/l/s}$ 與 $0.41 \pm 0.12 \text{ mmol/l/s}$ ，A、B 組 T-2 差異為 0.06 mmol/l/s ，達顯著差異 ($p < 0.05$)，如表 4-4-1 所示。

表 4-4-1 A、B 兩組乳酸代謝率變化摘要表

		A	B	Diff.
T-1	乳酸代謝率 (mmol/l/s)	0.48 ± 0.20	0.43 ± 0.15	0.05
	Max	0.8	0.7	0.1
	Min	0.2	0.2	0
T-2	乳酸代謝率 (mmol/l/s)	0.47 ± 0.09	0.41 ± 0.12	0.06^*
	Max	0.7	0.5	0.2
	Min	0.2	0.2	0

註：* $p < 0.05$

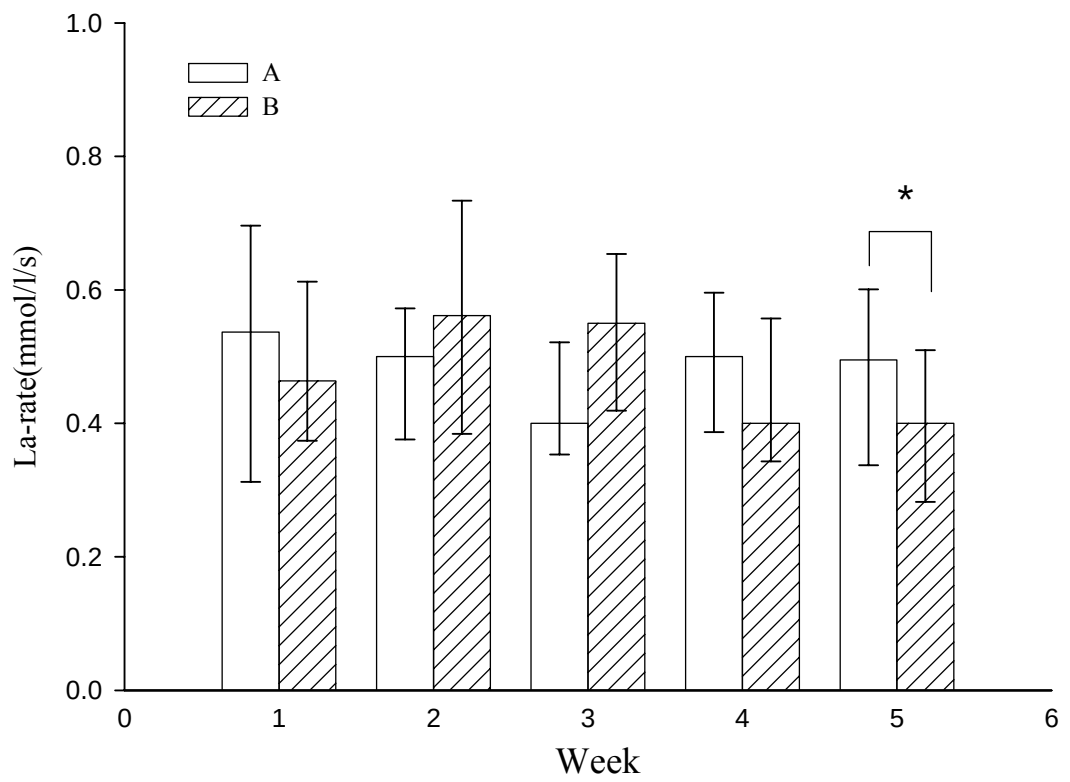


圖 4-4-1 A、B 兩組五週乳酸代謝率變化 (* $p < 0.05$)

第五節 運動結束恢復心跳率分析

實施不同心跳率訓練五週之恢復心跳率變化如表 4-5-1。
A、B 兩組 T-1 的運動結束第五分鐘恢復心跳率分別為 $119\pm 8\text{min}^{-1}$ 、 $123\pm 5\text{min}^{-1}$ ，T-2 則分別為 $110\pm 9\text{min}^{-1}$ 與 $114\pm 3\text{min}^{-1}$ ，兩組前、後測試心跳率差異皆為 9min^{-1} ，達顯著差異 ($p<0.05$)；惟兩組間恢復心跳率未有差異 ($p>0.05$)，如圖 4-5-1。

其中 A 組 T-1 恢復心跳率最大值與最小值分別為 145min^{-1} 、 111min^{-1} ；B 組 T-1 恢復心跳率最大值為 141min^{-1} ，最小值則為 112min^{-1} 。A 組 T-2 恢復心跳率最大值與最小值則分別為 135min^{-1} 與 96min^{-1} ；B 組 T-2 恢復心跳率最大值為 124min^{-1} ，最小值則為 102min^{-1} 。



表 4-5-1 A、B 組運動結束第五分鐘恢復心跳率平均值與標準差
摘要表

	Week	M	SD	Max	Min
A	1	119	8	145	111
	2	121	12	148	109
	3	118	12	143	101
	4	114	11	138	104
	5	110	9	135	96
B	1	123	5	141	112
	2	122	10	135	114
	3	116	10	136	106
	4	119	10	136	106
	5	114	3	124	102

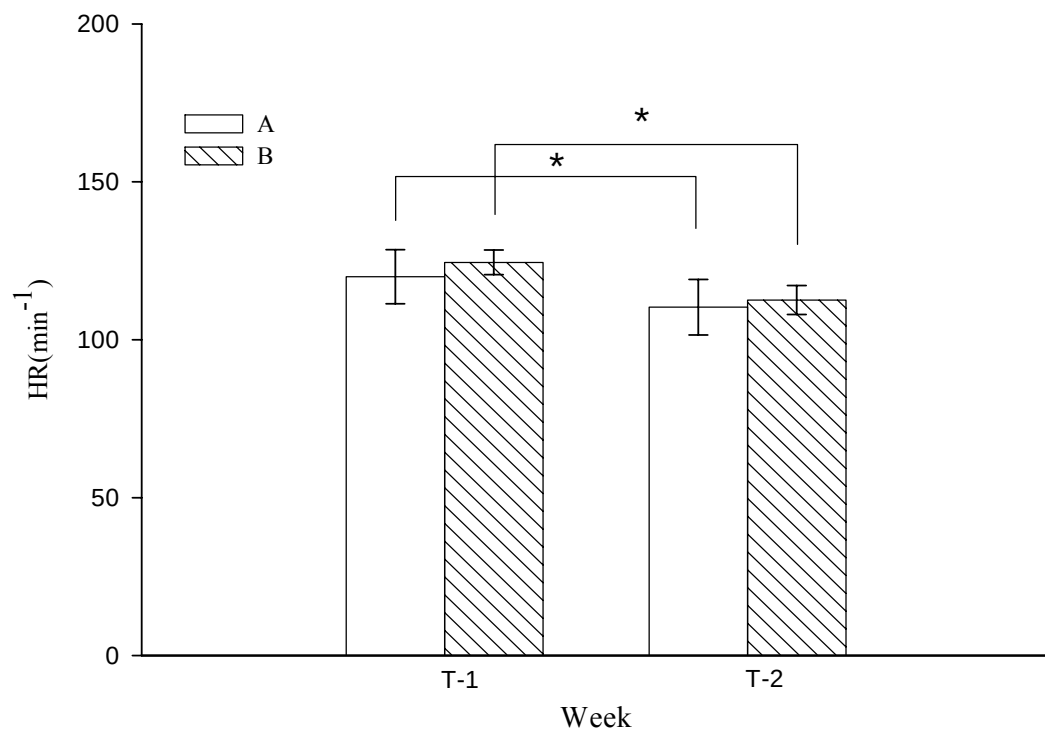


圖 4-5-1 A 組與 B 組 T-1 與 T-2 運動後恢復心跳率變化
(* $p < 0.05$)

第六節 訓練變化

一、折返跑平均速度與乳酸代謝率之相關

A 組 T-1 以直線回歸分析乳酸代謝率與速度之相關係數 $r=-0.57$ ，達顯著差異 ($p<0.05$) 如圖 4-6-1；T-2 之相關係數 $r=-0.21$ (圖 4-6-2)。B 組 T-1 折返跑速度與乳酸代謝率之相關在 T-1 時 $r=-0.82$ (圖 4-6-3)，達顯著差異 ($p<0.05$)，T-2 以直線回歸分析相關係數 $r=-0.53$ ，如圖 4-6-4。

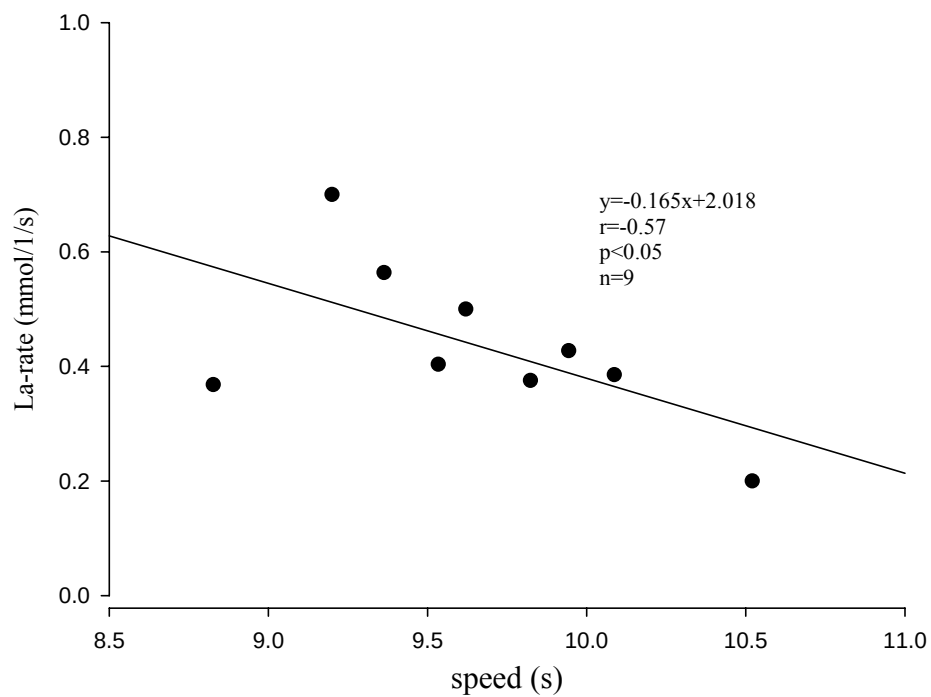


圖 4-6-1 A 組 T-1 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較 ($p<0.05$)

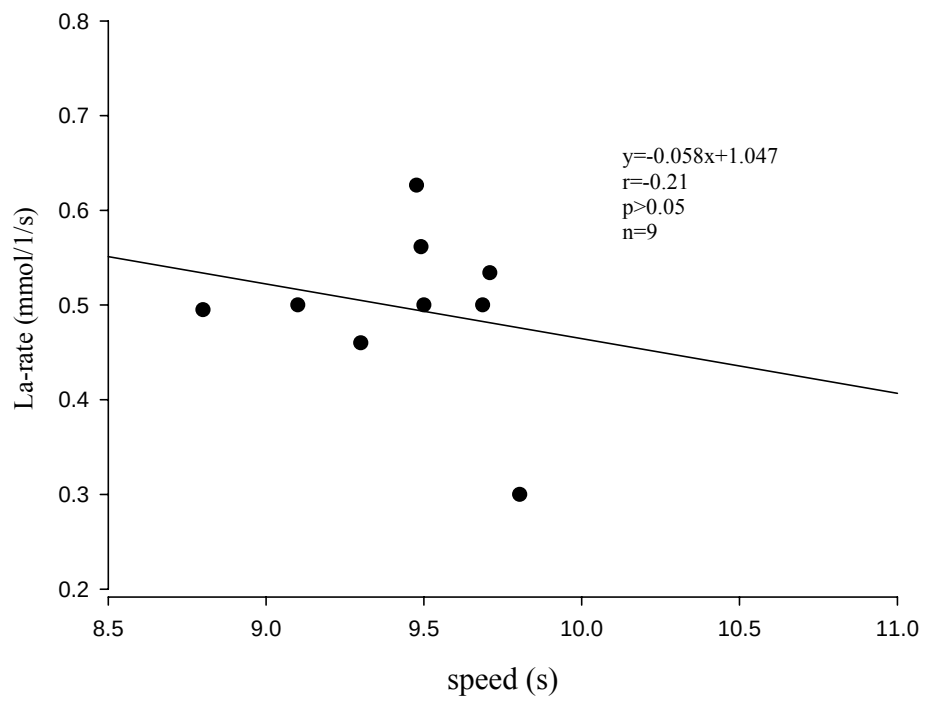


圖 4-6-2 A 組 T-2 折返跑平均速度與乳酸堆積率比較 ($p > 0.05$)

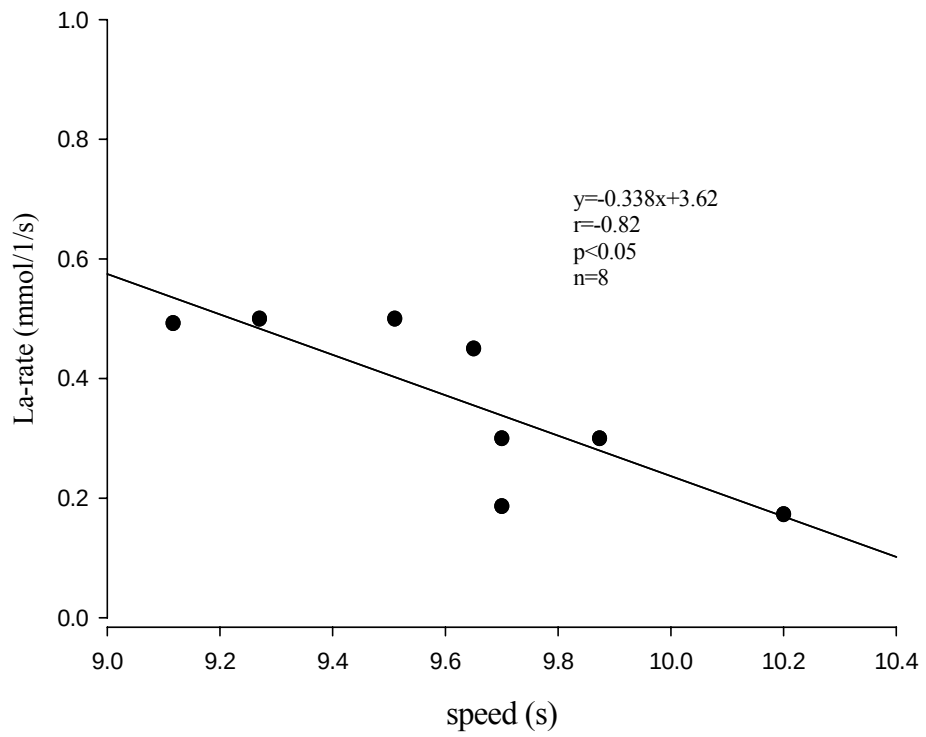


圖 4-6-3 B 組 T-1 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較 ($p < 0.05$)

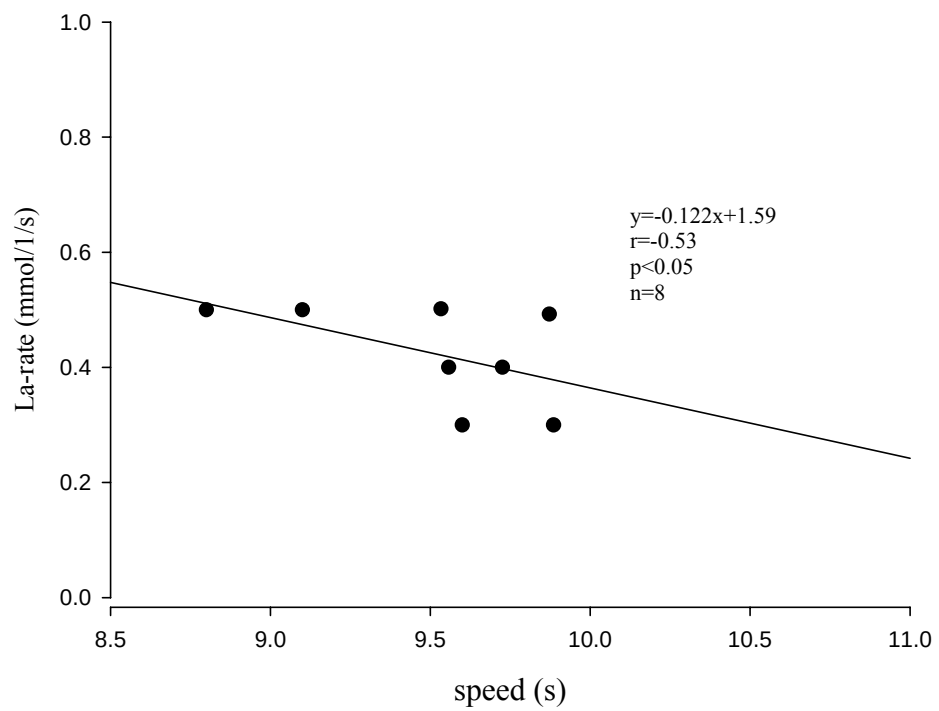


圖 4-6-4 B 組 T-2 折返跑平均速度與乳酸代謝率比較 ($p < 0.05$)

二、運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較

A 組以直線回歸分析乳酸代謝率與運動結束第五分鐘心跳率之相關在 T-2 時 $r=0.15$ ，如圖 4-6-5 所示。B 組運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率之相關 $r=0.58$ (圖 4-6-6)，達顯著差異 ($p<0.05$)。

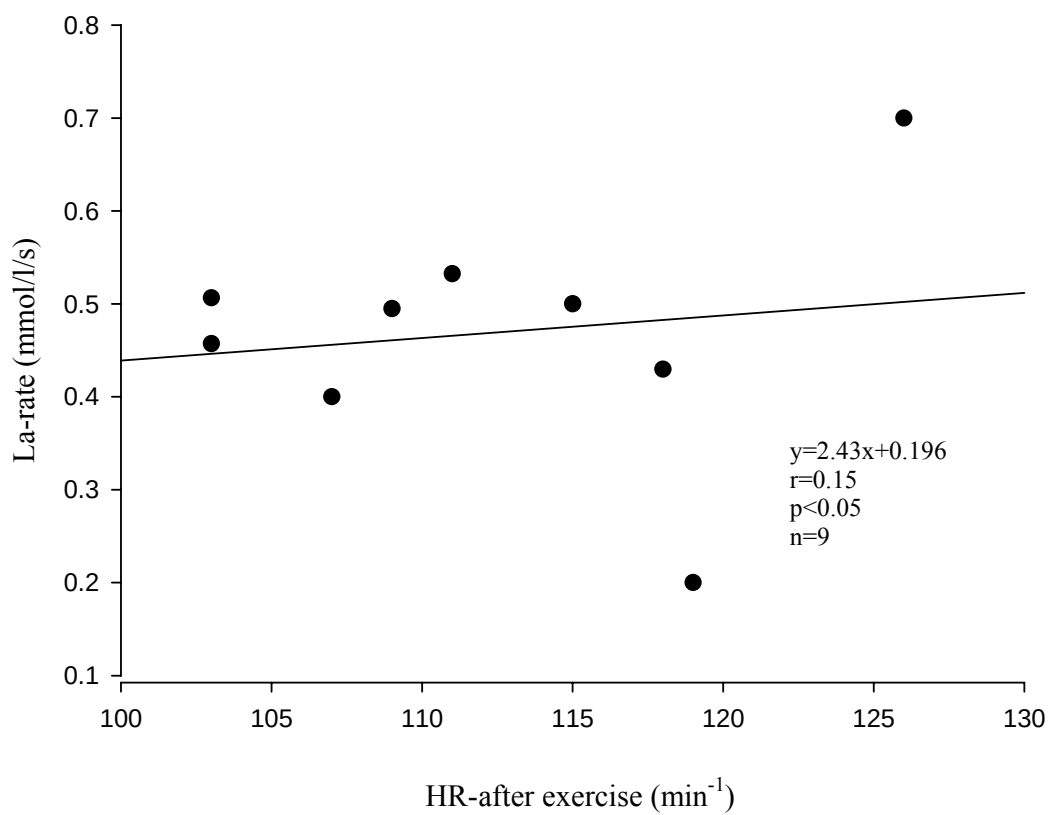


圖 4-6-5 A 組 T-2 運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較

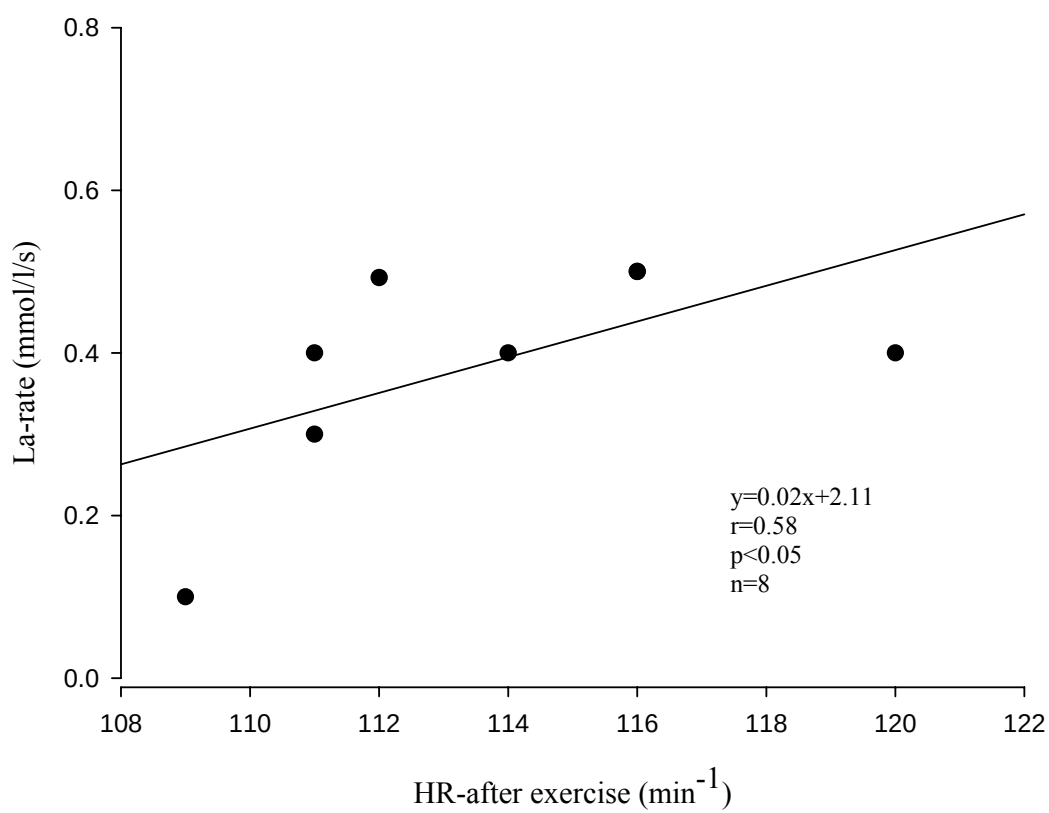


圖 4-6-6 B 組 T-2 運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較

第伍章 討論

本研究主要目的在於探討國中手球運動員經過五週耐力訓練後其有氧閾值與無氧閾值能力之差異以及瞭解不同閾值心跳率強度設定之耐力訓練對手球運動員運動後恢復心跳率之影響。本研究結果透過資料統計與分析後，將分為三部分來加以討論：

第一節 有氧與無氧閾值能力(2-4mmol/l)

本研究以不同閾值心跳率強度設定做為訓練，發現A組經過五週的耐力訓練後，受試者在Test-1與Test-2之個人有氧閾值(2mmol/l)與無氧閾值(4mmol/l)的閾值速度皆沒有明顯差異；而B組之受試者在個人有氧閾值(2mmol/l)與無氧閾值(4mmol/l)之Test-2的閾值速度雖有進步，惟未達顯著差異。而兩組受試者在Test-2個人有氧閾值(2mmol/l)與無氧閾值(4mmol/l)之閾值心跳率方面，在經過五週的耐力訓練後皆呈現顯著下降，在Test-2之有氧閾值(2mmol/l)與無氧閾值(4mmol/l)心跳率方面，B組心跳率下降次數則明顯高於A組，此結果與多位學者研究指出(Yoshida, 1982；Madsen, 1987；Billat, 1996)以4mmol/l的負荷做為訓練強度，最能有效提昇有氧耐力論點相符合。雖然說有氧閾值心跳率訓練負荷強度不高，在五週的耐力訓練後，A、B組閾值速度也沒有明顯差異，但就表4-1-1來看，A組閾值心跳率在Test-2呈現顯著性的下降程度，可以說以有氧閾值心跳率來做訓練，雖無法提升閾值速度但可以提升運動後恢復能力。

由圖4-1-1與4-1-2中可看出不論A組或B組血乳酸和心

跳率在 Test-1 與 Test-2 中的曲線比較，Test-2 之曲線明顯的向下且向右移，這表示受試者透過訓練後身體產生適應，能力提升，所以乳酸代謝明顯提高，這也與 1976 年德國的學者 Mader 等人研究相符合。



第二節 訓練變化

一、持續跑距離

本研究發現，兩組受試者在經過五週耐力訓練後，A組持續跑平均距離在T-1時為 $2894.85 \pm 287.17\text{m}$ 至T-2時提升為 $3054.04 \pm 105.98\text{m}$ ，即T-2較T-1進步 $159.17 \pm 71.70\text{m}$ ，達顯著差異 ($p < 0.05$)。而B組於T-1時的持續跑平均距離為 $3090 \pm 259.86\text{m}$ ，T-2時則提升為 $3422.50 \pm 178.88\text{m}$ ，顯示T-2較T-1進步 $333 \pm 130.67\text{m}$ ，從圖4-2-1顯示兩組T-1至T-2持續跑距離皆明顯進步，兩組間有差異，並且達到顯著水準 ($p < 0.05$)。經統計分析後發現B組明顯優於A組，這與Davis (1979) 等人在研究無氧閾值的訓練效果中發現無氧閾值能力因耐力訓練而大幅提昇之結果相符合。

二、折返跑速度變化

Gollnick (1973) 指出良好的有氧訓練能相當程度的提升無氧能力。Chatterjee等 (1995) 研究發現，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。本研究經五週訓練後發現A組T-2折返跑速度由T-1的 $9.71 \pm 0.34\text{ s}$ 提升為 $9.61 \pm 0.37\text{ s}$ ，而B組折返跑速度由 $9.75 \pm 0.38\text{ s}$ 提升為 $9.51 \pm 0.38\text{ s}$ ，此結果符合Chatterjee等人之論點。由表4-3-1可看出A、B兩組受試者在五週訓練後折返跑平均速度皆有進步，但經統計分析後發現A、B兩組T-1與T-2未達顯著差異，這是因為在所有的體能當中，以速度進步的幅度最少。就A、B兩組速度提昇來看，這表示選手經過五週的耐力訓練後，有助於無氧能力的提昇。從表4-3-1可看出，B組速度提升明顯優於A組，因此可以說以較高的負荷做為訓練強度，較

能有效提昇速度能力。

三、乳酸代謝率

學者 Stanley (1985)、Donovan (1990) 們認為運動訓練後乳酸濃度降低現象，歸因於乳酸製造率減少或乳酸清除率增加的效應。由表 4-4-1 得知，經由不同閾值心跳率強度訓練，A 組在 T-2 時折返跑速度雖有進步但運動後乳酸代謝率沒有明顯改變，而 B 組選手除了速度進步外乳酸代謝率亦有下降，此結果與 Stamford 等人 (1981) 所提的低強度運動，血中乳酸濃度的變化不顯著論點符合。由研究發現運動負荷強度較高的一組於五週訓練後，其折返跑速度較運動負荷強度低的一組明顯進步，乳酸代謝率也下降較多，研究顯示以閾值心跳率負荷設定的強度訓練 (B 組) 在運動後乳酸濃度下降方面明顯優於 A 組，此結果顯示，以較高的負荷強度做為訓練能有效改善選手無氧能力及運動後恢復能力。亦即實施五週的耐力訓練讓選手身體產生生理適應，有氧能力提昇，乳酸製造率減少，此結果與 Gaisl & Buchberger (1980)、MacRae 等人 (1992) 所做的研究，即透過訓練課程後，身體乳酸代謝能力提升因而有較低的血乳酸值之結果相符合。

第三節 運動後恢復心跳率

Koch & Rucker (1980) 指出在耐力性有氧運動開始4-6週左右，身體便會做出適應：心臟輸出量增加，血漿容量增加，身體血液容量增加，血紅素總量增加。Böhmer et al (1993) 的研究用最大運動結束後第五分鐘之恢復心跳率來評估體能及訓練效果判斷，指出運動結束後第五分鐘之恢復心跳率在 $120-115\text{min}^{-1}$ 表示可以； $115-105\text{min}^{-1}$ 表示好， $105-100\text{min}^{-1}$ 表示非常好； 100min^{-1} 以下表示高競技運動能力。

本研究結果從圖4-3-1清楚顯示兩組受試者經過五週的耐力訓練後，運動後恢復心跳率的平均值呈顯著下降 ($p<0.05$)。由表4-5-1顯示運動後恢復心跳率A、B兩組T-2心跳率皆下降 9min^{-1} ，也就是兩組心跳率皆明顯下降，T-1與T-2達顯著差異，惟兩組間沒有差異，但是A、B兩組受試者五週運動後心跳率皆低於120下。研究結果顯示實施不同閾值心跳率的強度訓練皆能改善手球選手運動後恢復心跳率，此與黃文俊 (1999)、黃彬彬 (1998) 提出身體活動量的增加有助於心肺耐力提昇的結果一致。本研究結果發現，兩組受試者在經過五週的耐力訓練後，身體產生適應效果，因此受試者的運動後恢復心跳率明顯的下降，並且達到顯著水準 ($p<0.05$)。此與卓俊辰 (1998)；Lengyel & Gyarfas (1979)；Stewart & Grtin (1976) 等人指出在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低，心臟血液輸出量增加，由於紅血球數量增加，增進氧傳送能力，進而增加最大攝氧量及有氧系統的能量供應等觀點一致。

第四節 訓練相關探討

一、折返跑平均速度與乳酸代謝率之相關

Weltman (1979) 等學者指出體能訓練在生理上產生反應，由乳酸濃度變化，可反映出訓練狀態。乳酸經常被應用於運動負荷強度的生化指標與訓練強度的評定及調控，以及訓練方法的選擇和運動疲勞的診斷。

圖 4-6-1 最大乳酸代謝率及折返跑平均速度線性圖形呈現負相關 ($r=-0.57$)，從圖形分佈狀態，可以看出 A 組在 T-1 時的專項速度能力差異範圍大。折返跑速度與最大乳酸代謝率於 T-1 (圖 4-6-1) 時呈現分散至 T-2 (圖 4-6-2) 時變得集中，顯示受試者經五週訓練後個別能力差異變小 ($r=-0.21$)。

Steel & Torrie (1960) 等學者提出在短時間高強度的體能活動常引起乳酸濃度的變化，在圖 4-6-3 顯示 B 組受試者在 T-1 時速度較佳者，其乳酸代謝率數值亦高，此結果應是速度快，強度較高，因此出現較高之乳酸值，且受試者乳酸排除速率不佳亦即恢復能力較差，才會出現高的乳酸代謝率，而研究發現乳酸代謝率數值低者其折返跑速度亦差，此結果應是受試者無氧能力差，速度能力不足所致。

從圖 4-6-3 顯示受試者個別能力差異大。經五週訓練後，B 組最大乳酸代謝率及折返跑速度之相關係數由 T-1 之 -0.82 降為 T-2 之 -0.53 (圖 4-6-4)，乳酸代謝率及折返跑速度之相關圖形亦由先前的分散變得較為集中，此結果表示 B 組受試者速度能力與乳酸排除速率皆有提升，受試者個別能力趨於接近。此結果與 Davis 等人 (1978) 的研究相符合，亦即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。

二、運動結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率比較

不管測量運動中或是運動結束後恢復之心跳率，心跳率愈低者表示心肺功能愈好，Baraldi等學者（1991）的研究顯示，從事最大運動後，心跳率回復的時間是隨負荷的強度激烈的方式而增加。在血乳酸與運動後恢復心跳率相關探討方面，A組恢復心跳率與乳酸代謝之相關 $r=0.15$ ，從圖4-6-5可發現A組受試者中有高乳酸堆積與高心跳率，也有低乳酸堆積高心跳率，高乳酸堆積與高心跳率表示受試者基礎耐力能力差，高心跳率低乳酸堆積表示受試者快速耐力能力佳。T-2之A組受試者乳酸代謝率最大值達 0.7mmol/l/s ，最小值為 0.24mmol/l/s ，從圖形分佈情形可瞭解經過五週有氧閾值負荷強度的訓練，受試者個別能力差異仍大且不穩定。

Brooks等人（1996）提出高強度運動時，受到乳酸加速產生或是受到肝臟和其他組織減低乳酸排除率的影響，血液中乳酸濃度會升高。由圖4-6-6可看到B組受試者在T-2時乳酸代謝率與運動後恢復心跳率之間呈現正相關，相關係數為 0.58 ，從線性圖形看出B組受試者乳酸代謝率越高，運動結束後第5分鐘的恢復心跳率下降也越慢，原因是在高強度運動下血乳酸與心跳率皆會上升，而負荷強度本是影響血乳酸與心跳率的因素，因此在運動負荷強度低的狀況下，心跳率上升的幅度少，運動強度高者，心跳率上升幅度自然增高，而運動強度高者恢復心跳率的下降程度自然不及運動強度低者。此研究結果和Wilmore及Costill（1988）提出的在短時間、高強度的體能活動，常引起乳酸濃度的變化且運動乳酸的堆積與運動程度呈曲直線正相關之論點一致。

本研究結果發現B組受試者在經過五週訓練後其結束第五分鐘心跳率與乳酸代謝率明顯的下降，結束第五分鐘心跳率於

T-2達到顯著水準（如表4-4-1、4-5-1），這表示受試者經過五週訓練後，有氧能力提昇所以恢復能力亦較佳，此結果與Weicker等人（1994）提出無氧非乳酸的恢復能力是依據運動員本身的有氧能力而定之觀點相符合。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究是以桃園縣立平興國中男性手球隊學生十七名進行測試，依基礎耐力能力前測所得之有氧閾值心跳率平均分爲A、B兩組，探討以不同閾值心跳率設定強度之耐力訓練對手球運動員之有氧與無氧閾值能力之影響，並比較其差異獲得以下結論：

一、有氧與無氧閾值能力

(一) 有氧閾值能力

A組有氧閾值速度前、後沒有差異，B組閾值速度有進步但未達顯著差異，兩組閾值心跳率皆明顯下降，前、後達顯著差異，惟兩組間未達顯著差異。

(二) 無氧閾值能力

A組無氧閾值速度前、後沒有差異，B組閾值速度有進步但未達顯著差異，兩組心跳率皆明顯下降，前、後達顯著差異。

二、訓練變化

(一) 持續跑距離

訓練至第五週時，兩組持續跑距離皆有進步，且兩組間呈現顯著差異，閾值心跳率訓練負荷設定組(B組)明顯優於有氧閾值心跳率訓練組(A組)。

(二) 折返跑平均速度

折返跑平均速度於第五週時，閾值心跳率訓練負荷設定組(B組)速度提升部分優於有氧閾值心跳率訓練組(A組)。

(三) 乳酸代謝率

訓練至第五週時，有氧閾值心跳率訓練組(A組)乳酸代謝率沒有明顯改變，而閾值心跳率訓練負荷設定組(B組)乳酸代謝排除速率提升，兩組間達顯著差異。

三、運動後恢復心跳率

訓練至第五週時，兩組運動後恢復心跳率明顯下降，兩組前、後皆達顯著差異，但兩組間未達顯著差異。

第二節 建議

- 一、本研究測試的對象為國中手球基層選手，建議未來可以針對不同層級的選手進行測試。
- 二、本研究以閾值心跳率做為訓練強度之模式可作為日後訓練方式之參考。
- 三、本研究建議教練在平日實施之手球常規訓練外，亦可配合以閾值速度或心跳率設定強度之耐力訓練，以提升選手之有氧耐力間接提升選手之快速恢復能力。

參考文獻

一、中文部分

王明月(1996)。應用無氧閾值估計最大穩定狀態之研究。(碩士論文，私立中國文化大學，1996)全國博碩士論文資訊網，85PCCU0419017。

王賀森(1992)。無氧閾值測定法之比較研究。**1992體育學術研討會專刊**(頁421-425)。台北市：中華民國大專院校體育總會。

江界山(1997)。簡易實用運動訓練生化評量與控制。**1997 國際大專運動教練研討會**(頁89-105)。台北市：中華民國大專體育運動總會。

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。

李誠志(1994)。教練訓練指南。台北市：文史哲出版社。

肖國強(1999)。研究優秀手球運動員比賽前期高強度訓練對有氧無氧能力的影響。**成都體育學報**。

林文弢(1996)。運動負荷的生化評定。中國廣州：廣東高等教育出版社。

林文弢(2000)。運動訓練生化分析。台北市：文化大學出版

部。

林文郎、何忠鋒(1997)。血乳酸與運動之探討。中華民國大專體育運動總會編印，40，115-124。

林正常(1995)。運動生理學實驗指引。台北市：師大書苑。

林正常編著 (2002)。運動科學與訓練(修訂三版)。台北市：銀禾文化事業公司。

林正常、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳(譯)(2001)。運動訓練法。台北市：藝軒圖書出版社。(Tudor O.Bompa,1999)

林明鈺(1997)。手球。國立體育學院教練研究所技術報告書。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

林輝雄(1997)。手球。國立體育學院教練研究所技術報告書。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

洪淑芳(2002)。我國女子手球優秀運動員體型及有氧與無氧能力之研究。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

郭子淵(2001)。應用生理生化指標對備戰第九屆全運會散打運動員賽前運動訓練控制的研究。安徽體育科技，92，64-69。

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。

陳全壽(1998)。由性別差地域差看兒童大肌肉活動能力、小肌肉活動能力、學科學習能力的發達傾向及相關。行政院國家科學委員會提研究計畫成果報告書。

黃文俊(1999)。國小五年級男童通學方式與身體活動在健康體適能之影響分析。體育研究所碩士論文(未出版)。台北市：國立台灣師範大學。

黃彬彬(1998)。增強心肺適能運動之教學設計。國民體育季刊，27(2)，38-44頁。

馮煒權、翁慶章等(1990)。血乳酸與運動訓練—應用手冊。中國北京：人民體育出版社。

馮煒權編著。(1998)。運動訓練生物化學。中國北京：北京體育大學出版社。

賀漢森(1985)。手球科學訓練法。台北市：中華民國體育協進會。

董國珍(1990)。運動訓練學。中國北京：人民體育出版社。

劉獻武(1991)。運動選材學。中國北京：人民體育出版社。

謝仲裕、吳忠芳、曹德弘、張蘋蘋、黃一昌、黃秀慧、黃滄海

(2002)。發展運動生理學。台北市：合記圖書出版社。

譚宪勛、楊枚、陳祖龍 (2001)。論技能類格鬥對抗項目競技能力的主導因素-兼談有氧、無氧能力與成績之關係。貴州體育科技，63，23-26。

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

謝鐵兔 (1998)。籃球運動項目的時間、空間特徵、供能特點與專項體能訓練。北京體育大學學報，21(3)，83-84。



二、外文部分

Baraldi, E., Cooper, D.M., Zanconato, S., & Armon, Y. (1991). Heart rate recovery from 1 minute of exercise in children and adults. *Ped. Res.* 29: 575-579.

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.

Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M., Jäger, D., Martin, L., Mühlfahrt, J., Nöcker, P., Nowacki, G., Rompe, A., Thiel, B., & Schmücker, O. (1975). Das sportmedizinische Untersuchungssystem. Leistungssport, Beiheft In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版).

Bompa, T., & Zivic, T. (1981). *Fitness and body development exercise*.(pp.98-99). Dubuque, IA: Kendall/Hunt.

Brooks, G. A., Fahey, T. D., & White, T. P. (1996). *Exercise physiology :human bioenergetics and it sapplic ation*. 2nd ed. Hounta in Veiew(CA): Mayfield Publishing.191-195.

- Chatteijee, s., & Bandyopadhyay, A. (1995). Effect of continuous slow-speed running for 12 weeks on 10-14-year-old Indian boys. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 179-185.
- Davis, J. A., Frank, M. H., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged man. *Journal Applied Physiology: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 46(6): 1039-1046.
- Donovan, C. M., & Pagliassotti, M. J. (1990). Endurance efficiency of lactate removal after endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 68, 1055-1058.
- Dal Monte, A. (1983). *The functional values of sport*. Firenze : Sansoni.
- Gaisl, G., & Buchberger, J. (1980). *Determination of the aerobic and anaerobic thresholds of 10-11 year old boys using blood gas analysis*. In: Berg, k.; Eriksson. B. O., eds. Children and exercise IX. Baltimore: University Park Press: 93 -98.
- Gollnick, P. R., Armstrong, C., Sanbert, W., Sembrowich, R., Sepherd, & Saltin, B. (1973). Glycogen depletion

patterns in human skeletal muscle fibers during prolonged works. *pfugers archive*, 334, 1-12.

Hollmann, W. (1959). *The Relationship Between PH, Lactic Acid, Potassium in the Arterial and Venous Blood, the Ventilation, POW and Pulse Frequency Durig Increasing Spiro-ergometric Work in Endurancetrained and Untrained Person*. Pan American Congress for Sport medicine, Chikago. In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整 (未出版).

Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., & Kawahats, K. (1978). *Über Das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter*. *Z. Geront*, 11, 312.

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 - termsprint exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 22-25.

Karvonen, M., Kentala, E. & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate. A longitudinal study. *American Medical and Experimental Biology*, 35, 307-315.

Klinzing, J. E., & Hazelton, I. M. (1982). The effects of

exercise and weight change on cardio respiratory endurance . *Journal of Sports Medicine*, 22, 469 - 476.

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.

Lengyel, M., & Gyarmas, I. (1979). The importance of echocardiography in the assessment of left ventricular hypertrophy in trained and untrained school children. *Acta Physiological* , 34, 9-63.

MacDougall, J. (1974). Limitations to anaerobic performance. Proceeding: *Science and the Athlete*. Hamilton: Coaching Association of Canada and McMaster University.115-117.

Mader, A., Lisen, H., Philippi, H., Rost, R., Schurch, P., & Hollmann, W. (1976). *Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfaehigkeit in Labor. Sportarzt und sportmed.* 27(4), 80-88. In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版).

Mader, A. (1994). *Die Komponenten der Stoffwechselleistung in den leichtathletischen ausdauerdisziplinen – Bedeutung für die Wettkampfleistung und Moeglichkeiten zu ihrer*

Bestimmung. In: Tschiene, P. (Hrsg): Neue tendenzen im Ausdauertraining. Band 12 Frankfurt, 127-219.

Mader, A., & Hollmann, W. (1977). The importance of the elite rowers metabolic capacity in training and competition. *Beiheft zu Leistungssport*, 9, 9-59.

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.

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

Mahon, A. D., & Vaccaro, P. (1991). Can the point of deflection from linearity of heart rate determine ventilatory threshold in children *Ped Exerc. Science* 3, 256-262.

Massicotte, D. R., & MacNab, R. B. (1974). Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. *Medicine & Sports* 6, 242-246.

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(未出版).

- Nikiforov, I. (1974). About The structure of training in boxing. *Scientific Work(Moscow)* 6, 81-91.
- Rowland, T. W., & Green, G. M. (1989). Anaerobic threshold and the Determination of target training heart rates in premen archeal girls. *Pediatr Cardiol*, 10, 75-79.
- Stewart, K. J., & Grtin, B. (1976). Effects of physic al training on cardiorespiratory fitness in children. *Research Quarterly*, 47, 20-110.
- Tanaka, H., & Shindo, M. (1985). Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrain and trained young males. *Int. Journal of Sport Medicine*, 60, 90-94.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Fischer, S.40-56(Nr.030).
In:張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(未出版)
- Wells, J., Balke, B., & Van Fossan, D. (1957). Lactic Acid Accumulation During Work-A Suggested Standardization of Work classification. *Journal of Applied Physiology*, 10, 51.

Weltman, A., & Katch, V. L. (1979). Relationship between the onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) and maximal oxygen uptake. *Journal Sports Medicine*, 19, 133-142.

Weltman, A. (1995). *Factor affecting the blood lactate response*. In: *The blood Lactate Response to Exercise*. IL: Human Kinetics, Publisher, Canada, 29-47.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 518-522.

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

附錄一

健康情況調查表

本表旨在幫助您瞭解自己之健康情況，並協助檢測人員了解您在實驗前，是否需要更進一步的健康檢查。

姓名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
敬請據實回答以下問題：				
1. 是否有高血壓		☐ 是	☐ 否	
2. 是否有心臟病或血管硬化症		☐ 是	☐ 否	
3. 是否有糖尿病		☐ 是	☐ 否	
4. 是否有緊張、情緒或心理異常		☐ 是	☐ 否	
5. 最近六個月是否有		☐ 是	☐ 否	
6. 其它				
1)				
2)				
3)				
4)				
填表日期： 年 月 日				

附錄二

A、B 兩組間訓練效果之平均值與標準差摘要表

	有氧閾值心跳 率訓練組 (n=9) M±SD	無氧閾值心跳 率訓練組 (n=8) M±SD	F 值
2mmol Test-1 m/s	2.0±0.1	1.9±0.1	0.69
2mmol Test-2 m/s	2.0±0.13	2.0±0.2	0.21
2mmol Test-1 HR	163.3±8.8	161.9±8.8	0.33
2mmol Test-2 HR	146.2±20.24	136.9±18	0.003
4mmol Test-1 m/s	2.7±0.2	2.7±0.1	0.02
4mmol Test-2 m/s	2.7±0.2	2.8±0.18	0.05
4mmol Test-1 HR	181±9	179±6	1.79
4mmol Test-2 HR	163±19	158±14	0.11
持續跑距離 (m) Test-1	2894.85±287. 17	3090±259.86	0.31
持續跑距離 (m) Test-2	3054.04±105. 98	3422.5±178.8 8	0.18
恢復心跳率 (min ⁻¹) Test-1	119±8	123±5	0.08
恢復心跳率 (min ⁻¹) Test-2	110±9	114±3	0.38
折返跑(s) Test-1	9.71±0.34	9.75±0.38	0.01
折返跑(s) Test-2	9.61±0.37	9.51±0.38	0.6.

乳酸堆積率 (mmol/l) Test-1	0.48±0.20	0.43±0.15	4.84*
乳酸堆積率 (mmol/l) Test-2	0.47±0.09	0.41±0.12	6.97*

