

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

三天小型比賽訓練對足球選手
專項耐力之影響

**The Effect of Three Days Small-side Game Training
on Endurance Capacity in Football Players**

指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：曾台霖 撰

中 華 民 國 105 年 6 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

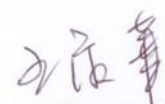
本論文：三天小型比賽訓練對足球選手專項耐力之影響

係國立體育大學教練研究所研究生 曾台霖 所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

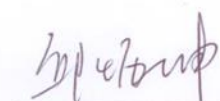
本論文承蒙下列考試委員審查通過

中華民國一零五年六月

論文考試委員


王淑華 博士

臺北市立大學教授


邱炳坤 博士

國立體育大學教授


張嘉澤 博士

國立體育大學助理教授
(本論文指導教授)

三天小型比賽訓練對足球選手 專項耐力之影響

摘要

本研究主要目的在探討三天應用小型比賽訓練方式是否可以快速改善足球選手專項耐力。方法：以 8 名全運會成人男子足球選手為研究對象，運用小型足球比賽型態，分為兩組進行 4 對 4 比賽訓練，訓練為期連續三天。本研究測試分為（前、後測）以及訓練適應測試（Day1、Day3）。測試方式分別為基礎耐力測試以及專項耐力測試。結果：三天小型比賽訓練顯著提升有氧閾值以及無氧閾值耐力速度 ($p < .05$)，但在心跳率未達顯著改善 ($p > .05$)。在專項耐力方面，顯著提升專項耐力 10 m 折返跑速度，乳酸和心跳率未達顯著改善 ($p > .05$)。基礎耐力與專項耐力未達顯著相關。另外訓練適應測試第一天與第三天適應比較，心跳率於第三天訓練的第三和第四次達顯著下降 ($p < .05$)，乳酸在運動結束後均顯著下降 ($p < .05$)。結論：三天小型比賽訓練有效提升基礎耐力以及專項 10 m 折返速度能力，在訓練適應中，有效降低心跳率以及訓練結束後乳酸。

關鍵詞：有氧閾值、無氧閾值、高強度間歇訓練

The Effect of Three Days Small-side Game Training on Endurance Capacity in Football Players

Abstract

Purpose: This study aimed to investigate the short-term training effect of small-side game in football player. **Method:** Eight football players at high competition level voluntarily participated this study. Three days 4 v 4 small-side game training was used as training regime. The protocol of this study was pre-post test design. Basic and specific endurance tests were used to evaluate endurance capacity. **Result:** Anaerobic and aerobic thresholds were improved during basic endurance test. In specific endurance test, speed of 10 m shuttle run was significantly increased after training. However, blood lactate concentration, change in heart rate responses, and endurance capacity during basic and specific endurance tests were no significant difference. Compared with Day 1 physiological responses during training, average heart rate response was significantly decreased during 4 v 4 small-side game in Day 3. Post-exercise blood lactate concentration was also lower in Day 3 training than that of Day 1 training. **Conclusion:** Three days 4 v 4 small-side game training can improve 10 m shuttle running capacity. Lower heart rate responses and blood lactate concentration indicates optimal short-term training effect occurred in the third day of training.

Key words : Aerobic threshold, Anaerobic threshold,
High-Intensity-Interval-Training

謝誌

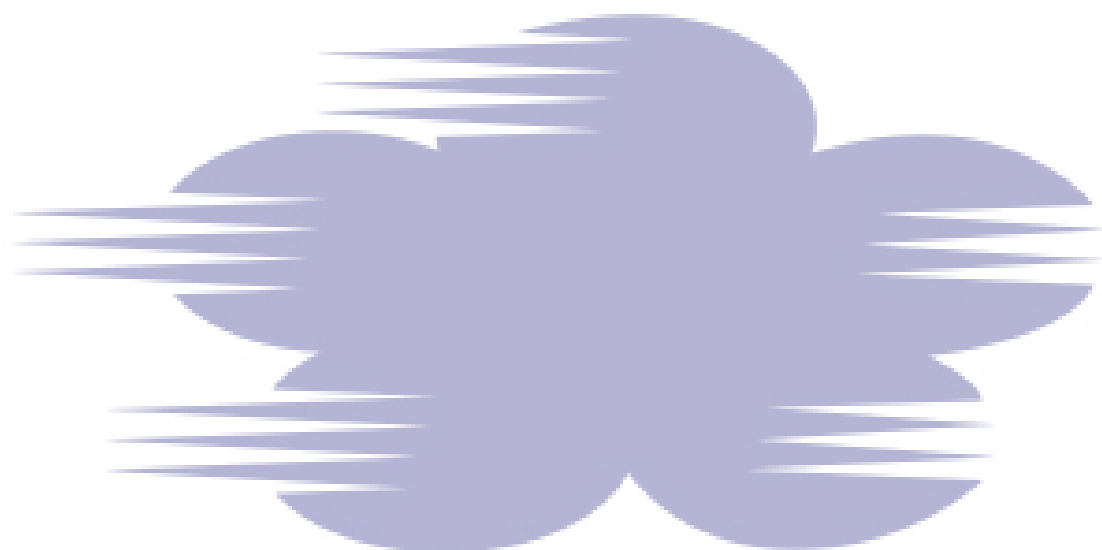
首先誠摯感謝指導教授張嘉澤博士，在學術上細心的指導與協助，並且不時關心研究進度及提供良好的建議與資訊，促使本論文能夠如期完成。本論文承蒙口試委員邱炳坤教授、王淑華教授殷切指導，使論文內容更臻完善，特此敬申謝意。在學期間，感謝國立體育大學所以教師的教誨外，非常感謝 SPDI 實驗室每一位夥伴，在這兩年的指點與協助，本人敬上十二萬分的謝意與敬意。

最後特別感謝我的家人及身旁的朋友，讓台霖得以無後顧之憂下，追求自己的理想，特將此榮耀與您一同分享，謝謝你們。

目 錄

第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	3
第三節 名詞解釋	4
第貳章 文獻探討	5
第一節 足球運動特性與能量系統相關研究	5
第二節 小型足球比賽之相關研究	7
第三節 乳酸與心跳率應用之相關研究	11
第四節 文獻總結	16
第參章 研究方法	17
第一節 研究對象	17
第二節 實驗時間與實驗場地	17
第三節 實驗儀器與實驗設備	18
第四節 實驗設計與方法	19
第五節 實驗流程	24
第六節 資料處理與分析	25
第肆章 結果分析與討論	26
第一節 基礎耐力	26
第二節 專項耐力	29
第三節 基礎耐力與專項耐力之關係	33
第四節 小型比賽訓練適應	35

第伍章 結論	39
參考文獻	40
一、 中文部分	40
二、 英文部分	40
附件 一	49
附件 二	50



表目錄

表 2-3-1 乳酸曲線影響因素	13
表 2-3-2 運動強度對應心跳率百分等級表	14
表 2-3-3 運動結束後第 5 min 恢復期判定表	15
表 3-1-1 受試者基本資料.....	17
表 3-4-1 生物採集時間點與測試內容說明	22
表 3-4-2 採血總量表.....	23
表 4-1-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 有氧 (2 mmol/l) 與無氧 (4 mmol/l) 閾值比較	26
表 4-2-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 10 m 折返跑完成時間之平均數與標準差	29
表 4-3-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 最大乳酸值和乳酸形成率之平均數與標準差	33

圖目錄

圖 2-3-1 能量提供與運動持續時間之關係	12
圖 3-3-1 乳酸與血糖分析儀器.....	18
圖 3-3-2 i Heart 心跳率偵測儀器.....	18
圖 3-4-1 階梯式負荷測試方式.....	20
圖 3-4-2 專項耐力測試方式.....	20
圖 3-4-3 訓練適應測試.....	21
圖 3-4-4 測試與訓練內容.....	23
圖 3-5-1 實驗流程	24
圖 4-1-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 階梯式負荷測試每階乳酸和心跳率比較.....	27
圖 4-2-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 專項耐力測試心跳率之比較	30
圖 4-2-2 前 (T-1)、後測 (T-2) 專項耐力測試乳酸之比較	31
圖 4-3-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 有氧閾值速度與專項乳酸形成率之相關.....	34
圖 4-4-1 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練心跳率之比較.....	35
圖 4-4-2 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練結束後第 5 min 心跳率之比較.....	36
圖 4-4-3 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練乳酸之比較.....	37

中英文對照縮寫

縮寫	英文	中文
FIFA	Fédération Internationale de Football Association	國際足球總會
SSG	Small-Sided Game	小型比賽
ATP	adenosine triphosphate	三磷酸腺苷
PC	Phosphocreatine	磷酸肌酸
mmol/l/min	millimol per liter / minute	每公升所含的毫莫耳數 ／分鐘
mmol/l	millimol per liter	每公升所含的毫莫耳數
min ⁻¹	beat per minute	每分鐘心跳數
m/s	meter / second	公尺／秒
mmol/l · s	millimol per liter / second	每公升所含的毫莫耳數 ／秒
La	Lactate	血乳酸
s	second	秒
M	meter	公尺
Min	minute	分鐘
HR	heart rate	心跳率
PFK	Phosphofructokinase	磷酸果糖激酶
ADP	adenosine diphosphate	二磷酸腺苷
μl	microliter	微升
2 mmol/l	Aerobic threshold	有氧閾值
4 mmol/l	Anaerobic threshold	無氧閾值

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

根據國際足球總會 (Fédération Internationale de Football Association, FIFA) 的技術規定，國際標準足球比賽場地長為 100~110 m、寬 64~75 m，正規比賽時間為上下半場各 45 min，中場有 15 min 的休息時間。每隊有 11 名球員下場比賽，其中包含一名守門員，每場比賽有 3 名替補名額，所以在正規比賽中至少有八名選手必須要踢滿 90 min。然而近代足球比賽傾向高頻率快速節奏，在極短時間內執行進攻與回防交換動作。因此，個人必需具備速度、力量和敏捷能力維持衝刺品質之外，亦需要良好的耐力能力應付短時間高強度來回衝刺及間歇期的恢復。

Hollmann and Hettinger (1976) 與張嘉澤 (2013) 指出體能能力是一個運動員競技能力的組合。它主要建立於身體器官功能程序與肌肉組織，並且顯現在力量、速度、耐力及柔軟度之能力，而這四個能力必須互相協調才会有完美的技術表現 (Neumann et al., 2002、張嘉澤，2013)。耐力能力，又可分為「基礎耐力」與「專項耐力」。基礎耐力則是指個人有氧-無氧閾值能力，其主要訓練目的為提升有氧耐力，也就是改善心臟輸出能力、能量代謝系統與恢復能力，然而有氧能力越好對於 ATP-PC 系統恢復速率就越快；而專項耐力則是指運動專項最主要的能量代謝路徑，依據不同運動型態，可分為循環式項目（田徑、游泳、自行車等），而能量路徑為無氧乳酸耐力與非循環式項目（球類、技術攻擊類等），所需的能量路徑則是無氧非乳酸耐力 (張嘉澤，2013)。Neumann (1990) 指出肌肉三大能量來源系統中，10 s 以內短時間高強度運動，主要來源為 ATP-PC 系統，是由肌酸激酶 (PC) 和腺核苷酸激酶 (ATP) 所激發再生成的，再生過程中並不會產生乳酸。足球研究指出最大攝氧量越高可以完成跑

動的距離越多 (McMillan et al., 2005) ，這些跑動距離包括可以改善反覆衝刺能力、高強度持球或未持球的表現 (Durandt et al., 2006 ; Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002) 。由上述可得知，足球運動專項耐力主要為 ATP-PC 系統，且需要基礎的有氧耐力幫助恢復。

Bompa (1983) 指出在需要高體能表現的運動項目中發現，當訓練的負荷與比賽所需要的強度相似時，會產生最大的訓練效果。有些研究發現小型比賽 (Small-Sided Games, SSG) 的方式，是可以加強生理、技術和戰術要求以及與真實比賽相似 (Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002; Reilly & White, 2004; Sassi, Reilly, & Impellizzeri, 2004) 。並且有利於體能要求，而不會影響技術表現和做決策的能力，被廣泛運用於改善足球體能、技術和戰術表現的訓練方式 (Nurmekivi, Karu, Pihl, Jurimae, Kaarna, and Kangasniemi, 2002) 。因此，小型比賽訓練模式，可同時改善選手多方面的能力需求，縮短訓練時間，達到更有效率的訓練品質 (Bangso, 1994; Balsom, 2000; Hill-Haas, Dowson, Coutts & Rowsell, 2009) 。

然而在訓練科學的進步、訓練方式和型態的改變以及輔助訓練的創新與運用，提升了訓練品質和運動表現，訓練週期也隨之縮短。而近年來高強度間歇訓練的研究證實，兩週的高強度間歇訓練能有效增加肝醣儲存與肌肉氧化能力 (Burgomaster, Essen, Gibala, Little, Wilkin, Safdar, Tarnopolsky, & Raha, 2006) ；還能提高最大攝氧峰值、脂肪代謝效率與肌肉內粒線體的活性 (Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen, & Spriet, 2007) 。高強度間歇訓練除了能夠改善乳酸排除速度、無氧能量路徑下的運動表現之外，也能使有氧及無氧之間能量轉換效率提高，在高負荷劑量且重複接受刺激之下，會提升肌肉對無氧性能量提供路徑產生適應，並增加無氧糖酵解的活性 (Helmut, Weicker, & Strobel, 1994) 。亦有研究指出透過高強度間歇訓練方式可有效提升無氧能力及降低最大負荷心跳率 (Roberts, Billeter, & Howald, 1982) 。Keul et al. (1972) 指出間歇訓練，可以改善選手在基礎耐力與專項耐力的表現。Kravitz (2014) 指出高

強度間歇訓練後，可增加靜脈血液回流，以增強心臟壓縮能力，直接增加每搏輸出量。亦有研究探討訓練週期於專項期時是否可再運用何種訓練結合快速改善選手體能能力，運用一週 3 天高強度訓練，研究結果發現第三天訓練後之乳酸顯著低於第一天 (Wang, Smith, & Jang, 2009) 。

由此，可發現目前競技運動訓練上，如何讓選手在進入穩定階段後，再運用不同訓練方式以及縮短訓練週期，以達到快速改善體能是另一個訓練突破。因此，無論是教練、選手或研究人員有必要尋找最佳的訓練方式，以強化足球選手的體能。本研究利用小型比賽訓練方式是否可以快速改善足球選手專項耐力，為本研究之動機，透過研究結果以作為教練安排訓練計畫之參考。

第二節 研究目的

本研究目的有下列四點：

- 一、三天小型比賽訓練對個人基礎耐力能力之影響
- 二、三天小型比賽訓練對專項耐力之影響
- 三、基礎耐力能力與專項耐力之關係
- 四、三天小型比賽訓練對心跳率、乳酸之影響

第三節 名詞解釋

一、 專項耐力

是指運動專項最主要的能量代謝路徑，依據不同運動型態，可分為循環式項目與非循環式項目，本研究之運動項目為足球，屬非循環式項目，其專項耐力為無氧非乳酸 (張嘉澤， 2013)。

二、 乳酸堆積指標

由 Leyk (1997) 乳酸堆積指標公式 = (最大結束乳酸值-安靜乳酸值) /運動時間。競技運動員在最大負荷結束，血液乳酸排除速度可達到 0.5 mmol/l/min。

三、 無氧非乳酸耐力

Neumann (1990) 指出肌肉三大能量來源系統中，10 s 以內短時間高強度運動，主要來源為 ATP-PC 系統，是由肌酸激酶 (PC) 和腺核苷酸激酶 (ATP) 所激發再生成的，再生過程中並不會產生乳酸。

第貳章 文獻探討

本研究之文獻探討分為下列幾個方面：一、足球運動特性與能量系統相關研究；二、小型足球比賽之相關研究；三、乳酸與心跳率應用之相關研究；四、文獻總結。

第一節 足球運動特性與能量系統相關研究

足球運動為一種非連續性、間歇，其中靜態低強度運動夾雜著較短的高強度運動，因而尋求最佳表現的球員，必須具有產生維持與再生的高強度運動之能力以求迅速恢復體力 (Davis & Brewer, 1992)，且需具備速度及耐力能力 (Reilly, & Gilbourne, 2003)。事實上，一場 90 min 的足球比賽，扣除界外球、死球、受傷處理等情況，統計分析顯示，球員在一場比賽實際運動的時間約為 60 min 左右。以 1992 年歐洲國家盃為例，足球員平均在場上活動時間為 57 min (Bangsbo, 2003)。足球員在比賽中，經常出現的身體活動包括衝刺、慢跑、跳躍、鏟球、身體對抗以及必須運用不同的速度、節奏、改變方向、姿勢，並且在啟動、停止、變換方向、跳躍、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。

Wither, Maricic, Wasilewski, and Kelly (1982) 指出一場足球比賽資料顯示，足球選手 80% 的跑動是在 30 m 內，55 m 以內的跑動距離約占 95%。而整場比賽足球選手大約需跑動 10 km，其中以最快速度衝刺約佔 11.2-18.8%，每場平均衝刺 145 次以上，每次衝刺 10-15 m (Reilly & Thomas, 1976; Withers et al., 1982; Dufour, 1993)。另外在心跳率方面，有 2/3 的比賽時間，平均在 150 min^{-1} 以上，介於 70~90% 的最大心跳 (Alexandre et al., 2012)。

在能量路徑方面，足球選手在比賽中，肌肉中的三酸甘油質、血液中的游離脂肪酸與血糖濃度的使用率提高，代表氧化代謝功能 (oxidative metabolism) 上升 (Reilly & Gilbourne, 2003)。過去研究也指出，足球選手具有較高最大攝氧量時，乳酸堆積的濃度呈現低的現象，是由於高強度間斷運動後的恢復期，增加有氧的反應，因而促進乳酸的排除，並增進磷酸肌素再合成的緣故 (Tomlin & Wenger, 2001)。因此，在 90 min 比賽中，短時間高強度活動型態較多，為避免肌肉提早產生疲勞，在比賽中恢復機轉必須藉助豐沛之有氧耐力，所以有氧耐力是足球員的基礎體能。而體能恢復速度取決於球員的有氧耐力，有氧耐力越好體能恢復速度越快 (Reilly, 2007)。Lehmann (1996) 指出有氧閾值耐力 (2 mmol/l) 越佳者，其專項無氧非乳酸耐力恢復亦佳。若要加速乳酸排除，研究指出競技運動員基礎耐力之有氧閾值 (2 mmol/l) 與無氧閾值 (4 mmol/l) 速度必須大於等於 2.8 m/s 及 3.5 m/s (Hollmann, Schurch, Heck, Mader, Rost, and Hollmann, 1987；張嘉澤，2010)。

Weicker (1994) 和張嘉澤 (2010) 指出專項耐力的要求是依據比賽時間與所需能量提供系統來區分，短時間高強度的比賽負荷和球類運動比賽能量供應來源皆是無氧非乳酸系統。Neumann (1991) 指出大部份球類運動 (包括足球) 的動作型態皆是屬於「短時間高強度」的，其能量系統屬於「無氧非乳酸」及「無氧醣酵解」系統。然而 Dal Monte (1983) 指出足球運動的能量供應系統，60~80%為無氧非乳酸，20%為無氧醣酵解，10%為有氧。無氧非乳酸系統主要是由肌酸激酶 (PC) 和腺核苷酸激酶 (ATP) 所激發再生成的，再生過程中並不會產生乳酸。肌肉中 ATP 和 PC 的儲存量相當有限，只能提供短時間高強度大約 10 s 內的能量 (Wilmore & Costill, 1994)。研究發現優秀足球員於比賽中，大約有 1100 次的運動變化 (Bangsbo, 2003)，相當於 5~6 s 就有一次運動方向或是運動強度的改變，其中有 150~250 次是屬於高強度運動。比賽中，每 30 s 就有一次高強度的奔跑，每 90 s 就會有一次全速衝刺，衝刺距離介於 10 ~ 40 m 之間 (Reilly, 2007)。國際賽事中，衝刺速度最高可達到時速 32 km，衝

刺距離越長，恢復體能的時間就越久，例如，30 m 衝刺需要比 15 m 衝刺較長的體能恢復時間 (Bangsbo et al., 2006) 。比賽中，球員肌肉中的磷酸肌酸與酸鹼度 (pH level) 下降以及乳酸濃度 (Muscle lactate concentrations) 上升，尤其磷酸肌酸於賽後降低 40~90% (Bangsbo et al., 2006) ，意謂著磷酸肌酸使用率在比賽中非常重要。由這些相關文獻得知，足球運動的動作型態為短時間高強度且能量提供主要是以無氧非乳酸耐力為主。

第二節 小型足球比賽之相關研究

小型比賽訓練近年來已廣泛地被使用在足球訓練，使用較小的訓練場地、條件限制、小組對抗方式來達到教練所預定的訓練效果。小型比賽模式訓練能夠產生足球比賽中的運動強度、移動方式、技術表現與戰術發展。同時，小型比賽訓練對於足球員技術能力與戰術意識的培養有極度的功效，兼具體能發展、技術養成與戰術演練的訓練效果。許多針對青少年、職業與業餘足球隊皆採用小型比賽訓練來取代傳統的體能訓練。小型比賽的訓練強度可藉由運動中每分鐘心跳率、血乳酸濃度、自覺量表與移動距離的變化來監測。每分鐘心跳率與血乳酸濃度提供客觀的生理指數變化，用來瞭解運動壓力對身體負荷的影響。舉例來說，每分鐘心跳率與攝氧量之間有高度的相關性，同時這二項指數能夠有效地反應出足球比賽中運動強度的變化 (Alexandre et al., 2012) 。血乳酸濃度的改變能夠反應出運動中醣酵解系統中能量使用的狀況，從血液乳酸濃度增加速度，來瞭解特定的足球訓練方式對無氧訓練的效果 (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, & Impellizzeri, 2009) 。

Hill- Hass et al. (2009 c) 利用動作分析研究小型比賽發現，間歇型態衝刺時間平均約 1.67 s、最大速度衝刺距離平均為 2.91 m、衝刺總次數平均 8 次且衝刺速度大於 18 km/h 的平均時間約 16.9 s。

Reily and White (2004) 將 18 名職業足球員以隨機分組的方式分至小型比賽訓練組與間歇有氧訓練組。於正規訓練外，參與球員額外進行每週二次共六週的訓練介入。小型比賽訓練組以 5 對 5 每次 4 min 與 3 min 動態恢復 (50% ~ 60%的最大心跳率) 的方式，進行 6 個組次；而間歇有氧訓練組以 4 min 85% ~ 90%最高心跳率的持續跑與 3 min 動態恢復 (50% ~ 60%的最大心跳率) 的方式，進行 6 個組次。研究結果指出，二組球員於訓練後最大攝氧量皆有明顯地提升。然而，最大攝氧量進步的幅度二組之間無明顯的差異，顯示小型比賽訓練可達到與間歇有氧訓練相同的訓練效果。此外，Impellizzeri et al. (2006) 指出小型比賽訓練能夠與控制心跳強度 90 ~ 95 %最高心跳率的間歇高強度跑步訓練達到相同效果。於訓練介入後的比賽分析中，發現介入小型比賽訓練的球員在比賽中高強度奔跑比率高於間歇跑步訓練的球員。Hill-Haas et al. (2009) 比較 2 對 2、4 對 4、6 對 6 小型比賽中，分別以間歇模式 (6 分鐘一組，進行 4 組，組間休息 90 s) 與持續模式 (連續 24 min) 進行。結果發現間歇模式能夠產生較高的訓練強度。在小型比賽訓練時間的考量，Fanchini, Azzalin, Castagna, Schena, McCall, and Impellizzeri (2011) 分析 3 對 3 間歇模式的小型比賽中 2 min、4 min、6 min 訓練時間對訓練強度的影響。研究結果發現最大心跳率在 2 min 的小型比賽訓練達到 82.4 %，4 min 的小型比賽訓練最大心跳率上升到 85.9 %，而 6 min 的小型比賽的最大心跳率則為 85.6 %。自覺量表與其他傳球、帶球與射門等技術表現部份，三種訓練時間皆無差異。因此從訓練強度與時間效率的角度來考量，間歇模式的時間控制在 4 min 能夠達到較佳的訓練效果 (Halouani, Chtourou, Gabbett, Chaouachi, & Chamari, 2014)。

Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, and Coutts (2011) 整合相關小型比賽相關文獻發現，可利用間歇模式或持續模式訓練。但訓練目的或主要效果會因小型比賽訓練中教練所設定的訓練因素而影響其訓練中的運動強度，這些因素則包含訓練場地範圍、球員人數、教練指導方式、守門員設置、條件限制。

一、場地範圍

不同大小的訓練場地會產生不同的小型比賽訓練效果，然而球員在大型訓練場地中必須維持較多的高強度的跑動。研究指出，每分鐘心跳率、血乳酸濃度與自覺量表程度在較大的訓練場地有增加的狀況 (Halouani, et al., 2014) 。例如，20 x 12 m 的場地進行小型比賽訓練，每分鐘心跳率為 89.5 % 的最大心跳值、血乳酸濃度為 6 mmol/l 與 6.0 的自覺量表知覺程度；而 30 x 18 m 的場地進行小型比賽訓練，每分鐘心跳率為 90.9 % 的最大心跳值、血乳酸濃度為 6.5 mmol/l 與 8.5 的自覺量表知覺程度。雖然大型的訓練場地對球員有氧功能有正面的訓練效果，使用的時機必須根據教練訓練計畫與賽季中訓練目的而定。例如在比賽前期的初步訓練中，教練應使用較小的場地來提升球員的基礎體能，隨後再依照訓練週期的漸進式原則，加大訓練場地，以提升球員專項體能。而場地範圍的考量上，應同時考量小型比賽人數的組合，球員人數與場地大小會對小型比賽訓練的效果會產生交互作用 (Hill-Haas, et al., 2011) 。

二、球員人數

減少小型比賽訓練中的人數，會增加訓練強度。Dellal et al. (2008) 觀察 2 對 2、3 對 3、4 對 4 小型比賽中球員心跳率變化，發現 2 對 2 與 3 對 3 的小型比賽球員達到較高的儲備心跳率（分別為 80.1 % 與 81.5 % 儲備心跳率），而 4 對 4 的小型比賽球員達到 70.6 % 的儲備心跳率。相較其他的小型比賽對抗人數的組合，3 對 3 的訓練球員的有較多的總移動距離、較少的走動與慢跑移動、較高的心跳率與較多的技術表現（傳球次數、射門次數、帶球次數、鏟球次數），能產生較高的運動強度。Rampinini et al. (2007) 針對 20 名義大利業餘足球進行 3 對 3、4 對 4、5 對 5、6 對 6 小型比賽中每分鐘心跳率、血乳酸濃度、自覺量表程度的變化，研究結果發現 3 對 3 小型比賽中每分鐘心跳率 (89.5 % 最大心跳率)、血乳酸濃度 (6.0 mmol/l)、自覺程度 (8.1) 有較高的表現。足球教練在訓練中因訓練目的的需求，時常使用自由人的方式來增加持球與控球的流暢性。然而在小型比賽訓練中，自由人因技術與戰術支援的因素，在體能

負荷上較高於其他球員，尤其是在二組抗對人數不均等的訓練中 (Halouani, Chtourou, Gabbett, et al., 2014) 。因此教練在採用自由人的訓練方式時，必須注意訓練中自由人的訓練負荷與換人頻率。

三、教練指導方式

教練於訓練現場的指導能夠提示球員訓練中的教學重點，使訓練的效率與品質提升。小型比賽中教練持續給予球員激勵的言語，能夠讓球員維持訓練強度，以達到訓練的正面效益。在 3 對 3、4 對 4、5 對 5、6 對 6 小型比賽中，教練的指導與激勵作用能夠提高訓練中的運動強度 (Rampinini, et al., 2007) 。Sampaio et al. (2007) 指出在較少人數的 2 對 2 與 3 對 3 小型比賽訓練中，自覺量表程度在有教練鼓勵的情況下有較高強度，然而最大心跳率就沒有呈現明顯地改變。

四、守門員設置

小型比賽訓練中設置守門員對於訓練強度的有極大的影響。在 4 對 4 的小型比賽訓練中，Sassi (2004) 發現無守門員的 4 對 4 訓練中最大心跳率達到 91 %，而設置守門員的 4 對 4 小型比賽運動中最大心跳率只達到 88.8 %。然而血乳酸濃度二者之間只沒有明顯差 (16.4 mmol/l vs. 16.2 mmol/l) 。另一份研究探討 2 對 2、3 對 3、4 對 4 小型比賽中每分鐘心跳率、血乳酸濃度、自覺量表的變化 (Köklü, Sert, Alemdaroglu, & Arslan, 2015) ，研究結果發現三種人數組合中每分鐘心跳率、血乳酸濃度、自覺量表在有守門員參與的訓練中指數皆明顯下降。因此小型比賽中，守門員的設置會改變球員技術與戰術上的行為，使得球員的移動範圍與攻守轉換趨向較慢的節奏。

五、條件限制

小型比賽訓練中條件的設限會在體能與技術發展上產生不同的訓練效果。Dellal et al. (2008) 比較小型比賽中限制球員 1 腳或 2 腳控球數與無限制控球數在體能負荷與技術表現上的差別，研究發現無限制控球數的條件下球員減少訓練中的衝刺與高強度奔跑，然而有較高的傳球成功次數與較低的失球次數。

Jake et al. (2012) 比較 3 對 3 小型比賽訓練中人釘人防守與自由防守的訓練強度的差異，結果顯示人釘人防守比自由防守的方式增加約 4.5 % 的最大心跳率。主要是因為人釘人的防守方式攻守雙方須要有更多的移動。而小型比賽訓練中不同的得分方式也會產生不同的訓練強度，Halouani et al. (2014) 於 20 x 15 m 的場地中比較青少年足球員於小型球門 (1 m 寬；0.5 m 高) 與帶球底線停球訓練模式的運動強度，每次訓練進行 4min 對抗與 2min 休息，共進行 4 組。研究結果發現，訓練中最高心跳率 ($178 \pm 3 \text{ min}^{-1}$ vs. $174 \pm 3 \text{ min}^{-1}$) 與訓練後血乳酸濃度 ($4.66 \pm 0.98 \text{ mmol/l}$ vs. $4.16 \pm 1.02 \text{ mmol/l}$) 於帶球底線停球訓練模式明顯高於小型球門訓練模式，而訓練後自覺量表程度二組之間沒有顯著差異。因此小型比賽訓練得分方式的設定會造成不同的訓練強度。教練在小型比賽訓練的應用上，可使用 2 或 3 種比賽條件，使訓練過程中能產生更多的比賽情境出現。

第三節 乳酸與心跳率應用之相關研究

一、乳酸

Romijn, Coyle, Sidossis, Gastaldelli, Horowitz, Endert, and Wolfe (1993) 指出運動持續時間與運動強度是影響運動中所使用何種能量系統的主要因素。Badtke (1987) 和張嘉澤 (2013) 能量提供與運動時間之關係，可了解高強度運動 10 s 內主要能量來源為磷化物 (ATP-PC) 系統，而運動持續 10 s 至數 min (常為 1~3 min) 之高強度運動則為無氧糖酵解系統；在隨著持續時間大於 3 min 以上則主要能量會以有氧系統為主，如圖 2-3-1。

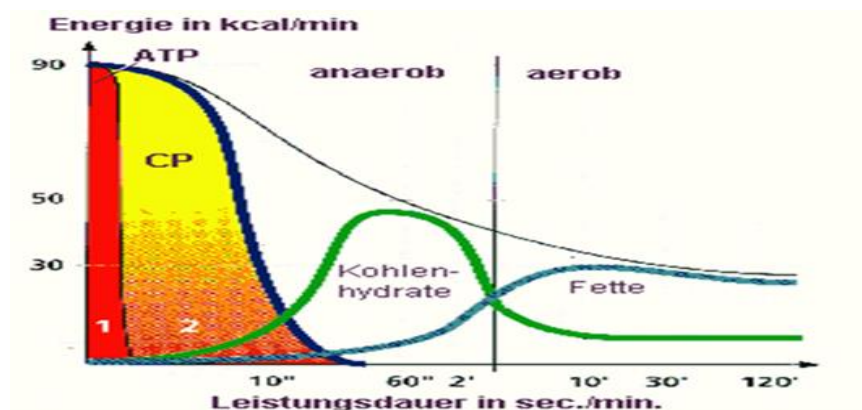


圖 2-3-1 能量提供與運動持續時間之關係

醣類的代謝過程中會產生乳酸，當肌肉持續高強度的運動時，醣酵解作用會產生丙酮酸，在達到缺氧狀態下時，丙酮酸將轉化成乳酸，此時會形成乳酸堆積現象，此種情形為的是補充緊急所需的 ATP (Karlsson & Saltin, 1971)。當乳酸 ($> 8 \text{ mmol/l}$) 將會影響運動表現，而運動強度越高所產生的乳酸就越多 (Janssen & Peter, 2001)。乳酸在肌肉及血液當中產生堆積，使肌肉收縮能力下降，此時肌肉將產生疲勞。選手會因乳酸堆積的因素，而使肌肉收縮及速度無法維持在最好的狀態 (Stamfor, Weltman, Moffatt & Sady, 1981; Kirkendall, 1990)。

Mader et al. (1976) 使用階梯式負荷的方式，定義個人乳酸曲線，有氧閾值 (2 mmol/l)，能量代謝來源為脂肪與碳水化合物；有氧-無氧混合區域 (介於 2 mmol/l 與 4 mmol/l)，能量代謝來源為碳水化合物使用率大於脂肪；無氧閾值 (4 mmol/l)，能量代謝幾乎為碳水化合物為主。Hollmann et al. (1987) 和張嘉澤 (2013) 指出競技運動員有氧閾值 (2 mmol/l) 速度必須大於等於 2.8 m/s 、無氧閾值 (4 mmol/l) 速度不得小於 3.5 m/s 。Neumann et al. (1989) 表示，個人乳酸曲線會受到一些因素的影響，因此產生出不同的症狀，如表 2-3-1。

表 2-3-1 乳酸曲線影響因素

影響因素	影響因素發展程度	乳酸曲線改變
基礎有氧能力	高	向右向下
	低	沒有改變或向左向下
有氧-無氧基礎能力	高	向右維持在中間
	低	向左維持在中間
無氧基礎能力	高	曲線大幅度上升
	低	曲線平緩，最大乳酸值降低
肝醣儲存的程度	儲存達 100 %	沒有改變，或向左向下
	肝醣耗盡	向右向下
肌肉型態	慢縮肌 70 % 以上	向右向下
	快縮肌 40 % 以上	向左向下

(Neumann et al., 1989)

在專項耐力方面，Leyk et al. (1997) 和張嘉澤 (2010) 提出乳酸堆積指標理論，則較適合應用在非循環式運動項目，其公式為「 $\text{乳酸堆積指標} = (\text{結束後最大乳酸值} - \text{安靜乳酸值}) / \text{運動時間}$ 」，而競技運動員血乳酸排除速率可達 0.5 mmol/l/min (Neumann, 1991、張嘉澤，2010)，才表示其無氧非乳酸能力佳。

在足球運動相關乳酸研究發現，在一場 90 min 足球比賽，大多數研究顯示乳酸平均值約在 $4\text{-}8 \text{ mmol/l}$ (Ekblom, 1986; Rohde and Espersen, 1988; Roi, Sisca, Perondi, Diamante and Nanni, 2004)。

Krustrup et al. (2006) 研究 31 位丹麥成人足球運動員在一場 90 min 比賽，血液中的乳酸上半場與下半場平均約分別為 6.0 和 5.0 mmol/l 。

Alper et al. (2012) 研究 36 位青年足球運動員在一場 90 min 比賽，每 15 min 採集乳酸觀察，結果發現乳酸平均分別為 4.96 、 4.44 、 4.14 、 3.40 、 3.63 、 3.09 mmol/l 。

二、心跳率

心跳率 (heart rate, HR) 是反映體循環狀況的重要生理參數，對於運動負荷與強度的分析，是最快速且方便能獲得之生理參數。Neumann (1990) 研究指出心跳率是最快能改善的生理參數，以日為單位。從心跳率的高低可以判斷負荷劑量及選手對於負荷型態的生理反應。所以利用心跳率來作為運動訓練上強度的設定以及訓練效果的檢定是現今教練常使用的方式。而影響心跳率的因素，主要是受到心臟右心房的竇房結所調控，而竇房結像是心臟幫浦的節律器，受到交感與副交感神經所控制 (Lederer, 2003)。當副交感神經降低，心跳率會升高，反之則降低，不論在運動中或運動結束後恢復的心跳率，數值越低代表心肺功能越佳。

Hollmann (1959) 研究指出心跳率的測量可以評估人體的身體狀態，還可以判定心肺功能的優劣、運動強度指標、評估運動能量消耗及運動訓練效果。因此，我們可藉由心跳率來做為運動負荷強度。

在 1998 年美國運動醫學學會 (American College of Sports Medicine, ACSM) 提出以最大心跳率的百分比來區分運動強度，而最大心跳率預測計算公式為 (220-年齡)。

Friel (2003) 則按照心跳率百分比將運動強度分為五個等級，如表 2-3-2。

表 2-3-2 運動強度對應心跳率百分等級表

運動強度 (HRmax %)	強度等級	生理負荷
50 % ~ 60 %	恢復區	輕度運動，適合熱身與緩和運動
60 % ~ 70 %	低強度有氧區	中度有氧，能量代謝以自由脂肪酸為主
70 % ~ 80 %	高強度有氧區	較強有氧運動，能量代謝以有氧醣解為主
80 % ~ 90 %	無氧區	無氧狀態，能量代謝以無氧醣酵解為主
90 % ~ 100%	極限區	人體運動極限，此強度下執行運動須謹慎小心

Friel (2003)

Hollmann et al. (1987) 指出競技運動員閾值心跳率之標準，有氧閾值 (2 mmol/l) 心跳率需小於 140 min^{-1} 、無氧閾值 (4 mmol/l) 心跳率則需低於 156 min^{-1} 。

Nikiforov (1974) 研究指出平均心跳率 $150\text{-}170 \text{ min}^{-1}$ 為中強度運動型態， $170\text{-}185 \text{ min}^{-1}$ 屬於高強度運動型態。

Böhmer et al. (1975) 指出運用運動結束後第 5 min 的恢復心跳率來評估有氧能力的優劣，如表 2-3-3。

表 2-3-3 運動結束後第 5 min 恢復期判定表

結束後 5 min HR	評價
超過 130 min^{-1}	差
$130\sim120 \text{ min}^{-1}$	不好
$120\sim115 \text{ min}^{-1}$	可以
$115\sim105 \text{ min}^{-1}$	好
$105\sim100 \text{ min}^{-1}$	非常好
100 min^{-1} 以下	具有高競技運動能力

(Böhmer et al., 1975)

許多研究在足球運動中，一場 90 min 足球比賽平均心跳率約在 $155\text{-}172 \text{ min}^{-1}$ (Ali and Farrally, 1991; Bangsbo, 1994; Eniseler, 2005; Rodrigues, Mortimer, Condessa, Coelho, Soares, & Garcia, 2007)，大約是最大心跳率的 85 % (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff., 2001)。

丹麥職業足球員在比賽時每分鐘平均心跳率介於 $150\sim190 \text{ min}^{-1}$ ，上半場與下半場平均心跳率分別為 173 與 169 min^{-1} (Bangsbo, 2003)。

Krustrup et al. (2006) 研究 31 位丹麥成人足球運動員在一場 90min 比賽，平均心跳率約 156 min^{-1} ，最大心跳率則為 187 min^{-1} ；而上、下半場心跳率平均分別約為 157 和 155 min^{-1} 。

Alper et al. (2012) 研究 36 位足球運動員在一場 90 min 比賽，每 15 min 收集心跳率觀察，結果發現心跳率平均分別為 167、169、165、162、161、161 min⁻¹。

第四節 文獻總結

- 一、足球運動為一種非連續性、間歇活動，其中靜態低強度運動夾雜著較短期間的高強度運動(包括短距離衝刺、快速改變方向、轉身、跳躍、射門等動作)，因而除了具備速度、力量、敏捷能力以及必須具有產生維持與再生的高強度運動之能力以求迅速恢復體力。因此，在足球運動耐力能力方面，應具備基礎耐力 (有氧-無氧耐力) 以及專項耐力 (無氧非乳酸耐力)。
- 二、小型比賽已廣泛地被使用在足球訓練且符合比賽情境小組對抗方式來達到教練所預定的訓練效果。透過小型比賽相關研究發現，訓練目的或主要效果可以因小型比賽訓練中教練所設定的訓練因素 (訓練場地範圍、球員人數、教練指導方式、守門員設置、條件限制) 而影響其訓練中的運動強度。
- 三、心跳率與血乳酸檢測，可當作運動強度之依據，藉由這兩項生理參數來擬定訓練計畫以及訓練適應、效果判斷。

第參章 研究方法

本實驗研究主要說明過程、方法、步驟、資料處理與分析數據，研究過程分為下列幾點說明：一、研究對象；二、實驗時間及地點；三、實驗儀器與設備；四、實驗方法與實驗設計；五、實驗流程圖；六、資料處理與分析。

第一節 研究對象

本研究預計以 104 年全運會成人男子足球選手 16 名參加實驗分組測驗，運用個人閾值能力測試方式，選出 (2 mmol/l) 能力最佳的 8 名選手參與這次實驗，受試前先向受試者實施說明研究目的及實驗流程，並給予每位受試者一份「受試者同意書」及「受試者疾病調查表」，並請受試者需詳細閱讀後將內容依實際情形填寫完畢，並確實於測試同意書上簽名。且本研究將送審人體試驗委員會審查通過後，才進行本實驗。

表 3-1-1 受試者基本資料

受試者人數	年齡 (year)	身高 (cm)	體重 (kg)
N=8	22±2	176±4	69±5

第二節 實驗時間與實驗場地

- 一、實驗時間：2016 年 3 月 29 – 4 月 8 日 (共計 11 天)
- 二、實驗地點：國立體育大學足球場及田徑場

第三節 實驗儀器與實驗設備

本實驗研究儀器及設備包括：

一、Biosen C-line 乳酸與血糖分析儀器，分析血液量為 10 μ ，採濕式分析。血液採集至化驗時間，可間隔 48 h。可同時顯示乳酸與血糖濃度。

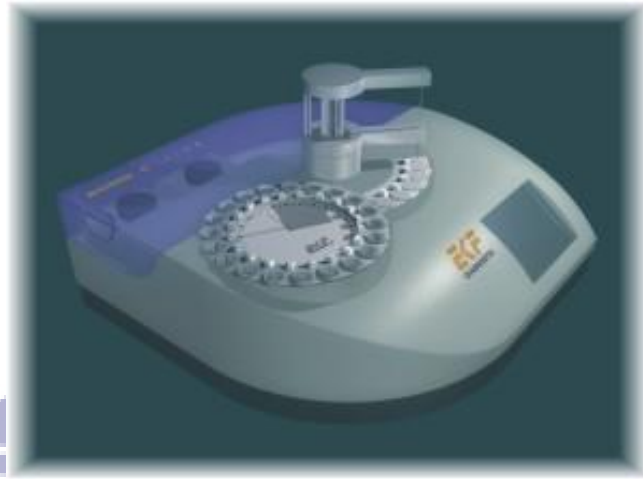


圖 3-3-1 乳酸與血糖分析儀器

二、i Heart 心跳率偵測儀器 (台灣)：

能同步即時監測 50 人以上心跳率及個別心跳率，能無線傳輸有效距離達 150 m 以上。儀器配備包含：中繼站 4 台、2 個 SMA 外接天線、無線頻率 (2.4G (2460MHz)、接收靈敏度約-110 dBm。接收器 1 台，連接電腦將心跳帶中繼站資料傳輸回電腦。

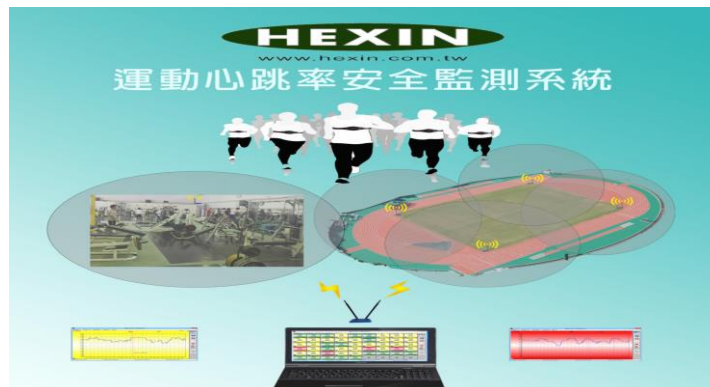


圖 3-3-2 i Heart 心跳率偵測儀器

三、速度控制器

三、採血工具(包括：採血針、採血毛管、清潔消毒用酒精、外科用手套、衛生紙、冰桶等)。

四、計時碼錶、測距輪、標誌盤、背心、小足球門、足球。

第四節 實驗設計與方法

本研究考試測試分為 (前、後測) 及訓練適應測試 (Day1、Day3)。測試方式分別為基礎耐力測試以及專項耐力測試。訓練方式為運用小型足球比賽型態，分為兩組進行 4 對 4 比賽，訓練為期連續三天。

一、考驗測試 (前、後測)

(一) 基礎耐力測試方式

依據 Mader et al. (1976) 有氧-無氧閾值，以階梯式負荷方式。測試前，受試者戴上 i-Heart 心率錶，並且於耳垂採血 10 μ l 血液，做為安靜乳酸值。伸展結束後，受試者在 400 m 操場，以 2.5 m/s 的速度開始進行第一階測試，階與階之間休息約 30 s 並進行採集耳垂血液與記錄心跳率，每階速度上升 0.5 m/s，每階持續為 5 min，測試進行直到受試者所能承受之最高負荷為止。為了控制速度，在操場上放置速度控制器，控制每階所需跑的速度，並在 400 m 的操場測試，場地上每 50 m 放置三角錐筒作為標記。測試結束後立即將乳酸與記錄心跳率，利用德國奧林匹克中心所研發軟體 Laktat -Explorer 進行分析判斷個人閾值之有氧-無氧閾值之速度與心跳率。

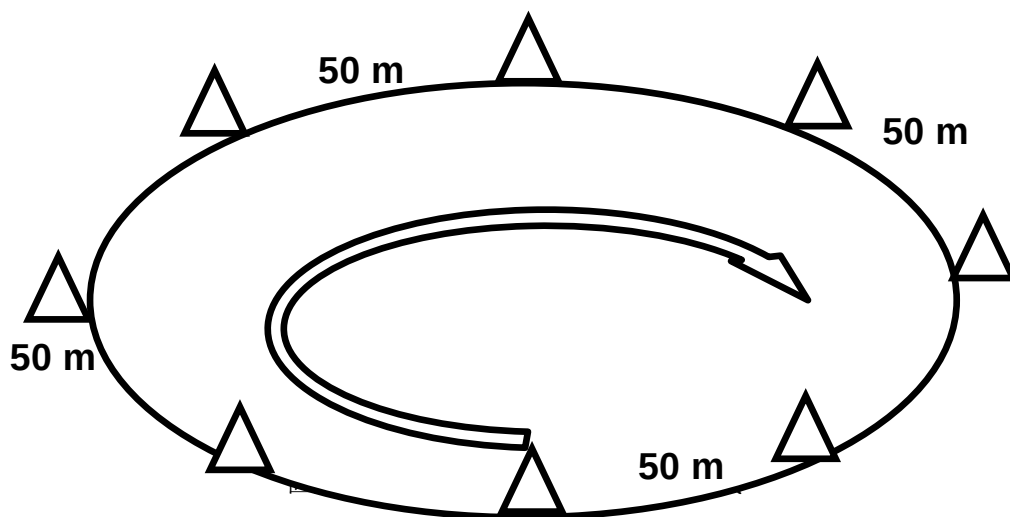


圖 3-4-1 階梯式負荷測試方式

(二) 專項耐力測試方式

以 10 m 折返跑測試方式，以個人最大速度方法跑，重複 3 次，共 2 循環 (2x3x10 m)，每次休息 40 s，組間靜態休息 5 min，如圖 3-4-2。在測試前先採集參與者耳垂採血 10 μ l 血液做為安靜值乳酸以及戴上 i-Heart 心率錶，並於測試後 3、5、7、10 min 採集乳酸、記錄每趟完成速度及每趟完成後心跳率。利用 Leyk et al. (1997) 乳酸堆積指標公式= (最大結束乳酸值-安靜乳酸值) /10s。

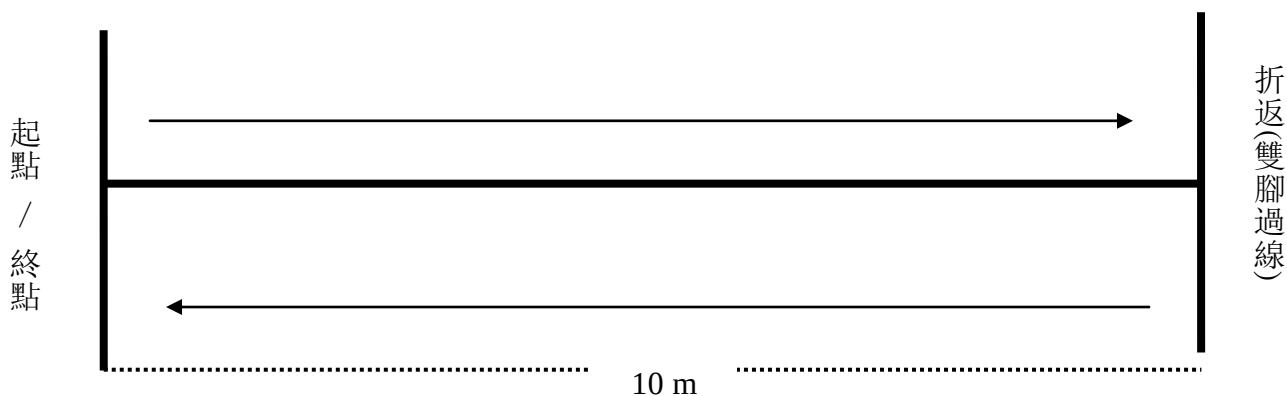


圖 3-4-2 專項耐力測試方式

(三) 訓練內容與訓練適應測試 (Day1、Day3)

以小型足球比賽型態方式進行 4 對 4 比賽訓練，場地範圍為 25 x 35 m 並放置球門 (1 m 寬；0.5 m 高)，如圖 3-4-3。訓練強度將設定在心跳率 $> 160 \text{ min}^{-1}$ ；訓練範圍為 4 次 (1x、2x、3x、4x) 4 min 鐘比賽、間歇休息 3 min，連續三天 (Day1、Day2、Day3)。

在訓練前，配戴心率錶與說明使用方法並讓受試者進行 15 min 熱身運動且說明比賽目的、內容與注意事項。在場地周圍擺放預備足球，當球出界後可以立即開始，以利比賽流暢進行。如選手在訓練中有受傷情況，將會遞補預備球員進入訓練，但不採集生物參數。

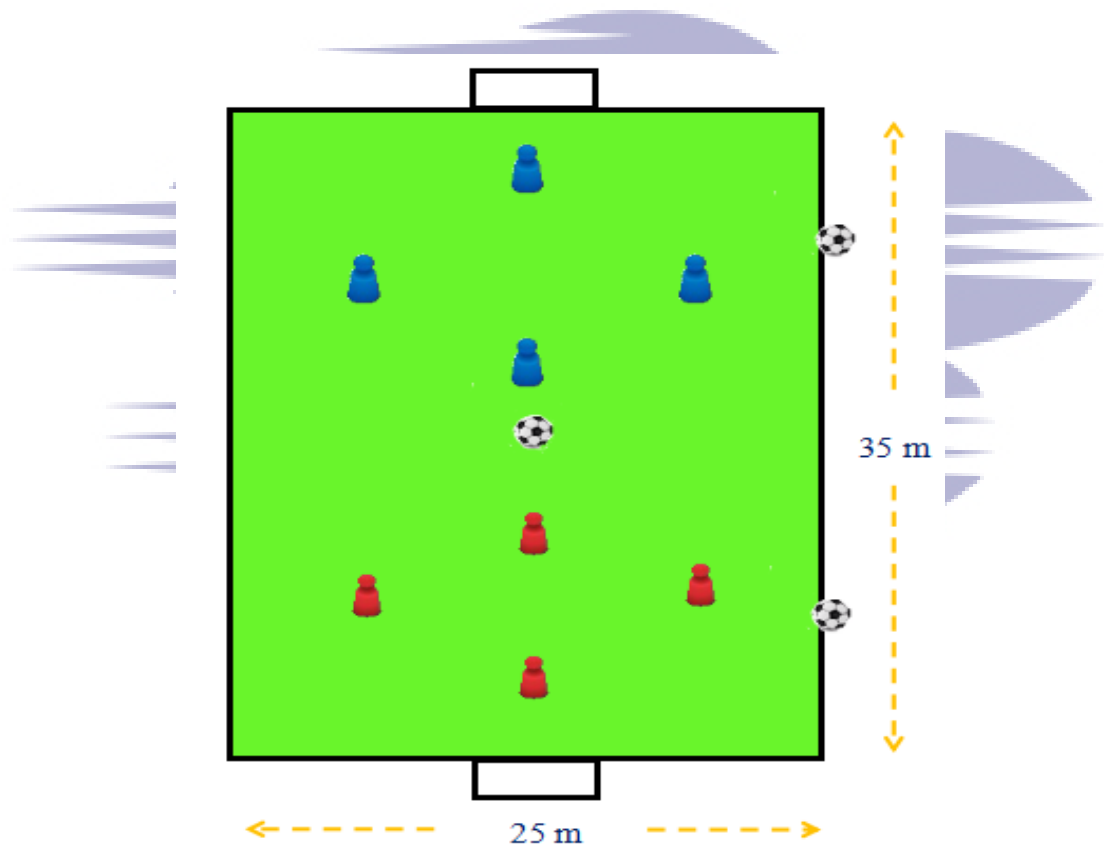


圖 3-4-3 訓練適應測試

(四) 生物採集時間點如表 3-4-1：

表 3-4-1 生物採集時間點與測試內容說明

項目	訓練內容	生物參數採集時間
基礎耐力 階梯式負荷 (T1、T2)	以 2.5 m/s 開始 每階上升 0.5 m/s 每階持續 5 min 每階休息 30 s，到受試者 最大負荷為止。	La、HR: R-1x-2x-3x-4x.....到最大負荷為止
專項耐力 10m 折返跑 (T1、T2)	2x3x10 m Rep 休息-40 s Set-5 min	La: R、Set1 (3x)、Set2 (3x)、E3、E5、E7、E10 HR: Set1 (1x、2x、3x)、Set2 (1x、2x、3x)、E5 S: Set1 (1x、2x、3x)、Set2 (1x、2x、3x)
訓練適應測試 (Day1、Day3)	4 對 4 比賽方式 4x4 min Rep 休息-3 min	La: R、E1、E3、E5、E7、E10 HR: 1x、2x、3x、4x、E5

(五) 採血總量，如表 3-4-2

表 3-4-2 採血總量表

Test	La	總血量
基礎耐力 (T1-T2)	R-1x-2x-3x-4x.....至最大負荷為止	T-1=60μl T-2=60μl
專項耐力 (T1-T2)	R、Set1 (3x)、Set2 (3x)、 E3、E5、E7、E10	T-1=70μl T-2=70μl
訓練適應 (Day1、Day3)	R、E1、E3、E5、E7、 E10	Day1=60μl Day3=60μl
		合計 380 μl

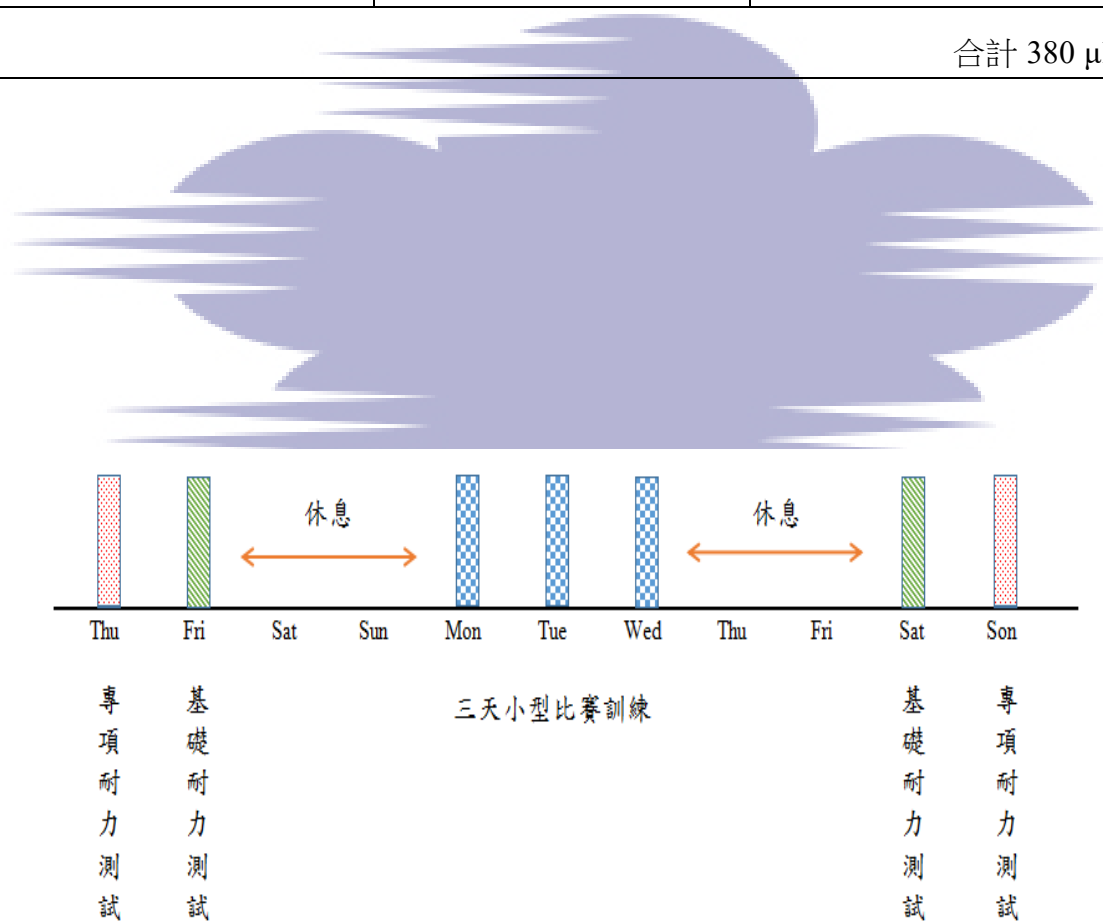


圖 3-4-4 測試與訓練內容

第五節 實驗流程

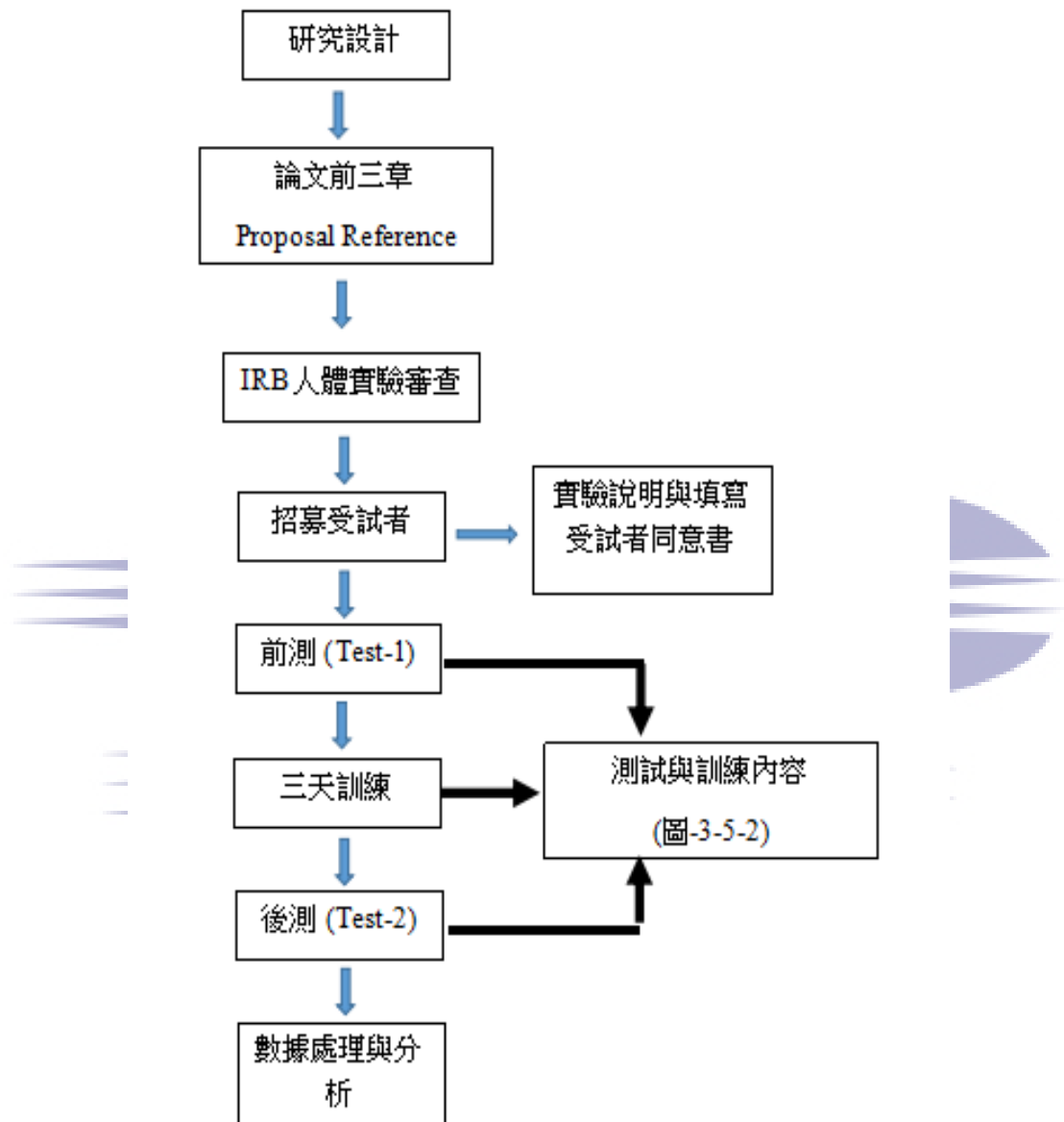


圖 3-5-1 實驗流程

第六節 資料處理與分析

- 一、受試者基本資料與檢測數據，以描述統計方法、平均數、標準差來表示。
- 二、以 SPSS for Windows 22.0 中文視窗版統計軟體進行統計分析及 Sigma Plot 8.0 進行圖形分析。
- 三、以相依樣本 t 考驗分析各參數前後測之差異。
- 四、以重覆量數單因子變異數分析，比較單一測試之各時間點參數之差異。
- 五、基礎耐力以德國研發之 Lactate Express 軟體計算出各人有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 之速度。
- 六、本研究統計水準定為 $\alpha = 0.05$

第肆章 結果分析與討論

第一節 基礎耐力

一、階梯式負荷測試速度和心跳率分析

有氧閾值速度 (2 mmol/l) 前測 (T-1) 與後測 (T-2) 之比較，速度差異為 +0.18 m/s，達顯著差異 ($p < .05$)；心跳率則上升 5 min^{-1} ，未顯著差異 ($p > .05$)。無氧閾值速度 (4 mmol/l) 差異為 +0.25 m/s，達顯著差異 ($p < .05$)；心跳率則下降 3 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)，如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 有氧 (2 mmol/l) 與無氧 (4 mmol/l) 閾值比較

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	Speed (m/s)	HR (min^{-1})	Speed (m/s)	HR (min^{-1})
T-1	2.98±0.31	148±10.54	3.42±0.20	177±6.02
T-2	3.16±0.34	153±11.39	3.67±0.17	174±4.78
Diff.	+0.18	+5	+0.25	-3
<i>p</i>	.017*	.238	.002*	.450

* 表示前 (T-1)、後測 (T-2) 達顯著差異

本研究結果顯示，後測 (T-2) 有氧與無氧閾值速度明顯提昇，且達顯著差異 ($p < .05$)。此症狀顯示，經過三天高強度間歇訓練，有效改善能量路徑之反應，提昇粒線體接受丙酮酸進入克勞伯循環的能力，而提高碳水化合物的使用率，在高強度負荷下減緩醣類的耗盡，並且減少運動中乳酸之堆積。Keul et al. (1972) 指出間歇訓練，可以改善選手在基礎耐力的表現。而本研究依據 Hollmann et al. (1987) 指出競技運動員有氧閾值 (2 mmol/l) 速度必須大於等於 2.8 m/s，無氧閾值 (4 mmol/l) 速度不得小於 3.5 m/s，才具備在運動中快速排除乳酸之能力與恢復機轉。受試者在 T-2 有氧與無氧閾值速度均達到此理論標

準，表示具備穩定的恢復機制，可降低運動中乳酸堆積及加速乳酸排除能力。因此，提昇有氧與無氧閾值速度表現。

在心跳率方面，有氧閾值 (2 mmol/l)，後測 (T-2) 較前測 (T-1) 增加 5 min^{-1} ，未顯著差異 ($p > .05$)；無氧閾值 (4 mmol/l)，後測 (T-2) 較前測 (T-1) 下降 3 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。此症狀可能與有氧及無氧閾值速度提昇有關。Neumann (1990) 指出，在所有器官組織中，因外來的負荷刺激而最快產生適應為心跳率，以日為單位，這指的是在相同強度及負荷下；而影響最大心輸出量上升的因素包含心跳率與心臟壓縮能力，而速度上升代表強度增加，在無法增加心臟收縮能力的情況下，只能加快心跳率來增加心輸出量，藉此提供氧消耗量。

二、階梯式負荷測試每階乳酸與心跳率分析

乳酸方面，後測 (T-2) 在每一階結束後均較前測 (T-1) 下降，且在第二階 (3.0 m/s)、第三階 (3.5 m/s) 與第五階 (4.5 m/s)，均達顯著差異 ($p < .05$)。在心跳率方面，在第三階 (3.5 m/s) 與第四階 (4.0 m/s) 均呈現下降且達顯著差異 ($p < .05$)，如圖 4-1-1 所示。

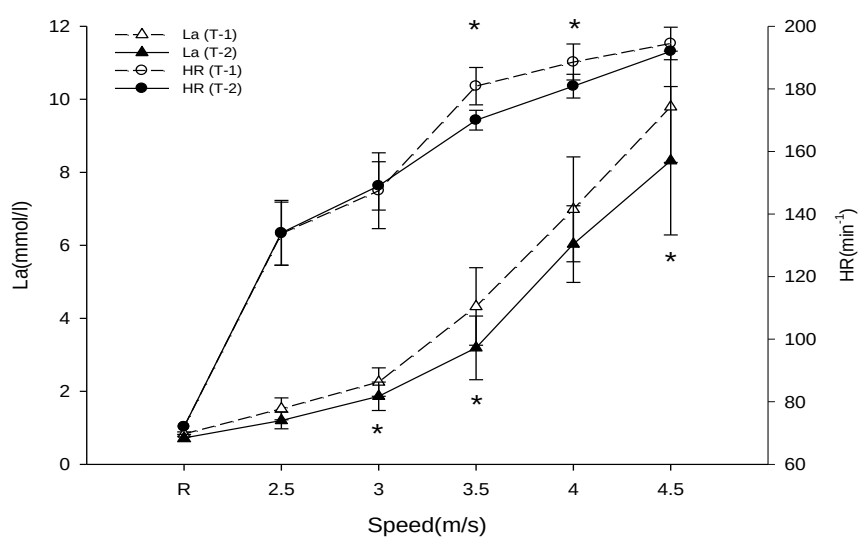


圖 4-1-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 階梯式負荷測試每階乳酸和心跳率比較

在階梯式負荷測試每階乳酸分析，本研究結果發現後測 (T-2) 第二階 (3.0 m/s) 、第三階 (3.5 m/s) 與第五階 (4.5 m/s) ，均達顯著下降。此症狀顯示，在相同負荷下，乳酸呈現顯著下降，其原因為，三天小型比賽訓練強度較高，因此降低無氧路徑。體內 ATP 濃度下降，促使 AMP 上升，進而提昇無氧糖酵解酵素 (PFK) 活性，增加糖酵解作用量，降低運動負荷時乳酸之堆積，進而達到乳酸下降之效果。過去研究也指出高強度間歇訓練除了能夠改善乳酸排除速度、無氧能量路徑下的運動表現之外，也能使有氧及無氧之間能量轉換效率提高，在高負荷劑量且重複接受刺激之下，會提升肌肉對無氧性能量提供路徑產生適應，並增加無氧糖酵解的活性 (Helmut, Weicker, & Strobel, 1994) 。

階梯式負荷測試每階心跳率分析，後側 (T-2) 在第三階 (3.5 m/s) 與第四階 (4.0 m/s) 均呈現顯著下降；表示訓練後，受試者提昇肌肉及乳酸代謝速率之能力，在相同強度下，身體產生適應之效果。

第二節 專項耐力

一、專項耐力 10 m 折返跑速度分析

前測 (T-1) 10 m 折返跑速度第二組 (Set-2) 第一次 (1x) 與 第三次 (3x) 平均速度分別為 4.22 ± 0.12 s、 4.24 ± 0.09 s 兩者差值為 $+0.02$ s，未達顯著差異 ($p > .05$)。後測 (T-2) 第二組 (Set-2) 第一次 (1x) 與第三次 (3x) 平均速度分別為 3.98 ± 0.07 s、 3.88 ± 0.11 s 兩者差值為 -0.10 s，達顯著差異 ($p < .05$)。前測 (T-1) 與後測 (T-2) 10 m 折返跑速度之比較，第二組 (Set-2) 第一次 (1x) 平均速度差異為 -0.24 s，達顯著差異 ($p < .05$)；第三次 (3x) 平均速度差異分別為 -0.36 s，達顯著差異 ($p < .05$)，如表 4-2-1 所示。

表 4-2-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 10 m 折返跑完成時間之平均數與標準差

Time (s)	T-1			T-2		
	Set-1	Set-2	Diff.	Set-1	Set-2	Diff.
1x	4.28 ± 0.13	4.22 ± 0.12	-0.06	4.01 ± 0.15	$3.98 \pm 0.07^*$	-0.03
2x	4.23 ± 0.10	4.25 ± 0.19	+0.02	3.95 ± 0.11	3.97 ± 0.12	+0.02
3x	4.24 ± 0.12	4.24 ± 0.09	0	3.86 ± 0.11	$3.88 \pm 0.11^*$	-0.02

* 表示前 (T-1)、後測 (T-2) 達顯著差異

在專項耐力 10 m 折返跑速度之分析，結果顯示後測 (T-2) 在每一次結束後完成時間均比前測 (T-1) 速度快，且 Set-2 運動結束後酸值比前測 (T-1) 下降。速度能力與 SSC 循環機轉有關，也就是肌肉伸縮循環速度與神經傳導能力 (Komi, 1984)。在高強度運動中，乳酸會在肌肉中產生堆積，造成肌肉收縮速度下降，竟而影響速度表現。經過三天高強度訓練後，提昇了 PC 的分解與再生、FT 肌肉纖維投入能力並改善乳酸排除能力及有氧與無氧轉換效率。因此，在 ATP-CP 能量系統提昇下，可延緩乳酸堆積，避免肌肉提早疲勞，而影響速

度表現。小型比賽訓練中，常出現高強度折返以及快速變換方向的動作，這些動作型態需要下肢力量及敏捷能力，也是速度提昇之要素。Hill- Hass et al. (2009 c) 過去研究小型比賽發現，間歇型態衝刺時間平均約 1.67 s、最大速度衝刺距離平均為 2.91 m、衝刺總次數平均 8 次且衝刺速度大於 18 km/h 的平均時間約 16.9 s，因此在短時間高強度衝刺頻率較多，可得知間歇型態的小型比賽訓練有效提升折返速度。因此，在連續三天的訓練後，改善肌肉收縮速度與力量，提高神經肌肉系統反應，使肌間與肌內達到協調，進而提升速度表現。

二、專項耐力 10 m 折返跑心跳率分析

前測 (T-1) 第一組 (Set-1) 與第二組 (Set-2) 心跳率平均值分別為 $155 \pm 10.65 \text{ min}^{-1}$ 、 $158 \pm 9.30 \text{ min}^{-1}$ ，後測 (T-2) 第一組 (Set-1) 與第二組 (Set-2) 心跳率平均值分別為 $147 \pm 7.94 \text{ min}^{-1}$ 、 $149 \pm 11.70 \text{ min}^{-1}$ 。前測 (T-1) 與後測 (T-2) 第二組 (Set-2) 之比較，心跳率平均差值為 -9 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > .05$)。運動結束後第 5 min 心跳率 (E5) 前測 (T-1) 與後測 (T-2) 之比較，平均值分別為 $103 \pm 11.44 \text{ min}^{-1}$ 與 $104 \pm 19.84 \text{ min}^{-1}$ 兩者差異為 $+1 \text{ min}^{-1}$ ，未達顯著差異 ($p > .05$)，如圖 4-2-1 所示。

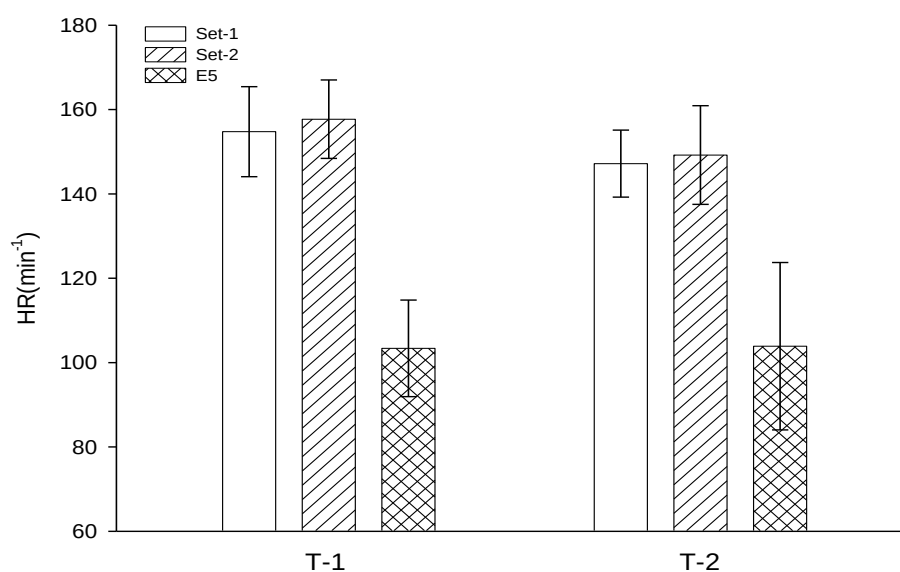


圖 4-2-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 專項耐力測試心跳率之比較

在專項耐力 10 m 折返跑心跳率分析，後測 (T-2) 第二組 (Set-2) 心跳率較前測 (T-1) 下降 9 min^{-1} ，但未達顯著差異。而本研究結果顯示，在 T-2 折返跑速度達顯著進步 (表 4-2-1)，代表強度上升，雖然心跳率未達顯著下降，但在最大運動負荷結束後 T-2 較 T-1 下降 9 min^{-1} ，表示達到訓練效果。其原因為，透過訓練提昇體循環與新陳代謝的能力，藉此增強心跳輸出量。Kravitz (2014) 指出高強度間歇訓練，可增加靜脈血液回流，增強心臟壓縮能力並能降低最大負荷心跳率 (Roberts, Billeter, & Howald, 1982)。

三、專項耐力 10 m 折返跑乳酸分析

前測 (T-1) 第二組 (Set-2) 與運動結束後第 10 min (E10) 乳酸平均值分別為 5.91 ± 1.63 、 $5.18 \pm 1.92 \text{ mmol/l}$ ；後測 (T-2) 第二組 (Set-2) 與運動結束後第 10 min (E10) 則分別為 5.17 ± 1.50 、 $4.64 \pm 1.72 \text{ mmol/l}$ 。前測 (T-1) 與後測 (T-2) 之比較，第二組 (Set-2) 與運動結束後第 10 min (E10) 乳酸差異分別為 -0.74 、 -0.54 mmol/l ，未達顯著差異 ($p > .05$)，如圖 4-2-2 所示。

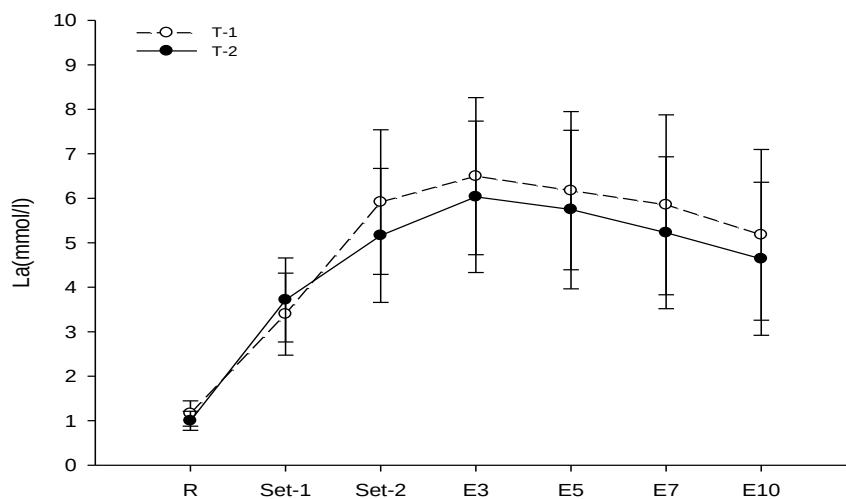


圖 4-2-2 前 (T-1)、後測 (T-2) 專項耐力測試乳酸之比較

專項耐力 10 m 折返跑乳酸結果顯示，在折返跑速度進步的情況下，後測 (T-2) 運動結束後乳酸值明顯低於前測 (T-1)。本研究設計之 10 m 折返跑測試，每次完成時間約在 4 s 左右，Neumann (1990) 指出，10 s 內高強度運動刺激，主要能量來源為 ATP-PC 系統，由後測 (T-2) 乳酸結果發現，在有氧與無氧閾值能力提昇下，在接受更高負荷的運動刺激，乳酸還能呈現下降的情況，代表 ATP-PC 供應能量提昇。本研究測試是以間歇方式進行，在每一次運動結束後有 40 s 間歇休息，完成三次就是一個 Set，有 5 min 休息時間。過去研究指出，短時間 ATP-PC 系統恢復能力是依據有氧能力而定 (Weicker & Strobel, 1994)。當有氧與無氧能力提昇，可有效降低在高強度運動中乳酸的堆積以及加速乳酸排除之速度 (Neumann, 1991)。因此由上述可得知，受試者在有氧與無氧閾值能力提昇之下，ATP-PC 能量系統的供給也隨之進步。



第三節 基礎耐力與專項耐力之關係

一、最大乳酸值與乳酸形成率之差異

前測 (T-1) 與後測 (T-2) 最大乳酸值之比較差異為 -0.55，未達顯著差異 ($p > .05$)；乳酸形成率之比較差異 -0.04，未達顯著差異 ($p > .05$)，如表 4-3-1 所示。

表 4-3-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 最大乳酸值和乳酸形成率之平均數與標準差

	T-1	T-2	Diff.	<i>p</i>
La-max (mmol/l)	6.68±1.66	6.13±1.76	-0.55	0.332
La-rate (mmol/l · s)	0.55±0.19	0.51±0.15	-0.04	0.410

專項耐力依據 Mader (1994) 研究發現，運動負荷中乳酸形成率小於 0.5 mmol/l · s，可以判斷其 ATP-CrP 系統分解與重組速度快。本研究結果前測 (T-1) 乳酸形成率為 0.55 mmol/l · s，經過三天小型比賽訓練後，後測 (T-2) 乳酸形成率為 0.51 mmol/l · s 未達競技運動員標準小於 0.5 mmol/l · s。雖然較前測 (T-1) 下降 0.04 mmol/l · s 但未達顯著差異。過去研究發現足球比賽中，磷酸肌酸於賽後降低 40~90 % (Bangsbo et al., 2006)，意謂著磷酸肌酸使用率在比賽中非常重要。Neumann (1990) 指出肌肉三大能量來源系統中，10 s 以內短時間高強度運動，主要來源為 ATP-PC 系統，是由肌酸激酶 (PC) 和腺核苷酸激酶 (ATP) 所激發再生成的，再生過程中並不會產生乳酸。磷酸肌酸主要是 10 s 內運動型態，雖然本研究訓練時間與組數為 4 x 4 min，與過去理論所指出 ATP-PC 系統之提昇主要是以 10 s 內高強度運動不符合，但因小型比賽訓練模式會隨著比賽的情況而決定動作型態，隨時改變運動強度，並非在相同強度下完成。因此，在 (T-2) 乳酸形成率下降 0.04 mmol/l · s，也代表專項耐力之提昇。

二、基礎耐力與專項耐力之相關

前測 (T-1) 與後測 (T-2) 之有氧閾值速度與乳酸形成率兩變數皮爾森簡單相關係數分別為 $r=.370$ ($p=.367$)、 $r=.615$ ($p=.104$)。在 T-2 呈現相關，但未達顯著關係，如圖 4-3-1。

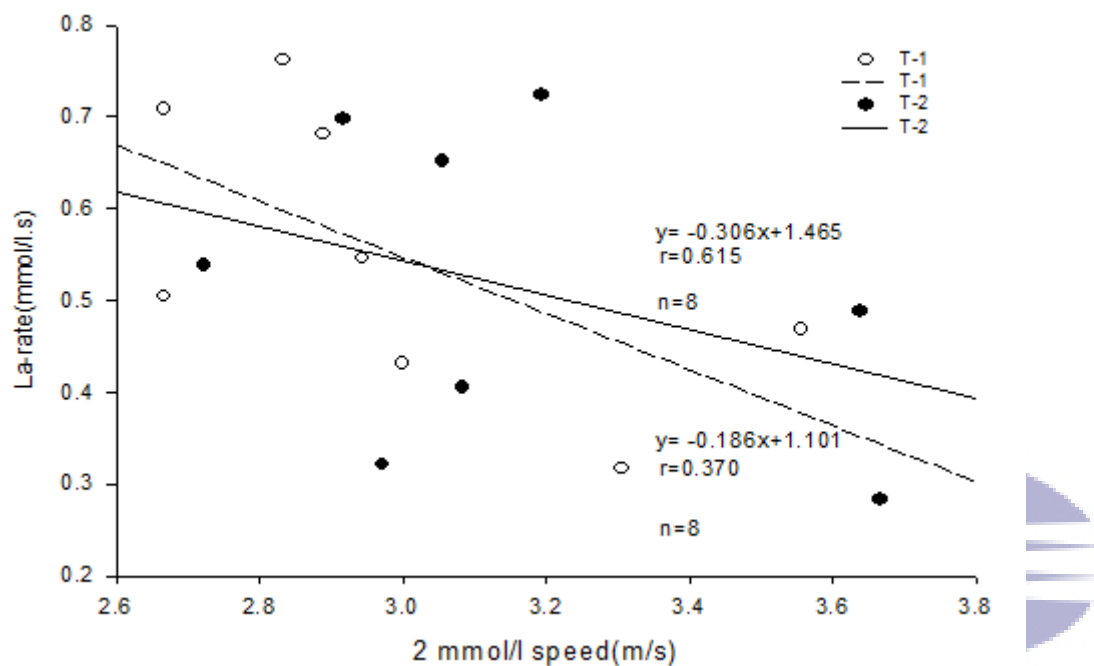


圖 4-3-1 前 (T-1)、後測 (T-2) 有氧閾值速度與專項乳酸形成率之相關

體能恢復速度取決於球員的有氧耐力，有氧耐力越好體能恢復速度越快 (Reilly, 2007)。Lehmann (1996) 研究發現有氧 (2mmol/l) 耐力越佳者，其專項無氧非乳酸耐力恢復亦佳。若要加速乳酸排除，研究指出競技運動員之有氧與無氧閾值速度必須大於等於 2.8 m/s 及 3.5 m/s (Hollmann et al., 1987)。專項耐力依據 Mader (1994) 提出之理論，運動負荷中乳酸形成率小於 0.5 mmol/l · s。本研究結果基礎耐力與專項耐力之相關，前測 (T-1) 與後測 (T-2) 均未達顯著相關。由於本研究，前測 (T-1) 與後測 (T-2) 的有氧閾值速度均達到標準，但在專項耐力方面前測 (T-1) 與後測 (T-2) 均未達到競技運動員標準；因此導致本研究在此兩項能力呈現未達顯著關係。

第四節 小型比賽訓練適應

一、小型比賽訓練心跳率分析

第一天 (Tr.-1) 第一次 (1x) 與第四次 (4x) 心跳率平均值為 $170 \pm 16.9 \text{ min}^{-1}$ 、 $180 \pm 14.1 \text{ min}^{-1}$ ，第三天 (Tr.-3) 則為 $161 \pm 13.3 \text{ min}^{-1}$ 、 $168 \pm 15.0 \text{ min}^{-1}$ 。第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 之比較，在第三次 (3x) 與第四次 (4x) 分別相差值分別為 -11 min^{-1} 、 -12 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < .05$)，如圖 4-3-1 所示。

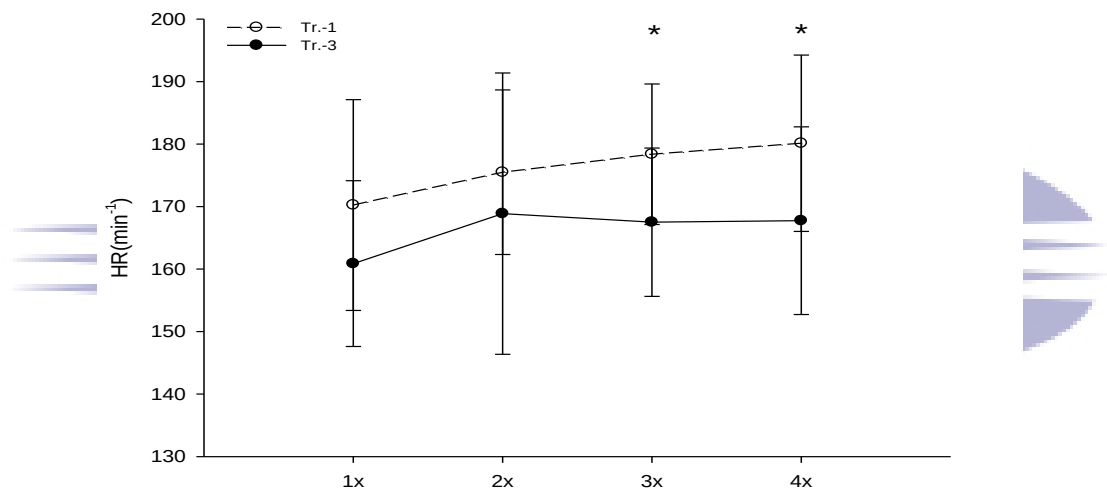


圖 4-4-1 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練心跳率之比較

* 表示第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 達顯著差異

在連續三天小型比賽訓練後，第三天 (Tr.-3) 第三次 (3x) 與第四次 (4x) 心跳率顯著低於第一天 (Tr.-1)。Neumann (1990) 指出心跳率是最快能改善的生理參數，以日為單位；因而在第三天 (Tr.-3) 心跳率呈現下降的現象。

二、小型比賽訓練結束後第 5 min (E5) 心跳率分析

結束後第 5 min (E5) 心跳率在第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 之比較，平均值分別為 $117 \pm 14.2 \text{ min}^{-1}$ 與 $110 \pm 8.7 \text{ min}^{-1}$ 兩者差異為 -7 min^{-1} 未達顯著差異 ($p > .05$)，如圖 4-3-2 所示。

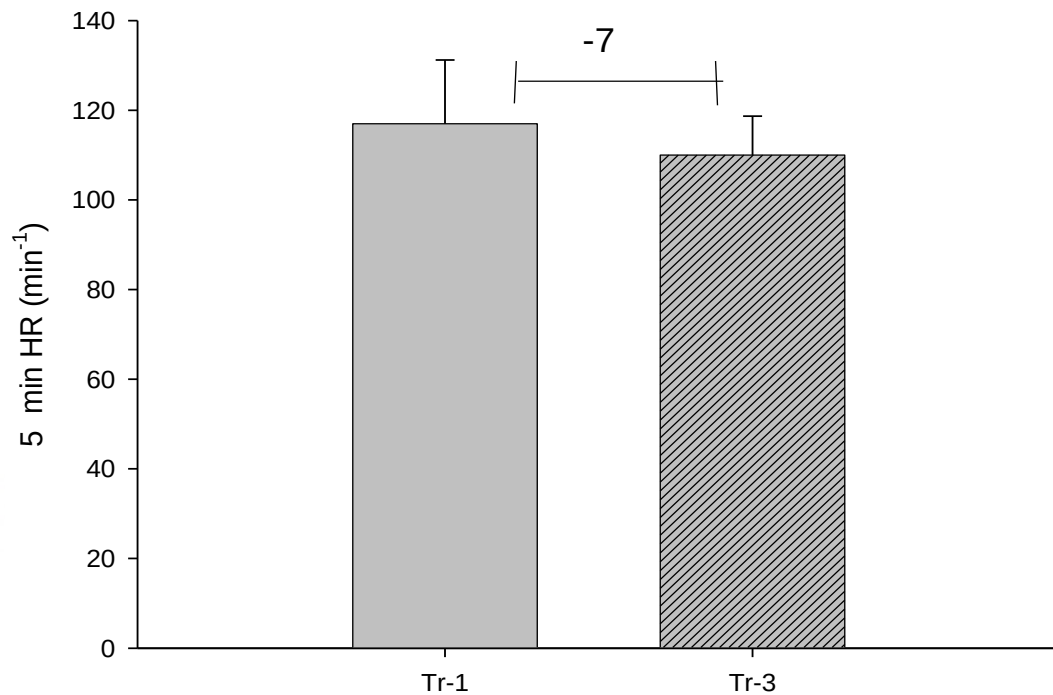


圖 4-4-2 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練結束後第 5 min 心跳率之比較

Böhmer et al. (1975) 提出運動結束後第 5 min 的恢復心跳率來評估運動員恢復機轉，在第一天 (Tr.-1) 訓練結束後第 5 min (E5) 心跳率為 117 min^{-1} 介於 $120 \sim 115 \text{ min}^{-1}$ 表示可以，在第三天 (Tr.-3) 訓練結束後第 5 min (E5) 心跳率則為 110 min^{-1} 介於 $115 \sim 105 \text{ min}^{-1}$ 表示好，且第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 之比較，於第三天下降 7 min^{-1} ，未達顯著差異。此症狀表示在第三天的訓練心跳率呈現適應但未穩定。

三、小型比賽訓練乳酸分析

第一天 (Tr.-1) 訓練結束後 (E1) 與運動結束後第 10 min (E10) 之乳酸平均值分別為 7.40 ± 2.02 、 5.39 ± 1.81 mmol/l，下降 2.01 mmol/l；第三天 (Tr.-3) 則為 3.90 ± 1.65 、 2.15 ± 0.89 mmol/l，下降 1.75 mmol/l。第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 之比較，訓練結束後 (E1) 與運動結束後第 10 min (E10) 差異分別為 -3.5 mmol/l、-3.24 mmol/l，達顯著差異 ($p < .05$)，如圖 4-3-3 所示。

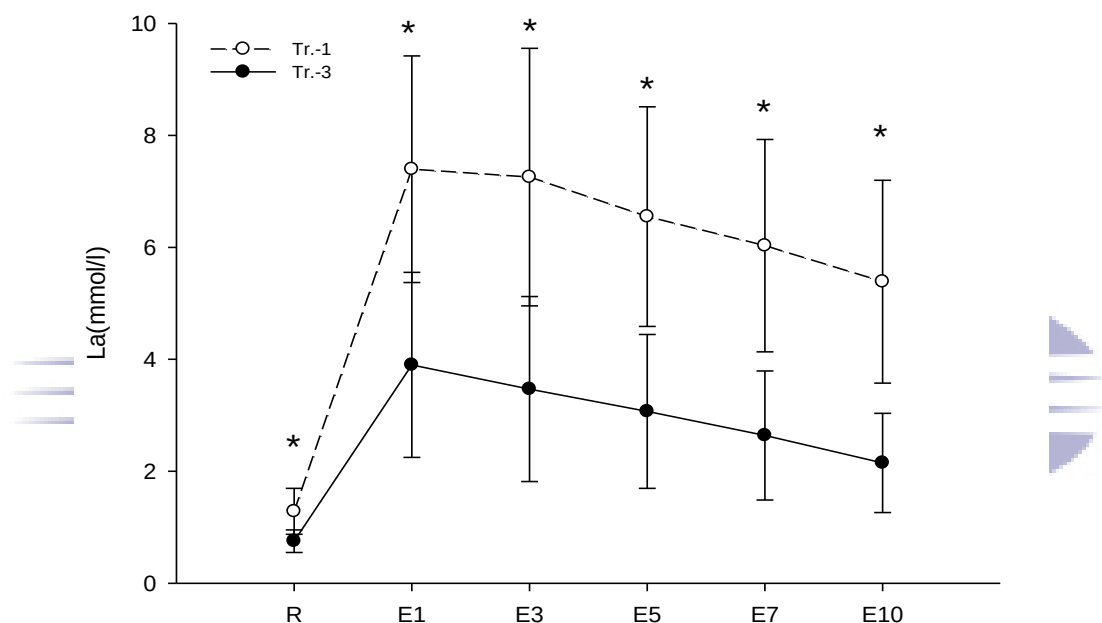
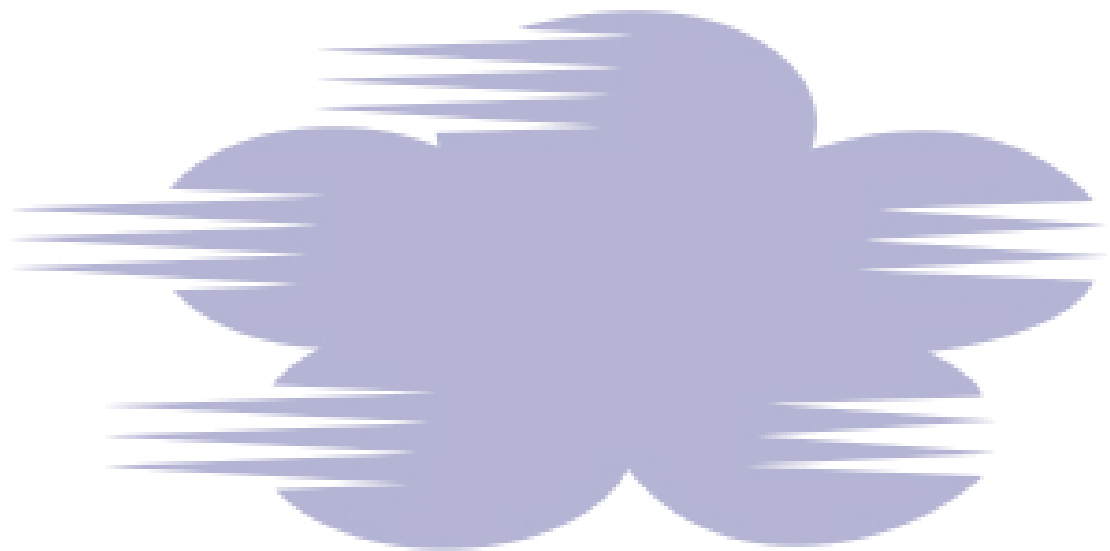


圖 4-4-3 第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 小型比賽訓練乳酸之比較

* 表示第一天 (Tr.-1) 與第三天 (Tr.-3) 達顯著差異

第三天 (Tr.-3) 訓練結束後 (E1) 之乳酸值顯著低於第一天 (Tr.-1)，下降 3.5 mmol/l。其原因為，受試者在 T-2 提昇有氧耐力能力，有氧閾值速度增加 0.18 m/s 且達顯著差異，表示受試者提昇恢復機轉，提高血流的循環速度及肌肉排除乳酸和氫離子速度。本研究設計之小型比賽訓練方式屬於非連續性、且在高強度活動中參雜著短暫間歇的型態，而訓練組數為 4x4 min，每一次運動結束後有 3 min 間歇休息。因此，在有氧耐力提昇下，能減緩運動中乳酸之堆

積，且在組間休息中更能加速乳酸排除之速度。過去研究指出，運動中乳酸堆積與排除速度是依據有氧能力而定，有氧能力佳排除速度越快 (Neumann, 1991)。亦有研究指出，運動中乳酸堆積的濃度呈現低的現象，是由於高強度間斷運動後的恢復期，增加有氧的反應，因而促進乳酸的排除 (Tomlin & Wenger, 2001)，過去研究與本研究結果相符。因此，呈現出訓練效果。



第伍章 結論

本研究主要是探討三天利用小型比賽訓練方式對足球選手基礎耐力、專項耐力其訓練前後之差異、基礎耐力能力與專項耐力之關係以及三天訓練期乳酸和心跳率之影響：研究結論如下：

- 一、三天小型比賽訓練顯著提升基礎耐力之有氧閾值以及無氧閾值耐力速度能力，建議可安排在準備期快速提升基礎耐力時即之應用。
- 二、三天小型比賽訓練顯著提升專項耐力 10m 折返跑速度能力，可運用於專項期，改善專項速度能力，但必須再搭配專項耐力訓練方式以提升耐力能力。
- 三、三天小型比賽訓練能提升專項耐力，但需要更長時間的適應，才能達到顯著的提昇，而基礎耐力與專項耐力兩者則呈現相關。
- 四、三天小型比賽訓練之第一天與第三天適應比較，心跳率於第三天訓練的第三和第四次達顯著下降；乳酸在運動結束後均顯著下降。

現今競技運動，每位教練與選手都在追求何種訓練方式，能在短時間而達到最佳訓練目的及效果。而本研究結果證實，連續三天小型比賽訓練方式能有效提昇足球選手基礎耐力、專項速度以及心跳率與乳酸對於訓練適應之效果。因此，未來教練在擬定訓練計畫，可依據訓練週期之需求，考慮運用此訓練方式，在短時間內快速改善選手能力之需求。

參考文獻

一、 中文部分

張嘉澤 (2010)。運動能力診斷與訓練調整。新北市：臺灣運動能力診斷協會。

張嘉澤 (2013)。訓練學 (第二版)。新北市：臺灣運動能力診斷協會。

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》，146，44-52 頁。

葉明春、呂欣善、張嘉澤. (2006). 徑賽中長距離快速耐力訓練與效果判斷藉助 Mader 2× Test. Paper presented at the 大葉大學研討會.

二、 英文部分

Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R. P., Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.

Ali, A., & Farrally, M. (1991). Recording soccer players' heart rates during matches. *Journal of Sports Sciences* 9, 183-189.

Alper, A., Açıkada, C., Güvenç, A., Gören, H., Hazır, T., & Özkara, A. (2012). Metabolic demands of match performance in young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 170-179.

Badtke, G. U. A. (1987). Sportmedizinisch Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Leipzig.

Balsom P. (2000). *Precision football*. Kempele: Polar Electro Oy.

Bangsbo, J. (1994) The physiology of soccer: With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151, 1-155.

- Bangsbo, J. (2003). *Physiology of training. In: Science and Soccer*. Ed: Reilly T. Williams AM. London: UK: Routledge, 47-58.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Science and Medicine*, 24, 665-674.
- Bompa, T. (1983). *Theory and methodology of training*. Dubusque, Iowa: Kendall/Hunt.
- Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M...Schmücker, O. (1975). *Das sportmedizinische untersuchungssystem*. Leistungssport, Beiheft.
- Burgomaster, K. A., Essen, M., Gibala, M. J., Little, J. P., Wilkin, G. P., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., & Raha, S. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training : similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(3), 901-911.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79-84.
- Chen, C. H., Smith, R.S., & Jang, J. T. (2009). *High dose magnesium supplementation effects on 400 m sprint performance and metabolism*. Paper presented at the Meeting of 14th Annual Congress of European College of Sport Science, Oslo. (Poster presentation).
- Dal Monte, A. (1983). *The functional values of sport*. Firenze: Sansoni.
- Davis, J. A., & Brewer J. (1992). Physiological characteristics of an international female soccer squad. Abstract. *Journal of Sports Sciences*, 10, 142-143.
- Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2008). Heart

- rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1449-1457.
- Duarte, R., Batalha, N., Folgado, H., & Sampaio J. (2009). Effects of exercise duration and number of players in heart rate responses and technical skills during Futsal small-sided games. *The Open Sports Sciences Journal*, 2, 37-41.
- Dufour, W. (1993). Computer-assisted scouting in soccer. In Reilly, T., Clarys, J., & Stibbe, A. (eds) *Science and Football II*, (pp.160-166). New York : E.& F. N. Spon.
- Durandt, J., Tee, J. C., Prim, S. K., & Lambert, M. I. (2006). Physical fitness components associated with performance in a multiple-sprint test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 150-160.
- Ekblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine* 3, 50-60.
- Eniseler, N. (2005). Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 799-804.
- Fanchini, M., Azzalin, A., Castagna, C., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. (2011). Effect of bout duration on exercise intensity and technical performance of small-sided games in soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 453-458.
- Friel, J. (2003). *The Cyclist's Training BiBle*, Third Edition.
- Halouani, J., Chtourou, H., Dellal, A., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Physiological responses according to rules changes during 3 vs. 3 small-sided games in youth soccer players: stop-ball vs. small-goals rules. *Journal of Sports Sciences*, 32(15), 1485-1490.
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014).

- Small-sided games in team sports training: A brief review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3594-3618.
- Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. & Hoff, J. (2001) Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1925-1931.
- Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 111-115.
- Hill-Haas, S. V., Dowson, B. T., Coutts, A. J., & Rowsell, G. J. (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2149-2156.
- Hill-Haas, S., Dawson, B., Impellizzeri, F., & Coutts, A. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199-220.
- Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B., & Coutts, A. J. (2009c). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 111-115.
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3), 218-221.
- Hollmann, W (1959) . The Relationship Between pH , Lactic Acid , Potassium in the Arterial & Venous Blood , the ventilation , (PoW) and Pulse Frequency During Increasing Spiro-ergometric Work in Endurance trained and Untrained

- Persons . Pan - American Congress for Sportmedicine , Chicago. I n : 張嘉澤 :
運動能力診斷與訓練調整(2010 出版) , 台灣運動能力診斷協會。
- Hollmann, W. and Hettinger, T. H. (1976). *Sportmedizin, Arbeits- und Trainingsgrundlagen*.
- Hollmann, H., Schürch, P., Heck, H., Liesen, H., Mader, A., Rost, R., & Hollmann, (1987). Kardiopulmonale Reaktion und aerob anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Deutsch Zeitschrift für Sportmedizin*, 38(4), 144-156.
- Impellizzeri, F., Marcora, S., C, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483-492.
- Karlsson, J., & Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 31(2), 203-206.
- Kemper, W . F ., Lindstedt, S . L ., Harrzler, L.K ., Hicks, J . W.,& Conley, K.E (2001). Shanking 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.
- Komi, P. V., (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. In Terjung, R. L. (Ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews* (Vol. 12, pp. 81-121).The Collamore Press. Lexington, Mass.
- Kirkendall, D.T.(1990). Mechanisms of peripheral fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 444-449.
- Kravitz, L. (2014). Metabolic Effects of HIIT. *IDEA Fitness Journal*, 11(5), 16-18.)
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006).

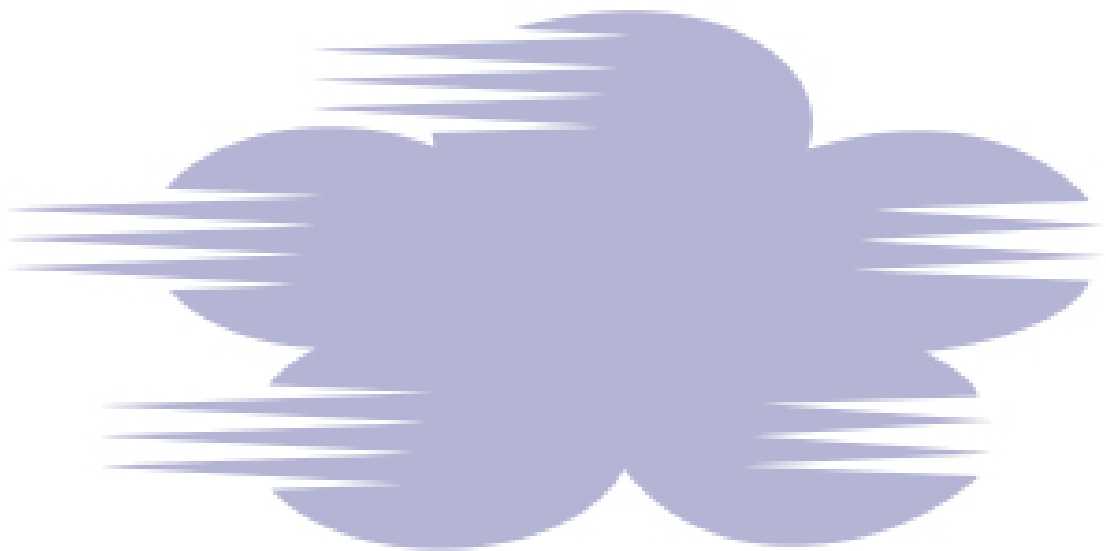
- Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1165-1174.
- Lederer, W. J. (2003). Cardiac Electrophysiology and Electrocardiogram. In: Walter F. Boron & Emile L. Boulpaep (Eds.), Textbook of Medical Physiology, (pp. 47 283-300). Philadelphia: W. B. Saunders.
- Lehmann, G. (1996). Untersuchungen zu Komponenten des Ausdauertrainings in Kampfsportart. *Leistungssport*, 26, 6-11.
- Leyk, D., Baum, K., Wamser, P., Selle, K., Hoffmann, U., & Essfeld, D. (1997). Grenzen der Standard-Ausdauerverfahren in den Sportspielen. Bundersinstitut für Sportwissenschaft, Band, 6, 243-250.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch., & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin*, 27(4), 80-88.
- Mader, A. (1994). Aussagekraft der Laktatleistungskurve in Kombination mit anaeroben Tests zur Bestimmung der stoffwechselkapazität. In: Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (Hrsg.). Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Stuttgart Jena. New York. Fischer.
- Neumann, G. (1990). Die Leistungsstruktur in den ausdauersportarten aus sportmedizinischer Sicht. In: *Leistungssport*, 20, 14-20.
- Neumann, G.,(1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In : Das grossBuch vom Laufen. Meyer & Meyer Verlag. 222-223.
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz-und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sport - medizinischer Sicht. *Leistungssport*, 21, 29-32.
- Neumann, G., Schüler, K. P. (1989) Sportmedizinische Funktionsdiagnostik, Sportmed. Schriftenreihe, Bd. 25. J. A. Barth. Leipzig.

- Neumann, G., and Hottenrott, K. (2002). *Das Grosse Buch vom Laufen*, 117-119.
- Nurmekivi, A. Karu T. Pihl E. Jurimae T. Kaarna K. Kangasniemi J. (2002). Comparative evaluation of the influence of small game 4 vs. 4 and running load in the training of young soccer players. *Acta Kinesi Univ Tart*, 7, 77-86.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 659-666.
- Reilly, T. (2007). *Science of Training: Soccer*. London: Routledge.
- Reilly, T., and Thomas, V. (1976). A motion analysis of work rate in different positional role in professional football match-play. *Journal of Human Movement Sciences*, 2, 87-97.
- Reilly, T., and Gilbourne D. (2003). Science and football: a review of applied research in the football codes. *Journal of Sports Sciences*, 21, 693-705.
- Reilly, T., and White, C. (2004). Small-sided games as an alternative to interval-training for soccer players. *Journal of Sports Science*, 22, 559.
- Roberts, A., Billeter, R., & Howald, H. (1982). Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *International journal of sports medicine*, 3(01), 18-21.
- Rodrigues, V., Mortimer, L., Condessa, L., Coelho, D., Soares, D. and Garcia, E. (2007) Exercise intensity in training sessions and official games in soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 57-58.
- Rohde, H.C. and Espersen, T. (1988) *Work intensity during soccer match play*. In: Science and Football. Eds: Reilly T., Lees A., Davids K and Murphy W.J. London/New York: E & FN Spon. 68-75.
- Roi, G.S., Sisca, G., Perondi, F., Diamante, A. & Nanni, G. (2004). Post competition blood lactate accumulation during a first league soccer season. *Journal of Sports Sciences* 22, 560.

- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiological*, 265, E380-391.
- Sassi, R., Reilly, T., & Impellizzeri, F. (2004). A comparison of smallsided games and interval training in elite professional soccer players. *Journal of Sports Science*, 22, 562.
- Sassi, R., Reilly, T., & Impellizzeri, F. (2005). A comparison of small-sided games and interval training in elite professional soccer players. In: Science and Soccer V. Ed: Reilly, T., Cabri, J. and Araújo, D. London:Routledge., 341–343.
- Stamford, A., Moffatt, R., & Sady, S. (1981). Exercise recovery above, and below the anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied physiology*, 51(4) , 840-844.
- Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L.(2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1439-1447.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11.
- Wang, Smith, R.S., & Jang, J. T. (2009). Effects of 3 days Training with hyperoxia on muscle energy metabolism and Systemic Circulation. Paper presented at the Meeting of 14th Annual Congress of European College of Sport Science, Oslo. (Poster presentation).
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin. Biochemisch physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. 65-68.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*.

Champaign, IL: Human Kinetics.

Wither, R. T., Maricic, Z., Wasilewski, S., & Kelly, L. (1982). Match analyses of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 159-176.



附件 一

IRB 通過證明

FJU-IRB F-034 /20151117

輔仁大學人體研究倫理委員會 通過證明

- 一、計畫編號： C104070
- 二、執行單位： 國立體育大學競技與教練科學研究所
- 三、主 持 人： 張嘉澤助理教授
- 四、共同/協同主持人：國立體育大學競技與教練科學研究所曾台霖
- 五、計畫名稱： 三天小型比賽型態訓練對足球選手專項耐力之影響
- 六、計畫書版本/日期：2，2016/2/22
- 七、受試者說明暨同意書版本/日期：第 2 版，2016/2/22
- 八、計畫執行地點：國立體育大學田徑場、足球場
- 九、研究方式/工具：招募廣告:2016/1/11
- 十、追蹤審查頻率： 每 1 年 1 次

上述計畫業於 105 年 02 月 25 日經本委員會審查通過，本通過證明有效期限自 105 年 02 月 25 日至 106 年 02 月 24 日有效，主持人最遲應於本通過證明有效期前 4 周，提交期中/追蹤報告至本委員會進行審查，並經審查通過後，方可繼續執行。研究計畫執行結束，應於結束後 3 個月內依規定向本委員會辦理結案，繳交結案報告。

計畫執行期間，若有變更或修正，計畫主持人需依相關規定提出修正(變更)申請，經本委員會審查通過後方可繼續執行。計畫執行中如有偏差或違規情事，應依規定及請求，向本委員會提出報告。

計畫執行期間，若有嚴重不良反應事件或其他無法預期情況，計畫主持人需依相關規定向本委員會通報。

本計畫如有修正(變更)、展延，請依本委員會核發之最新通過證明執行。

計畫如申請終止或經本委員會會議決議終止研究時，本通過證明自本委員會同意終止日起自動失效。

輔仁大學人體研究倫理委員會

主任委員 蕭達安

105 年 03 月 01 日

附件 二

受試者疾病調查表



姓 名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
項目：		最佳成績：		訓練年數：

請據實回答以下問題：

1. 是否有心臟疾病	☐ 是	☐ 否
2. 是否有血液疾病	☐ 是	☐ 否
3. 是否有糖尿病	☐ 是	☐ 否
4. 是否有高血壓	☐ 是	☐ 否
5. 是否有氣喘疾病	☐ 是	☐ 否
6. 是否有癲癇症	☐ 是	☐ 否
7. 是否有肌肉疼痛	☐ 是	☐ 否
8. 是否有感冒症狀	☐ 是	☐ 否
9. 最近六個月是否有開刀手術	☐ 是	☐ 否
10. 其他：		

1) _____

2) _____

3) _____

運動員簽名： _____ 日期： _____

教練簽名： _____