

國立臺灣體育大學(桃園)  
教練研究所碩士論文

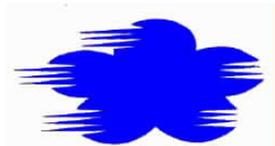
有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球命中率  
之影響

**The Effect of Aerobic Endurance Training on the Shooting Accuracy of  
Free Throw After the Specific Basketball Exercise Load**

指導教授：張嘉澤 博士

研究生：郭亞涵 撰

中華民國九十八年六月



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

# 有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後

## 罰球命中率之影響

### 摘 要

本研究主要目的在探討以有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球能力之影響。受試對象為 10 名高中甲組籃球校隊選手，平均年齡  $17\pm 1.2$  歲、身高  $183.4\pm 5.9$  cm、體重  $72.7\pm 8.8$  kg。以 80%無氧閾值心跳率持續跑 20min 作為有氧耐力訓練強度，進行為期 4 週，每週 3 次，共 10 次的訓練方式。訓練前後以有氧-無氧閾值基礎耐力、靜態罰球及籃球專項運動負荷後罰球作為測試方式，並透過測試過程中乳酸、心跳率及罰球命中率作為評估訓練效果的標的。實驗結果顯示訓練後有氧閾值 ( $2\text{ mmol/l}$ ) 速度並無改善，有氧閾值心跳率下降 ( $p>.05$ )；籃球專項運動負荷後罰球命中率由 46% 提升至 56% ( $p>.05$ )；後測有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率相關值為  $r=.504$ ，與籃球專項運動負荷後平均心跳率及心跳率下降百分比相關值分別為  $r=-.301$ 、 $.407$ 。本研究結論為 80%無氧閾值心跳率持續跑訓練模式對籃球專項運動負荷後罰球命中率提升 10%，且有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率成正相關。因此，對於改善比賽中的罰球命中率，應可考慮是否為有氧耐力能力影響運動負荷後技術的正常發揮。

**關鍵詞：** 有氧閾值、乳酸、心跳率、運動負荷

# **The Effect of Aerobic Endurance Training on the Shooting Accuracy of Free Throw After the Specific Basketball Exercise Load**

## **Abstract**

The purpose of this study was to investigate the effect of aerobic endurance training on the basketball free throw performance after the basketball specific exercise load. Ten young basketball players were involved in this study with the average age, height and weight were  $17.0 \pm 1.2$  years,  $183.4 \pm 5.9$  cm and  $72.7 \pm 8.7$  kg. This experiment used 80% of personal anaerobic threshold heart rate to run 20 min, three times a week, as the aerobic endurance training load to train for 4 weeks. Pretest and posttest included 3 tests (2-4 mmol/l, free throw in rest and free throw after the basketball specific exercise load), and used the lactate, heart rate and shooting accuracy of free throw in tests and training to determine the training effects. After training, results showed that speed of 2 mmol/l aerobic threshold didn't improve but the heart rate of aerobic threshold decreased; the shooting accuracy of free throw after the specific basketball exercise load advanced (46% to 56%,  $p > .05$ ). At posttest, there was correlation of the speed of aerobic threshold with the shooting accuracy of free throw after specific basketball exercise load ( $r = .504$ ), but no correlation with mean heart rate and the percentage of heart rate declined after specific

basketball exercise load( $r=-.301, .407$ ). Conclusions of this study were aerobic endurance training, 80% of personal anaerobic threshold heart rate continuous exercise, could increase 10% of the shooting accuracy of free throw after specific basketball exercise load. And there was a positive correlation between aerobic endurance and the shooting accuracy of free throw after specific basketball exercise load. Therefore, to improve the shooting accuracy of free throw in basketball competition, we might consider whether the aerobic endurance affects performance.

**Key words:** aerobic threshold, lactate, heart rate, exercise load



## 誌 謝

論文得以完成，首先感謝指導教授張嘉澤博士的鞭策與耐心指導，在此致上由衷的感激。蒙口試委員世新大學李文志教授、國立臺灣體育大學(桃園)詹元碩助理教授的批閱斧正，給予許多寶貴的建議，使本論文得以更加完善，特置卷首，敬申謝意。

本論文實驗研究承蒙國立桃園農工男子籃球隊謝艾萍教練及全體籃球隊球員在實驗期間的全力配合，SPDI 成員專業的運動診斷執行能力，讓實驗測試順利完成，辛苦您們了。

最後，感謝雄女籃球社的全體社員，你們是我研讀訓練生理的衝勁來源，也感謝我的父母全力支持我的決定，讓我可以順利完成我的碩士學業，謹以此論文獻給所有鼓勵我及幫助我的師長及朋友。

# 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	IV
目錄 .....	V
表目錄 .....	VII
圖目錄 .....	VIII
縮寫對照表 .....	IX
<b>第壹章 緒論</b>	
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 操作型名詞定義 .....	6
<b>第貳章 文獻探討</b>	
第一節 影響罰球命中率之相關研究 .....	8
第二節 乳酸對肌肉疲勞影響之探討 .....	9
第三節 運動後心跳率恢復之相關研究 .....	12
第四節 有氧耐力之相關研究 .....	14
第五節 文獻探討總結 .....	17
<b>第參章 研究方法與步驟</b>	
第一節 研究對象 .....	18
第二節 實驗主要儀器與設備 .....	19
第三節 實驗方法與步驟 .....	21
第四節 實驗流程 .....	25
第五節 資料蒐集與統計分析 .....	26

## 第肆章 結果與討論

第一節 有氧-無氧閾值基礎耐力測試結果分析 .....	27
第二節 80%無氧閾值心跳率訓練結果分析 .....	29
第三節 靜態與籃球專項運動負荷後罰球測試結果分析 .....	32
第四節 耐力能力與籃球專項罰球測試之相關分析 .....	37

## 第伍章 結論與建議

第一節 結論 .....	45
第二節 建議 .....	46

## 參考文獻

中文部份 .....	47
外文部份 .....	47
附錄一 .....	56
附錄二 .....	57
附錄三 .....	58

## 表 目 錄

表 2-1	耐力能力藉助心跳率分析 .....	14
表 3-1	受試者基本資料 .....	18
表 3-2	有氧耐力訓練內容 .....	24
表 4-1	有氧-無氧閾值基礎耐力前、後測結果比較 .....	27
表 4-2	4 週 20 min 持續跑總距離、平均速度及心跳率 .....	31
表 4-3	靜態與籃球專項運動負荷後罰球命中率前、後測結果 比較 .....	33
表 4-4	籃球專項負荷時間、罰球心跳率、乳酸堆積率、心跳 下降百分比前、後測結果比較 .....	34



## 圖目錄

圖 3-1	Garmin 心率錶 .....	19
圖 3-2	血糖乳酸分析儀 .....	19
圖 3-3	速度控制器 .....	20
圖 3-4	Polar 心率錶 .....	20
圖 3-5	有氧-無氧閾值基礎耐力測試場地設置圖 .....	22
圖 3-6	籃球專項運動負荷示意圖 .....	23
圖 3-7	實驗流程圖 .....	25
圖 4-1	有氧-無氧閾值測試乳酸與心跳率曲線 .....	28
圖 4-2	4 週 20 min 持續跑速度變化情形 .....	30
圖 4-3	籃球專項運動負荷後每組罰球心跳率變化 .....	37
圖 4-4	T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率 之相關 .....	38
圖 4-5	T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後平均罰球心 跳率之相關 .....	40
圖 4-6	T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後心跳率下降 百分比之相關 .....	41
圖 4-7	T-2 無氧閾值速度與籃球專項運動負荷時間之相關 ..	43
圖 4-8	T-2 無氧閾值心跳率與籃球專項運動負荷中最大心跳 率之相關 .....	44

## 縮寫對照表

*x-e	第 * 組罰球結束時
*x-s	第 * 組罰球開始時
ANS	autonomic nervous system, 自主神經系統
ATP-CrP system	無氧非乳酸系統
Ca <sup>2+</sup> -ATP <sub>ase</sub>	鈣離子三磷酸腺嘌呤核苷酸酶
cm	centimeter, 距離單位, 公分
CrP	Creatine Phosphate, 磷酸肌酸
Diff.	differ, 相異值
FIBA	Fédération Internationale de Basketball Amateur, 國際籃球總會
FT	靜態罰球命中率
FT <sub>load</sub>	籃球專項運動負荷後罰球命中率
HR	heart rate, 心跳率
HR <sub>down</sub>	籃球專項運動負荷後罰球期間之心跳率下降百分比
HR <sub>load</sub>	籃球專項運動負荷後罰球期間之平均心跳率
HR <sub>LT</sub>	heart rate at lactate threshold, 無氧閾值心跳率
HR <sub>max</sub>	籃球專項運動負荷中最大心跳率
HR <sub>rest</sub>	heart rate at rest, 安靜心跳率
kg	kilogram, 重量單位, 公斤
La <sub>max</sub>	maximal lactate in test, 測試過程中乳酸最大值
La <sub>rate</sub>	lactate rate, 乳酸堆積率
La <sub>rest</sub>	lactate at rest, 安靜乳酸值
m	meter, 距離單位, 公尺

m/s	meter per second, 速度單位, 每秒移動公尺數
MCT	monocarboxylate transporters, 單羧基運送體
min	minute, 時間單位, min
min <sup>-1</sup>	beat per minute, 每 min 心跳數
mmol/l	millimol per liter, 容積莫耳濃度, 每公升所含 有之毫莫耳數
ms	millisecond, 時間單位, 毫秒
MVC	maximal voluntary contraction force, 最大自主 收縮力量
Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATP <sub>ase</sub>	鈉鉀離子三磷酸腺嘌呤核苷酸酶
NCAA	National Collegiate Athletic Association, 美國 國家大學運動聯盟
PFK	Phosphofructokinase, 磷酸果糖激酶
pH	酸鹼值
s	second, 時間單位, 秒
T-1、T-2	前、後測
t <sub>1/2</sub>	half-time, 半生期
Time <sub>load</sub>	籃球專項運動負荷所費時間
$\dot{V}O_{2max}$	maximal oxygen consumption, 最大攝氧量
W1、2、3、4	訓練第一、二、三、四週週一
μl	microliter, 容積單位, 微升

# 第壹章 緒論

## 第一節 前言

在籃球比賽中，因為決定輸贏的方式是以比賽最後兩隊得分比數的高低，故自 1891 年 James Naismith 發明籃球運動至今，逐漸發展出多項複雜的動作技能及組合，其最終目的均是讓球能通過籃框得到分數。而投籃中的所得的分數依照距離(三分線外或內)或者是出手情況(比賽進行中或者是罰球)的不同分別為三分、兩分及一分。其中，罰球(free throw)每球所得的分數雖然僅有一分，但早有許多研究統計發現罰球得分的比重及罰球命中率與比賽勝負息息相關(Jenkins, 1977; Pim, 1986; Schuetzle, 1988)。在實力相當的關鍵比賽中，防守強度提升，也易製造較多的罰球機會。而在比賽末節比分拉鋸時刻，落後隊伍常以犯規讓對手執行關鍵性的罰球，避免讓對手有機會投進兩分或三分球，並減少場上時間的流逝以掌握更多的進攻機會，因此上罰球線的機會相對增加，罰球命中率的重要性更形放大(Kozar, Vaughn, Whitfield, Lord, & Dye, 1994)。此外，如果球員罰球命中率始終一蹶不振，也讓敵隊在比賽中有額外的戰術思考空間，如 NBA 湖人中鋒 Shaquille O'Neal 的罰球命中率一直在五成左右徘徊，NBA 教練 Don Nelson 即針對其低迷的罰球命中率執行著名的「駭客戰術(Hack-a-Shaq)」，來遏止 O'Neal 的進攻破壞力。

近年來中華男籃隊在國際賽場上屢屢因罰球命中率不彰而嘗到敗果，95 年杜哈亞運即因未能掌握正規賽及延長賽時關

鍵時刻的罰球得分，讓卡達追平比數進入二度延長，進而錯失晉級四強的機會，97年威廉瓊斯盃最後一戰對南韓，團隊罰球命中率更低至2成9，慘吞敗仗；相反的，臺灣體育大學(臺中)在97年大專籃球聯賽(UBA)中，因穩定把握最後的10個罰球，澆熄臺北體育學院的反撲氣焰，成功中斷臺北體育學院的155連勝紀錄。因此，如何能在激烈的籃球比賽當中穩定罰球命中率是值得關切的重點。

## 第二節 研究動機

籃球是一種團體性運動，兩隊各5人在一個長28 m、寬14 m的場地中折返奔跑，進行各種防守、運、傳等動作，最後目的為將球投進籃框得分。早在1984年即有統計指出，美國大專女子籃球選手在比賽中平均約有13.6個衝刺，且每個衝刺至少持續1到4 s(MacLean, 1984)，而McInnes, Carlson, Jones與McKenna (1995)認為，籃球運動特徵為在場上重複迅速地改變動作方向，並統計出在比賽中平均每2 s球員即會變換動作，由此最大負荷持續時間來看，籃球的專項耐力為無氧非乳酸系統(ATP-CrP system)。

2000年時，國際籃球總會(Fédération Internationale de Basketball Amateur, FIBA)大幅修改比賽規則，將原為上下半場各20 min的比賽改制為4節各10 min，並將進攻時限縮短至24 s，Cormery, Marcil與Bouvard (2008)認為此種規則上的改變，理論上會增加20%的活動量，進而提高比賽緊湊精采度。

籃球球員可依在場上不同功能性區分為5個位置，分別為

控球後衛(point guard)、得分後衛(shooting guard)、小前鋒(small forward)、強力前鋒(power forward)、中鋒(center)，因為功能性質的不同，5 個位置在各項技術的熟稔度上也會有所不同，尤在得分手段方面更是有所歧異，後衛及小前鋒通常長於中長距離投射，強力前鋒及中鋒則偏重禁區進攻。因此，在場上不同位置的球員，場上的動作次數及其強度也會大不相同，後衛、前鋒及中鋒全場高強度動作佔所有運動時間的百分比分別為 17.1%、16.6%及 14.7% (Ben Abdelkrim, El Fazaa, & El Ati, 2007)。雖然如此，但由於罰球執行的機會及特性，使得罰球為不分位置均須非常重視的技能之一。

在比賽中罰球機會可能出現於下列 3 種情況：在投籃動作下被對方犯規；對方犯規時，對方單節團隊犯規達 5 次以上；對方被吹判為不合運動道德的犯規或技術犯規。罰球，是指一個能讓球員在無人防守的情況下，於合法的罰球區（與籃框水平距離為 4.225 m，半徑為 1.8 m 的半圓）內投籃得一分的機會。由於是在無人防守的情況下有 5 s 的時間可從容出手，且佔比賽總比分的比重達 20~25% (Hays & Krause, 1987; Mersky, 1987)，因此許多教練均認為罰球是攸關比賽勝負的重要關鍵性因子。

長久以來，針對影響罰球運動表現的因素，研究分為數個面向來探討，包括罰球前的例行動作長短及變異性、理想的出手角度、上肢肌力的幫助等面向。每次罰球，從接獲裁判傳球至將球投出，球員皆有 5 s 的時間可執行，這段時間內，球員會有例行動作的出現，Southard 與 Miracle (1993) 及 Mack (2001) 研究皆提到罰球前自動化例行動作的執行以及例行動作持續時間皆會顯著影響罰球命中率的高低；也有研究探討在罰球線上

出手角度及加速度，以找出最佳的行進路線模式進而提高罰球命中率 (Hamilton & Reinschmidt, 1997; Okubo & Hubbard, 2006)。

然而，籃球是屬於高強度間歇的非循環式運動，而罰球是在比賽當中死球狀態下執行，也就是急速跑動後靜止，在無人防守情況下執行罰球，但上述文獻的測試方法皆是觀察在靜態時的罰球命中率，而在運動負荷後的罰球命中率呢？儘管靜態時罰球命中率表現穩定，但 Kozar, Vaughn, Lord 與 Whitfield (1995)仍發現練習時的表現通常優於比賽中的表現，比賽中的罰球命中率是明顯較低。究其原因，除了外在壓力等心理因素之外，比賽運動負荷所帶來的疲勞應也為影響的原因之一。實際上，罰球在比賽當中所出現的時間點，通常是在高強度間歇的籃球專項運動負荷後，站在與籃框固定的距離上執行投籃動作。投籃動作是將地面的反作用力向上傳遞，從腳底往小腿、大腿、臀部、腰、肩、肘、腕到手。當高強度間歇的籃球專項運動負荷後，位於肌肉受器內肌梭神經活化速率會逐漸降低，影響神經肌肉系統的協調性 (Hagbarth & Macefield, 1995)。而運動時活動肌內會出現乳酸堆積的現象，導致肌肉內 pH 值下降，抑制肌肉收縮速度，進而影響投籃動作的流暢性。另一方面，運動負荷所造成的高心跳率如無法在短暫的間歇休息中快速下降，可能會影響投籃動作的穩定度。因此，如能在短暫的罰球間歇中，讓心跳率快速恢復下降、運動負荷中減少乳酸堆積及維持神經肌肉的協調性，對運動負荷後的罰球命中率應可有顯著的改善效果。

良好的有氧耐力能力，可能代表有著每跳心輸出量較多、較多的粒線體數目及微血管密度、能量代謝路徑中的催化酵素

活性較高，進而有較佳的氧氣利用率，且在同樣負荷下產生能量的效率較高，可讓運動後心跳率恢復加快、減少乳酸堆積。先前即有研究發現較佳的有氧體適能及較高的最大攝氧量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ) 與足球表現有相關，且透過增加足球員的有氧耐力可間接改善足球專項表現 (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Hoff & Helgerud, 2004)。在同樣為高強度間歇運動型態的籃球運動，Gocentas, Landör 與 Andziulis (2004) 也指出有著較佳有氧體適能的籃球運動員，在持續 3.5 min 的三分球投射的籃球專項運動表現上更有效益。

用來改善有氧耐力的訓練方式不勝凡幾，而詹蕙真 (2006) 以 Hollmann, Liesen, Rost 與 Kawahats (1978) 提出的無氧閾值心跳率計算方式，以此做為訓練強度，對手球球員的乳酸代謝能力及運動後心跳率恢復速度皆有顯著的提升效果。因此，本研究欲藉由無氧閾值心跳率做 4 週的有氧耐力訓練，來提升有氧耐力能力，進而改善在籃球專項運動負荷過後的罰球表現。

### 第三節 研究目的

本研究以 80% 無氧閾值心跳率 20 min 持續跑做為有氧耐力訓練方式進行 4 週訓練，以有氧-無氧閾值基礎耐力 (2-4 mmol/l)、靜態罰球、籃球專項運動負荷後罰球作為測試方式，並透過測試過程中乳酸、心跳率及罰球命中率作為評估訓練效果的標的。本實驗研究目的如下：

- 一、探討 4 週有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球命中率的改善效果。

二、探討有氧耐力與籃球專項運動負荷後罰球命中率之相關。

## 第四節 操作型名詞定義

### 一、籃球專項運動負荷

本研究中為測試運動負荷後罰球命中率所設計之負荷活動。為模擬籃球比賽中運動負荷所可能會造成的生理反應所設計，以全場運球上籃折返 4 趟作為本研究中的籃球專項運動負荷內容。

### 二、有氧耐力

本研究中以(Mader et al., 1976)研究所提出的乳酸有氧-無氧閾值測試(2-4 mmol/l)，所得之有氧閾值(2 mmol/l)速度及心跳率作為本研究中有氧耐力的判定方式。

### 三、靜態罰球命中率

指經過 10 min 的熱身後，在沒有施加其他運動負荷的情況下，執行 10 組 2 顆罰球，共 20 顆罰球所得之命中率。

### 四、乳酸堆積率

本研究中採用 Mader (1994)的公式計算最大乳酸堆積率

$$La_{rate} = (La_{max} - La_{rest})/worktime (s)$$

## 五、無氧閾值心跳率

本研究中採用 Hollmann et al. (1978)的公式計算無氧閾值心跳率

$$HR_{LT} = HR_{rest} + (220 - 3/4 \text{ age} - HR_{rest}) \times 0.75$$



## 第貳章 文獻探討

### 第一節 影響罰球命中率之相關研究

優秀的罰球能力是任一位置的籃球員所必須具備的能力，而所謂罰球技術，即是在與籃框固定距離的罰球線上，在無人干擾的情況下所表現的投籃技術。影響罰球命中率的因素，約可粗分為力學、心理及生理因素，接下來則分別針對此三點探討罰球命中率的改善方式。

在考慮到空氣阻力及矢狀面限制等因素，Hamilton 與 Reinschmidt (1997)從不同的球釋放角度、速度及旋轉情形三方面去探討，並將球行進的軌道分為空心入籃、碰觸籃圈、碰觸籃板及軌道太短而致未碰觸籃框 4 種，預測在平行高度低於籃框 1 m 的罰球線上，理想的罰球出手角度及速度分別為 60 度及 7.3 m/s，此軌道與人體測量特徵及球員精準度有關，但通常需具備較高的逆轉角度及速度的組合。Okubo 與 Hubbard (2006)也提到球具備較高速的逆轉及較低的充氣氣壓，以低手投籃的方式執行罰球，可有較高的命中機會。

Button, MacLeod, Sanders 與 Coleman (2003)以攝影機錄下 6 名不同技術層級的女性籃球運動員執行 3 組 10 顆罰球的測試過程來分析，發現高技術層級的受試者其出手動作時肘關節及腕關節的角度一致性較高，因而認為肘、腕關節的角度變化對於每次罰球行進軌道具有微調的效果。

一般相信，運動表現前的例行動作(routine)對於運動表現具有正面的影響(Lidor & Singer, 2000; Moran, 1996)。Lonsdale

與 Tam (2008)在觀察 2006 年 14 場 NBA 季後賽，共 284 個罰球的過程後，發現當球員罰球前的例行動作脫離原本既有的常軌時，命中率顯著較完成原有常軌的罰球命中率低，因而指出罰球前例行動作所持續的時間及行為的一致性，對罰球命中率有舉足輕重的影響。

Shoenfelt (1991)曾連續觀察 8 週在重量訓練後的罰球命中率，他讓 14 名女子籃球員在每次的重量訓練後執行 2 組 10 顆的罰球練習，發現 8 週內的罰球練習命中率並無顯著變化，因而認為重量訓練對於罰球此種非屬於力量型的技術來說並無益處。

但除比賽時的罰球前例行動作的相關研究外，上述研究皆是觀察未施加任何運動負荷時影響罰球命中率的因素，那在經過運動負荷後對於罰球命中率的影響又如何？Kozar et al. (1995)在觀察美國國家大學運動聯盟 (National Collegiate Athletic Association, NCAA)第一級的男子籃球隊 1990-91 及 1991-92 球季在比賽及練習時的罰球命中率情形，發現練習時的罰球命中率顯著高於比賽中的罰球命中率，但若是以每組練習課程結束時所執行的頭兩次罰球來看，其命中率與比賽中的罰球命中率相仿，因而認為比賽情境所累積的疲勞是影響罰球命中率的因素之一。

## 第二節 乳酸對肌肉疲勞影響之探討

所謂疲勞，被視為「無法維持所需或者所想要做到的功率輸出 (failure to maintain the required or expected power

output)」，影響肌肉的功率輸出及準確性(Sahlin, 2006)。影響肌肉疲勞程度的因素相當複雜，包括所從事的運動型態、持續時間及強度，以及從事運動的人的體適能及健康狀態等(Messonnier, Denis, Feasson, & Lacour, 2006a)。劇烈運動時，為供應運動所需之能量，能量代謝加速運行，大量代謝路徑中的副產物（如乳酸、磷酸鹽、二磷酸腺嘌呤核苷酸）也隨之而來，這些副產物的堆積都會直接或間接的影響肌肉收縮力量、收縮速度及放鬆程度，而導致疲勞。

Sahlin (1986)認為高濃度的氫離子其本身並不會直接影響肌肉的收縮力量，相較之下，肌肉內磷酸肌酸(Creatine Phosphate, CrP)的儲存量影響程度更大。運動中乳酸在肌肉內快速堆積，造成氫離子濃度上升、pH 值下降，而高氫離子濃度會抑制磷酸果糖激酶(Phosphofructokinase, PFK)的活性，降低CrP 的再生速度，間接降低肌肉的收縮力量。然而，在阻力運動結束後，肌肉收縮力量的恢復又相當的快速，Sahlin 與 Ren (1989)以 13 名成年人經過 66%最大自主收縮力量(maximal voluntary contraction force, MVC)的膝部伸展，重複收縮至肌肉疲勞做實驗研究，指出力量在阻力運動結束後的半生期(half-time,  $t_{1/2}$ )小於 15 s，儘管此時肌肉內 pH 值仍未恢復。

在肌肉收縮速度方面，Cooke 與 Pate (1985)指出運動時肌肉收縮速度的減弱，與肌肉內磷酸鹽與氫離子濃度的提高顯著相關。Blanchard, Pan 與 Solaro (1984)以兔子作為觀察對象，發現肌肉裡氫離子會與肌漿網中釋放的鈣離子競爭，抑制鈣離子與肌鈣蛋白 C (troponin C)的結合，降低肌肉收縮速度及力量。

肌肉疲勞另一個代表的特徵即為肌肉快速放鬆的能力減

緩。有研究發現，當肌肉接受僵直性痙攣的刺激時，肌肉放鬆力量的程度達 50% 的所需時間，疲勞狀態的肌肉比正常狀態下的肌肉慢 89 ms 之多 (128 ms vs. 39 ms) (Sjoholm, Sahlin, Edstrom, & Hultman, 1983)。此因運動中乳酸堆積所引發的肌肉細胞內 pH 值環境的下降，降低鈣離子三磷酸腺嘌呤核苷酸酶 ( $\text{Ca}^{2+}$ -ATP<sub>ase</sub>) 的活性，延遲將鈣離子從肌漿網中移除的速度，導致肌肉張力放鬆的速度減緩。

Allen, Lannergren 與 Westerblad (1995) 在綜合討論過去的文獻後，總結認為離心收縮時所造成的肌肉疲勞，由三種主要現象構成：(1) 降低最大離心收縮力量；(2) 降低肌原纖維對鈣離子的敏感度；(3) 降低肌漿網鈣離子的釋放，使得肌肉在僵直性痙攣時肌漿網游離鈣濃度下降。由此看出，肌漿網中鈣離子的濃度是影響肌肉疲勞的關鍵因素。

Fowles, Green, Tupling, O'Brien 與 Roy (2002) 認為鈉鉀離子三磷酸腺嘌呤核苷酸酶 ( $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -adenosinetriphosphatase,  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATP<sub>ase</sub>) 活性的下降也是代表肌肉收縮疲勞的象徵。該實驗以 14 名成年人以間歇 5 s 最大自主收縮力量 (MVC) 持續 30 min 研究發現，短時間肌肉疲勞恢復的過程著重在  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATP<sub>ase</sub> 活性的恢復速度，因其代表著肌肉纖維中肌漿網的應激性。而 McKenna et al. (1993) 即發現改善有氧耐力，對於  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATP<sub>ase</sub> 的活性維持能力亦有改善效果。

乳酸的產生被認為是一種組織缺氧的表徵。耐力的提升，可提高氧氣運送能力可增加活動肌的有氧代謝能力，並伴隨高血流循環容許較快速地排除肌肉中的氫離子及乳酸 (Kemper, Lindstedt, Hartzler, Hicks, & Conley, 2001)，而在居中運送氫離子及乳酸通過肌纖維膜的單羧基運送體 (monocarboxylate

transporters) MCT1 與 MCT4，也可藉由耐力的提升，提高運送體活性及載運乳酸的能力 (Messonnier, Denis, Feasson, & Lacour, 2006b)，進而延緩肌肉疲勞的產生。

### 第三節 運動後心跳率恢復之相關研究

運動後心跳率的恢復被認為是可代表自主神經系統 (autonomic nervous system; ANS) 作用的徵狀，而自主神經系統包括，使心肌興奮、心跳率上升的交感神經 (sympathetic)，及降低心跳率的副交感神經 (parasympathetic)。當運動中斷時，起初因神經中樞命令的停止、壓力反射及其他機制的影響下，副交感神經的活動度上升，因而即使交感神經依然維持活躍的狀態，心跳率仍然呈現下降的趨勢 (O'Leary, 1993)，而後再撤回交感神經系統作用。

當運動後心跳率的下降速度有延遲或異常的跡象，代表自主神經系統作用減弱，尤其是副交感神經，因而也可被用來預測死亡危險率。Cole, Foody, Blackstone 與 Lauer (2000) 在廣泛測試 5234 名沒有心血管疾病徵兆的成年人執行次最大運動後的心跳率恢復情況，再經過 12 年的追蹤調查後，發現在除了一般標準的健康危險因子、體適能、安靜時及運動中的心跳率可預測心血管疾病外，異常的心跳率恢復情況也可作為有效的預測因子。且發現心跳率的恢復速度低於  $42 \text{ min}^{-1}$  的受試者，也較少具有規律的運動及參與劇烈運動的習慣。

Desai, De la Pena-Almaguer 與 Mannting (2001) 指出有氧體適能的能力在運動負荷後心跳率恢復的能力上扮演著相當重要

的角色。而迷走神經(vagus)再活化的能力是運動後讓心跳減速的重要機制，Imai et al. (1994)以 9 名受過越野滑雪訓練的運動員及 20 名有慢性心臟衰弱的患者，觀察比較兩者在無氧閾值持續運動後的心跳率恢復情形指出，經過訓練的運動員可增強迷走神經作用調節能力，反映在運動後心跳率的快速下降及低安靜心跳率的現象上，反之，具有心臟衰弱的個體，其在運動負荷後心跳率的恢復就相對較慢。Tiukinhoy, Beohar 與 Hsie (2003)也證實運動訓練對於運動後的心跳率恢復能力有顯著的改進效果。

Gocentas, Landör 與 Juozulynas (2007)以 7 名男性籃球員為受試者進行心肺運動測試(Cardiopulmonary exercise tests)及 75 m 的重複衝刺測試，發現受試者的攝氧量無氧閾值與衝刺運動後恢復期心跳率的下降程度達顯著負相關( $r = -0.857$ )，故在連續不斷衝刺後，有氧體適能較佳的個體其心跳率恢復的較快。

依據有氧耐力與運動後心跳率下降的負相關，Kunzel-Bohmer, Buhringer 與 Janik-Konecny (1993)提出最大負荷運動後，在非坐式的休息型態下，以運動結束後第 5 min 的心跳率可做為評價個體有氧耐力的方式，其評價分級如表 2-1。

表 2-1 耐力能力藉助心跳率分析

運動後第 5 min 心跳率	評價
>130 min <sup>-1</sup>	很差
130 - 120 min <sup>-1</sup>	差
120 - 115 min <sup>-1</sup>	尚可
115 - 105 min <sup>-1</sup>	好
105 - 100 min <sup>-1</sup>	很好
<100 min <sup>-1</sup>	高競技能力

(source: Kunzel-Bohmer et al., 1993)

## 第四節 有氧耐力之相關研究

有氧耐力，是指在氧氣參與能量代謝的狀況下，能儘可能維持速度或動力輸出的能力(Jones & Carter, 2000)。傑出的有氧耐力能力與多種生理因素相關聯，包括高比例的慢縮肌纖維，大量的肌肝醣及肝臟肝醣的儲存，以游離脂肪酸替代碳水化合物作為能量基質的能力等(Bosquet, Leger, & Legros, 2002)。

有氧耐力訓練則是透過心、肺及神經系統的適應，來改善氧氣的傳遞釋放至肌肉粒線體的能力，及粒線體應用氧氣進入能量代謝的能力。藉由增加肌肉微血管密度來減少在次最大運動時(submaximal exercise)活動肌所需之血液量。有氧耐力訓練也可藉由克勞伯循環(Krebs cycle)接受丙酮酸(pyruvate)的能力增強，可提高碳水化合物的利用率，來延緩醣類在高強度運動時的耗盡，減少運動中乳酸的堆積(Jones & Carter, 2000)。

而影響有氧耐力的訓練效果的變項，包括不同的訓練方式(持續或間歇)、運動持續時間、運動強度設定等，改變不同的變項，對於訓練所引起的生理上反應均可能有所不同。

一般最常用於訓練有氧耐力的方式為中低強度的持續運動。Yoshida, Suda 與 Takeuchi (1982)即以腳踏車持續運動試圖改善有氧耐力。實驗以 7 名大專男生，在經過每週 3 天、為期 8 週的 15 min 腳踏車訓練，運動強度為個人 4 mmol/l 乳酸閾值強度。8 週後，受試者的最大攝氧量進步，且在次最大運動中，強度相同時堆積的乳酸顯著降低，證實 8 週的無氧閾值強度持續型態訓練方式，可有效的增加無氧閾值及最大攝氧量。

Martinmaki, Hakkinen, Mikkola 與 Rusko (2008)則是以無氧閾值持續運動作為改善有氧動力的訓練方式。訓練內容為未受過訓練的受試者經過每週 2 次，為期 14 週的無氧閾值持續運動 45 min 的訓練課程後，受試者的攝氧峰值有顯著的進步，且發現這種低劑量的耐力訓練可增加運動中迷走神經的控制，降低運動中的心跳率，但對於安靜時的迷走神經反應無任何影響。

針對改善影響有氧耐力的相關生理反應，也有學者嘗試用不同於一般有氧耐力運動方式訓練，如高強度間歇訓練方式。Iaia, Hellsten, Nielsen, Fernstrom, Sahlin 與 Bangsbo (2008)以高強度間歇訓練持續訓練 4 週，每次的訓練內容為 8~12 次的 30 s 衝刺跑，間歇動態休息 3 min。發現經過 4 週訓練後，受試者在遞增式運動中跑步速度為 11、13、14.5 及 16 km/h 時，攝氧量分別顯著下降 6.6、7.6、5.7 及 6.4%，顯示受試者在跑步經濟性上有顯著進步，但肌肉纖維中的微血管密度及檸檬酸鹽合成酶(citrate synthase)活性並無太大的改變。

曾有學者研究比較持續與間歇耐力訓練對有氧耐力的改

善效果。Overend, Paterson 與 Cunningham (1992)在比較經過 10 週持續運動訓練、高動力間歇訓練及低動力間歇訓練的效果後發現，三組在有氧耐力方面的相關參數(如：最大攝氧量等)上，訓練效果其實並無顯著差異。Soares (1992)也以老鼠做 30 天的持續與間歇耐力訓練，證實在骨骼肌微血管增生的耐力訓練效果上，兩種訓練模式均有顯著效果，且並無差異。

詹蕙真(2006)以心跳率閾值作為強度設定，來改善國中男子手球員的有氧耐力。實驗分別以個人有氧閾值心跳率及無氧閾值心跳率做為訓練強度設定，訓練時間均為期五週，每週三次，每次 20 min。結果發現兩組在有氧與無氧閾值心跳率均有顯著進步，但以無氧閾值強度作為耐力訓練方式，可顯著增加乳酸代謝能力，對運動後的恢復方面較有顯著效果。

關於有氧耐力能力的判別方式，以最大攝氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )及乳酸閾值(Lactate Thresholds)最廣為眾多研究使用，Weltman (1995)在比較有氧耐力診斷的相關研究後，指出兩者是分別指向不同的生理機轉，最大攝氧量反映出心肺循環系統的改變，而乳酸閾值則是可看出發生在肌肉中能量代謝的適應，並認為乳酸閾值與運動中血乳酸濃度是預測耐力表現的較佳參數。而針對球類及技擊項目所需之快速恢復的耐力能力，張嘉澤與詹元碩(2005)學者指出可藉助乳酸代謝率與有氧閾值耐力能力作為評價方式。

## 第五節 文獻探討總結

影響罰球命中率的因素包括心理、生理、力學等因素，包括身體力量素質、出手角度及方式、罰球前的例行動作及肌肉的疲勞度均會對罰球命中率造成程度大小不等的影響，而為符合情境，在測驗罰球命中率時應考慮到比賽過程中所累積的疲勞影響。肌肉疲勞的症狀包括肌肉收縮力量、收縮速度的下降以及放鬆時間變慢，這些症狀均會影響肌肉的功率輸出及準確性。造成肌肉疲勞的主要原因為乳酸在肌肉內的大量堆積，提高組織內氫離子濃度，進而影響肌肉細胞內許多酵素(例： $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATPase}$ )活性及肌漿網游離鈣離子的調整能力。運動負荷後心跳率的恢復取決於副交感神經系統的再活躍程度。而耐力的提升可加速乳酸代謝，避免大量堆積引起肌肉疲勞，也會刺激改善副交感神經系統的敏感程度，加速運動負荷後心跳率的下降。有氧耐力訓練方式相當多樣化，包括不同的訓練型態(持續與間歇)，而其中以無氧閾值心跳率訓練的方式，可顯著加速乳酸代謝能力及運動後的心跳率恢復。乳酸代謝率與有氧閾值是評價球類項目所需之快速恢復耐力能力的較佳方式。

## 第參章 研究方法與步驟

### 第一節 研究對象

本研究以 10 名高中甲組男子籃球隊選手為研究對象。所有受試者在參與本研究實驗前，每一位受試者會被清楚的告知本研究目的、實驗方法、實驗程序及注意事項，並填寫受試者須知(附錄一)及運動專項能力診斷疾病調查表(附錄二)。受試者基本資料如表 3-1。

表 3-1 受試者基本資料

	年齡(歲)	身高(cm)	體重(kg)
n=10	17±1.2	183.4±5.9	72.7±8.8

## 第二節 實驗主要儀器與設備

- 一、Garmin 心率錶 (Garmin Forerunner): 每組包括 1 條傳輸心率帶及 1 只 Garmin 心率錶、傳輸座、充電器。



圖 3-1 Garmin 心率錶

- 二、血糖乳酸分析儀 (BIOSEN C\_line Clinic)



圖 3-2 血糖乳酸分析儀

### 三、速度控制器



圖 3-3 速度控制器

### 四、Polar 心率錶(S610i): 每組包括 1 條傳輸心率帶及 1 只 Polar 心率錶。



圖 3-4 Polar 心率錶

## 第三節 實驗方法與步驟

### 一、實驗前的準備

#### (一) 填寫受試者須知及疾病調查表

讓受試者填寫年齡、身高、體重等個人基本資料，並填寫疾病調查表及受試者須知。

#### (二) 說明訓練、測試目的與注意事項

集合所有受試者後，將本研究訓練及測試目的逐一向受試者說明，讓受試者清楚明白將進行的訓練與測試，為求測試嚴謹，必須提醒在訓練、測試中所需注意事項，讓受試者以認真且盡最大能力來完成訓練、測試項目。

#### (三) 請受試者先進行熱身活動

於正式訓練、測試前，請受試者進行慢跑熱身、伸展運動至少 10 min 避免運動傷害。

### 二、測試方式

本研究共分為三項測試，分別為有氧-無氧閾值基礎耐力測試、靜態罰球測試及籃球專項運動負荷後罰球測試，俱在前、後測實施。其中有氧-無氧閾值基礎耐力測試先行施測，於受試者休息 24 hours 後，實施靜態罰球與籃球專項運動負荷後罰球測試，兩項測試於同一天施測，中間間隔休息 5 min。

(一) 有氧-無氧閾值基礎耐力測試(2-4 mmol/l)

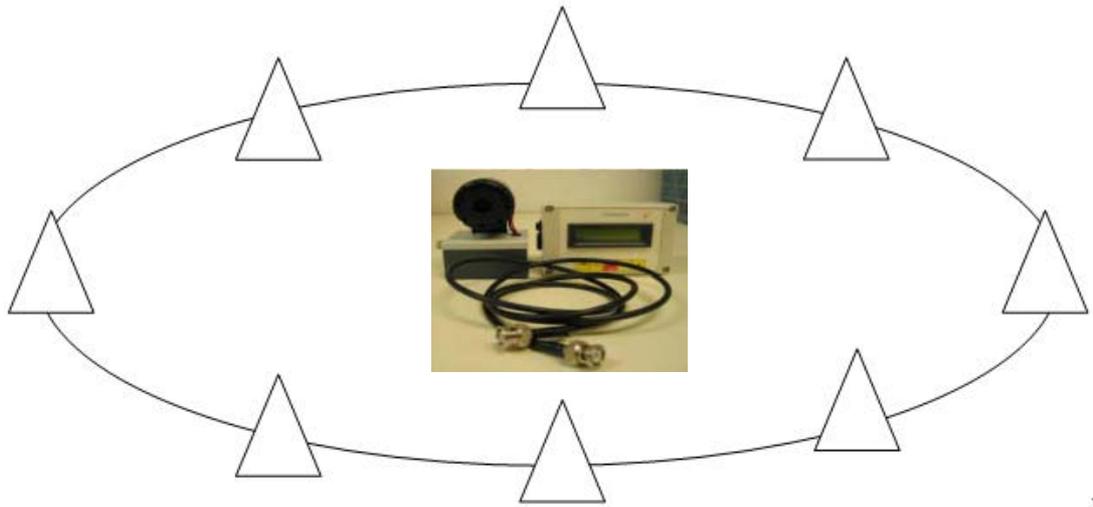


圖 3-5 有氧-無氧閾值基礎耐力測試場地設置圖

本測試依據 Mader et al. (1976) 研究所提出的 2-4 mmol/l 有氧-無氧閾值作為測試方式，在本實驗中做為判定受試者耐力能力的指標。受試者熱身前從耳垂採集 10  $\mu$ l 血液並紀錄心跳率作為安靜值，熱身結束後，以速度 2.5 m/s 在 400 m 操場跑步，每 5 min 為一階，速度遞增 0.5 m/s，持續至受試者所能承受之最大負荷為止。階與階之間從受試者耳垂採集 10  $\mu$ l 血液並紀錄心跳率，所費時間約為 30 s。測試中所蒐集之血液以血糖乳酸分析儀(BIOSEN C\_line Clinic)分析乳酸，測試全程受試者均佩帶 Polar 心率錶 (Polar s610i) 紀錄心跳率。為控制受試者測試全程速度，本測試在 400 m 操場中央放置速度控制器，沿跑道每 50 m 即放置 1 三角錐筒於跑道旁，受試者可以藉助速度控制器之鳴聲當下與三角錐筒距離之遠近調整速度(圖 3-5)。

## (二) 靜態罰球測試

本測試為測驗受試者在未受到籃球專項運動負荷的影響下的罰球命中率，在本實驗中視為受試者的罰球技術指標。受試者在熱身後站在合法的罰球區內（與籃框中心水平距離為 4.225 m，直徑為 3.6 m 的半圓），由施測者餵球給予受試者執行 10 組 2 顆罰球，共 20 顆罰球，組間休息約 20 s。依據國際籃球規則，受試者需在接獲施測者的傳球後 5 s 內將球投出，並紀錄平均罰球命中率(FT)。

## (三) 籃球專項運動負荷後罰球測試

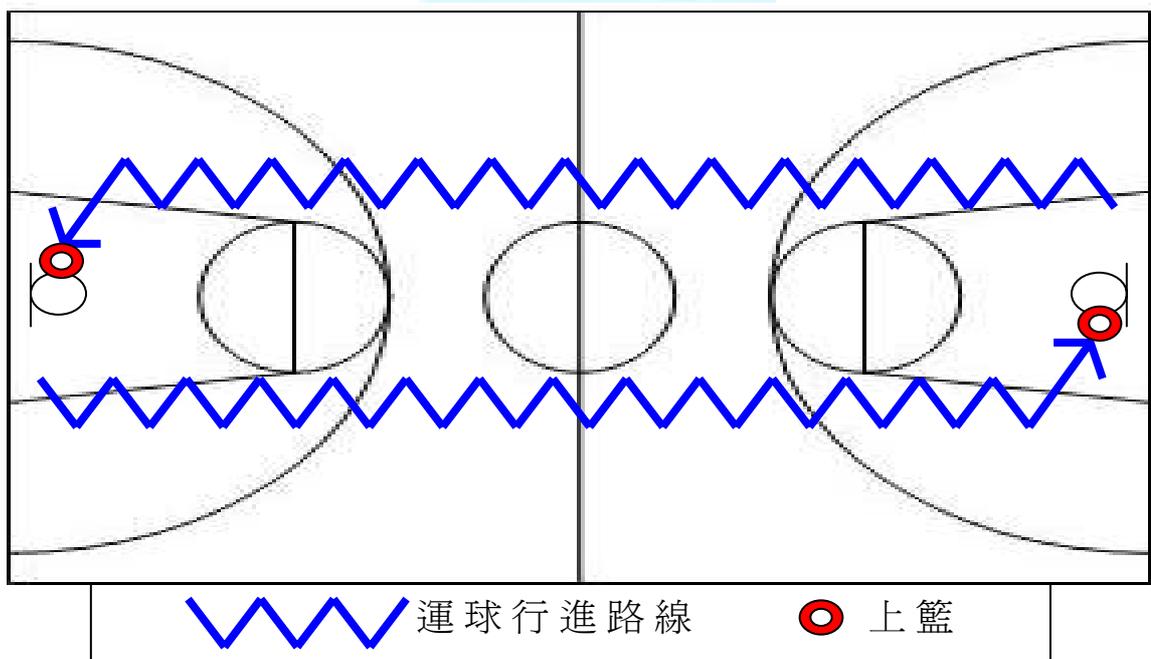


圖 3-6 籃球專項運動負荷示意圖

本測試為測驗受試者在類似比賽型態的運動負荷中的罰球命中率及恢復能力。受試者在熱身過後執行 5 組籃

球專項運動負荷，每組專項運動負荷結束後由施測者餵球給受試者罰球兩次，共 10 顆罰球，受試者需在接獲施測者的傳球後 5 s 內將球投出。組間包括罰球及採血所費時間，共休息約 1 min。籃球專項運動負荷為模擬籃球比賽中運動負荷所可能會造成的生理反應所設計，以受試者最佳速度進行全場運球上籃折返 4 趟作為本研究中的籃球專項運動負荷內容(圖 3-6)。測試全程受試者均佩帶 Polar 心率錶(Polar s610i)以記錄全程心跳率變化。在熱身前及每組罰球結束後從受試者耳垂採集 10  $\mu$ l 血液分析乳酸，並使用 Mader (1994)的最大乳酸堆積率公式計算乳酸堆積率( $L_{rate}$ )，及紀錄平均罰球命中率( $FT_{load}$ )。

### 三、 訓練內容

在前測結束休息 48 hours 後，除一般籃球專項訓練外受試者接受為期 4 週，一週 3 次，共 10 次訓練課程。訓練課程內容為以 80%無氧閾值心跳率 $\pm 3 \text{ min}^{-1}$  (Hollmann et al., 1978)進行 20 min 持續跑，訓練過程中讓受試者佩帶 Garmin 心率錶，紀錄訓練全程心跳率及完成距離。

表 3-2 有氧耐力訓練內容

負荷強度	80%無氧閾值心跳率
運動型態	持續
負荷範圍	20 min
訓練週期	4 週；3 次/週，共 10 次

## 第四節 實驗流程

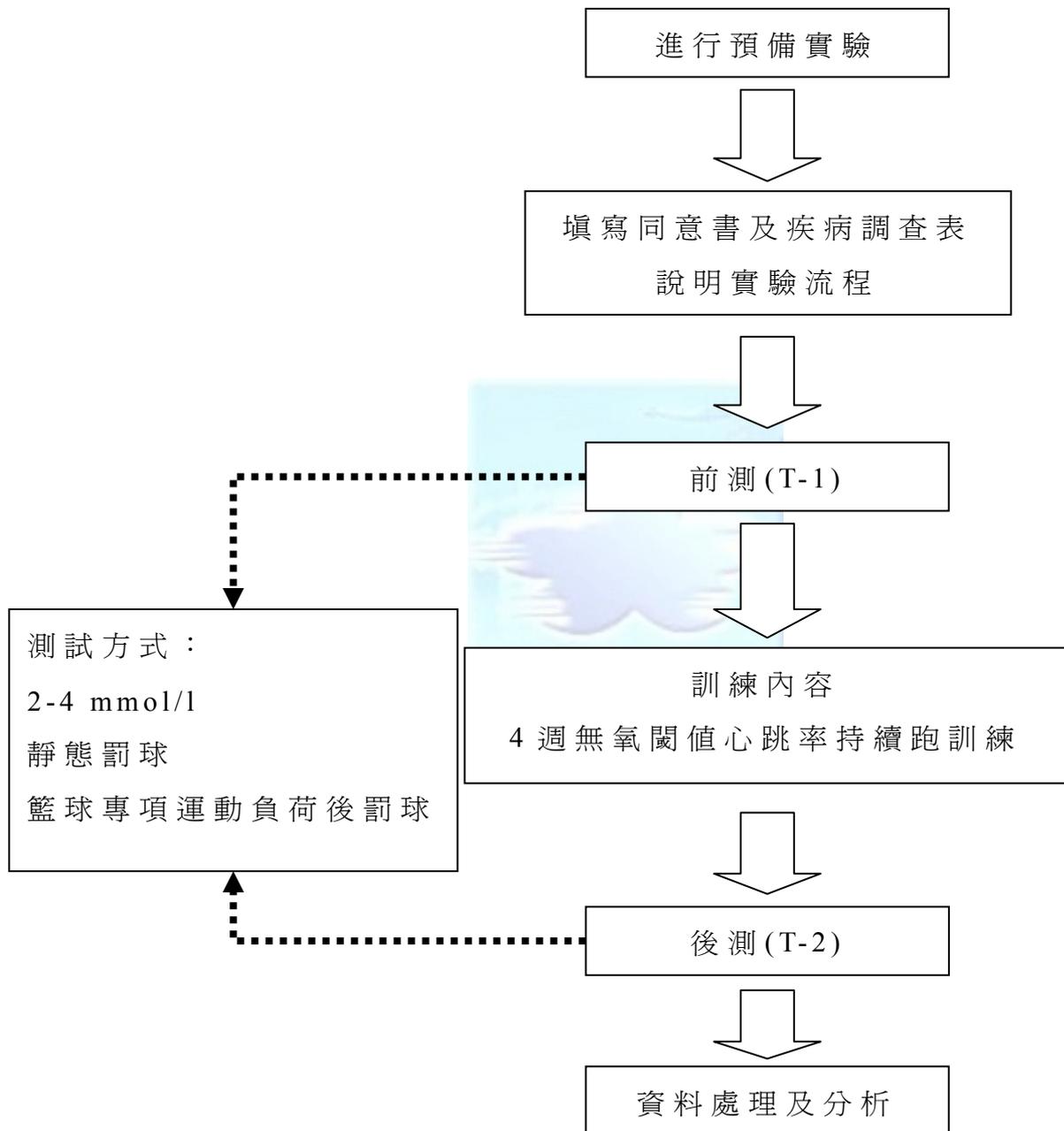


圖 3-7 實驗流程圖

## 第五節 資料蒐集與統計分析

- 一、本研究所得之各參數資料，皆以描述性統計（平均數±標準差）陳述所得數據。
- 二、有氧-無氧閾值基礎耐力測試是以 Lactate EXPRESS 軟體代入 Mader 4 mmol 方式，計算出受試者個人有氧-無氧閾值速度。
- 三、以相依樣本 T 檢定分析比較訓練過程每週及 T-1、T-2 各參數之差異。
- 四、以皮爾森積差相關 (Person product-moment correlation coefficient) 分析 T-2 下列參數之間的相關：
  - (一)「有氧閾值(2 mmol/l)速度」與「籃球專項運動負荷後罰球命中率」之相關係數。
  - (二)「有氧閾值(2 mmol/l)速度」與「籃球專項運動負荷後罰球全程心跳率」之相關係數。
- 五、本研究的統計考驗水準皆定為  $\alpha=.05$ 。

## 第肆章 結果與討論

### 第一節 有氧-無氧閾值基礎耐力測試結果分析

受試者有氧閾值(2 mmol/l)速度(speed)與心跳率(HR)於前測(T-1)分別為  $2.5 \pm 0.4$  m/s 與  $139 \pm 14.1$  min<sup>-1</sup>。後測(T-2)有氧閾值速度則為  $2.5 \pm 0.9$  m/s, 心跳率為  $136 \pm 19.9$  min<sup>-1</sup>。兩次測試 T-1 與 T-2 於閾值速度則未達顯著差異( $p > 0.05$ ), 心跳率則下降  $-3$  min<sup>-1</sup>( $p > 0.05$ )。無氧閾值(4 mmol/l)閾值速度於 T-1 平均值為  $3.3 \pm 0.3$  m/s, 後測(T-2)則為  $3.5 \pm 0.4$  m/s, 兩次平均值差異  $+0.2$  m/s ( $p > 0.05$ )。4 mmol/l 心跳率 T-1 與 T-2 分別為  $165 \pm 10.3$ 、 $168 \pm 10.3$  min<sup>-1</sup>, T-2 心跳率增加  $+3$  min<sup>-1</sup>( $p > 0.05$ )(表 4-1)。

表 4-1 有氧-無氧閾值基礎耐力前、後測結果比較

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	speed(m/s)	HR(min <sup>-1</sup> )	speed(m/s)	HR(min <sup>-1</sup> )
T-1	$2.5 \pm 0.4$	$139 \pm 14.1$	$3.3 \pm 0.3$	$165 \pm 10.3$
T-2	$2.5 \pm 0.9$	$136 \pm 19.9$	$3.5 \pm 0.4$	$168 \pm 10.3$
Diff.	0	-3	+0.2	+3

本研究顯現基礎耐力透過 4 週 10 次 80%無氧閾值心跳率訓練後, 在有氧與無氧閾值速度、心跳率方面均未達顯著改善, 此種症狀反應可能與專項訓練型態有關。Heck et al. (2002)指出提高週訓練之專項負荷型態, 將造成基礎耐力能力停滯現象, 本研究產生現象亦相同, 可能因實驗訓練過程之籃球專項

練習未加以控制，而造成有氧與無氧閾值能力停滯。而詹蕙真(2006)以有氧閾值(2 mmol/l)心跳率進行五週持續跑訓練，發現對無氧閾值速度未產生訓練效果，這與本研究以 80%無氧閾值速度進行持續跑訓練，在無氧閾值速度未達顯著改善結果相同。

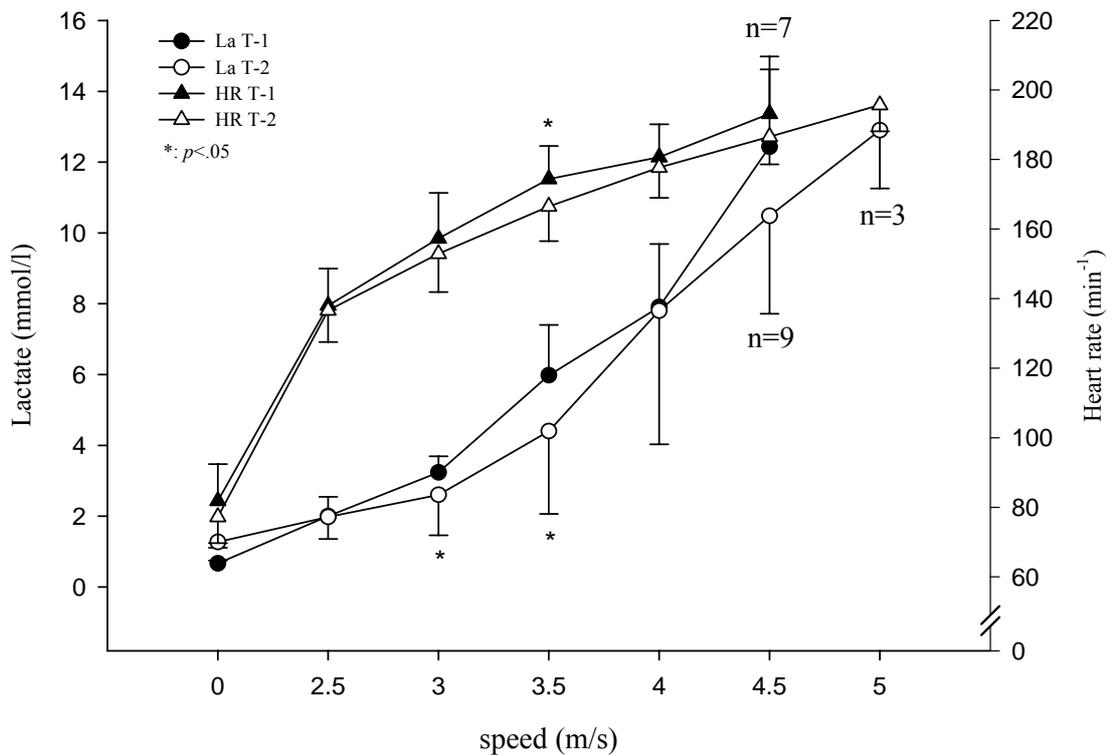


圖 4-1 有氧-無氧閾值測試乳酸與心跳率曲線

圖 4-1 為有氧-無氧閾值基礎耐力前(T-1)、後測(T-2)乳酸曲線分析，在運動強度為 3.0 與 3.5 m/s 時，T-2 乳酸曲線顯著下降 ( $3.2 \pm 0.5$ 、 $2.6 \pm 1.1$  mmol/l 與  $6.0 \pm 1.4$ 、 $4.4 \pm 2.3$  mmol/l,  $p < .05$ )。有氧訓練可增強克勞伯循環接受丙酮酸的能力，提高碳水化合物的利用率，減少運動中乳酸的堆積(Jones & Carter,

2000), 因此本研究運動中乳酸曲線在經過 4 週有氧耐力訓練後產生右移現象, 此現象與 Yoshida et al.(1982)研究中低強度持續運動訓練, 降低次最大運動(Submaximal)負荷之乳酸堆積結果相同。有氧無氧閾值測試中心跳率曲線在後測(T-2)時有右移現象, 在運動強度為 3.5 m/s 時達顯著差異( $174\pm 9.5$ 、 $167\pm 10.0$   $\text{min}^{-1}$ ,  $p<.05$ )。心跳率的上升及下降, 來自迷走神經及交感神經的平衡協調, 而經過耐力訓練的運動員可增強迷走神經作用調節能力, 導致運動中的心跳率降低(Imai et al., 1994), 此現象與 Martinmaki et al.(2008)以 14 週無氧閾值持續運動訓練, 達到降低運動中心跳率的效果相同。本研究發現後測(T-2)個人最大負荷速度增加, 其中有 9 位受試者達 4.5 m/s, 3 位則達 5.0 m/s, 可能是因運動中同樣強度下心跳率及乳酸堆積降低, 故可延長增加個人最大負荷速度及負荷時間。

由上述結果討論, 本研究以 80%無氧閾值心跳率作為有氧耐力訓練方式, 可能因未控制籃球專項訓練方式及強度, 使得 4 週訓練對於有氧閾值速度提升效果未盡理想, 但對於有氧-無氧閾值測試過程中的乳酸及心跳率曲線有右移進步效果, 並且提高受試者最大負荷速度。

## 第二節 80%無氧閾值心跳率訓練結果分析

圖 4-2 為受試者在 4 週 20 min 持續跑訓練中, 每週週一訓練中速度變化情形, 第 1 週訓練(W1) 20 min 持續跑過程中速度變化較不穩定, 且初始速度由第 1 min 為全程最高值  $2.8\pm 0.17$  m/s 降低至全程平均值  $2.4\pm 0.3$  m/s 上下; 第 2、3、4 週訓練(W2、

W3、W4)速度變化較為穩定，起始速度即分別為  $2.3\pm 0.3$ 、 $2.4\pm 0.2$ 、 $2.1\pm 0.4$  m/s，約略保持在平均值  $2.2\pm 0.2$  m/s。

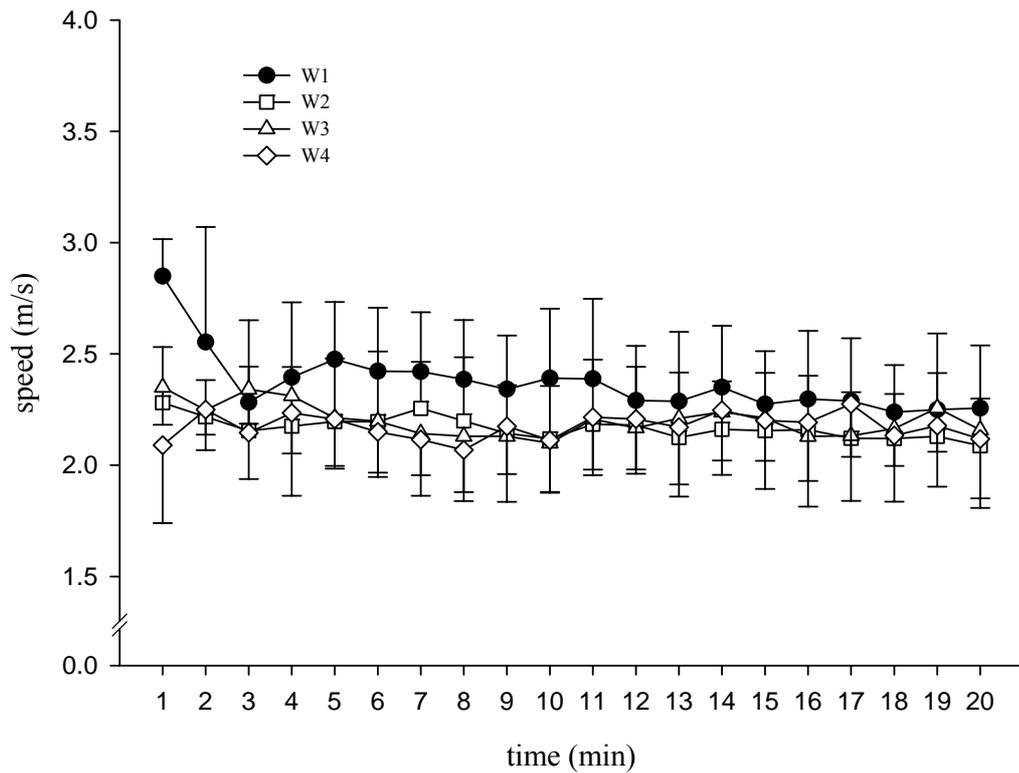


圖 4-2 4 週 20 min 持續跑速度變化情形

受試者 80% 乳酸閾值心跳率平均為  $139\pm 0.9$   $\text{min}^{-1}$ ，訓練心跳區間設定為 80% 無氧閾值心跳率  $\pm 3$   $\text{min}^{-1}$ 。受試者在 4 週 20 min 持續跑訓練中，W1 平均總距離為  $2847\pm 304$  m，W2、W3、W4 平均總距離分別為  $2602\pm 257$ 、 $2643\pm 257$ 、 $2609\pm 192$  m，與 W1 差距為  $-245$  ( $p < .05$ )、 $-204$  及  $-238$  m。4 週持續跑訓練平均心跳率分別為  $144\pm 7.1$ 、 $141\pm 6.6$ 、 $141\pm 6.6$ 、 $142\pm 7.0$   $\text{min}^{-1}$ ，其中 W2 及 W4 心跳顯著較 W1 低，差距分別為  $-3$ 、 $-2$   $\text{min}^{-1}$

( $p < .05$ )；W4 顯著較 W2 高  $1 \text{ min}^{-1}$  ( $p < .05$ )，如表 4-2 所示。

表 4-2 4 週 20 min 持續跑總距離、平均速度及心跳率

	W1	W2	W3	W4
distance (m)	2847±304	2602±257*	2643±257	2609±192
speed (m/s)	2.4±0.3	2.2±0.2*	2.2±0.2	2.2±0.2
HR ( $\text{min}^{-1}$ )	144±7.1	141±6.6*	141±6.6	142±7.0*#

\*: 與 W1 比較達顯著差異 ( $p < .05$ )；#: 與 W4 比較達顯著差異 ( $p < .05$ )。

本研究顯示在訓練過程中後 3 週的平均總距離差距不大，皆在 50 m 內，雖 W1 的平均總距離顯著高於 W2，但從圖 4-2 可看出 W1 在 20 min 持續跑中每 min 的速度變動較大，顯示受試者在 W1 對閾值速度控制未適應，但是在 W2 後即呈現速度穩定狀態。此因受試者在以往耐力訓練方式，持續跑訓練速度皆在 3.0 m/s 以上，故 W1 初始速度即為 2.85 m/s，受試者在低速度穩定控制的能力較差，故訓練平均總距離大於後 3 週，但訓練過程心跳率也高於設定的訓練區間 ( $+2 \text{ min}^{-1}$ )。後 3 週訓練速度變化穩定，且平均總距離並無顯著增加之效果，Neumann 與 Berbalk (1991) 指出 4 週的訓練周期，周期前兩週為生理適應，後兩週為穩定生理適應效果，與本研究中後 3 週呈現速度適應穩定狀態結果雷同。

運動中心跳率的高低代表人體組織對負荷強度的反應，有氧耐力訓練可以改善氧氣的傳遞釋放至肌肉粒線體的能力，及粒線體應用氧氣進入能量代謝的能力 (Jones & Carter, 2000)，增強迷走神經調節作用能力 (Martinmaki et al., 2008)，降低在

同樣運動強度下的心跳率。而本研究是以固定心跳率區間做為訓練強度設定，在生理適應的情況下，有氧耐力的進步應代表在相同心跳率下可完成的距離應較長，如 Helgerud et al. (2001) 的 8 週 4 min 90%-95%最大心跳率的訓練，末次訓練完成距離增加 20%，但在本研究中並無相同結果。Baquet et al. (2003) 在比對過去耐力訓練文獻後認為訓練期的長短並不是影響有氧耐力訓練的決定性因素，Neumann 與 Berbalk (1991)依據生理超補償原理認為 4-6 週已可讓生理對於訓練強度有良好適應，故本研究訓練中完成距離未顯著提高，原因並非訓練期長短，而可能如同有氧閾值能力停滯的情況，在於未控制的籃球專項訓練型態影響有氧耐力訓練適應情形(Heck et al., 2002)。

綜合上述討論，4 週 80%無氧閾值心跳率 20 min 持續跑訓練過程，於後 3 週速度及心跳率控制穩定，但完成距離並無顯著提高的情形，推估應是未受控制的籃球專項訓練型態影響訓練適應情形，使有氧耐力適應停滯。

### 第三節 靜態與籃球專項運動負荷後罰球測試結果分析

受試者靜態罰球命中率於經過 4 週訓練後 T-1、T-2 分別為  $59\pm 12.3$ 、 $59\pm 14.5\%$ ，未有任何差異，但在籃球專項運動負荷後罰球命中率方面 T-1 為  $46\pm 18.4\%$ ，T-2 提升至  $56\pm 14.3\%$ ，兩者差距為 +10%，但未達顯著(表 4-3)。

本研究期間受試者並無接受罰球技術的相關訓練，故在靜態罰球命中率部分前、後測並無任何差異，此結果在本研究中

代表受試者在罰球技術方面並無改變情形。在籃球專項運動負荷後罰球命中率方面，經過 4 週 80%無氧閾值心跳率 20 min 持續跑訓練後，後測命中率比前測值略高 10%，在考慮到罰球技術方面受試者並無改變之情況下，有氧耐力訓練可能有改善籃球專項運動負荷後罰球命中率的效果。Helgerud et al. (2001) 研究以 8 週耐力訓練來改善優秀青年足球員的專項表現，結果發現在實際比賽中的足球技術表現有顯著改善，與本研究結果雷同。

表 4-3 靜態(FT)與籃球專項運動負荷後罰球命中率(FT<sub>load</sub>)前、後測結果比較

	FT (%)	FT <sub>load</sub> (%)
T-1	59±12.3	46±18.4
T-2	59±14.5	56±14.3
<i>Diff.</i>	0	+10

在籃球專項運動負荷後罰球測試其餘各項數據上，如表 4-4 所示，每組籃球專項運動負荷所費時間(Time<sub>load</sub>)由 25.0±0.5 s (T-1)縮短至 23.8±0.8 s(T-2)，差距為 -1.2 s，達顯著差異 ( $p<.05$ )；籃球專項運動負荷後罰球期間平均心跳率(HR<sub>load</sub>) T-1、T-2 分別為 163±8.8 min<sup>-1</sup>及 167±7.2 min<sup>-1</sup>，T-2 比 T-1 高 4 min<sup>-1</sup> ( $p<.05$ )，罰球期間心跳下降百分比(HR<sub>down</sub>)略為提高 1% (T-1: 9.5±4.3%; T-2: 9.6±3.8%)；籃球專項運動負荷測試過程中乳酸堆積率(La<sub>rate</sub>) T-1、T-2 分別為 0.60±0.1、0.58±0.1 mmol/l·s，兩者差距 -0.02 mmol/l·s，未達顯著差異。

受試者在籃球專項負荷測試上，T-2 每組負荷所費時間

(Time<sub>load</sub>)顯著較 T-1 短，因專項負荷的速度較快代表強度較強，反應在負荷結束時罰球期間的心跳率(HR<sub>load</sub>)也顯著較高，如 Jones 與 Carter (2000)所提，運動中的心跳率是代表身體組織對負荷強度的反應，因此衝刺速度越快，則運動強度較強，負荷結束時的心跳率就會越高。在籃球專項負荷中 T-1 及 T-2 平均速度從 4.48 m/s 進步至 4.67 m/s (籃球場四次折返總距離約為 112 m)，此種進步情形應非本研究中有氧耐力訓練所造成的生理適應，而為未受控制的籃球專項訓練部分影響的效益。

表 4-4 籃球專項負荷時間(time)、罰球心跳率(HR<sub>load</sub>)、乳酸堆積率(La<sub>rate</sub>)、心跳下降百分比(HR<sub>down</sub>)前、後測結果比較

	Time <sub>load</sub> (s)	HR <sub>load</sub> (min <sup>-1</sup> )	La <sub>rate</sub> (mmol/l·s)	HR <sub>down</sub> (%)
T-1	25.0±0.5	163±8.8	0.60±0.1	9.5±4.3
T-2	23.8±0.8*	167±7.2*	0.58±0.1	9.6±3.8
<i>Diff.</i>	-1.2	4	-0.02	0.1

\*:  $p < .05$

乳酸的堆積被認為是一種組織缺氧的表徵，因此在籃球專項負荷強度提升的情形下，測試過程中的乳酸堆積率 (La<sub>rate</sub>) 應相對提高，但本研究中並為有此現象，反之有下降 0.02 mmol/l·s 的情形。有氧耐力訓練可透過增強克勞伯循環接受丙酮酸的能力，提高碳水化合物的利用率，延緩醣類在高強度運動時的耗盡，進而減少運動中乳酸的堆積(Jones & Carter, 2000)，而耐力的提升也伴隨著高血流循環，以及提高單羧基運

送體 MCT1 與 MCT4 活性及載運乳酸的能力，可較快速排除肌肉中的氫離子及乳酸(Kemper et al., 2001; Messonnier et al., 2006b)，本研究受試者在經過 4 週有氧耐力持續跑訓練後，籃球專項運動負荷測試中乳酸堆積率在 T-2 時有下降，可能是因上述原因。

Gocentas et al. (2007)研究顯示有氧耐力能力與重複衝刺運動間歇休息時心跳率的下降程度達顯著負相關，顯示有氧耐力較佳的個體其間歇休息時心跳率恢復較快，許多研究也顯示，有氧耐力能力會增強迷走神經再活化的機制，加快運動負荷後心跳率的恢復(Desai et al., 2001; Tiukinhoy et al., 2003)。同樣在本研究經過 4 週 80%無氧閾值心跳率持續跑訓練後，受試者在 T-2 籃球專項運動負荷測試時的心跳下降百分比提升 0.1%，可能為訓練增強迷走神經再活化的能力，讓運動後心跳率可快速下降，為本研究訓練適應效果。

Gocentas et al. (2004)研究指出，有著較佳有氧能力的籃球運動員，在持續 3.5 min 的三分球投射運動中的心跳率顯著較低，籃球專項運動表現上也更有效益；Helgerud et al. (2001)發現以有氧耐力訓練可間接改善足球專項表現。本研究受試者在靜態罰球命中率(技術指標)不變的情況下，受試者 T-2 時籃球專項運動負荷後罰球命中率有進步的趨勢，此結果可能是因有氧耐力的提升，使得乳酸堆積率下降，延緩肌肉在運動負荷後的疲勞程度，及罰球期間心跳率的快速恢復下降能力，進而改善短暫間歇時罰球動作的流暢性及穩定度，導致籃球專項運動負荷後罰球命中率的進步，與 Gocentas et al. (2004)及 Helgerud et al. (2001)的研究機轉相同。而考慮 Kozar et al. (1995)統計指出 NCAA 男子籃球隊在每組練習課程結束時所執

行的頭兩次罰球命中率與比賽中的命中率相仿，代表在運動負荷疲勞隊罰球命中率的影響，與比賽情境累積的疲勞可能相同，故本研究受試者在籃球專項運動負荷後的罰球命中率可能與受試者實際比賽時的罰球命中率相仿，因此 4 週 80%無氧閾值心跳率持續跑訓練對於實際比賽中罰球命中率可能有改善效果。

圖 4-3 為 T-1、T-2 籃球專項負荷後每組罰球開始(1x-s~5x-s)及結束時(1x-e~5x-e)受試者心跳率變化趨勢。受試者在測試全程前、後測僅有 5 個時間點有達顯著差異( $p<.05$ )，分別為：第 1 組罰球開始(1x-s)及結束時(1x-e)心跳分別為  $157\pm11.4$ 、 $134\pm16.3 \text{ min}^{-1}$  (T-1)及  $165\pm7.0$ 、 $144\pm13.5 \text{ min}^{-1}$  (T-2)，前、後測差距+8  $\text{min}^{-1}$  及+10  $\text{min}^{-1}$ ；第 2 組罰球開始時(2x-s) T-1 及 T-2 心跳率為  $167\pm8.0 \text{ min}^{-1}$  及  $173\pm7.4 \text{ min}^{-1}$ ，兩者相距+3  $\text{min}^{-1}$ ；第 3 組罰球開始時(3x-s)心跳率為  $172\pm8.1 \text{ min}^{-1}$  (T-1)、 $176\pm7.7 \text{ min}^{-1}$  (T-2)，相差+4  $\text{min}^{-1}$ ，結束時(3x-e)心跳率為  $157\pm11.4 \text{ min}^{-1}$  (T-1)、 $161\pm10.6 \text{ min}^{-1}$  (T-2)，相差+4  $\text{min}^{-1}$ ，其餘測試時間點前、後測並無顯著差異。

在 T-2 受試者平均速度較 T-1 快(4.67 m/s & 4.48 m/s)，因負荷強度較高，故頭 3 組罰球時的心跳率反應運動強度的高低，皆顯著較 T-1 時高。在末 2 組罰球時 T-1、T-2 心跳率趨近，在 T-2 負荷強度仍比 T-1 強的情況下，心跳率並無如前幾組罰球時反應運動強度的高低，原因可能為經有氧耐力訓練後，迷走神經調節抑制心跳的能力增強，讓運動中的心跳率下降及運動後心跳率快速恢復(Desai et al., 2001)。

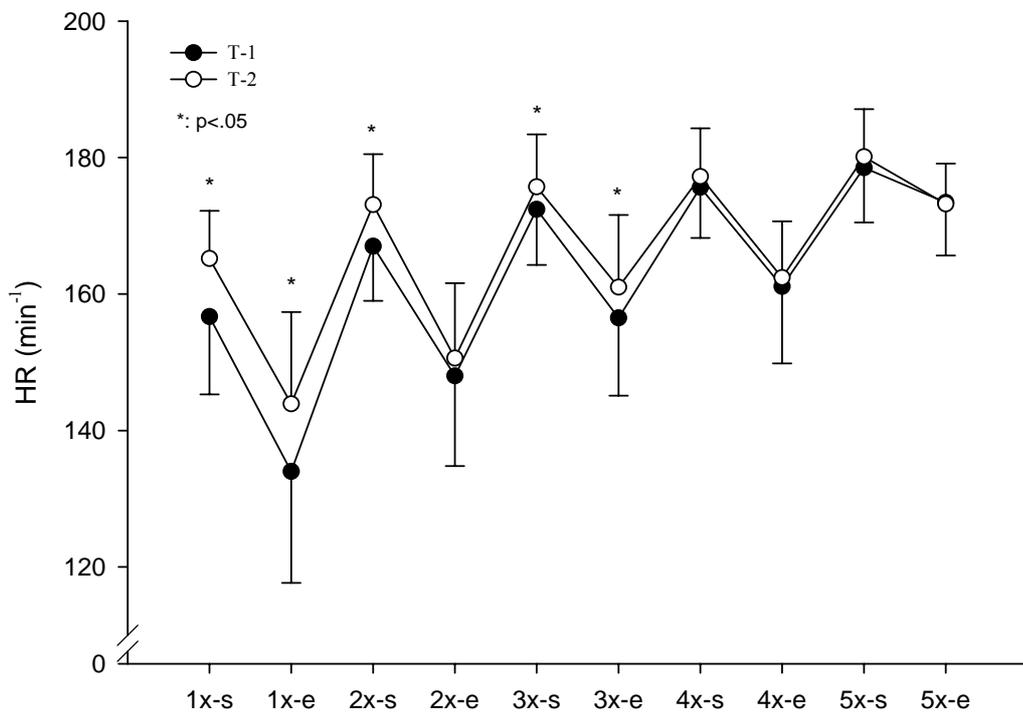


圖 4-3 籃球專項運動負荷後每組罰球心跳率變化

#### 第四節 耐力能力與籃球專項罰球測試之相關分析

##### 一、有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率之相關

受試者於 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率之相關，經皮爾遜積差相關分析後發現成正相關趨勢，相關值達 0.504。受試者在 T-2 時平均有氧閾值速度為 2.5 m/s，籃球專項運動負荷後罰球命中率為 56%，如圖 4-4 所示。

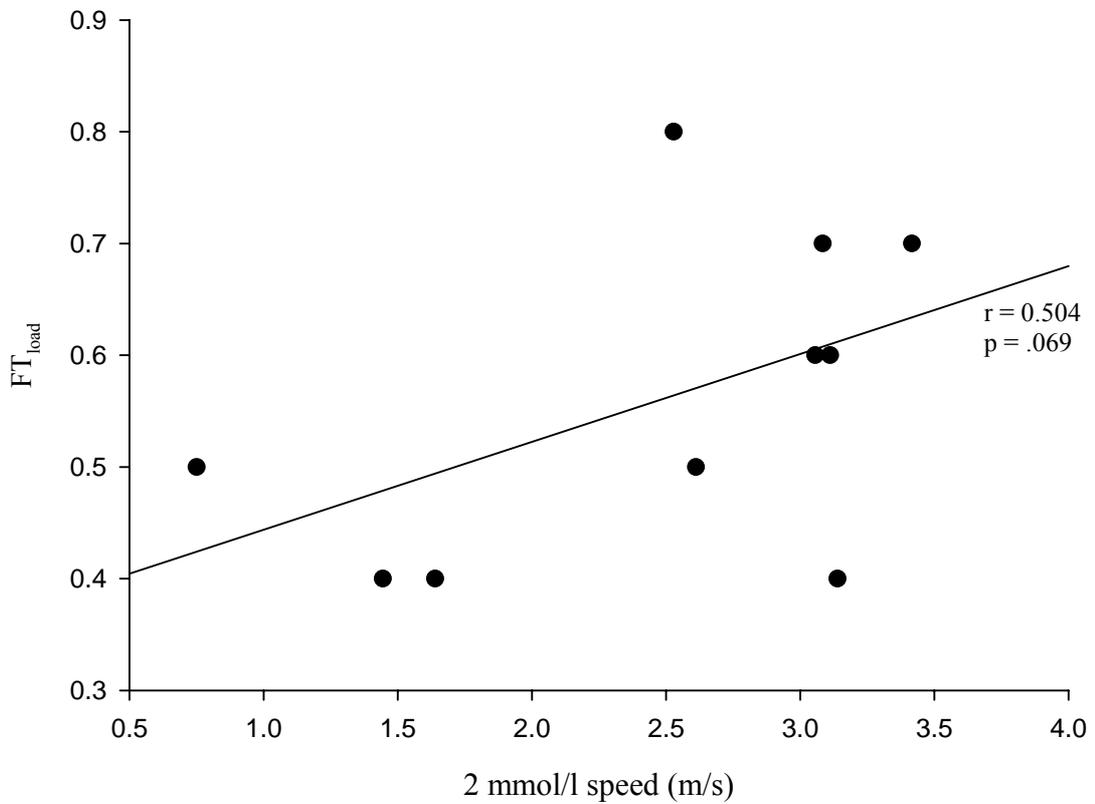


圖 4-4 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率之相關

在 T-2 時受試者的個人有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率相關為 0.504，代表當有氧閾值速度越高者，其運動負荷後罰球命中率也會相對越高。有氧耐力較佳可能代表著運動中乳酸堆積量下降及負荷後心跳率恢復速度加快，如 Helgerud et al. (2001)的研究，有氧耐力的提升確實對於重複間歇衝刺的非循環式運動(足球)專項表現有所助益，而 Gocentas et al. (2006)也經過研究後指出，籃球運動員的有氧耐力表現較高，其在運動專項活

動上有著較佳的經濟性，如此也直接幫助在球員籃球專項表現上(Gocentas et al., 2004)，皆與本研究中有氧閾值與運動負荷後罰球命中率呈現正相關的結果相仿，因此提升有氧耐力對於籃球專項運動負荷後罰球命中率具有正面效益。

## 二、有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球心跳率之相關

受試者於 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後平均罰球心跳率之相關，經皮爾遜積差相關分析後發現相關值為 -0.301，未達顯著。受試者在 T-2 時平均有氧閾值速度為 2.5 m/s，籃球專項運動負荷後平均罰球心跳率為 167 min<sup>-1</sup>，如圖 4-5 所示。

本研究中受試者在 T-2 時有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後平均罰球心跳率成負相關趨勢，此結果代表當球員個人有氧耐力能力較佳時，在運動負荷後的間歇休息過程時的平均心跳率較低，也代表著球員在執行罰球時有著較低的心跳率，避免高心跳率所可能帶來罰球動作不穩定。間歇休息時心跳率的下降，是由於迷走神經的再活躍，而有氧耐力的提升可以增強迷走神經的作用能力，對於調節運動後心跳率的恢復有正面助益(Desai et al., 2001; Imai et al., 1994)。Gocentas et al. (2004, 2006)的研究發現，當球員的有氧耐力表現較佳時，其在 3.5 min 三分球投射過程中的平均心跳率較低，與本實驗研究結果相符。然而，兩者相關趨勢在統計上並未達到顯著，可能由於本研究中所設定的專項運動負荷為受試者個人最大速度的衝刺，受試者在運動負荷後間歇罰球過程中的平均心跳率

會受到個人衝刺速度的影響。

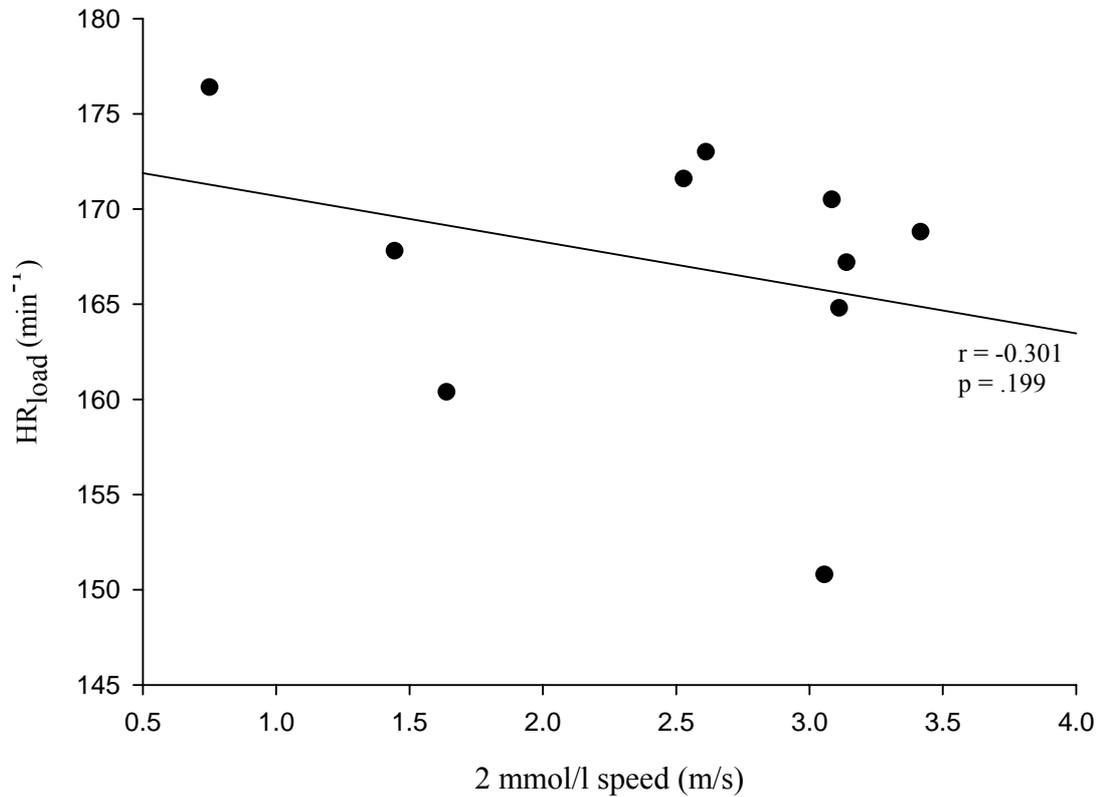


圖 4-5 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後平均罰球心跳率之相關

受試者於 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後心跳率下降百分比之相關，經分析後發現相關值為 0.407，未達顯著。受試者在 T-2 時平均有氧閾值速度為 2.5 m/s，負荷後心跳率下降百分比平均為 9.55%，如圖 4-6 所示。

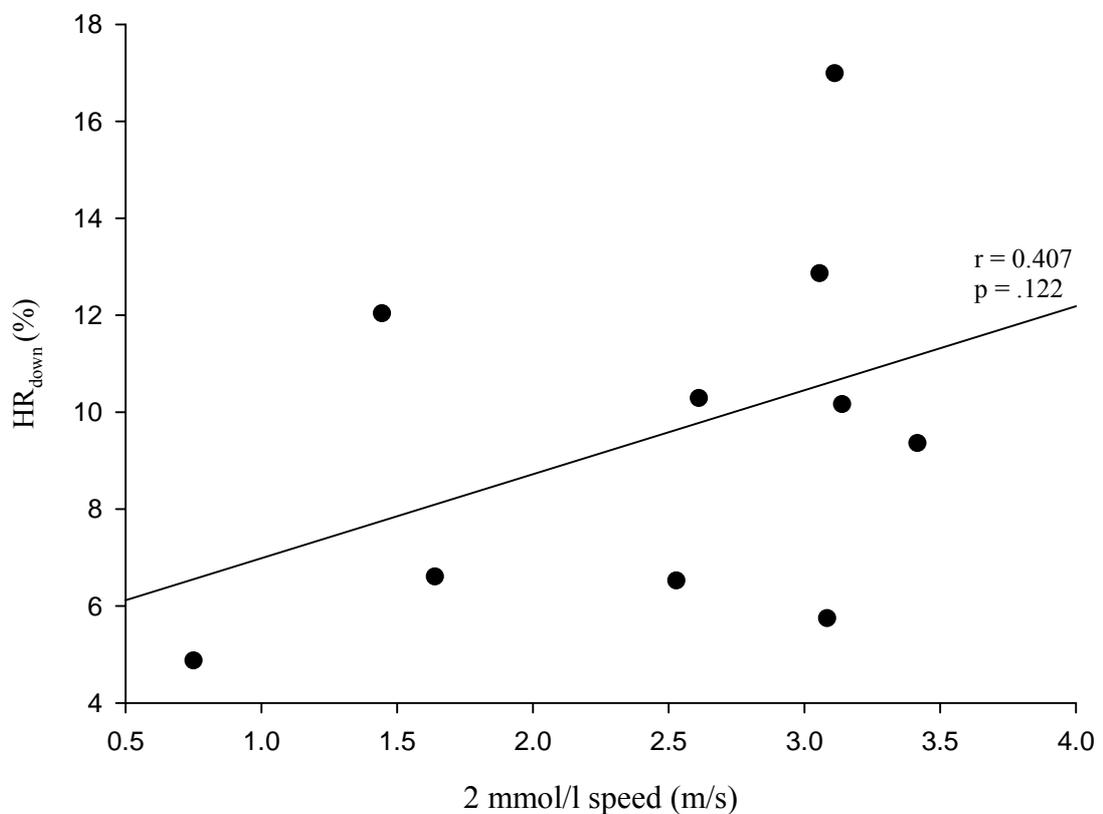


圖 4-6 T-2 有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後心跳率下降百分比之相關

受試者在經過 4 週 80%無氧閾值心跳率持續跑訓練後，於 T-2 時有氧閾值速度與負荷後心跳率下降百分比成正相關趨勢，顯示當有氧耐力能力較佳時，籃球專項運動負荷後心跳率下降速度可能較快。Gocentas et al. (2007) 研究發現 75 m 重複衝刺後心跳率的下降程度與有氧耐力能力呈現負相關，許多研究也指出有氧訓練提升有氧體適能，改善迷走神經再活化的機制是加速運動後心跳率下降的重要因素(Desai et al., 2001; Imai et al., 1994; Tiukinhoy

et al., 2003)，皆與本研究結果相符。然本研究中相關並未達到顯著，如 Gocentas et al. (2007)提到，有氧耐力與負荷後心跳率下降的相關程度，會受到衝刺的距離、重複次數以及休息的形態與周期影響，故可能為本研究中籃球專項運動負荷的運動型態，影響有氧耐力與籃球專項運動負荷後心跳率下降的相關程度。

### 三、無氧閾值與籃球專項運動負荷能力之相關

受試者於 T-2 無氧閾值速度與籃球專項運動負荷時間之相關，經皮爾遜積差相關分析後發現成顯著負相關，相關值達  $-0.765$  ( $p < .05$ )。受試者在 T-2 時平均無氧閾值速度為  $3.5$  m/s，籃球專項運動負荷時間為  $23.8$  s，如圖 4-7 所示。

本研究中受試者在 T-2 時無氧閾值速度與籃球專項運動復後所費時間成顯著負相關，相關值高達  $0.765$ ，顯示無氧耐力能力較佳者速度較快。Heck et al. (1985)定義無氧閾值 ( $4$  mmol/l)速度，是指可維持乳酸穩定的最大運動強度，因此無氧閾值速度越高，無氧糖酵解能力上升，代表在相同強度下的乳酸生成量變少，延長肌肉快速收縮持續時間的能力，因而在相同距離下所費時間較短。

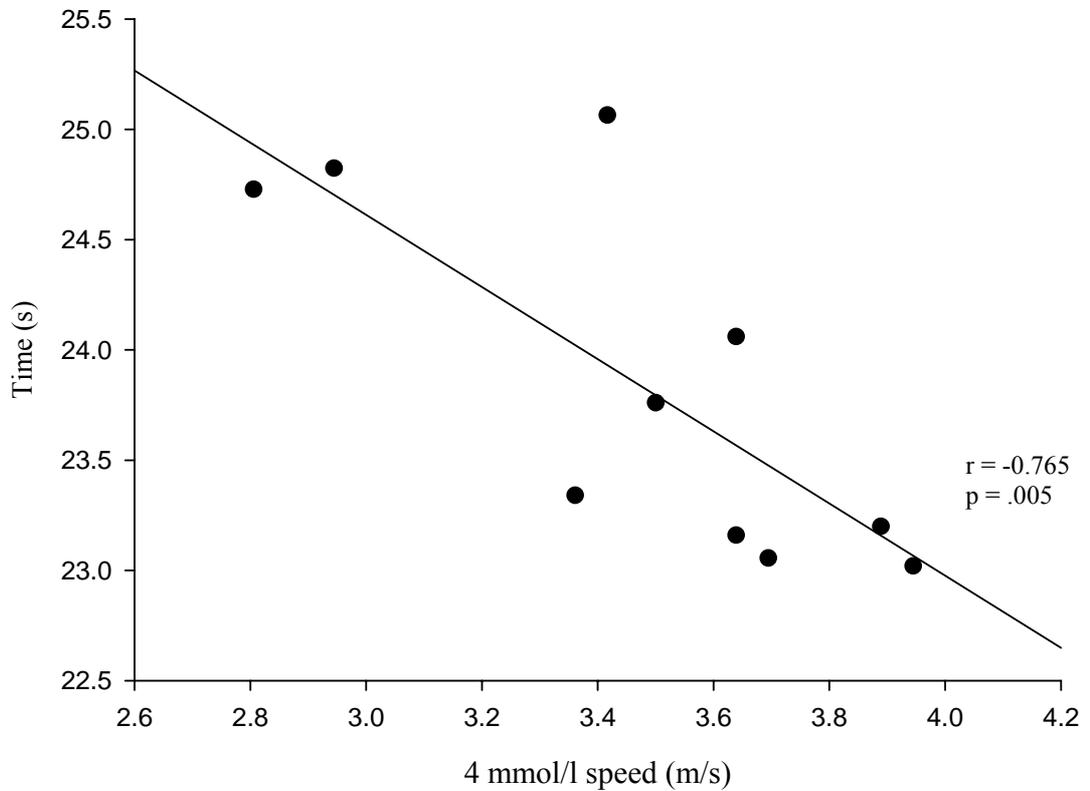


圖 4-7 T-2 無氧閾值速度與籃球專項運動負荷時間之相關

受試者於 T-2 無氧閾值心跳率與籃球專項運動負荷中最大心跳率之相關，經直線迴歸相關分析後發現成正相關，相關值為 0.494。受試者在 T-2 時平均無氧閾值心跳率為  $168 \text{ min}^{-1}$ ，籃球專項運動負荷中平均最大心跳率為  $174 \text{ min}^{-1}$ ，如圖 4-8 所示。

無氧閾值心跳率與籃球專項負荷測試過程中最大心跳率呈現正相關，相關值為 0.494，代表當無氧閾值心跳率越高時，其專項負荷測試過程中出現的最大心跳率越高，，如 Jones 與 Carter (2000)所提，運動中的心跳率是

代表身體組織需氧量的高低，因此當無氧閾值速度上升，則閾值心跳率也會隨之上升，而因無氧糖酵解能力提高，間接使得籃球專項運動負荷衝刺速度越快，運動強度較強，因此在測試過程中的最大心跳率也隨之提高。

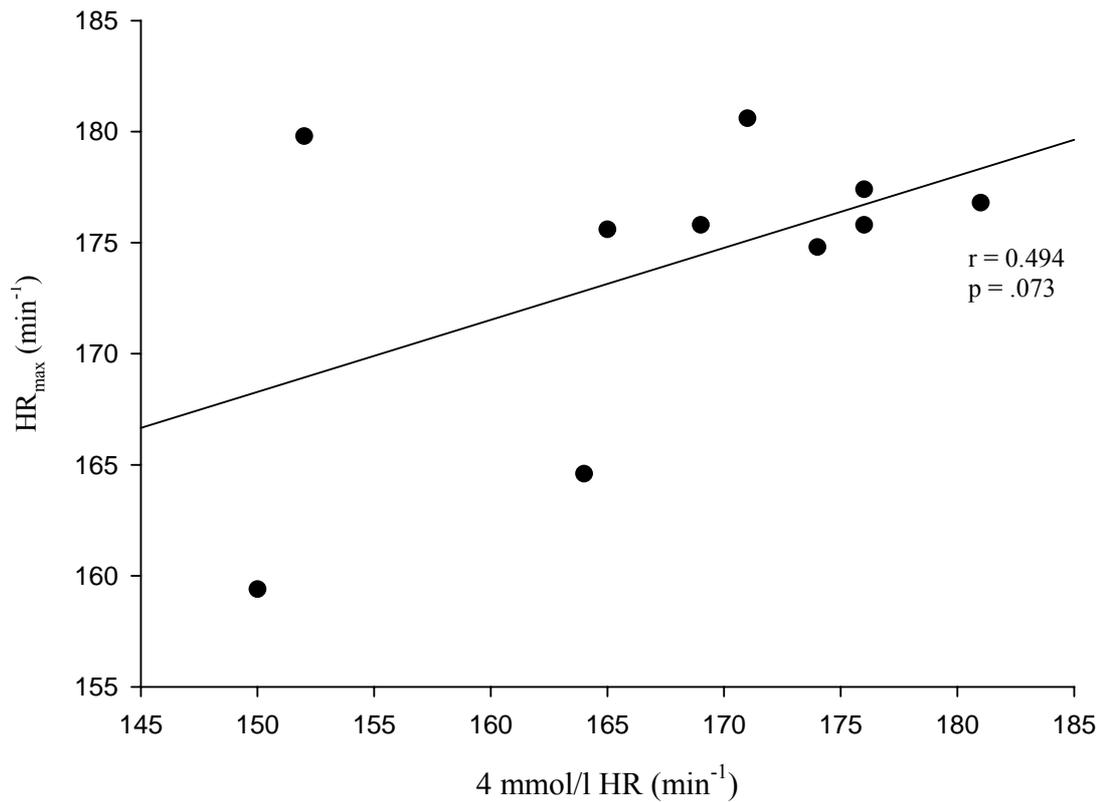


圖 4-8 T-2 無氧閾值心跳率與籃球專項運動負荷中最大心跳率之相關

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究是以 10 名高中甲組男子籃球隊選手進行測試，依 Hollmann et al. (1978)提出的無氧閾值心跳率公式，計算球員個人 80%無氧閾值心跳率，並以此為運動強度進行 4 週 20 min 持續跑有氧耐力訓練，探討有氧耐力訓練對籃球運動員之籃球專項運動負荷後罰球命中率能力之影響。本研究結論如下：

- 一、4 週 80%無氧閾值心跳率 20 min 持續跑訓練對於有氧閾值 (2 mmol/l)速度並無改善效果，但閾值心跳率下降，兩者皆未達顯著差異。
- 二、實施 4 週 80%無氧閾值心跳率 20 min 持續跑訓練後，受試者籃球專項運動負荷後罰球命中率由 46%提升至 56%，但未達顯著差異。
- 三、受試者有氧閾值速度與籃球專項運動負荷後罰球命中率相關值為  $r=0.504$ ，但未達顯著相關。

## 第二節 建議

- 一、本研究的有氧耐力訓練對於籃球專項運動負荷後罰球命中率有幫助，如球員比賽罰球命中率遲遲無法提升，建議教練除在技術及心理層面加強外，也可考慮是否為有氧耐力能力影響運動負荷後技術的正常發揮。
- 二、本研究中有氧耐力訓練對於遞增運動中的心跳率及乳酸皆有改善，且可能受到籃球專項運動訓練強度干擾而未有顯著改善有氧閾值速度。建議教練在準備期訓練階段，培養球員有氧耐力能力，以提升球員短時間快速恢復能力，並適當調整專項訓練強度，避免使有氧耐力訓練效果停滯。
- 三、本研究所使用的無氧閾值心跳率公式為簡易了解個人耐力能力的方式，可作為教練在制定有氧耐力訓練強度方式之參考。

## 參考文獻

### 中文部份

張嘉澤、詹元碩(2005)。運動能力之診斷與訓練調整。國民體育季刊，34(3)，44-52。

詹蕙真(2006)。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。國立體育學院教練研究所碩士論文，未出版，桃園縣。

### 外文部份

Allen, D. G., Lannergren, J., & Westerblad, H. (1995). Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology*, 80(4), 497-527.

Baquet, G., van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33(15), 1127-1143.

Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75; discussion 75.

Blanchard, E. M., Pan, B. S., & Solaro, R. J. (1984). The effect of acidic pH on the ATPase activity and troponin Ca<sup>2+</sup> binding of rabbit skeletal myofilaments. *The Journal of Biological Chemistry*, 259(5), 3181-3186.

Bosquet, L., Leger, L., & Legros, P. (2002). Methods to

- determine aerobic endurance. *Sports Medicine*, 32(11), 675-700.
- Button, C., MacLeod, M., Sanders, R., & Coleman, S. (2003). Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(3), 257-269.
- Cole, C. R., Foody, J. M., Blackstone, E. H., & Lauer, M. S. (2000). Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Annals of Internal Medicine*, 132(7), 552-555.
- Cooke, R., & Pate, E. (1985). The effects of ADP and phosphate on the contraction of muscle fibers. *Biophysical Journal*, 48(5), 789-798.
- Cormery, B., Marcil, M., & Bouvard, M. (2008). Rule change incidence on physiological characteristics of elite basketball players: a 10-year-period investigation. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 25-30.
- Desai, M. Y., De la Pena-Almaguer, E., & Mannting, F. (2001). Abnormal heart rate recovery after exercise as a reflection of an abnormal chronotropic response. *The American Journal of Cardiology*, 87(10), 1164-1169.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1975-1982.

- Fowles, J. R., Green, H. J., Tupling, R., O'Brien, S., & Roy, B. D. (2002). Human neuromuscular fatigue is associated with altered Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity following isometric exercise. *Journal of Applied Physiology*, *92*(4), 1585-1593.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *36*(2), 58-63.
- Gocentas, A., & Landõr, A. (2006). Dynamic Sport-specific Testing and Aerobic Capacity in Top Level Basketball Players. *Papers on Anthropology*, *15*, 55-63.
- Gocentas, A., Landõr, A., & Andziulis, A. (2004). Dependence of intensity of specific basketball exercise from aerobic capacity. *Papers on Anthropology*, *13*, 9-17.
- Gocentas, A., Landõr, A., & Juozulynas, A. (2007). Recovery after repeated sprints associated with aerobic capacity in basketball players (recovery after sprints in basketball players). *Papers on Anthropology*, *16*, 92-99.
- Hagbarth, K. E., & Macefield, V. G. (1995). The fusimotor system. Its role in fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *384*, 259-270.
- Hamilton, G. R., & Reinschmidt, C. (1997). Optimal trajectory for the basketball free throw. *Journal of Sports Sciences*, *15*(5), 491-504.
- Hays, D., & Krause, J. V. (1987). Score on the throw. *Basketball Bulletin, Winter*, 4-9.

- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3), 117-130.
- Heck, H., Schulz, H. (2002). Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Z SportMed*, 53(7+8), 202-212
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
- Hollmann, W., Liesen, H., Rost, R., & Kawahats, K. (1978). *Über Das Leistungsverhalten und die Trainerbarkeit im Alter. Z. Geront*, 11, 312. In: 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整（印刷中）。
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernstrom, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2008). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of Applied Physiology*. [Epub ahead of print]
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., et al. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after

- exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 24(6), 1529-1535.
- Jenkins, R. (1977). Win The Big Ones From The Foul Line. *Scholastic Coach*, 47(5), 88-89.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386.
- Jost, J., Friedmann, B., Dorsch, M., Jalak, R., Weiß, M. (1996). Sportmedizinische Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im Basketball. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 1, 3-16.
- Kemper, W. F., Lindstedt, S. L., Hartzler, L. K., Hicks, J. W., & Conley, K. E. (2001). Shaking up glycolysis: Sustained, high lactate flux during aerobic rattling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 723-728.
- Kozar, B., Vaughn, R. E., Lord, R. H., & Whitfield, K. E. (1995). Basketball Free-Throw Performance: Practice Implications. *Journal of Sport Behavior*, 18(2), 123-129.
- Kozar, B., Vaughn, R. E., Whitfield, K. E., Lord, R. H., & Dye, B. (1994). Importance of free-throws at various stages of basketball games. *Perceptual and Motor Skills*, 78(1), 243-248.
- Kunzel-Bohmer, J., Buhringer, G., & Janik-Konecny, T. (1993). *Expertise zur Primarprvention des Substanzmissbrauchs:*

- Nomos-Verl.-Ges. In: 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整（印刷中）。
- Lidor, R., & Singer, R. N. (2000). Teaching preperformance routines to beginners. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance, 71*, 34-36.
- Lonsdale, C., & Tam, J. T. (2008). On the temporal and behavioural consistency of pre-performance routines: an intra-individual analysis of elite basketball players' free throw shooting accuracy. *Journal of Sports Sciences, 26*(3), 259-266.
- MacLean, J. C. (1984). *Refinement of time-motion study procedures*. University of New Brunswick.
- Mader, A. (1994). *Die Komponenten der Stoffwechselleistung in den leichtathletischen ausdauerdisziplinen – Bedeutung für die Wettkampfleistung und Möglichkeiten zu ihrer Bestimmung*. In: Tschiene, P. (Hrsg): *Neue tendenzen im Ausdauertraining*. Band 12 Frankfurt, 127-219. In: 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整（印刷中）。
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., et al. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmed, 27*(4), 80-88. In: 張嘉澤，訓練學，臺北縣：臺灣運動能力診斷協會。
- Martinmaki, K., Hakkinen, K., Mikkola, J., & Rusko, H. (2008). Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal

- exercise test. *Eur J Appl Physiol*, 104(3), 541-548.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387-397.
- McKenna, M. J., Schmidt, T. A., Hargreaves, M., Cameron, L., Skinner, S. L., & Kjeldsen, K. (1993). Sprint training increases human skeletal muscle Na(+)-K(+)-ATPase concentration and improves K<sup>+</sup> regulation. *Journal of Applied Physiology*, 75(1), 173-180.
- Mersky, M. J. (1987). Coaching and teaching the free-throw shooter. *The Basketball Clinic*, 19(5), 8-11.
- Messonier, L., Denis, C., Feasson, L., & Lacour, J. R. (2006a). Comments on Point:Counterpoint series "Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity". *Journal of Applied Physiology*, 101(4), 1269.
- Messonier, L., Denis, C., Feasson, L., & Lacour, J. R. (2006b). An elevated sarcolemmal lactate (and proton) transport capacity is an advantage during muscle activity in healthy humans. *Journal of Applied Physiology*.
- Moran, A. P. (1996). *The psychology of concentration in sport performers*. UK: Psychology Press.
- Neumann, G., & Berbalk, A. (1991). Umstellung und anpassung des Organismusgrundlegende Voraussetzung der sportlichen Leistungsfähigkeit. In: 張嘉澤，訓練學，臺北縣：臺灣運動能力診斷協會。

- Okubo, H., & Hubbard, M. (2006). Dynamics of the basketball shot with application to the free throw. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1303-1314.
- O'Leary, D. S. (1993). Autonomic mechanisms of muscle metaboreflex control of heart rate. *Journal of Applied Physiology*, 74(4), 1748-1754.
- Overend, T. J., Paterson, D. H., & Cunningham, D. A. (1992). The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canadian Journal of Sports Science*, 17(2), 129-134.
- Pim, R. (1986). The effect of personal fouls on winning and losing basketball games. *The Coaching Clinic*, 24(4), 14-16.
- Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 556, 83-91.
- Sahlin, K. (2006). Metabolic Factors in Fatigue. In M. Hargreaves & L. Spriet (Eds.), *Exercise Metabolism* (2 ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sahlin, K., & Ren, J. M. (1989). Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *Journal of Applied Physiology*, 67(2), 648-654.
- Schuetzle, R. K. (1988). *The Relationship of Free Throw Shooting to Game Outcome*. Eastern Washington University.
- Shoenfelt, E. L. (1991). Immediate effect of weight training as compared to aerobic exercise on free-throw shooting in

- collegiate basketball players. *Perceptual and Motor Skills*, 73(2), 367-370.
- Sjoholm, H., Sahlin, K., Edstrom, L., & Hultman, E. (1983). Quantitative estimation of anaerobic and oxidative energy metabolism and contraction characteristics in intact human skeletal muscle in response to electrical stimulation. *Clinical Physiology*, 3(3), 227-239.
- Soares, J. M. (1992). Effects of training on muscle capillary pattern: intermittent vs continuous exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(2), 123-127.
- Tiukinhoy, S., Beohar, N., & Hsie, M. (2003). Improvement in heart rate recovery after cardiac rehabilitation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 23(2), 84-87.
- Urhausen, A., Kindermann, W. (2003). Trainingsempfehlungen im Gesundheitssport. In: Kindermann, W.; Keul, J.: Lactate acidosis with different form of sport activities. *Canad J Appl Sp Sci*, 2, 177-182.
- Weltman, A. (1995). *The Blood Lactate Response to Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Yoshida, T., Suda, Y., & Takeuchi, N. (1982). Endurance training regimen based upon arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 49(2), 223-230.

## 受試者須知

研究名稱：有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球命中率  
之影響

研究者：國立臺灣體育大學教練研究所 郭亞涵

本研究目的在探討經過四週有氧耐力訓練後，對籃球選手耐力與專項運動負荷後罰球表現之影響。受試者在參與本實驗時應注意下列事項：

- 一、受試者於實驗期間不得從事實驗訓練計畫及例行訓練之外的訓練課程。
- 二、受試者接受各項檢測時，請穿著運動服裝，經過適當熱身之後，盡全力完成所有施測項目。
- 三、實驗期間，受試者得提出研究與測試相關問題，研究者除將盡力回答所提問題外，也將盡全力保障受試者的安全。
- 四、受試者於實驗期間如因身體不適或其他理由，得隨時退出本研究。

---

---

本人經研究者詳細解說，確實了解研究內容及步驟，同意參與研究，  
並接受一切必須的各項檢測。

受試者(簽名)：

日期： 年 月 日

---

---

感謝您的參與，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。



## 國立體育學院 教練研究所

訓練生理與健康實驗室 運動專項能力診斷疾病調查

姓名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重(kg)：	性別：																																							
項目：		最佳成績：		訓練年數：																																							
<p>請據實回答以下問題：</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">1. 是否有心臟疾病</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>2. 是否有血液疾病</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>3. 是否有糖尿病</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>4. 是否有高血壓</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>5. 是否有氣喘疾病</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>6. 是否有癲癇症</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>7. 是否有肌肉疼痛</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>8. 最近六個月是否有開刀手術</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 是</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 否</td> </tr> <tr> <td>9. 其他：</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>    1) _____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>    2) _____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>    3) _____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>    4) _____</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					1. 是否有心臟疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	2. 是否有血液疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	3. 是否有糖尿病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	4. 是否有高血壓	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	5. 是否有氣喘疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	6. 是否有癲癇症	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	7. 是否有肌肉疼痛	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	8. 最近六個月是否有開刀手術	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	9. 其他：			1) _____			2) _____			3) _____			4) _____		
1. 是否有心臟疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
2. 是否有血液疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
3. 是否有糖尿病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
4. 是否有高血壓	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
5. 是否有氣喘疾病	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
6. 是否有癲癇症	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
7. 是否有肌肉疼痛	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
8. 最近六個月是否有開刀手術	<input type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否																																									
9. 其他：																																											
1) _____																																											
2) _____																																											
3) _____																																											
4) _____																																											
運動員簽名： _____			日期： _____																																								
教練簽名： _____																																											



國立臺灣體育大學(桃園)人體試驗委員會

人體試驗審查通過證明函

查本校教練研究所研究生郭亞涵申請之「有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球命中率之影響」關於使用人類受試者部份，業經本委員會於98年01月20日審查通過，特此證明。

主任委員 **湯文慈**

國立臺灣體育大學 (桃園)  
人體試驗委員會



中 華 民 國 9 8 年 0 1 月 2 0 日